

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ  
«Сумський державний університет»**

---

*Факультет технічних систем та енергоефективних технологій*  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

---

*Кафедра технології машинобудування верстатів та інструментів*  
(повна назва кафедри, (предметної, циклової комісії))

---

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

---

*другий (магістерський)*  
(освітній рівень)

---

на тему *«Удосконалення технологічного процесу виготовлення кришки  
підшипника 17.126.21.23-06.07 шляхом інтенсифікації операції  
контролю торцевого биття»*

---

Виконав: студент II курсу, групи ТМм-11  
спеціальності:

*131 «Прикладна механіка»*  
(шифр і назва спеціальності)

---

*освітньої програми:*

*«Технології машинобудування»*  
(назва освітньої програми)

---

*Ілля ТВЕРЕЗОВСЬКИЙ*  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

---

Керівники *Іван ДЕГТЯРЬОВ*

---

*Бартош ГАПІНСЬКИ*  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

---

Рецензент *Вячеслав ТАРЕЛЬНИК*  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

---

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ**  
**«Сумський державний університет»**

<i>Інститут, факультет</i>	<i>технічних систем та енергоефективних технологій</i>
<i>Кафедра</i>	<i>технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
<i>Освітньо-науковий рівень</i>	<i>другий (магістерський)</i>
<i>Спеціальність</i>	<i>131 «Прикладна механіка»</i> <i>(шифр і назва)</i>
<i>Освітня програма</i>	<i>«Технології машинобудування»</i> <i>(шифр і назва)</i>

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

«    » грудня 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ**

***Тверезовський Ілля Сергійович***

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу виготовлення кришки підшипника 17.126.21.23-06.07 шляхом інтенсифікації операції контролю торцевого биття

керівники проекту *Дегтярьов Іван Михайлович, к.т.н. ст. викладач проф., проф. Ph.D., Бартош Гапінські, Познанський технологічний університет, Факультет механічної інженерії, Польща*

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «10» листопада 2022 року №1049-VI

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «17» грудня 2022 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) \_\_\_\_\_

- Креслення деталі «Кришка підшипника».

- Типовий технологічний процес виготовлення деталі кришка підшипника.

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

1. Виконати аналіз службового призначення деталі та технології її оброблення.

2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі.

3. Розробити конструкцію контрольного пристрою та виконати його дослідження.

---

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

---

5. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання «25» вересня 2022 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.09.2022	Виконано
2	1. Виконати аналіз службового призначення деталі та технології її оброблення.	10.09.2022	Виконано
3	2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі.	15.10.2022	Виконано
4	3. Розробити конструкцію контрольного пристрою та виконати його дослідження.	27.11.2022	Виконано
5	4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	03.12.2022	Виконано
6	Висновки.	11.12.2022	Виконано
7	Оформлення роботи.	12.12.2022	Виконано
8	Оформлення слайдів у форматі Power Point	14.12.2022	Виконано

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Ілля ТВЕРЕЗОВСЬКИЙ**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівники роботи (проєкту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Іван ДЕГТЯРЬОВ**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Бартош ГАПІНСЬКИ**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**МІНСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Сумський державний університет  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

« \_\_\_\_ » грудня 2022 р.

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
ВИГОТОВЛЕННЯ КРИШКИ ПІДШИПНИКА 17.126.21.23-06.07  
ШЛЯХОМ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОПЕРАЦІЇ КОНТРОЛЮ  
ТОРЦЕВОГО БИТТЯ**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра  
Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»  
Освітня програма- «Технології машинобудування»

Студент

Ілля ТВЕРЕЗОВСЬКИЙ

Керівники

Іван ДЕГТЯРЬОВ

Бартош ГАПІНСЬКИ

Консультант з охорони праці  
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Віра ФАЛЬКО

Нормоконтроль

Олександр ІВЧЕНКО

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка виконана на 117 сторінках, включає 22 рисунки, 17 таблиць, бібліографії із 36 джерел.

Сучасне машинобудівне виробництво характеризується багатоміжклатурністю виробів і нестабільністю обсягів випуску продукції тому необхідно для збереження конкурентоздатності підприємства максимально знижувати собівартість виготовлення продукції. Впровадження будь-якого контрольного пристрою у виробничий процес повинно бути обґрунтовано за критеріями досягнення необхідної точності та швидкості контролю, а отже розроблення і чисельне моделювання конструкції контрольного пристрою являє актуальну наукову й практичну задачу.

**Метою дослідження** є удосконалення виготовлення кришки підшипника 17.126.21.23-06.07 шляхом інтенсифікації операції контролю торцевого биття.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення кришки підшипника.

**Предмет дослідження** – контрольний пристрій для визначення торцевого биття кришки підшипника.

**Методи дослідження.** Робота виконана з використанням сучасних положень технології машинобудування та проектування прогресивних технологічних процесів із використанням верстатів із ЧПК, різальних інструментів зі змінними непереточувними пластинами, а також прогресивного технологічного оснащення. У для реалізації завдань графічної частини кваліфікаційної роботи використовувалось програмне середовище Autodesk Inventor, а для дослідження конструкції контрольного пристрою пакет ANSYS.

**Наукова новизна:** удосконалена методика проведення дослідження компонентування контрольних-вимірювальних пристроїв на прикладі обробки деталі «Кришка підшипника» з метою визначення оптимальних параметрів елементів контрольного пристрою на операції контролю торцевого биття, при яких забезпечується необхідна точність вимірювання биття та жорсткість пристрою.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КРИШКА ПІДШИПНИКА, ОПТИМІЗАЦІЯ, КОНТРОЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, РЕЖИМ РІЗАННЯ

## ABSTRACT

The explanatory note was made on 117 pages, includes 22 figures, 17 tables, bibliographies from 36 sources.

Modern machine-building production is characterized by a wide range of products and the instability of production volumes, so it is necessary to reduce the cost of manufacturing products as much as possible in order to preserve the competitiveness of the enterprise. The introduction of any control device into the production process must be justified by the criteria of achieving the necessary accuracy and speed of control, and therefore the development and numerical modeling of the design of the control device is an actual scientific and practical task.

**The purpose of the study** is improvement of the production of the bearing cover 17.126.21.23-06.07 by intensifying the end runout control operation.

**The object of research** is the technological process of manufacturing bearing covers.

**The subject of research** is a control device for determining the end runout of the bearing cover.

**Research methods.** The work was performed using modern provisions of machine-building technology and the design of advanced technological processes using CNC machine tools, cutting tools with replaceable non-sharpening plates, as well as advanced technological equipment. The Autodesk Inventor software environment was used to implement the tasks of the graphic part of the qualification work, and the ANSYS package was used to study the design of the control device.

**Scientific novelty:** an improved method of conducting a study of the layout of control and measuring devices on the example of the processing of the "Bearing cover" detail in order to determine the optimal parameters of the elements of the control device for end runout control operations, which ensure the necessary accuracy of runout measurement and the rigidity of the device.

TECHNOLOGICAL PROCESS, BEARING COVER, OPTIMIZATION,  
CONTROL DEVICE, CUTTING CONDITIONS

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....</b>	<b>6</b>
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей та умов експлуатації.....	6
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення .....	12
1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва .....	17
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі .....	18
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі .....	21
1.6 Висновок та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі .....	24
<b>РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....</b>	<b>26</b>
2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального .	26
2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки .....	27
2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання .....	31
2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки .....	34
2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів .....	36
2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів.....	38
2.7 Визначення режимів різання та технічне нормування операцій.....	39
2.9 Проектування засобів технологічного оснащення .....	41
2.10 Техніко-економічне обґрунтування запропонованого технологічного процесу .....	67
2.11 Висновок .....	74
<b>РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ.....</b>	<b>75</b>
3.1. Важливість контрольно-вимірювальних пристроїв у виробництві .....	75

3.2 Теоретичне обґрунтування вибраного методу дослідження .....	79
3.3 Розроблення 3D – моделі контрольно-вимірювального пристрою та його модальний аналіз .....	81
3.4 Висновки .....	86
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	88
4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Кришка підшипника» .....	88
4.2 Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення .....	94
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	97
4.4 Висновки .....	99
ВИСНОВКИ.....	100
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	102
ДОДАТОК А КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ КРИШКА ПІДШИПНИКА.....	106
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА.....	107
ДОДАТОК В РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ .....	108
ДОДАТОК Г СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ .....	109
ДОДАТОК Д СПЕЦИФІКАЦІЯ НА КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ .....	111
ДОДАТОК Е КРЕСЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ.....	113
ДОДАТОК Ж КРЕСЛЕННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	114
ДОДАТОК К КРЕСЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ.....	115
ДОДАТОК Л КРЕСЛЕННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ.....	116
ДОДАТОК М СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ .....	117



## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасне машинобудівне виробництво характеризується багатомономенклатурністю виробів і нестабільністю обсягів випуску продукції. Машинобудування, що поставляє нову техніку у всі галузі народного господарства, визначає технічний прогрес країни і робить вирішальний вплив на створення матеріальної бази нового суспільства, тому необхідно для збереження конкурентоздатності підприємства максимально знижувати собівартість виготовлення продукції.

Контрольно-вимірні пристрої відіграють важливу роль у виробництві якісної та конкурентоспроможної продукції, особливо в умовах багатомономенклатурного виробництва, яке вимагає швидкого переоснащення при переході до контролю деталей іншої номенклатури. Проблемою контрольних пристроїв, що проектуються є надмірна їх металомісткість. Тому в останній час сучасні виробництва впроваджують контрольні пристрої, які забезпечують переналадження на контроль іншого типорозміру деталей і мають достатню жорсткість при мінімально можливій масі. Впровадження будь-якого контрольного пристрою у виробничий процес повинно бути обґрунтовано за критеріями досягнення необхідної точності контролю, що задана конструктором на кресленнях деталей, що можуть бути проконтрольовані у ньому, а отже це являє собою актуальну наукову й практичну задачу.

**Метою дослідження** є удосконалення виготовлення кришки підшипника 17.126.21.23-06.07 шляхом інтенсифікації операції контролю торцевого биття.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес виготовлення кришки підшипника.

**Предмет дослідження** – контрольний пристрій для визначення торцевого биття кришки підшипника.

**Методи дослідження.** Робота виконана з використанням сучасних положень технології машинобудування та проектування прогресивних технологічних процесів із використанням верстатів із ЧПК, різальних інструментів зі змінними непереточувними пластинами, а також прогресивного технологічного оснащення. У для реалізації завдань графічної частини кваліфікаційної роботи використовувалось

програмне середовище Autodesk Inventor, а для дослідження конструкції контрольного пристрою пакет ANSYS.

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КРИШКА ПІДШИПНИКА, ОПТИМІЗАЦІЯ, КОНТРОЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, РЕЖИМ РІЗАННЯ

**Наукова новизна:** удосконалена методика проведення дослідження компонування контрольно-вимірювального пристроїв на прикладі обробки деталі «Кришка підшипника» з метою визначення оптимальних параметрів елементів контрольного пристрою на операції контролю торцевого биття, при яких забезпечується необхідна точність вимірювання биття та жорсткість пристрою.

На основі досліджень модального аналізу конструкції контрольного пристрою виявлено оптимальні параметри кожного з елементів запропонованої конструкції контрольно-вимірювального пристрою для операції контролю торцевого биття.

**Практичне значення отриманих результатів** для машинобудівної галузі полягає в можливості застосування розробленого контрольно-вимірювального пристрою на операціях контролю торцевого биття деталей типу дисків, кришок, фланців.

**Апробація результатів кваліфікаційної роботи магістра.** Участь у VIII Всеукраїнській науково-технічній конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві».

**Публікації.** Тверезовський І. С. Системно-структурне моделювання операцій свердлильно-фрезерно-розточувальної групи на прикладі оброблення деталей типу кришки підшипника. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції: тези доповідей. : Сумський державний університет, 2021. С. 45.

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра.** Робота складається із вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 118 сторінок, у тому числі 22 рисунки, 17 таблиць, бібліографії із 31 джерела на п'яти сторінках.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

#### 1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла деталі. Опис конструктивних особливостей та умов експлуатації

Деталь кришка підшипника входить до конструкції одноступічастого черв'ячного редуктора Ч-63. Цей черв'ячний редуктор характеризується плавним ходом і безшумною роботою. Редуктор Ч-63 однаково добре працює як під постійним навантаженням, так і під змінним. Допускається робота в режимі реверсивного навантаження. Зручність конструкції полягає в тому, що односторонній вал можна легко перевстановити на іншу сторону. Ребра корпусу допомагають поліпшити тепловідвід [1].

Редуктор Ч-63 (рис. 1.1) призначений для збільшення крутного моменту і зменшення частоти обертання і використовується, як один з елементів в приводах машин і механізмів, різних типах пристроїв і обладнанні.



Рисунок 1.1 – Одноступічастий черв'ячний редуктор Ч-63

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики затвору редуктора Ч-63:

Назва параметру	Значення параметру
1. Тип передачі	черв'ячна
2. Кількість ступенів передачі	одноступінчаста
3. Розташування осей	перехресне
4. Передаточне відношення	8; 10; 12.5; 16; 20; 25; 31.5; 40; 50; 63; 80;
5. Номінальний крутний момент, Н·м	106÷200
6. Сумарна міжосьова відстань, мм	63
7. Маса, кг	16
8. ККД, %	60÷90

Черв'ячний одноступінчатий редуктор Ч складається з черв'яка і черв'ячного колеса, осі яких схрещені під кутом 90 °. Тихохідний вал редуктора з'єднується з черв'ячним колесом евольвентними шлицями. Центрування вала здійснюється по зовнішньому діаметру шлиців. Всі вали спираються на підшипники кочення. Регулювання підшипників швидкохідного і тихохідного валів здійснюється набором металевих прокладок, встановлених між кришками і корпусом. Для охолодження редукторів на черв'ячному валу встановлений відцентровий вентилятор, що складається з крильчатки і кожухів. Кожух кріпиться до корпусу редуктора двома болтами. Мاستило передачі картерної непроточна. Підшипники черв'яка і вала колеса в залежності від варіанту розташування черв'ячної пари змащуються або зануренням в масляну ванну, або розбризкуванням. Контроль рівня масла проводиться стрижневим мастиловказівника, одночасно виконує роль віддушини. Роль віддушини виконує пробка з перпендикулярними отворами, розташованими у верхній частині корпусу, через отвір, що закривається цієї пробкою, заливається масло. Отвір для гвинта в нижній частині редуктора служить для зливу масла.

У нероз'ємному корпусі, отлитом з алюмінієвого сплаву методом лиття під тиском, встановлені вузол черв'ячного вала і вузол черв'ячного колеса. Кришки служать корпусами підшипників тихохідного вала. Корпус закритий оребреною кришкою, відлитими з алюмінієвого сплаву. Паралельно осі вала колеса в корпусі

є чотири припливу з наскрізними отворами для кріплення лап шпильками. Однакову відстань між осями отворів дозволяє за допомогою одних і тих же лап міняти просторове положення редуктора відповідно до варіантів розташування черв'ячної пари.

Ці редуктори застосуються в приводах механізмів, що працюють в середньому або короткочасному режимі: конвеєри, елеватори, лебідки, різноманітні приводи.

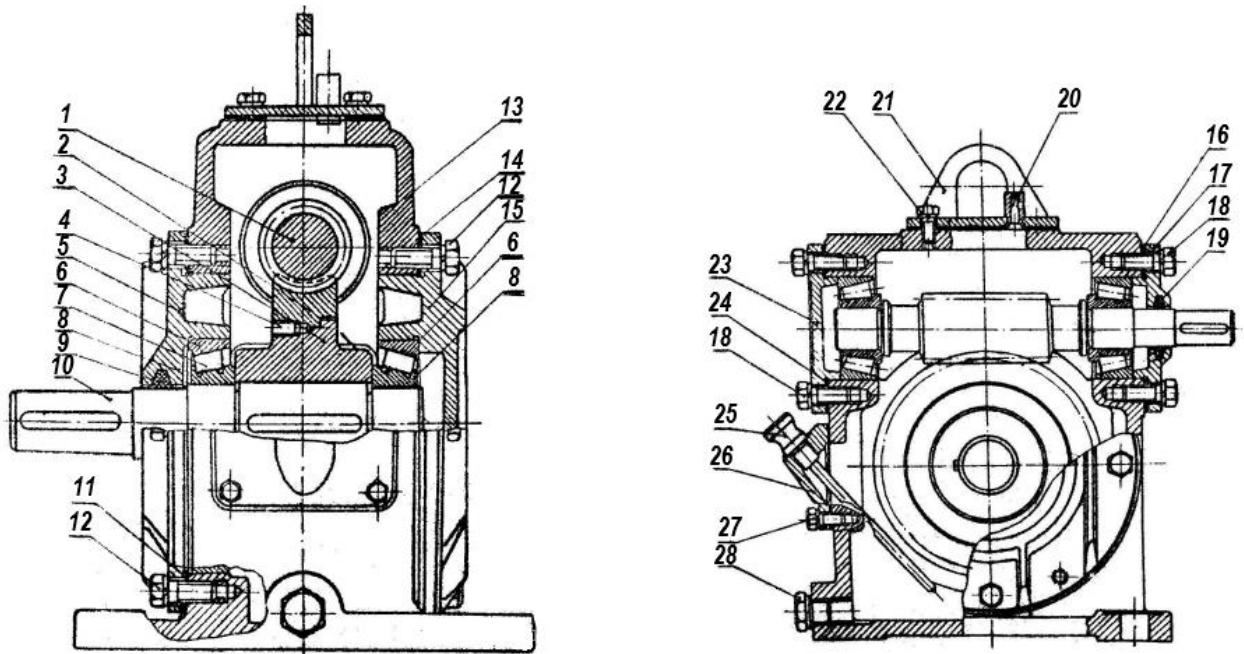


Рисунок 1.2 – Конструкція одноступічного черв'ячного редуктора Ч-63 з основними деталями:

1 – корпус; 2 – кришка підшипника; 3, 11, 12 – болти; 4 – швидкохідний вал; 5 – тихохідний вал; 6 – черв'ячне колесо; 7, 8 – конічні ролико-підшипники; 9 – накладна кришка; 10 – стакан; 13, 14 – манжети; 15 – гвинт; 16 – крильчатка; 17 – кожух крильчатки; 18 – пружинне кільце; 19 – маслопоказник; 20 – віддушину; 21 – пробка; 22 – лапи; 23, 24 – прокладки; 25 – ребра охолодження.

Черв'ячна передача складається з черв'яка, тобто гвинта з трапецеїдальною або схожою до неї різьбою, і черв'ячного колеса. В даному редукторі (рис. 1.2) черв'як розташований над колесом. Мастило зачеплення здійснюється зануренням колеса в масло. Черв'як 1 виконують зі сталі. Зазвичай бічні поверхні витків

черв'яка гартують до високої твердості, після чого шліфують або навіть полірують. Зі збільшенням чистоти поверхонь витків черв'яка підвищується стійкість черв'ячної пари проти заїдання. Черв'ячне колесо зазвичай виконують з ободом (вінцем) 2 з бронзи або латуні і, для економії кольорових металів, з чавунним центром 3. При роботі з малими окружними швидкостями черв'ячні колеса іноді цілком виготовляють з сірого чавуну. Бронзовий обід насаджений на чавунний центр з натягом. Згодом посадка може ослабнути, тому встик вінця і центру загвинчують гвинти 4, що служать шпонками. Після затяжки гвинтів головки їх зрубують урівень. Центр черв'ячного колеса 3 насаджений на вал 10 з посадкою, що забезпечує гарантований натяг.

Опори черв'яка і вала черв'ячного колеса виконані у вигляді радіально-упорних конічних роликотідшипників, що сприймають радіальну і осьову навантаження. Внутрішні кільця 8 підшипників на вал ставлять з натягом, щоб уникнути обкатування кільцем шийки вала, розвальцьовування посадочних поверхонь і контактної корозії. Зовнішні кільця 6 підшипника в корпусі ставлять по посадці з зазором (близько соті частки міліметра), що важливо для полегшення осьових переміщень кілець при монтажі, під час регулювання черв'ячного зачеплення і регулювання зазору в підшипниках.

При роботі редуктора в черв'ячному зачепленні виникає сила, яку можна розкласти на три складових у взаємно-перпендикулярних напрямках. Всі сили з обертових деталей передаються на нерухомий корпус через підшипники кочення, що зменшує втрати енергії на тертя. Центр колеса 3 (рис.1) торцем тисне на внутрішнє кільце підшипника 8, далі сила передається через ролики 7 на зовнішнє кільце 6, яке торцем тисне на кришку 5. Кришка передає силу  $P_1$  корпусу 13 через гвинти 12.

Ущільнення 9 і 19 ставлять в кришках, через які виходять кінці валів. Призначення ущільнень - виключити потрапляння бруду і пилу в підшипниках і в зачеплення через зазор між кришками і валом, а також запобігти витікання мастила з редуктора.

Найбільше застосування мають манжетні ущільнення. У редукторі на ущільнення виконані у вигляді кільця з технічного фетру, просоченого машинним маслом, фетрові кільця закладають в кільцевої паз кришок, що має в перетині форму трапеції. Така форма паза забезпечує краще обтиснення вала фетровим кільцем.

Корпус редуктора 13 виконаний з чавуну. Конструкція корпусу повинна забезпечувати установку в нього зібраних вузлів черв'яка і черв'ячного колеса, а також можливість регулювання зачеплення.

У редукторі Ч-63 корпус нероз'ємний. Для монтажу колеса (з валом і підшипниками) з боків корпусу зроблені отвори з діаметром, великим діаметру черв'ячного колеса. Отвори закриті кришками 5 і 15.

Корпус одночасно служить і резервуаром для змащення зачеплення. Для контролю рівня мастила є маслоуказатель (щуп) 25. Пробка 28 призначена для зливу масла. Кришка 21 закриває оглядовий люк, через який можна спостерігати пляму контакту зубів черв'яка і колеса при регулюванні правильності зачеплення.

При роботі редуктора повітря на внутрішній його порожнині нагрівається і розширюється. Для виходу надлишку повітря з редуктора в атмосферу у втулці 20 на кришці люка для масла 21 передбачені отвори.

Редуктори черв'ячні універсальні одноступінчасті Ч-63 приводи загального призначення, призначені для роботи в помірному кліматі (виконання У), з сухим і вологим тропічним кліматом (виконання Т) категорій розміщення 1, 2, 3, 4.

Службове призначення Кришки підшипника у виробі Редуктор черв'ячний Ч-63

Кришка підшипника – це деталь тіло обертання. Конструкція деталі являє собою взаємний перетин циліндричних і конічних поверхонь, так само є наскрізний отвір, розташований під прямим кутом до осі обертання деталі. На внутрішній циліндричній поверхні є канавка для ущільнення.

На торці зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 66$  мм є вісім отворів  $\varnothing 5$  мм, які призначені для кріплення кришки до корпусу редуктора. Центрування деталі

відбувається по циліндричній поверхні  $\varnothing 36$  мм і торцю  $\varnothing 66/\varnothing 36$  мм.

Звідси можна сказати, що кришка підшипника виконує роль опори при обертанні підшипника на валу редуктора.

Канавка  $\varnothing 36$  шириною 3,5 мм для ущільнення підшипникових вузлів служить для захисту підшипника від пилу, бруду, металевої стружки, тирси, вологи та інших сторонніх включень, а також від витоку з нього мастила. У разі застосування пластичного мастильного матеріалу ущільнення захищає підшипниковий вузол від попадання в нього масла з корпусу.

Звідси можна сказати, що кришка виконує роль опори при обертанні інших деталей в складальному вузлі. Також кришка підшипника може виконувати функцію для установки датчиків вібрації і температури.

При експлуатації черв'ячного редуктора деталь Кришка підшипника зазнає як постійні навантаження, так і змінні навантаження, що призводить до виникнення вібрацій.

Аналіз складального креслення редуктора дозволив встановити основні (ОКБ) і допоміжні (ДКБ) конструкторські бази Кришки підшипника.

ОКБ: 1, 3 – визначають положення Кришки підшипника щодо вузла в цілому. У таблицях 1.2 і 1.3 вказані матриця зв'язків і таблиця відповідностей для ОКБ;

ВКБ: 8, 11 – визначають положення Кришки підшипника в осьовому напрямку.

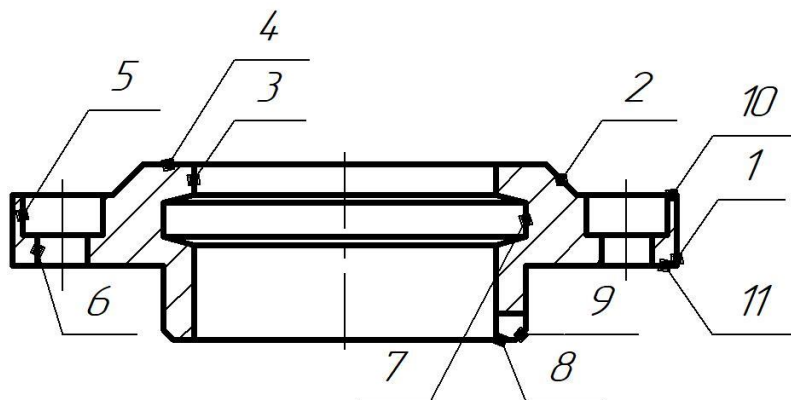


Рисунок 1.3 – Ескіз Кришки підшипника з нумерацією поверхонь



Поверхні 5 та 6 є отворами для з'єднання болтами Кришки підшипника до корпуса редуктора. Поверхня 7 призначена для установки ущільнення в Кришку підшипника. Поверхні 1, 8, 11 виконують функцію технологічних баз під час оброблення деталі. Поверхня 3 використовують в якості технологічної баз під час оброблення зовнішніх поверхонь деталі, а також для установки Кришки підшипника на вал редуктора. Поверхні 2, 4, 10 є вільними.

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків

	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Бази</b>
1	0	0	1	ВБ
$\alpha$	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
$\alpha$	0	0	0	

Таблиця 1.3 – Зв'язки, забезпечувані базами

<b>База</b>	<b>Забезпечені зв'язки</b>	<b>Позбавлені ступені волі</b>
ВБ	1,2,3	I, V, VI
ПОБ	4,5	II, III

## **1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення**

Показники технологічності поділяються на якісні і кількісні. До якісних показників відносяться наступні чинники:

- матеріал деталі;
- базування і закріплення;
- простановка розмірів;
- допуски форми і розташування;
- взаємозамінюваність;
- нетехнологічні конструктивні елементи.

До кількісних показників технологічності відносяться:

- коефіцієнт використання заготовки і матеріалу;
- коефіцієнт точності;
- коефіцієнт шорсткості;
- собівартість;
- коефіцієнт уніфікації.

Технологічною вважається та конструкція, обробка якої можлива з максимальною продуктивністю праці і мінімальною собівартістю.

Технічні вимоги на виготовлення деталі визначаються її службовим призначенням. В цілому оформлення креслення Кришки підшипника відповідає загальноприйнятим стандартам. На кресленні зображений один вид деталі в повздовжньому перерізі, що є цілком достатнім для тіл обертання. Додатково на кресленні вказаний вид збоку і два виносних елементи. Таким чином, креслення деталі Кришка підшипника містить всі необхідні види і розрізи, що дають однозначне уявлення про форму та розміри деталі.

Розміри і вимоги креслення охоплюють всі формотворчих поверхні з зазначенням допусків на виготовлення. Позначення посадок і шорсткостей виконані відповідно до вимог по оформленню креслень по ЄСКД.

Розстановка розмірів, їх допусків, точності форми і взаємного розташування поверхонь, шорсткості – вірна, і дає повне уявлення про конфігурацію розглянутої деталі.

Деталь являє собою тіло обертання  $l/d=18/66=0,27$  із ступінчастим наскрізним центральним отвором і 8 отворами  $\varnothing 5$  у фланці для кріплення кришки підшипника до корпусу редуктора.

Найбільш точними поверхнями деталі є зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 36g6$ , внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 30$ . Найбільш високу шорсткість мають циліндрична поверхня  $\varnothing 36g6$  – Ra 1,6 мкм, бічні поверхні канавки під ущільнення – Ra 1,6 мкм.

Наявність точної зовнішньої поверхні  $\varnothing 36g6$  з шорсткістю  $Ra = 1,6$  мкм поверхонь має передбачає використання операції, що забезпечує високу точність розміру, наприклад, шліфування або тонке точіння.

Щодо точності форми і розташування поверхонь, то, в даному випадку, пред'явлені жорсткі вимоги (допуск торцевого биття  $0,02$  мм) до взаємного розташування торця  $\varnothing 66/\varnothing 36$  щодо бази Б ( $\varnothing 36g6$ ) та допуск торцеве биття  $\varnothing 36/\varnothing 30$  та позиційний допуск ( $0,2$  мм) на вісім отворів  $\varnothing 5$  до бази Б ( $\varnothing 36g6$ ).

Отже, деталь Кришка підшипника відноситься до типу деталей – втулки.

Деталь Кришка підшипника представлена на рисунку 2.1.

Матеріал деталі – сірий чавун СЧ18-36 ДСТУ 1412-2012.

Призначення – для відповідальних виливків з товщиною стінок до  $20$  мм, що не мають поверхонь ковзання.

Хімічний склад і механічні властивості сталі представлені в таблиці 1.4 і таблиці 1.5 відповідно [3].

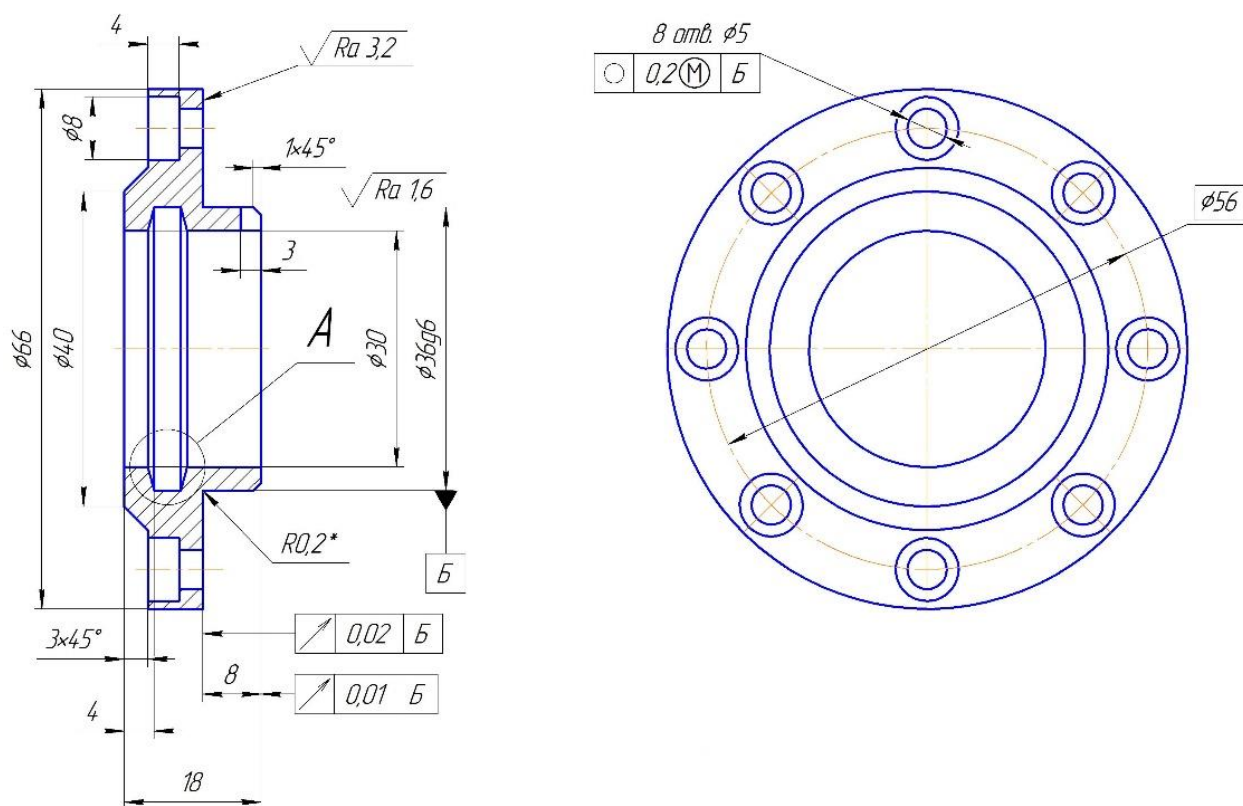


Рисунок 1.5 – Деталь «Кришка підшипника»

Таблиця 1.4 – Хімічний склад сірого чавуну СЧ18-36 ГОСТ 1412-70

Вуг- лець С, %	Кремній Si, %	Марганець Mn, %	Фосфор P, %	Сірка S, %	Хром Cr, %	Нікель Ni, %
3,1÷3,4	1,7÷2,1	0,8÷1,2	0,3	0,15	0,3	0,5

Таблиця 1.5 – Механічні властивості сірого чавуну СЧ18-36 ГОСТ 1412-70

Межа міцності, кгс/мм <sup>2</sup>		Стріла прогину (мм) при відс- тані між опорами, мм		НВ
на розтяг	при згинанні	600	300	
18	36	8	2,5	170-220

Значення тимчасового опору при розтягуванні і твердості в стінці виливки товщиною 15 мм наближено відповідають аналогічним значенням в стандартній заготовці діаметром 30 мм.

Сірий чавун відрізняється високими ливарними властивостями (для нього властива низька температура кристалізації, текучість в рідкому стані, мала усадка) і тому служить основним матеріалом для лиття. Він широко застосовується в машинобудуванні для відливання станин верстатів і механізмів, поршнів, циліндрів, втулок, маточин зубчастих коліс.

Робоче креслення має технологічну постановку розмірів, оскільки розміри проставлені без повторень, доступні для контролю, не затінують креслення і задовольняють вимогам ГОСТ 2.307.

Технічні вимоги над основним написом креслення деталі регламентують:

- 1) Н14, h14, ±IT14/2. Ця вимога регламентує точність розмірів для вільних поверхонь в межах 14 квалітету точності;
- 2) \* Розміри забезпечуються різальним інструментом.

Базування деталі можна здійснити практично на усіх поверхнях, тобто ця деталь технологічно доцільна для базування. В якості пристрою для закріплення заготовки використовується трьохкулачковий патрон, що самоцентрується.

На кресленні присутні допуски торцевого биття поверхні  $\varnothing 66/\varnothing 36$  відносно бази Б (циліндрична поверхня  $\varnothing 36g6$ ), що становить 0,02 мм та поверхні  $\varnothing 36/\varnothing 30$  відносно бази Б, допуск торцевого биття становить 0,01 мм. Виконання даних допусків дозволить точно розташувати Кришку підшипника в корпусі редуктора і точно збазувати деталь на валу. Недотримання вимоги призведе до перекосу та виникненню вібрацій, збільшення навантаження на підшипникові вузли з послідуочим розбиттям підшипників. Позиційний допуск (0,2 мм) на розташування восьми отворів  $\varnothing 5$  мм відносно бази Б. Допуски форми і розташування поверхонь вказані згідно ГОСТ 2.308 - \*. Усі допуски проставлені відносно однієї загальної бази Б (циліндрична поверхня  $\varnothing 36g6$ ).

Особливих вимог до твердості деталі немає, твердість сірого чавуну згідно стандарту НВ 170...220.

Шорсткість поверхонь забезпечуємо правильним підбором режимів різання, правильної геометрії інструменту, змащувально-охолоджувальною рідиною, а також жорсткістю технологічної системи (верстат, пристрій, інструмент, деталь). Найбільший вплив на висоту мікронерівностей має подача. Тому обрану подачу перевіряємо по можливості досягнення необхідної шорсткості поверхні. Найбільш точну шорсткість має зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 36g6$  – Ra 1,6 мкм. Недотримання вимог шорсткості тягне за собою похибку установки деталей, розміщених на валу.

Нетехнологічними елементами цієї деталі є:

- канавка для ущільнення з бічними сторонами  $15^\circ \pm 1^\circ$ ;
- отвори різного діаметру  $\varnothing 8$  та  $\varnothing 5$  на торці деталі;
- наявність фасок різного розміру.

В цілому ж креслення виконане з усіма вимогами ЄСКД, за винятком деяких неточностей зазначених вище. На кресленні досить видів і розрізів для подання форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри.

### 1.3 Характеристика типу виробництва та організаційної форми виробництва

Тип виробництва за ДСТУ 3.1108 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{з.о.}$ , який показує відношення всіх різних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць.

Визначення  $K_{з.о.}$  виконано на ЕОМ та результати наведені в додатку Б.

Так як у завданні вказано тип виробництва дрібносерійний, то вибираємо форму організації робіт – групову.

Ця форма організації робіт характерна для дрібносерійного і середнесерійного типів виробництва. Заготовки обробляються невеликими партіями, час обробки не погодили.

Особливості серійного виробництва обумовлюють економічну доцільність випуску продукції по циклічно повторюється графіком. При цьому виникають необхідні умови для встановлення суворого порядку чергування виробів в цехах, на виробничих ділянках і робочих місцях. Технологічне оснащення в основному універсальна. Великого поширення набули універсальні збірні переналагоджувані пристрої, що дозволяють істотно підвищити коефіцієнт оснащеності виробництва. Ріжучий інструмент: в основному стандартний, рідше – спеціальний.

Вимірвальний інструмент: в основному спеціальний, рідше – стандартний. Технічне нормування робіт ведеться за допомогою розрахунку. Технологічна документація детально розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації для простих заготовок. Для них використовується гарячий і холодний прокат, лиття, поковки і штампування. Необхідна точність досягається методами автоматичного отримання розмірів, рідше – методом пробних ходів і замірів [5].

Характеристика заданого типу виробництва представлена у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Характеристика типу виробництва

Показники	Тип виробництва
	Дрібносерійне
Номенклатура виробів	Обмежена
Характер випуску	Періодичний, серіями
Повторюваність виробництва	Місячна
Устаткування й оснащення	Універсальне і спеціальне
Кваліфікація робітників	Всі кваліфікації
Собівартість виробу	Не дуже висока
Розташування обладнання	По групах
Спеціалізація робочих	Обмежена

#### 1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Оцінка технологічності деталі «Кришка підшипника» за якісними показниками включає в себе:

Один із факторів, який значно впливає на характер технологічного процесу, є технологічність конструкції машини та її деталей. Технологічністю називають сукупність властивостей конструкції, які визначають можливість досягнення оптимальних матеріальних затрат при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості та умов виконання роботи.

Оцінку технологічності конструкції проводимо по якісним показникам. Якісна оцінка проводиться на етапі вивчення конструкції деталі та технологічних вимог на виготовлення та прийом.

Деталь «Кришка підшипника», відноситься до тіл обертання, виготовляється з чавуну СЧ18-36 ДСТУ 1412-2012. Проаналізувавши матеріал, використаний для виготовлення деталі, то він достатньо добре піддається лезовій обробці. В якості замінників даної марки чавуну можна використовувати наступні марки чавунів та зарубіжних аналогів: СЧ18-36 ДСТУ 1412-2012, GG-15 DIN 1691, FC 180 JIS G 5501.

Маса готової деталі становить 0,15 кг, тому на механічних операціях не треба застосовувати допоміжні підйомні механізми, тому це не збільшує допоміжний час та собівартість готової деталі. За масою деталь технологічна. Габарити

деталі становлять  $\varnothing 66 \times 18$  мм. Розміри робочої зони для обробки такої деталі повинні бути невеликі, застосовуване обладнання буде мати невеликі габарити. Обладнання нормальної точності, тому його обслуговування має не велику вартість.

Креслення деталі виконане відповідно до стандартів, на ньому вказана достатня кількість видів і розрізів. Креслення можна прочитати без ускладнень. По даному пункту деталь технологічна [7, 8].

Деталь «Кришка підшипника» має як точні поверхні 6 квалітету із шорсткістю Ra 1,6 мкм, так і грубі квалітети 14 із шорсткістю Ra  $6,3 \div 12,5$  мкм, тому для забезпечення відповідної якості потрібна відповідна кількість операцій. Все це відбивається на собівартості виробу в цілому. Допуски торцевого биття досягаються завдяки принципам сумісності і постійності баз. Для отримання даних вимог треба використовувати точне чистове обладнання, достатню кількість операцій та переходів (чорнові та чистові), відповідні режими різання та технологічну оснастку. Вартість готової деталі збільшиться, тому що буде використовуватися точне обладнання, технологічна оснастка (вимірювальний інструмент).

З точки зору зручності базування дана деталь є нетехнологічною, так як необхідне застосування спеціальних пристроїв на певних стадіях обробки.

До нетехнологічних конструктивних елементів даної деталі можна віднести фаски  $3 \times 45^\circ$  і бічні поверхні канавки під ущільнення під  $15^\circ$  (отримують за допомогою верстатів з ЧПК), отвори різного діаметру  $\varnothing 8$  мм та  $\varnothing 5$  мм.

З аналізу деталі на технологічність можна зробити висновок, що для заданого типу виробництва вона технологічна, хоча має деякі нетехнологічні елементи, але їх можна отримати, використовуючи спеціальні пристрої і різальний інструмент.

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

Кількісний аналіз технологічності деталі.

Визначення коефіцієнта використання матеріалу:



$$K_{BM} = \frac{M_d}{M_3}, \quad (1.1)$$

де  $M_d$  – маса готової деталі,  $M_d = 28$  кг

$M_3$  – маса заготовки,  $M_3 = 44,8$  кг

$$M_3 = M \cdot K_p = 28 \cdot 1,6 = 44,8 \text{ кг} \quad (1.2)$$

$$K_{BM} = \frac{28}{44,8} = 0,625$$

Визначення рівня технологічності конструкції по використанню матеріалу:

$$K_{ум} = \frac{K_{6BM}}{K_{нBM}}, \quad (1.3)$$

де  $K_{6BM}$  – базовий коефіцієнт використання матеріалу,  $K_{6BM} = 0,25$  (за даними підприємства, на якому виготовлялася деталь);

$$K_{ум} = \frac{0,25}{0,4} = 0,625.$$

Визначаємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_m = 1 - \frac{1}{T_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum T \cdot n_i} \quad (1.4)$$

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

$T$  – клас точності обробки.

$$\sum n_i = 1 + 1 + 1 + 5 + 1 = 9.$$

$$\sum T \cdot n_i = 7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 14 \cdot 5 + 16 \cdot 1 = 110.$$

$$K_m = 1 - \frac{9}{110} = 0,91 > 0,8.$$

За цим показником деталь технологічна.

Визначаємо коефіцієнт шорсткості:

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

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

$$\sum Ш \cdot n_{im} = 0,8 \cdot 4 + 1,6 \cdot 2 + 6,3 \cdot 10 = 69,4.$$

$$K_{ш} = \frac{16}{69,4} = 0,23 < 0,32.$$

За цим показником деталь технологічна.

### 1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

Аналіз будемо проводити на підставі базового технологічного процесу. У цьому технологічному процесі послідовність механічної обробки відповідає загальноприйнятим етапам побудови технологічного процесу.

На першій технологічній операції проводиться обробка поверхонь, які на подальших операціях будуть прийняті за базові (чистові).

Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі наведено в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі «Кришка підшипника»

Номер операції	Найменування операції	Обладнання
005	Заготівельна	Кокіль
010	Токарно - гвинторізна	16К20
015	Токарно - гвинторізна	16К20
020	Вертикально - свердлильна	2Л53У
025	Вертикально - фрезерна	6Р12
030	Слюсарна	Верстак слюсарний
035	Технічний контроль	Стіл ВТК

Технологічний процес виготовлення деталі «Кришка підшипника» в заводському варіанті виконаний як маршрутний, що відповідає одиничному типу виробництва. Він містить 7 операцій, з яких 4 операції механічної обробки, решта – контрольні, слюсарні та заготівельна.

Аналізуючи заводський технологічний процес можна сказати, що операції обробки обрані вірно. Але є дрібні недоліки, які можливо викликані додатковими вимогами конструктора.

За нинішніх умов і конкуренції на ринку потрібно максимально використовувати більш сучасні верстати, які дозволяли б обробляти деталь при високих швидкостях різання, були б жорсткими по конструкції і давали б необхідну точність. Цим вимогам відповідають верстати нових моделей з ЧПК, як наприклад DOOSAN. У маршрутному технологічному процесі не вказані способи базування і закріплення заготовки, на яких виконуються операційні розміри, докладно не розписаний ріжучий інструмент і вимірювальний інструмент. В даний час обраний застарілий інструмент (з напайними пластинами), що не дозволяє обробляти деталь на більш прогресивних режимах різання з використанням обладнання з ЧПК. Інструмент треба замінити на: різці з неперетачуваними багатограними пластинами з твердого сплаву, а також використовувати для обробки твердосплавні свердла і фрези замість інструменту зі швидкоріжучої сталі, які дозволяють проводити обробку в 3-4 рази швидше в порівнянні з інструментом з швидкоріжучої сталі.

Вимірювальний інструмент використовуються застарілих конструкцій або безшкальні. Здійснювати вимірювання скобами і калібрами досить швидко і точно, але дорого для даного типу виробництва. Потрібно проектувати нові вимірювальні пристрої, що були б більш дешевші, ніж скоби, але більш точні при вимірюванні і відрізнялися б своєю універсальністю.

Режими різання обрані і розраховані правильно. Але через те, що обладнання та матеріали ріжучих інструментів на виробництві використовуються застарілі, то 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.

Сучасні верстати з програмним управлінням поєднують точність спеціалізованих верстатів і мають більш високу продуктивність, ніж верстати загального призначення, що вироблялися раніше (в 2...5 разів). Область застосування верстатів з програмним керуванням досить широка як за характером технологічних операцій, так і за типами виробництв, для яких вони призначаються. За останньою ознакою створені й успішно використовуються верстати з програмним управлінням як для одиничного і дрібносерійного, так і для великосерійного і масового виробництва.

До основних умов доцільності застосування верстатів з програмним керуванням можна віднести наступне:

- обробку отворів складної геометричної форми, що вимагають застосування декількох послідовно працюючих інструментів, а також обробку груп отворів на свердлильних і розточувальних верстатах. Ці види обробки можуть бути виконані на верстатах з програмним керуванням без виготовлення спеціального оснащення (кондукторів, копирів і ін.), які зазвичай застосовуються на універсальних верстатах;

- необхідність побудови процесу за принципом концентрації операцій, тобто зосередження найбільшої кількості однотипних видів обробки на одному місці;

- необхідність зменшення частки допоміжного часу, який витрачається в розглянутій операції на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, переходом з обробки однієї поверхні на іншу, зміною ріжучого інструменту та іншого, що зазвичай має місце при послідовній обробці декількох поверхонь на універсальних верстатах;

- обробку кількох аналогічних деталей на одному верстаті, що має місце в умовах серійного виробництва. В цьому випадку застосуванням верстатів з ЧПК можна скоротити час на переналагодження обладнання;

- можливість скорочення числа операторів впровадженням

багатоверстатного обслуговування.

Порівнявши маршрутний технологічний процес з типовим технологічним процесом на однотипні деталі ми не знаходимо істотних відмінностей. Тому зміну порядку технологічних операцій можна вважати недоцільним. Але, розглядаючи рівень прогресивності методів обробки, ми бачимо, що вони не досить продуктивні.

Аналізуючи технологічний процес можна рекомендувати використовувати на токарній операції сучасні верстати з ЧПК наприклад DOOSAN, більш придатних за технічними характеристиками при обробці заданої деталі, ніж верстати 16K30Ф3, що дозволить значно скоротити час на обробку та збільшити точність обробки.

Аналіз вимірювального інструмента, яким проводиться контроль точності обробки, показав, що деякі параметри, такі як торцеве биття, в базовому технологічному процесі не контролюються. Виходячи з цього необхідно розробити контрольно-вимірювальний пристрій для контролю торцевого биття.

Проводячи аналіз рівня механізації і автоматизації технологічного процесу можна зробити висновок, що в ньому практично не використовується пристрої.

Виходячи з цього, рекомендується розробити кілька пристроїв. Зокрема можна розробити пристрій для закріплення деталі на обробному центрі з ЧПК операцію з пневматичним затискачем, також можна розробити контрольно-вимірювальний пристрій для контролю торцевого биття точних поверхонь деталі.

## **1.6 Висновок та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі**

В даному розділі було проаналізовано службове призначення машини, вузла і деталі «Кришка підшипника», виконаний аналіз технічних вимог на її виготовлення, а також аналіз технологічності за кількісними та якісними показниками і встановлено, що деталь є технологічною. У межах розділу за допомогою ЕОМ був визначений тип виробництва – дрібносерійний, та наведена його коротка характеристика і особливості.

Якість виробу, а в даному випадку черв'ячного редуктора, куди входить дана деталь «Кришка підшипника» у великій мірі залежить від правильності встановлення та закріплення сальникового ущільнення, яке власне і тримає дана деталь. Для забезпечення такого правильного позиціонування у складальній одиниці необхідно, щоб торцеве биття було в допустимих конструктором межах. В даний час контроль биття проводиться просто на верстаті, що є не вірним, тому розроблення конструкції контрольно-вимірювального пристрою є необхідною задачею, що і буде вирішуватись у подальших розділах проєкту.

## РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

### 2.1 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального

Вихідними даними для виконання цього етапу є знання про типові маршрути обробки поверхонь або груп поверхонь.

У багатьох випадках укрупнені операції включають переходи, що не можна виконати за один установ. Отже, необхідно прийняти рішення про принцип подальшого проектування - диференціації або концентрації побудови операцій.

При проектуванні маршрутного технологічного процесу необхідно врахувати:

- технологічні процеси рекомендується проектувати згідно з принципом поетапності, тобто необхідно забезпечити виконання чорнових, а потім чистових способів обробки;
- в першу чергу обробляють бази для наступних операцій;
- потім обробляють поверхні з найбільшим припуском і напуском, так як використовуються форсовані режими різання, а отже і будуть великі сили різання;
- обробка поверхонь, в яких можуть бути виявлені дефекти заготовки;
- найбільш точні поверхні обробляються в останню чергу.

Для зручності наведемо кілька технологічних маршрутів обробки і виберемо оптимальний з них.

Маршрут №1:

005 Заготівельна

010 Термічна обробка

015 Токарна чорнова

020 Радіально-свердлильна

025 Токарна чистова

030 Вертикально-фрезерна

035 Контрольна  
040 Слюсарна  
Маршрут №2:  
005 Заготівельна  
010 Термічна обробка  
015 Токарна чорнова  
020 Токарна чистова  
025 Вертикально-свердлильна  
030 Стругальна  
035 Контрольна  
040 Слюсарна  
Маршрут №3:  
005 Заготівельна  
010 Термічна обробка  
015 Токарна чорнова  
020 Токарна з ЧПК  
025 Вертикально-свердлильна  
030 Вертикально-фрезерна  
035 Слюсарна  
040 Контроль ВТК

Маршрут №3 є більш правильним, адже при попередніх свердлильних операціях в маршрутах №1 та №2 на подальшій токарній чистовій буде відбуватись обробка з ударами, що призведе до поломки інструменту та небажаним дефектам поверхонь.

## **2.2 Вибір та обґрунтування способу виготовлення вихідної заготовки**

Від вибору технологічного процесу отримання заготовки залежить кількість матеріалу, що витрачається, якість і трудомісткість подальшої механічної обробки при виготовленні деталі. Оптимальний технологічний процес вибирають на основі



розрахунку і порівняння, можливих за даних умов варіантів виготовлення деталі, куди входить і вартість вихідної заготовки. Оцінку економічної ефективності нової технології, вибір найбільш економічного варіанта виробництва деталей здійснюють за допомогою порівняльного аналізу вартісних і натуральних техніко-економічних показників.

Основною умовою раціональної технології є максимальне приближення форми та розмірів заготовки до форми готової деталі. Основними методами утворення форми заготовок або їх основних поверхонь являються лиття, обробка тиском, формування, обробка різанням, наплавлення, металізація, напилювання, заливка рідким металом [10].

Заводський метод отримання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми.

Заготовка Кришки підшипника відливається в опоках зі стрижнем, що формує центральний наскрізний отвір. Лиття у піщані форми характеризується економічністю складових форм та сумішей, великі припуски спрощують конфігурацію заготовки, але підвищують собівартість деталі.

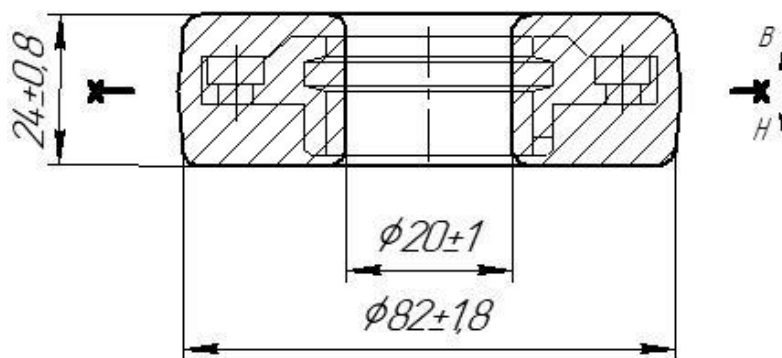


Рисунок 2.1 – Ескіз первинної заготовки «Кришки підшипника»

Номер групи вилівка за масою – 4 [12];

Номер групи вилівка за серійністю – 3 [12];

Номер групи вилівка за складністю – 2 [12].

Припуски і граничні відхилення на розміри деталі призначаються за методикою [12]:

- на зовнішній діаметр 66 мм припуск і граничне відхилення –  $13 \pm 1,8$  мм;

- на внутрішній діаметр 30 мм припуск і граничне відхилення –  $5 \pm 1$  мм;
- на висоту кришки 18 мм припуск і граничне відхилення –  $6 \pm 0,8$  мм.

Маса заготовки визначається за формулою:

$$m_3 = \rho \cdot V, \quad (2.1)$$

де  $\rho$  – густина чавуну,  $\rho = 7400$  кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм заготовки, м<sup>3</sup>.

Об'єм заготовки визначається як сума об'ємів геометричного тіла, складових деталей:

$$V = \frac{\pi \cdot D'^2}{4} \cdot H' - \frac{\pi \cdot d'^2}{4} \cdot H', \quad (2.2)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,076^2}{4} \cdot 0,02 = 0,0054 \text{ м}^3$$

Тоді маса заготовки рівна:

$$m_3 = 7790 \cdot 0,0054 = 0,28 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання заготовки визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{m_d}{m_3} \quad (2.3)$$

$$K_3 = \frac{0,15}{0,28} = 0,53$$

Визначимо собівартості отримання ливарних заготовок методами лиття в піщано-глинисті форми та лиття в кокіль. Відповідно до методики [12] собівартість заготовок визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_M \cdot k_m \cdot k_{\Pi} \right) - (Q - q) \cdot \left( \frac{S_{\text{вдх}}}{1000} \right), \quad (2.4)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1 т заготовок, грн;

$k_T$  – коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки;

$K_c$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки;

$K_v$  – коефіцієнт, що залежить від маси поковки;

$K_m$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу поковки;

$K_{п}$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок;

$Q$  – маса поковки, кг;

$q$  – маса готової деталі, кг;

$S_{вдх}$  – ціна 1 т відходів, грн.

Для лиття в піщано-глинисті форми:  $Q = 0,28$  кг,  $q = 0,15$  кг,  $C = 42800$  грн.,  
 $K_T = 1,0$ ,  $K_c = 1,0$ ,  $K_v = 0,73$ ,  $K_m = 1,0$ ,  $K_{п} = 0,8$ ,  $S_{отх} = 2800$  грн.

Тоді  $S_{п.-г.ф} = 715$  грн.

За формулою 2.2 знаходимо собівартість заготовки, отриманої литтям в кокіл.

Для лиття в кокіл:  $Q = 0,185$  кг,  $q = 0,15$  кг,  $C = 42800$  грн.,  $K_T = 0,9$ ,  
 $K_c = 1,0$ ,  $K_v = 0,85$ ,  $K_m = 1,0$ ,  $K_{п} = 0,8$ ,  $S_{отх} = 2800$  грн.

Тоді  $S_k = 522$  грн.

Аналіз методів отримання заготовки віддає перевагу заготовці: лиття в кокіл. Відповідно обираємо лиття у кокіл, як спосіб первинної заготовки.

Таблиця 5.1 – Розміри заготовки, отриманої литтям в кокіл

№ поверхні	Номинальний розмір деталі	Допуск розміру	Допуск форми розміщення елементів вилівки	Загальний допуск	Вид механічної обробки	Половина загального допуску	Ряд припусків	Величина припуску	Остаточний розмір
1	Ø66	1,4	0,2	1,6	напівчистова	0,8	5	2,6	Ø70,6±0,8
2	Ø36	1,2	0,2	1,4	чистова	0,7	4	2,0	Ø40±0,7
3	Ø30	1,2	0,2	3,2	чистова	1,6	4	2,6	Ø24,8±1,6
4	18	0,8	0,2	1,0	чорнова напівчистова	0,5	4	1,4	20,8±0,5
5	10	0,8	0,2	1,0	напівчистова	0,5	4	1,4	8,6±0,5

Зобразимо заготовку з розмірами на рис. 2.1.

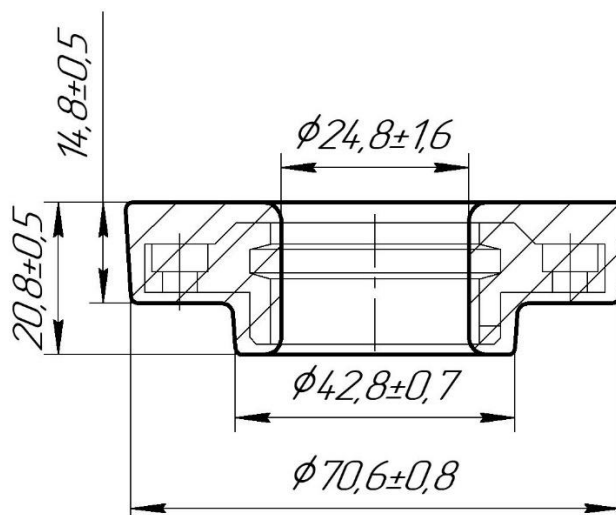


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки

Призначимо технічні вимоги до заготовки:

1. Точність вилівка 9-4-9-8 ГОСТ 26645-85.
2. Незазначені ливарні радіуси 1,5 мм, ливарні ухили  $3^\circ$ .
3. На внутрішній поверхні не допускаються будь-які ливарні дефекти.
4. На зовнішніх поверхнях допускаються нерівності або напливи глибиною не більше 1 мм.
5. На поверхні вилівка допускаються сліди живильників не більше 3 мм.
6. Шорсткість поверхонь поковки Ra 25 мкм.

### 2.3 Розрахунок припусків на обробку поверхні обертання

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску підвищуються витрати праці, витрата матеріалу та інші виробничі витрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

Для отримання деталей більш високої якості необхідно при кожному технологічному переході механічної обробки заготовки передбачати виробничі похибки, що характеризують відхилення розмірів, геометричні відхилення форми поверхні, мікронерівності, відхилення розташування поверхонь. Всі ці відхилення повинні знаходитися в межах поля допуску на розмір поверхні заготовки.

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки.

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для зовнішньої поверхні тіла обертання  $\varnothing 36g6$ . Маршрут обробки даної поверхні вибирається за [13] і зводиться в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Маршрут обробки поверхні  $\varnothing 36g6$  мм

Назва стадії	Квалітет	Допустимі відхилення розмірів
Заготівельна	II	+0,8 -0,8
Точіння чорнове	h14	0 -0,62
Точіння напівчистове	h9	0 -0,062
Точіння чистове	g6	-0,009 -0,025

Обробка поверхонь ведеться на токарному верстаті з ЧПК модель СКЕ6136Z при цьому закріплення ведеться в трьохкулачковому патроні. Величина мінімального припуску при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск) визначається за формулою:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.5)$$

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);

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

$\varepsilon_i$  – похибка на виконуваний операції (переході).

Перераховані показники є величинами табличними окрім  $\rho_{i-1}$ , яка розраховується як

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{экс}^2 + \rho_{см}^2} = 1200 \text{ мкм},$$

а  $\rho_{i-1}$  знаходиться в відсотковому відношенні від  $\rho_{заг}$  тоді

$$\rho_{черн} = \rho_{заг} k_y$$

де  $k_y=0,04-0,06$ , в залежності від переходу. Знайдемо для кожного з переходів:

$$\rho_{черн} = 1200 \cdot 0,06 = 72 \text{ мкм}.$$

$$\rho_{н/ч} = 1200 \cdot 0,05 = 60 \text{ мкм}.$$

Вихідні данні для розрахунку припусків на ЕОМ приведені в табл. 2.1, а самі результати розрахунку у додатку.

Таблиця 2.1 – Вихідні данні

Технологічні операції (переходи)	Елементи припуску, мкм				Розрахунок припусків, мм			Розрахунок розмірів, мм		
	Rz <sub>i-1</sub>	h <sub>i-1</sub>	$\rho_{i-1}$	$\varepsilon_{yi}$	2Z <sub>min</sub>	2Z <sub>ном</sub>	2Z <sub>max</sub>	d <sub>min</sub>	d <sub>ном</sub>	d <sub>max</sub>
Заготівельна	320	350	905	-	-	-	-	41,702	42,8	43,6
Точіння чорнове	50	50	50	-	3,21	4,41	4,63	36,152	37,072	37,072
Точіння напівчистове	25	25	25	-	0,3	0,2	0,982	36,09	36,157	36,157
Точіння чистове	25	25	-		0,18	0,208	0,276	35,75	36,0	35,01

Ескіз заготовки представлений на рисунку 2.3. Схема розташування припусків і допусків для зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 36g6$  (-0,009;-0,025) мм приведена в додатку В пояснювальній записки.

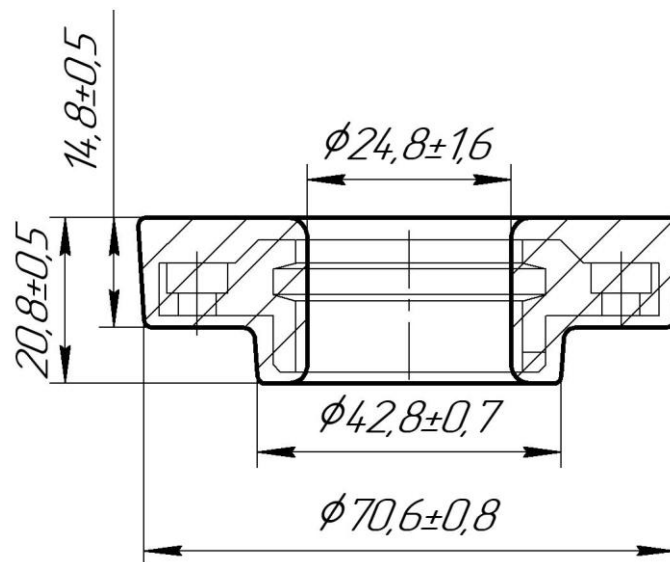


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки

Порівнюючи розмір, визначений аналітичним методом та за допомогою ДСТУ робимо висновок, що вони майже не відрізняються 45 мм за ДСТУ та 42,8 мм аналітичним методом відповідно, тому розрахунки проведені вірно.

#### 2.4 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки

Якість виготовлення деталі у великій мірі залежить від правильності встановлення та закріплення заготовки на верстаті. Установка складається з базирования, тобто орієнтації заготовки щодо виконавчих органів верстата, інструменту або траєкторії його переміщення, і закріплення, тобто докладання зусиль до заготівлі для фіксації положення заготовки, досягнутого при базуванні.

Поверхня, використовувана для базування, повинна відповідати таким вимогам:

- великі розміри, геометрично правильна форма;
- низька шорсткість поверхні (без задирів, напливів, буртиків, залишків ливникової системи і т.д.);
- безпосередня розмірна зв'язок з оброблюваною поверхнею, близьке розташування до оброблюваної поверхні;
- відсутність значущих деформацій і низькою жорсткості базових поверхонь;

- використання принципу сталості баз;
- можливість простого і зручного закріплення заготовки.

Для розгляду в цьому пункті було прийнято дві операції технологічного процесу:

- Операція 035 – свердлильна з ЧПК.

Розглянемо варіанти схем базування на вертикально-сверлильній операції з ЧПК 035. На даній операції сверляться отвори  $\varnothing 5$ , показаний ескіз на рисунку 2.4.

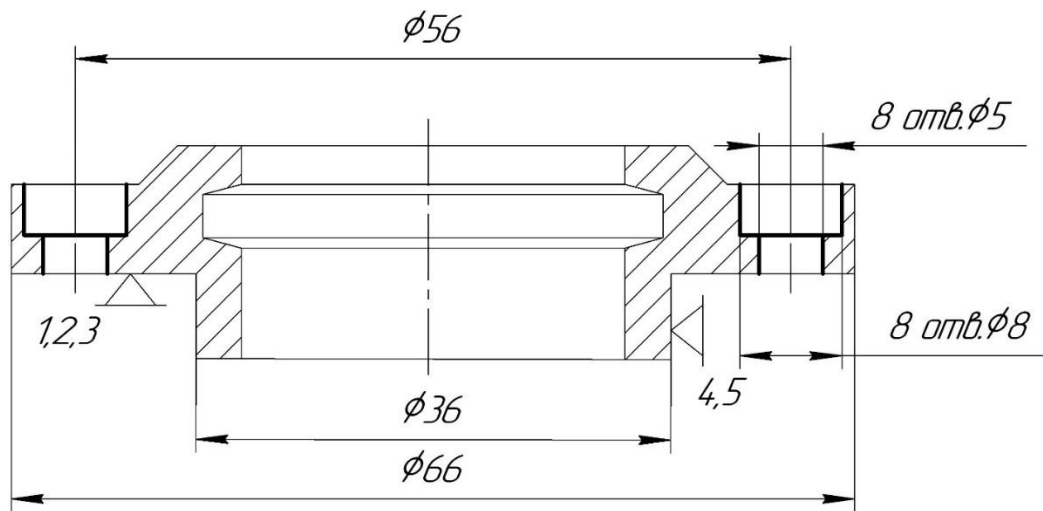


Рисунок 2.4 – Операційний ескіз (операція 035)

Проаналізувавши поверхні, обирається спосіб базування в трьохкулачковому патроні, тому що відсутні інші альтернативні рішення. Зазначені поверхні є доступними, не заважають доступу різального інструменту до оброблюваних поверхонь, забезпечують обробку деталі на інших операціях без зміни баз (принцип постійності баз).

На даній операції заготовка позбавляється 5 ступенів вільності. При цьому виникають дві бази:

- встановлювальна, торець деталі, позбавляє деталь трьох ступенів свободи: переміщення уздовж осі Z і обертань довкола осей X і Y;
- подвійна опорна, внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 36$  мм, позбавляє деталь двох ступенів свободи: переміщень уздовж осей X і Y.

Приклад базування приведений на рисунку 2.4, також додано таблицю відповідності 2.5 та матрицю зв'язків 2.6.



Таблиця 2.5 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назва бази
1, 2, 3	I, II, III	ВБ
4, 5	IV, V	ПОБ

Таблиця 2.6 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування баз
1	1	1	0	ПОБ
$\alpha$	0	0	0	
1	0	0	1	ВБ
$\alpha$	1	1	0	
$\Sigma$	2	2	1	5 ступенів

## 2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

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

Для сверління отворів на операції 035 використовуємо вертикально-свердильний верстат моделі FADAL2216FX.

Вертикальний свердильний верстат FADAL2216FX з шестишпindelною револьверною головкою, з крестовим столом і числовим програмним керуванням (ЧПК) призначений для свердління, розсвердлювання, зенкування, розгортання, нарізування різей і фрезерування в дрібносерійному і серійному виробництві різних галузей промисловості.

При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на даній операції прийшли до висновку, що даний верстат цілком придатний для здійснення заданої операції. Технічна характеристика верстата приведена в табл. 2.8 [15].

Таблиця 2.8 – Технічна характеристика верстата

Характеристика	Значення
Найбільший діаметр свердління в сталі 45, мм	35
Найбільший діаметр нарізання різі в сталі 45, мм	M24
Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до поверхні стола, мм	40..600
Відстань від осі вертикального шпинделя до напрямної стійки (виліт), мм	450
Найбільший діаметр фрези, мм	100
Найбільша глибина фрезерування, мм	2
Найбільша ширина фрезерування, мм	60
Поздовжнє переміщення столу по напрямних салазок (вісь X), мм	630
Поперечне переміщення салазок по напрямних станини за програмою (вісь Y), мм	360
Найбільше переміщення шпиндельної бабки за програмою (вісь Z), мм	560
Супорт. Шпиндельна бабка. Шпиндель	
Частота обертання шпинделя, об/хв	1..7400
Кількість швидкостей шпинделя	12
Швидкість швидкого переміщення супорта (шпиндельної бабки), м/хв	4
Кількість подач супорта по осі Z, мм	18
Подачі супорта, мм	10..500
Найбільший допустимий крутний момент, Н·м	200
Конус шпинделя	ISO 40
Робочий стіл	
Розміри робочої поверхні стола, мм	400 x 710
Максимальне навантаження на стіл (по центру), кг	
Число Т-образних пазів Розміри Т-образних пазів	3
Швидкість швидкого переміщення столу і салазок, м/хв	7
Швидкість подачі столу і салазок при фрезеруванні, м/хв	0,22
Мінімальна швидкість переміщення столу, м/хв	0,05

Точність позиціонування столу і салазок на довжині ходу, мм	0,05
Число керованих координат	3
Число одночасно керованих координат	3
Дискретність завдання переміщення столу, салазок і супорта, мм	0,01
Електрообладнання, привід	
Електродвигун приводу головного руху, кВт	3,7
Електродвигун приводу переміщення шпindelної бабки (супорта), кВт	1,3
Електродвигун приводу переміщення салазок і столу, кВт	1,1
Електродвигун приводу обертання револьверної головки, кВт	0,75
Електронасос охолоджуючої рідини X14-22M, кВт	0,125
Розміри верстата	
Габарити верстата, мм	1800 x 2170 x 2700
Маса верстату, кг	5390

## 2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

На операцію 035 вертикально-свердлильну з ЧПК вибираємо верстатні пристрої, металорізальні та вимірювальні інструменти.

Для установки і закріплення Кришки підшипника використовуємо спеціальний пристрій.

Для свердління наскрізних отворів  $\varnothing 5$  мм вибираємо свердло SD203A-0500-020-06R1-P, матеріал K1 (SECO Tools).

Для цековки отворів  $\varnothing 8$  мм на глибину 4 мм вибираємо циліндричну цековку 2350-0654 ГОСТ 26258-87.

Допоміжний інструмент: патрон свердлильний 10-B10 ГОСТ 8522—79.

Для контролю розмірів використовуємо штангенциркуль ШЦ-I-50-0,1 ГОСТ 166-89 та гладкий калібр-пробку 8133-0910 ГОСТ 14810-89.



Розрахунок режиму різання будемо проводити для операції 035 вертикально-свердлильна з ЧПК. Аналітичним методом розрахуємо режим різання для свердління та цекування восьми отворів  $\varnothing 5$  мм та  $\varnothing 8$  мм.

Вихідні дані: діаметр поверхні – 5 мм, матеріал заготовки – СЧ18-36 ГОСТ 1412-70; свердло SD203A-0500-020-06R1-P; матеріал ріжучої частини різця ВК6, заготовка – лиття в кокіль.

Зводимо розрахунки у табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Режими різання визначені за табличним методом для операції 035

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	i	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	To, хв
Свердління отворів $\varnothing 5$	1	2,5	0,2	31,4	2000	15	0,0375
Цекування отв. $\varnothing 8$	1	1,5	0,2	30,6	2000	9	0,0262
Всього							0,0637
Всього на 8 отв.							0,57

Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу [16].

Метою даного нормування є визначення норми штучно - калькуляційного часу на операції. Результати зводимо до табл. 2.12.

Дані про режими різання беремо з попереднього пункту.

Таблиця 2.12 – Результати нормування на операції технологічного процесу

Номер операції	To, хв	Tв, хв	Tпз, хв	Tшт, хв	N, шт	Tшт-к
020 Токарно-гвинторізна	2,5	1,1	20	3,7	35	3,9
025 Токарна з ЧПК	3,8	1,3	25	5,3	35	5,5
035 Свердлильна з ЧПК	0,57	0,4	23	1,1	35	1,3
040 Фрезерна з ЧПК	0,1	0,3	20	0,45	35	0,97

## 2.9 Проектування засобів технологічного оснащення

Проектування верстатного пристрою на свердлильну з ЧПК операцію.

В проєкті розробляється пристрій для обробки деталі – «Кришка підшипника» на операції 035 вертикально-свердлильній з ЧПК.

Впровадження розроблюваного пристрою дасть можливість встановлювати деталь на операції без попередньої вивірки, за рахунок використання спеціального установчого елемента – оправки-стакану Ø36Н7. Торець оправки дозволить при базуванні деталі на ньому отримувати однакові лінійні розміри на усіх деталях партії без здійснення операції прив'язки інструментів для кожної деталі.

Жорсткість пристрою дозволить використовувати максимальну потужність верстата. Жорсткість пристрою повинна забезпечуватись шляхом розрахунків на міцність конкретних елементів конструкції, де виникають найбільші напруження, та збільшувати розміри цих елементів, таким чином зменшуючи напруження у них, та як наслідок підвищуючи жорсткість усього пристрою.

Можливість швидкого затиску та розтиску деталі досягається за рахунок використання силових приводів пневматичної дії. Для цього у конструкції верстатного пристрою необхідно передбачити наявність пневмокамери або пневмоциліндру. Швидкість затиску та розтиску деталі дозволить зменшити допоміжний час на операції. Також слід передбачити швидкозмінну шайбу у конструкції.

Конструкція пристрою забезпечуватиме зручність та безпеку в роботі. Для цього при проектуванні кожного з елементів верстатного пристрою необхідно прагнути до збільшення кількості округлень та зменшення кількості гострих граней та кутів, при контакті з якими можуть виникнути травми.

Матеріали деталей та елементів верстатного пристрою деталей призначаємо таким чином, щоб забезпечити вимогам механічних навантажень, які будуть на них діяти та відсутності хімічних реакцій між цими елементами, середовищем та деталями. Всі матеріали для виготовлення деталей пристрою мають бути зносостійким та міцними і не в якому разі - крихкими.

Тому для деталей, що будуть рухомими між собою обираємо сталь яка має поверхневе зміцнення, що збільшить термін служби деталі, а також при цьому деталь буде мати в'язку структуру, що при ударах краще сприймає динамічні навантаження ніж деталь, що має об'ємне загартування.

Матеріали корпусних деталей обираємо з точки зору найменшої собівартості конструкції пристрою при забезпеченні ним необхідної точності. Тобто, якщо конструкція корпусу складна то обираємо у якості матеріалу чавун, так як він має гарні ливарні властивості, а якщо форма корпусу проста, то обираємо сталь, що гарно піддається зварюванню. Зварна конструкція буде дешевшою, адже непотрібно виготовляти спеціальні ливарні форми.

Базування заготовки в розробляемому пристрої. Визначення похибки базування. Даний пристрій застосовується для установки і закріплення групи деталей, близьких за конструктивно-технологічним розмірах, способів обробки і за спільністю настановних поверхонь.

При базуванні деталі в пристрої на вертикально-свердлильній операції (рис. 2.14) деталь позбавляється 5 ступенів волі. мають місце дві технологічні бази: установча, що виникає на торці деталі (позбавляє 3-х ступенів волі), та подвійна опорна база, що виникає на зовнішній циліндричній поверхні  $\varnothing 36g6$  (позбавляє 2-х ступенів волі).

Зв'язки, забезпечувані базами, та позбавлені ступені волі наведені в таблиці.

Таблиця 2.13 – Зв'язки, забезпечувані базами

База	Забезпечені зв'язки	Позбавлені ступені волі
УБ	1,2,3	III, IV, V
ПОБ	4,5	I, II

Таблиця 2.14 – Матриця зв'язків.

	X	Y	Z	
УБ	0	0	1	↔
	1	1	0	○
ПОБ	1	1	0	↔
	0	0	0	○

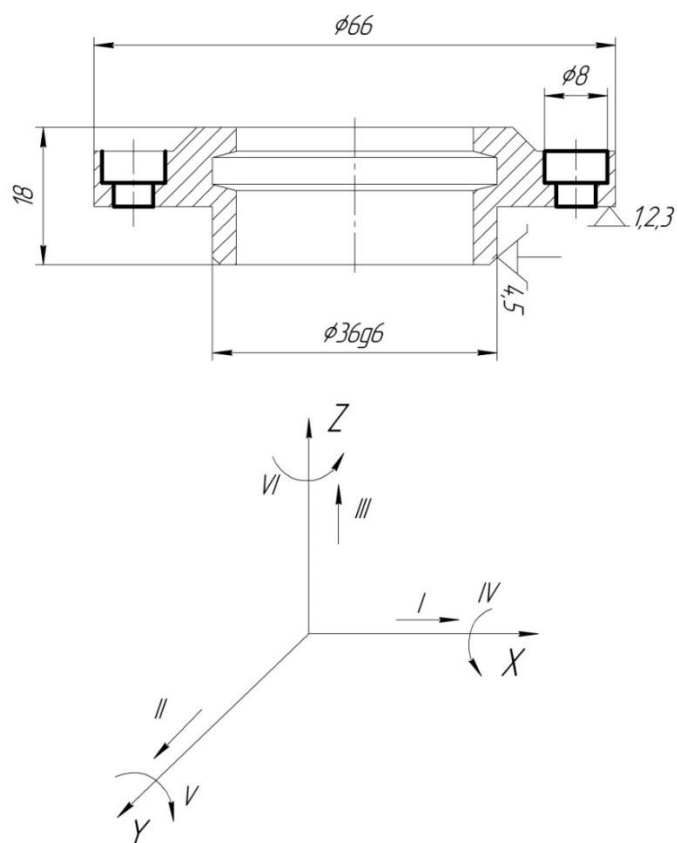


Рисунок 2.14 – Схема базування заготовки в пристрої

Заміняю теоретичну схему базування установчими елементами пристрою. Установчою базою буде торець оправки, а подвійною-опорною – циліндрична поверхня оправки  $\text{Ø}36\text{H}7$ . Схема встановлення деталі в установчих елементах пристрою, наведена на рисунку 2.15.

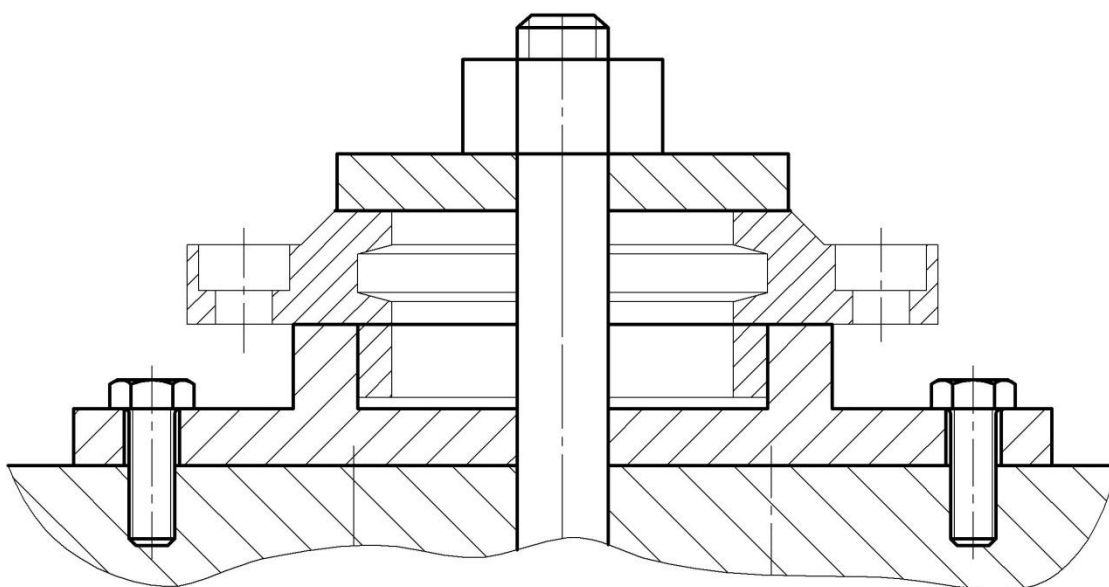


Рисунок 2.15 – Деталь, встановлена на оправку



В процесі проектування верстатного пристрою дотримуємося правила вибору баз, стабільного взаємного положення заготовки і ріжучого інструменту при обробці, зручного встановлення, контролю і зняття деталі, а також умов, що забезпечують безпеку роботи і обслуговування даного пристрою.

При проектуванні верстатного пристрою проводи розрахунок похибки базування в залежності від способу установки заготовки за загальноприйнятими формулами.

При розробці конструкції верстатного пристрою необхідно прагнути до зменшення часу на установку і знімання оброблюваної деталі, до підвищення режимів різання.

Визначаємо похибку базування.

Похибка базування при обробці даної деталі у лінійному напрямку:

$$\varepsilon_{\delta} = T_{18} = 0,5 > T_5 = 0,3$$

Фактична похибка перевищує допустиму, але так як дана схема базування є зручною та надійною у технологічному процесі зменшимо допуск на розмір 18 мм та будемо виготовляти його за 11 квалітетом з допуском 0,25 мм, що не є проблемою для верстату з ЧПК та не призведе до втрати продуктивності, адже дана поверхня вимагає обробки з шорсткістю Ra1,6, що і так вимагає чистової стадії обробки. Таким чином після зміни допуску на розмір 18 мм отримуємо

$$\varepsilon_{\delta} = T_{18} = 0,25 < T_5 = 0,3.$$

Для забезпечення перпендикулярності вісі деталі при встановленні у пристрій призначимо допуск торцевого биття поверхні оправки відносно її циліндричної поверхні 0,01 мм, що треба врахувати при виготовленні пристрою.

Розрахуємо похибку базування на розміри пазів у радіальному напрямку.

Фактична похибка буде визначатись зазором між деталлю та оправкою.

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{H12+h7}{2} = \frac{0,3+0,03}{2} = 0,165\text{мм.} \quad (2.17)$$

Допустима похибка  $\varepsilon_{don} = 0,3\text{мм}$ .

З умови базування:

$\varepsilon_{don} \geq \varepsilon_{\bar{o}}$ ,  $0,3 \geq 0,165$  – умова виконується, звідси виходить, що при обробці пазів при даному базуванні буде досягнута необхідна точність.

Розрахунок сил затиску заготовки.

При проектуванні верстатного пристрою необхідно особливу увагу приділити вибору затискних пристроїв і розрахунку сили затиску оброблюваних заготовок. Сила затиску повинна забезпечити надійне закріплення заготовок у пристрої і не допускати зсуву, повороту або вібрацій заготовки при обробці.

Розрахуємо силу затиску заготовки, яка необхідна для обробки деталі на операції. Для цього накреслимо схему дії сил різання та сил затиску, що діють на заготовку в процесі обробки (рис. 7.3).

Найбільша сила буде діяти при обробці тому визначимо тангенціальну складову сили різання, тобто силу  $P_z$  і радіальну складову  $P_y$ , користуючись літературою [18]. Сила  $P_x$  значно менша за інші дві складових результуючої сили, та діє лише в процесі врізання під кутом при заході у паз, тому нею можна знехтувати, оскільки її буде сприймати основа пристрою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B_r \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} \text{ (Н)} \quad (2.18)$$

де  $C_p = 12,5$  – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$t = 2,5$  мм – глибина різання;

$S_o = 0,2$  мм/зуб – подача;

$D = 5$  мм – діаметр свердла;

$n = 2000$  об/хв – частота обертання;

$K_{MP} = 1$  – коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу;

$x = 0,9$  - коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$y = 0,8$  - коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$q = 0,73$  - коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$w=0,13$  - коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$n=1$  - коефіцієнт, що враховує умови обробки.

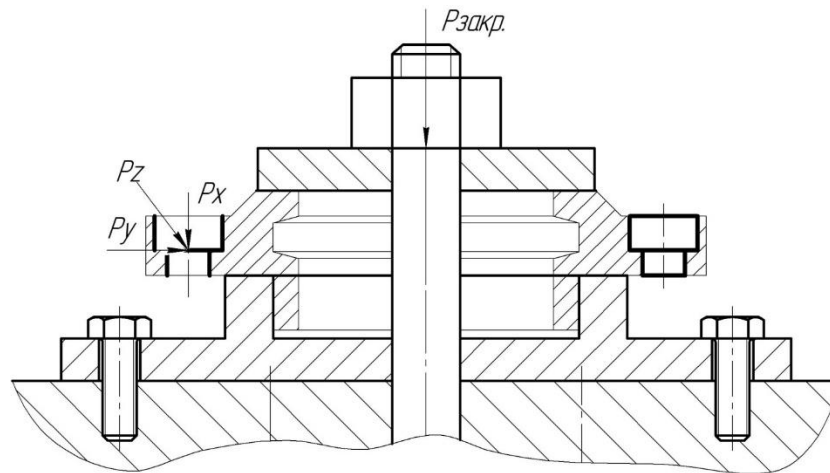


Рисунок 7.3 – Схема сил, що діють на заготовку

З урахуванням цих величин розрахувати силу різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 10^{0,9} \cdot 0,01^{0,8} \cdot 5^{1,4}}{10^{0,73} \cdot 3,057^{-0,13}} \cdot 1 = 264 \text{ (Н)}$$

Радіальна складова:

$$P_Y = 0,5 \cdot P_Z \text{ (Н)} \quad (2.19)$$

$$P_Y = 0,5 \cdot 264 = 132 \text{ Н}$$

Складаю рівняння рівноваги. Для цього до заготовки прикладаються сили, що врівноважують сили різання:

$$P_Z - F_{TP} = 0 \quad (2.20)$$

де  $F_{TP}$  – сила тертя, що врівноважує  $P_Z$ .

$$F_{TP} = N \cdot f \quad (2.21)$$

де  $N$  – сила реакції опори, що виникає внаслідок притискаючої сили  $Q$ ;  
 $f$  – коефіцієнт тертя;  $f=0,25$  [1].

$$P_Z = N \cdot f \text{ (Н)} \quad (2.22)$$

З формули (7.5) знаходжу:

$$N = \frac{P_Z}{f} \text{ (Н)} \quad (2.23)$$

$$\text{тобто } N = \frac{264}{0,25} = 1056 \text{ (Н)}$$

$$|\bar{N}| = |\bar{Q}| \quad (2.24)$$

$$\text{тобто } N = Q = 1056 \text{ (Н)}$$

Таким чином необхідна сила затиску заготовки  $Q = 1056$  (Н).

Визначаємо коефіцієнт запасу  $K$ :

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.25)$$

де  $K_0=1,5$  - постійний коефіцієнт запасу при всіх випадках обробки;

$K_1=1,0$  - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки-оброблене або необроблене;

$K_2=1,3$  - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні різального інструменту;

$K_3=1,0$  - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при обробці переривистих поверхонь на деталі;

$K_4=1,0$  - коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, що розвивається приводом пристрою;

$K_5=1,0$  - коефіцієнт, що враховує зручне розташування рукоятки для ручних пристроїв затискних;

$K_6=1,5$  - коефіцієнт, який враховується при наявності моментів, які прагнуть повернути оброблювану деталь навколо її осі.

За формулою 2.25:

$$K=1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5=2,925$$

При цьому сила на штоку приводу з коефіцієнтом запасу дорівнюватиме:

$$Q = 1056 \cdot 2,925 = 3089\text{Н.}$$

Вибір і розрахунок силового приводу.

В нашому випадку у якості пневмоприводу обираємо пневмокамеру, адже нам не потрібен великий хід штока при закріпленні, а враховуючи її довговічність, надійність, простоту виготовлення та дешевизну вона має суттєві переваги над пневмоциліндром у даному випадку.

Дійсна сила на поршні розраховується за формулою:

$$W = \frac{\pi(D+d)^2}{16} \cdot p \quad (2.26)$$

де:  $p$  – розрахунковий тиск,  $p=0,4$  МПа;

$D$  – діаметр пневмокамери;

$d$  – діаметр штока, 10 мм;

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{16Q}{\pi \cdot p}} \quad (2.27)$$

$$D = \sqrt{16^2 + \frac{16 \cdot 3089}{3,14 \cdot 0,4}} = 154(\text{мм})$$

Приймаю  $D=160$  мм по ГОСТ 9887-70.

Товщину діафрагми  $h_D$  вибирають залежно від її діаметра  $D_D$ :  $h_D = 4 \dots 8$  мм, приймаю товщину 4 мм.

Дійсна сила на штоку розраховується за формулою:

$$W = \frac{3,14}{16} (160^2 + 10^2) \cdot 0,4 \cdot p = 3184(H)$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, отже, пристрій забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

В даному пристрої використана стандартна пневмокамера, в якій діаметр дорівнює 160 мм, діаметр штока - 10 мм.

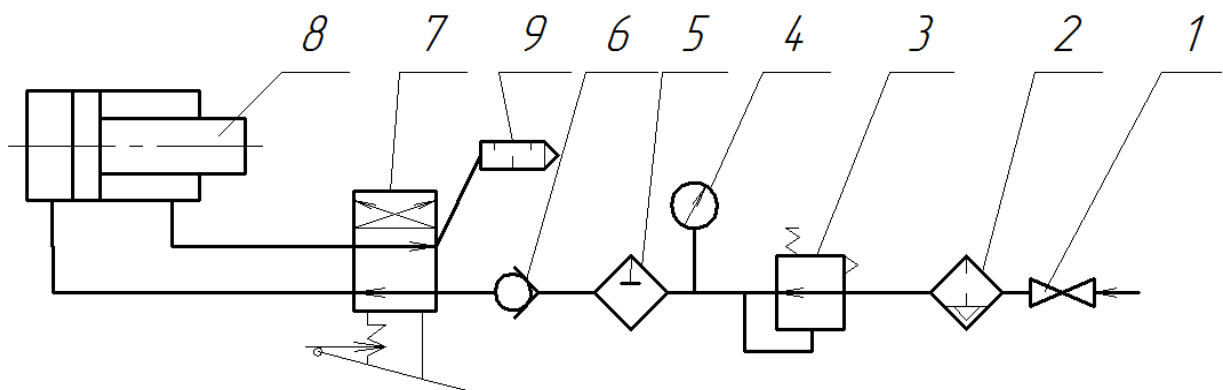


Рисунок 2.15 – Схема підключення до пневмомережі

1. Кран – вентиль
2. Фільтр вологовідділювач
3. Редукційний пневмоклапан
4. Манометр
5. Маслорозпилювач
6. Зворотній клапан
7. Пневморозподілювач
8. Пневмокамера
9. Пневмоглушник

Схема підводу повітря у пневмокамеру наведена на рисунку 2.16.

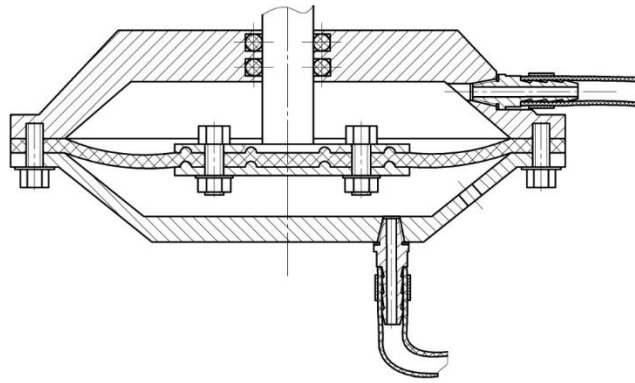


Рисунок 2.16 – Схема підводу повітря у пневмокамеру

Розрахунок деталі на міцність

Розраховуємо на міцність різьбу М8х1,25 на рим – болтах (це найменший діаметр різі, що допускається ГОСТ), так як вони сприймають значні навантаження при підйомі пристрою. Завідомо приймаю, що буде використовуватися 2 рим-болти. Вага пристрою приблизно 30 кг що дорівнює 300 Н, тобто на один рим-болт буде припадати навантаження 150Н.

Розраховую необхідну площину різі, для одного ремонтного болта.

Для того, щоб різьба на рим-болті не була зірвана, необхідно виконати умови, щоб діаметр різьби болта був не менше допустимого діаметру по міцності:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p] \quad (2.28)$$

Межа текучості для Сталі 40 дорівнює  $\delta_T = 300 \text{ МПа}$ .

$$[\delta]_p = 0,4\delta_T \quad (2.29)$$

$$[\delta]_p = 0,4 \times 300 = 120 \text{ МПа}$$

Небезпечним є перетин, ослаблене нарізкою різьби (рис. 7.6). Розрахунковий діаметр різьби визначається за формулою:

$$d_p = d - 0,94p \quad (2.30)$$

де:  $d$  – зовнішній діаметр різьби, мм;

$p$  – крок різьби, мм.

$$d_p = 8 - 0,94 \times 1,25 = 6,85 \text{ мм}$$

$$\sigma_p = \frac{4N}{\pi d_p^2} \quad (2.31)$$

де  $N$  – максимальна осьова сила, що діє на розтягнення

По формулі:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 150}{3,14 \cdot (6,85)^2} = 28,3 \text{ МПа}$$

Умова  $\sigma_p \leq [\sigma]_p$  виконується ( $28,3 \text{ МПа} < 120 \text{ МПа}$ ) отже рим-болти витримують навантаження на розрив при підйомі пристрою.

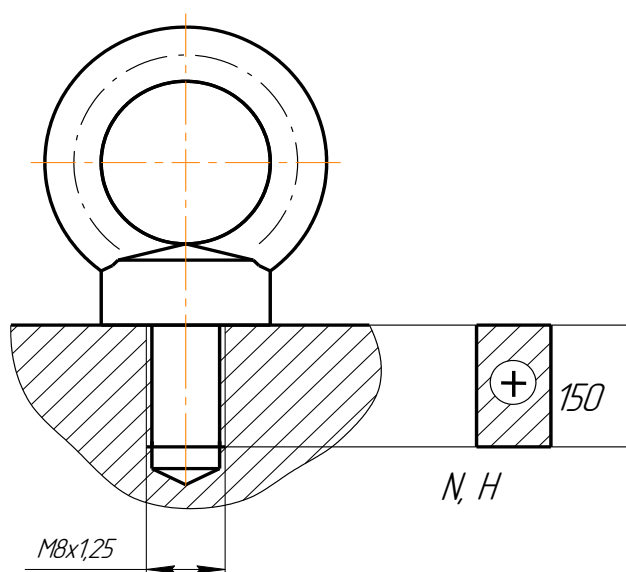


Рисунок 2.17 – Епюра навантажень рим-болта M8x1,25

Складання та експлуатація пристрою.

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



Складання пристрою. Всі деталі та вузли пристрою піддають візуальному контролю, виявлені дефекти усунути.

1. До столу верстата по шпонкам 19 встановлюється корпус 2 з пневмокамерою та штоком 6.

2. До корпусу пригвинчується стакан 3.

3. Після цього встановлюється швидкозмінна шайба 7.

4. Шайба пригвинчується гайкою 8.

5. Після цього приєднуються метало рукави 12 за допомогою хомутів 11.

Експлуатація пристрою.

1. Встановити і закріпити пристрій на верстаті.

2. Підготувати базові поверхні до установки заготовки.

3. Встановити заготовку на стакан до упора в торець.

4. Встановити швидкозмінну шайбу.

5. Повернути рукоятку пневморозподільника у положення «Відкрито».

6. Виконати обробку деталі.

7. В процесі експлуатації пристрою виконувати пункти 1 - 7 технічних вимог.

Пристрій зберігати на дерев'яній основі. Вплив атмосферних опадів і агресивних середовищ неприпустимо).

### **Проектування контрольно-вимірювального пристрою.**

Згідно з завданням необхідно виконати контроль торцевого биття торця 8 мм щодо іншої торцевої поверхні бази Г, яка служить базою, з допуском 0,02 мм згідно креслення деталі (додаток А).

Річна програма випуску  $N=300$  деталей. Це відповідає дрібносерійному типу виробництва. Такт випуску деталей при двозмінній роботі дорівнює 803 хвилини згідно з пунктом, що свідчить про невисоку інтенсивність процесу обробки. При заданому періоді виробництва виробів 5 років (60 місяців) і при суцільному контролі КВП повинен здійснити 1500 циклів для перевірки запланованого обсягу випуску.

Відповідно до завдання контроль торцевого биття буде проводитися остаточно після всіх операцій.

Уточнення і аналіз точності параметрів контрольованої поверхні.

Точність розміру.

Як уже встановлено, номінал контрольованого розміру 8 мм. Він повинен відповідати точності 14-го квалітету, так як вказано в технічних вимогах креслення деталі. Розмір охоплюється, отже поле допуску його буде h14. Верхнє відхилення його згідно ГОСТ 25347-82  $es = 0$ ; нижнє відхилення  $ei = -210$  мкм. Отже допуск  $T = 210$  мкм згідно ГОСТ 25347-82. Остаточно проставимо розмір  $8h14 (0; -0,21)$  мм на рисунку 2.21.

Точність форми.

На кресленні не оговорений допуск форми контрольованої поверхні. На цій поверхні виникатиме відхилення від площинності. Тому визначимо допуск площинності, який пов'язаний з допуском на розмір і становить при рівні відносної геометричної точності  $A$  (нормальна відносна геометрична точність) 60% від допуску на розмір, тобто, максимальне значення відхилення від площинності складе  $T_{\square} = 0,6 \cdot T_8 = 0,6 \cdot 210 = 122$  мкм.

Отже по ГОСТ 24643-81 приймаємо найближче менше стандартне значення 120 мкм, що відповідає 10-й ступені точності.

Точність розташування поверхонь.

Конструктором обговорений допуск торцевого биття торця деталі, який становить 0,02 мм, а згідно з ДСТУ найближчий стандартний менший допуск дорівнює 0,02 мм, що відповідає 6-му ступеню точності.

Ступінь шорсткості.

Згідно креслення, конструктором задана шорсткість контрольованої площині за критерієм  $Ra = 3,2$  мкм.

Висновок: під час контролю торцевого биття часні відхилення від площинності, зокрема увігнутість і опуклість, при повороті деталі (при контролі) на  $360^\circ$

можуть не показати реальне торцеве биття поверхні, а ось неправильна форма поверхні (хвилястість) покаже величину биття.

Вибір схеми контролю.

З усієї сукупності поверхонь, що утворюють деталь, претендувати на базові можуть дві: зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 36$  мм, і торцева  $\varnothing 36/30$  мм, яка і задана конструктором на кресленні як база і, яка не тільки є найточнішою поверхнею на деталі, але і ще є основною конструкторською базою разом з контрольованою поверхнею в складальному вузлі. Тобто умова, що конструкторська база збігається з вимірювальною базою виконується. Проведемо уточнення і аналіз точностних параметрів цих поверхонь.

Точність розмірів.

– зовнішня циліндрична

Як уже встановлено, номінал розміру базової поверхні 36 мм. Він відповідає точності 6-го квалітету, так як вказано конструктором на кресленні деталі. Поле допуску розміру Н9. Верхнє відхилення  $e_s = -0,009$  мм; нижнє відхилення  $e_i = -0,025$  мм. Отже допуск  $T = 16$  мкм. Остаточно проставимо розмір  $\varnothing 36 (-0,009; -0,025)$  мм.

– торець

Номінал розміру базової поверхні 36 мм (за кресленням). Його відхилення за кресленням одне  $(+0,62; 0)$  мм, що відповідає допуску в районі 14-го квалітету. Поле допуску приймаємо h14. Верхнє відхилення його згідно ГОСТ 25347-82  $e_s = 0$  мкм; нижнє відхилення  $e_i = -0,62$  мм. Отже допуск  $T = 620$  мкм згідно ГОСТ 25347-82. Остаточно проставимо розмір  $40 (0; -0,62)$  мм.

Точність форми.

На кресленні не оговорені допуски форми базової поверхні. На цій поверхні будуть виникати такі відхилення форми: відхилення циліндричності і відхилення від круглості, окремими випадками якого є овальність і огранювання, а також часні відхилення профілю поздовжнього перерізу – конусообразність, бочкообразність, седлообразність, хоча ці відхилення в більшій мірі притаманні деталям типу валів.

Тому визначимо допуск круглості, циліндричності і профілю поздовжнього перерізу, які пов'язані з допуском на розмір і складають при рівній відносній геометричній точності А (нормальна відносна геометрична точність) 30% від допуску на розмір, тобто, максимальне значення відхилення від круглості, циліндричності і профілю поздовжнього перерізу складе  $T_{O/o} = 0,3 \cdot T_{36} = 0,3 \cdot 12 = 4$  мкм.

Отже приймаємо найближче менше значення 4 мкм, що відповідає 6-му ступеню точності.

На кресленні не обговорений допуск форми даної поверхні. На цій поверхні виникатиме відхилення від площинності. Тому визначимо допуск площинності, який пов'язаний з допуском на розмір і становить при рівній відносній геометричній точності А 60% від допуску на розмір, тобто, максимальне значення відхилення від площинності складе  $T_{\square} = 0,6 \cdot T_8 = 0,6 \cdot 210 = 122$  мкм.

Отже приймаємо найближче менше стандартне значення 120 мкм, що відповідає 12-му ступеню точності.

Ступінь шорсткості.

Згідно креслення параметри шорсткості  $\text{Ø}36g6$  – 1,6 мкм за критерієм Ra і торця 6,3 мкм за критерієм Ra. Це відповідає точносним вимогам.

Вибір і обґрунтування схеми базування.

Складемо порівняльну таблицю кількісно-точнісних параметрів базової і контрольованої поверхонь. Вона дозволить прийняти обґрунтоване рішення про придатність розглянутих поверхонь в якості базових.

Таблиця 2.7 – Точнісні параметри поверхонь

Найменування точнісного показника	Контрольована поверхня	Базові поверхні	
		$\text{Ø}36g6$	торець $\text{Ø}36/\text{Ø}30$
1. Точність розміру (квалітет)	14	6	14
2. Точність форми (ступінь точності)	12	8	12
3. Точність розташування поверхонь (ступінь точності)	7	6	7
4. Ступінь шорсткості	Ra 3,2 мкм	Ra 1,6 мкм	Ra 6,3 мкм

Висновок: з таблиці видно, що параметри базових поверхонь: точність розміру, форми – вище, а ступінь шорсткості нижче, ніж аналогічні параметри контрольованої поверхні, отже за даними показниками ці поверхні можна прийняти в якості базових. Точність розташування поверхні Ø36g6 вище ніж контрольованої, тому за цим показником цю поверхню також можна прийняти в якості базової. Точність розташування торця аналогічна точності розташування контрольованої поверхні, що для базових поверхонь незадовільно, проте кращого варіанту ніж дана поверхню на деталі немає, тому це віднесемо до зауважень конструктору.

Так як деталь базується установкою в стакан і установкою по торцю, а також притискається зверху притискачем, то похибка базування безпосередньо впливає на точність вимірювання. Деталь буде позбавлена п'яти ступенів свободи (установча і подвійна опорна бази). Дана схема дозволить поєднати конструкторську і вимірвальну бази, в результаті чого похибка базування зведеться до нуля, що було описано вище.

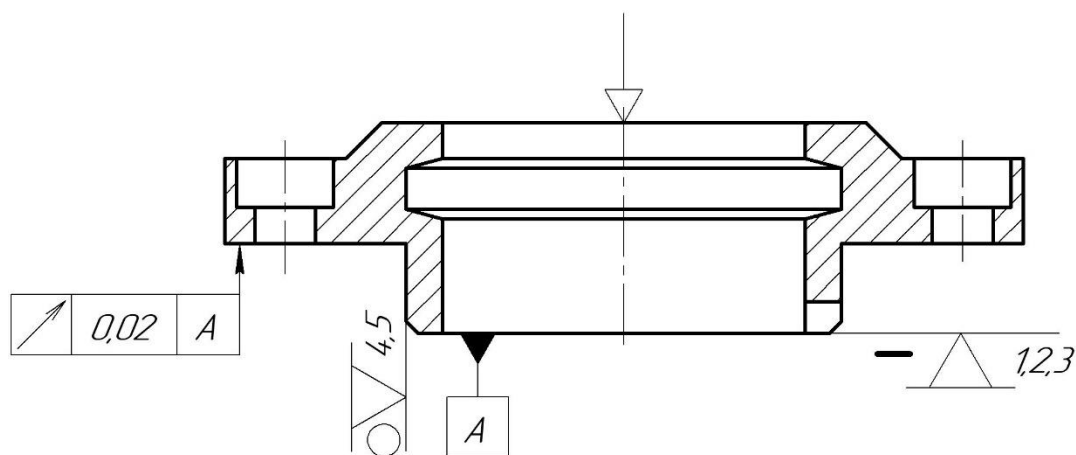


Рисунок 2.21 – Схема базування деталі на контрольній операції

Вибір і обґрунтування схеми закріплення.

Деталь при контролі розташовується вертикально. Закріплення контрольованої деталі необхідно для фіксації базування і запобігання випадкових зрушень під час контролю. Як механізм закріплення використовуємо швидкозмінну шайбу, яка піджимається рифленою гайкою вручну з силою не більше 10Н. Похибка закріплення при використанні даної схеми дорівнює нулю.

Вибір контактного або безконтактного методу вимірювання.

При контактних вимірах вимірювальний наконечник притискається до поверхні 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 змінання вимірюваного виробу в точці контакту.

При безконтактних вимірюваннях чутливий елемент безпосередньо не контактує з вимірюваною 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 і 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 твердосплавної вставкою по ГОСТ 11007-66.

Дана величина радіусу сфери наконечника обрана виходячи з міркувань, що при таких параметрах наконечника площі контакту буде достатньо для виконання умови незмінання поверхні деталі, а також зменшення ймовірності виникнення похибки внаслідок збільшення забруднення зони контакту.

З огляду на твердість контрольованої поверхні і допуск контрольованого параметра 0,06 мм, геометричні параметри наконечника орієнтовно призначаємо вимірювальне зусилля 5Н. В цьому випадку очікувана похибка від вимірювального зусилля визначається за формулою Герца:

$$\Delta_{yc} = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{yc}^2}{r}}, \quad (2.28)$$

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

$P_{yc}$  – вимірювальне зусилля, Н;

$r$  – радіус наконечника, мм.

Тоді похибка від вимірювального зусилля:

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

Вибір статичного або динамічного методу контролю.

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

У нашому випадку деталь для здійснення контролю вимагає повороту навколо своєї осі на  $360^\circ$ , так як інакше проконтролювати з даною точністю (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.

Реалізація переміщення деталі щодо елементів КВП в процесі налагодження та контролю, а саме обертання навколо власної осі на  $360^\circ$ , буде здійснюватися без особливих зусиль з боку контролера, так як стакан буде з'єднаний з фланцем, який встановлений на опорах кочення (рис. 2.21), що варто відзначити як позитивний момент в конструкції КВП.

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  $T_{пр} = 30$  мкм:

$$[\Delta_{ИЗМ}] = k \cdot T_{пр}, \quad (2.29)$$

де  $k$  – відносна похибка вимірювання, яка залежить від якості або ступеня точності контрольованого параметра (для 6-го ступеня точності  $k = 0,25$ ).

Тоді:

$$[\Delta_{ИЗМ}] = 0,25 \cdot 30 = 7,5 \text{ мкм.}$$

Відповідно до ГОСТ 8.051-81 рекомендується прийняти  $[\Delta_{ИЗМ}] = 6 \text{ мкм.}$

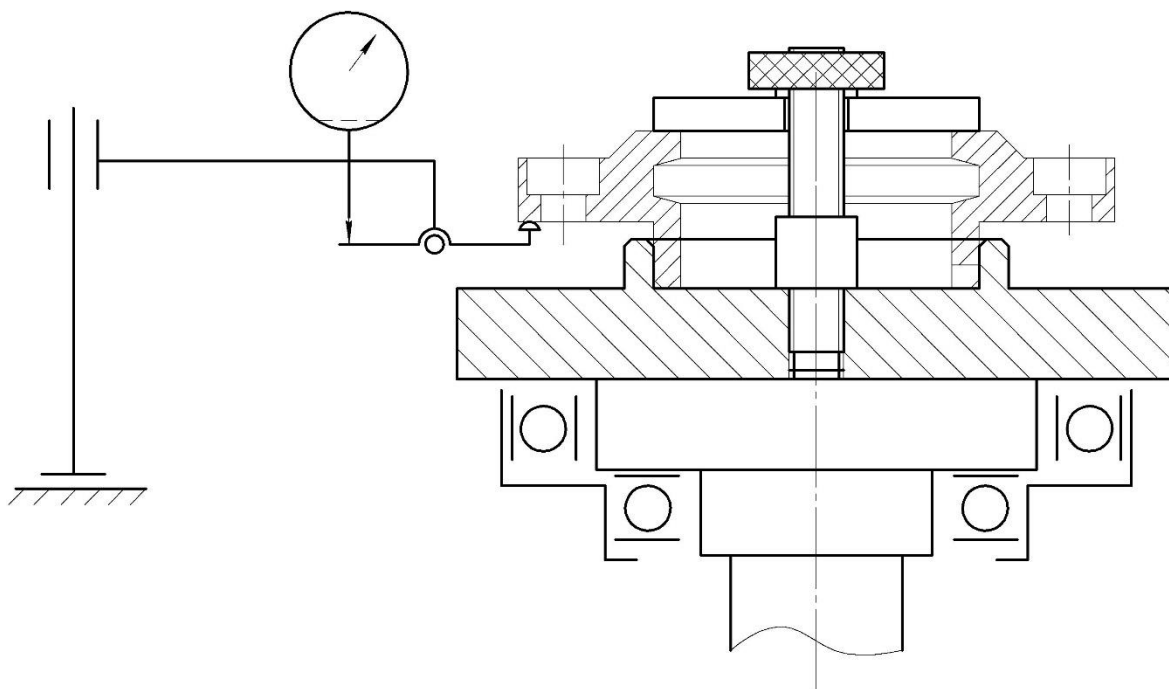


Рисунок 2.21 – Схема контролю деталі при базуванні її в стакані

Визначимо допустиму похибку засоби вимірювання (інструментальну похибку):

$$[\Delta_{ИН}] = (0,6 - 0,8) \cdot [\Delta_{ИЗМ}]; \quad (2.30)$$

Приймаємо коефіцієнт 0,6:

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

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

$$[c] = (0,5 - 2) \cdot [\Delta_{ИН}] \quad (2.31)$$



Приймаємо коефіцієнт 1, тоді:

$$[c] = 1 \cdot [\Delta_{\text{HH}}] = 1 \cdot 3,6 = 3,6 \text{ мкм.}$$

Інтервал поділки 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 більше не доцільно. Тому приймаємо  $[a] = 1 \text{ мм}$ , як найбільш поширене в практиці.

Межа вимірювання за шкалою  $[A]$  повинна перевищувати допуск  $T_{np}$ , щоб зняття показань здійснювалось без зайвих турбот. Тому приймаємо:

$$[A] = 2 \cdot T_{np} = 2 \cdot 30 = 60 \text{ мкм.}$$

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

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

Вимірювальна умова  $P_{yc}$  обумовлюється характером контролюючих поверхонь при вимірюванні, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Значення вимірювального зусилля було прийнято в попередній роботі, отже приймемо його як допустимий  $[P_{yc}] = 5 \text{ Н}$ .

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 засоби вимірювання  $[q]$  (%).

Імовірність безвідмовної роботи  $[q] = 85\%$ , виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальної промисловістю.

Кількість вимірювальних циклів дорівнює 1500 циклів (вимір деталей протягом 5 років). Отже приймаємо  $[K] = 1500$  циклів.

Згідно сталим цінами на контрольно-вимірювальні засоби, встановимо витрати на придбання СІ:  $[C] = 250$  грн.

Пошук засобу вимірювання по заданим обмеженням.

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

Здійснюємо пошук засобу вимірювання за таблицями ричажно-зубчастих вимірювальних головок. Пошук здійснюємо відповідно до паспортів й каталогів технічних характеристик для важільно-зубчастих та інших вимірювальних головок. Для уникнення необхідності застосування важельних механізмів застосуємо індикатор з рухомою ніжкою, яка може повертатися в просторі для здійснення контролю. Найбільш близьким за показниками для контролю торцевого биття буде використання індикаторної головки TESA Lateral 01810013, з наступними параметрами:  $A = 400$  мкм,  $B = 2$  мм,  $P_{yc} = 2$  Н,  $\Delta P_{yc} = 0,7$  Н,  $W = 1$  мкм,  $K = 165000$ ,  $q = 95\%$ ,  $C = 1800$  грн.

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

$$\begin{aligned} \Delta_{ин} = 3 \text{ мкм} < |\Delta_{ин}| = 3,6 \text{ мкм}; & c = 2 \text{ мкм} < |c| = 3,6 \text{ мкм}; a = 2 \text{ мм} > |a| = 1 \text{ мм}; \\ A = 400 \text{ мкм} > |A| = 60 \text{ мкм}; & B = 2 \text{ мм} > |B| = 1 \text{ мм}; P_{yc} = 2 \text{ Н} < |P_{yc}| = 5 \text{ Н}; \\ \Delta P = 0,7 \text{ Н} < |\Delta P| = 1 \text{ Н}; & W = 1 \text{ мкм} < |W| = 2 \text{ мкм}; K = 165000 > |K| = 1500; \\ q = 95 \% > |q| = 85 \% ; & C = 200 \text{ грн.} < |C| = 250 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Пошук здійснюємо відповідно до паспортів й каталогів технічних характеристик для важільно-зубчастих та інших вимірювальних головок. Найбільш близьким за показниками для контролю торцевого биття буде використання індикаторної головки TESA Lateral 01810013, що має такі метрологічні характеристики:

Інші індикаторні головки мають надлишкову точність та меншу надійність. Тому остаточно вибираємо індикатор TESA Lateral 01810013.

Розробка кінематичної схеми КВП.

На схемі в спрощеному вигляді зображені основні механізми (функціональні вузли) КВП. Схема дає поняття про характер переміщення, граничні положення, видах зв'язків. Кінематична схема зображена на рис. 2.22.

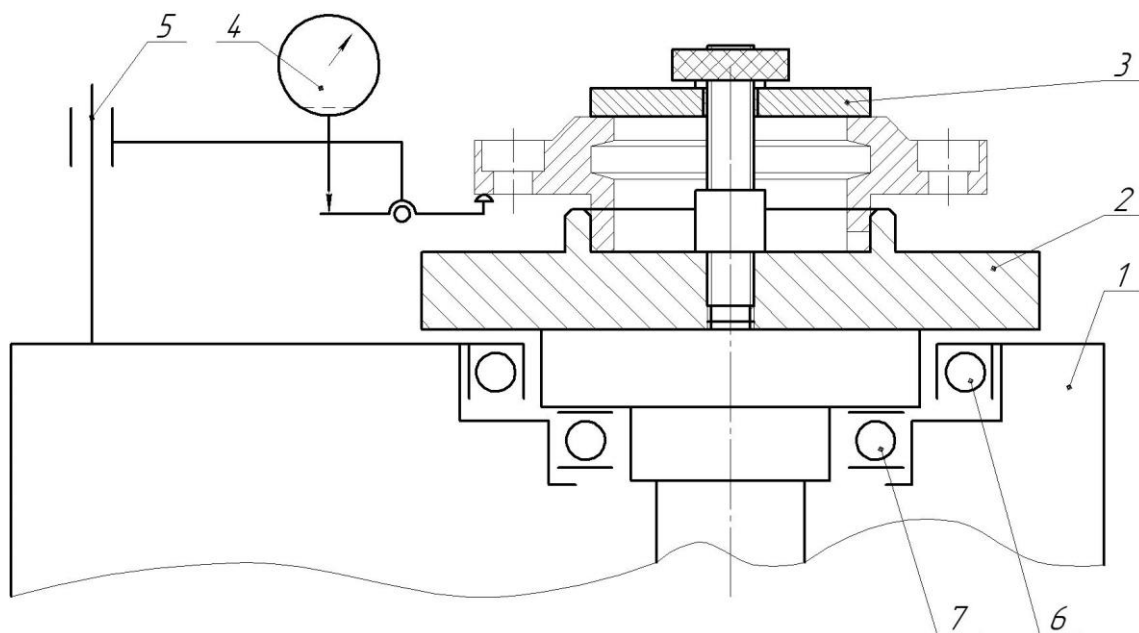


Рисунок 2.22 – Принципова схема контролю торцевого биття:

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.

Наведемо ескіз функціонального вузла обертання деталі (рис. 2.24, 2.25), згідно з принциповою кінематичною схемою і схемою розміщення елементів ЗВТ 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 збірки посадки. На рисунку 2.24 в конструкції приймемо два наполегливіх і один радіальний кулькові підшипники різних розмірів, а на рисунку 2.25 два радіально-упорних підшипника з конічними роликами для того, щоб вибрати люфти.

Як видно з рисунка 2.22 функціональна одиниця містить досить велику кількість оригінальних деталей, підшипників, а також складну конструкцію вала і корпусу в порівнянні з функціональним вузлом, зображеним на рисунку 2.23. На рисунку 2.23 корпус має наскрізний отвір, а вал всього лише два ступені, також два підшипника замість трьох, як в першому випадку.

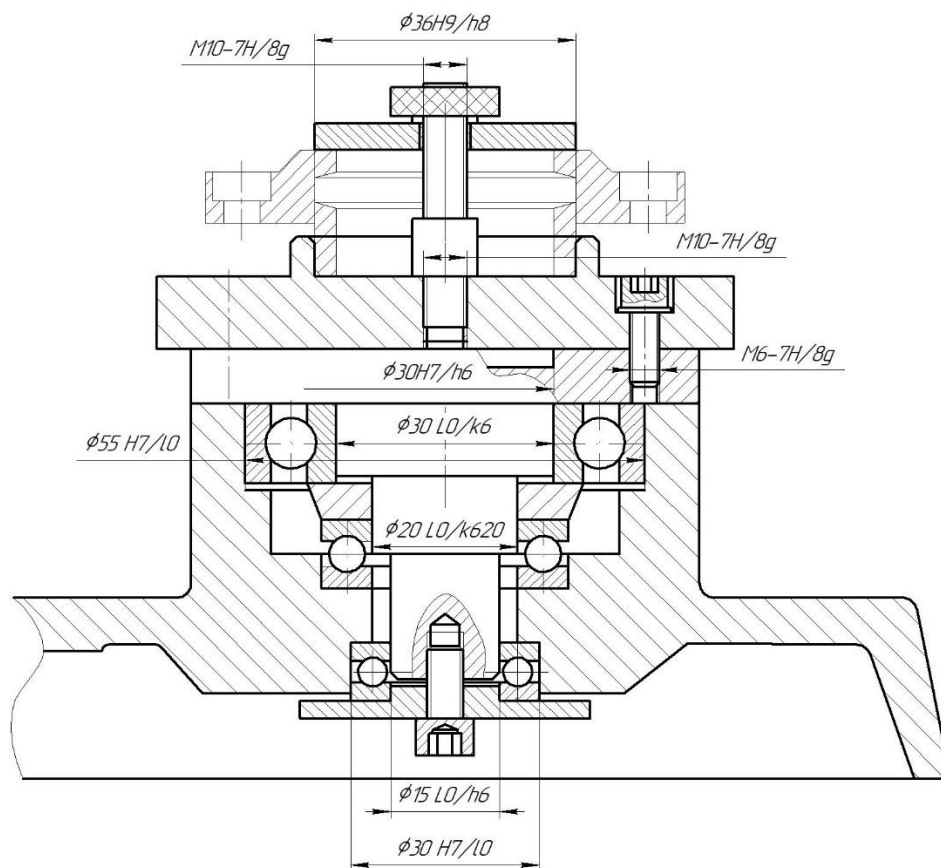


Рисунок 2.23 – Ескіз функціонального вузла з радіальними і упорними підшипниками

Контроль параметра – торцевого биття, буде забезпечений в обох випадках з достатньою точністю, так як осьове биття більшого упорного підшипника 1,8 мкм, а радіально-упорного 2 мкм (при торцевому битті контрольованої поверхні 60 мкм), тому як більш технологічний варіант приймаємо другий ескіз функціонального вузла, зображений на рисунку 2.24.

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.

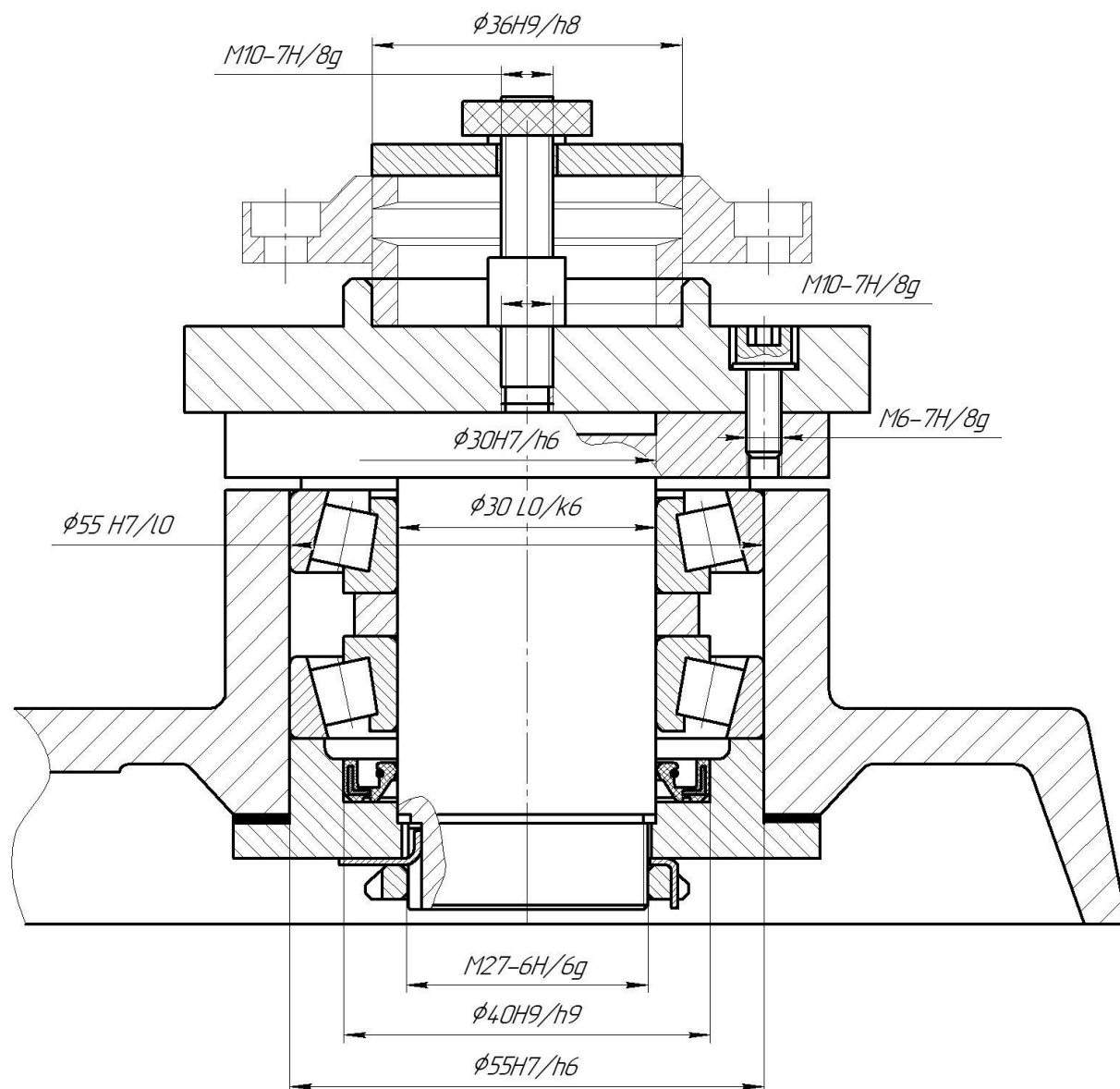


Рисунок 2.24– Ескіз функціонального вузла з радіально-упорними підшипниками  
А для цього необхідно, щоб сумарна фактична похибка вимірювання КВП не перевищувала допустиму похибку вимірювання:

$$\Delta_{\phi} \leq [\Delta_{ИЗМ}] \quad (2.32)$$

Фактична похибка КВП визначається за формулою:

$$\Delta_{\phi} = \sqrt{\Delta_{ИИ}^2 + E^2 + \Delta_{\Theta}^2 + \Delta_{\gamma C}^2 + \Delta_t^2 + \Delta_p^2}, \quad (2.33)$$

де  $\Delta_{инн} = 3$  мкм – похибка засобу вимірювання;

$E$  – похибка установки;

$\Delta_9 = 0$  – похибка міри або еталона, так як при контролі беремо еталон;

$\Delta_{yc}$  – 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;

$\Delta_p$  – похибка передавальних пристроїв.

Похибка установки визначається як:

$$E = \sqrt{E\delta^2 + E\epsilon^2 + E\eta^2}, \quad (2.34)$$

де  $E_\delta = 0$  – похибка базування, визначена в пункті 2;

$E_\epsilon = 0$  – похибка закріплення, яка дуже мала, тому що сила закріплення дорівнює приблизно 10Н, що при тиску через шайбу швидкозмінний практично не вплине на деталь, так як її твердість за кресленням 179НВ;

$E_{\eta}$  – неточності виготовлення елементів пристрою.

Неточності виготовлення елементів пристосування визначаємо за формулою:

$$E_{\eta} = \sqrt{E_{\eta 1}^2 + E_{\eta 2}^2}, \quad (2.35)$$

де  $E_{\eta 1} = 2$  мкм – похибка, що виникає внаслідок осьового биття в радіально-упорних підшипниках 7212 ГОСТ 27635-87, клас точності 0 [15], яка безпосередньо впливає на показання при контролі торцевого биття;

$E_{\eta 2} = 0$  – похибка, що виникає внаслідок неточності розташування індикатора щодо контрольованої деталі, похибкою можна знехтувати оскільки вимірювання відносні;

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

Похибка установки:

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

Похибка вимірювального зусилля визначаємо за формулою:

$$\Delta \delta \tilde{n} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{2^2}{5}} = 0,323 \text{ мкм.}$$

Так як в конструкції КВП не має ричага, то  $\Delta_{P4} = 0$ .

Фактична похибка КВП:

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

$\Delta_{\Phi} = 3,62 \text{ мкм} < \Delta_{\text{ИЗМ}} = 6 \text{ мкм}$  - отже показання КВП достовірні.

Визначення впливу похибок вимірювання на результати контролю.

Для визначення впливу похибок вимірювання на результати контролю необхідно встановити залежності між похибкою вимірювання, ймовірністю неправильного приймання бракованих деталей  $m$  і відбракування придатних деталей  $n$ , ймовірнісною величиною граничного виходу розміру за межу поля допуску  $C$  у неправильно прийнятих деталях і коефіцієнтом точності методу вимірювання:

$$k = [\Delta_{\text{ИЗМ}}] / T_{np} = 6 / 30 = 0,2 .$$

Отже при  $k = 0,2$  з таблиці [13] вибираємо імовірнісні граничні кількості неправильно розбракованих деталей і величин виходу за межі поля допуску величина виходу розміру за межі поля допуску,  $C = 8\%$ , при допуску 60 мкм:

$$C = 0,08 \cdot 60 = 4,8 \text{ мкм;}$$

Кількість неправильно прийнятих деталей при контролі коливань розмірів  $m = 1,6\%$ , при кількості перевірених деталей за 5 років 5 N рік = 1500 штук

$$m = 0,016 \cdot 1500 = 24 \text{ шт.};$$

Кількість неправильно забракованих деталей при контролі коливань розмірів  $n = 2\%$ , при кількості перевірених деталей за 5 років

$$n = 0,02 \cdot 1500 = 30 \text{ шт.}$$

Техніко-економічний ефект від застосування КВП.

В даному пункті відзначимо лише те, що КВП для контролю заданого параметра на підприємстві не має, отже спроектований КВП, який відноситься до II групи складності (включаючи в себе 35 деталей), вартість якого дорівнює приблизно 450 грн. Буде виправданим рішенням.

Розробка технічних вимог на виготовлення КВП.

Введення в виробництво більш досконалого засобу 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 та проставимо їх на креслення.

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

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

## **2.10 Техніко-економічне обґрунтування запропонованого технологічного процесу**

Зіставлення собівартості технологічного процесу шляхом докладного розрахунку робимо по одній операції обробки деталі, а саме свердлильної з ЧПК.

Економічна ефективність запроєктованого технологічного процесу визначається шляхом економічного порівняння обраного варіанту технологічного процесу з базовим (заводським) варіантом. Вихідні дані для економічного порівняння зведені в таблицю 2.8.

Розрахунок технологічної собівартості.  
Вартість основного матеріалу.

$$C_{OM} = Q \cdot C_M - q \cdot C_O \quad (2.31)$$

де  $Q$  – норма витрати матеріалу;

$C_M$  – ціна матеріалу;



$q$  – вага реалізованих відходів;

$C_0$  – ціна відходів.

- по базовому варіанту  $Q = 2,5$  кг

$$C_{OM} = 2,5 \cdot 30 - 1,4 \cdot 6 = 6,66 \text{ грн};$$

- по проектуваному варіанту  $Q = 1,5$  кг

$$C_{OM} = 1,5 \cdot 30 - 0,4 \cdot 6 = 4,26 \text{ грн}.$$

Таблиця 2.8 – Вихідні дані

Вихідні дані	Од. вим.	Базовий варіант	Проектований варіант
		Вертикально- свердлильна	Свердлильна зЧПК
Річна програма	шт.	300	300
Обладнання:			
модель		2Н135	FADAL 2216FX
кількість		1	1
коефіцієнт завантаження		0,35	0,9
вартість одиниці обладнання	грн	100000	500000
сумарна встановлена потужність електродвиг	кВт	8	8
Ріжучий інструмент:			
найменування		Свердла	Свердла
кількість	шт.	2	2
вартість одиниці або комплекта	грн.	100	100
Штучний час на операцію	хв.	8,9	1,1
Машинний час	хв	4,8	0,57
Чисельність робітників	чел	1 на верстат	1 на верстат
Розряд роботи		4	3
Виробнича площа, займана одиницею обладнання	м <sup>2</sup>	4,2	5,1

Основна і додаткова зарплата виробничого робітника

$$Z_P = C_{\text{ч}} \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \frac{t_{\text{шт}}}{60} \cdot K_{\text{МН}} \quad (2.32)$$

де  $C_{\text{ч}}$  – годинна тарифна ставка відповідного розряду;

$\kappa_1 = 1,4$  – коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату;

$\kappa_2 = 1,375$  – відрахування на соціальне страхування;

$t_{\text{шт}}$  – штучний час на операцію;

$K_{\text{МН}} = 1$  – коефіцієнт багатостатного обслуговування;

- по базовому варіанту:

$$Z_{\text{ТОК}} = 51,64 \cdot 1,4 \cdot 1,375 \cdot \frac{8,9}{60} \cdot 1 = 48,26 \text{ грн.}$$

- по проектуваному варіанту:

$$Z_{\text{ТОК}} = 31,64 \cdot 1,4 \cdot 1,375 \cdot \frac{1,1}{60} \cdot 1 = 16,46 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування по обладнанню

$$A_O = \frac{(1,1 \div 1,15) \cdot S_O \cdot A_n}{N_{\text{год}} \cdot 100} \cdot \eta \quad (2.33)$$

де  $S_O$  – вартість одиниці обладнання;

$\eta = 0,6$  – понижуючий коефіцієнт;

$A_n = 24$  – норма амортизаційних відрахувань на реновацію;

$N_{\text{год}} = 150$  – річна програма випуску;

$$A_O^B = \frac{1,1 \cdot 100000 \cdot 24 \cdot 1}{150 \cdot 100} \cdot \frac{0,032}{0,35} = 6,44 \text{ грн.};$$

$$A_O^{Pr} = \frac{1,1 \cdot 500000 \cdot 24 \cdot 1}{150 \cdot 100} \cdot \frac{0,011}{0,8} = 2,25 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт обладнання (Р).

Приймають Р в розмірі 80% від амортизаційних відрахувань на реновацію.

$$P^b = 6,44 \cdot 0,8 = 3,55 \text{ грн.};$$

$$P^{Ip} = 2,25 \cdot 0,8 = 1,8 \text{ грн.}$$

Витрати на силову електроенергію.

$$\mathcal{E} = [0,25 \cdot N_y \cdot (t_{\text{ИТ}} - t_{\text{МАШ}}) + (0,5 \dots 0,8) N_y \cdot t_{\text{МАШ}}] \frac{S_d}{60} \quad (2.34)$$

де  $N_y$  – потужність електродвигунів;

$S_d = 2,8$  – вартість 1 кВт • год електроенергії;

0,5...0,8 – коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності устаткування в процесі різання;

0,25 – коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності, що витрачається при холостій роботі обладнання;

$$\mathcal{E}_B = [0,25 \cdot 22 \cdot (8,9 - 4,8) + 0,5 \cdot 22 \cdot 4,8] \cdot \frac{0,8}{60} = 115,11 \text{ грн.};$$

$$\mathcal{E}_{Ip} = [0,25 \cdot 22 \cdot (1,1 - 0,57) + 0,5 \cdot 22 \cdot 0,57] \cdot \frac{0,8}{60} = 61,31 \text{ грн.}$$

Витрати на різальний інструмент.

$$Z_{\text{И}} = \frac{(S_{\text{И}} + S_{\text{М}} \cdot n) \cdot t_{\text{МАШ}} \cdot k_{\text{УБ}}}{T_{\text{СТ}} \cdot (n+1)} \quad (2.35)$$

де  $S_{\text{И}}$  – вартість інструменту;

$S_{\text{М}}$  – вартість переточки;

$n$  – число переточувань до повного зносу;

$k_{\text{УБ}} = 1,1$  – коефіцієнт, що враховує випадкову втрату;

$T_{\text{СМ}}$  – стійкість інструменту між двома переточуваннями;

$$I_H^B = \frac{(45 + 10,68 \cdot 13) \cdot 35,8 \cdot 1,1}{60 \cdot (13+1)} = 3,57 \text{ (грн);}$$

$$I^{Pr} = \frac{(45+10,68 \cdot 13) \cdot 12,65 \cdot 1,1}{60 \cdot (13+1)} = 1,26 \text{ грн.}$$

Витрати на допоміжні матеріали.

$$B_M = \frac{M \cdot n}{N_{год}} \quad (2.36)$$

де  $M = 280$  грн – річні витрати на допоміжні матеріали;

$n$  – кількість одиниць обладнання;

- по базовому варіанту:

$$B_M = \frac{280 \cdot 1}{150} \cdot \frac{0,032}{0,75} = 0,11 \text{ грн.}$$

- по проектуваному варіанту:

$$B_M = \frac{280 \cdot 1}{150} \cdot \frac{0,011}{0,78} = 0,04 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання виробничої площі.

$$C_{II} = \frac{S_{II} + k \cdot n \cdot P}{N_{год}} \quad (2.37)$$

де  $S_{II}$  – площа, займана одиницею обладнання;

$k = 2,5$  – коефіцієнт, що враховує додаткову площу під проходи і проїзди;

$P = 200$  грн – річна норма витрат з утримання  $1 \text{ м}^2$  виробничої площі;

$$C_{II}^B = \frac{4,2 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 200}{150} \cdot \frac{0,032}{0,75} = 4,79 \text{ грн.}$$

$$C_{II}^{Pr} = \frac{5,1 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 200}{150} \cdot \frac{0,011}{0,78} = 5,46 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Результати розрахунків технологічної собівартості

№ п/п	Найменування елементів витрат	Базовий варіант	Проектований варіант
1	Вартість основного матеріалу, грн	-	-
2	Основна і додаткова зарплата виробничого робітника $Z_p$ , грн	48,26	16,46
3	Амортизаційні відрахування по обладнанню $A_O$ , грн	4,44	2,25
4	Витрати на ремонт обладнання $P$ , грн	3,55	1,8
5	Витрати на силову електроенергію $\mathcal{E}$ , грн	115,11	61,31
6	Витрати на різальний інструмент $I_H$ , грн	3,57	1,26
7	Витрати на допоміжні матеріали $B_M$ , грн	0,11	0,04
8	Витрати по утриманню виробничої площі $C_{II}$ , грн	4,79	5,46
	Всього, грн	179,83	88,58

Розрахунок капітальних витрат за варіантами

Капітальні витрати на обладнання:

$$K_{OB} = (1,1 \div 1,15) \cdot S_{OB} \cdot n, \quad (2.38)$$

де  $S_{OB}$  – вартість одиниці обладнання, грн.;

1,1÷1,15 – коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування і монтаж;

$n$  – кількість одиниць обладнання на даній операції, шт.

$$K_{OB}^B = 1,1 \cdot 100000 \cdot 1 = 110000 \text{ грн.};$$

$$K_{OB}^{Pr} = 1,1 \cdot 500000 \cdot 1 = 550000 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати на будівлю:

$$K_{3Д} = S_{ПЛ} \cdot K \cdot n \cdot h \cdot C_{3Д}, \quad (2.39)$$

де  $S_{ПЛ}$  – виробнича площа, займана одиницею обладнання;

$K=2,5\text{м}^2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу під проходи;

$n$  – кількість одиниць обладнання на даній операції, шт.;

$h$  – висота будівлі, м ;  $h= 7,2$  м;

$C_{3Д}$ – вартість 1 м<sup>3</sup> будівлі;  $C_{3Д}=200$  грн.

$$K_{3Д}^B = 7,58 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 7,2 \cdot 200 = 27288\text{грн.};$$

$$K_{3Д}^{Пр} = 9,57 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 7,2 \cdot 200 = 34452\text{грн.}$$

Разом капітальні витрати за варіантами:

$$K_{\bar{o}}^B = K_{OB}^B + K_{3Д}^B = 110000 + 27288 = 137288\text{грн.};$$

$$K_{\bar{o}}^{Пр} = K_{OB}^{Пр} + K_{3Д}^{Пр} = 165000 + 34452 = 199452\text{грн.}$$

Розрахунок річного економічного ефекту

Річний економічний ефект:

$$\Delta z = (C_{баз} \cdot N_{год} + E_n \cdot K_{баз}) - (C_{пр} \cdot N_{год} + E_n \cdot K_{пр}), \quad (2.40)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, що дорівнює 0,15.

$$\Delta z = (179,83 \cdot 150 + 0,15 \cdot 137288) - (88,53 \cdot 150 + 0,15 \cdot 199452) = 4881 \text{ грн.}$$

Можна зробити висновок, що впровадження нових засобів виробництва є ефективним.

## 2.11 Висновок

Таким чином у розділі удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка підшипника» у якості заготовки був прийнятий виліток у кокіль, так як вона більш економічно вигідна, ніж лиття у піщані форми.

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.

Виконано аналіз схем базування та закріплення заготовки на операціях із визначенням похибок базування. Розраховано припуски аналітичним способом на найбільш точну поверхню, призначенні верстати, оснащення, режими різання та виконано технічне нормування операцій.

Спроектований верстатний пристрій для свердлильної із ЧПК операції з пневматичним приводом, що дозволяє скоротити допоміжний час та підвищити надійність процесу. Також виконана розробка контрольно-вимірювального пристрою для контролю торцевого биття з обґрунтуванням і точнісними розрахунками.

Виконаний розрахунок економічного ефекту від впровадження нового обладнання на операції 035 свердлильна з ЧПК, який склав 4881 гривню на рік, що зі зростанням вартості електроенергії і матеріалів буде збільшуватись і надалі.

## РОЗДІЛ 3 НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1. Важливість контрольно-вимірювальних пристроїв у виробництві

Контроль якості виробів дуже важливий у сучасному приладобудуванні. Особливо велика роль контролю під час виробництва за принципом повної взаємозамінності. Застосування універсальних вимірювальних інструментів і калібрів малопродуктивно, але завжди забезпечує потрібну точність і зручність контролю. Контрольні пристрої підвищують продуктивність праці контролерів, покращують умови їх роботи, підвищують якість та об'єктивність контролю. Контрольні пристрої застосовують для перевірки заготовок, деталей і вузлів машин. Пристрої для контролю деталей застосовують на проміжних етапах обробки (міжопераційний контроль) і для остаточного приймання, виявляючи точність розмірів, взаємного положення поверхонь і правильність їхньої геометричної форми [22].

Висока точність сучасних машин зумовлює використання в контрольних пристроях вимірювачів високої точності і важливість правильного вибору принципової схеми та конструкції пристосування для контролю. Підвищення точності вимірювання може призвести до ускладнення та подорожчання пристосування та зниження його продуктивності. Для перевірки невеликих і середніх деталей застосовують стаціонарні контрольні пристосування, а для великих - переносні. Поряд з одномірними знаходять широке застосування багатовимірні пристосування, де за одну установку перевіряють кілька параметрів. Контрольні пристрої повинні забезпечувати задану точність і продуктивність контролю, бути зручними в експлуатації, простими у виготовленні, надійними при тривалій роботі та економічними.

При проектуванні машин одним з основних критеріїв якості є співвідношення між витраченою енергією і корисною роботою, а у приладу основним критерієм якості є достовірність отриманої оператором інформації, характеристика тих спотворень інформації, які виникають при прийомі, зберіганні, переробці та видачі інформації, даним приладом. У показники точності приладу у всіх випадках входять основні показники його технічного рівня та якості, а необхідна точність



визначається призначенням приладу. У приладів слід розрізняти ті спотворення інформації, які спостерігаються при введенні інформації в прилад внаслідок наявності перешкод - "шумів" [23]. Ці перешкоди у ряді випадків є похибками методу прийому інформації (методу виміру). Здебільшого прямо чи опосередковано вони залежить від прийнятого під час проектування принципу дії приладу. Спотворення інформації відбувається і в самому приладі при зберіганні та перетворенні інформації (інструментальна похибка). Ці спотворення можуть бути пов'язані з прийнятим при проектуванні принципом роботи приладу, його схемою; наприклад, при застосуванні тангенсного або синусного механізмів для перетворення поступального руху у обертальне або внаслідок округлення до заданого знака одержуваних значень величин (дискретності значень).

Такі теоретичні похибки схеми зумовлюються наявністю технічних та економічних факторів, які змушують проєктанта прийняти саме таке рішення розробки приладу. Однак, в основному, ці похибки визначаються точністю виготовлення елементів приладу, заданої при розробці. Третю групу похибок становлять похибки, пов'язані з умовами експлуатації – тиском, температурою, вологістю тощо. Значення цих похибок також може бути зменшено застосуванням конструктивних заходів - вибором відповідної схеми, що виключає, наприклад, вплив зміни тиску або температури, вибором матеріалів, що мають низькі коефіцієнти лінійного розширення і т.п. Нарешті, до четвертої групи похибок ставляться похибки оператора – неправильний прийом виданої приладом інформації. Значення цих похибок багато в чому залежить від природних даних оператора, як загальнолюдських, і особистих. Разом з тим воно залежить від методу видачі інформації приладом, його принципу дії, конструкції, які можуть бути в процесі проектування більшою чи меншою мірою пов'язані з можливостями прийому інформації, оператором. Відомо, наприклад, що вимірювальний прилад з цифровим відліковим пристроєм дозволяє збільшити швидкість прийому інформації в 5...10 разів у порівнянні з приладом, що видає результат на шкалу, а тим самим при обмеженому часі прийому або порівняно високої щільності зменшити похибку оператора [24]. Те саме можна сказати і про

прилади, що мають на виході реєструвальні пристрої, що дозволяють оператору самому регулювати швидкість прийому інформації.

До особливостей проектування приладів відноситься наявність цілого ряду технологічних обмежень, що накладаються на елементи приладу за умов порівняно малих розмірів цих елементів. Так наприклад, обмежується застосування деяких видів передач (ланцюгових, конічних, зубчастих, черв'якових), деяких видів підшипників, ущільнювальних пристроїв, деяких видів з'єднань (шліцевих, шпонкових) та ін. Накладаються також обмеження на форму елементів, висувається вимога спрощення конфігурації деталей - виключаються припливи, бобишки, ребра, щаблі, обмежується застосування деяких технологічних процесів, наприклад, дугового зварювання, лиття. Важким стає забезпечення точності деталей, наприклад забезпечення високих ступенів точності зубчастих передач. Є ще й інші обмеження [26].

Одночасно з'являється можливість застосування конструкцій, характерних тільки для малих розмірів виробів – годинного зачеплення в зубчастих передачах, пружинного приводу, опор на кернях, що направляють на плоских пружинах, з'єднань керненням та ін. Так, наприклад, у приладобудуванні найчастіше знаходять застосування порівняно дорогі матеріали – благородні метали та каміння, набагато ширше 9 застосовуються кольорові метали та спеціальні сплави, кераміка та скло, пластмаси. Це пов'язано в першу чергу з необхідністю забезпечити експлуатаційні характеристики деталей, яких у ряді випадків пред'являються дуже високі вимоги. Наприклад, напруги в опорах на кернях досягають значень близько 2000...5000 МПа, які допускаються тільки при застосуванні як матеріал опори каменів - рубіну, корунду. Крім того, частка вартості матеріалів у вартості матеріалів у приладобудуванні становить 2...10% проти 30...50% у машинобудуванні, і застосування дорогих матеріалів порівняно частіше окупається їх вищими експлуатаційними властивостями або їх технологічністю. У приладах розрахункові корисні навантаження часто дуже незначні, іноді формально рівні нулю, у той час як випадкові, наприклад, при транспортуванні виробів досягають значень, що істотно впливають на міцність деталей. Необхідно також передбачати виникнення випадкових

навантажень, викликаних впливом оператора, недбалістю звернення (падінням приладу), значення яких важко обмежити та ін.

Авторами статті [27] проведені дослідження в галузі проектування контрольних пристроїв та запропоновано використовувати принцип «форми затискних елементів» та величини сил закріплення, для визначення їх оптимального місця положення на деталі та залежно від цього оптимальну величину сили закріплення при контролі. Результатом є розроблення програмних додатків, що дозволяють з'єднувати даний алгоритм із бібліотеками затискних елементів та проводити підбір або автоматизоване проектування затискних елементів з параметрами під конкретну деталь.

У роботах [28–30] авторами розроблена скінченноелементна модель контрольного пристрою із деталлю, що дозволяє визначати похибки поверхонь деталі залежно від точності контролю та проводити їх автоматизовану оптимізацію. При цьому модель враховує зміну коефіцієнта тертя між пристроєм та деталлю у результаті та величину мікронерівностей на контактуючих поверхнях. Крім того, у роботі [30] представлено методику та алгоритм виконання прискорених розрахунків, що знижує вимоги до оперативної пам'яті комп'ютера.

У роботі M. Vasundara et. al. [31] виконали дослідження точності установки деталей при її закріпленні у різних типах конструкцій за допомогою використання комплексу методів: скінченноелементного аналізу, штучних нейронних мереж та методології поверхні відгуку. Таким чином, виконувався підбір оптимальної конструкції контрольного пристрою, де перевага надавалась тій конструкції в якій точність установки та її зміщення найменші за інших рівних умов. Штучні нейронні мережі дозволяли суттєво прискорити розрахунки.

Аналіз літературних джерел показав, що у даний час науковці займаються розрахунками та розробкою моделей процесів взаємодії поверхонь контрольного пристрою та деталі, а також дослідженням точності установки при зміні параметрів пристрою. Вирішення питань оптимізації в основному присвячені оптимізації сил закріплення та стабільності положення деталі у процесі контролю. Проте

недостатньо уваги приділяється дослідженню жорсткості контрольних пристроїв, зниженню їх металомісткості при забезпеченні достатньої точності у межах певного діапазону розмірної групи контрольованих деталей, що є актуальною задачею. Використання контрольно-вимірювальних пристроїв дозволяє скоротити допоміжний час на контрольні операції, що може бути вигідним з точки зору собівартості продукції при невеликих партіях та частій зміні номенклатури контрольованих деталей, а зменшення їх металомісткості посилить економічний ефект.

### **3.2 Теоретичне обґрунтування вибраного методу дослідження**

Методологія визначення динамічних характеристик конструкцій за результатами резонансних випробувань їх складових частин полягає в проведенні випробувань підконструкцій, побудові математичних моделей підконструкцій за результатами випробувань, побудові повної математичної моделі всієї конструкції на підставі синтезу моделей підконструкцій, визначенні динамічних характеристик всієї конструкції по повній математичній моделі. Невідомими параметрами математичних моделей є матриці інерції, жорсткості і демпфування.

Спочатку математичні моделі підконструкцій будуються в головній системі координат за результатами експериментального модального аналізу: власним частотам, формам, узагальненим масам і характеристикам демпфірування власних тонів коливань. Потім ці моделі переводяться в фізичну систему координат, для чого використовуються такі їх властивості, як симетрія і позитивна визначеність матриць інерції і жорсткості, ортогональність форм власних коливань, позитивна визначеність матриці.

Процедура складання матриць інерції і жорсткості повної конструкції аналогічна алгоритму формування глобальних матриць в методі суперелементів. після побудови матриць інерції і жорсткості повної конструкції її власні частоти і форми власних тонів коливань визначаються з рішення задачі про власні значення. Матриця демпфірування повної конструкції будується так само, як і матриці інерції і

жорсткості, але узагальнені коефіцієнти демпфірування власних тонів коливань визначаються після рішення задачі про власні значення.

Модальний аналіз - це дослідження динамічних властивостей лінійних структур на базі структурного тестування або чисельного моделювання методом скінчених елементів. У число динамічних властивостей входять резонансні частоти (власні частоти) і структурна форма (власний тип коливань). Динамічні властивості залежать від розподілу маси, жорсткості і демпфірування на структурі і визначають поведінку структурних коливань при впливі експлуатаційних навантажень. Кожна деформація лінійної структурної системи може бути виражена як лінійна комбінація структурних форм, які утворюють ортонормовану векторну базу.

Результати модального тестування і аналізу використовуються в різних додатках для чисельного моделювання і тестування, включаючи розрахунки чутливості до вібрації, аналіз основних причин викликаних вібрацією проблем і виявлення пошкоджень, а також щоб додати гнучкість в аналіз системи багатьох тіл і прискорення розрахунків довговічності і віброакустичних властивостей.

Доцільність вирішення проблеми визначення динамічних характеристик великогабаритних конструкцій за результатами випробувань їх складових підконструкцій пояснюється двома причинами. Перша причина полягає в тому, що такі конструкції на час випробувань повинні встановлюватися на опори.

При цьому зазвичай не вдається реалізувати умови закріплення об'єкта випробувань, відповідні експлуатаційним, що може привести до великих погрешностей в оцінках характеристик власних тонів коливань. Другою причиною можуть бути великі габарити і складність конструкції в зібраному вигляді. Експериментальний модальний аналіз такої конструкції пов'язаний з труднощами [31-33].

Модальний аналіз, виконаний на базі структурного тестування або моделювання методом кінцевих елементів, допоможе:

- зрозуміти як вібрує та деформується виріб;
- приводити в відповідність та оновлювати моделі;

- прискорити розрахунки структурних, віброакустичних розрахунків і розрахунків довговічності;
- додати гнучкість в моделі аналізу багатотілих деталей.

### 3.3 Розроблення 3D – моделі контрольно-вимірювального пристрою та його модальний аналіз

Для виконання розрахунків чисельного моделювання на початковому етапі була виконана побудова 3D – моделі контрольно-вимірювального пристрою разом із деталлю (рис. 3.1). Модель будувалась з максимальним спрощенням усіх елементів з метою забезпечення більш швидких розрахунків, але при цьому не щоб не втрачалась їх точність.

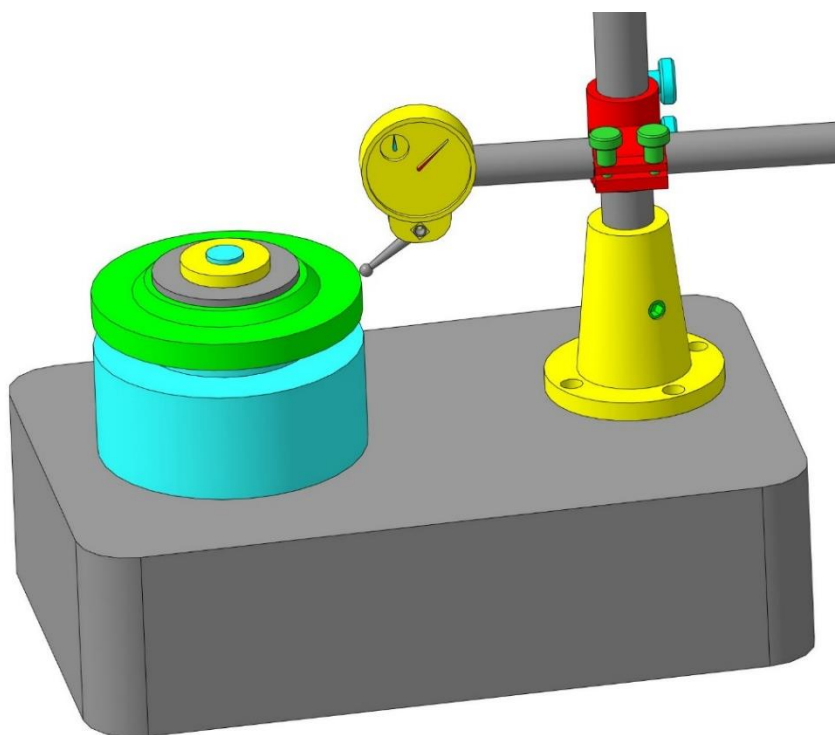


Рисунок 3.1 – Розроблений контрольний пристрій із деталлю

Для подальшого аналізу окремо було виконано збереження індикаторної стійки з метою виявлення її власних коливань і порівняння із загальними коливаннями конструкції.

Так як відділ технічного контролю знаходиться неподалік цехів або безпосередньо в цеху де відбувається виробництво деталей та наявні коливання

обладнання від роботи необхідно провести аналіз частоти власних коливань контрольно-вимірювального пристрою (КВП), щоб запобігти виникненню резонансу в процесі вимірювання тому, що це може вплинути на точність вимірювання. Для цього необхідно щоб вимірювальний пристрій міг витримувати більші частоти коливань ніж ті що можуть виникнути від верстатів при обробці. За допомогою вбудованого модуля в програмному комплексі ANSYS визначимо частоти власних коливань КВП і потім порівняємо з частотами, що можуть виникати при роботі цеху. За допомогою цих результатів буде можливість за необхідності удосконалити пристрій щоб запобігти резонансу і підвищити точність вимірювань.

Механічні властивості матеріалів, які використовуються у моделі, наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Механічні властивості матеріалів контрольного пристрою

Матеріал	Модуль пружності E, ГПа	Коефіцієнт Пуассона $\mu$	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Границя міцності при розтягуванні [ $\sigma_{\text{раст}}$ ], ГПа	Границя міцності при стисненні [ $\sigma_{\text{сж}}$ ], ГПа	Границя текучості $\sigma_T$ , ГПа
Сталь 45 ГОСТ 1050-88	200	0,3	7850	0,950	0,950	0,726

Для визначення частот власних коливань КВП умовно розділимо його на дві частини та приберемо деталь. Граничними умовами під час моделювання було закріплення КВП за нижньою поверхнею основи, що імітує встановлення на стіл ВТК, а також всі поверхні об'єднані між собою шляхом об'єднання вузлів з типом контакту «Bonded», що виключає можливі переміщення. Типи контактів «Bearing» задані в місцях установа підшипників з указанням параметрів їх жорсткості за технічними характеристиками кожного з них. Ілюстрації скінчено-елементної сітки зображено на рис. 3.2. Це робиться для отримання більш точних результатів, та більш якісного відображення можливих деформацій. На рисунках 3.3 – 3.5

зображені ілюстрації коливань стійки, а на рис. 3.6 – 3.8 наведено форми власних коливань досліджуваного вимірювального пристрою.

Аналізуючи отримані результати та величини коливань при яких відбуваються деформації можна зробити висновок, що розроблений КВП буде нормально функціонувати і коливання обладнання в цеху ніяк не вплинуть на точність вимірювання.

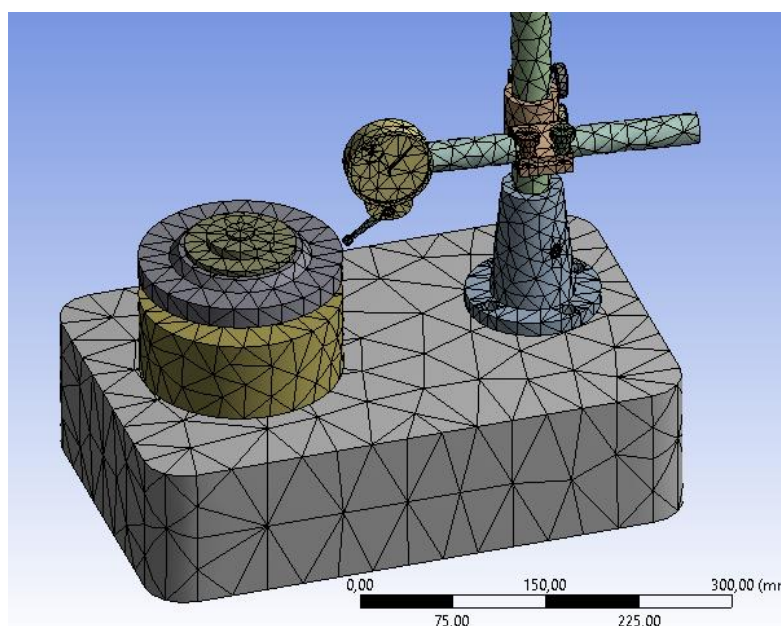


Рисунок 3.2 – Контрольно-вимірювальний пристрій із сіткою

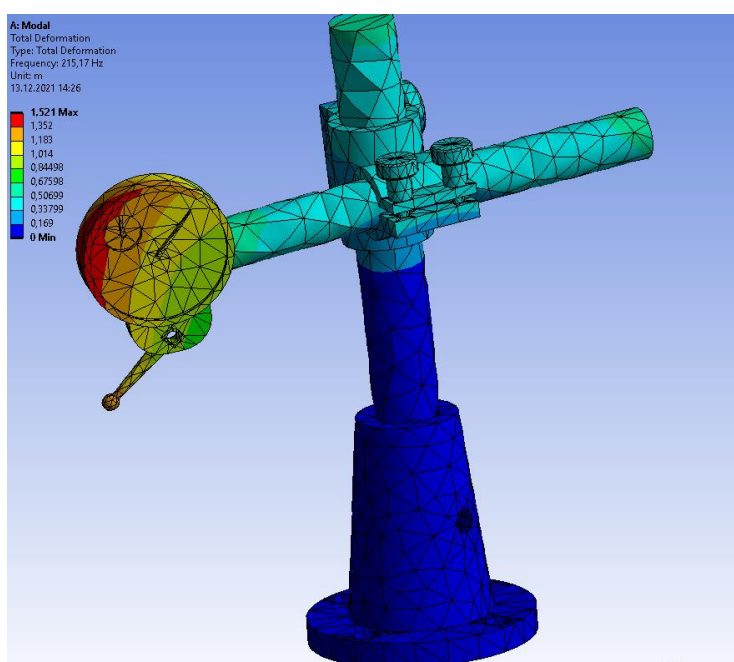


Рисунок 3.3 – Ілюстрація першої власної частоти для стійки



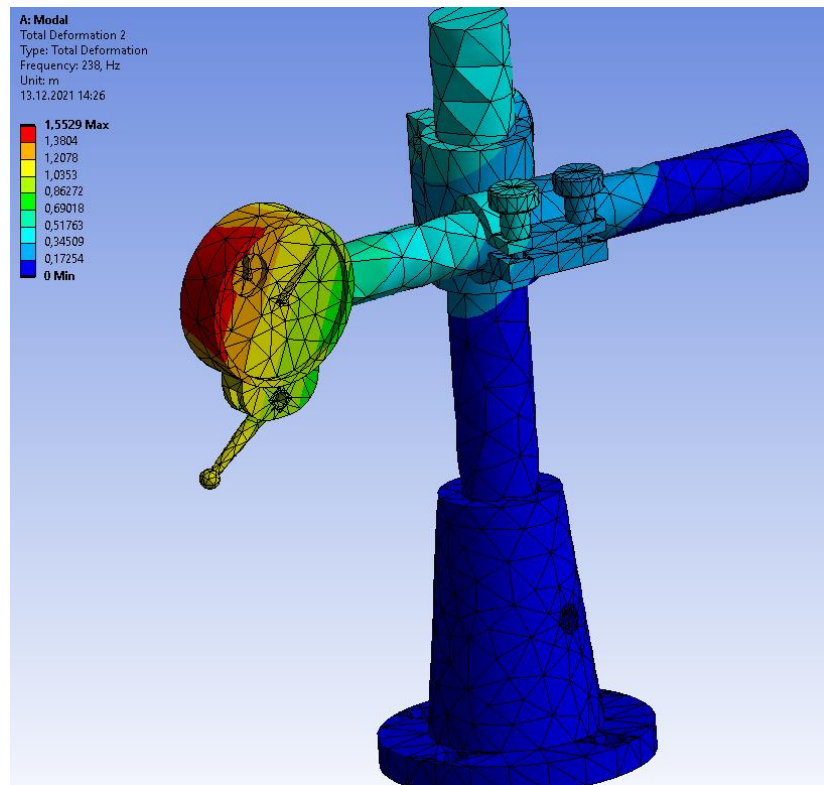


Рисунок 3.4 – Ілюстрація другої власної частоти для стійки

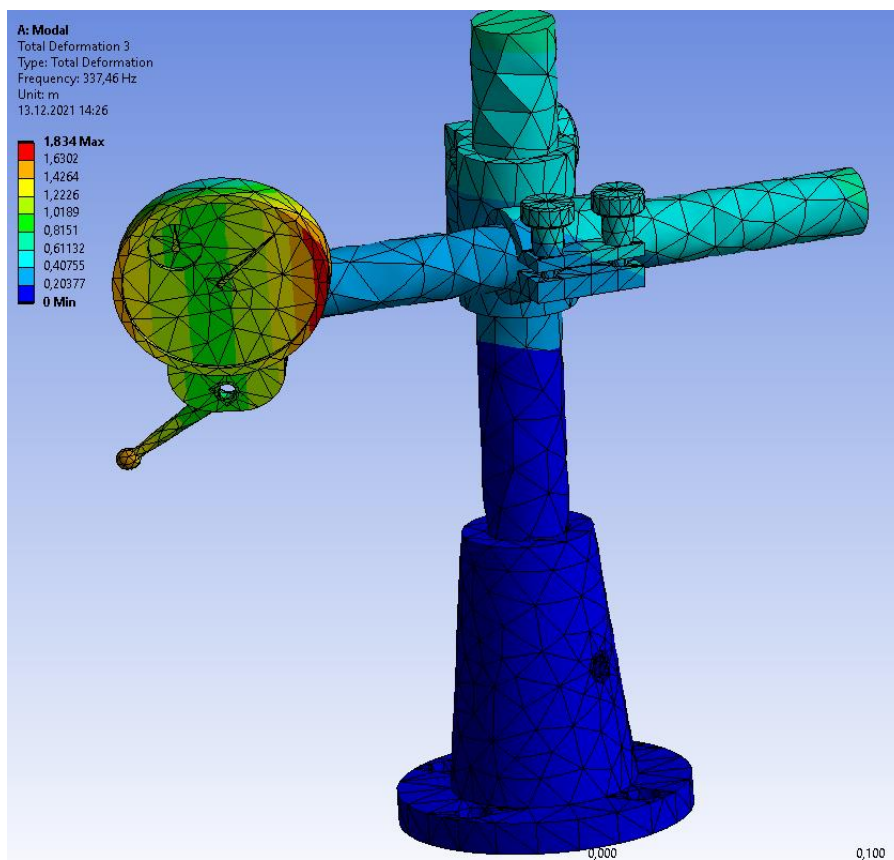


Рисунок 3.5 – Ілюстрація третьої власної частоти для стійки

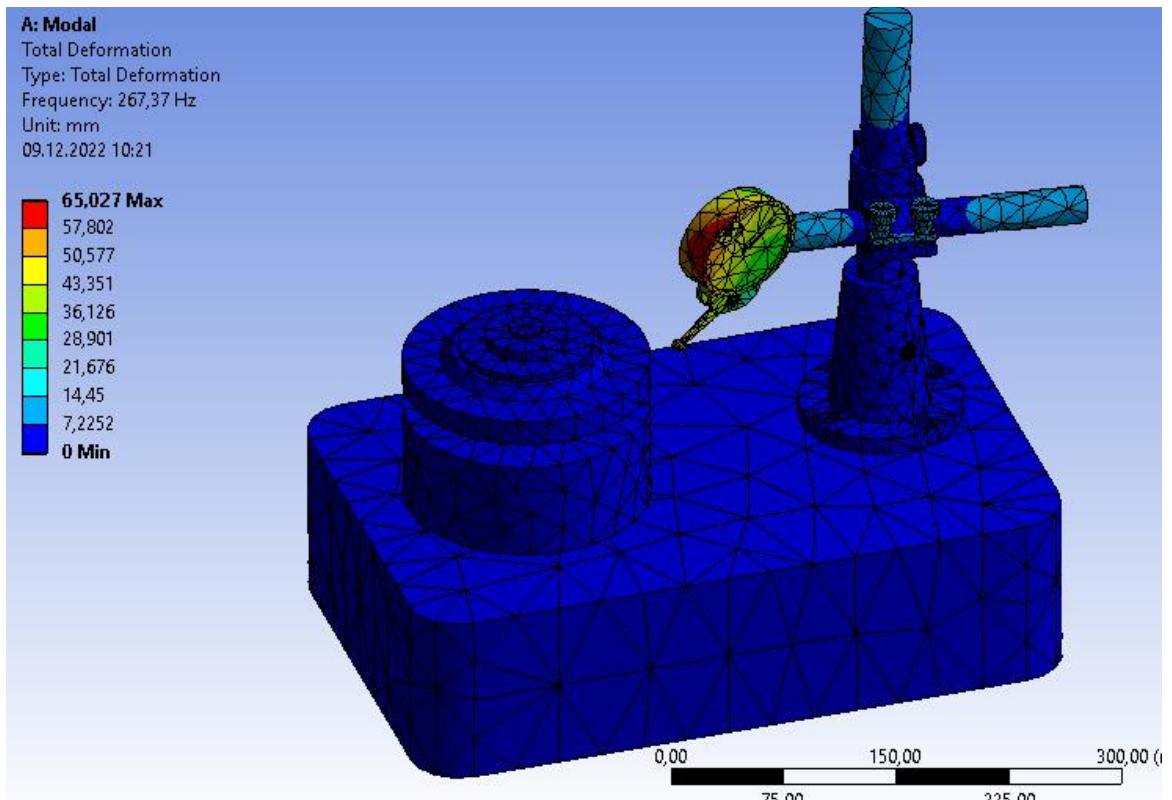


Рисунок 3.6 – Ілюстрація першої власної частоти для всього КВП

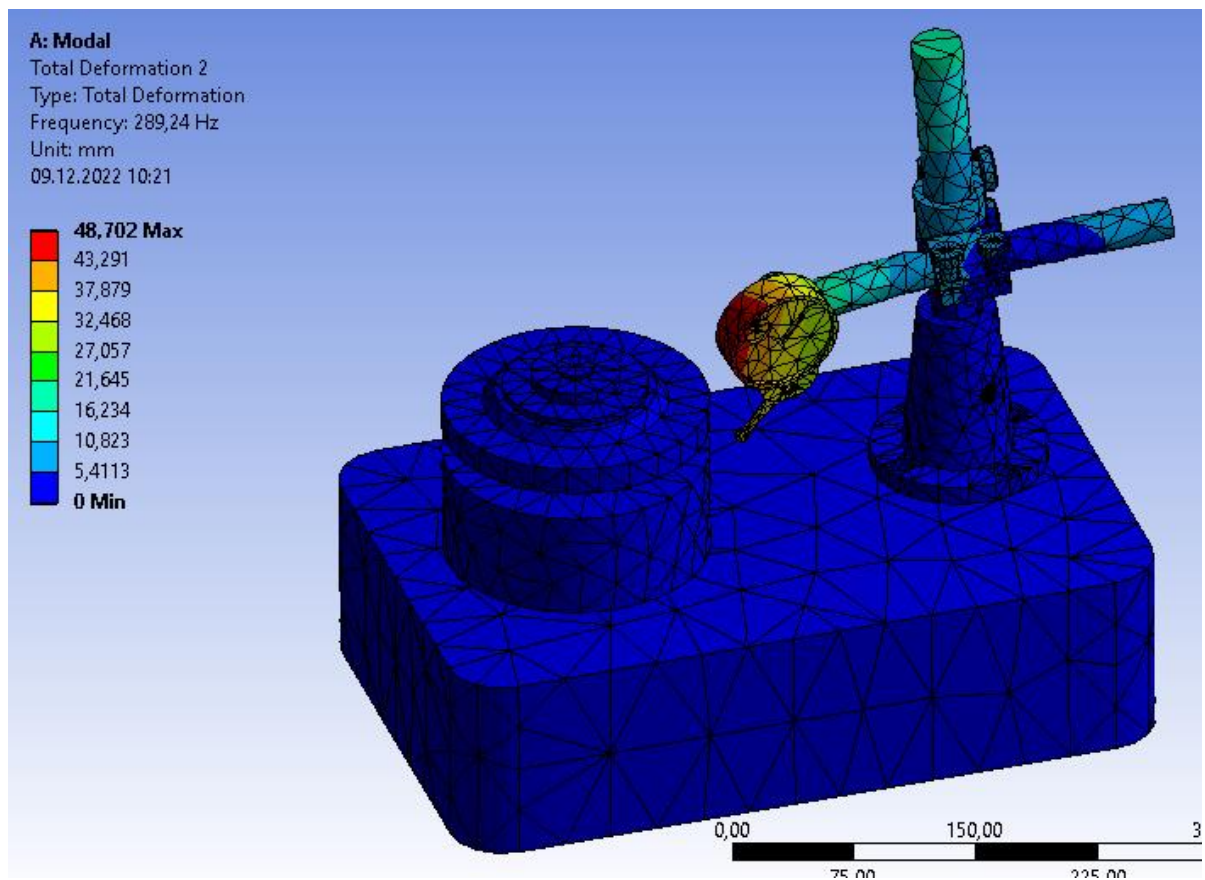


Рисунок 3.7 – Ілюстрація другої власної частоти для всього КВП

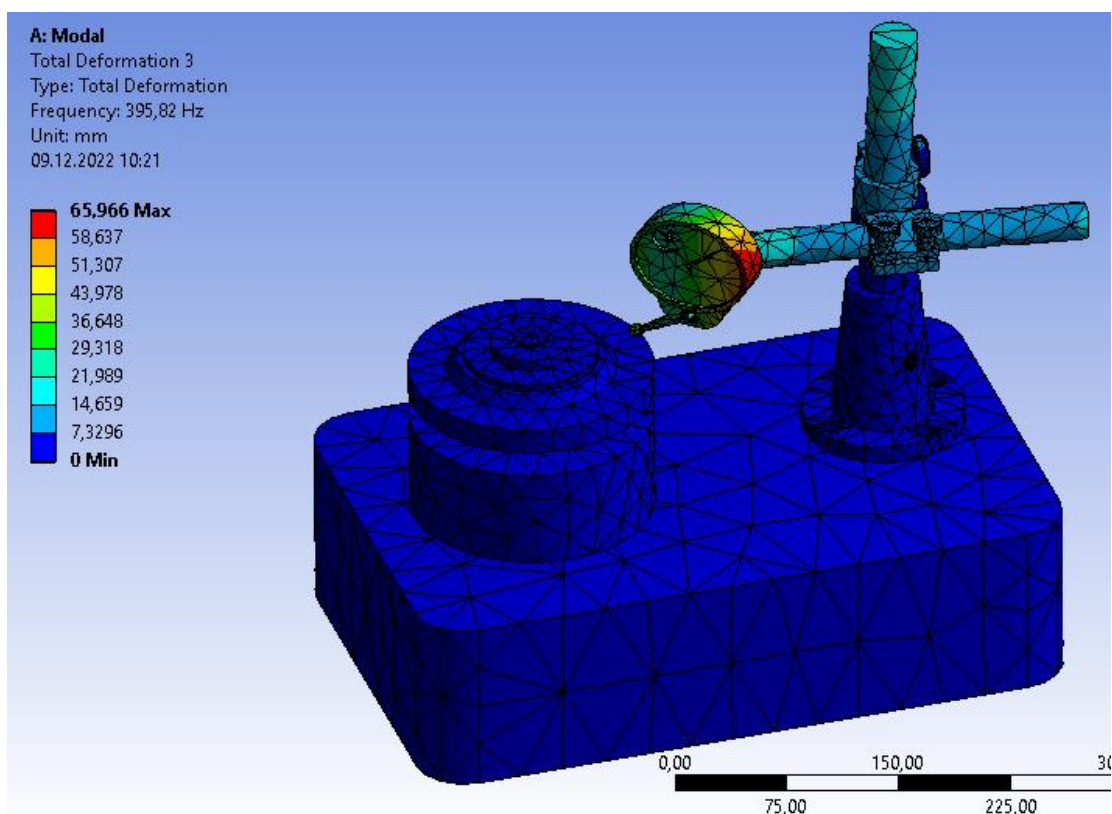


Рисунок 3.8 – Ілюстрація третьої власної частоти для всього КВП

Результати модального аналізу дозволяють зробити висновок, що розрахунки виконано вірно і модель є адекватною. Оптимізації конструкція не потребує, адже зменшення товщини стінок КВП та базових поверхонь конструктивно недоцільно через ускладнення технології виготовлення вихідних заготовок деталей КВП та зменшення його жорсткості.

### 3.4 Висновок

1. На основі методик та аналізу сучасного стану розробок в галузі проєктування та застосування контрольно-вимірювальних пристроїв виконано кількісний та якісний аналіз контрольної операції, що дозволило перейти до проєктування КВП.

2. Базуючись на алгоритмах та рекомендаціях, щодо проєктування контрольно-вимірювальних пристроїв сконструйовано КВП для контролю торцевого биття штанги-сопла, створені його 3D моделі для подальшого аналізу та досліджень.

3. Проведено чисельне моделювання модального аналізу в програмному середовищі Ansys Workbench. Було виявлено моди коливань, що дозволить попередити появу резонансу та встановлено, що граничні частоти обертання обладнання в цеху не досягнуть до першої власної частоти, тому даний контрольний пристрій можна використовувати в механообробних цехах будь-якої промисловості.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Кришка підшипника»

Проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху Сумського державного університету, де виготовляється деталь «Кришка підшипника».

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

- стандарти системи безпеки (ССБТ);
- будівельні норми і правила (СНиП);
- санітарні норми і правила (Санпін);
- міжгалузеві правила по охороні праці;
- галузеві правила з охорони праці;
- міжгалузеві і галузеві організаційно-методичні документи (положення, методичні вказівки, рекомендації);
- типові галузеві інструкції з охорони праці;
- інструкції з безпеки.

Технологічний процес обробки деталі здійснюється на ділянці, розміщеній у механічному цеху, зібраному з типових секцій висотою 5 м.

У технологічному процесі обробки деталей задіяні наступні верстати та обладнання:

- токарні верстати;
- координатно-розточні верстати;
- фрезерні верстати;
- сведлильні верстати;
- комплексний оброблюваний центр із ЧПК.

Тип виробництва – багатноменклатурний. Обладнання розставлено за групою ознакою.

Для транспортування і зберігання деталей, заготовок і відходів виробництва використовується тара-контейнери. Згідно ДСТУ контейнери використовуються для заготовок і деталей.

Установка заготовок на верстатах при обробці на токарних, координатно-розточувальних верстатах проводиться в стандартних умовах – 3-х кулачкових патронах і лещатах відповідно. Крім того на координатно-розточний і багатоцільовий операції, застосовуються для установки та закріплення заготовок спеціальні пристосування з гідроприводом, що працюють при тиску в мережі 0,4 МПа. При встановленні заготовки в пристосування застосовується кран-балка вантажопідйомністю  $Q=1$ т. Ця ж кран-балка застосовується для установки пристроїв на верстаті. Маса пристосування на операції до 30 кг. На контрольній операції використовується спеціальне пристосування масою 30 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 здійснює зворотно-поступальний рух, а при фрезеруванні - обертальний рух. При контролі на робочому місці і столі ВТК в якості вимірювального інструменту застосовується стандартний – шкальний та граничний інструмент.

Аналіз виробничого ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

- можливість контакту з рухомими частинами обладнання (пересуваються столом, супортом, обертаним інструментальним магазином);
- можливість контакту з рухомим технологічним транспортом;
- можливість падіння заготовки при встановленні і знятті її з верстата в результаті відсутності схеми стропування;
- можливість появи небезпечної зони при транспортуванні тари, пов'язана з відсутністю маршруту переміщення або його порушенням;
- руйнування конструкцій інструменту, в результаті перевищення

навантаженнями гранично допустимих значень;

- розкріплення деталі в пристосуванні з пневмоприводом під час її обслуговування на координатно-розточувальному верстаті з ЧПК з-за раптового припинення підведення повітря (при відмові компресора).

- замикання електричного ланцюга на металеві нетоковедущі частини обладнання в результаті порушення цілісності ізоляції струмоведучих частин; По пожежної небезпеки приміщення проектного ділянки відноситься до категорії «Д», тобто в приміщенні використовуються негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Обладнання підключається до електричної мережі з трифазним струмом напругою 380 В і частотою 50 Гц.

- недостатня освітленість робочого місця при обробці поверхонь; Освітлення виробничого приміщення здійснюється природним і штучним світлом. Природне освітлення здійснюється за комбінованою схемою: через світлові отвори в бічних стінах і світлоаераційних ліхтарях. Загальне штучне освітлення здійснюється світильниками з лампами денного світла, застосування яких дозволено ДБН В.2.5-28-2006 [11]. Для місцевого освітлення застосовуються світильники, встановлені безпосередньо на робочому місці.

- контакт робочого, при виконання технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з гострими кромками, задирок на поверхнях заготовок;

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

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

- підвищений сумарний рівень шуму при спільній роботі обладнання;

- підвищення вібрації обладнання через переривчастих процесів різання;

- запиленість і загазованість повітря робочої зони пилом і парами



речовин, що утворюються при випаровуванні ЗОР.

Як МОР при обробці заготовок на ділянці використовується 5% розчин «Аквол-2». До її складу входять ПАР з додаванням мінеральних масел та інгібіторів корозії. Дана ЗОР має малу токсичність, не володіє дратівливою дією і не є активним джерелом забруднення повітря. ЗОР відноситься до 4-му класу небезпеки.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої важкості, категорія 2-б. Категорія зорових робіт за ДБН В.2.5-28-2006 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 кірці утворюється пил від окалини з розмірами частинок від 2 до 60 мкм. На робочому місці забирається стружка з устаткування з допомогою гачка і шляхом змітання за допомогою щіток. Навколо устаткування і робочого місця забирається стружка допоміжними робітниками в контейнери, які потім транспортуються у відведене місце в цеху для подальшого вивезення.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої тяжкості, категорія II-б. Категорія зорових робіт по ДБН В.2.5-28-2006 від малої, середньої точності на чорнових операціях, до високої точності на чистових і контрольних операціях.

Для розроблення організаційних заходів, що забезпечують безпечні умови праці на ділянці з виробництва деталі типу корпус виконаємо порівняння допустимих та фактичних величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень шляхом порівняння показників у таблицях 4.1 та 4.2.

Відповідно до вимог техніки безпеки, викладеними в стандартах ДСТУ:

– для запобігання контакту робочого з рухомими частинами обладнання, передбачити відповідно до застосування додаткових захисних пристроїв, відповідних вимогам. Це, зокрема, додаткові огороження, що закривають рухомі частини



обладнання (супорт, стіл, інструментальний магазин верстата);

– відповідно до в комплекті до пристосування з гідроприводом передбачити запобіжні пристрої - зворотні клапани для запобігання розкріплення деталей при раптовому припиненні подачі масла;

– для запобігання замикання через тіло людини електричного кола з підвищеним значенням напруги відповідно до передбачаються наступні заходи: підключення виробничого обладнання до заземлювального пристрою; наявність подвійної або посиленої ізоляції з пробивним напругою не менше 4000 В; на кожному робочому місці близько верстата повинні бути дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони, а за шириною не менше 0,6 м від частин верстата. Передбачається також застосування засобів індивідуального захисту (гумові калоші, килимки);

– для забезпечення освітленості робочих місць передбачити використання додаткових світильників місцевого освітлення на токарних операціях;

– для запобігання контакту робочого з поверхнями мають гострі кромки, задирки, шорсткість передбачити індивідуальні засоби захисту (рукавиці);

– для обмеження зони поширення стружки використовувати захисні екрани, як стаціонарно встановлені на обладнанні, так і окремо. На металорізальних верстатах зону обробки закривати захисними кожухами;

– для запобігання контакту робочого з поверхнями мають підвищену температуру (в основному поверхні обладнання, інструменту, стружки і оброблюваних деталей) використовувати захисні кожухи, індивідуальні засоби захисту (рукавиці). Для зниження температури в зоні різання використовувати МОР;

– для зменшення рівня шумів на робочому місці передбачити раціональну розстановку устаткування, що враховує фактор спрямованості, рекомендувати для облицювання стін і стель використовувати шумопоглинаючі матеріали для покриття внутрішніх поверхонь виробничих будівель, уникати по можливості переривчастого різання;

– для зменшення вібрації використовувати віброізоляцію обладнання. У конструкції виробничого обладнання передбачити виконання всіх вимог по

вібраційної безпеки. Уникати переривчастих процесів різання. Для підтримки обладнання у відповідності з його технічними характеристиками передбачити систему планово-попереджувальних ремонтів;

– для недопущення перевищення гранично-допустимих значень концентрацій шкідливих речовин і пилу в повітрі робочої зони зазначених використовувати систему загальнообмінної вентиляції та очищення повітря.

Таблиця 4.1 – Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна (%) на робочих місцях - постійних і непостійних	Швидкість руху (м/сек.) на робочих місцях - постійних і непостійних
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період	Середньої важкості ПБ	21	23	15	13	75	не більше 0,4
Теплий період	Середньої важкості П	27	29	15	15	70 - при 25°С	0,5 - 0,2

Таблиця 4.2 – Фактичні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість (%) на робочих місцях - постійних і непостійних	Швидкість руху (м/сек.) на робочих місцях - постійних і непостійних
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період руху	Середньої важкості ПБ	20	19	18	14	75	не більше 0,4
Теплий період року	Середньої важкості ПБ	22	25	20	20	70 - при 25°С	0,5 - 0,2

## 4.2 Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природного та штучного освітлення

Необхідно визначити ефективність природного освітлення в цеху. Виробнича ділянка відноситься до групи механічних ділянок і має площу – 400 м<sup>2</sup>. При цьому, ширина прольоту – 18 м, крок внутрішніх колон – 12 м. а висота цеху – 7,2 м. Розміри ділянки: довжина – 50 м, ширина – 8 м.

Вихідні дані:

Розміри віконних проємів (висота × ширина), м – 5×2;

Кількість вікон - 12 шт.

Висота від підлоги до вікна – 1,5 м.

Вікна розміщені вздовж більш довгої стіни.

Середньозважений коефіцієнт відбиття внутрішніх поверхонь  $p_{\text{ср}} = 0,4$ .

Найбільш віддалене місце від вікна - 8,0 м.

Рішення:

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення для четвертого кліматичного пояса України,  $e_H^{IV}$ , визначаємо за формулою:

$$e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot m \cdot c \quad (4.1)$$

де  $e_H^{III}$  - нормоване значення КПО для III світлового пояса за ДБН В.2.5-28-2006.

Для верстатників у цеху, в якому виконуються роботи IV розряду (середньої точності), для бокового верхнього освітлення  $e_H^{III} = 1,5\%$ .

$m$  - коефіцієнт світлового клімату (для України  $m = 0,9$ );

$c$  - коефіцієнт сонячності (для м. Суми  $c = 0,8$ ).

$$e_H^{III} = 1,5\% \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,08\%$$

Визначимо фактичне значення КПО за формулою:

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot S_0 \cdot t_0 \cdot r_1}{S_n \cdot n_0 \cdot K_3 \cdot K_{зд}} \quad (4.2)$$

де  $S_0$  - площа усіх вікон у приміщенні, м<sup>2</sup>;

$$S_0 = 2 \cdot 5 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2;$$

$S_n$  - площа підлоги в приміщенні, м<sup>2</sup>;

$$S_n = 50 \cdot 8 = 400 \text{ м}^2;$$

$t_0$  - загальний коефіцієнт світлопропускання віконного проєма; для заданих умов  $t_0 = 0,5$ ;

$r_1$  - коефіцієнт, який враховує відбиття світла від внутрішніх поверхонь приміщення  $r_1 = 1,2$ ;

$n_0$  - світлова характеристика вікна.

Виходячи з відношення довжини приміщення до його глибини рівної:  $50/8=6,1$  та відношення глибини приміщення до його висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна до верху вікна рівної:  $8/5=1,75$  значення світлової характеристики  $n_0 = 13$ .

$K_{зд}$  - коефіцієнт який враховує затемнення вікон будинками, що розташовані навпроти. При їх відсутності  $K_{зд} = 1$ .

$K_3$  - коефіцієнт запасу, знаходиться в межах  $1,3 \div 1,5$ .

Прийmemo середє  $K_3 = 1,4$ .

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot 120 \cdot 0,5 \cdot 1,2}{400 \cdot 13 \cdot 1,4 \cdot 1} = 0,71\%$$

При порівнянні фактичного КПО  $e_{\phi} = 0,71\%$  з нормативним  $e_n^{IV} = 1,08\%$  приходимо до висновку, що природнє освітлення в цеху не ефективне. Для поліпшення освітлення у цеху пропонується пофарбувати стіни у білий колір та встановити додатково штучні джерела освітлення, які необхідно розрахувати.

Прийmemo вид джерела світла – лампи розжарювання.

Кількість світильників – 12.

Кількість ламп у світильнику – 1.

Значення розрахункової освітленості, лм, знайдемо за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку за формулою:

$$F_{л} = \frac{E_{min}}{n_H \cdot N \cdot n} \quad (4.3)$$

Розрахункова освітленість повинна задовольняти умовам нормативної величини і складає для ламп розжарювання не менше 50 лк. Знайдемо мінімально необхідний світловий потік лампи:

$$F = \frac{50 \cdot 400 \cdot 1,75 \cdot 1,15}{0,5 \cdot 12 \cdot 1} \quad \text{лmin}$$

де  $n_H$  – коефіцієнт використання світлового потоку;  $n_H = 0,4 \div 0,6$  (приймаємо середнє значення 0,5);

$N$  – кількість світильників, шт.;

$n$  – число ламп у світильнику, шт.;

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>.  $S = 400$  м<sup>2</sup>;

$k$  – коефіцієнт запасу,  $k = 1,5 \div 2$  (приймаємо середнє значення 1,75);

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення, для ламп розжарювання – 1,15.

Фактична освітленість визначається за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{F_{л} \cdot n_H \cdot N \cdot n}{S \cdot k \cdot Z} \quad (4.4)$$

За нормативами обираємо найближче більше значення  $F_{л} = 2000$  лм при потужності 150 Вт для ламп розжарювання.

$$E_{\phi} = \frac{2000 \cdot 0,5 \cdot 12 \cdot 1}{400 \cdot 1,75 \cdot 1,15} = 59,4(\text{лк})$$

Задану кількість світильників необхідно розміщувати рівномірно по площі приміщення, по можливості за сторонами квадрата, виконуючи умови:

сторона квадрата:

$$L = 1,4 \cdot H_p \quad (4.5)$$

де  $H_p$  – висота підвіса світильника над робочою поверхнею.

$$H_p = 5 - 0,8 - 0,4 = 3,8(м);$$

$$L = 1,4 \cdot 3,8 = 5,32(м);$$

Відстань від світильника до стіни обираємо в межах

$$l = 0,3 \div 0,5 \cdot L \quad (4.6)$$

$$l = 0,4 \cdot 5,32 = 2,28(м)$$

У результаті розрахунку знайшли значення фактичного освітлення  $E_{\phi} = 59,4$  лк, порівнюючи його з нормованим за ДБН В.2.5-28-2006  $E_H = 50$  лк можна зробити висновок, що комбіноване штучне освітлення у цеху ефективно за умови використання ламп розжарювання потужністю не менше 150Вт.

### 4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація (НС) - стан, при якому в результаті виникнення джерела надзвичайної ситуації на об'єкті, визначеній території порушуються нормальні умови життя і діяльності людей, виникає загроза життю і здоров'ю, завдається шкода населенню, народному господарству, навколишньому природному середовищу.

За характером джерел виникнення НС діляться на:

- а) природні явища і процеси;
- б) техногенні промислові аварії і катастрофи (радіаційні, хімічні, біологічні, гідродинамічні аварії);
- в) пожежі, вибухи, небезпечні пригоди на транспорті або транспортні аварії;
- г) інфекційні хвороби людей (епідемії);
- д) криміногенні.

Осередком ураження - називається територія з розташованими на ній будівлями, спорудами, інженерними мережами, комунікаціями, обладнанням і людьми, які постраждали від руйнування або зараження в результаті виникнення НС.

Безпека в НС - стан захищеності населення.

Захищеність в НС - стан, при якому запобігають, долають або гранично знижують негативні наслідки виникнення потенційних небезпек при НС для людей.

Одним з основних способів захисту є своєчасний і швидкий вивіз людей з небезпечної зони, тобто евакуація.

Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС. Екстрена евакуація викликається швидкоплинними накопиченнями негативних факторів в зоні НС або від самого початку високими рівнями цих факторів.

У числі заходів щодо захисту персоналу підприємства, які розробляються об'єктовою комісією, вказуються дії по евакуації, як при загрозі так і при виникненні НС.

Питання евакуації для вивчення включаються в тематику занять робітниками і службовцями в системі цивільної оборони.

З урахуванням аналізу визначається вид евакуації, проводиться розрахунок службовців і робітників, встановлюються заходи щодо безаварійної зупинки виробництва, намічаються схеми руху евакуйованих із зони НС до пунктів тимчасового розміщення.

Керівник об'єктової комісії з НС приймає одне з рішень:

- а) провести евакуацію всередині цеху;
- б) вивести персонал за межі об'єкта;

в) застосувати комбінований метод.

У зв'язку з можливістю загорання, вибуху газовмісних балонів або виникнення НС іншої категорії. На проєктованій ділянці повинен бути передбачений план евакуації.

У цеху повинні бути передбачені первинні засоби пожежогасіння:

- а) ящики з піском;
- б) пожежні відра;
- в) лопати;
- г) пожежний інструмент (лом, сокира);
- д) вогнегасники.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 планування будівель і споруд повинні забезпечувати швидку евакуацію людей у разі виникнення пожежі.

#### **4.4 Висновки**

1. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Кришка підшипника» та визначені шляхи щодо їх усунення.

2. Виконаний розрахунок природнього та штучного освітлення, який дозволяє підібрати лампи для цеху, де виготовляється деталь «Кришка підшипника», що буде забезпечувати достатню освітленість на робочих місцях.

3. Визначено заходи в разі виникнення надзвичайних ситуацій.



## ВИСНОВКИ

Тема дипломного проекту – удосконалення технологічного процесу виготовлення кришки підшипника 17.126.21.23-06.07 шляхом інтенсифікації операції контролю торцевого биття.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було виконано обсяг робіт:

- 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;
- виконано аналіз технологічності конструкції згідно ЄСТПП;
- при аналізі технічних вимог описані властивості матеріалу деталі, а також були проаналізували вимоги, пропоновані при виготовленні деталі конструктором, їх відповідність загальноприйнятим стандартам;
- був визначений тип виробництва – дрібносерійний і визначена партія запуску  $n = 67$  штук;

В якості заготовки було прийнято лиття в кокіль, так як воно більш економічно вигідне, ніж лиття в піщані форми.

Розраховані припуски аналітичним способом за допомогою методу професора Кована на внутрішню циліндричну поверхню.

Під час виконання роботи було проаналізовано існуючий технологічний процес виготовлення деталі та внесено зміни спрямовані на його вдосконалення, а саме змінена послідовність операцій, замінено універсальне устаткування на обладнання з ЧПК.

Спроектований спеціальний верстатний пристрій для свердлильної із ЧПК операції і до цієї ж операції розроблена карта операційного налагодження.

Для контролю торцевого биття було розроблено контрольно-вимірвальний пристрій, який забезпечує достатню точність контролю.

У розділі «науково-дослідна частина» розглянуті питання проектування контрольно-вимірвального пристрою для ефективного контролю торцевого биття торця кришки, що належить до класу кришок, фланців, дисків. Визначені власні

частоти коливань запропонованого контрольного пристрою та встановлено, що при даній сфері застосування резонанс не виникне та встановлено, що динамічна жорсткість є достатньою.

У розділі «охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» виконано розрахунок освітленості робочої зони, який дозволяє забезпечити сприятливі для робітників умови.

Застосовані нововведення у технологічний процес в контексті заміни обладнання та інструменту на сучасні засоби виробництва дозволили на свердлильній з ЧПК операції отримати економічний ефект в розмірі 4881 гривень на рік.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ 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. **Горбацевич А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст] : [учеб. пособие для машиностроит. спец.] / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. - Мн.: Выш. Школа, 1983. - 256 с.
3. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – 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., 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. Методичні вказівки до кваліфікаційної роботи бакалаврів для студентів спеціальності 6.05050201 «Технології машинобудування» денної та заочної форм навчання / укладач В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський державний університет, 2017.

21. Automated fixture configuration for rapid manufacturing planning / S.Nelaturi, A. Rangarajan, C. Fritz, T. Kurtoglu // Computer-Aided Design. – 2014. – Vol. 46. – P. 160–169.

22. Finite element modelling and analysis of workpiece-fixture system / N. M. Kumbhar, G. S. Patil, S. S. Mohite, M. A. Sutar // International Journal of Applied

Research in Mechanical Engineering. – 2012. – Vol. 2. – P. 60–65.

23. **Asante J. N.** A combined contact elasticity and finite element-based model for contact load and pressure distribution calculation in a frictional workpiece-fixture system / J. N. Asante // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2008. – Vol. 39. – P. 578–588.

24. Multi-objective optimization design of a fixture layout considering locator displacement and force–deformation / Z.Liu, M. Wang, K. Wang, X. Mei // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2012. – Vol. 67. – P. 1267–1279.

25. Machining fixture layout design for milling operation using FEA, ANN and RSM / M.Vasundara, K. P. Padmahaban, M. Sabareeswaran, N. RajGanesh // Procedia Engineering. – 2012. – Vol. 38. – P. 1693–1703.

26. **Li B.** Optimal Fixture Design Accounting for the Effect of Workpiece Dynamics / B. Li, S. Melkote // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2001. – Vol. 28. – P. 701–707.

27. **Nalbandh A. H.** Fixture design optimization using genetic algorithm-a review / A. H. Nalbandh, C. C. Rajyaguru // Journal of information, knowledge and research in mechanical engineering. – 2013. – Vol. 2. – P. 466–471.

28. **Amaral N.** Finite Element Analysis Study on Fixtured Workpiece Deformation : Bachelor of Science Thesis – Worcester, USA, 2000. – 109 p.

29. **Papastathis T. N.** Modelling and Design Methodology for Fully-Active Fixtures : PhD Thesis. – The University of Nottingham, Great Britain, 2010.

30. Clamping force optimization for minimum deformation of workpiece by dynamic analysis of workpiece-fixture system / S.Selvakumar, K. P. Arulshri, K. P. Padmanaban, K. S. Sasikumar // World Applied Sciences Journal. – 2010. – Vol. 7. – P. 840–846.

31. **Deng H.** Analysis and synthesis of fixturing dynamic stability in machining accounting for material removal effect : PhD Thesis. – Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA, 2006.

32. **Дубенець В. Г.** Основи методу скінченних елементів: Навчальний

посібник. / В. Г. Дубенець, В. В. Хільчевський, О. В. Савченко.– Чернігів: ЧДТУ, 2017. – 288 с..

33. **Пасічник В. А.** Конструктивно-технологічне моделювання композиційних конструкцій з використанням системного аналізу / В. А. Пасічник, О. О. Хмуренко. // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2015. – № 4. – С. 15–20.

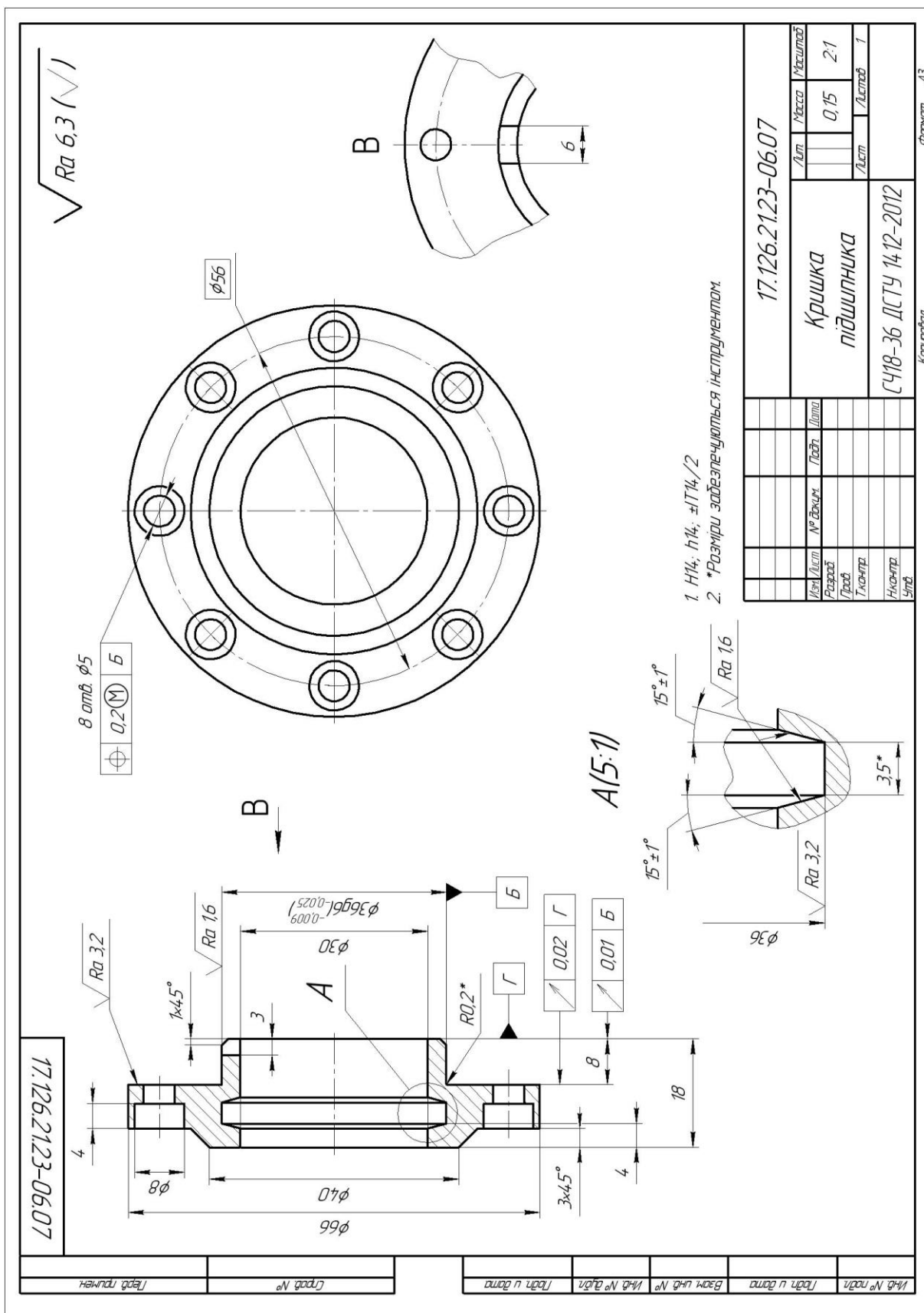
34. **Карвацький А. Я.** Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ (практикум) : навчальний посібник. / А. Я. Карвацький. - Київ : «КПІ ім. Ігоря Сікорського» – 2018. – 392 с.

35. **Сорочак А. П.** Програмне забезпечення інженерних розрахунків : конспект лекцій для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання / А. П. Сорочак. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 128 с.

36. **Сорока М. М.** ANSYS в задачах стійкості плоских стрижневих систем / М. М. Сорока. — Одеса : ОГАСА, 2017. – 141 с.

## ДОДАТОК А

### КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ КРИШКА ПІДШИПНИКА



## ДОДАТОК Б

### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

#### ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

##### Розрахунок коефіцієнту закріплення операцій $K_{з.о}$

№ операції	Найменування операції	$T_{шт.}$ , хв.	$m_p$	$P$	$\eta_{з.ф}$	$O$
1	Токарна-гвинторізна	6,18	0,02	1	0,02	31,32
3	Токарна з ЧПК	12,91	0,05	1	0,05	14,99
2	Вертикально-свердлильна	14,50	0,06	1	0,06	13,35
4	Вертикально-фрезерна	3,46	0,01	1	0,01	55,95
Сума:				4		115,62

$T_{шт.}$  - штучний час,  $m_p$  - кількість необхідного обладнання,  $P$  - кількість робочих на кожній операції,  $\eta_{з.ф}$  - фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця,  $O$  - кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці.

Річний обсяг випуску виробів  $N_p$  700 шт.  
 Дійсний річний фонд часу роботи обладнання  $F_{д.о}$  4015 годин  
 Нормативний коефіцієнт завантаження обладнання  $\eta_{з.н}$  0,75

Коефіцієнт закріплення операцій  $K_{з.о}$  28,90

ТИП ВИРОБНИЦТВА Дрібносерійний

#### Визначення розміру партії запуску $n$

Кількість робочих днів на рік  $k$  254 дн.  
 Період запуску  $a$  24 дн.

Партія запуску  $n$  67 шт.

#### Визначення такту випуску $t_b$ (для поточкових ліній)

Такт випуску  $t_b$  344,14 хв.



## ДОДАТОК В

### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ

#### РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА ДІАМЕТРАЛЬНІ РОЗМІРИ

Програма - 'prip' ver.7.1

СумДУ. Обчислювальний центр факультету ТЕСЕТ

10.11.2022

Розрахунок виконаний для Тверезовський І.С. група - ТМм-11

ВИХІДНІ ДАНІ:

оброблювальна поверхня - зовнішня циліндрична  $\phi$  36 -0.009

-0.025

Найменування перехода або операції маршрута обробки поверхонь	Позначення точності	Грани- чні відхи- лення, мм	Елементи припуску, мкм				
			шорст- кість Rz (i-1)	дефект шар h (i-1)	простр віджил p (i-1)	похибка базув ЕБ (i)	закр. Ез (i)
Лиття	ГОСТ 26645-85	+2.700 -1.300	-	-	-	-	-
Chernova	квалітет 14 +0.74 0	+0.74 0	250	1000	2119	500	500
Polychistova	квалітет 9 +0.074 0	+0.074 0	125	240	127	200	100
Chistova	квалітет 6 -0.009 -0.025	-0.009 -0.025	20	125	105	0	0

## РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ :

Розрахункові знач.			Прийняті значення, мм							
припуск, мкм		розрах- унковий розмір, мм	розрах- унковий розмір	номінальний розмір з граничними відхиленнями	граничний розмір		припуск, мкм			
мін	розр.				міні- мальний	макси- мальний	мінім	розр.	макс.	
-	-	41.232	41	41	+2.700 -1.300	39.7	42.7	-	-	-
968	1968	78.25	38	38	+0.74 0	38.0	38.4	1400	1340	1430
145	1875	79.75	36.75	36.7	+0.074 0	36.7	36.774	270	900	1055
50	655	164	36	36	-0.009 -0.025	35.975	35.991	145	170	373

К І Н Е Ц Ь Р О З Р А Х У Н К У

## ДОДАТОК Г

### СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1	TM 21510217-07.00.00.СБ			<i>Складальне креслення</i>		
				<i>Складальні одиниці</i>		
б/4	1	TM 21510217-07.01.00			Пневморозподільник ГОСТ 1856-80	
					1	
<i>Деталі</i>						
б/4	2	TM 21510217-07.00.02			Корпус	
					1	
б/4	3	TM 21510217-07.00.03			Стакан	
					1	
б/4	4	TM 21510217-07.00.04			Кришка нижня	
					1	
A4	5	TM 21510217-07.00.05			Шайба спеціальна	
					1	
б/4	6	TM 21510217-07.00.06			Шток	
					1	
б/4	7	TM 21510217-07.00.07			Шайба швидкозмінна	
					1	
б/4	8	TM 21510217-07.00.08			Гайка	
					1	
б/4	9	TM 21510217-07.00.09			Прокладка спеціальна	
					1	
б/4	10	TM 21510217-07.00.10			Штуцер	
					2	
б/4	19	TM 21510217-07.00.19			Шпонка	
					2	
<i>Стандартні вироби</i>						
Взам. шк. №	11				Хомут сталевий ГОСТ 196-80	
					2	
Взам. шк. №	12				Металлорукав Р1-Ц-Х-4х400	
					1	
Взам. шк. №	13				Діафрагма резинотканева 200х4	
					1	
Взам. шк. №	14				ГОСТ 9887-70	
					Болт М6-8gx25 ГОСТ 7798-70	
12						
<b>TM 21510217-07.00.00.СК</b>						
Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	
Інв. № подл.	Розроб.	Тверезобський	Проб.	Дегтярьов	1	
					2	
Інв. № подл.	Н.контр.	Івченко	Утв.	Іванов	СумДУ, гр.ТММ-21	

Копіював

Формат А4



## ДОДАТОК Д

### СПЕЦИФІКАЦІЯ НА КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание						
<i>Документация</i>												
A1			TM 21510217-08.00.00 СБ	Складальне креслення								
<i>Деталі</i>												
A2	1		TM 21510217-08.00.01	Корпус	1							
A3	2		TM 21510217-08.00.02	Кришка	1							
A3	3		TM 21510217-08.00.03	Вал	1							
A4	4		TM 21510217-08.00.04	Прокладка	10							
A3	5		TM 21510217-08.00.05	Кільце	1							
A4	6		TM 21510217-08.00.06	Стакан	1							
A4	7		TM 21510217-08.00.07	Опора	1							
A4	8		TM 21510217-08.00.08	Гвинт спеціальний	1							
A3	9		TM 21510217-08.00.09	Гвинт підйомний	4							
A4	10		TM 21510217-08.00.10	Шайба спеціальна	1							
A4	11		TM 21510217-08.00.11	Штанга	1							
A4	12		TM 21510217-08.00.12	Стійка	1							
A3	13		TM 21510217-08.00.13	Корпус	1							
A4	14		TM 21510217-08.00.14	Гвинт спеціальний	1							
A4	15		TM 21510217-08.00.15	Гайка спеціальна	1							
A4	16		TM 21510217-08.00.16	Шпилька	1							
A4	17		TM 21510217-08.00.17	Шайба	1							
A4	18		TM 21510217-08.00.18	Гвинт спеціальний	1							
<b>TM 21510217-08.00</b>												
Ізм.		Лист		№ докум.		Підп.		Дата				
Разроб.		Тверезовський										
Проб.		Дегтярьов										
Н.контр.		Івченко										
Утв.		Іванов										
<b>Пристрій для контролю торцевого діття</b>							Лист.		Лист		Листов.	
<b>СумДУ, ТМ-11</b>							Д/П		1		2	

Копіював

Формат А4

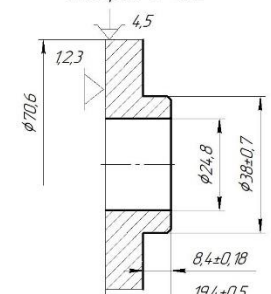
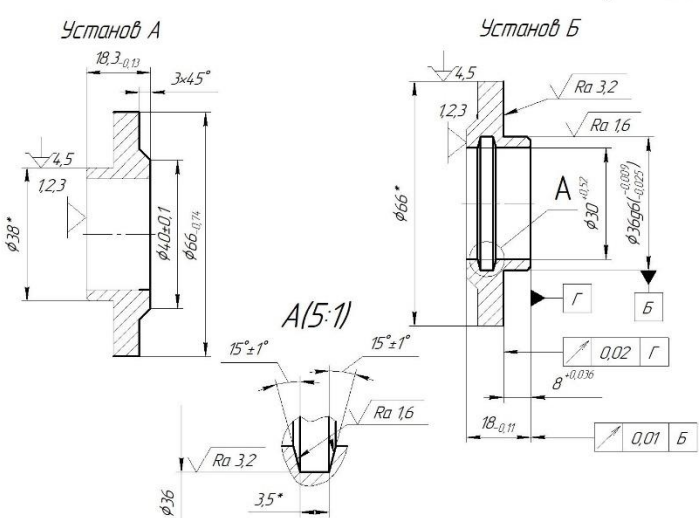
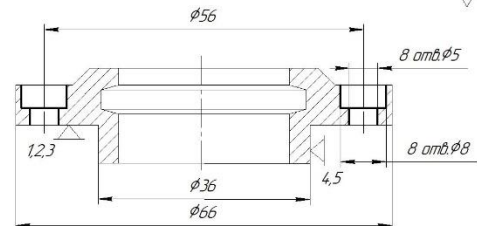
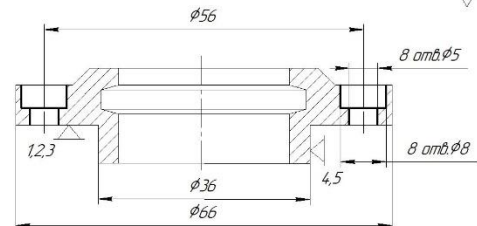






## ДОДАТОК Ж

### КРЕСЛЕННЯ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

№ операції	Найменування операції. Операційний ескіз.	Обладнання	Пристрої та оснастка																																							
005	Заготівельна																																									
010	Контроль ВТК	Стіл ВТК																																								
015	Термічна обробка	Піч Г - 134																																								
020	Токарна з ЧПК 	СКЕ6136Z	Патрон 7100-0007 ГОСТ 2675-80 Різець PCLNR2020K8 TP3500. Різець розточний A12S-SVUBR 2HP-EB1 Штангенциркуль ШЦІ-125-0,1 ГОСТ 166-89.																																							
025	Контроль ВТК	Стіл ВТК																																								
030	Токарна з ЧПК 	СКЕ6136Z	Патрон 7100-0007 ГОСТ 2675-80 Різець PCLNR2020K8 TP2000 Різець розточний A12S-SVUBR 2HP-EB1 Штангенциркуль ШЦІ-125-0,1 ГОСТ 166-89. Мікрометр МК25-50 ГОСТ 6507-90.																																							
035	Свердлильна з ЧПК 	FADAL 2216FX	Пристрій спеціальний Свердильний патрон 10-В10 ГОСТ 8522-79 Свердло SD203A- 0500-020-06R1-P Цейкавка 2350-0654 ГОСТ 26258-87 Штангенциркуль ШЦІ-150-0,1 ГОСТ 166-89. Калібр-пробка 8133-0910 ГОСТ 14.810-89.																																							
040	Вертикально-фрезерна з ЧПК	DODSAN VC 3600																																								
045	Слюсарна	Верстак																																								
050	Контроль ВТК	Стіл ВТК																																								
		<b>TM 21510217-02 MT</b>																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Маш. Діст.</td> <td>№ Взам.</td> <td>Лист</td> <td>Штук</td> </tr> <tr> <td>Розроб.</td> <td>Перевірено</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td>Лектор</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Технік</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Начальн.</td> <td>Б-но</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Звід.</td> <td>В-но</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Маш. Діст.	№ Взам.	Лист	Штук	Розроб.	Перевірено			Проб.	Лектор			Технік				Начальн.	Б-но			Звід.	В-но			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Маршрутний технологічний процес обробки деталі</td> </tr> <tr> <td>Лист</td> <td>Маса</td> <td>Рісунків</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">СумДЧ, ТММ-21</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Формат А2</td> </tr> </table>		Маршрутний технологічний процес обробки деталі			Лист	Маса	Рісунків	1			СумДЧ, ТММ-21			Формат А2		
Маш. Діст.	№ Взам.	Лист	Штук																																							
Розроб.	Перевірено																																									
Проб.	Лектор																																									
Технік																																										
Начальн.	Б-но																																									
Звід.	В-но																																									
Маршрутний технологічний процес обробки деталі																																										
Лист	Маса	Рісунків																																								
1																																										
СумДЧ, ТММ-21																																										
Формат А2																																										

TM 21510217-02 MT

## ДОДАТОК К КРЕСЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ

TM 21510217-03.0H

Операція 035 Свердлильна з ЧПК Верстат моделі FADAL 2216FX.

Ra 6,3

РІ №1

Патрон свердильний 10-B10  
ГОСТ 8522-7

Свердло  
SD203A-0500-  
020-06R1-P

РІ №2

Цейковка 2350-0654  
ГОСТ 26258-87

1. H14, h14.

2. \*Розміри для довідок.

№РІ	t, мм	S, мм/хв	V, м/хв	п.од./хв	НкВт	Ta, хв	Tb, хв	Tш, хв	Tпз, хв
1	2,5	0,2	31,4	2000	5,6	0,3	3,67	4,98	18
2	1,5	0,2	30,6	2000	5,2	0,2			

TM 21510217-03.0H		Операційна наладка (операція 035)		Лист	Масштаб
№ докум.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Розроб.	Перевірочний	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь
Гроби	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь	Деталь
Технік	Технік	Технік	Технік	Технік	Технік
Начальн.	Начальн.	Начальн.	Начальн.	Начальн.	Начальн.
Узб.	Узб.	Узб.	Узб.	Узб.	Узб.
СумДУ, гр. ТММ-11			фактат ЛЗ		





# ДОДАТОК М

## СКЛАДАЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИБОРУ

