

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В. О. Залога

«_____» _____ 20____ р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ СЕКЦІЇ ПРОМІЖНОЇ СТУПЕНІ ДС Н17.04.105.01
ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
НА ОПЕРАЦІЇ ТОКАРНА З ЧПК**

Магістерська кваліфікаційна робота

Спеціальність **131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)**

**Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

Студент

В. Ю. Ярош

Керівник

В. О. Колесник

Консультант з охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтролер

О. В. Івченко

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

**Державний вищий навчальний заклад
«Сумський державний університет»**

Технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технології машинобудування, верстатів та інструментів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

Сумський державний університет
Кафедра технологій машинобудування,
верстатів та інструментів
магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему **Удосконалення технологічного процесу виготовлення секції
проміжної ступені ДС Н17.04.105.01 шляхом підвищення ефективності
механічної обробки на операції токарна з ЧПК**

Виконав: студент ІІ курсу, групи ТМ.м-81
напряму підготовки (спеціальності)
131 Прикладна механіка
(Технології машинобудування)
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Ярош В. Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник Колесник В. О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Суми – 2019

ЗАТВЕРДЖЕНО

Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту
України
29 березня 2012 року № 384
Форма № Н-9.01

Державний вищий навчальний заклад

«Сумський державний університет»

Інститут, факультет Технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра Технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 6.05020201 технології машинобудування

(шифр і назва)

**Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів
та інструментів

Залога В.О.

«_» _____ 2019 року

**ЗАВДАННЯ
НАДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Ярош Віталій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу виготовлення секції проміжної ступені ДС Н17.04.105.01 шляхом підвищення ефективності механічної обробки на операції токарна з ЧПК

керівник проекту Колесник Віталій Олександрович, к.т.н., ст. викладач

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «06» грудня 2019 року № 2240-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «16» грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____


- Креслення деталі «Секція проміжної ступені».

- Типовий технологічний процес виготовлення деталей типу секції проміжної ступені.

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

1. Виконати аналіз службового призначення деталі секція проміжної ступені та технології її оброблення.

2. Удосконалити технологічний процес деталі секція проміжної ступені.



**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

3. Розробити конструкцію верстатного пристрою для токарної операції

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП та БВНС	Фалько В.В. ст. викладач кафедри ПЕК		

6. Дата видачі завдання «25» вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ		
2	1. Сучасний стан досліджень у галузі проектування верстатних пристроїв		
3	2. Розробка конструкторсько-технологічного забезпечення багатокординатного оброблення деталей типу кронштейнів		
4	3. Дослідження верстатного пристрою для багатокординатного оброблення деталей типу кронштейнів.		
5	4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях		
6	Висновки		
7	Оформлення роботи		
8	Оформлення слайдів у форматі Power Point		

Студент _____

(підпис)

Керівник проекту (роботи) _____

(підпис)

Ярош В.Ю. _____

(прізвище та ініціали)

Колесник В.О. _____

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра становить 128 сторінки, в тому числі 21 рисунок, 24 таблиць, бібліографії із 20 джерел.

Мета дослідження: Удосконалення технологічного процесу виготовлення секції проміжної ступені ДС Н17.04.105.01 шляхом підвищення ефективності механічної обробки на операції токарна з ЧПК.

Об'єкт розробки - деталь «секція проміжної ступені ДС Н17.04.105.01».

Предмет дослідження – технологічний процес.

Методи дослідження. В дипломному проекті проведений аналіз виробу – відцентровий насос, до якого входить деталь «секція проміжної ступені». Проаналізовані технічні вимоги на виготовлення деталі. Визначив тип виробництва – дрібносерійний. Проведений аналіз технічних вимог до деталі. Проаналізовані технологічні операції: токарно-карусельна з ЧПК 020, а також комплексна на обробному центрі з ЧПК 025, в яких розглянуті схеми базування і закріплення заготовки на даних операціях. Обґрунтовано вибір металорізальних верстатів і верстатних пристосувань, вимірювальних приладів і ріжучих інструментів. Проведено розрахунок режимів різання.

Наукова новизна: удосконалення технологічних процесів у машинобудуванні викликає необхідність вивчення теплових явищ, що виникають при механічній обробці. У зв'язку з цим виникає необхідність керування тепловими явищами при механічній обробці матеріалів. Таке управління особливо необхідно при автоматизованому виробництві з метою підтримки стабільності технологічного процесу і забезпечення заданої точності розмірів і форми виробів в часі, це необхідно в дрібносерійному виробництві

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, ІНСТРУМЕНТ, ПОХИБКА, ПРИПУСК, РОЗМІР, ДОПУСК, РЕЖИМ РІЗАННЯ, ВЕРСТАТ, БАЗА, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ, ТИП ВИРОБНИЦТВА.

РЕФЕРАТ

Квалификационная работа магистра составляет 128 страницы, в том числе 21 рисунок, 24 таблиц, библиографии из 20 источника.

Цель исследования: Совершенствование технологического процесса изготовления секции промежуточной степени ДС Н17.04.105.01 путем повышения эффективности механической обработки на операции токарная с ЧПУ.

Объект разработки - деталь «секция промежуточной степени ДС Н17.04.105.01».

Предмет исследования - технологический процесс.

Методы исследования. В дипломном проекте проведен анализ изделия - центробежный насос, включающий деталь «секция промежуточной степени». Рассмотрены технические требования на изготовление детали. Определил тип производства - мелкосерийный. Проведенный анализ технических требований. Проанализированы технологические операции: токарно-карусельная с ЧПУ 020, а также комплексная на обрабатывающем центре с ЧПУ 025, в которых рассмотрены схемы базирования и закрепления заготовки на данных операциях. Обоснован выбор металлорежущих станков и станочных приспособлений, измерительных приборов и режущих инструментов. Проведен расчет режимов резания.

Научная новизна: совершенствование технологических процессов в машиностроении вызывает необходимость изучения тепловых явлений, возникающих при механической обработке. В связи с этим возникает необходимость управления тепловыми явлениями при механической обработке. Такое управление особенно необходимо при автоматизированном производстве с целью поддержания стабильности технологического процесса и обеспечения заданной точности размеров и формы изделий во времени, это необходимо в мелкосерийном производстве.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, ИНСТРУМЕНТ, ПРИПУСКИ, РАЗМЕР, ДОПУСК, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, СТАНОК, БАЗА, СТАНОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ТИП ПРОИЗВОДСТВА.

ABSTRACT

The master's qualification work is 128 pages, including 21 drawings, 24 tables, bibliographies from 20 sources.

Purpose of the research: Improvement of technological process of manufacturing the section of intermediate stage of DS H17.04.105.01 by increasing the efficiency of machining on the operations of the lathe with CNC.

The object of development is the detail "section of the intermediate stage of DS H17.04.105.01".

The subject of research - technological process.

Research methods. The diploma project analyzes the product - a centrifugal pump, which includes a part of the "intermediate stage". Pro-analyzed technical requirements for the manufacture of parts. Determined the type of production - small batch. The analysis of the technical requirements for the details. The method of obtaining the workpiece is selected and the technical requirements are developed. Technological operations are analyzed: turning and rotary with CNC 020, as well as complex on the processing center with CNC 025, in which the schemes of basing and fixing the workpiece on these operations are considered. The choice of metal-cutting machines and machine tools, measuring instruments and cutting tools is grounded. The cutting modes were calculated.

Scientific novelty: the improvement of technological processes in machine-blowing causes the need to study the thermal phenomena that occur during mechanical processing. In this regard, there is a need to control thermal phenomena in the machining of materials. Such control is especially necessary in automated production to maintain the stability of the technological process and to provide the specified accuracy of the size and shape of products over time, but it is also necessary in small-scale production

Keywords: TECHNOLOGICAL PROCESS, BLOWING, DETAIL, TOOL, MISTAKE, SIZE, SIZE, TOLERANCE, CUTTING MODE, MACHINE, BASE, MACHINE, MACHINE.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	5
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов її експлуатації	5
1.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	12
1.3 Визначення типу виробництва, форми його організації.....	18
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	20
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу.....	24
1.6 Висновки	26
РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	27
2.1 Вибір і обґрунтування способу отримання вихідної заготовки.....	27
2.2 Розробка оптимального варіанта маршрутного технологічного процесу.....	30
2.3 Вибір і обґрунтування способів обробки елементарних поверхонь ...	30
2.3 Аналіз і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки ..	33
2.4 Складання варіантів технологічних маршрутів.....	41
2.5 Обґрунтування і вибір моделей металорізальних верстатів	43
2.6 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів	47
2.7 Розрахунок припусків на механічну обробку	49
2.8 Розрахунок режимів різання	50
2.9 Технічне нормування операцій.....	63
2.10 Проектування пристосування на токарну з ЧПК операцію.....	68
2.11 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	77
2.12 Проектування ріжучого інструменту	94
2.13 Висновки	98

РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	99
3.1 Визначення зміни переднього кута і температури різання уздовж ріжучої кромки свердла.....	99
3.2 Висновки	108
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	109
4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Секція проміжної ступені»	109
4.2 Розрахунок звукоізоляції.....	117
ВИСНОВКИ.....	121
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ.....	123
ДОДАТОК А. ЗАВОДСЬКЕ КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
ДОДАТОК Б. РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА ОПРЕДЕЛЕНА.
ДОДАТОК В. СПЕЦИФІКАЦІЯ НА СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ	
ТМ 18510302-07-01.00.00	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

ВСТУП

Процвітання насособудування пов'язане із загальним прогресом у таких галузях, як машинобудування, хімічна промисловість, гідродинаміка, електропромисловість. По при досягненням у цих галузях уможливилось створення насосів різних типів, з метою перекачування не тільки води, а й агресивних середовищ, рідких металів, та інших рідин.

Важливе значення має застосування насосів, установок або станцій у системах водопостачання і каналізації, де вони є основними вузлами. У водопостачанні насоси надають подачу води споживачам: тепловим електростанціям, промисловим підприємствам, житловим кварталам. Для систем опалення й гарячого водопостачання за допомогою установок відбувається циркуляція гарячої води. У системах каналізації вони забезпечують подачу стічної рідини в очисні спорудження або перекачування її з віддалених районів населених місць в основні міські або районні колектори.

Відцентрові насоси - найбільше використовуються з всіх видів насосів. Широкий радіус подач (до десятків кубометрів в секунду) і тиск (кілька кілометрів), високий к.к.д. (80 - 85%), швидкісне обертання може досягати десятків тисяч обертів в хвилину.

Використовуються у всіх сферах господарства. Загальне водопостачання міст, сільськогосподарських та промислових підприємств, для відкачування ґрунтових вод в гірничорудній промисловості, на насосних станціях каналах і каналах зрошування.

Найважливіша роль відцентрових насосів відводиться для теплових і атомних електричних станціях, там вони застосовуються для подачі води в паровий котел, конденсатних - для відкачування конденсатної пари з конденсатора. Досконало побудована технологія виготовлення насосів типу ЦНС, а зокрема технологія виготовлення вказаних деталей, а саме деталі «Секція проміжної ступені» ДС Н17.04.108.01 є актуальним завданням для розгляду в дипломному проекті.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей деталі і умов її експлуатації

Живильні насоси застосовуються для подачі води в котел. Вони забезпечують подачу рідини в барабанні або парові котли, що працюють на дизельному паливі, дровах або вугіллі. Дані насоси рекомендуються для агрегатів, тиск пари в яких не більше 6,2 МПа.

Насоси типу ПЭ 270-150-3М-С УХЛ4 (табл. 1.1) застосовуються для живлення парогенераторів від середнього до високого тиску живильною водою з температурою не більше 438К (165 ° С), вмістом твердих часточок не більше 6 мг / л, водневим показником рН 7 ... 9,5, розміром не більше 0,1 мм, а також інших нейтральних рідин.

Таблиця 1.1- Технічні характеристики

Найменування параметра	Одиниця вимірювання	Числове значення
Подача	м ³	270
Напір	м	1650
Частота обертання	Об/мин	2973
Потужність	кВт	1445
ККД	%	76
Допустимий кавітаційний запас	м	11

Конструкція насоса розроблена з урахуванням створення на одній базі насосів з напорами 1900 , 1775 , 1650 , 1525 , 1422 , 1250 , 1125 , 1050 метрів шляхом заміни кількості щаблів.

Насос типу ЦНС - відцентровий, однокорпусний з одностороннім розташуванням коліс, горизонтальний секційний, автоматичним розвантажувальним при-

строєм, підшипниками ковзання і кінцевими ущільненнями валу торцевими або сальниковими.

Для зменшення осьових сил, що виникають в роботі насоса, служить автоматичний розвантажувальний пристрій (гідролята). Пара гідролят являє собою старторне і роторне кільця з релітовим наплавленням , які можна змінювати в процесі експлуатації.

Для контролю осьового переміщення ротора (при зносі деталей (гідролят) передбачений датчик осьового переміщення.

Ущільнення валу в місці виходу його з насоса здійснюється ущільненням торця.

У конструкції ущільнення передбачена промивка від солей , що утворюються при роботі. Рекомендується здійснювати промивання торцевого ущільнення - 2 рази на зміну.

У насос входять корпусна та роторна частини.

В загальній промисловості створюються дані насоси та агрегати тому можуть встановлюватися в будинках вибухонебезпечної зони В-1 у відповідності з ПУЕ та ВСН- 8 - 73 (в зоні допустимої наявності сірководню).

Вхідний і напірний патрубки - напрямлені вертикально вгору. Для уникнення перетікання води, створюється щільний контакт в стиках. По посадці у секціях розташовані направляючі апарати. Апарати стопоряться від проворота в секціях.

З робочих коліс складається ротор насоса, посаджений на вал по посадці на шпонки, гільз, захисних втулок і інших деталей. Щоб масло не потрапляло до підшипників, передбачені масловітбійні колеса на валу. Опорами для ротора служать підшипники ковзання.

Насос не працювати в лужних умовах. Експлуатувати агрегат потрібно в закритих приміщеннях, встановлюватися в горизонтальній площині та без вібрацій , закріплюватися на настановній поверхні.

Корпус насоса розроблений та повинен виготовлятися відповідно до ПНАЕГ - 7 -008- 89 , «Правила будови і безпечної експлуатації обладнання і трубопроводів атомних установках », які створюють необхідну роботу агрегату.

Механічним ущільненням торця слугує ущільнення вала ротора насоса. За допомогою гідравлічної п'яти відбувається розвантаження сил по осях. Якщо дивитися з боку приводного кінця вала, напрямом обертання ротора насоса відбувається за годинниковою стрілкою і зазначений стрілкою на вхідній кришці. В якості приводу взято двигун типу 4AM225M2У3.

Для вимірювання тиску на вході і виході з насоса, в комплекті з агрегатом поставляються прилади зокрема, манометр і манометр - вакуумметр.

Ряд специфічних вимог до живильних насосів:

- Повинна бути герметичність насоса, яка допускає температурне розширення по при змінній температурі, що перекачується.

- У всьому діапазоні насос повинен бути динамічно стійким.

- Повинна бути надійна і тривала робота насоса (не менше 10 тис. ч),

- Для постійної роботи системи, насоси мають стабільну форму напірної характеристики в діапазоні подач від 30% до номінальної з крутизною не більше 30%.

- Для недопуску зворотного обертання і нагріву води при малих подачах насоси повинні забезпечуватися зворотними клапанами з лінією рециркуляції.

Для живильних насосів застосовуються турбо та електроприводи. У енергетиці трубопривод отримав застосування для потужних живильних насосів ($N > 8$ тис. кВт).

Живильні насоси подають воду в парові котли з тиском пари 3,91 (40): 9,8 (100), 13,71 (140) та 25 МПа (255 ата). На схему живильного насоса істотний вплив робить тиск пари.

« Секція проміжної ступені ДС Н17.04.105.01 » є основною складовою насоса. Секція, разом з напрямним апаратом та кільцями ущільнювачів, служить для відводу, робочої рідини, в наступний ступень насоса.

На рисунку 1.1 зображена деталь «Секція проміжної ступені» з нумерацією поверхонь, а в таблиці 1.2 вказана класифікація поверхонь деталі.

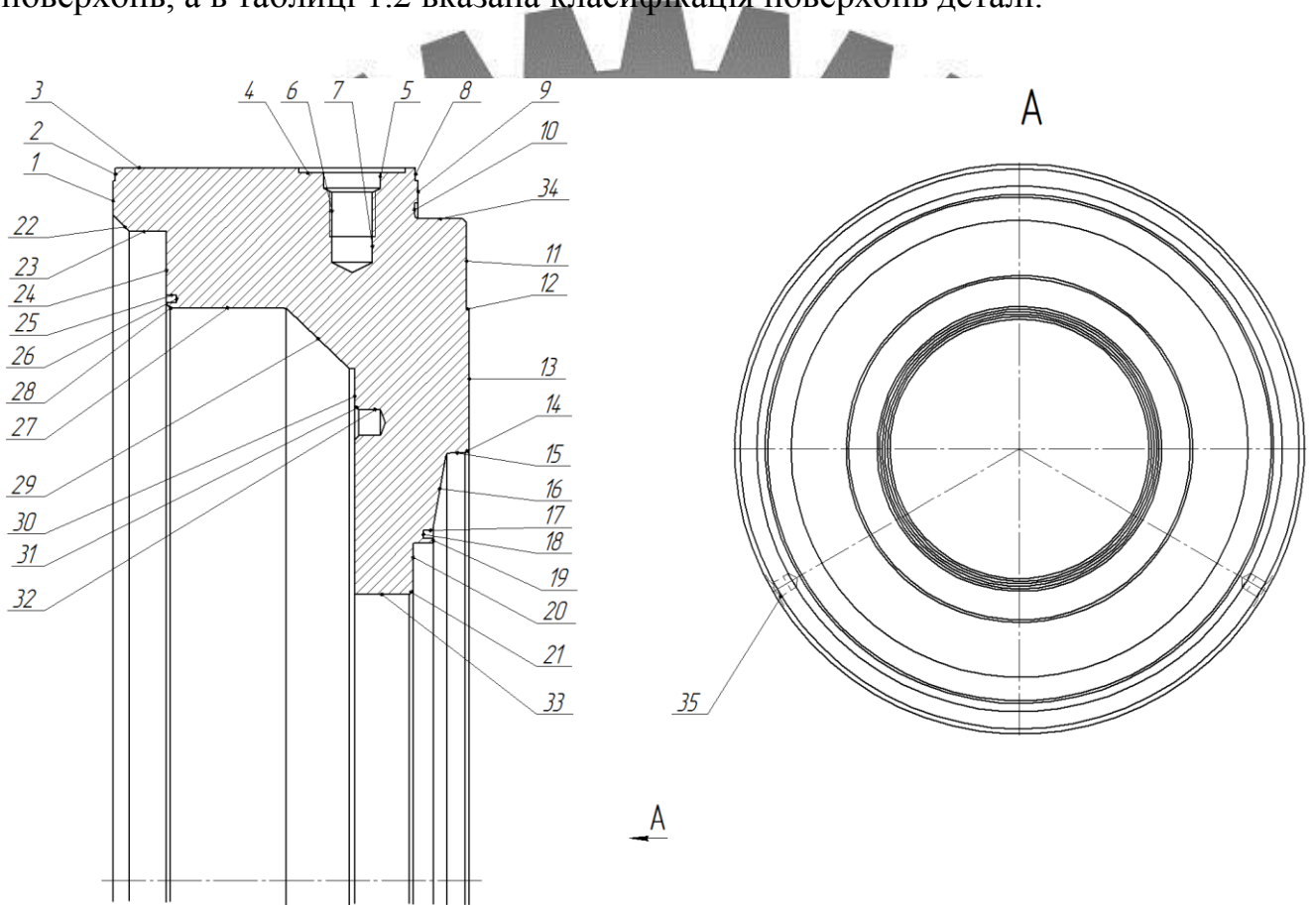


Рисунок 1.1 - Нумерація поверхонь секції проміжної ступені

Таблиця 1.2 – Класифікація поверхонь деталі

Класифікація поверхні	№ Поверхні
Виконавчі	27,30,33,20
Основні конструкторські бази	1,23,35
Допоміжні конструкторські бази	4,9,10,13,22,32,34
Вільні	2,3,5,6,7,8,11,12,14,15,16,17,18,19,21,24,25, 26,27,29,31

До виконавчих поверхонь відносяться 27,30,33,20, за їх допомогою виконується службове призначення, дані поверхні є базовими в направляючому апараті і кілець ущільнювача .

До основних конструкторських баз відносяться поверхні 1,23,35, вони з'єднуються з секцією попереднього ступеня і визначають розташування самої деталі у вузлі.

До допоміжних конструкторських баз відносяться поверхні 4 - по ній базується кришка, яка не дає потраплянню пилу та вологи, в різьбове з'єднання. Поверхні 9,34 - поверхні є базовими для секції наступного ступеня. Поверхня 10,22 - поверхні є базовими для ущільнювального кільця, котре забезпечує додаткову герметичність для посадки двох секцій. Поверхня 13 - є базовою в наступному ступені направляючого апарату. Поверхня 32 - базова поверхня для штифта, що оберігає від провороту в робочий час направляючий апарат.

До вільних відносяться поверхні 2, 8 - призначені для запобігання запресовки секцій між собою. Поверхня 3 - зовнішня шабель. Поверхня 5 - отвір призначений, щоб закрутити рем- болт. Поверхня 6 - різьбове з'єднання до якого, при транспортуванні або установці секції, приєднується рем- болт. Поверхня 7 - що утворилася при свердлінні отвору , для нарізування різьблення. Поверхні 11,12 - запобігають запресовці секцій в процесі роботи насоса. Поверхні 14,21,28,31 - призначені для полегшення складання і видалення гострих кромки, які небезпечні для людини. Поверхні 15,16 - у них протікає робоча рідина в секцію наступного ступеню. Поверхні 17,18 - ці поверхні утворюють канавку, при відгинання якої, вона фіксує кільце ущільнювача. Поверхня 29 - виконана з конструктивних міркувань , що забезпечує достатню міцність, жорсткість та інші параметри деталі.

Розглянемо базування деталі у виробі (рис. 1.2) та заповнимо відповідні таблиці 1.3-1.4.

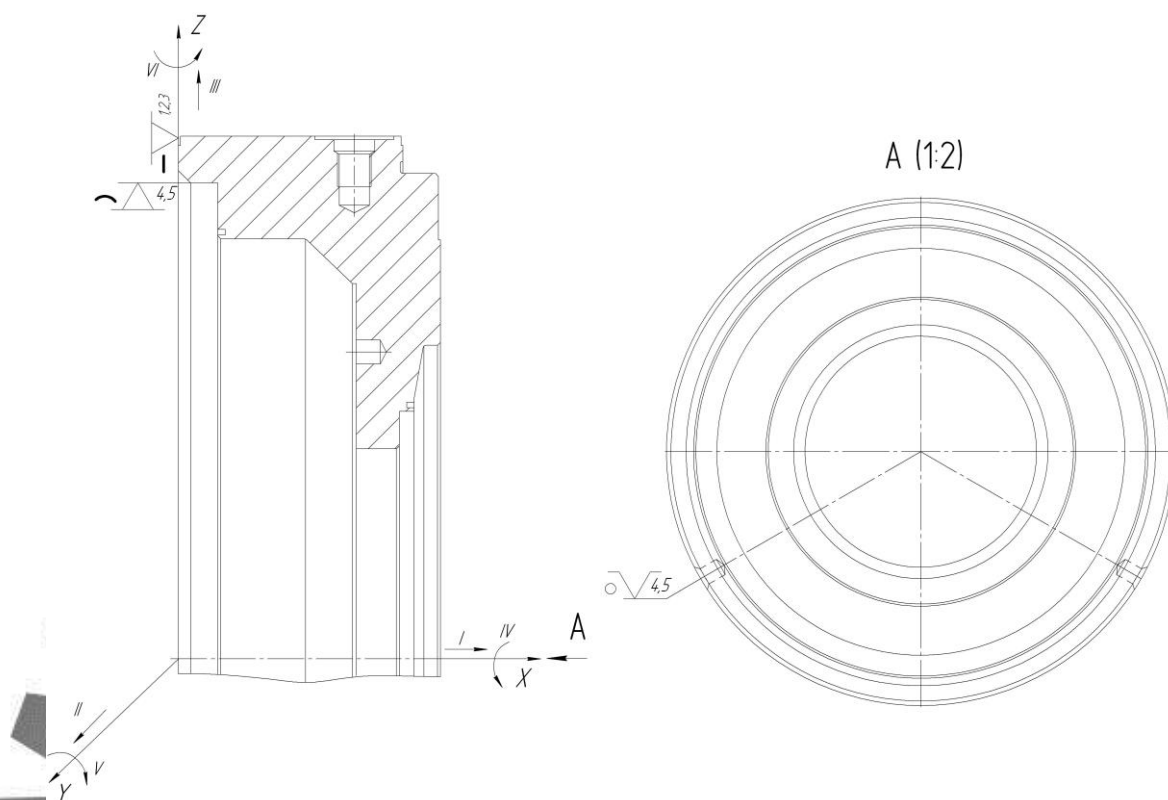


Рисунок 1.2- Схема базування деталі

Таблиця 1.3- Таблиця відповідностей

Зв'язок	Ступінь вільності	База
1,2,3	I, V, VI	Установлювальна
4,5	II, III	Подвійна-опорна
6	IV	Опорна

Таблиця 1.4- Матриця зв'язків

	x	y	Z	
<i>l</i>	1	0	0	УБ
<i>α</i>	0	1	1	
<i>l</i>	0	1	1	ПОБ
<i>α</i>	0	0	0	
<i>l</i>	0	0	0	ОБ
<i>α</i>	1	0	0	

Секція проміжної ступені є важливою для направлення потоку перекачуваної рідини від крильчатки через апарат зворотній направляючий до колеса наступної ступені. До деталі пред'явлені спеціальні вимоги, щоб забезпечити безперебійну

роботу всього виробу. Він працює при температурі робочого середовища від 10 до 165°C і на нього впливають агресивно перекачуємі середовища, динамічні вібрації і тиск.



1.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

Згідно креслення секцію проміжної ступені необхідно виготовляти із сталі 20X13 ГОСТ 5632-72. Сталь 20X13 призначено для роботи в корозійно-активних середовищах і при високих температурах (згідно ГОСТ 5632-72). Сталь 20X13 застосовується для виробів які повинні володіти достатньо високою міцністю і одночасно достатнім запасом пластичності і ударної в'язкості. Її використовують також як жароміцний матеріал при температурах до 450 - 550 ° С. Хімічний склад даної марки сталі приведений у таблиці 1.5, а дані про механічні властивості у таблиці 1.6.

Таблиця 1.5 - Хімічний склад сталі 20X13 ГОСТ 5632-88

Хімічний елемент	%
1	2
Кремній (Si), не більше	0,7
Мідь (Cu), не більше	0,32
Марганець (Mn), не більше	0,7
Нікель (Ni), не більше	0,5
Титан (Ti), не більше	0,21
Фосфор (P), не більше	0,031
Хром (Cr)	13,0
Сірка (S), не більше	0,020

Таблиця 1.6 - Механічні властивості сталі 20X13 ГОСТ 25054-81

Термообробка, стан поставки	Перетин, мм	У _{0,2} , МПа	У _В , МПа	д ₅ , %	ш, %	КСУ, Дж/м ²
Поковки. Загартування 1000-1050 °С, повітря або масло. Відпуск 660-770 °С, повітря.	1000	41	588	14	40	39

Технічні вимоги які конструктор пред'являє до деталі:

- Поковка Гр III НВ197 - 248 ГОСТ 25034-81 . Цією вимогою конструктор розкриває отримання заготовки, це поковка третьої групи ГОСТ 25034-81. Кожна заготовка піддається 100 % контролю на твердість. Твердість повинна відповідати НВ 197-248, що досягається загартуванням заготовки з наступним відпуском . В цілому пред'являється вимога у виготовленні заготовки куванням, з вимогами по III групі обумовлює її відповідальність, середньо навантажені умови експлуатації

Сталь 20X13 - корозійно стійка , жароміцна. Обгрунтованість вибору матеріалу в тому що він забезпечують потрібну жароміцність і корозійну стійкість , так як деталь працює при температурах близько 165 ° С і контактувати з робочою рідиною , при цьому поровина зберігати свої механічні властивості. Застосування матеріалу з нижчими показниками механічних властивостей не доцільно так як це може призвести до зниження характеристик деталі, що в свою чергу призведе до швидкого зносу робочих поверхонь деталі.

- * Розмір для довідок. Дані розміри є невідповідальними або складальними, його величина досягається на складальній операції і вказується в якості додаткової інформації для зручності.

- ** Розмір забезпечити інструментом. Дана вимога в якійсь мірі дозволяє спростити вимоги креслення і означає що допуск на розмір повинен бути витриманий за рахунок інструменту.

- Не вказані граничні відхилення розмірів: Н14 , h14 , ± IT14 / 2 . Ці розміри не вимагають точної обробки, так як для них точність лімітується необхідністю обмежити витрати матеріалу і не допустити збільшення маси деталі. Досягнення більш високого квалітету точності вимагає часу на виконання обробки, викликає знос інструменту і повинно виконуватися більш кваліфікованим працівником, все це економічно не вигідним для підприємства, тому вільні розміри обробляються тільки при чорновій операції.

- Маркувати позначення креслення , марку матеріалу і номер маршрутного листа ударним способом шрифтом 5 - Пр3 ГОСТ 26.020-80 . Маркується на поверхні, тому що деталь відповідальна і щоб при збірці насосу не сплутати секцію з іншими, подібними за конфігурацією, деталями.

- Таврувати знак ОТК. Після контролю всіх розмірів і вимог креслення, контролер таврує знак якості, який є гарантією відповідності розмірів і якості поверхонь деталі вимогам креслення. І засвідчує що виріб готовий до збірки.

Вимоги пред'являються конструктором до деталі :

Отвір $\varnothing 510$ H7x21 та торець $\varnothing 550 / \varnothing 510$ H7 з шорсткістю Ra 1,6 і допуском на радіальне биття 0,02 мм. Спеціальні вимоги до цих поверхонь обумовлено тим що за ними деталь базується в насосі. Якщо погіршити вимоги то це призведе до зміщення деталі від осі насоса, через це з'являться непотрібні зазори, що знижує герметичність і робоча рідина буде потрапляти на зовнішні поверхні секції, що не припустимо, так як за секцією розташовані деталі які не призначені до контакту з робочою рідиною і це може призвести до поломки. Зміщення від осі, призведе до шуму та вібрацій, це призведе до збільшення зносу поверхонь деталі. Не дотримання вимог призведе до зменшення ККД всього насосу.

Торець $\varnothing 510$ H7 / $\varnothing 450$ H7 з шорсткістю Ra 6,3. Цю поверхню можна виконати з шорсткістю Ra 12,5 тому що ця поверхня вільна і не є відповідальною.

Канавка 3x4 на відстань 2 від $\varnothing 450$ H7 з шорсткістю Ra12,5. Призначення канавки для відгинання і фіксації направляючого апарату. Канавка виконана з найменшими вимогами, поліпшення вимог економічно не вигідно.

Отвір $\varnothing 450$ H7x47, торець $\varnothing 402 / \varnothing 255$ H7 з шорсткістю Ra 1,6 та допуском на радіальне биття 0,02 мм. Поверхні вказані допоміжними конструкторськими базами для направляючого апарату. Зниження вимог призведе до зміщення направляючого апарату від осі, через це знизиться герметичність, через появу зазорів між секцією і направляючим апаратом, робоча рідина буде потрапляти у порожнини між апаратом і секцією, через небажані зазори, також підвищиться вібрація і

шум, з'являться вихорі робочої рідини, що підвищить циклічні навантаження, через що відбуватиметься знос поверхонь деталі. Без дотримання вимог деталей не зможе виконувати своє службове призначення і зменшиться ККД насосу.

Торцева канавка з $\text{Ø}402 \times 1$ виконана з 14 квалітетом і шорсткістю Ra 12,5 . Призначена для полегшення збірки. Покращення вимог економічно не вигідно.

Отвір $\text{Ø}10 \times 10$ на відстань R180 від осі виконано з 14 квалітетом і шорсткістю Ra12,5. Призначений для штифта, який з'єднує секцію і направляючий апарат. Якщо не виконувати цей отвір , то в процесі роботи можливий проворот направляючого апарату, а поліпшення вимог економічно не вигідно.

Отвір $\text{Ø} 255\text{H}7 \times 24$ з шорсткістю Ra1,6, торець $\text{Ø}265\text{H}12/255\text{H}7$ з шорсткістю Ra1,6 і допуском на радіальне биття 0,02 мм і отвір $\text{Ø}265\text{H}12$ з шорсткістю Ra 3,2. Поверхні є допоміжною базою для ущільнювального кільця. Вимоги до розмірів повинні забезпечити щільне прилягання ущільнювального кільця до секції. Зменшення вимог до розмірів призведе до потраплення робочої рідини в порожнину наступної секції обходячи робоче колесо що призведе до зменшення ККД насоса.

Торцева канавка 2×4 на відстань 2 від $\text{Ø}265\text{H}12$ з шорсткістю Ra12,5 . Канавка призначена для відгинання і фіксації ущільнювального кільця. Канавка виконана з мінімальними вимогами , поліпшення вимог економічно не вигідно.

Торець $280/265\text{H}12$, конус 10° з $\text{Ø}280$ до $\text{Ø}336\text{H}11$, R2 і отвір $\text{Ø}336\text{H}11$ з шорсткістю Ra 3,2 . Виконано з конструктивних міркувань, поверхня контактують з робочою рідиною, розміри виконані з розрахунком що б не було завихрень і концентрацій напруги.

Торець $\text{Ø}336\text{H}11/\text{Ø}449$ виконаний з шорсткістю Ra1,6 і допуском на радіальне биття 0,03 мм. Поверхня є допоміжною конструкторської для направляючий апарат , розташований в наступному ступені . Зниження вимог призведе до зміщення направляючого апарату від осі, через це знизиться герметичність, через появу зазорів між секцією і направляючим апаратом, робоча рідина буде потрапляти у порожнини між апаратом і секцією, через небажані зазори, також підвищиться

вібрація і шум, з'являться завихренні робочої рідини, що підвищить знако-перемінні циклічні навантаження, через що збільшиться знос поверхонь деталі. Не дотримуючись вимог деталей не зможе виконувати своє службове призначення і зменшиться ККД насосу.

Торець $\text{Ø}510\text{js}6/\text{Ø}449$ з шорсткістю $Ra\ 12.5$. Вільна поверхня виконана з конструктивних міркувань.

Поверхня $\text{Ø}510\text{js}6 \times 20$ і торець $550/\text{Ø}510\text{js}6$ виконуються з шорсткістю $Ra\ 1,6$ і допуском на радіальне биття $0,02$ мм. Поверхні є допоміжною конструкторською базою для секції наступному ступені, зниження вимог призведе до зміщення наступної секції щодо осі насоса, через це з'являться непотрібні зазори (через перекіс секції), що в свою чергу знизить герметичність і робоча рідина буде потрапляти на зовнішні поверхні секції, що не припустимо, так як за секцією розташовані деталі які не призначені до контакту з робочою рідиною і це може вивести з ладу весь насос. Також, зміщення від осі, призведе до появи шуму і вібрації (при роботі насосу), це означає що підвищилось знако-перемінне циклічне навантаження, що призведе до збільшення зносу поверхонь деталі. Не дотримання вимог призведе до зменшення ККД всього насосу.

Канавка $6,5 \times 1,5$ на торці $550/\text{Ø}510\text{js}6$ з шорсткістю $Ra\ 1,6$. Допоміжна конструкторська база для ущільнювального кільця розміщеного між двома секціями. Зменшення вимог призведе до збільшення зазору і кільце ущільнювача не зможе гарантувати потрібну герметичність.

Поверхня $120\text{h}8$ виконана за конструкторським міркувань, для того щоб була витримана відстань між секціями і була забезпечена потрібна міцність, жорсткість та інших механічних параметрів.

Отвори під римболти виконані з конструктивних міркувань, щоб болт міг витримати вагу деталі.

Фаски $1 \times 45^\circ$ на $\varnothing 225H7$, $\varnothing 450H7$, $\varnothing 255H7$, $\varnothing 510js6$ призначені для притуплення гострих кромek небезпечних для людини, оберігає відповідальні поверхні інших деталей від пошкодження при складанні.

Два отвори М16-6Н виконанні на бокові поверхні, являються основною конструкторською базою, вони запобігають провороту секції в процесі роботи.

Дане креслення виконане з усіма вимогами ЕСКД. На кресленні вказано в достатній кількості і видів і розрізів для можливості виготовлення деталі, також вказані всі розміри.



1.3 Визначення типу виробництва, форми його організації та розрахунок партії випуску

Отримавши результати ЕОМ (Додаток В), для дрібносерійного типу виробництва дамо таку характеристику.

Дрібносерійний тип виробництва відзначається меншою номенклатурою продукції, з партіями, які повторюються і немалим обсягом випуску. Коефіцієнт закріплення операцій 20-40.

Найчастіше використовується універсальне, рідко обладнання спеціальне. Також застосовуються верстати з ЧПК, обробні центри, та також гнучкі автоматизовані системи на базі верстатів з ЧПК, та транспортне обладнання, керованими від ЕОМ. У закритому приміщенні обладнання розміщується на технічній групі відповідно до основного напрямку товарообміну в цеху.

Обладнання здебільшого універсальне. Часто призначається універсально-збірне, переналагоджувальне технологічне оснащення, що збільшує коефіцієнт виробництва обладнання.

Заготовки використовують гарячим та холодним прокатом, точним штампуванням або лиття під тиском, точне лиття, поковки.

З допомогою метода пробних проходів із частковим застосуванням розмітки дозволяє досягати необхідної точності.

У цьому виробництві навички робітників вищі, ніж в масовому, але нижче ніж в одиничному. Разом з висококваліфікованими робітниками, що працюють на складних універсальних верстатах, введення в експлуатацію здійснюється кваліфікованими працівниками.

Залежно від особливостей технології виробництва може бути забезпечена повна, неповна групова взаємозамінність.

Для найбільш складних і відповідальних заготовок була розроблена технологічна документація і нормування, спрощене нормування для простих заготовок.

Застосовувані інструменти - універсальні і спеціальні.

Вимірювальні прилади – калібри та спеціальний вимірювальний інструмент.

Відповідно до цього виду виробництва та порядку виконання операцій встановлюється організаційна форма процесу, уніфікується структура та технічні характеристики виробу, технологічне обладнання.

Диференційований технологічний процес, тобто поділений на окремі операції, та закріплений за певними верстатами. Верстати застосовуються універсальні, автоматизовані, спеціалізовані, спеціальні.

Цех з переробки повинен бути спеціалізованим таким чином, щоб він міг переноситися з однієї серії виробництва в іншу, що конструктивно відрізняється від першої. Для забезпечення взаємозамінності готових деталей необхідно використовувати спеціальне обладнання, спеціальні вимірювальні та ріжучі інструменти у вигляді граничних калібрів та шаблонів.

Дрібносерійне виробництво набагато економніше, ніж одиничне, оскільки краще використання обладнання, спеціалізація працівників, та підвищення продуктивності праці знижують виробничі витрати.

Дрібносерійне виробництво, це підвид (нижча форма) серійного виробництва, яке є основним типом сучасного машинобудівного виробництва, наразі випускає 70% усієї продукції машинобудування країни.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності проводиться з метою – виявлення недоліків конструкції з відомостей які містяться на кресленні і технічних вимогах, а також можливе покращення технологічності розглянутої конструкції .

Показники технологічності поділяються на якісні та кількісні.

Якісні показники зазвичай характеризують технологічність конструкції на основі досвіду виконавця. Якісні показники включають: матеріал деталі, установка в верстаті (базування та закріплення), допуски за розміром та формою, здатністю використовувати прогресивні методи обробки поверхні.

Аналізуючи технологічність конструкції за застосуванням матеріалам необхідно відзначити, що сталь 20X13 має ряд замінників, таких як: 12X13, 14X17H2; тому в випадку збою поставки цього матеріалу на виробництво, його можна легко замінити іншим. Цей матеріал є відносно не технологічним, через свою високу вартість у порівнянні з більш дешевими конструкційними сталями.

Аналізуючи форму поверхні деталі з точки зору можливості використання вискоефективного обладнання, можна зазначити, що більшість поверхонь є простими (циліндричні, плоскі), що значно полегшує обробку, оскільки отримана точність обробки залежить від простоти конструкційної форми, тому проаналізувавши поверхню можна сказати, що ця деталь технологічна.

Аналізуючи необроблені поверхні можемо зробити висновок, що вона не технологічна, так як деталь відповідальна, більшість поверхонь контактують з іншими частинами вузла та виконують різні функціональні цілі, тому всі поверхні оброблюється з великою шорсткість та точністю.

Аналізуючи креслення деталі можна зробити висновок, що вона виготовлена за стандартами, хоча має деякі помилки, наприклад перетин розмірних ліній, накопичення розмірів, дані зауваження незначні та розумінню креслення не заважають. Тому можна вважати що деталь за цим пунктом є технологічною.

Спрощення вимог креслення, запропонованих конструктором, у відношенні точності та якості поверхонь не має можливості, так як деталь відповідальна та для відповідності деталі її функціональним призначенням необхідно забезпечити відповідно їх якість, тому за цим пунктом деталь не технологічна.

Маса заготовки складає 140 кг, що свідчить про те що при транспортуванні, установці заготовки на верстат потрібно використовувати допоміжні підйомні механізми (кран-балки, мостові крани). Отже за масою заготовка не технологічна, бо потребує значних витрат часу на між операційне транспортування.

Конструкція деталі є достатньо жорсткою, що дозволяє, при механічній обробці її поверхонь, застосовувати продуктивні режими різання та багато інструментальну обробку, що є технологічним.

На основі розглянутого креслення деталі «Секція проміжної ступені», можемо зробити висновок, що існують не технологічні конструктивні елементи:

-внутрішні циліндричні поверхні: $\varnothing 510H7x21$ Ra=1,6, $\varnothing 450H7x47$ Ra=1,6; $\varnothing 255H7x24$ Ra=1,6 (з допуском на радіальне биття 0,02мм) поверхня має досить високу точність і якість оброблення, це є не технологічно, бо підвищує собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

- внутрішні циліндричні поверхні: $\varnothing 265H12x8$ Ra= 3,2; $\varnothing 336H11x14$ Ra=3,2 – ці поверхні мають високу якість що є не технологічним, це є не технологічно бо підвищується собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

-торцеві поверхні: $\varnothing 550/ \varnothing 510H7$ Ra=1,6; $\varnothing 402/ \varnothing 255H7$ Ra=1,6(з допуском на радіальне биття 0,02 мм); $\varnothing 280/265H12$ Ra=3,2, $\varnothing 336H11/ \varnothing 449$ Ra=1,6(з допуском на радіальне биття 0,03мм); $\varnothing 550/\varnothing 510js6$ Ra=1,6 (з допуском на радіальне биття 0,02 мм) – поверхні мають досить високу якість оброблення,це є не технологічно бо підвищується собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

-зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 510js6x20$ $Ra=1,6$ - поверхня має досить високу точність і якість оброблення, це є не технологічно, бо підвищує собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

-Конусні поверхні: $\angle 10^\circ$ з $\varnothing 280$ до $\varnothing 336H11Ra=3,2$, $\angle 43^\circ$ з $\varnothing 402$ до $\varnothing 450H7Ra=3,2$, $\angle 45^\circ$ $\varnothing 510H7Ra=1,6$; канавка $6,5 \times 1,5$ на торці $\varnothing 550/ \varnothing 510js6$ виконана з $Ra=1,6$ - поверхні мають досить високу якість оброблення та потрібен спеціальний ріжучий інструмент з відповідною геометрією, це є не технологічно бо підвищується собівартість виготовлення деталі, збільшує припуск на механічну обробку і кількість етапів на оброблення цієї поверхні.

- торцеві канавки є не технологічними, так як їх дуже важко оброблювати, їх не можливо обробити звичайним карнабочним різцем, отже

Вище приведені зауваження є не технологічними, але вони є конструктивними: необхідні для використання деталі в вузлі, а отже змінити їх не має можливості, окрім торця $\varnothing 510/ \varnothing 450H7$ який виконаний з $Ra=0,3$, ця поверхня вільна і достатньо шорсткості $Ra=12,5$ для того щоб деталь виконувала своє службове призначення.

В цілому ж конструкція деталі технологічна і більшого вдосконалення, ніж це зробив конструктор без шкоди для службового призначення деталі та виробу, на даному етапі розвитку науки і техніки запропонувати неможливо.

Кількісний аналіз технологічності деталі.

Визначення коефіцієнта використання матеріалу:

$$K_{IM} = \frac{M}{M_m}, \quad (1.1)$$

де M - маса готової деталі, $M = 110$ кг

M_m - маса заготовки, $M_m = 154$ кг

$$M_m = M_d \cdot K_p = 110 \cdot 1,4 = 154 \text{ кг} \quad (1.2)$$

$$K_{IM} = \frac{110}{154} = 0,714$$

Визначення рівня технологічності конструкції з використання матеріалу:

$$K_{yu} = \frac{K_{бИМ}}{K_{ИМ}}, \quad (1.3)$$

де $K_{бИМ}$ - базовий коефіцієнт використання матеріалу, $K_{бИМ} = 0,3$ (за даними підприємства, на якому виготовлялася деталь);

$$\hat{E}_{\sigma\sigma} = \frac{0,3}{0,714} = 0,42$$

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_{mi} = 1 - \frac{1}{T_{ep}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T \cdot n_i} \quad (1.4)$$

де $\sum n_i$ - число розмірів відповідного класу точності;

T - клас точності обробки.

$$\sum n_i = 1 + 7 + 2 + 2 + 30 + 3 + 1 = 46$$

$$\sum T \cdot n_i = 6 \cdot 1 + 7 \cdot 7 + 9 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 30 + 15 \cdot 3 + 16 \cdot 1 = 578$$

$$K_{mi} = 1 - \frac{46}{578} = 0,92 > 0,8$$

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_{iu} = \frac{1}{Ш_{ep}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum Ш \cdot n_{im}}, \quad (1.5)$$

де $\sum n_{im}$ - число поверхонь відповідного класу шорсткості

$$\sum Ш \cdot n_{im} = 1,6 \cdot 9 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 34 = 238,2$$

$$K_{iu} = \frac{46}{238,2} = 0,19 < 0,32$$

По даному показнику деталь є технологічною.

Отже з усіх проаналізованих критеріїв деталь є технологічною.

1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу. Формування задач проектування

Аналіз буде базуватися на основних технологічних процесах. У цьому технологічному процесі послідовність операцій відповідає регулярним етапам технологічного процесу.

У першій технологічній операції поверхня оброблюється, а потім на подальших операціях буде прийнята за базові (чистові).

Технологічний процес виготовлення деталі наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Базовий технологічний процес

№ оп.	Найменування операції	Короткий зміст операції	Базування	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Вхідний контроль	Перевірка наявності сертифікатних даних за гр. III 20x13 197..248HB ГОСТ25054-80		
010	Карусельна чорнова	Точити деталь с переустановкою, вивіркою розмірів згідно ескізу 14194.20141.00632	На планшайбі по торцевій і циліндричній поверхням у верстатних кулачках	Токарно карусельний верстат 1541
015	Контроль ВТК			Стіл ВТК
020	Розмітка	Розмітити 1 отв. під римболт М16-6Н і 2 отв. М16-6н на Ø560		Плита розміточна
025	Свердлильна	Сверлити 3 отвори, нарізати різь М16-6Н, цекувати Ø42	На Столі верстату з упором по торцю і прихватами	Радіально-свердлильний верстат 2Н55

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5
030	Слюсарна			Верстак слюсарний
035	Маркування	Маркувати позначення креслення, марку матеріалу і номер маршрутного листа		
040	Карусельна чистова	Точити деталь з переустановкою, вивіркою розмірів згідно ескізу 14194.20141.00633	На планшайбі по торцевій і циліндричній поверхням у верстатних кулачках	Токарно карусельний верстат 1541
045	Контроль ВТК			Стіл ВТК
050	Розмітка	Розмітити 1 отв. Ø10x10 на R180±0.3		Плита розміточна
055	Свердлильна	Точити 1 отв. Ø10x10, зенкувати фаски 1x45°	На Столі верстату з упором по торцю і приватами	Радіально-свердлильний верстат 2Н55
060	Слюсарна			Верстак слюсарний

У базовому технологічному процесі є багато недоліків.

Базовий технологічний процес був розроблений у застарілій формі 70-х років. Використовуються бланки застарілих ГОСТів, які вже замінені на нові.

Відповідно до ГОСТ3.1129-93 для заповнення карт технологічного процесу вказується повна назва операції, назви верстатів також мають бути присутні, а у базовому технологічному процесі їх зовсім немає, вказана лише модель. Також багато операцій зовсім не вказано пристрій і устаткування. Повинні бути номери цеху, дільниці та робочого місця. Ці дані не були вказані під час технологічного процесу.

Також не вказані коди операцій, обладнання, пристроїв, інструментів, заготовки. Взагалі про заготовку у базовому технологічному процесі окрім виду та

профілю нічого не вказано. Відсутні режими різання. Карти ескізів є, але не на усі операції.

Пристрої, устаткування та інструменти застарілі, неекономічні та низькопродуктивні. Певні верстати можна замінити на верстати з ЧПК, або більш продуктивні сучасні верстати. Замість ручного закріплення заготовки, доцільніше використовувати механізоване і, взагалі, необхідно прагнути до виключення ручної роботи працівника.

Як щодо базування, то деталь має постійні базові поверхні – торці та зовнішні поверхні, тому може оброблятися у стандартних пристроях, без застосування спеціальних пристроїв. Недоліком являється те, що технологічна та вимірвальна бази не співпадають, тому виникає похибка базування. Доречно було б наносити розміри саме від торців деталі, які являються технологічними базами, щоб виключити появлення похибки базування.

Режими різання правильно вибрані і розраховані. Але через те що устаткування і матеріали ріжучих інструментів на виробництві використовуються застарілі то це ці режими недоцільно застосовувати для сучасних верстатів, так як ці верстати дозволяють працювати на більш прогресивних і форсованих режимах. При зміні цих недоліків можна буде підвищити режими різання до оптимальних. Отже, скоротити час обробки і підвищити точність виготовлення деталей.

1.6 Висновки

При аналізі службового призначення були відображені основні технічні характеристики і призначення машини. Що стосується самої деталі, то був проведений аналіз усіх її поверхонь, а також функцій, виконуваних ними.

При аналізі технічних вимог ми описали властивості сталі 20X13, був розглянутий аналіз існуючого технологічного процесу, проаналізувавши критерії деталь є технологічною.

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Вибір і обґрунтування способу отримання вихідної заготовки

Основною умовою раціональної технології є максимальне наближення форми і розмірів заготовки до форми готової деталі, тому проектування заготовки є одним з найважливіших етапів побудови технологічного процесу. Метод отримання заготовки буде змінено, тому що багато металу йде в стружку ($K_3=0,3$), також заводська заготовка не передбачає центрального отвору. Також заготовки можливо виготовляти за допомогою центробіжного лиття, але отриманні заготовки цим методом не задовольняють якість, через недостатню міцність. Отже для умов дрібносерійного виробництва доцільним буде порівняння двох способів отримання заготовки – це поковка кована на молотах та поковка на пресах. В процесі розрахунків для обох варіантів будемо обирати заготовку з центральним отвором.

Вартість заготовки кованої на молотах, з використанням підкладних штампів розраховуємо наступним чином:

$$S_{зг1} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_2 \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \text{ грн} \quad (2.1)$$

де $C_i = 24000$ грн – вартість 1 т. матеріалу, грн.

$Q = 160,5$ кг – маса заготовки;

$q = 110$ кг – маса готової деталі;

$K_T = 1,06$ – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M = 1,6$ - коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_C = 1,0$ - коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_H = 0,78$ - коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_B = 1,0$ - коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{відх} = 3200$ грн – ціна однієї тони відходів,

$$S_{заг} = \left(\frac{24000}{1000} \cdot 160,5 \cdot 1,06 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,78 \cdot 1,0 \right) - (160,5 - 110) \frac{3200}{1000} = 5310 \text{ грн}$$

Для порівняння розрахуємо вартість заготовки, отриманої куванням на пресі за формулою 6.1, виходячи з іншими коефіцієнтами:

$C_i = 22500$ грн – базова вартість однієї тони матеріалу, грн.

$Q = 180,5$ кг – маса заготовки;

$q = 110$ кг – маса готової деталі;

$K_T = 1,06$ – коефіцієнт враховуючий точність поковки;

$K_M = 1,6$ - коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу;

$K_C = 1,0$ - коефіцієнт враховуючий групу серійності;

$K_H = 0,78$ - коефіцієнт враховуючий групу складності;

$K_B = 1,0$ - коефіцієнт враховуючий масу поковки;

$S_{відх} = 3200$ грн – ціна однієї тони відходів,

$$S_{заг} = \left(\frac{22500}{1000} \cdot 180,5 \cdot 1,06 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,78 \cdot 1,0 \right) - (180,5 - 110) \frac{3200}{1000} = 5467 \text{ грн}.$$

Отже, порівнюючи вартість отримання заготовки, обираємо з економічної точки зору отримання заготовки вільним куванням на пресах у підкладних штампах за ГОСТ 7062-90, так як цим способом ми отримуємо більш дешевшу, ущільнену та зміцнену заготовку. Ескіз заготовки (рис. 2.1) та таблиця 2.1 з розрахунковими величинами представлені далі.

Таблиця 2.1 - Розміри поковки

Поверхня	Номинальний розмір	Припуск на розмір	Допуск і відхилення розміру заготовки	Розмір заготовки з допуском
H_1	140	14	± 4	154 ± 4
d_2	$\varnothing 560$	21	± 5	$\varnothing 581 \pm 7$
D_3	$\varnothing 255$	9	± 3	$\varnothing 246 \pm 7$

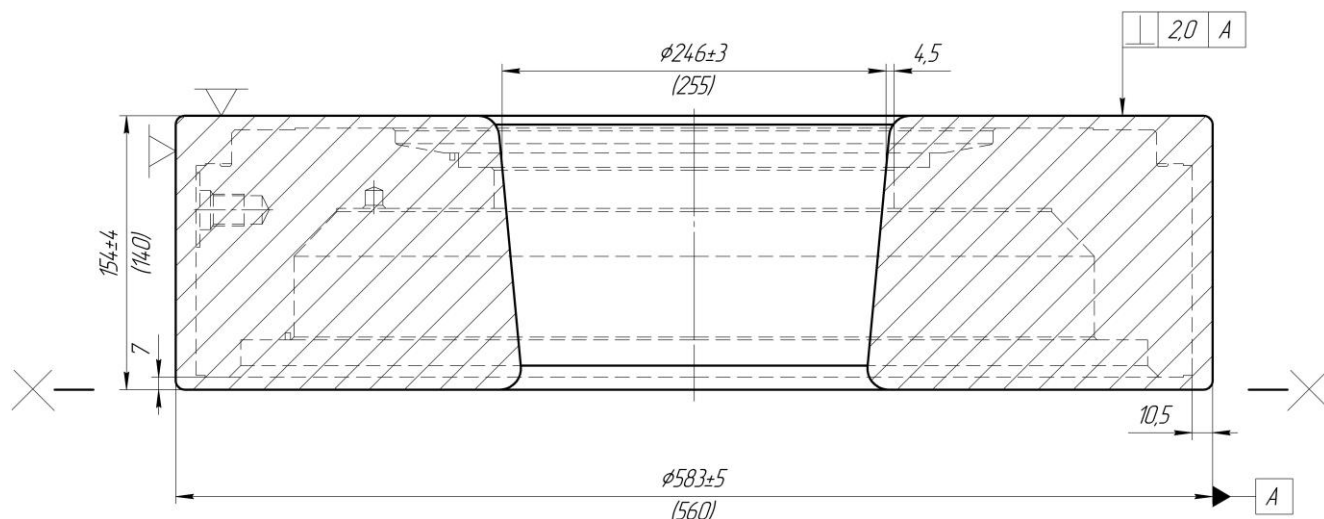


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

Призначаємо технічні вимоги до поковки:

1. Поковка Гр. III НВ 197...248 ГОСТ 8479-70
2. Незазначені радіуси $R5^{+1}$ мм;
3. Незазначені ухили $2-3^\circ$;
4. Матеріал замічник сталеві 30X13 ГОСТ 5632-72;
5. Припуски на розміри за ГОСТ 7062-90;
6. Маркувати номер деталі шрифтом 5Шр3 ГОСТ 26 008-85.

2.2 Розробка оптимального варіанта маршрутного технологічного процесу

Вибір і обґрунтування способів обробки елементарних поверхонь

Технічно існує багато методів обробки, які можуть забезпечити приблизно ті ж параметри одержуваних поверхонь, але загальна вартість реалізації різна і тому це раціонально у різних типах виробництва.

Виходячи з цього, однакова основна поверхня може бути досягнута за допомогою ряду послідовно застосовуваних технологічних методів, в яких наведені різні шляхи обробки для даної поверхні.

Оскільки кожен маршрут обробки поверхні містить різний метод досягнення певного ступеня точності, він може бути включений у всі стадії технологічного процесу. Крім того термічна обробка або інші операції можуть прервати обробку. Все це підтверджує багатовартісне технологічне проектування однієї поверхні і для всього виробу.

Використовуючи посилання [4] і вищевказані вимоги, вибираємо метод обробки поверхонь та надаємо варіанти для відповідності цим вимогам:

а) механічні властивості даного матеріалу:

$HВ = 206...220$, $\sigma_B \geq 589$ Мпа, $\sigma_T \geq 197$ Мпа, $\delta \leq 42\%$ дотримується застосуванням обраного матеріалу та проведенням термообробки: нормалізація.

б) шорсткість - таблиця 2.2;

Таблиця 2.2 – Способи отримання точності та шорсткості деталі

Оброблювані поверхні	Квалітет	Ступінь шорсткості Ra, мкм	Метод забезпечення
1	2	3	4
Зовнішні циліндричні поверхні	12-14	6,3	точіння чорнове і напівчистове
			точіння чорнове

Продовження таблиці 2.2

	9-11	3,2	точіння чорнове, напівчистове і чистове
	6-8	1,6	точіння чорнове і напівчистове
			точіння чорнове, напівчистове, чистове і тонке
Внутрішні циліндричні поверхні (отвори)	12-14	6,3	розточування чорнове і напівчистове
	9-11	3,2	розточування чорнове
			розточування чорнове, напівчистове і чистове
			розточування чорнове і напівчистове
			розточування чорнове, напівчистове і чистове
6-8	1,6	розточування чорнове, напівчистове і чистове	
		розточування чорнове, напівчистове, чистове і шліфування	
Отвори з плоским торцем	12-14	6,3	чорнове фрезерування
			чорнове і напівчистове фрезерування
Отвори на циліндричній поверхні та отвору на торці	12-14	6,3	свердління
Різьбові отвори	7	3,2	забезпечуються інструментом

в) по точності форми і розташування елементів деталі-
таблиця 2.3;

Таблиця 2.3 – Способи досягнення форми і взаємного розташування поверхонь деталі

Відхилення форми і взаємного розташування	Величина допуску, мм	Метод досягнення
Радіальне биття зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталі	0,02	обробка з одного установка
	0,02	принцип постійності баз
Торцеве биття поверхонь деталі	0,02	обробка з одного установка
	0,02	принцип постійності баз



**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

2.3 Аналіз і обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Якість процесу значною мірою залежить від правильної установки та фіксації заготовки на верстаті. Установка включає фіксацію положення заготовки щодо виконавчих органів верстата, інструменту відповідно траєкторії його переміщення та закріплення, точніше прикладання зусиль для фіксації перед заготівлею, отриманого при базуванні.

Поверхня, котра використовується під час базування, відповідає таким вимогам:

- великий розмір, геометрично правильна форма;
- невелика шорсткість поверхні;
- розмірний зв'язок з оброблюваною поверхнею, близьке розміщення до оброблюваної поверхні;
- базова поверхня не має явної деформації та низької жорсткості
- використання принципів сталості баз;
- можливість простого і зручного закріплення заготовки.

Для розгляду та аналізу у цьому пункті було обрано 3 операції:

- токарно-карусельна 015;
- токарно-карусельна з ЧПК 020;
- комплексна на обробному центрі з ЧПК 025.

Для кожної операції розглянемо дві різних схеми базування для отримання точності лінійних розмірів. Точність діаметральних розмірів буде досягатися за рахунок точності позиціонування робочих елементів верстата. Хоча базування і відбувається у чотирьохкулачковому патроні, але при цьому перша заготовка буде попередньо вивірятися по критерію радіального биття.

Схеми базування заготовки на токарно-карусельній чорновій операції 015 на двох установках приведені на рисунках 2.2-2.3.

Щоб визначити, який варіант краще розрахуємо похибку базування:

На установі А: приймаємо одну схему базування, так як іншу схему реалізувати неможливо у зв'язку з тим, що лише дві циліндричні поверхні на даному установі можна використати як подвійно-опорну базу, а саме зовнішню та внутрішню циліндричну поверхні і одну поверхню як установчу базу – торець деталі. Так як розмір отвору не дозволяє розмістити там кулачки, то залишається лише один варіант схеми базування – по торцю і зовнішній циліндричній поверхні. Дана схема передбачає установчу та подвійно-опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності.

Похибка базування:

$$\varepsilon_{a143} = \varepsilon_{iic} = 0,05 < T_{143} = 1 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{a21} = \varepsilon_{iic} = 0,05 < T_{21} = 0,52 \text{ мм};$$

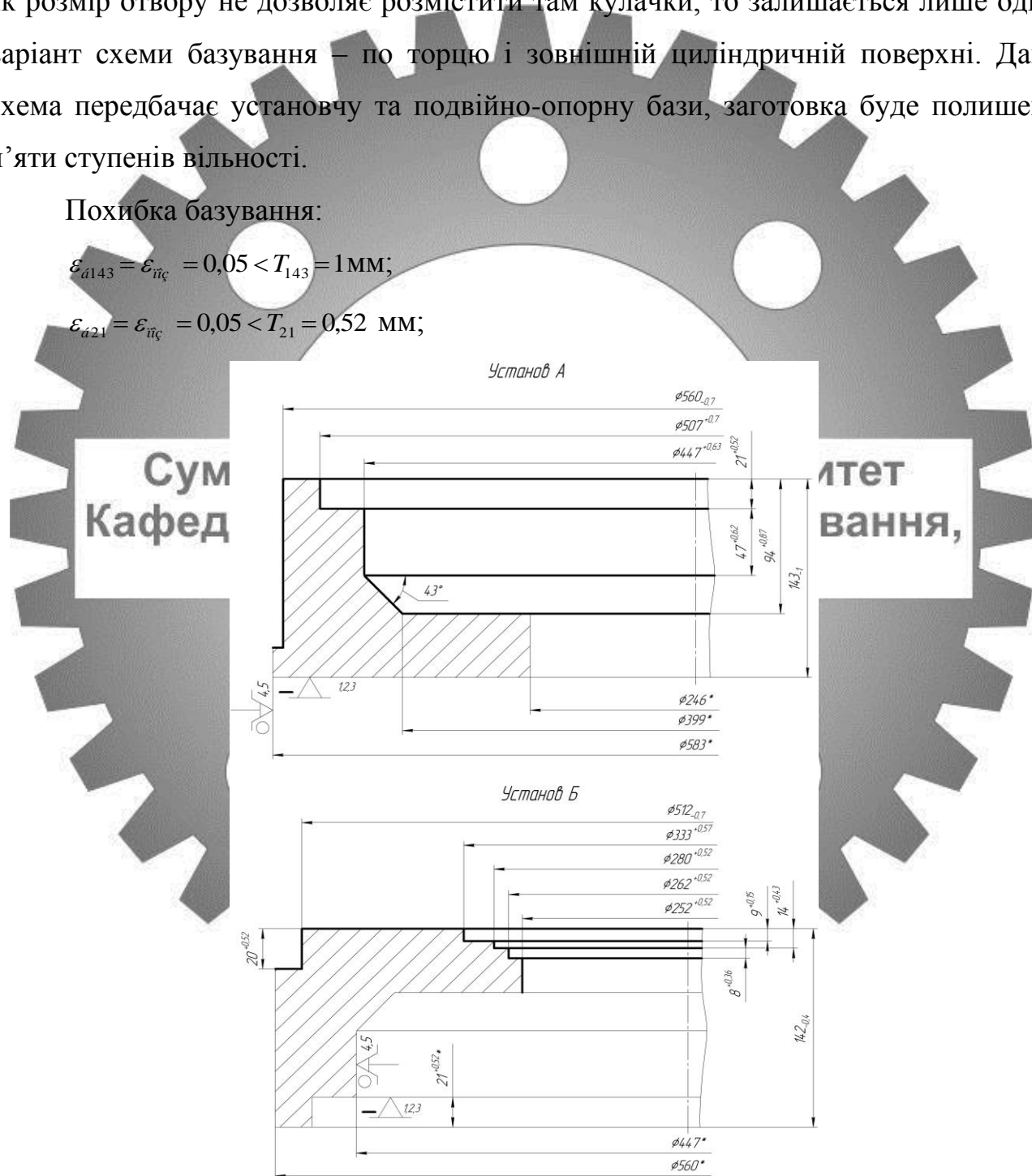


Рисунок 2.2- Схема базування заготовки на токарній операції (перший варіант)

Для інших розмірів на даному установі А, що мають більший допуск, ніж допуски на розміри 21 та 143 мм, точність буде забезпечена.

На установі Б:

- по першому варіанту:

- $\varepsilon_{\delta 142} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_{142} = 0,4$ мм - тому отримуємо брак;

- $\varepsilon_{\delta 9} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_9 = 0,15$ мм - тому отримуємо брак;

- $\varepsilon_{\delta 8} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_8 = 0,36$ мм - тому отримуємо брак;

- $\varepsilon_{\delta 14} = T_{21} + \varepsilon_{noz} = 0,52 + 0,05 = 0,57 > T_{14} = 0,43$ мм - тому отримуємо брак;

- по другому варіанту:

- $\varepsilon_{\delta 142} = \varepsilon_{noz} = 0,05 < T_{142} = 0,4$ мм, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають, тому браку нема;

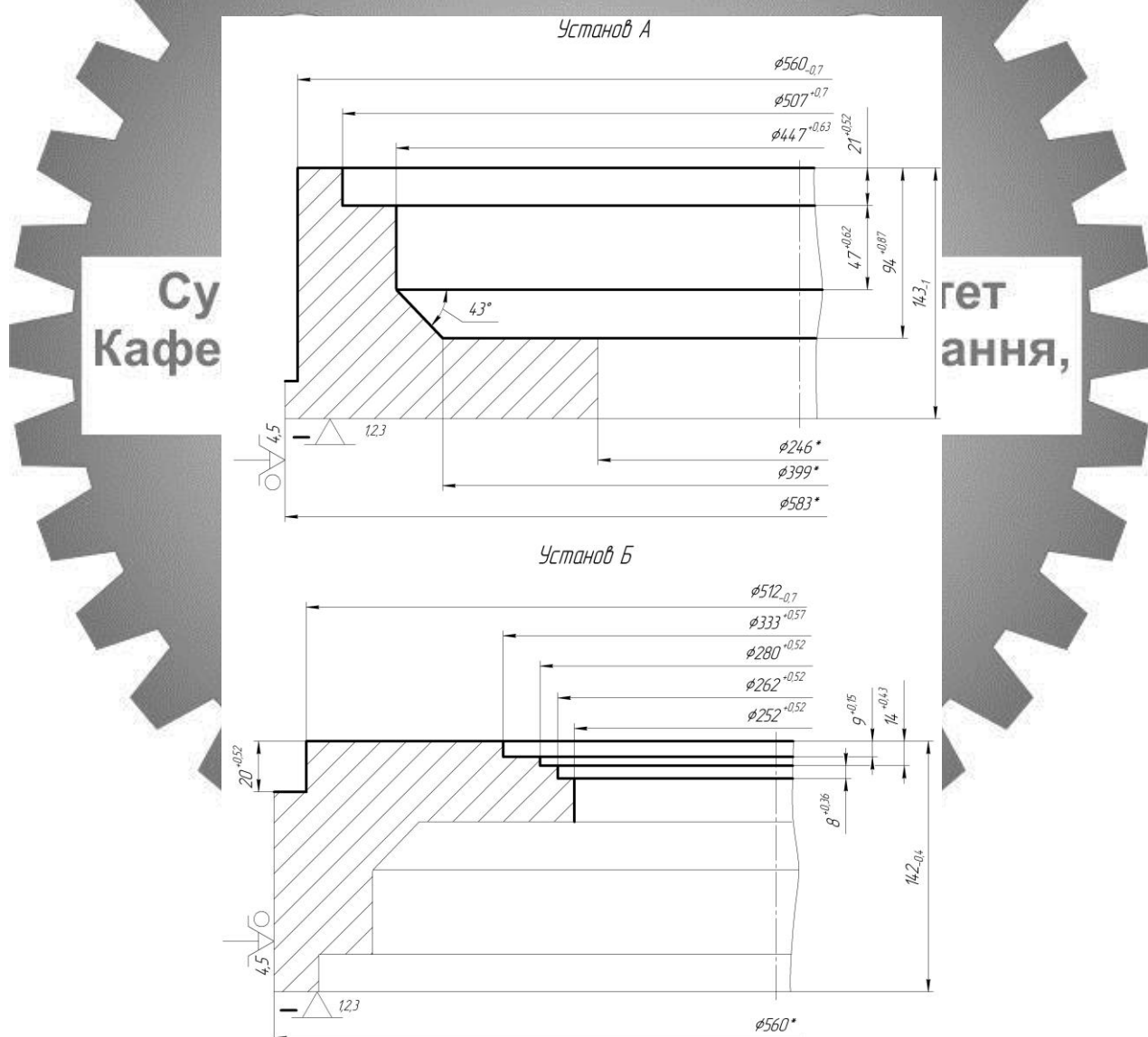


Рисунок 2.3- Схема базування заготовки на токарній операції (другий варіант)

- $\varepsilon_{a8} = \varepsilon_{ic} = 0,05 < T_8 = 0,15$ мм, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають, тому браку нема;

- для інших розмірів на даному установі по другому варіанту схеми базування точність буде забезпечена, так як їх допуск більший ніж допуски на розраховані розміри.

Отже на установі Б приймаємо другий варіант схеми базування.

020 Токарно-карусельна чистова

На операції з двох установів виконується чистова обробка заготовки.

Розглянемо базування заготовки на планшайбі по торцю і циліндричній поверхні із закріпленням за допомогою універсальних затискних кулачків. Дана схема передбачає установчу та подвійно-опорну бази, заготовка буде полишена п'яти ступенів вільності (рис. 2.4-2.5).

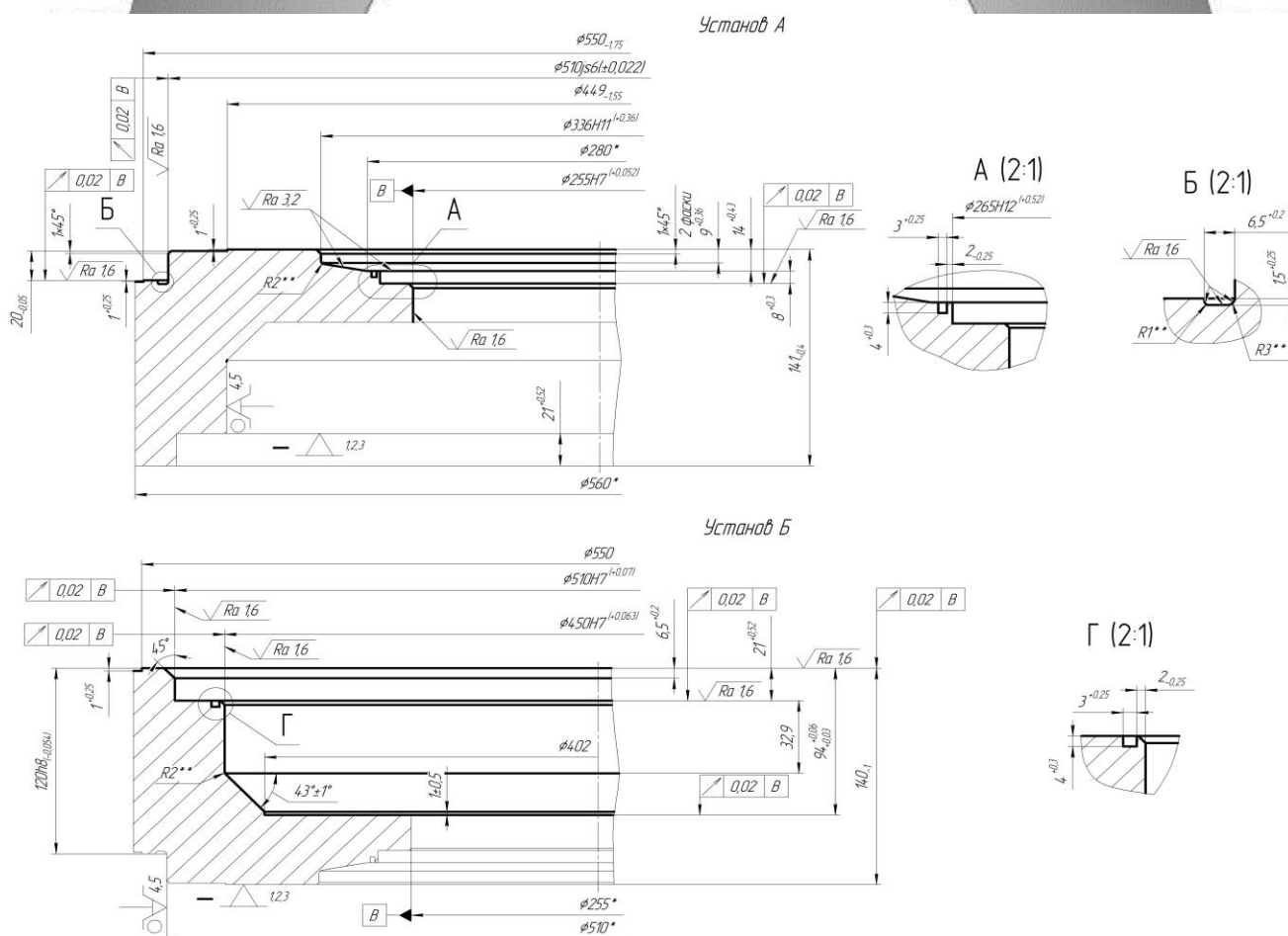


Рисунок 2.4 - Схема базування заготовки на токарній операції (перший варіант)

Як альтернативну схему базування з використанням інших поверхонь для базування по торцю.

Похибка базування для двох схем базування на діаметральні розміри буде однаковою $= 0,2$ мм, що менше ніж мінімальний знімаємий припуск на операції.

Для лінійних розмірів на установі А:

- по першому варіанту:

$$- \varepsilon_{a141} = \varepsilon_{iic} + \dot{O}_{21} = 0,02 + 0,52 = 0,54 > T_{141} = 0,4 \text{ мм} - \text{отримуємо брак};$$

$$- \varepsilon_{a9} = \varepsilon_{iic} + \dot{O}_{21} = 0,02 + 0,52 = 0,54 > T_9 = 0,36 \text{ мм} - \text{отримуємо брак};$$

$$- \varepsilon_{a14} = \varepsilon_{iic} + \dot{O}_{21} = 0,02 + 0,52 = 0,54 > T_{14} = 0,43 \text{ мм} - \text{отримуємо брак};$$

$$- \varepsilon_{a8} = \varepsilon_{iic} + \dot{O}_{21} = 0,02 + 0,52 = 0,54 > T_8 = 0,3 \text{ мм} - \text{отримуємо брак};$$

$$- \varepsilon_{a20} = \varepsilon_{iic} + \dot{O}_{21} = 0,02 + 0,52 = 0,54 > T_{20} = 0,05 \text{ мм} - \text{отримуємо брак}.$$

- по другому варіанту:

$$- \varepsilon_{a141} = \varepsilon_{iic} = 0,02 < T_{141} = 0,4 \text{ мм}, \text{ так як вимірювальна і технологічна бази}$$

співпадають, тому браку нема;

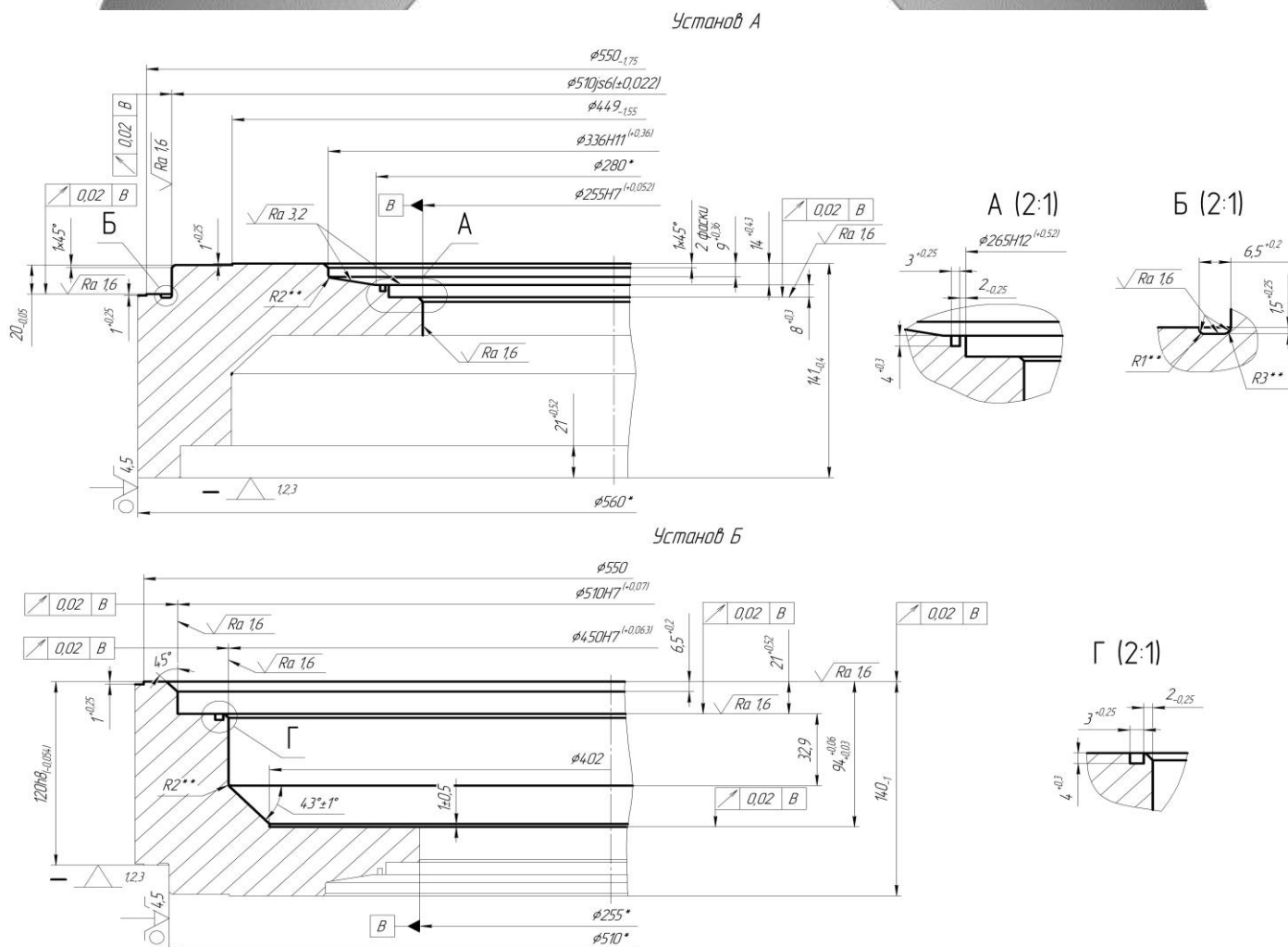


Рисунок 2.5 - Схема базування заготовки на токарній операції (другий варіант)

- $\varepsilon_{a9} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_9 = 0,36$ мм - браку нема;
- $\varepsilon_{a14} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_{14} = 0,43$ мм - браку нема;
- $\varepsilon_{a8} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_8 = 0,3$ мм - браку нема;
- $\varepsilon_{a20} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_{20} = 0,05$ мм - браку нема;

Отже так як по другому варіанту схеми базування на установі А брак відсутній, на відміну першого варіанту, то остаточно приймаємо другий варіант.

Для лінійних розмірів на установі Б:

- по першому варіанту:

- $\varepsilon_{a140} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_{140} = 1$ мм – браку нема;
- $\varepsilon_{a120} = \varepsilon_{\text{нц}} + \dot{O}_{140} = 0,02 + 1 = 1,02 > T_{120} = 0,054$ мм - отримуємо брак;
- $\varepsilon_{a94} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_{94} = 0,03$ мм – браку нема;
- $\varepsilon_{a21} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_{21} = 0,52$ мм – браку нема;
- $\varepsilon_{a6,5} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_{6,5} = 0,2$ мм – браку нема;

- по другому варіанту:

- $\varepsilon_{a120} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_{120} = 0,054$ мм, так як вимірювальна і технологічна бази співпадають, тому браку нема;
- $\varepsilon_{a140} = \varepsilon_{\text{нц}} + T_{120} + T_{20} = 0,02 + 0,054 + 0,05 = 0,124 < T_{140} = 1$ мм – браку нема;
- $\varepsilon_{a94} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_{94} = 0,03$ мм - браку нема;
- $\varepsilon_{a21} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_{21} = 0,52$ мм - браку нема;
- $\varepsilon_{a6,5} = \varepsilon_{\text{нц}} = 0,02 < T_{6,5} = 0,2$ мм - браку нема;

Отже остаточно приймаємо на установі Б другий варіант схеми базування, так ця схема виключає появу браку.

Тобто для операції 020 токарно-карусельна з ЧПК приймаємо для установів А та Б другий варіант схеми базування, де технологічна і вимірювальна бази співпадають. Базування здійснюється у чотирьохкулачковому патроні з розточеними кулачками по циліндричній та торцевій поверхням.

025 Комплексна на обробному центрі з ЧПК.

Ця операція виконується за одну установку, але в трьох положеннях за рахунок можливості повороту робочого столу.

У цій операції свердяться і цекуються отвори розташовані на циліндричній поверхні, під кутом 120° .

Розглянемо базування заготовки на даній операції використовуючи внутрішню циліндричну та різні варіанти торцевих поверхонь для досягнення точності лінійних розмірів. Це рішення пропонує установчу та подвійно-опорну бази, що дозволить полишити п'яти ступенів вільності (рис. 2.6-2.7).

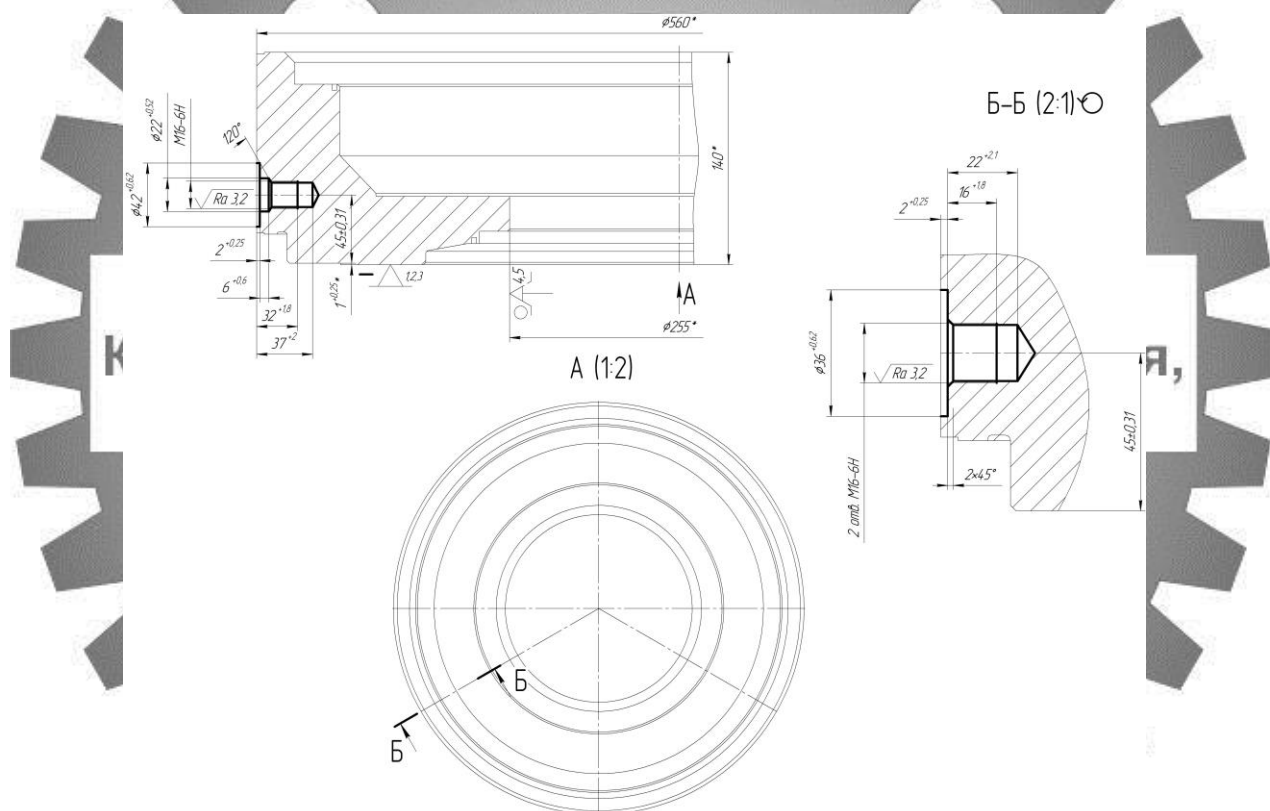


Рисунок 2.6 - Схема базування заготовки на комплексній операції (перший варіант)

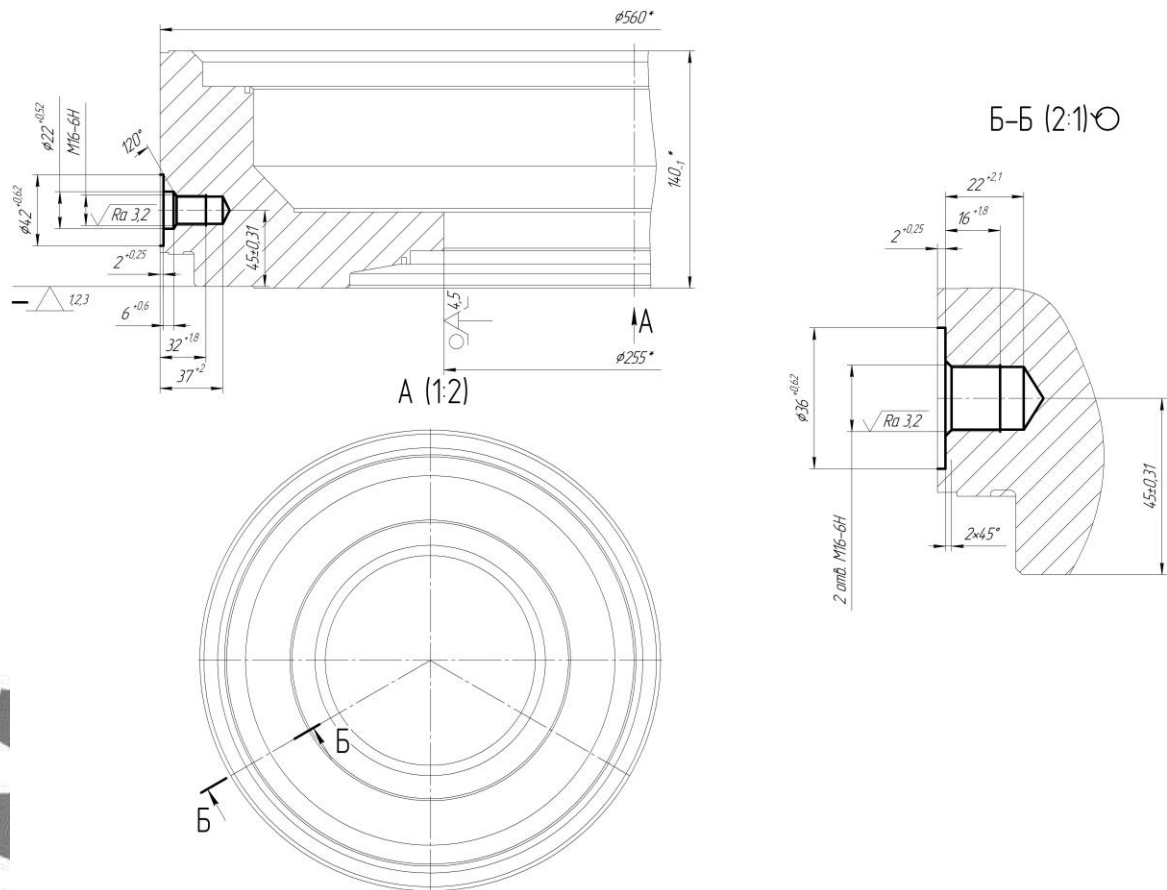


Рисунок 2.7 Схема базування заготовки на комплексній операції (другий варіант)

Похибка базування для двох схем базування на діаметральні розміри отворів та їх глибину буде однаковою $=0,06$ мм (визначається зазором між оправкою та отвором деталі), що менше ніж мінімальний допуск, що виконується на операції на операції.

Для лінійних розмірів, що визначають відстань від торця:

- по першому варіанту $\varepsilon_{\phi 45} = \varepsilon_{noz} + T_1 = 0,03 + 0,25 = 0,28 < T_{45} = 0,62$ мм - тому в першому варіанті браку нема;

- по другому варіанту $\varepsilon_{\phi 45} = \varepsilon_{noz} = 0,03 < T_{45} = 0,62$ мм, тому вимірювальна і технологічна бази співпадають і браку нема.

Отже, хоча у двох варіантах браку немає приймаємо остаточно другий варіант схеми базування, так як похибка на ньому менша ніж на першому.

2.4 Складання варіантів технологічних маршрутів і вибір оптимального

Вихідними даними для виконання цього етапу є раніше складений маршрут обробки поверхонь, або груп поверхонь.

Для зручності подамо розбитий на етапи технологічний процес у вигляді таблиці. Складена таблиця представляє матрицю технологічного процесу, на підставі якої можна визначити з яких етапів складається технологічний процес і спроектувати укрупнені операції. Немало випадків де укрупнені операції включають переходи, що не можна виконати за одного установа. Отже, необхідно прийняти рішення про принцип подальшого проектування - диференціації або концентрації побудови операцій.

При розробці маршрутного технологічного процесу потрібно врахувати:

- що його рекомендується проектувати за принципом поетапності, тобто повинно забезпечити виконання чорнових і чистових способів обробки;
- для наступних операцій в першу чергу обробляють бази;
- тоді обробляють поверхні з найбільшим припуском і напуском, так як використовуються форсовані режими різання, тому будуть великі сили різання;
- обробка поверхонь, на яких можуть бути виявлені дефекти заготовки;
- точні поверхні обробляють в останню чергу.

Для зручності позначення етапів обробки представить технологічний процес виготовлення «Секція проміжної ступені» у вигляді таблиці 7.3, де знаком «+» буде позначатися певний етап для кожної поверхні. Номери поверхонь відповідають номерам на рис. 1.3.

Користуючись таблицею 7.3 наведемо кілька технологічних маршрутів обробки і виберемо оптимальний з них.

Маршрут №1:

005 Заготівельна. Штамповка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова.

020 Свердлильна

025 Токарна чистова

030 Свердлильна

030 Слюсарна

Маршрут №2:

005 Заготівельна. Штамповка заготовки

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова.

020 Токарна чистова

025 Свердлильна

030 Свердлильна

030 Слюсарна

Маршрут №2 є більш правильним, адже при попередніх свердлильних операціях в маршруті №1 на подальшій токарній чистовій буде відбуватись обробка з ударами, що призведе до поломки інструменту.

Пропонований технологічний процес виготовлення деталі наведено в таблиці 2.4.

У порівнянні з базовим технологічним процесом було змінено наступне:

- фрезерні та свердлильні операції об'єднані в одну комплексну на обробному центрі з ЧПК, що дозволяє скоротити допоміжний час;
- застосовані верстати з ЧПК на чистових операціях та спеціальні верстатні пристрої, що забезпечують автоматичне досягнення розмірів.

Таблиця 2.4 – Пропонований технологічний процес

№	Найменування операції	Короткий зміст операції	Базування	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Вхідний контроль	Перевірка наявності сертифікатних даних за гр. III 20x13 197...248HB ГОСТ25054-80		Прес
010	Термічна обробка	Нормалізація заготовки		Піч
015	Токарна чорнова	Точити деталь з переустановкою згідно ескізу на рис. 7.2	У спеціальному спроектованому верстатному пристрої	Токарно карусельний верстат 1512
020	Токарна чистова	Точити деталь з переустановкою, вивіркою розмірів згідно ескізу на рис. 7.4	На планшайбі по торцевій і циліндричній поверхнях у верстатних кулачках	Токарно карусельний верстат 1512Ф2
025	Комплексна на обробному центрі з ЧПК	Свердлити отвори та фрезерувати лиски розташовані на циліндричних поверхнях деталі згідно ескізу на рис. 7.6	У спеціальному спроектованому верстатному пристрої	Обробний центр IP500ПМФ4
030	Свердлильна з ЧПК	Свердлити отвір на торцевій поверхні деталі	У спеціальному спроектованому верстатному пристрої	Свердильний верстат 2P135Ф2-1
035	Слюсарна	Зачистити заусенці після фрезерування та свердління		Верстак слюсарний
040	Контроль ВТК			Стіл ВТК

2.5 Обґрунтування і вибір моделей металорізальних верстатів

Металорізучий верстат вибирається виходячи з вимог до якості поверхні, яку необхідно отримати, необхідної потужності двигунів, габаритів, типу виробництва, кількості інструментів на даній операції.

Операція 015 (токарно-карусельна чорнова).

Для обробки заготовок, враховуючи умови дрібносерійного виробництва, використовують універсально токарно-карусельні верстати для обробки заготовок різноманітної форми, великих діаметрів (до 10000 мм) при відносно малій довжині ($L/D \leq 1$). У базовому технологічному процесі для обробки заготовки використовувався верстат 1540, що може обробляти деталі до 4000 мм у діаметрі при максимальному діаметрі секції 560 мм, що досить завищено, тому що потужність верстата буде витрачатися даремно, тому пропонується як альтернативний варіант верстат 1512, що має менші габарити та потужність але цілком достатні для обробки секції проміжної ступені. Порівняємо дані верстати по характеристикам у таблиці 2.5. На даних верстатах можна обточувати і розточувати циліндричні, конічні і фасонні поверхні тіл обертання; обточувати торцеві поверхні; підрізання уступів; прорізання кільцевих канавок.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики токарно-карусельних верстатів для операції 015

	1540	1512
Технічна характеристика	Параметри	
Клас точності за ГОСТ 8-71	Н	Н
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки	4 000	1 250
Найбільша висота оброблюваної заготовки	2 000	1 000
Найбільша маса оброблюваної заготовки, кг	63 000	4 000
Діаметр планшайби	4 000	1 120
Частота обертання планшайби, об/хв	0,52-48,7	5-250
Подача вертикального і горизонтального супорту, мм/хв	0,059-470	0,1-1000 (без ступінчата)
Потужність електродвигуна, кВт	125	30
Габаритні розміри:		
- довжина	5 920	2 875
- ширина	10 144	2 660
- висота	7 200	4 100
Маса верстата, кг	100 000	16 500

Отже як видно з порівняльної таблиці верстат 1512 буде більш економічно вигідним варіантом.

Операція 020 (токарно-карусельна чистова).

У базовому технологічному процесі дану операцію виконують на верстаті 1540Ф1 (Ф1 вказує на наявність пристрою цифрової індикації). Тому пропонується аналогічно операції 015 застосувати верстат з меншими габаритами та потужністю 1512Ф2 (з системою ЧПК), але з більшими технологічними можливостями у порівнянні з 1540Ф1. На даних верстатах можна обточувати і розточувати циліндричні, конічні і фасонні поверхні тіл обертання; обточувати торцеві поверхні; підрізання уступів; прорізання кільцевих канавок. Приведемо порівняльну таблицю 2.6 з характеристиками верстатів.

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики токарно-карусельних верстатів для операції 020

Технічна характеристика	1540Ф1	1512Ф2
Клас точності за ГОСТ 871	Н	Н
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки	4 000	1 250
Найбільша висота оброблюваної заготовки	2 000	1 000
Найбільша маса оброблюваної заготовки, кг	63 000	4 000
Діаметр планшайби	4 000	1 120
Частота обертання планшайби, об/хв	0,52-48,7	5-250
Подача вертикального і горизонтального супорту, мм/хв	0,059-470	0,1-1000 (без ступінчата)
Потужність електродвигуна, кВт	125	30
Габаритні розміри:		
- довжина	5 920	2 875
- ширина	10 144	2 660
- висота	7 200	4 100
Маса верстата, кг	100 000	16 500

Отже застосуємо на операції 020 токарно-карусельний верстат моделі 1512Ф2 з більшими технологічними можливостями у порівнянні з 1540Ф1 та меншими габаритами, масою та потужністю.

Комплексна на обробному центрі з ЧПК операція 025

Для обробки отворів на підприємстві застосовувався радіально свердлильний верстат 2Н55. Враховуючи умови дрібносерійного виробництва, більш доцільно застосовувати верстат, який дозволить проводити обробку більш продуктивно, а саме IP500ПМФ4 з ЧПК.

Обробний центр IP500ПМФ4 призначений для свердління, зенкерування, розвертання, нарізання різі, фрезерування деталей із сталі, чавуну і кольорових металів в умовах дрібносерійного і середньо серійного виробництва. Оснащений магазином з автоматичною зміною інструмента, дозволяє виконувати координатну обробку деталей типу: кришок, фланців, панелей і т. д. без попередньої розмітки і застосування кондукторів.

Технічні характеристики верстата IP500ПМФ4:

- Число інструментів – 30;
- Частота обертання шпинделя верстата – 355 – 1600 об/хв;
- Подача – 10-500 мм/мін;
- Число частот обертання шпинделя – 18;
- Число подач – 18;
- Розміри робочої поверхні столу 1000x1000 мм.
- Потужність приводу головного руху – 7,5 кВт

Застосовуючи обробний центр з ЧПК можливо значно підвищити продуктивність праці (у 3-4 рази), полегшити умови праці робітника (при зменшенні його кваліфікації), також значно підвищується точність оброблюваних поверхонь у порівнянні з базовим варіантом верстата.

2.6 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Виходячи з типу виробництва (дрібносерійне) найбільш доцільно застосовувати систему універсально складальних пристосувань (УСП) згідно ГОСТ 14.305-73.

Операція 015 Токарна чорнова

Для обробки заготовки будемо використовувати :

- затискні кулачки для фіксації заготовки на планшайбі верстата, яке дозволить реалізувати схему базування (на оправці з упором по торцю).
- державка різця 2102-1124 ГОСТ 18877-73 – державка 40x40 токарно прохідного відігнутий різець загального призначення, з пластиною 01432 ВК8 ГОСТ 25395-82;
- державка різця 2112-0021 ГОСТ 18880-73 – державка 50x32 токарно підрізний різець відігнутий, з пластиною 06170 ВК8 ГОСТ 25397-82.

Для вимірювання точності обробки отворів використаємо:

- Штангенциркуль ШЦ II- 630- 0,05 ГОСТ 166-79
- Штангенциркуль ШЦ II- 250- 630-0,1-1 ГОСТ 166-79

Операція 020 Токарна чистова

Для обробки заготовки будемо використовувати:

- затискні кулачки для фіксації заготовки на планшайбі верстата, яке дозволить реалізувати схему базування (на оправці з упором по торцю).
- державка різця 2102-1124 ГОСТ 18877-73 – державка 40x40 токарно прохідного відігнутий різець загального призначення, з пластиною 01432 ВК6М ГОСТ 25395-82;
- державка різця 2112-0021 ГОСТ 18880-73 – державка 50x32 токарно підрізний різець відігнутий, з пластиною 06170 ВК6М ГОСТ 25397-82.
- спеціальний різець для обробки канавки з матеріалом ВК8.

Для вимірювання точності обробки використаємо:

- Штангенциркуль ШЦ II- 500- 0,05 ГОСТ 166-79
- Штангенциркуль ШЦ II- 250- 630-0,1-1 ГОСТ 166-7
- Шаблон для контролю канавок та конічної поверхні.

Операція 025 – свердлильна з ЧПК.

Для свердління отворів будемо використовувати:

- розтискну оправку, яка дозволить реалізувати схему базування (на оправці з упором по торцю деталі).
- свердло 2301-0398 BK8 ГОСТ 2092-77 – спіральне свердло $\varnothing 10$;
- свердло 2301-0505 BK8 ГОСТ 2092-77 – спіральне свердло $\varnothing 14$, конус Морзе 1;
- свердло 2301-0446 BK8 ГОСТ 2092-77 – спіральне свердло $\varnothing 22$, конус Морзе 2;
- мітчик 2620-03729 P6M5 H6 ГОСТ 3266-81 – мітчик для нарізання різі M16-H6;
- цековка спеціальна BK8 – цековка $\varnothing 32$, конус Морзе 3;
- цековка спеціальна BK8 – цековка $\varnothing 42$, конус Морзе 3;
- втулка 6100-0315 ГОСТ 13598-85 – перехідна втулка з конусу Морзе 1 на конус Морзе 4;
- втулка 6100-0258 ГОСТ 13598-85 – перехідна втулка з конусу Морзе 2 на конус Морзе 4;
- втулка 6100-0313 ГОСТ 13598-85 – перехідна втулка з конусу Морзе 3 на конус Морзе 4;
- патрон різенарізувальний 6162-4002-04 ГОСТ 25827-85.

Для вимірювання точності обробки отворів використаємо:

- штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1, ГОСТ 166-89; штангенциркуль ШЦ-II -630-0,1, ГОСТ 166-89;
- пробка 8221-3062 6H ГОСТ 17758-72, пробка ПР/HE для контролю різі M16-6H.

2.7 Розрахунок припусків на механічну обробку

Виконаємо розрахунок припусків та знайдемо розміри на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 450H7$ мм по принципу професора Кована В.М.

Розрахунок проведений на ЕОМ та показаний в додатку Б.

Формула для знаходження припуску зовнішньої циліндричної поверхні має вигляд:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.2)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – величина мікронерівностей поверхні отриманої на попередній операції (переході);

T_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ρ_{i-1} – величина просторового відхилення форми поверхні отриманої на попередній операції (переході);

ε_i – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім ρ_{i-1} , яка розраховується як $\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{екс}^2 + \rho_{см}^2} = \sqrt{2,0^2 + 0,7^2} = 2,119$ мкм, а ρ_{i-1} знаходиться в відсотковому

відношенні від $\rho_{заг}$ тоді $\rho_{черп} = \rho_{заг} k_y$, де $k_y = 0,04-0,06$, в залежності від переходу.

Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{чер} = 2119 \cdot 0,06 = 127 \text{ мкм.}$$

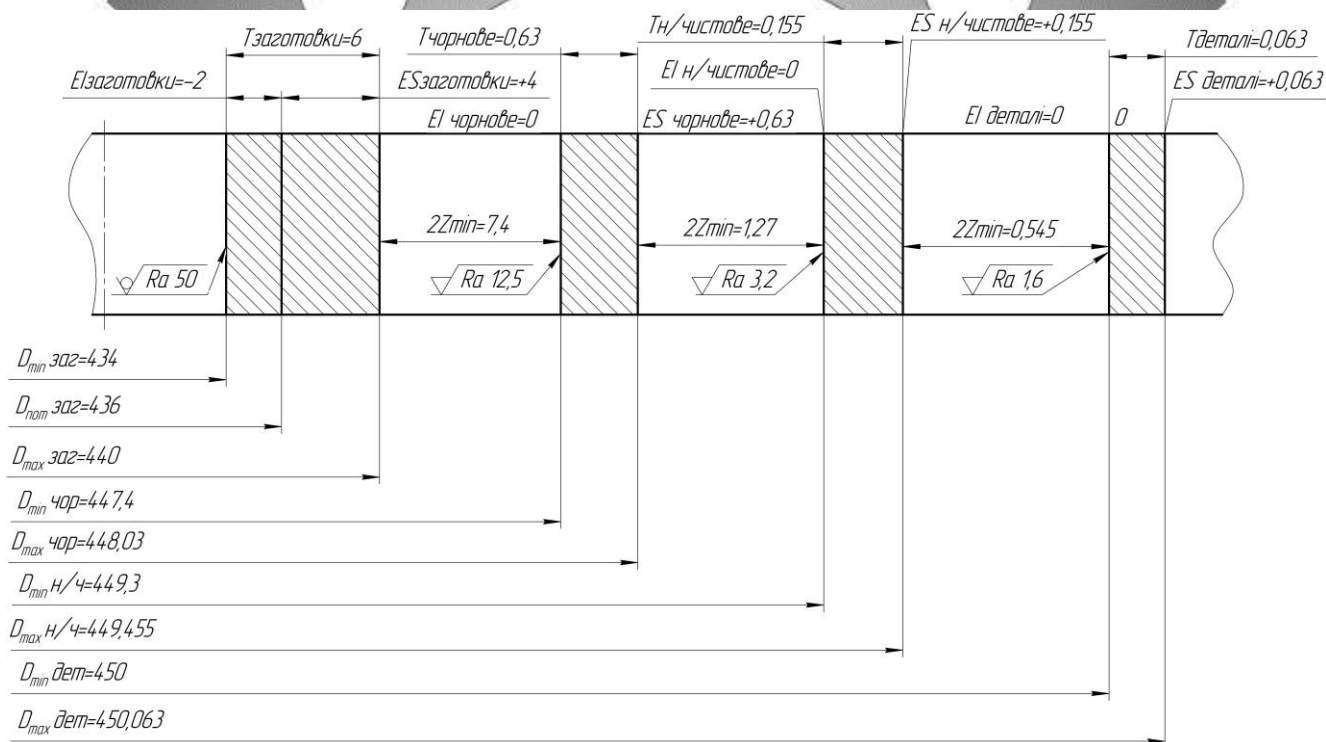
$$\rho_{n/ч} = 2119 \cdot 0,05 = 105 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{чис} = 2119 \cdot 0,04 = 84 \text{ мкм.}$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в таблиці 2.7, а самі результати розрахунку у додатку.

Таблиця 2.7 – Вихідні данні

Найменування переходу	Точність	Граничні відхилення	Елементи припуску, мкм				
			R_z	h	ρ	ϵ_y	
						ϵ_6	ϵ_3
Поковка	3	+4 -2	250	1000	2119	-	-
Розточування чорнове	кв. 12	+0,63	125	240	127	50 0	500
Розточування напівчистове	кв. 9	+0,155	20	125	105	20 0	100
Розточування чистове	кв. 7	+0,063	10	25	84	0	0

Рисунок 2.8 – Схема розміщення припусків на обробку діаметрального розміру $\varnothing 450H7$ мм

2.8 Розрахунок режимів різання

Операція 025 Комплексна на обробному центрі з ЧПК

Розрахунок аналітичним методом для свердління отвору $\varnothing 14 \times 37$.

Дано: $D = 14$ мм; $L = 37$ мм; матеріал – 20X13; матеріал ріжучого інструменту – BK8; верстат – IP500ПМФ4; тип отвору – глухий.

Визначаємо глибину різання:

$$t = 14/2 = 7 \text{ мм.}$$

1. З таблиці вибираємо $S_T = 0,25 - 0,28$ мм/об, поправочні коефіцієнти:

$K_1=0,9$ – коефіцієнт на глибину;

$K_0=0,7$ – коефіцієнт на якість поверхні;

$K_{ж}=0,75$ – коефіцієнт жорсткості системи ТС;

$K_i=1,0$ – коефіцієнт враховуючий матеріал ріжучого інструменту, тоді

$$S = 0,28 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1,0 = 0,0648, \text{ приймаємо } S_{\text{дійс.}} = 0,07 \text{ мм/об.}$$

2. Визначаємо швидкість різання :

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y} K_V, \quad (2.3)$$

де $T=30$ хв. - стійкість ріжучого інструменту

Коефіцієнти для визначення швидкості різання:

$$C_V = 9,8;$$

$$q = 0,4;$$

$$y = 0,45;$$

$$m = 0,12.$$

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{mv} K_{lv} K_{lv}, \quad (2.4)$$

де $K_{mv}=1$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив фізико-механічні властивості оброблюємого матеріала;

$K_{lv} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки;

$K_{lv} = 1$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментального матеріалу

$$\text{Звідси: } V = \frac{9,8 \cdot 14^{0,45}}{30^{0,12} \cdot 0,07^{0,45}} = 54 \text{ м/хв.};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} ;$$

$$n = \frac{1000 \cdot 54}{3,14 \cdot 14} = 1228 \text{ об/хв};$$

Приймаємо $n = 1200$ об/хв.

З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{\pi D n}{1000};$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 1200}{1000} = 52,9 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо крутний момент за формулою:

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p, \quad (2.5)$$

**Сумський державний університет
Кафедра технологій машинобудування,
верстатів та інструментів**

де $C_m = 0,041$, $q = 2,0$, $y = 0,4$ – коефіцієнти та показники в формулі
 $K_p = 0,9$ - поправочний коефіцієнт враховуючий вплив оброблюємого матеріалу;

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10,2^{2,0} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 0,9 = 8,703 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Знаходимо осьове зусилля:

$$P_o = C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.6)$$

де $C_p = 143$, $q = 1,0$, $y = 0,7$ – коефіцієнти та показники ступенів у формулі.

$$P_o = 143 \cdot 10^4 \cdot 0,12^{0,7} \cdot 0,9 = 262,57 \text{ Н.}$$

Знаходимо потужність необхідну для обробки по формулі:

$$N_E = \frac{M_{кр} n}{9750} \quad (2.7)$$

$$N_E = \frac{8,703 \cdot 320}{9750} = 0,286 \text{ кВт};$$

Потужність верстата з урахуванням ккд:

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{дв}} \cdot \mu = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт},$$

де $N_{\text{дв}} = 7,5 \text{ кВт}$ – потужність двигуна головного руху;

$\mu = 80\%$ - ккд верстата.

($0,286 < 6$) – потужності верстата вистачить для свердління отвору.

7. Розраховуємо основний час по формулі:

$$T_o = \frac{L + l'}{S_M} i \quad (2.8)$$

де $L = 37 \text{ мм}$ - довжина обробки з урахуванням врізання;

$l' = 3 \text{ мм}$ – довжина врізання;

$n = 1200 \text{ об/хв}$ - частота обертів шпинделя;

$S = 0,07 \text{ мм/об}$ - подача.

$$T_o = \frac{40}{1200 \cdot 0,07} = 1,3 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.8 – Параметри режимів обробки комплексної з ЧПК 025 операції

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T _o , хв.	Спосіб обчислення режиму різання
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
Свердління ø14	7	0,07	1200	52,9	1	40	1,3	Аналітичний
Свердління ø14	7	0,07	1200	52,9	2	27	1,7	Аналітичний
Розсвердлювання ø22	4	0,09	800	53,1	1	10	0,9	Табличний
Цекування ø42	21	0,56	600	79	1	2	0,9	Табличний
Цекування ø36	18	0,56	600	65	2	2	1,7	Табличний
Нарізання різі M16-6H	0,5	1,25	200	10,6	1	32	1,4	Табличний
Нарізання різі M16-6H	0,5	1,25	200	10,6	2	16	2	Табличний
Всього							9,9	

Операція 015 Токарна чорнова

Дано: D = 583 мм, d = 560 мм, L = 123 мм, матеріал – 20X13, ріжучий інструмент – різець BK8

Алгоритм визначення режиму різання: $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow n \rightarrow T_o$

Визначаємо глибину різання (t)

$$z = \frac{D - d}{2} = (583 - 560) / 2 = 11,5 \text{ мм} - \text{шар металу який необхідно зняти;}$$

$$t = z / 3 = 11,5 / 3 = 3,75 \text{ мм} - \text{глибина різання;}$$

Визначаємо подачу (S)

$$S_{\text{таб}} = (0,4 - 0,8) \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_{\text{таб}} = 0,6 \text{ мм/об}$; $S_{\text{верст}} = 0,6 \text{ мм/об}$

Розрахуємо швидкість різання (V)

Вибираємо необхідні дані з [3, таб.17, с. 269]

$$C_v = 217 \quad m = 0,2$$

$$X = 0,15 \quad T = 30 \text{ хв}$$

$$y = 0,15$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv}$$

K_{nv} – вплив поверхні на швидкість;

K_{iv} – вплив інструмента на швидкість;

K_{mv} – вплив матеріалу на швидкість.

Приймаємо $K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,77$

$$K_{iv} = 0,65$$

$$K_{nv} = 0,9$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{nv} = 0,77 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,45$$

Знаходимо розрахункову швидкість за формулою:

$$V = \frac{217 \cdot 0,45}{30^{0,2} \cdot 3,75^{0,15} \cdot 0,6^{0,15}} = 97 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 97}{\pi \cdot 583} = 50 \text{ об/хв.}$$

За паспортними даними верстата є частота 50 об/хв., отже її і приймаємо.

Знаходимо силу різання P_z

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S^{Y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_{pz}, \quad (2.9)$$

де $C_{pz} = 300$; $X_{pz} = 1$; $Y_{pz} = 0,75$; $n_{pz} = -0,15$, згідно [3, таб.22, с. 273]

$$K_{pz} = K_{mpz} \cdot K_{\varphi pz} \cdot K_{\gamma pz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{\tau pz}$$

$$K_{mpz} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22; \quad (2.10)$$

де $K_{\text{фрз}} = 0,98$; $K_{\text{грз}} = 0,93$

$K_{Y_{\text{рз}}} = 1,0$;

$K_{\lambda_{\text{рз}}} = 1,0$;

$K_{\text{рз}} = K_{\text{мпз}} \cdot K_{\text{фрз}} \cdot K_{Y_{\text{рз}}} \cdot K_{\lambda_{\text{рз}}} \cdot K_{\text{грз}} = 1,22 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,11$

$P_z = 10 \cdot C_{\text{рз}} \cdot t^{X_{\text{рз}}} \cdot S^{Y_{\text{рз}}} \cdot V^{0_{\text{рз}}} \cdot K_{\text{рз}} = 10 \cdot 300 \cdot 5,75^{1,0} \cdot 1^{0,75} \cdot 36,61^{0,15} \cdot 1,11 = 11158 \text{ Н}$

Визначаємо потужність різання $N_{\text{різ}}$

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020} = \frac{11158 \cdot 36,61}{60 \cdot 1020} = 6,67 \text{ кВт}$$

Визначаємо коефіцієнт використання верстата за потужністю:

Потужність верстата з урахуванням ккд:

$$N_{\text{ккд}} = N_{\text{об}} \cdot \mu = 30 \cdot 0,8 = 24 \text{ кВт}$$

де $N_{\text{дв}} = 24 \text{ кВт}$ – потужність двигуна головного руху з урахуванням ккд;
 $\mu = 80\%$ – ккд верстата;

($6,67 < 24$) – потужності верстата вистачить для обробки.

Основний час

$$T_o = \frac{123 \cdot 3}{50 \cdot 0,6} = 12,2 \text{ хв.},$$

де $l = 120 \text{ мм}$ – довжина поверхні,

где $l_{\text{вріз}} + l_{\text{пер}} = 3 \text{ мм}$ – довжина врізання і перебігу [5 с. 325].

$L = 120 + 3 = 123 \text{ мм}$.

Дані розрахунків режимів різання та основного часу по даній операції зводимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Параметри режимів обробки токарної операції 015

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T _o , хв.	Спосіб обчислення режиму різання
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Установ А								
Точіння пов. Ø563	3,75	0,6	50	97	3	123	12,2	Аналітичний
Точити торець Ø563/583	2	0,6	50	97	1	14	0,47	Табличний
Розточити отвір Ø447	5	0,6	80	28,1	20	62	25,83	Табличний
Точити конус 43°	3	0,6	80	28,1	10	70	14,6	Табличний
Точити торець Ø399/246	3	0,6	80	25,1	2	80	1,66	Табличний
Установ Б								
Точити торець Ø563/246	1	0,6	50	93	1	130	4,33	Табличний
Обточити поверхню Ø510	4	0,6	50	93	6	23	4,6	Табличний
Точити торець Ø333/280	3	0,6	80	72	3	28	1,75	Табличний
Точити торець Ø280/262	3	0,6	80	79	1	25	1,25	Табличний
Точити торець Ø262/246	2	0,6	80	75	1	21	1,05	Табличний
Точити отвір Ø252	3,5	0,6	80	75	2	53	2,65	Табличний
Всього							70,4	

Операція 020 Токарна чистова

Дано: розточування отвору $D = 255H7$, $L = 50$ мм, матеріал – 20X13, ріжучий інструмент - різець ВК6М.

Алгоритм розрахунку режиму різання $t \rightarrow S \rightarrow V \rightarrow n \rightarrow T_o$

Так як заготовка після чорної обробки не проходила більше термічну обробку, то її властивості матеріалу залишилися постійними, тобто у подальших розрахунках приймаємо раніше розраховані значення.

На даній операції критерієм є досягнення точності розмірів. Припуски знімаються мінімальні.

Подача: $S = 0,1$ мм / об [3], вибирається залежно від необхідної шорсткості обробки за критерієм R_a (у нашому випадку шорсткість 1,6 мкм).

Швидкість при розточуванні визначається за формулою:

де $T = 30$ хв - стійкість інструменту;

$C_v = 207$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,3$ - коефіцієнти у формулі швидкості різання, що залежать від виду обробки, оброблюваного матеріалу, інструментального матеріалу [3];

K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який визначаємо за формулою 8.2. $K_v = 1,16 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,16$

Визначаємо швидкість різання за формулою 8.7:

$$V = \frac{217}{30^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 1,16 = 82,3 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 82,3}{\pi \cdot 255} = 102 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n=100$ об/хв.

Перераховуємо фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 255 \cdot 100}{1000} = 81 \text{ м/хв.}$$

Шукати силу та потужність різання не будемо, так як на даному верстаті можливо робити обробку з чорновими режимами різання, тому чистові режими також можуть бути реалізовані.

Визначаємо головний час T_0 за формулою 2.8:

$$T_0 = \frac{25 \cdot 2}{100 \cdot 0,1} = 5 \text{ мин.}$$

де $l = 20$ мм - довжина поверхні,

де $l_{\text{вріз}} + l_{\text{пер}} = 5$ мм - довжина врізування та перебігу [5].

$L = 20 + 5 = 25$ мм.

Розрахунок режимів різання для інших поверхонь на даній операції проводимо табличним способом, а результати представляємо у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Параметри режимів обробки токарної операції 020

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T_0 , хв.	Спосіб обчислення
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Установ А								
Підрізання торця Ø512	1	0,1	50	88	1	93	16,7	Табличний
Підрізання торця Ø512/449	1	0,6	50	88	1	33	1,2	Табличний
Підрізання торця Ø560/512	1	0,1	50	92	1	28	5,6	Табличний
Підрізання торця Ø560/550	1	0,6	50	92	1	8	0,35	Табличний
Точити поверхню 510 js6	0,3	0,1	50	82	2	23	9,3	Табличний
Точити канавку	3	0,05	20	34	2	2	1	Табличний
Розточити поверхню 255H7	0,3	0,1	100	81	2	25	5	Аналітичний
Розточити поверхню 265H12	1	0,3	100	84	1	10	0,3	Табличний
Підрізання торця Ø265/255	1	0,3	100	84	1	7	0,2	Табличний
Розточити фаску 1x45	1	0,3	100	84	1	3	0,1	Табличний
Розточити конічну поверхню Ø336/280	1	0,3	100	102	1	40	1,3	Табличний
Підрізання торця Ø280/265	1	0,3	100	93	1	15	0,5	Табличний

Продовження таблиці 2.10

Розточити канавку	3	0,05	20	32	1	4,5	1,2	Табличний
Установ Б								
Підрізання торця Ø560	1	0,2	50	88	1	30	3	Табличний
Розточити поверхню 255Н7	0,3	0,1	100	81	2	25	5	Табличний
Розточити поверхню 450Н7	0,3	0,1	100	79	2	35	7	Табличний
Розточити конічну поверхню ø450/399	1	0,2	100	79	1	30	1,5	Табличний
Підрізання торця ø402/255	1	1	100	67	2	78	15,6	Табличний
Підрізання торця ø510/450	1	0,3	100	88	1	33	1,45	Табличний
Розточити поверхню 510Н7	0,3	0,1	100	88	2	23	4,6	Табличний
розточити фаску 6,5x45	2,5	0,3	100	90	3	9	0,9	Табличний
Розточити канавку	3	0,05	20	32	1	4,5	1,2	Табличний
Всього							68,2	

Операція 030 Вертикально-свердлильна з ЧПК

Розрахунок аналітичним методом для свердління отвору ø 10x10.

Дано: $D = 10$ мм; $L = 10$ мм; матеріал – 20Х13; матеріал ріжучого інструменту – ВК8; верстат – 2Р135Ф2-1; тип отвору – глухий.

Визначаємо глибину різання:

$$t = 10/2 = 5 \text{ мм.}$$

1. З таблиці вибираємо $S_T = 0,21 - 0,24$ мм/об, поправочні коефіцієнти:

$K_l = 0,9$ – коефіцієнт на глибину;

$K_o = 0,7$ – коефіцієнт на якість поверхні;

$K_{ж} = 0,75$ – коефіцієнт жорсткості системи ТС;

$K_i = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий матеріал ріжучого інструменту, тоді

$$S = 0,21 \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1,0 = 0,048, \text{ приймаємо } S_{\text{дійс.}} = 0,05 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою 8.6:

$T = 30$ хв. - стійкість ріжучого інструменту

Коефіцієнти для визначення швидкості різання:

$$C_V = 9,8;$$

$$q = 0,4;$$

$$y = 0,45;$$

$$m = 0,12.$$

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання визначаємо за формулою 8.7:

$K_{mv} = 1$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив фізико-механічні властивості оброблюємого матеріала;

$K_{mv} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки;

$K_{mv} = 1$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментального матеріалу.

Звідси:

$$V = \frac{9,8 \cdot 10^{0,45}}{30^{0,12} \cdot 0,07^{0,45}} = 52,3 \text{ м/хв.};$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot 52,3}{3,14 \cdot 10} = 1621 \text{ об/хв.};$$

Приймаємо за паспортном $n = 1600$ об/хв.

З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі 8.8:

$$V = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1600}{1000} = 50 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо крутний момент за формулою:

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p,$$

де $C_m = 0,041$, $q = 2,0$, $y = 0,4$ – коефіцієнти та показники в формулі

$K_p = 0,9$ - поправочний коефіцієнт враховуючий вплив оброблюємого матеріалу;

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10,2^{2,0} \cdot 0,12^{0,4} \cdot 0,9 = 8,703 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Знаходимо осьове зусилля за формулою 8.9:

де $C_p=143$, $q=1,0$, $y=0,7$ – коефіцієнти та показники ступенів у формулі.

$$P_o = 143 \cdot 10^1 \cdot 0,12^{0,7} \cdot 0,9 = 262,57 \text{ Н.}$$

Знаходимо потужність необхідну для обробки по формулі 8.10:

$$N_E = \frac{8,703 \cdot 320}{9750} = 0,193 \text{ кВт};$$

Потужність верстата з урахуванням ккд:

$$N_{ккд} = N_{ов} \cdot \mu = 5 \cdot 0,8 = 4 \text{ кВт},$$

де $N_{дв}=5$ кВт – потужність двигуна головного руху;

$\mu=80\%$ - ккд верстата.

($0,193 < 4$) – потужності верстата вистачить для свердління отвору.

7. Розраховуємо основний час по формулі 8.11:

де $L = 13$ мм - довжина обробки з урахуванням врізання;

$n = 1600$ об/хв - частота обертів шпинделя;

$S = 0,05$ мм/об - подача.

$$T_o = \frac{13}{1600 \cdot 0,05} = 0,17 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.11 – Параметри режимів обробки свердильної з ЧПК 030 операції

Найменування переходу	Параметри режимів обробки					L, мм	T_o , хв.	Спосіб обчислення режиму різання
	t, мм	s, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	i			
Свердління $\varnothing 10$	5	0,05	1600	50	1	13	0,17	Аналітичний
Зенкування фаски $1 \times 45^\circ$	1	0,07	800	30	1	3	0,06	Табличний

2.9 Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій -здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу.

Метою даного нормування є визначення норми штучно - калькуляційного часу на операції.

Дані про режими різання беремо з попереднього пункту.

Основний час на операції складається з сум основних часів на окремих переходах.

Визначаємо допоміжний час, для комплексної операції 025, за формулою:

$$T_d = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим}, \quad (2.11)$$

де $T_{уст} = 3,68$ хв - час на установку і зняття заготовки краном [5];

$T_{уп} = 3,4$ - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 2,5$ хв - час на вимірювання [5].

$$T_d = 3,68 + 3,4 + 2,5 = 9,58 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d, \quad (2.12)$$

$$T_{оп} = 3,7 + 9,58 = 13,28 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{доп} = T_{оп} 4\% = 13,28 \cdot 0,04 = 0,53 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{в}. \quad (2.13)$$

$$T_{шт} = 13,28 + 0,53 = 13,81 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-кalkуляційний час за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{п.з} + \frac{T_{пз}}{N}, \quad (2.14)$$

де $T_{п.з} = 35$ хв - підготовчо-заключний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, налаштування пристрою подачі ЗОР;

$N = 15$ шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 13,28 + 15/15 = 14,28 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час, для токарно чорнової операції 015, за формулою:

$$T_{д} = T_{уст} + T_{уп} + T_{вим},$$

де $T_{уст} = 4,2$ хв - час на установку і зняття заготовки вручну [5];

$T_{уп} = 6,3$ - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 2,2$ хв - час на вимірювання [5].

$$T_{д} = 4,2 + 6,3 + 2,2 = 12,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_{о} + T_{д},$$

$$T_{оп} = 70,4 + 12,7 = 83,1 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу:

$$T_{доп} = T_{оп} 4\% = 83,1 \cdot 0,04 = 3,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{в.}$$

$$T_{шт} = 83,1 + 3,3 = 86,4 \text{ хв.}$$

Сумський державний університет

**Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{t_{п.з}}{N},$$

де $t_{п.з} = 30$ хв - підготовчо-заключний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 15$ шт - кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 86,4 + 30/15 = 88,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час, для токарної чистової операції 020, за формулою 8.12:

де $T_{уст} = 5,2$ хв - час на установку і зняття заготовки вручну[5];

$T_{уп} = 8,1$ - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{вим} = 7,1$ хв - час на вимірювання [5].

$$T_d = 5,2 + 8,1 + 7,1 = 20,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d,$$

$$T_{оп} = 68,2 + 20,4 = 88,6 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу:

$$T_{доп} = T_{оп} \cdot 4\% = 88,6 \cdot 0,04 = 1,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{в.}$$

$$T_{шт} = 88,6 + 1,7 = 90,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{п.з} + N \cdot \frac{t_{нз}}{60},$$

$T_{п.з} = 40,2$ хв - підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 15$ шт - кількість деталей у партії.

$$T_{\text{шт-к}} = 90,3 + 40,2/15 = 92,98 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час, для свердильної операції 030, за формулою 8.12:

де $T_{\text{уст}} = 2,18$ хв - час на установку і зняття заготовки краном [5];

$T_{\text{уп}} = 1,2$ - допоміжний час з управління верстата [5];

$T_{\text{вим}} = 0,5$ хв - час на вимірювання [5].

$$T_{\text{д}} = 2,18 + 1,2 + 0,5 = 3,5 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}},$$

$$T_{\text{оп}} = 3,5 + 0,23 = 3,73 \text{ хв.}$$

Сумський державний університет

Визначаємо додатковий час, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [5]:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{оп}} \cdot 4\% = 3,73 \cdot 0,04 = 0,16 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{в}}.$$

$$T_{\text{шт}} = 3,73 + 0,16 = 3,89 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{п.з}} + \frac{T_{\text{пз}}}{N},$$

де $T_{п.з} = 24,2$ хв - підготовчо-заклучний час, що складається з часу: отримання креслення і наряду, ознайомлення з роботою та кресленням, інструктаж майстра, настроювання пристрою подачі ЗОР;

$N = 15$ шт. - кількість деталей у партії.

$$T_{шт-к} = 3,89 + 24,2/15 = 4,23 \text{ хв.}$$

2.10 Проектування пристосування на токарну з ЧПК операцію

Обґрунтування необхідності створення пристосування. Вибір системи пристосування.

Деталь у базовому технологічному процесі оброблюється на універсальному обладнанні. Тому для удосконалення та зменшення собівартості деталі роботу будемо виробляти на обладнанні з ЧПУ взявши пристосування з пневмопривідною. Застосування спеціального пристосування з автоматичним приводом дозволить зменшити розряд верстатника певної операції, зменшити трудомісткість обробки, підвищити зростання точності параметрів операції, збільшити продуктивність та полегшити працю робітників, тим що пристосування будуть механізовані.

Уточнення мети технологічної операції.

На даній операції формуються діаметральні поверхні (чистова обробка), а саме $\varnothing 225H7(+0,046;0)$, $\varnothing 336H11(+0,36;0)$, $\varnothing 510H7(+0,07;0)$, $\varnothing 450H7(+0,063;0)$, $\varnothing 510js6(+0,022;-0,022)$, $\varnothing 550h14(0;-1,75)$, $\varnothing 449h14(0;-1,75)$, а також лінійні розміри $1(+0,25;0)$, $94(+0,06;+0,03)$, $120h8(0;-0,054)$, $20(0;-0,05)$, $69h12(0;-0,3)$, $140h14(0;-1)$, фаска $6,5 \times 45^\circ$ згідно ГОСТ 25347-82.

Точність форми поверхонь, які оброблюються.

Похибка на циліндричних поверхнях $\varnothing 225$, $\varnothing 336$, $\varnothing 510$, $\varnothing 450$, $\varnothing 510$, $\varnothing 550$ мм, характеризується відхилом від круглості та циліндричності ГОСТ 24642 – 81* і нормується по ГОСТ 24643 – 81.

Допуск на циліндричність, круглість та профіль повздовжнього перетину буде визначатись, як 30% на допуску розміру $\varnothing 225H7(+0,046;0)$ мм (розмір у якого найменший допуск), отримаєм

$$T=0,3 \cdot 0,046=0,014 \text{ мм,}$$

візьмемо 12 мкм, який відповідає 5-му ступеню точності по ГОСТ 24643 –81.

Точність поверхонь, які оброблюються.

Розглянемо, який допуск радіального биття контрольованою та базової поверхні. Цей допуск означатиме частину (60%) на допуск розміру і буде

$$T=0,6 \cdot 0,046=0,028 \text{ мм,}$$

приймаємо 25 мкм, тому як відповідає 6-му ступеню на точність.

Ступінь шорсткості поверхонь, які оброблюються.

За критерієм R_a шорсткість поверхонь становить 1,6 мкм, крім поверхонь $\varnothing 550$ і $\varnothing 336$, шорсткість яких за критерієм R_a становить 6,3 мкм.

З'ясування кількісних і якісних даних про заготовку, що надходить на операцію.

На дану операцію заготовка надходить з попередньо обробленими базовими поверхнями. Маса заготовки - 125 кг. Матеріал - сталь 20Х13 ГОСТ 5632-88. Заготовка має циліндричну форму, цілком жорстка, оброблюваність погана (важко-оброблювана сталь).

Аналізуємо базові поверхні.

Із відношення $l/d = 140/560 < 1$ потрібно брати установчу та подвійну опорну технологічні бази, так як саме їх в більшості використовують для базування фланців. Так як з урахуванням обробки найбільшої кількості частин з одної установи та вибору бази для подальшої обробки торець приймаємо за установчу базу $\varnothing 560/\varnothing 507$ мм, для подвійної опорної бази $\varnothing 560$ мм.

Точність форми вибраних поверхонь.

Так як допуск циліндричності та круглості не описаний в технічних вимогах на кресленні заготовки, то встановимо його в межах допуску на розмір, відповід-

но з ГОСТ 24643 - 81 за рівнем отриманої геометричної точності - А, допуск становить 30% від допуску на даний розмір $\varnothing 560(0; -0,7)$ мм, який складе

$$T=0,3 \cdot 0,7=0,21 \text{ мм,}$$

беремо 200 мкм, що дорівнює 10-му ступені точності із ГОСТ 24643– 81.

Відхилення від площинності торця також не вказується на кресленні заготовки, то він може бути встановлений в межах допуску на розмір, згідно з ГОСТ 24643 - 81 за рівнем відносної геометричної точності - А, допуск дорівнює 60% від допуску на розмір 142 (0; -1) мм, що складе

$$T=0,6 \cdot 1=0,6 \text{ мм,}$$

беремо 600 мкм, що дорівнює 11-му ступені точності за ГОСТ 24643– 81.

Точність розташування базових поверхонь.

Візьмемо до уваги допуск перпендикулярності, визначається так само як допуск площинності і отже дорівнює 600 мкм.

Шорсткість базових поверхонь

За критерієм Ra шорсткість базових поверхонь буде складати 6,3 мкм.

Визначення умов в яких буде виготовлятися і експлуатуватись проектоване пристосування.

Річна програма випуску визначена в 150 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості передбачає малосерійний тип виробництва. Але проектування даного пристосування проводиться в навчальних цілях.

Заготівля буде оброблятися на токарному з ЧПУ верстаті 1512Ф2 з системою ЧПК WL4T. Верстат призначений для обробки деталей складної конфігурації зі сталі, чавуну, кольорових і легких металів, а також інших матеріалів. На верстаті може проводиться як чорнова так і чистова обробка. Паспортні дані верстата наведені в пункті 7.4.

Верстат обладнаний системою охолодження. Утвориться стружка віддаляється робочим при вимкненому верстаті.

Пристосування має обслуговуватися верстатником 4-го розряду.

Наявний на верстаті кожух з екраном не дозволяє стружці і МОР розлітатися і потрапляти на робітника.

Складання переліку реалізованих функцій.

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристосування на верстаті.

4. Закріплення пристосування на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Обробка заготовки.

9. Створення безпечних умов праці

10. Об'єднання функціональних вузлів.

Виходячи з умов реалізації цих функцій і вимоги до результатів їх реалізації, здійснюємо пошук прототипів з накопиченого фонду технічних рішень. Перевагу віддаємо апробованим практикою стандартним технічним носіям функцій.

Схема базування та похибка базування розглядалася в пункті 3.2. Схема базування представлена на рис. 3.3 враховувала основні правила вибору баз і можливість найбільш продуктивного здійснення операції.

Розробка та обґрунтування схеми закріплення.

Аналіз структури полів збудовуючих сил.

Для визначення взаємного впливу поля збудовуючих сил і поля врівноважуючих сил побудуємо графічну модель збудовуючих сил у взаємозв'язку з прийнятою

схемою базування і модель поля врівноважуючих сил, створюваних затискним механізмом. Структура поля збурюючих сил приведено на рис. 2.9.

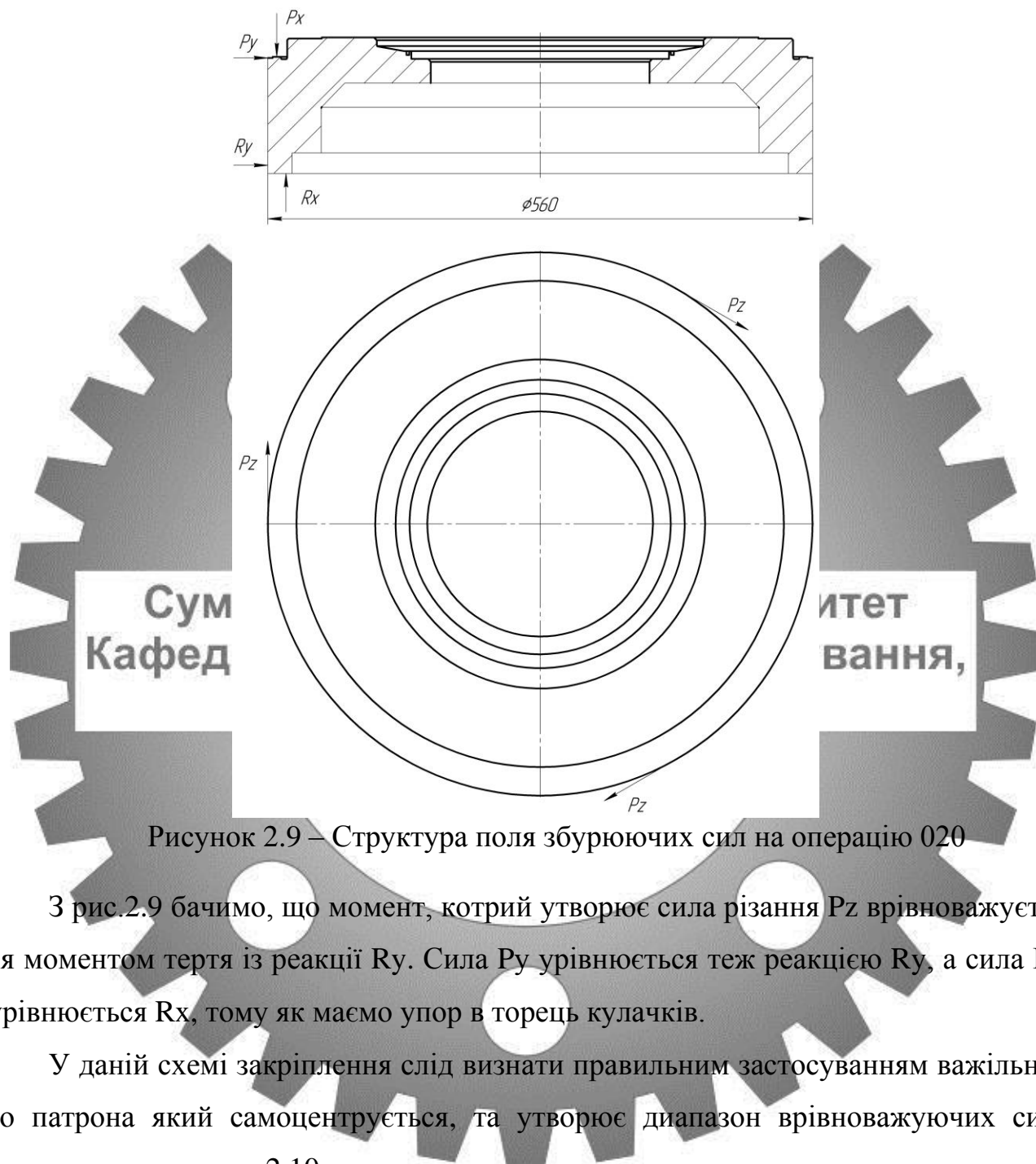


Рисунок 2.9 – Структура поля збурюючих сил на операцію 020

З рис.2.9 бачимо, що момент, котрий утворює сила різання P_z врівноважується моментом тертя із реакції R_y . Сила P_y урівнюється теж реакцією R_y , а сила P_x урівнюється R_x , тому як маємо упор в торець кулачків.

У даній схемі закріплення слід визнати правильним застосуванням важільного патрона який самоцентрується, та утворює діапазон врівноважуючих сил, представлено на рис. 2.10.

Величини сумарних зусиль визначаємо з наступних умов:

Момент різання (Нм) при токарній обробці визначається:

$$M_p = \frac{P_z \cdot d}{2}, \quad (2.15)$$

де P_z – сила резання для чистової обробки деталі, $P_z = 210$ Н;

d – самий великий діаметр при обробці, $d = 560$ мм = 0,56 м.

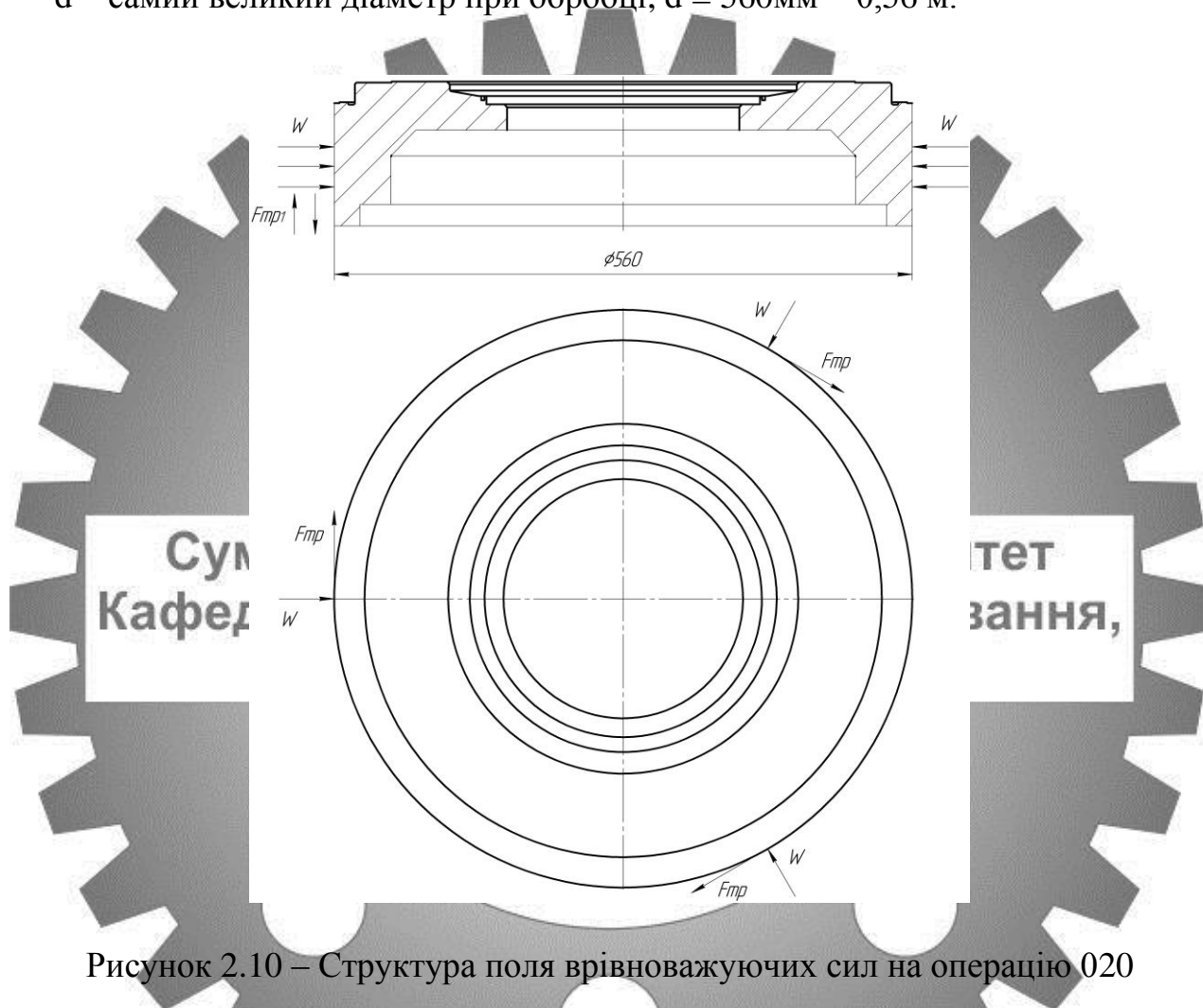


Рисунок 2.10 – Структура поля врівноважуючих сил на операцію 020

$$M_p = \frac{210 \cdot 0,56}{2} = 58,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Звідси будемо знаходити радіальну силу закріплення (Н) приймають з кулачків патрона до заготівці:

$$W = \frac{K \cdot M_p}{f \cdot d}, \quad (2.16)$$

де K – коефіцієнт запасу;

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.17)$$

де $K_0 = 1,5$ – коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання з випадкових нерівностей на поверхнях, що оброблюються;

$K_2 = 1$ – коефіцієнт збільшення сил, після затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт збільшення сил, при переривчастому різанні;

$K_4 = 1,3$ – коефіцієнт збільшення сил, під час сталості сили закріплення в механізмах затискнення;

$K_5 = 1$ – коефіцієнт, для ергономіки ручних затискних механізмів;

$K_6 = 1$ – коефіцієнт, при наявності моментів, що прагнуть повернути заготовку, установлену плоскою поверхнею на постійні опори.

$$K = 1,5 \times 1,2 \times 1 \times 1 \times 1,3 \times 1 \times 1 = 2,5$$

де d – посадочний діаметр кулачків, $d = 0,56$ м;

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,2$.

$$W = \frac{2,5 \cdot 58,8}{0,1 \cdot 0,56} = 2625 \text{ Н.}$$

Обґрунтування для приводу.

Закріплення та розкріплення заготовки у цій схемі будемо вибирати пневмоциліндр двосторонньої дії у якого діаметр поршня, визначимо за формулою [4]:

Розрахуємо діаметр циліндра, маючи необхідне зусилля на штоку під час закріплення, розрахуємо діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{0,785 \cdot P \cdot \eta}}, \quad (2.18)$$

де P – стиснуте повітря [$P = 0,4 \text{ МПа}$ (4 кгс/см^2)];

η – к.к.д., враховує втрати в пневмоциліндрі, $\eta = 0,85$

$$D = \sqrt{\frac{2625}{0,785 \cdot 4 \cdot 0,85}} = 449,15 \text{ см}$$

Беремо стандартний діаметр циліндра $D = 500 \text{ мм}$, після цього дійсна сила закріплення дорівнює:

$$Q = D^2 \cdot 0,785 \cdot P \cdot \eta = 50^2 \cdot 0,785 \cdot 6,3 \cdot 0,85 = 9656 \text{ Н} .$$

Точнісні розрахунки пристосування.

З інформаційної точки зору розрахунки допусків на виготовлення елементів пристосування являють собою перетворення інформації про точність обробки поверхонь деталі на даній операції в точностні вимоги до пристосування.

Перш ніж приступити до розрахунку точності, визначимо розрахункові параметри, які більшою мірою впливають на досягнення заданих допусків оброблюваної деталі. При обробці заданої деталі на токарній з ЧПУ операції до розрахунковим параметрам слід віднести найбільш складні допуски на операційному ескізі (рис. 2.3) – допуск на радіальне биття отвору $\text{Ø}510\text{H}7$. Має значення $0,02 \text{ мм}$. Потрібно віднести точність взаємного розташування основних і допоміжних конструкторських баз пристосування для нашого випадку, а саме: биття по радіусу посадочної поверхні патрона.

Розрахуємо радіальне биття кулачків патрона із відношення до шпинделя за формулою [9]:

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2}, \quad (2.19)$$

де T - допуск биття по радіусу отвору $\text{Ø}510\text{H}7$ $T=0,02 \text{ мм} = 20 \text{ мкм}$;

K_T - коефіцієнт, що враховує можливе відступ від нормального розподілу окремих складових, приймаємо $K_T=1,2$;

K_{T1} - коефіцієнт, який враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування, що приймається до уваги, коли похибка базування не дорівнює нулю, в даному випадку $K_{T1}=0,85$;

ε_6 - похибка базування заготовки, яка в даному випадку буде дорівнює нулю тому що впливає лише точність у позиціонуванні вузлів верстата.

$$\varepsilon_6 = 0 \text{ мкм.}$$

ε_3 - похибка закріплення заготовки, тому привід механізований і похибка закріплення буде постійною, то враховуємо її один раз при налаштуванні верстата, приймаємо $\varepsilon_3=0$;

$$\varepsilon_y = 3 \text{ мкм} - \text{похибка установки патрона в шпинделі верстата};$$

$$\varepsilon_n = 0 - \text{похибка перекоосу інструменту, в даному випадку відсутня.}$$

ε_u - похибка, що виникає внаслідок зносу настановних елементів; в даному випадку маємо рівномірний знос кулачків $\varepsilon_u=0$;

K_{T2} - коефіцієнт, що враховує ймовірність появи похибки обробки, приймаємо за рекомендаціями [9] $K_{T2}=0,6$;

ω - середня економічна точність обробки, $\omega = 50$ мкм для 8 квалитета точності;

ε_{noz} - похибка позиціонування верстата. З паспорта верстата 1512Ф2, на якому буде проводиться обробка $\varepsilon_{noz}=20$ мкм.

Виконуємо розрахунок допустимої похибки пристосування, яку не можна перевищити при виготовленні його деталей і їх складанні.

$$\varepsilon_{np} = 20 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 10^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 50)^2 + 20^2} = 20 - 36 = -16 \text{ мкм.}$$

Так як отримуємо від'ємне значення похибки при складанні, при прийнятих параметрах, отже щоб не здорожувати увесь пристрій, шляхом підвищення точності виготовлення деталей, що є економічно не об'єднаним за критерієм

середньої економічної точності, то вказуємо у технічних вимогах наступне: після кожного встановлення верстатного пристрою на верстат розточити кулачки безпосередньо на верстаті до досягнення величини радіального та торцевого биття поверхонь не більше ніж 0,02 мм.

Отже, на кресленні пристосування вказуємо як технічна вимога, що допуск радіального биття кулачків патрона щодо шпинделя верстата рівне 20 мкм.

Опис пристрою і принципу дії пристосування.

Пристосування в збірці має задовольняти технічним вимогам креслення загального вигляду і забезпечувати якісну обробку заготовки по заданих розмірах.

Пристрій складається з корпусу в якому змонтований пневмоциліндр. При подачі стисненого повітря в праву порожнину відбувається закріплення заготовки. Подача повітря здійснюється через триходовий розподільний кран. При подачі стисненого повітря в ліву порожнину відбувається розкріплення заготовки.

**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

2.11 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

Завдання на проектування.

Згідно з завданням необхідно виконати контроль торцевого биття торця $\varnothing 550/\varnothing 523$ мм щодо внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 225H7$, яка служить базою, з допуском 0,02 мм деталі «Секція проміжної ступені» ДС Н17.04.105.01.

Торцеве биття визначається сумарним відхиленням торцевої поверхні від площинності і відхиленням цієї поверхні від перпендикулярності щодо базової осі; воно дорівнює різниці Δ найбільшого і найменшого відстаней від точок реального профілю торцевої поверхні до площини, перпендикулярної базовій осі. Торцеве биття іноді визначають на заданому діаметрі.

Вибір та обґрунтування методу вимірювання.

Вибір активного або пасивного методу контролю.

Активним називається такий вид контролю, результати якого використовуються для зміни параметрів технологічного процесу і впливають на якість продукції. Одним з видів активного контролю є підналагодження, коли за результатами контролю усувається наростання систематичної похибки. На відміну від активного, пасивний контроль дозволяє тільки судити про фізичні якості контролюваного об'єкта, не впливаючи на їх зміну, що характерно для остаточного контролю.

Хоча на сучасному виробництві повинен максимально використовуватися активний метод контролю, тому що за допомогою активного контролю можна контролювати деталі при обробці не допускаючи появи браку, але так як за завданням контроль повинен проводитися на столі ОТК, після отримання готової деталі, яка пройшла всі операції технологічного процесу, то приймаємо пасивний метод контролю.

Вибір абсолютного або відносного методу вимірювання.

Абсолютний метод вимірювання полягає у визначенні всього значення вимірюваної величини безпосередньо за показаннями КВП. Відносний метод заснований на порівнянні вимірюваної величини з відомим значенням, так як дає тільки відхилення параметра від встановленого зразка за якими КВП був встановлений на нуль.

У нашому випадку приймаємо абсолютний метод вимірювання, так як при контролі відбувається визначення всього значення вимірюваної величини відхилення від торцевого биття.

Вибір прямого або непрямого методу вимірювання.

Вимірювання, при яких шукане значення вимірюваної величини або відхилення від неї визначається шляхом безпосереднього порівняння вимірюваної величини з мірами або за показниками приладу проградуйованого в прийнятих одиницях виміру, є прямими вимірами. Приклади: вимірювання мікрометрами, штангенциркулями, кутомірами ...

Вимірювання, при яких шукане значення обчислюється за результатами прямих вимірювань однієї або декількох величин, пов'язаних з шуканої величиною певною функціональною залежністю, є непрямими вимірами.

Так як за завданням проводиться контроль торцевого биття, то приймаємо метод вимірювання прямий, оскільки відхилення стрілки індикатора і буде показувати величину торцевого биття без будь-яких додаткових розрахунків з якихось небудь залежностей.

Вибір контактного або безконтактного методу вимірювання.

При контактних вимірах вимірювальний наконечник стикається з поверхнею вимірюваної деталі. У загальному випадку можуть бути точковий, лінійний і поверхневий контакти. Необхідно прагнути до створення точкового контакту, в даному випадку плоска деталь - сферичний наконечник. Однак внаслідок наявності вимірювального зусилля точковий контакт викликає зім'яття вимірюваного виробу в точці контакту.

При безконтактних вимірюваннях чутливий елемент безпосередньо не контактує з вимірюваної деталлю, що усуває знос вхідного елемента і забезпечує мале вимірювальне зусилля, що дуже важливо при контакті з деталями з м'яких металів і сплавів. Однак безконтактні прилади (пневматичні, оптичні) чутливі до забруднення деталі, тому необхідні додаткові заходи по її очищенню.

Тому при виборі контактного і безконтактного способів віддаємо перевагу контактному способу. Це обумовлено тим, що характеристики міцності матеріалу деталі високі ($HV = 197$, $\sigma_B = 490$ МПа, $\sigma_T = 196$ МПа) і контрольована поверхня без деформацій і змінання може сприйняти значне вимірювальне зусилля.

Для забезпечення точкового контакту приймаємо наконечник сферичної форми при радіусі сфери не менше 5 мм, типу НР з тврдосплавної вставкою по ГОСТ 11007-66.

Дана величина радіуса сфери наконечника обрана виходячи з міркувань, що при таких параметрах наконечника площа контакту буде достатня для виконання

умови не змінання поверхні деталі, а також зменшення ймовірності виникнення похибки внаслідок збільшення забруднення зони контакту.

Враховуючи твердість контрольованої поверхні і допуск контрольованого параметра 0,02мм, геометричні параметри наконечника орієнтовно призначаємо вимірювальне зусилля 5Н. У цьому випадку очікувана похибка від вимірювального зусилля визначається за формулою Герца:

$$\Delta_{ус} = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{ус}^2}{r}}, \quad (2.20)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від матеріалу наконечника. При твердому сплаві $k = 0,81$;

$P_{ус}$ – вимірювальне зусилля, Н;

r – радіус наконечника, мм.

Тоді похибка від вимірювального зусилля:

$$\Delta_{ус} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{5^2}{5}} = 0,595 \text{ мкм.}$$

Вибір статичного або динамічного методу контролю.

При статичному режимі контрольована деталь в процесі вимірювання нерухома щодо настановних елементів КВП і результат вимірювання визначається, коли всі елементи приладу прийшли в стан спокою.

У разі коли вимірювана деталь або КВП (або його елементи) в процесі контролю переміщуються один відносно одного, то режим вимірювання є динамічним.

У нашому випадку деталь для здійснення контролю вимагає повороту навколо своєї осі на 360° , бо інакше проконтролювати дану точнісну вимогу (торцеве биття) неможливо, тому далі розглядати плюси і мінуси динамічного контролю не має сенсу. Тому в нашому випадку приймаємо динамічний режим контролю.

Вибір розташування деталі при контролі.

На основі цієї інформації в попередніх пунктах визначаємо форму настановних (базових) поверхонь КВП і даємо відповідь на поставлене питання з урахуванням такого:

- зручності установки контрольованої деталі щодо базових поверхонь КВП;

Деталь в КВП буде при контролі розташовуватися вертикально, так, як показано на схемі базування вище. Для реалізації даної схеми базування (установча база по торцю і подвійна опорна база по внутрішній циліндричній поверхні $\text{Ø}225\text{H}7$), а також з урахуванням зручності установки і зняття деталі використовуємо деталь - стакан.

Контрольована деталь при контролі буде встановлюватися в стакан з посадкою з зазором до упору в торець (позбавлення трьох ступенів вільності). Поверхня стакана буде виконано по 6-му квалітету точності в розмір $\text{Ø}225\text{h}6$ для центрування (позбавлення двох ступенів вільності) щодо внутрішньої циліндричної поверхні $\text{Ø}225\text{H}7$. Також зверху деталь буде притискатися шайбою з силою не більше 10Н.

- зручності реалізації відносних переміщень деталі та елементів КВП в процесі налагодження і власне вимірювань;

Реалізація переміщення деталі щодо елементів КВП в процесі налагодження та контролю, а саме обертання навколо власної осі на 360° , здійснюватиметься без особливих зусиль з боку контролера, так як стакан буде з'єднаний з фланцем, який встановлений на опорах кочення (рисунок 9.11), що варто відзначити як позитивний момент в конструкції КВП.

- зручності зчитування вимірювальної інформації;

Зчитування вимірювальної інформації буде зручним так як нічого в конструкції КВП не перешкоджатиме вільному огляду шкали засобу вимірювання.

- компактності КВП при збереженні достатньої жорсткості конструкції.

При проектуванні КВП будемо намагатися зробити конструкцію якомога більш компактною та менш металомісткою, але зі збереженням достатньої жорсткості для проведення якісного контролю.

Вибір рівня механізації та автоматизації.

Високоєфективні технологічні процеси сучасного виробництва, що відрізняються використанням високопродуктивного обладнання, пристосувань повинні поєднуватися з прогресивними конструкціями КВП на основі високого ступеня автоматизації та механізації. За ступенем автоматизації прилади класифікують на ручні, механізовані, напівавтоматичні і автоматичні.

У загальному випадку рівень механізації і автоматизації проектного КВП визначається:

- максимально можливою тривалістю контрольної операції, тобто продуктивністю КВП;
- трудомісткістю і складністю операції контролю;
- типом виробництва контрольованих деталей і формою його організації;
- видом контролю.

Тривалість операції контролю складає 7,12 хв. Маса деталі згідно з кресленням 110кг. Дана операція контролю не володіє високою складністю. Такт випуску становить 1606 хв, що набагато перевищує тривалість операції контролю, тому контрольна операція може бути здійснена в ручному режимі на простому вимірювальному пристрої без будь-яких засобів автоматизації але необхідна механізація у вигляді підйомно-транспортного механізму для встановлення деталі у КВП. Таким чином, приймаємо КВП з механізацією та без автоматизації.

Вибір форми видачі приладом результату вимірювання.

Прилади по виду вихідного сигналу діляться на аналогові і дискретні. В аналогових приладах (вимірювальні головки) функціональна залежність між вимірюваною величиною і вихідним сигналом безперервна. Дискретні прилади мають переривчасту градуїзовану характеристику.

Конструкція даного КВП припускає використання аналогового приладу (вимірювальної головки), який видаватиме відомості про контрольований параметр в процесі повороту деталі на 360°. Таким чином КВП повинен мати шкальний відліковий пристрій, який забезпечує достатню точність відліку без надмірного напруження зору контролера.

Вибір фізичного принципу вимірювальної інформації.

Залежно від принципу дії прилади поділяються на механічні, оптичні, пневматичні, ємнісні, фотоелектричні, гальванічні, магнітні та ін. У багатьох приладах використовується поєднання принципів. Визначає назву приладу в більшості випадків принцип дії, використовуваний на виході приладу. У багатьох випадках назву приладу конкретизують по типу вимірювального механізму, наприклад, важільно-зубчасті, пружинні і т.д.

Вибираючи принцип перетворення вимірювальної інформації необхідно враховувати ті специфічні джерела похибок вимірювання, властиві даному методу: нелінійність характеристики, вплив нестабільності тиску та очищення повітря, нестабільність температури при роботі контактів, напрацювання до першої відмови і т.д.

Виходячи з вищевикладеної інформації приймаємо механічний принцип перетворення вимірювальної інформації. Це рішення зумовлене значною мірою контактним методом контролю. На його користь говорить великий арсенал технічних засобів, що пройшли багаторічну апробацію на точність і надійність роботи на робочих місцях верстатників і контролерів.

Вибір і обґрунтування засобу вимірювання:

Вибір засобу вимірювання.

Вибір засобу вимірювання почнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних і надійностних характеристик, якими має володіти засіб вимірювання.

Допустима сумарна похибка вимірювання КВП знаходиться як частина виробничого допуску контрольованого параметра $T_{np} = 20 \text{ мкм}$:

$$[\Delta_{ИЗМ}] = k \cdot T_{np}, \quad (2.21)$$

де k – відносна похибка вимірювання, яка залежить від якості або ступеня точності контрольованого параметра (для 5-го ступеня точності $k=0,25$).

$$[\Delta_{ИЗМ}] = 0,25 \cdot 20 = 5 \text{ мкм.}$$

Відповідно до ГОСТ 8.051-81 рекомендується прийняти $[\Delta_{ИЗМ}] = 5 \text{ мкм}$.

Визначимо допустиму похибку засобу вимірювання (інструментальну похибку):

$$[\Delta_{ИН}] = (0,6 - 0,8) \cdot [\Delta_{ИЗМ}];$$

Приймаємо коефіцієнт 0,6

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$[\Delta_{ИН}] = 0,6 \cdot 5 = 3 \text{ мкм.}$$

Ціна поділки розраховується залежно від величини допустимої інструментальної похибки засобу вимірювання:

$$[c] = (0,5 - 2) \cdot [\Delta_{ИН}].$$

Приймаємо коефіцієнт 1, тоді

$$[c] = 1 \cdot [\Delta_{ИН}] = 1 \cdot 3 = 3 \text{ мкм.}$$

Інтервал розподілу шкали $[a]$ приймається з рекомендацій [14] рівний від 0,9 до 2,5 мм, оскільки менша відстань між сусідніми штрихами шкали може утруднити зчитування показань засобу вимірювання, а більша є не доцільною. Тому приймаємо $[a] = 1\text{мм}$, як найбільш поширене в практиці.

Межа вимірювання за шкалою $[A]$ повинна перевищувати допуск $T_{\text{пр}}$, щоб зняття показань не викликало труднощів. Тому приймаємо

$$[A] = 2 \cdot T_{\text{пр}} = 2 \cdot 20 = 40\text{мкм.}$$

Межа вимірювання засобу (діапазон вимірювань) визначається умовами експлуатації. Для відносних вимірювань цілком достатньо прийняти $[B] = 1\text{мм}$.

Допустиму варіацію показань приймаємо $[W] = 2\text{мкм}$.

Вимірювальне зусилля $F_{\text{ус}}$ обумовлюється характером контролюючих поверхонь при вимірі, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Значення вимірювального зусилля було прийнято в попередній роботі, отже приймаємо його як допустиме $[F_{\text{ус}}] = 5\text{Н}$.

Допустиме коливання вимірювального зусилля обумовлено величиною $[\Delta P] = 1\text{Н}$ [14].

Встановлюється необхідний ресурс (показник експлуатаційної надійності) засобу вимірювання, який визначається кількістю вимірювальних циклів $[K]$ і ймовірністю безвідмовної роботи засобу вимірювання $[q]$ (%).

Імовірність безвідмовної роботи $[q] = 85\%$, виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальною промисловістю згідно РД50-650-87.

Кількість вимірювальних циклів 750 циклів (вимірювання деталей протягом 5 років). отже приймаємо $[K] = 750$ циклів.

Згідно сталим цінами на контрольно-вимірювальні засоби вітчизняного виробництва, встановимо витрати на придбання ЗВ: $[Ц] = 250\text{грн}$.

Пошук засоби вимірювання по заданим обмеженням

Після того як стали відомі допустимі значення по метрологічним, експлуатаційним і показникам надійності, можна приступити до пошуку засобу вимірювання. Прийнятним вважається засіб вимірювання, значення характеристик якого знаходяться в такому співвідношенні з допустимим:

$$\Delta_{ин} \leq |\Delta_{ин}|;$$

$$\Delta P \leq |\Delta P|;$$

$$c \leq |c|;$$

$$W \leq |W|;$$

$$a \geq |a|;$$

$$K \geq |K|;$$

$$A \geq |A|;$$

$$q \geq |q|;$$

$$B \geq |B|;$$

$$Ц \leq |Ц|.$$

$$P_{yc} \leq |P_{yc}|;$$

Здійснюємо пошук засіб вимірювання за таблицями ричажно-зубчастих вимірювальних головок. Найбільш близьким за вимогами є індикатор 2МІГ (клас 0) модель 05102 ГОСТ 9696-75 з наступними параметрами: $\Delta_{ин} = 3$ мкм, $c = 2$ мкм, $a = 2$ мм, $A = 400$ мкм, $B = 2$ мм, $P_{yc} = 2$ Н, $\Delta P = 0,7$ Н, $W = 1$ мкм, $K = 165000$, $q = 95\%$, $Ц = 200$ грн.

Зіставимо ці значення з допустимими (розрахунковими), приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності дотримуються:

$$\Delta_{ин} = 3 \text{ мкм} = |\Delta_{ин}| = 3 \text{ мкм}; \quad c = 2 \text{ мкм} < |c| = 3,6 \text{ мкм}; \quad a = 2 \text{ мм} > |a| = 1 \text{ мм};$$

$$A = 400 \text{ мкм} > |A| = 40 \text{ мкм}; \quad B = 2 \text{ мм} > |B| = 1 \text{ мм}; \quad P_{yc} = 2 \text{ Н} < |P_{yc}| = 5 \text{ Н};$$

$$\Delta P = 0,7 \text{ Н} < |\Delta P| = 1 \text{ Н}; \quad W = 1 \text{ мкм} < |W| = 2 \text{ мкм}; \quad K = 165000 > |K| = 1500;$$

$$q = 95\% > |q| = 85\%; \quad Ц = 200 \text{ грн.} < |Ц| = 250 \text{ грн.}$$

Інші ЗВ володіють надмірною або недостатньою точністю. Тому для проєктованого КВП найбільш підходящим є індикатор 2МІГ (клас точності 0, ГОСТ 9696-75, завод виробник Ленінградський завод "Ізмерон"). Габаритні розміри $d \times l \times b = 70 \times 106 \times 20$ мм. Маса - 0,13 кг.

Ескізне проектування КВП.

Складання структурної схеми КВП.

У процесі контрольної операції в пристосуванні реалізуються наступні приватні функції:

- 1) базування вимірюваної деталі;
- 2) встановлення та закріплення засобу вимірювання;
- 3) прийом, передача, перетворення вимірювальної інформації;
- 4) переміщення засоби вимірювання з установчої в робочу позицію;
- 5) об'єднання функціональних вузлів.

Структурна схема КВП представлена на рис. 2.11.

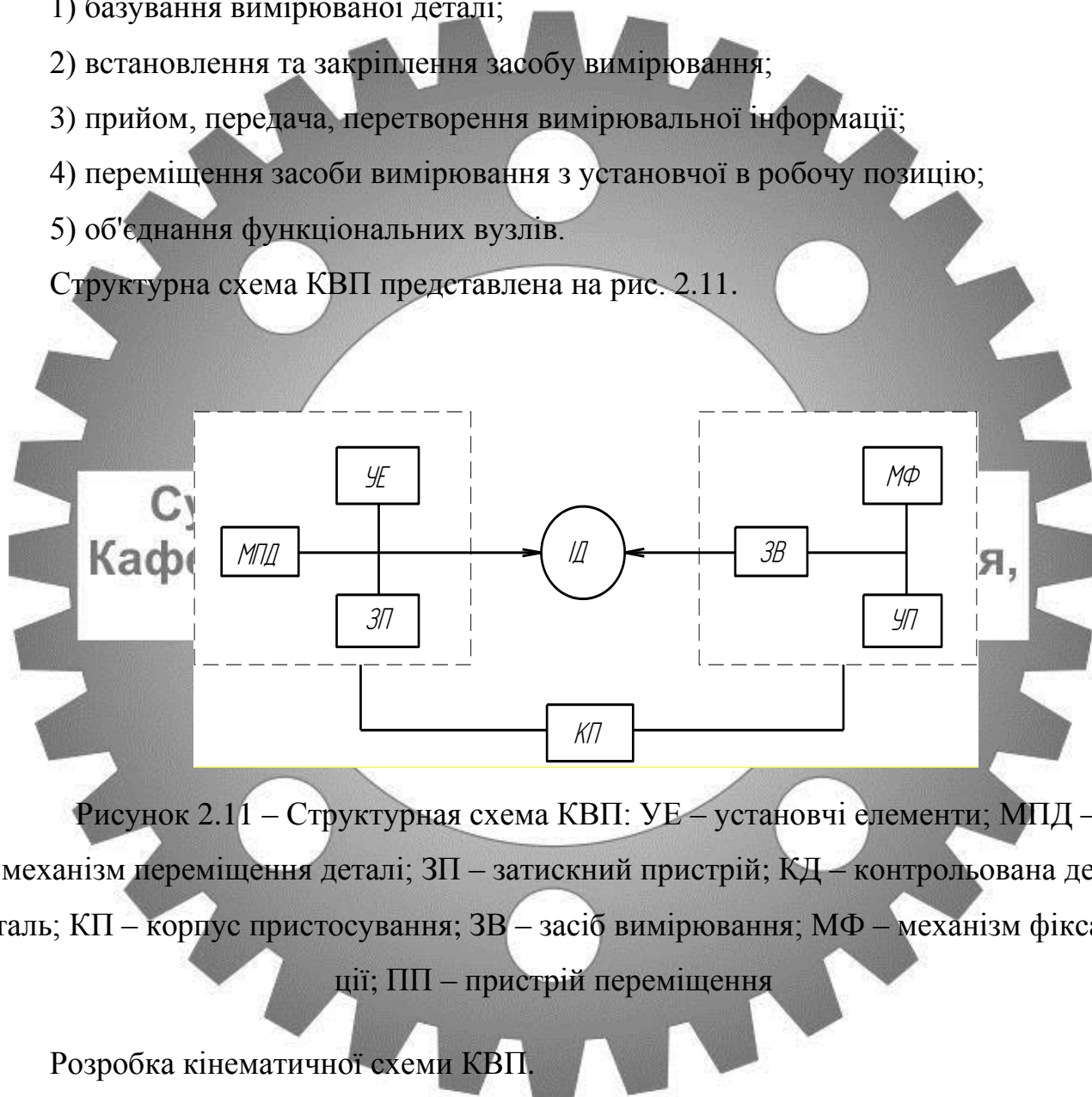


Рисунок 2.11 – Структурная схема КВП: УЕ – установчі елементи; МПД – механізм переміщення деталі; ЗП – затискний пристрій; КД – контрольована деталь; КП – корпус пристосування; ЗВ – засіб вимірювання; МФ – механізм фіксації; ПП – пристрій переміщення

Розробка кінематичної схеми КВП.

На схемі в спрощеному вигляді зображені основні механізми (функціональні вузли) КВП. Схема дає поняття про характер переміщення, граничних положеннях, видах зв'язків. Кінематична схема зображена на рис. 2.12.

Розробка ескізного компоунання КВП.

Згідно ГОСТ 2.701-84 схема розташування (компонувальна схема) являє собою відносне розміщення частин виробів, а при необхідності, проводів, джгутів, кабелів, трубопроводів. На ній зображують складові частини виробу або зв'язку між ними. Схема розташування елементів КВП представлена на рис. 2.13 згідно принципової схеми КВП при вертикальному розташуванні осі обертання контрольованої деталі.

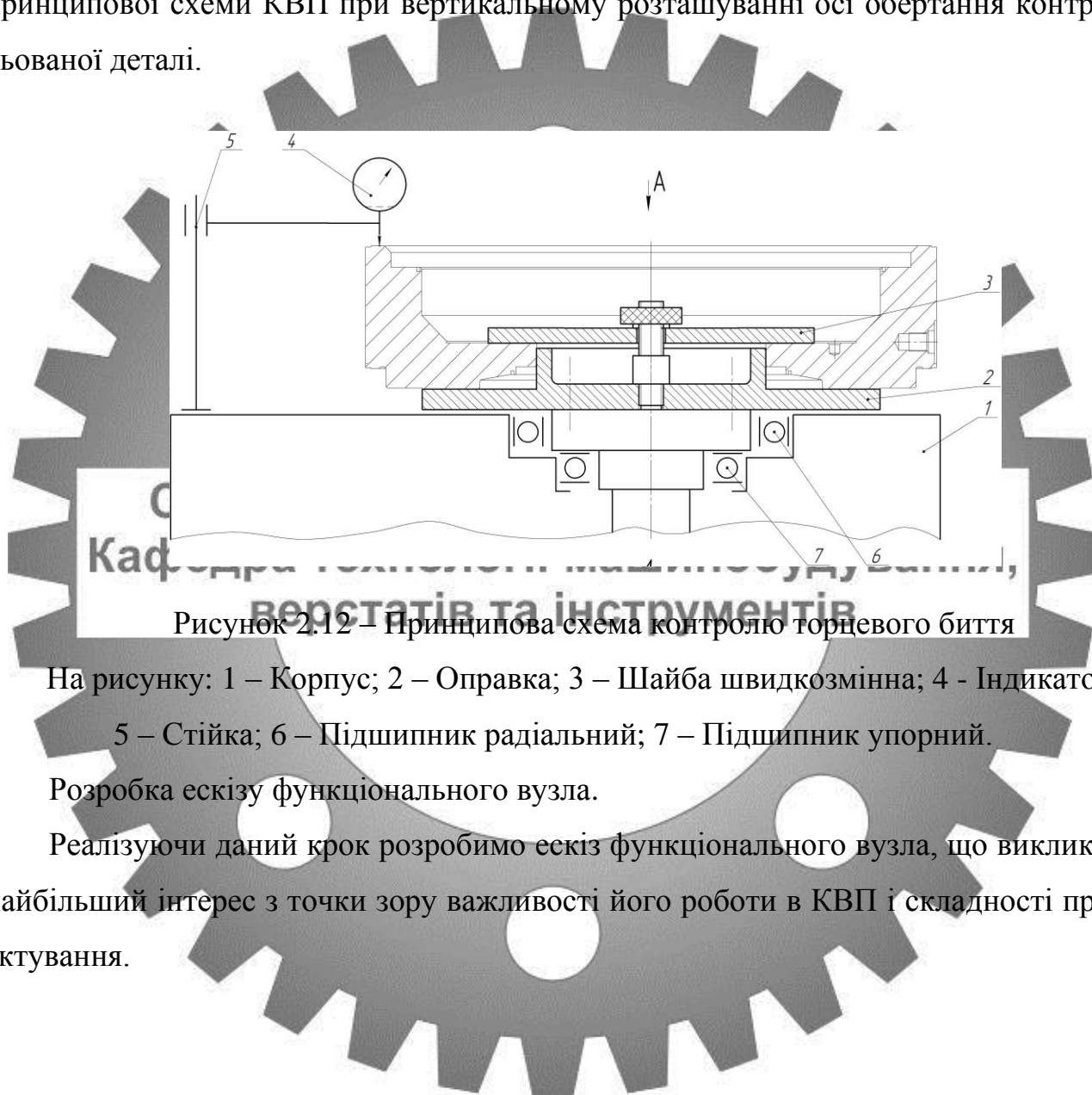


Рисунок 2.12 – Принципова схема контролю торцевого биття

На рисунку: 1 – Корпус; 2 – Оправка; 3 – Шайба швидкозмінна; 4 - Індикатор;
5 – Стійка; 6 – Підшипник радіальний; 7 – Підшипник упорний.

Розробка ескізу функціонального вузла.

Реалізуючи даний крок розробимо ескіз функціонального вузла, що викликає найбільший інтерес з точки зору важливості його роботи в КВП і складності проектування.

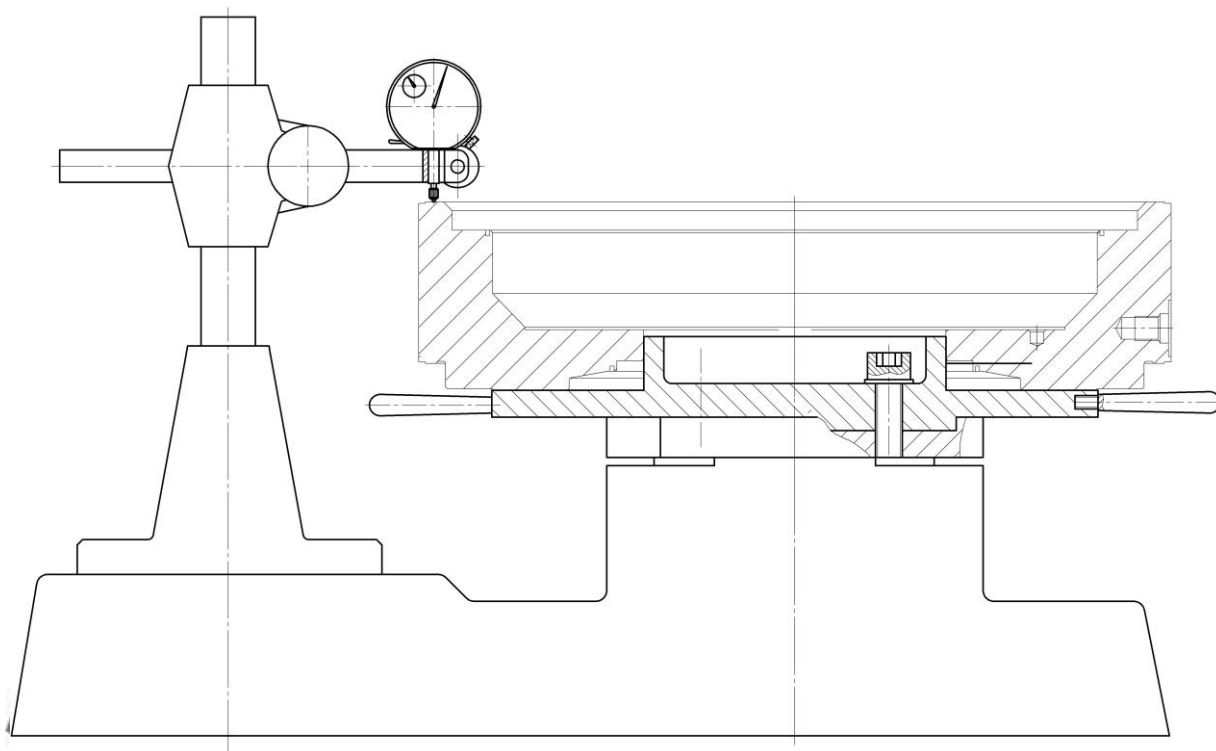


Рисунок 2.13 – Компонувальна схема розташування елементів КВП

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
Верстатів та інструментів

Наведемо ескіз функціонального вузла обертання деталі (рис. 2.14 і рис. 2.15), згідно принципової кінематичної схеми і схемою розташування елементів КВП з використанням опор кочення, що відрізняються від опор ковзання меншими втратами на тертя і більшої технологічності, як в процесі виготовлення і складання, так і в процесі експлуатації. На ескізі проставимо посадки опор кочення на вал і в корпус, а також інші необхідні для складання посадки. В конструкції приймемо два радіально - упорних підшипника з конічними роликками, для того щоб вибрати люфти, один радіальний та один упорний підшипники.

Як видно функціональний вузол містить досить велику кількість оригінальних деталей, підшипників, а також складну конструкцію валу і корпусу в порівнянні з функціональним вузлом. Корпус має наскрізний отвір, а вал всього лише два ступені, як у першому випадку.

Контроль параметра - торцевого биття, буде забезпечений в обох випадках з достатньою точністю, так як осьове биття більшого упорного підшипника 1,8мкм, а радіально-упорного 2мкм (при торцевому битті контрольованої поверх-

ні 20мкм), тому як більш технологічний варіант приймаємо другий ескіз функціонального вузла.

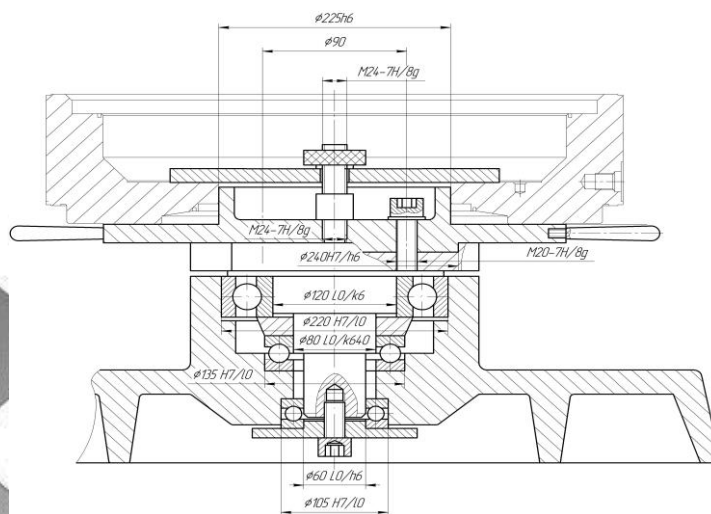


Рисунок 2.14 – Ескіз функціонального вузла з радіальними і упорними кульковими підшипниками

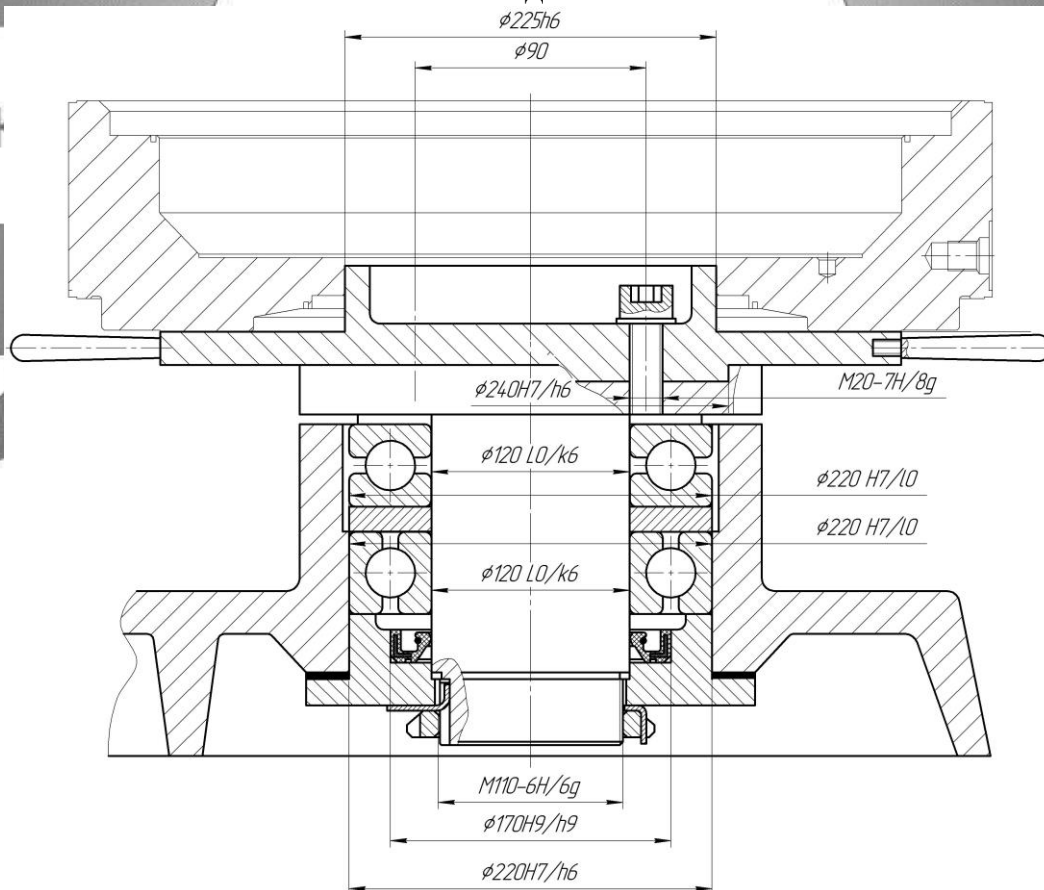


Рисунок 2.15 – Ескіз функціонального вузла з упорними підшипниками
Розрахунок фактичної сумарної похибки КВП

Визначення сумарної фактичної похибки вимірювання КВП - один з найбільш важливих і відповідальних етапів проектування, на підставі якого визначають можливість КВП здійснювати контроль заданих параметрів з необхідною точністю і достовірністю. А для цього необхідно, щоб сумарна фактична похибка вимірювання КВП не перевищувала допустиму похибку вимірювання:

$$\Delta_{\phi} \leq [\Delta_{\text{ДЗМ}}].$$

Фактична похибка КВП визначається за формулою:

$$\Delta_{\phi} = \sqrt{\Delta_{\text{ИН}}^2 + E^2 + \Delta_{\text{Э}}^2 + \Delta_{\text{VC}}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_p^2}, \quad (2.22)$$

де $\Delta_{\text{ИН}} = 3 \text{ мкм}$ - похибка засобу вимірювання;

E - похибка установки;

$\Delta_{\text{Э}} = 0$ - похибка міри або еталона, так як при контролі не використовуємо еталон;

Δ_{VC} - похибка від вимірювального зусилля;

$\Delta_t = 0$ - похибки від температурних деформацій, цієї похибкою можна знехтувати, оскільки контроль деталей буде проводитися не відразу після їх виготовлення і доставки на стіл ВТК, а з витримкою певного часу, для того щоб температура деталі і температура всього КВП зрівнялася;

$\Delta_p = 0$ - похибка передавальних пристроїв (в конструкції КВП нема передавальних пристроїв).

Похибка установки визначається як

$$E = \sqrt{E_{\text{б}}^2 + E_{\text{з}}^2 + E_{\text{п}}^2}, \quad (2.23)$$

де $E_{\text{б}} = 0$ - похибка базування, визначено раніше;

$E_z=0$ – похибка закріплення, яка дуже мала, тому що сила закріплення дорівнює приблизно 10Н, що при тиску через швидкозмінну шайбу практично не робить впливу на деформацію деталі, так як її твердість за кресленням 197НВ;

$E_{пр}$ – неточності виготовлення елементів пристрою;

Неточності виготовлення елементів пристрою визначаємо за формулою:

$$E_{пр} = \sqrt{E_{пр1}^2 + E_{пр2}^2}, \quad (2.24)$$

де $E_{пр1} = 2\text{мкм}$ – похибка, що виникає внаслідок осьового биття в радіально-упорних підшипників ГОСТ 27635-87, клас точності 0 [5], яка безпосередньо впливає на показання при контролі торцевого биття;

$E_{пр2} = 0$ – похибка, що виникає внаслідок неточності розташування індикатора щодо контрольованої деталі, похибкою можна знехтувати оскільки вимірювання відносні;

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$E_{пр} = \sqrt{2^2 + 0^2} = 2\text{мкм}.$$

Похибка установки:

$$E = \sqrt{0^2 + 0^2 + 2^2} = 2\text{мкм}.$$

Похибка вимірювального зусилля визначаємо за формулою Герца:

$$\Delta_{ус} = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{ус}^2}{r}}, \quad (2.25)$$

де $k = 0,81$ – при твердосплавному наконечнику;

$P_{ус} = 2\text{Н}$ – вимірювальне зусилля індикатора 2МІГ (вибрано з паспорта);

$r = 5\text{мм}$ – радіус наконечника.

Тоді похибка від вимірювального зусилля:

$$\Delta_{ус} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{2^2}{5}} = 0,323 \text{ мкм.}$$

Фактична похибка КВП:

$$\Delta_{\phi} = \sqrt{3^2 + 2^2 + 0^2 + 0,323^2 + 0^2 + 0^2} = 3,62 \text{ мкм.}$$

$\Delta_{\phi} = 3,62 \text{ мкм} < \Delta_{ИЗМ} = 5 \text{ мкм}$ - отже показанням КВП можна довіряти.

Розробка технічних вимог на виготовлення КВП.

Введення у виробництво більш досконалого засоби контролю дуже вигідно для виробництва. Так само слід враховувати безліч факторів, пов'язаних з підвищенням якості і надійності вимірювання, тому необхідно грамотно скласти технічні вимоги. На кресленні проставимо наступні вимоги:

1. Допуск непаралельності площині стакану до площини основи не більше 0,01 мм.
2. Підшипники заповнити мастилом ЦИАТИМ - 201 ГОСТ 6267-74.
3. Стакан з деталлю повинні вільно обертатися навколо своєї осі.
4. Закріплення деталі робити вручну.
5. Сумарна допустима похибка КВП - 0,004мм.
6. Грунтувати неробочі поверхні - грунт ЕП-09Тк червоний ТУ ЯН268-61, фарбувати неробочі поверхні - емаль ЕП-51 слоняча кістка ГОСТ 9640-75.
7. На посадочних поверхнях не допускаються забоїни та інші дефекти.
8. Зберігати пристрій у дерев'яному ящику.
9. Маркувати електропером шрифтом 4-Пр3 ГОСТ 26.020-80.

Будова і принцип дії КВП.

Опис пристрою і принципу дії робимо згідно креслення КВП. Даний КВП складається зі стійки, на якій закріплений корпус, в якому встановлений індикатор. Деталь встановлюється в стакан, який може обертатися за допомогою

підшипникового вузла. Підшипниковий вузол складається з двох упорних шарикових підшипників, манжети і кришки. Осьовий зазор в підшипниках вибирається шляхом затягування гайки з необхідним зусиллям для усунення люфтів. Контрольована деталь, встановлена в стакан також притискається зверху швидкозмінною шайбою за допомогою гайки вручну. Закріплення необхідно для забезпечення фіксації та запобігання випадкових зрушень під час операції контролю.

Принцип дії КВП наступний:

- Установка деталі;
- Закріплення;
- Установка індикатора на нуль;
- Поворот деталі на 360° і зчитування показань зі шкали;
- Розкріплення деталі;
- Зняття деталі.

Результати вимірювання служать основою для прийняття рішення про регулювання елементів технологічного процесу.

Спроекований КВП призначений для остаточного контролю та забезпечений необхідною документацією, в якій висвітлюються результати перевірок, здійснюваних метрологічною службою підприємства відповідно до встановлених локальними повірочними схемами: при випуску з виробництва, при експлуатації.

2.12 Проектування ріжучого інструменту

Для здійснення обробки отворів з плоским торцем $\varnothing 42 (+0,52; 0)$ мм необхідно спроектувати різальний інструмент для обробки цієї поверхні в розмір за один прохід, так як стандартних інструментів такого розміру немає, то спроектуємо спеціальну цеківку $\varnothing 42$ мм зі змінними непереточуваними пластинами.

Довжина цеківки 190 мм, довжина робочої частини 25 мм, число зубів $z = 4$.

Матеріал ріжучої пластини ВК8, матеріал хвостовика Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Твердість робочої частини 63-66 HRC, твердість хвостовика 30-40 HRC.

Інші вимоги по ГОСТ 17024-24.

Центрові отвори по ГОСТ 14034-74.

Для проектування цеківки необхідно проаналізувати наступні параметри:

- Діаметр цеківки.

Цей параметр впливає на процес фрезерування і на вибір конструктивних елементів. Зі збільшенням діаметра зменшується товщина зрізу і навантаження на кожну ріжучу кромку; поліпшується відвід тепла через більшу поверхню зіткнення з оброблюваною поверхнею. Приймаємо цеківку $\varnothing 42$ мм, так як діаметр отвору 42 мм.

- Посадочні розміри.

До посадкових розмірів можна віднести конічну поверхню, різьбовий отвір для кріплення фрези.

- Число зубів.

Вибір числа зубів впливає на процес різання. Зі збільшенням числа зубів збільшується робота різання і виділення тепла. Значна частина роботи витрачається на подрібнення стружки. Фрези з великою кількістю зубів дорогі. Приймаються число зубів $z = 4$.

- Кути тіла зуба і западини.

Міцність зуба і простір для розміщення стружки характеризуються кутами тіла зуба і западин. Кут западини зазвичай дорівнює куту робочої фрези. Для цього кута існує ряд значень: 45-100 (через 5).

- Форма зубів і западин.

Ці елементи залежать значною мірою від числа зубів. Обсяг западин, їх профіль, плавність сполучень слід вибирати так, щоб в процесі різання стружка не захарачувала і не запресовувалася у западини. Цьому сприяє так само вибір стану чистоти канавки, для чого канавки рекомендується по

лірувати. Форма зубів і западин повинна забезпечувати:

- Міцність зубів.

- Сприяти отриманню найбільшого простору для приміщення стружки.
- Гарантувати краще відведення стружки.
- Допускати максимально-можливу кількість переточувань.
- Перешкоджати появи тріщин.

Стружколоматель використовують для поліпшення процесу різання. На місця стружколомателів доводиться подвійне навантаження.

Режими різання з пункту 8.4: $S_z\phi=0,05$ мм/зуб, $V\phi=62,64$ м/мин, $n\phi=332$ об/мин, $N=1,61$ кВт.

Визначаємо осьову складову сили різання.

$$P_x = 9,81C_p D^x S^y K_{MP} \quad (2.26)$$

Всі коефіцієнти визначаємо по [4]

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$P_x = 9,81 \cdot 143 \cdot 40 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,75 = 13653,5 \text{ Н.}$$

Визначаємо момент сил опору різання (крутний момент).

$$M_{c.p.} = 9,81C_M D^z S^y K_{MM} \quad (2.27)$$

$$M_{c.p.} = 9,81 \cdot 0,041 \cdot 40^2 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 0,75 = 15,64 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Визначаємо номер конуса Морзе.

Осьову складову сили різання P_x можна розкласти на дві сили: Q - діючу нормально до твірної конуса і силу R - діючу в радіальному напрямку і врівноважуючу реакцію на протилежній точці поверхні конуса.

Сила Q створює дотичну складову T сили різання. При розрахунку T слід враховувати коефіцієнт тертя поверхні конуса об стінки втулки.

Силу Q розраховують за формулою:

$$Q = \frac{Px}{\sin \theta} \quad (2.28)$$

Дотична складова Т розраховується за формулою:

$$T = \frac{\mu Px}{\sin \theta} \quad (2.29)$$

Момент тертя між хвостовиком і втулкою розраховується за формулою:

$$M_{mp} = \frac{\mu Px \cdot (D_1 + d_2)}{4 \sin \theta} (1 - 0.04 \Delta \theta) \quad (2.30)$$

Прирівнюємо момент тертя до максимального моменту сил опору різання, тобто до моменту, що створюється, при роботі тупою фрезою, який збільшується в 3 рази в порівнянні з моментом, прийнятим для нормальної роботи фрези.

З цього випливає, що $3M_{c.p.} = M_{тр}$.

Середній діаметр конуса хвостовика визначається за формулою:

$$d_{cp} = \frac{6M_{c.p.} \cdot \sin \theta}{\mu Px (1 - 0.04 \Delta \theta)} \quad (2.31)$$

$$d_{cp} = \frac{615.64 \cdot 0.026}{0.096 \cdot 13653.5 \cdot (1 - 0.2)} = 0,0398 \text{ м или } 39,8 \text{ мм.}$$

Вибираємо найближчий більший конус по ГОСТ 25557-82.

Найближчий найбільший конус відповідає конусу Морзе 5.

2.13 Висновки

З вище написаного можна зробити висновок, щол у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі ”Секція проміжної ступені” у якості заготовки було прийнято поковка на пресах у підкладних штампах, так як вона більш економічно вигідна, ніж поковка кована на молотах.

Було проведено аналіз заводського технологічного процесу виготовлення деталі та зроблені деякі зміни, що спрямовані на його вдосконалення, а саме використання сучасного інструменту, спеціальних пристроїв та замінено універсальні верстати на верстати з ЧПК.

Провели аналіз схем базування і закріплення заготовки на деяких операціях, та визначили похибки базування. Також були розраховані припуски по принципу професора Кована В.М. для найбільш точних поверхонь, вибрані верстати, пристрої, режими різання і розраховано технічне нормування операцій.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

РОЗДІЛ 3

НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Визначення зміни переднього кута і температури різання уздовж ріжучої кромки свердла.

Удосконалення технологічних процесів у машинобудуванні викликає необхідність вивчення теплових явищ, що виникають при механічній обробці. Підвищення міцності, в'язкості і деяких інших властивостей конструкційних матеріалів, характерне для елементів сучасних машин, інтенсифікація режимів обробки призводять до того, що температура процесу стає одним з факторів, що обмежують продуктивність операцій і роблять істотний вплив на якість і точність виробів. У зв'язку з цим виникає необхідність керування тепловими явищами при механічній обробці матеріалів. Таке управління особливо необхідно при автоматизованому виробництві з метою підтримки стабільності технологічного процесу і забезпечення заданої точності розмірів і форми виробів в часі, але це також необхідно і в дрібносерійному виробництві [19].

Проте використання багатоопераційних верстатів не завжди забезпечує необхідну ефективність виробництва. Підвищити ефективність цих верстатів можна за рахунок концентрації операцій і переходів.

Концентрація операцій ускладнює устаткування, що зменшує його надійність, але при цьому досягається максимальна ефективність виробництва.

Найбільш широким класом поверхонь, що обробляються на багатоопераційних верстатах, є отвори, що складають до 75% від усіх оброблюваних поверхонь на даному виді обладнання. Характерно, що практично всі ступінчасті отвори і 90% циліндричних отворів можуть оброблятися осьовим або осьовим комбінованим інструментом.

Визначення зміни переднього кута вздовж різальної крайки свердла.

Спиральне свердло є найбільш поширеним ріжучим інструментом для свердління або розсвердлювання отворів діаметром до 80 мм. Свердла зі швидкорізальної сталі з конічним хвостовиком діаметром від 6 до 60 мм і з циліндричним хвостовиком \varnothing від 8 до 16 мм повинні бути виготовлені зварними. Свердла зі шліфованої сталі \varnothing менше 12 мм можуть бути цільними.

Свердло є многокромочним інструментом; в різанні беруть участь дві головні кромки, допоміжні ріжучі кромки по стрічках і поперечна кромка. Форма і положення передньої поверхні, що характеризується кутом нахилу гвинтової канавки, впливають на характер освіти, і транспортування стружки змінюється від 18° для діаметра 0,25 - 1,0 мм і до 33° для 44,5 - 80 мм.

Лінії перетину передніх і задніх поверхонь утворюють ріжучі кромки з кутом при вершині 2ϕ , змінюваний залежно від оброблюваного матеріалу $2\phi = 116 - 120^\circ$ (рис.3.1). Передній кут свердла ω є величиною змінною, залежною від геометричних параметрів свердла. Найбільше значення на периферії (35°), найменше - у осі (23°).

Перспективні напрямки підвищення якості інструменту можна визначити лише за умови встановлення аналітичних залежностей між конструктивними параметрами інструмента і критеріями, характеризує його якість в процесі використання.

На якість свердла впливають його геометричні параметри. Змінюючи будь-які з них можна поліпшити одні якості свердла, але в теж час погіршити інші. Необхідно визначити критерій, що відображає якість інструменту на всіх етапах його виробництва. За такий параметр приймають якість поверхневого шару інструменту. В процесі експлуатації якість інструменту залишається найбільш високим при наявності оптимальної температури різання. Знаючи зміни температури від геометричних параметрів інструменту і його експлуатації, можна вдосконалити конструкцію інструменту.

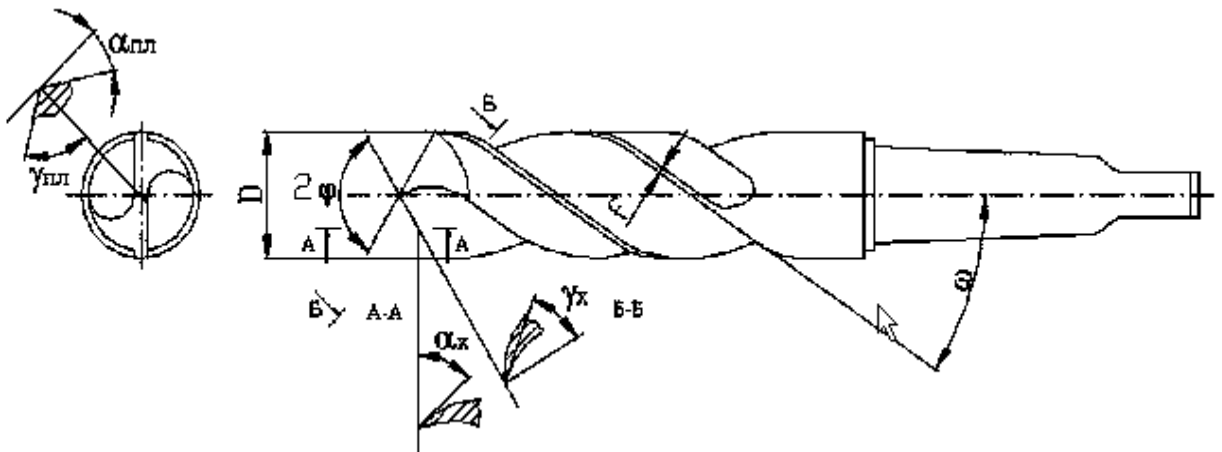


Рисунок 3.1 – Геометрія свердла

Для визначення впливу елементів свердла на температуру треба знати не середнє значення температури, а характер розподілу її вздовж різальної крайки. Для розрахунку температури в будь-якій точці тіла в кожен момент часу необхідно вирішувати диференціальне рівняння теплопровідності на конкретних крайових умовах, при цьому доцільна схематизація процесу, беручи такі припущення: основне тепловиділення походить від джерел, розташованих на ріжучій лезах; фактична потужність джерел визначається сумарним тепловиділенням від деформуєцї металу і тертя стружки об передню поверхню; ріжуча частина свердла в зоні різання є нескінченний клин, який рухається по півпростором; значення коефіцієнтів теплопровідності і температуропровідності нема за-висять від температури різання.

Задамо наступні вихідні дані: Кут при вершині $2\varphi = 120^\circ$; кут нахилу гвинтової канавки $\omega = 30^\circ$; кут нахилу поперечної кромки 55° ; Діаметр серцевини $2a = 0,15D$.

Для визначення зміни величини головною складовою сили різання, нам необхідно знати зміну переднього кута вздовж різальної крайки інструмента. Передній кут в даній точці x в нормальному перерізі до ріжучої кромці, визначається за формулою, виведеною П.Р. Родіним [19]:

$$\operatorname{tg} \gamma_{nx} = \frac{(1 - \sin^2 \mu_x \cdot \sin^2 \varphi) \cdot \operatorname{tg} \varpi_x - \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \mu_x}{\sin \varphi \cdot \cos \mu_x} \quad (3.1)$$

причому

$$\sin \mu_x = \frac{a_x}{r_x} \quad (3.2)$$

де r_x - відстань від осі свердла до дотичної к проекції ріжучої кромки на площину, перпендикулярну до осі свердла;

μ_x - кут між радіусом кола, на якій лежить дана точка x , і проекцією ріжучої кромки на площину, перпендикулярну до осі свердла;

ϖ_x - кут нахилу гвинтовий утворює поверхні канавки, що проходить через точку x ;

$$\operatorname{tg} \varpi_x = \frac{r_x}{R} \cdot \operatorname{tg} \varpi \quad (3.3)$$

де R - зовнішній радіус свердла;

ϖ - кут нахилу гвинтовий канавки свердла (віднесений до зовнішнього діаметру).

Всі отримані значення запишемо у таблиці 3.1

Таблиця 3.1- Значення переднього кута

№ п/п	r_x / R	μ_x^0	ϖ_x^0	γ_x^0
1	1	8°30`	30°	30°28`
2	0,8	10°50`	24°47`	23°24`
3	0,6	14°30`	19°06`	14°48`
4	0,4	22°	13°	3°9`
5	0,2	48°30`	6°35`	-24°9`
6	0,183	55°	4°57`	-32°6`

Визначення зміни головною складовою сили різання уздовж ріжучої кромки свердла.

За отриманими значеннями побудуємо графік передніх кутів свердла (рис. 3.2). Висновок залежності для визначення головної складової сили різання, заснований на рівності дотичних напружень при різанні і при стисненні або розтягуванні при рівній мірі еквівалентних деформацій [19]:

$$P_z = \tau \cdot a \cdot b \cdot \left(\frac{k - \sin \gamma}{\cos \gamma} + \operatorname{tg} c \right), \text{ Н} \quad (3.4)$$

де τ - опір деформації при різанні;

k - коефіцієнт усадки стружки;

a - товщина зрізу;

b - ширина зрізу.

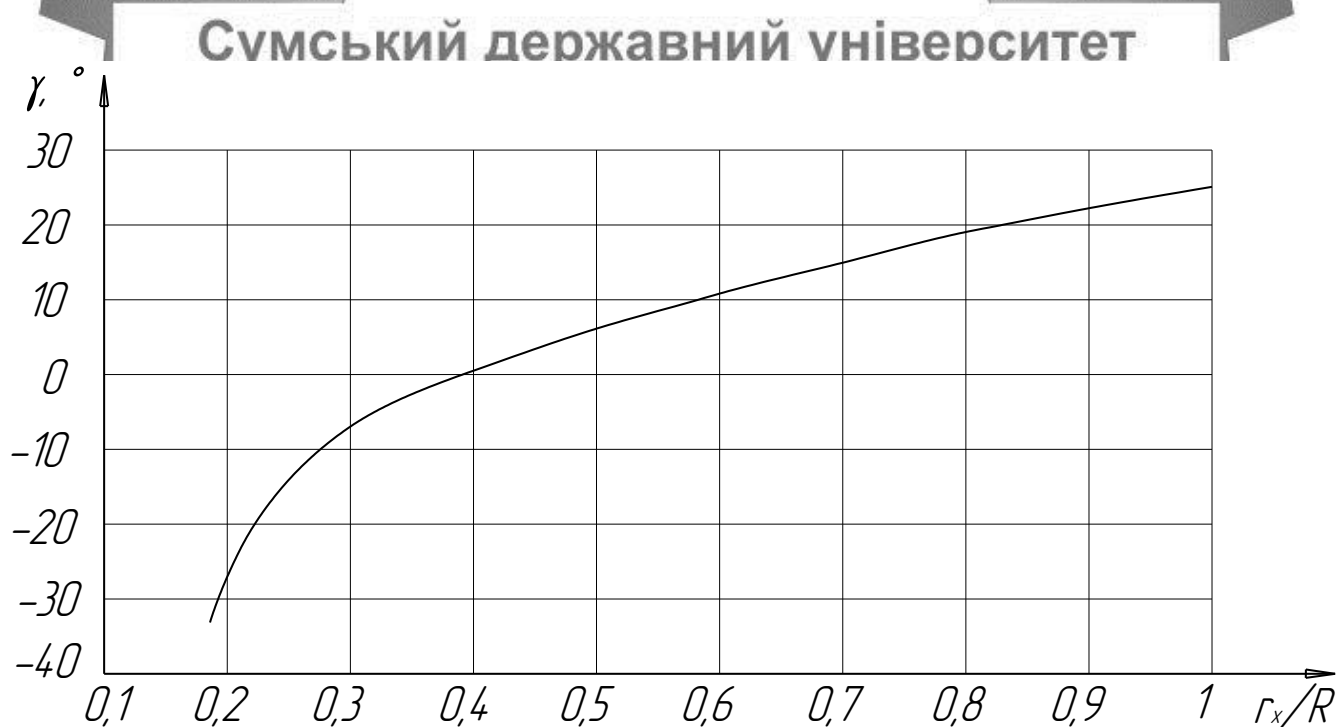


Рисунок 3.2 - Передні кути свердла уздовж ріжучої кромки

Товщину і ширину зрізу визначимо за такими формулами [19]:

$$a = \frac{S}{2} \cdot \sin \varphi \quad (3.5)$$

$$b = \frac{t}{\sin \varphi} = \frac{D}{2 \cdot \sin \varphi} \quad (3.6)$$

Таким чином $a=0,16$ мм; $b=2$ мм.

Результати розрахунків занесемо в таблицю 3.2

Таблиця 3.2 – Величина головної складової сили різання

№ п/п	r_x / R	γ°	P_z, H
1	1	$30^\circ 28'$	660
2	0,8	$23^\circ 24'$	652
3	0,6	$14^\circ 30'$	650
4	0,4	$3^\circ 09'$	674
5	0,2	$-23^\circ 24'$	803
6	0,183	$-33^\circ 14'$	896

За отриманими значеннями побудуємо графік зміни сили різання

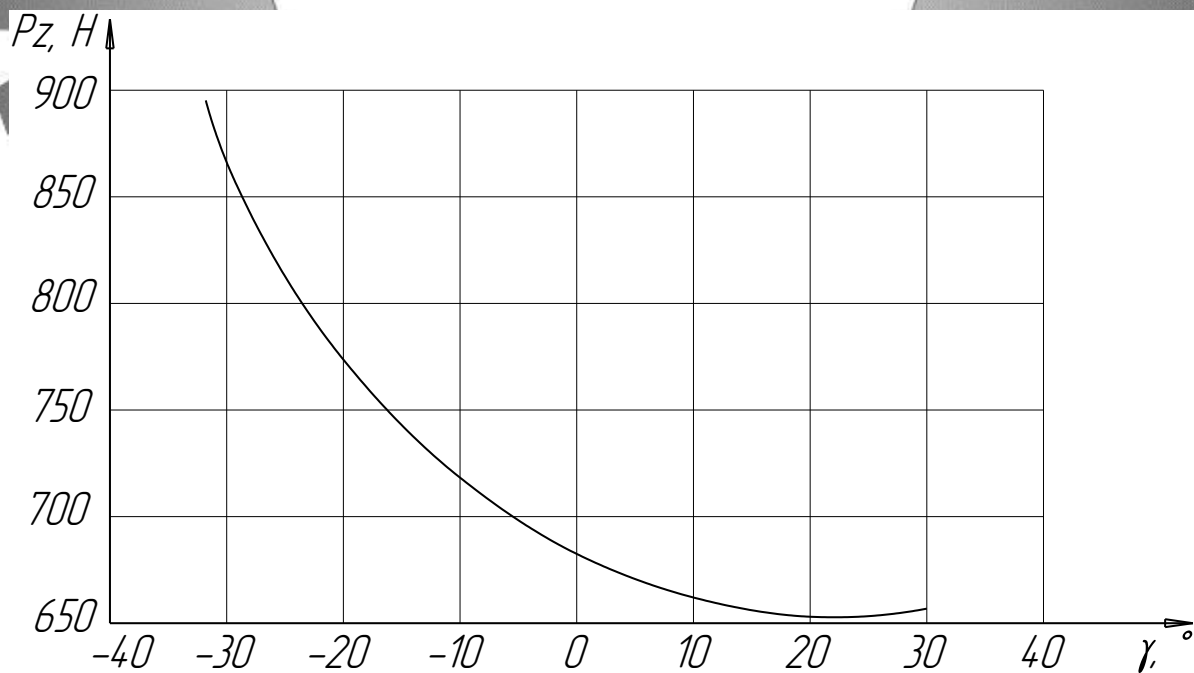


Рисунок 3.3 – Графік зміни головної складової сили різання від переднього кута

Таким чином, основний вплив на головну складову сили різання надає передній кут. Збільшення переднього кута зменшує силу різання. Видно, що вплив переднього кута на силу P_z особливо помітно при кутах менше 16° , подальше збільшення кута γ практично не позначається на зміні P_z .

Визначення зміни температури різання уздовж ріжучої кромки свердла.

Для визначення впливу елементів свердла на температуру треба знати не середнє значення температури, а характер розподілу її вздовж різальної крайки. Для розрахунку температури в будь-якій точці тіла в кожен момент часу необхідно вирішувати диференціальне рівняння теплопровідності в конкретних крайових умовах. При цьому доцільна схематизація процесу, беручи наступні допущення:

- основне тепловиділення походить від джерел, розташованих на ріжучих лежах;

- фактичний потужність джерел визначається сумарним тепловиділенням від деформації металу і тертя стружки об передню поверхню;

- Ріжуча частина свердла в зоні різання є нескінченний клин, який рухається по півпростором;

- Значення коефіцієнтів теплопровідності і температуропровідності не залежить від температури різання.

Значення коефіцієнтів і показників ступеня для визначення швидкості різання по джерелу [4].

Період стійкості і подача відповідно: $T = 45$ мин; $D = 20$ мм; $k_v = 1$; $C_v = 9,8$; $q = 0,4$; $y = 0,5$; $m = 0,2$;

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$v = \frac{9,8 \cdot 20^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,37^{0,5}} \cdot 1 = 25 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Число оборотів свердла визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 20} = 400 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Для визначення температури на ріжучих краяхках свердла, спочатку визначимо інтенсивність тепловиділення. Особливістю процесу свердління є неоднакове тепловиділення в різних точках кожної з різальних крайок інструменту. На будь-якій ділянці різальної крайки, в одиницю часу виділяється:

$$Q(x) = 0,039V(d) \cdot P_z(d) \quad (3.7)$$

де v - швидкість різання в м/хв;

P_z - тангенціальна складова сили різання в кГ;

Результати розрахунку наведені в таблиці 12.3. Розрахунок температури зробимо за такою формулою [19]:

$$\theta_{\max} = 27,6 \cdot \frac{Q_u \cdot \sqrt{\omega}}{\lambda \cdot b \cdot \sqrt{v \cdot (l_0 + l_1)}} \quad (3.8)$$

де Q_u - тепловиділення, кал/с;

ω - коефіцієнт теплопровідності ($\omega = 0,08 \text{ см}^2/\text{с}$);

λ - коефіцієнт теплопровідності ($0,096 \text{ кал}/\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}$);

b - ширина зрізу, мм

v - швидкість різання, м/мин

l_0 - ширина зрізаного шару, мм

l_1 - довжина контактної площадки, мм

Результати розрахунку наведені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Значення температури вздовж різальної крайки свердла

№ п/п	R/r	V , м/хв	Q , кал/с	$\theta^\circ \text{C}$
1	1	25	64	351
2	0,8	22,8	58	333
3	0,6	20,3	52	316
4	0,4	17,3	42	297
5	0,2	13	41	312
6	0,183	12	43	330

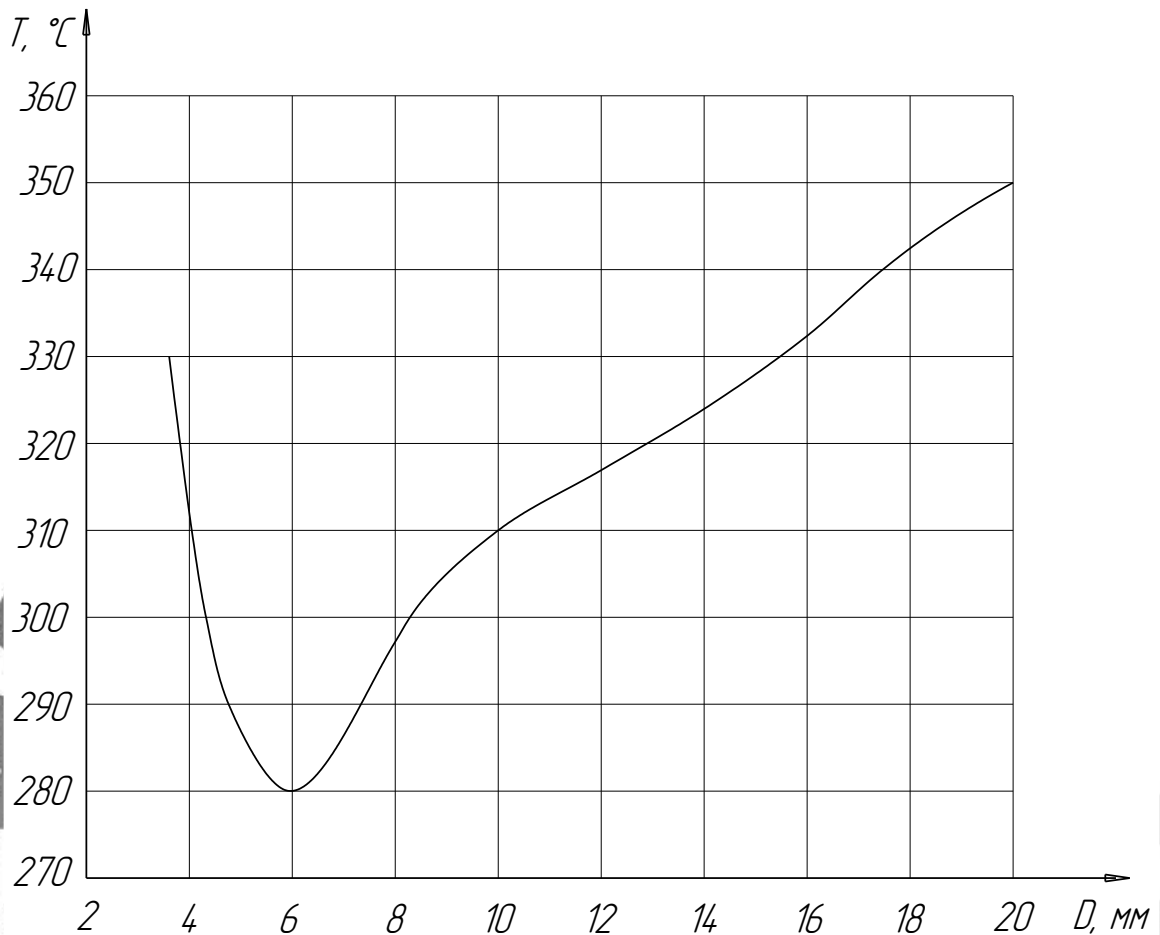


Рисунок 3.4 – Графік зміни температури уздовж ріжучої кромки свердла

За отриманими даними побудуємо графік зміни температури ріжучої кромки свердла (рис. 3.4). Максимальний нагрів відзначений на відстані 0,8 - 0,9 діаметра свердла від його осі. Потім темп зростання температури знижується. Температура найбільш віддаленої від осі точки контакту, як правило нижче максимальної. Такий розподіл температури уздовж ріжучої кромки є результатом спільного впливу підведення тепла до даної точки контакту інструменту з деталлю і відведення його в масу деталі. У перетинах, розташованих близько до осі, темп зниження температури в міру віддалення точок від леза свердла помітно падає, що пояснюється несприятливими умовами утворення стружки в області поперечної кромки, яке викликає додаткове тертя при заповненні стружкової канавки в міру віддалення від ріжучої кромки.

Температура на поперечній кромці становить 60 - 80% від максимального значення. Зі збільшенням подачі S і особливо зі збільшенням швидкості V темп наростання температури на периферійних ділянках виявляється вищою, ніж у поперечній кромки, тут позначається вплив тепловідводу в серцевину свердла.

3.2 Висновки

В результаті науково-дослідної роботи був отриманий графік залежності зміни температури різання уздовж ріжучої кромки (при видаленні від центру до номінальному діаметру свердла).



**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона здоров'я трудящих, забезпечення безпеки в процесі праці, ліквідація профзахворювань і виробничих травм - основні завдання охорони праці на підприємствах. Виробничий травматизм і профзахворювання - це складні явища, зумовлені дією на людину в процесі його трудової діяльності небезпечних і шкідливих факторів.

4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Секція проміжної ступені»

Для відображення інформації в цьому пункті проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху №1 підприємства ПАТ «Сумський завод Насосенерго-маш», де виготовляється деталь «Секція проміжної ступені» ДС Н17.04.108.01.

Даний аналіз проводимо з використанням нормативних правових актів, до яких відносяться:

- Стандарти системи безпеки (ССБТ);
- Будівельні норми і правила (БНіП);
- Санітарні норми і правила (СанПіН);
- Міжгалузеві правила з охорони праці;
- Галузеві правила з охорони праці;
- Міжгалузеві та галузеві організаційно-методичні документи (положення, методичні вказівки, рекомендації);
- Типові галузеві інструкції з охорони праці;
- Інструкції з безпеки.

Технологічний процес обробки деталі «Секція проміжної ступені» здійснюється на ділянці, розміщеній в механічному цеху, зібраному з типових секцій з сіткою колон 18x6 м і висотою 7,2 м.

У технологічному процесі обробки деталей задіяні наступні верстати та обладнання:

- Токарні верстати з ЧПК;
- Свердлильні верстати з ЧПК;
- Багатоцільові верстати з ЧПК;
- Термічна піч;

Тип виробництва - малосерійний. Устаткування розставлено по груповому принципу.

Транспортування заготовок зі складу в механічний цех здійснюється на електрокарах вантажопідйомністю $Q = 1$ т. Розвантаження заготовок проводиться за допомогою кран-балки вантажопідйомністю $Q = 1$ т.

Для транспортування і зберігання деталей, заготовок і відходів виробництва використовується тара-контейнери, виготовлені відповідно до ГОСТ 14861-91. Згідно ГОСТу контейнери використовуються для заготовок і деталей: Тара-1-100-80-50-100М.

Передача заготовок по ходу технологічного процесу здійснюється в контейнерах за допомогою кран-балки $Q = 1$ т, або мостових кранів $Q = 5$ т.

Встановлення заготовок на верстатах при обробці на токарних, координатно-розточувальних верстатах проводиться в стандартних пристосуваннях - 3-х кулачкових патронах і лещатах відповідно. Крім того на координатно-розточній і багатоцільовій операції, застосовуються для установки і закріплення заготовок спеціальні пристосування з гідроприводом, що працюють при тиску в мережі 0,4 МПа. При установці заготовок в пристосування застосовується кран-балка вантажопідйомністю $Q = 1$ т. Ця ж кран-балка застосовується для установки пристосувань на верстаті. Маса пристосування на операції до 300 кг. На контрольній операції використовується спеціальне пристосування масою 250 кг встановлення якого також здійснюється за допомогою кран-балки.

Ріжучий інструмент застосовується в основному стандартний, але є й спеціальні різці, використовувані на токарних і розточувальних операціях. На токарних операціях інструмент робить зворотно-поступальний рух, а при фрезеруванні - обертальний рух. При контролі на робочому місці і столі ОТК в якості вимірювального інструменту застосовується стандартний - шкальний і граничний інструмент.

В якості МОР при обробці заготовок на ділянці використовується 5% розтвор «Аквол-2» (ТУ 38.10 / 932-82). До її складу входять ПАР з додаванням мінеральних масел та інгібіторів корозії. Дана МОР має малу токсичність, не володіє дратівливою дією і не є активним джерелом забруднення повітря. МОР відноситься до 4-го класу небезпеки.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої тяжкості, категорія 2-б. Категорія зорових робіт по СНіП 11-4-85 від малої, середньої точності на чорнових операціях, до високої точності на чистових і контрольних операціях.

При обробці деталей, матеріалом яких є в'язка сталь, утворюється зливна стружка на токарних операціях і елементна стружка при фрезеруванні. На чорнових операціях при обробці по шкірці утворюється пил від окалини з розмірами частинок від 2 до 60 мкм. На робочому місці стружка забирається з обладнання за допомогою гачка і шляхом змитання за допомогою щіток. Навколо устаткування і робочого місця стружка забирається допоміжними робітниками в контейнери, які потім транспортуються у відведене місце в цеху для подальшого вивезення.

Освітлення виробничого приміщення здійснюється природним і штучним світлом. Природне освітлення проводиться за комбінованою схемою: через світлові прорізи в бічних стінах і в світлоаераційних ліхтарях. Загальне штучне освітлення здійснюється світильниками з лампами денного світла, застосування яких дозволено СНіП 11-4-85. Для місцевого освітлення застосовуються світильники, встановлені безпосередньо на робочому місці.

Для вентиляції повітря використовується загальнообмінна припливно-втяжна вентиляція, яка дозволяє забезпечити оптимальні кліматичні умови роботи на ділянці.

Для опалення приміщення використовується водяна система з опалювальними панелями і автоматичним регулюванням у поєднанні з системою кондиціонування повітря.

За пожежною небезпекою приміщення проекрованої ділянки відноситься до категорії «Д», тобто в приміщенні використовуються негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Устаткування підключається до електричної мережі з трифазним струмом напругою 380 В і частотою 50 Гц.

Аналіз виробничої ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

- 1) можливість контакту з рухомими частинами обладнання (пересуваються столом, супортом, обертовим інструментальним магазином);
- 2) можливість контакту з рухомих технологічних транспортів;
- 3) можливість падіння заготовки при установці і знятті її з верстата в результаті відсутності схеми стропування;
- 4) можливість появи небезпечної зони при транспортуванні тари, пов'язана з відсутністю маршруту переміщення або його порушенням;
- 5) руйнування конструкцій інструменту, в результаті перевищення навантажень гранично допустимих значень;
- 6) розкріплення деталі в пристосуванні з пневмоприводом під час її обслуговування на координатно-розточувальні верстати з ЧПУ через раптове припинення підведення повітря (при відмові компресора).
- 7) замикання електричного кола на металеві неструмоведучих частини обладнання в результаті порушення цілісності ізоляції струмоведучих частей;
- 8) недостатня освітленість робочого місця при обробці поверхонь;

9) контакт робітника, при виконанні технологічних операцій (контроль, встановлення та зняття деталі), з гострими крайками, заусенцями на по-верхностях заготовок;

10) контакту робочого, при виконанні технологічних операцій (під час механічної обробки) з вилітає стружкою, утвореної в процесі різання;

11) контакту робочого, при виконанні технологічних операцій (контроль, встановлення та зняття деталі), з поверхнями обладнання, заготовок, інструментів, що мають підвищену температуру в результаті виділення тепла при різанні і при терті контактуючих поверхонь;

12) підвищений сумарний рівень шуму при спільній роботі устаткування;

13) підвищення вібрації обладнання з причини переривчастих про-цесів різання;

14) запиленість і загазованість повітря робочої зони пилом і парами речовин, що утворюються при випаровуванні МОР

Визначимо мікроклімат в робочому приміщенні (на ділянці), що є необхідною умовою високопродуктивної праці здоровя працюючих. Для цього заповнимо таблицю 4.1. Дані для таблиці були взяті зі звіту по переддипломній практиці на підприємстві де виготовляється дана деталь в зимовий період.

Таблиця 4.1 – Порівняння параметрів мікроклімату на ділянці з нормативними

Параметр	Фактичне значення	Нормативна величина ГОСТ 12.1.012-90, СН 245-71
1 Температура, °С	+12	+18...+24
2 Відносна вологість, %	60-70	40-60 (не більше 80)
3 Швидкість руху повітря, м/с	0,2	0,1-0,3

Продовження таблиці 4.1

4 Інтенсивність теплового опромінення, $Вт / м^2$	15	не більше 35
---	----	--------------

5 Температура огорожуваних конструкцій (стіни, підлоги, стелі), а також технологічного обладнання, °С	+10	+15...+19
---	-----	-----------



Рисунок 1.1 – План цеха

Проведемо аналіз небезпечних і шкідливих факторів на одній з ділянок виготовлення даної деталі - «Секція проміжної ступені» у вигляді таблиці. Аналіз проводимо для ділянки багатоцільових верстатів як одного з найнебезпечніших, де проходить обробку на одній з операцій дана деталь.

Можливі небезпечні та шкідливі виробничі фактори на даній ділянці обробки металів різанням представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на ділянці обробки металів різанням

Цех (ділянка, робоче місце)	Опасные и вредные факторы
Робоче місце оператора багатоцільового верстата	- бій шпинделя
	- розбризкування МОР
	- розкидання стружки
	- зливна стружка

Продовження таблиці 4.2

	- поломка інструменту (гостра кромка)
	- заусенці після фрезеровки
	- -вириг заготовки
	- вириг інструменту
	- вібрація при обробці
	- не до кінця закріплена заготовка
	- випари МОР
	- високі температури при обробці

Аналіз відповідності технологічного процесу вимогам безпеки.

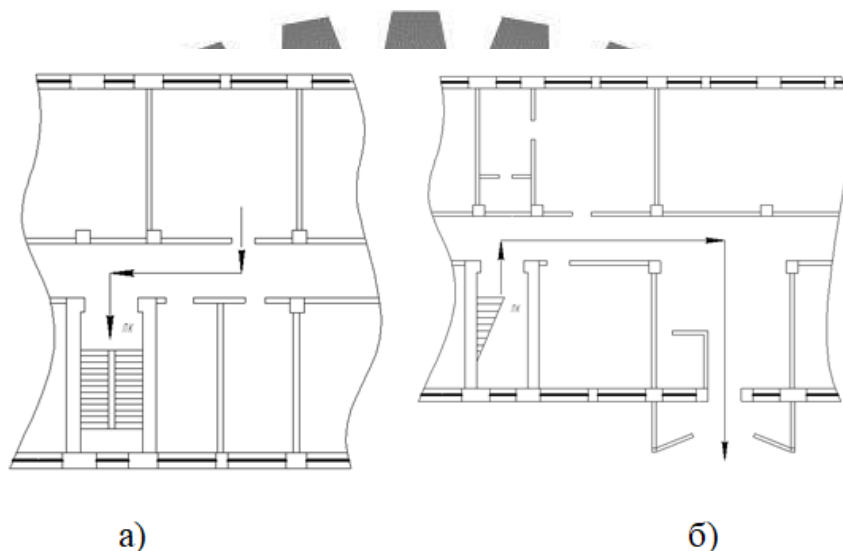
Оцінка технологічного процесу на предмет відповідності вимогам представлена в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Оцінка відповідності технологічного процесу вимогам безпеки

Зміст вимог нормативного документа	Нормативний документ	Відповідність технологічного процесу	
		Так	Ні
Режими технологічних процесів повинні забезпечувати:	ГОСТ 12.3.025-80		
- установка заготовок, що обробляються, і зняття готових деталей поза зоною обробки		+	
- установка переносних огорожень, знаків безпеки при обробці різанням заготовок, що виходять за межі обладнання		+	
- попередження зіткнення рук верстатників з рухомими пристосуваннями та інструментів		+	
- прибирання стружки (відходи виробництва) з робочих місць механізованим способом, що виключає пилоутворення			+
- контроль розмірів заготовок, що обробляються, проводити автоматично без знімання деталей		+	

Продовження таблиці 4.3

- контроль на верстатах і з'їм деталей для контролю виробляти при виключинних механізмах обертання і руху		+	
---	--	---	--



Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
Верстатів та інструментів

Рисунок 1.2 – Схема вимушеної евакуації людей:
а) – 2-й поверх; б) 1-й поверх

Пожежі на промислових підприємствах виникають у більшості випадків від несправностей технологічного обладнання, електроустаткування, контрольно-вимірювальних та захисних приладів, необережного поводження з вогнем та порушення правил пожежної безпеки обслуговуючим персоналом.

Імовірність виникнення пожежі або вибуху протягом року не повинна перевищувати 10 у -6 ступені. Для запобігання та успішної боротьби з пожежами необхідно мати привопожарні засоби в робочому стані, своєчасно іформувати про несправності приладів, знати пожежонебезпечні властивості вживаних речовин і матеріалів, уміти оцінювати пожежну небезпечність речовин , і процесів, правильно вибирати ефективні засоби запобігання та захисту від пожеж та вибухів.

4.2 Розрахунок звукоізоляції

Звукоізоляція - це здатність огорожувальних конструкцій відбивати і послабляти звукову енергію, що падає на них. Звукоізолююча здатність конструкцій (стіни, перекриття, загородки, кожуха) тим більша, чим більша її поверхнева густина, тобто маса її 1 м. Саме тому ці конструкції виготовляють з металу, товстого скла, залізобетону, цегли. На рис. 4.1 показані схематично джерела шуму (ДШ) і засоби звукоізоляції на промисловому підприємстві та можливі шляхи розповсюдження шуму з одного приміщення в інше.

Для звукопоглинання використовують здатність пористих матеріалів, таких як шлаковата, повсть, пінополіуретан, поглинати енергію звукових хвиль. Облицювання внутрішніх поверхонь приміщень чи кожухів машин зменшує рівень шуму на 6 -8 дБ і більше. Крім названих матеріалів застосовують також перфоровані екрани, об'ємні підвісні поглиначі, драпірування стін тканинами тощо.

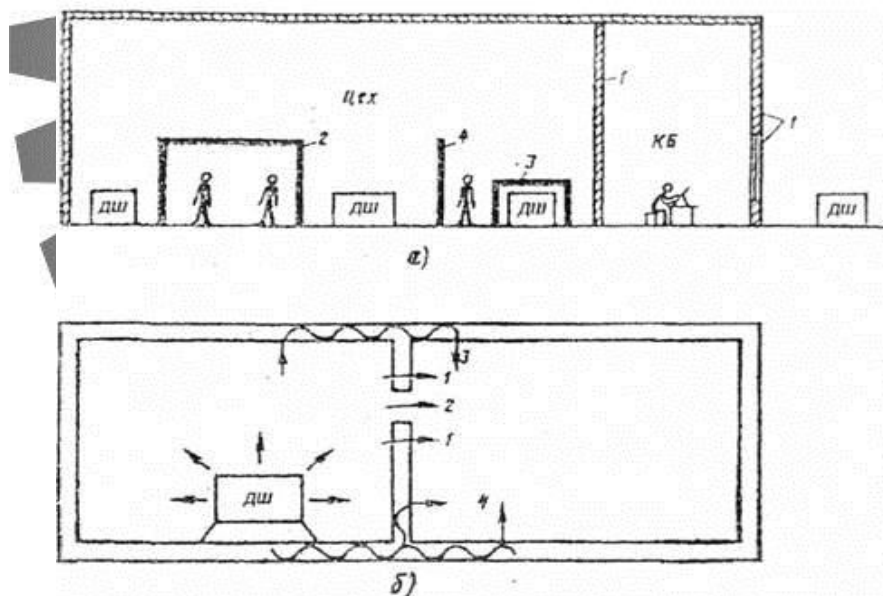


Рисунок. 4.1 - Засоби звукоізоляції на промисловому підприємстві (а) та шляхи розповсюдження шуму з одного приміщення в інше (б): а) 1 — звукоізолюючі огорожі; 2 - звукоізолюючі кабінки; 3 - звукоізолюючі кожухи; 4 — акустичні екрани; б) 1 - пряме проникнення шуму через огорожі; 2 - пряме проникнення

шуму через будь-який отвір в огорожі; 3 — шлях непрямої передачі шуму через огорожу; 4 - передача структурного шуму від джерела вібрації через підвалини, покриття, перегородку

У виробничому приміщенні цеху планується зробити звукобірне облицювання стін і стелі. Площа стін - $S_{\text{стін}}$, площа стелі - $S_{\text{стелі}}$, площа підлоги - $S_{\text{підл}}$. Середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні до облицювання дорівнює 0,1. Коефіцієнт звукопоглинання використаного облицювання - 0,9. Визначити зниження шуму після використання облицювання.

Вихідні дані:

$$S_{\text{стін}} = 864 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{стелі}} = 705 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{підл}} = 705 \text{ м}^2;$$

$$\alpha_1 = 0,1;$$

$$\alpha_2 = 0,9.$$

Рішення

Розрахунок проводимо відповідно до методики [17]

Знайдемо зниження шуму після використання облицювання:

$$\Delta L_{\text{обл}} = 10 \lg \frac{B_2}{B_1} \quad (4.1)$$

де: B_1 - постійна приміщення до облицювання;

B_2 - постійна приміщення після облицювання;

$$B_1 = \frac{A_1}{1 - \alpha_1} ; \quad B_2 = \frac{A_2}{1 - \alpha_2} , \quad (4.2)$$

де α_1 - середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні до облицювання, що дорівнює 0,1;

α_2 - середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні після облицювання, що дорівнює 0,9;

A_1 – еквівалентна площа приміщення до облицювання;

A_2 – еквівалентна площа приміщення після облицювання;

$$A_1 = \alpha_1 \times S_{\text{прим}} , \quad (4.3)$$

$$S_{\text{прим}} = S_{\text{ст}} + S_{\text{стелі}} + S_{\text{підл}} ; , \quad (4.4)$$

$$S_{\text{прим}} = 864 + 705 + 705 = 2274 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$A_1 = 0,1 \times 2274 = 227,4 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$B_1 = \frac{227,4}{1 - 0,1} = 252,6 ;$$

$$A_2 = A_1 + \Delta A , \quad (4.5)$$

де ΔA - додаткова площа поглинання, м²

$$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} \times S_{\text{обл}} ; , \quad (4.6)$$

$$S_{\text{обл}} = S_{\text{стін}} + S_{\text{стелі}} ; , \quad (4.7)$$

$$S_{\text{обл}} = 864 + 705 = 1569 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$\Delta A = 0,9 \times 1569 = 1412,1 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$A_2 = 227,4 + 1412,1 = 1639,5 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$B_2 = \frac{1639,5}{1 - 0,9} = 16395 ;$$

$$\Delta L_{\text{обл}} = 101 \lg \frac{16395}{227,4} = 18,5 \text{ (дБА)}$$

Таким чином, після використання звукобивною облицювання отримали зниження шуму на 18,5 дБА.

На підставі цього можна зробити висновок, що використання звукопоглинальних матеріалів є ефективним заходом боротьби з зашумленим приміщенням і дотримання норм допустимого шуму в приміщенні, який складає 80дБА.

4.3 Висновки

Був проведений аналіз шкідливих та небезпечних факторів на ділянці з даною деталлю «Секція проміжної ступені» та підтвердженими методами їх використання. Провели розрахунок звукоізоляції, зрозуміли, що використання звукопоглинальних матеріалів є ефективним заходом боротьби в зашумленому приміщенні.



**Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів**

ВИСНОВКИ

Тема дипломного проекту – удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Секція проміжної ступені» ДС Н17.04.105.01, шляхом підвищення ефективності механічної обробки на операції токарна з ЧПК.

У ході виконання дипломного проекту було виконано наступний обсяг робіт.

При аналізі службового призначення були відображені основні технічні характеристики і призначення машини. Що стосується самої деталі, та був проведений аналіз усіх її поверхонь, а також функцій, виконуваних ними.

При аналізі технічних вимог ми описали властивості сталі 20X13, а також були проаналізували вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартом.

Був визначений тип виробництва - малосерійний - і визначена партія запуску $n = 15$ штук.

В якості заготовки була прийнята ковка на пресах, так як вона більш економічно вигідна, ніж вільна ковка.

Під час виконання роботи було проаналізовано заводський технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК.

Спроектовані верстатні пристосування для токарної операцій. Спроектовано контрольно-вимірвальне пристосування для контролю торцевого биття. Спроектовано механічний ділянку по виготовленню даної деталі. Також розроблений спеціальний ріжучий інструмент – цеківка спеціальна $\varnothing 42$ мм зі змінними непереточуваними пластинами. Виконана науково-дослідна частина, тема якої - «Визначення зміни температури різання уздовж ріжучої кромки свердла». Для даної роботи ця тема актуальна, тому що матеріал деталі «Секція проміжної ступені» високолегована корозійностійка сталь 20X13 ГОСТ 5632-88, яка погано обробляється різанням, особливо ускладнений процес свердління, тому важливо знати і вра-

ховувати при призначенні режимів різання зміна температури різання уздовж ріжучої кромки свердла. В результаті науково-дослідної роботи був отриманий графік залежності зміни температури різання уздовж ріжучої кромки (при видавленні від центру до номінальному діаметру свердла).

Також виконано комплект технологічної документації.



СПИСОК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ

1. **Захаркин А.У.** Методические указания для практических работ по курсам «Теоретические основы изготовления деталей и сборки машин» и «Технология машиностроения» для студентов направления 0902 «Инженерная механика» всех форм обучения [Текст] : А. У. Захаркин, В. Г. Евтухов. - Сумы изд. СумДУ 2004. – 75 с.
2. **Горбачевич А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : [учеб. пособие для машиностроит. спец.] / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. - Мн.: Выш. Школа, 1983. - 256 с.
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски [Текст]. – Введ. 1990-01-07. – Москва. : Изд-во стандартов, 1990. – 55 с.
4. **Косилова А. Г.** Справочник технолога-машиностроителя [Текст] : в 2 т. / А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1985. – 2 т. – 656 с.
5. **Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 /М.: Экономика, 1990. - 472 с.**
6. **Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, [Текст] : в 2 ч. Ч. 1 /М.: Экономика, 1989. - 402 с .**
7. **Горошкин А. К.** Приспособления для металлорежущих станков [Текст] : А. К. Горошкин. – М: Машиностроение, 1979. – 302 с.
8. **Колев Н. С.** Металлорежущие станки [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Колев Н. С., Красниченко Л. В., Никулин Н. С. -М.: Машиностроение, 1980. - 500 с.
9. **Кушніров П. В.** Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка” [Текст] : П. В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – 52 с.
10. **Гжиров Р. И.** Краткий справочник конструктора [Текст] : Р. И. Гжиров. - Л: Машиностроение, 1984. – 464 с.

11. **Дунаев И. М.** Организация проектирования системы технического контроля [Текст] : Дунаев И. М., Скворцов Т. П., Чутырин В. Н. - М: Машиностроение, 1981. – 191 с.

12. **Штейнберг Б. И.** Справочник молодого инженера конструктора [Текст] : Б. И. Штейнберг, Б. М. Брайнман. – Киев: Техника, 1983. – 184 с.

13. **Цейтлин Я. М.** Нормальные условия измерения в машиностроении [Текст] : Я. М. Цейтлин. – Л.: Машиностроение, 1981. – 224 с.

14. **Євтухов В. Г.** Методичні вказівки до практичної роботи "Вибір засобів вимірювання та його обґрунтування" з дисципліни "Основи конструювання контрольно-вимірювальних пристроїв" для студентів спеціальності 7.090202 та 8.090202 "Технологія машинобудування" денної та заочної форм навчання [Текст] : / В. Г. Євтухов. – Суми, Вид-во СумДУ, 2008. – 20 с.

15. **Чумаков Г. С.** Методические указания к выполнению контрольной работы по курсу "Проектирование контрольно-измерительных приспособлений" для студентов специальностей 12.01 "Технология машиностроения" [Текст] : / Г. С. Чумаков. – Харьков, ХПИ, 1990. – 56 с.

16. **Кузнецов Ю. И.** Оснастка для станков с ЧПУ [Текст] : Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. - М: Машиностроение, 1990. – 512 с.

17. **Юдин Е. Я.** Охрана в машиностроении [Текст] : Юдин Е. Я., Белов С. В., Баланцев С. К.— М: Машиностроение, 1983. – 432 с.

18. **Ансеров М. А.** Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции [Текст] : М. А. Ансеров. – М: Машиностроение, 1964. – 428 с.

19. **Бабаков А. А.** Нержавеющие стали. Свойства, обрабатываемость и химическая стойкость в различных агрессивных средах [Текст] : А. А. Бабаков. – М: Госхимиздат, 1956. – 328 с.

20. **Евтухов В. Г.** Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектов [Текст] : Евтухов В. Г., Захаркин А. У., Евтухов А. В. – Сумы изд. СумДУ 2007. - 52 с.