

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ МАШИН

До захисту допущено  
Завідувач кафедри

Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
“ ” 2022 р.

Дипломний проект  
на здобуття ступеня бакалавра  
зі спеціальності 131 Прикладна механіка  
на тему: « Механізм обкатки етикетки шприців  
для виробничої лінії Ril100 Bosch »

Виконав студент групи  
Жуков Кирил Олександрович  
(прізвище ім'я по батькові)

3 курсу, групи МК  
(підпис)

Керівник проекту: доцент

Данильченко Ю.М.  
(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

РЕЦЕНЗЕНТ:

д.т.н., доцент Струтинський С.В.  
(посада, наукова ступінь, вчене звання, науковий ступінь, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2025

**Національний технічний університет України**  
**“Київський політехнічний інститут**  
**ім. Ігоря Сікорського”**  
**Навчально-науковий Механіко-машинобудівний інститут**  
**Кафедра конструювання машин**

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) \_\_\_\_\_

Спеціальність \_\_\_\_\_ **131 Прикладна механіка** \_\_\_\_\_

(код і назва)

Освітньо-професійна програма \_\_\_\_\_ **«Конструювання та дизайн машин»** \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
 Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО** \_\_\_\_\_

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

\_\_\_\_\_ **Жуков Кирил Олександрович** \_\_\_\_\_  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту \_\_\_\_\_ **Проектування механізму обкатки етикетки шприців для**  
**виробничої лінії Ril100 Bosch** \_\_\_\_\_

керівник проекту \_\_\_\_\_ **Данильченко Ю.М.** \_\_\_\_\_  
 ( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ \_\_\_\_\_ ” **202 року №**

2. Термін подання студентом проекту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту виробнича лінія Ril100 Bosch продуктивністю 3600 шприців у годину, під діаметр шприца 8 мм., робоча зона обкатки 100 мм. Перехід під наклейку для шприців діаметром 17 мм. зі збереженням продуктивності

4. Зміст пояснювальної запискою. Аналіз існуючої системи обкатки і наклейки етикеток на циліндричні поверхні виробів медичного призначення. Розробка компонування механізму. Силовий розрахунок і конструювання механізму. Охорона праці. Загальні висновки. Список використаної літератури. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Складальне креслення механізму обкатки, складальне креслення натяжного механізму, креслення шестерні, креслення валу, креслення корпусу, креслення компонентів зборки

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту                                    | Строк виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Аналіз існуючої системи обкатки і наклейки етикеток на циліндричні поверхні. |                                | виконано |
| 2     | Розробка компонування механізму                                              |                                | виконано |
| 3     | Розрахунок технічних характеристик                                           |                                | виконано |
| 4     | Проектування компонентів збірки в Solidworks.<br>Розробка креслеників.       |                                | виконано |
| 5     | Оформлення пояснювальної записки                                             |                                | виконано |
| 6     | Підготовка презентації та доповіді                                           |                                | виконано |

Студент \_\_\_\_\_ Жуков К.О.

( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту \_\_\_\_\_ Данильченко Ю.М.

( підпис ) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Бакалаврський проект складається зі вступу, змісту, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків. Робота містить 60 сторінок пояснювальної записки, 43 рисунки, 1 таблицю, 15 використаних джерел, 27 креслень.

Тема проекту: Проектування механізму обкатки етикетки шприців для виробничої лінії Ril100 Bosch

Мета проекту: розробити механізм обкатки етикетки для шприців діаметром 17 мм шляхом модернізації існуючого механізму, розрахованого під шприци діаметром 8 мм, з адаптацією до умов виробничої лінії Bosch Ril100 та зі збереженням продуктивності.

У роботі проведено аналіз існуючих систем обкатки та методів наклейки етикетки на циліндричні поверхні. Визначено основні технологічні вимоги до механізму. Підібрано тип зубчастого ремня, розраховано діаметр ведучої шестерні. Виконано силовий розрахунок валів, шпонкового з'єднання, штифта, демпферної пружини. Побудовано кінематичну схему та розроблено компоновальну схему. Створено 3Д модель вузла в середовищі SolidWorks та оформлено повний комплект креслень.

Результати роботи можуть бути використані для модернізації фармацевтичних виробничих ліній, де необхідна адаптація під нові типи тари без зміни загальної структури обладнання. Механізм враховує санітарні вимоги фармацевтичного виробництва.

Ключові слова: механізм обкатки, шприц, етикетування, зубчастий ремінь, шестерня, вал, фармацевтичне обладнання.

## **ABSTRACT**

The bachelor's project consists of an introduction, table of contents, three chapters, conclusions, a list of references, and appendices. The work includes 60 pages of explanatory notes, 43 figures, 1 table, 15 references, and 27 technical drawings.

Project title: Design of a label rolling mechanism for syringes on the Ril100 Bosch production line

Project goal: To develop a label rolling mechanism for syringes with a diameter of 17 mm by upgrading the existing mechanism, which is designed for 8 mm syringes, and adapting it to the Bosch Ril100 production line while maintaining productivity.

The project includes an analysis of existing label rolling systems and methods for applying labels to cylindrical surfaces. The main technical requirements for the mechanism are defined. A suitable type of toothed belt is selected, and the diameter of the driving gear is calculated. Strength calculations are performed for the shafts, key joint, pin, and damping spring. A kinematic diagram and layout scheme are developed. A 3D model of the assembly is created in SolidWorks, along with a full set of technical drawings.

The results of this work can be used to upgrade pharmaceutical production lines where adaptation to new types of packaging is required without changing the overall structure of the equipment. The mechanism complies with sanitary requirements for pharmaceutical manufacturing.

Keywords: rolling mechanism, syringe, labeling, toothed belt, gear, shaft, pharmaceutical equipment.

## ЗМІСТ

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП                                                                                                         | 8  |
| 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ОБКАТКИ І НАКЛЕЙКИ ЕТИКЕТКИ НА ЦИЛІНДРИЧНІ ПОВЕРХНІ ВИРОБІВ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ. | 9  |
| 1.1 Існуючі види систем обкатки та наклейки етикеток шприців                                                  | 9  |
| 1.2 Аналіз принципів роботи існуючих механізмів                                                               | 11 |
| 1.2.1 Принципи роботи ручних системи                                                                          | 11 |
| 1.2.2 Принципи роботи напівавтоматичних систем                                                                | 13 |
| 1.2.3 Принципи роботи автоматичних систем                                                                     | 13 |
| 1.2.4 Універсальні (модульні) системи                                                                         | 15 |
| 1.2.5 Переваги та недоліки систем обкатки                                                                     | 16 |
| 1.3 Типи обладнання в лініях наклейки етикетки                                                                | 17 |
| 1.4 Технологічні вимоги до процесу наклейки етикеток на циліндричні поверхні шприців                          | 19 |
| 1.5 Огляд обладнання Bosch Ril100: принцип роботи і конструктивні особливості                                 | 21 |
| 1.6. Мета і задачі проектування                                                                               | 26 |
| 2. РОЗРОБКА КОМПОНУВАННЯ МЕХАНІЗМУ                                                                            | 27 |
| 2.1 Вхідні параметри механізму обкатки                                                                        | 27 |
| 2.2. Кінематичні характеристики процесу обкатки етикетки шприца                                               | 29 |
| 2.3 Конструктивні особливості елементів механізму                                                             | 31 |
| 2.4 Розробка кінематичної схеми механізму                                                                     | 32 |
| 2.5. Розробка компоувальної схеми механізму                                                                   | 35 |
| 2.6 Вибір матеріалів та комплектувальних виробів                                                              | 35 |
| 3. КОНСТРУЮВАННЯ МЕХАНІЗМУ І СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК                                                               | 37 |
| 3.1 Розрахунок основних параметрів механізму                                                                  | 37 |
| 3.2 Розрахунок валу шестерні                                                                                  | 38 |
| 3.3 Розрахунок шпонкового з'єднання                                                                           | 40 |
| 3.4 Розрахунок ремня                                                                                          | 41 |

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
|                                             | 7  |
| 3.5 Розрахунок навантаження на вали         | 45 |
| 3.6 Вибір підшипників                       | 48 |
| 3.7 Розрахунок штифта на зріз               | 49 |
| 3.8 Конструювання натяжного механізму паска | 50 |
| 3.8.1 Моделювання натяжного механізму       | 50 |
| 3.8.2 Розрахунок пружини                    | 51 |
| 3.9 3Д моделювання механізму                | 55 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ                           | 58 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ                  | 59 |
| ДОДАТКИ                                     | 61 |

## ВСТУП

### Актуальність теми

Маркування шприців у фармацевтичному виробництві є необхідним, адже етикетка містить важливу інформацію: назву препарату, серію, термін придатності, штрих-код тощо. Від якісної обкатки етикетки залежить не лише зовнішній вигляд продукції, а й можливість автоматичного зчитування та відслідковування лікарських засобів. Тема є актуальною для підприємств, що займаються пакуванням та маркуванням медичних виробів, і має прикладне значення. Підприємствам вигідніше замовити переобладнання існуючого обладнання у підрядника, чим замовляти нове у виробника.

### Мета і завдання роботи

Метою є необхідність розробити механізм обкатки етикетки шприців виробничої лінії Bosch Ril100 для шприців діаметром 17 мм шляхом модернізації механізму обкатки етикеток шприців діаметром 8 мм. Завданням є: аналіз існуючих систем обкатки, розробка кінематичної та компоновальної схем, підбір ременя і шестерні, розрахунок навантажень на вали та вузли, 3Д моделювання конструкції, вибір матеріалів та комплектуючих відповідно до вимог фармацевтичного виробництва.

## **АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ОБКАТКИ І НАКЛЕЙКИ ЕТИКЕТКИ НА ЦИЛІНДРИЧНІ ПОВЕРХНІ ВИРОБІВ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

### **1.1 Існуючі види систем обкатки та наклейки етикеток шприців**

Технологічний процес етикетування займає особливе місце в загальному виробничому циклі, оскільки якість його виконання безпосередньо впливає на зовнішній вигляд товару, сприйняття продукту споживачем і, зрештою, на репутацію бренду.

Існують ручні, напівавтоматичні, автоматичні та універсальні системи, призначені для малих, середніх і великих виробництв.

Ручні етикетувальники є найбільш оптимальним обладнанням для випуску невеликих партій товарів (2000-3000 одиниць на день). Такі етикетувальники використовуються на невеликих виробництвах, в лабораторіях, аптеках або інших сферах, де немає потреби у високій автоматизації процесу.

Для середніх виробництв пропонується використовувати напівавтоматичні настільні етикетувальники. Лінійка установок цього типу включає широкий спектр універсальних моделей, призначених для маркування пляшок, банок, флаконів, балонів, шприців та іншої тари. Дані установки можуть бути успішно інтегровані в будь-які технологічні лінії розливу й пакування.

Автоматичні етикетувальні лінії дозволяють вирішувати найбільший спектр завдань, суттєво економити на операторах і мінімізувати ризик браку упаковки завдяки високій точності виконання операцій. Відповідно до виробничих завдань етикетувальні лінії можуть включати в свій функціонал систему дистанційного керування, спеціальне програмне забезпечення для редагування шаблонів етикеток, опцію заміни рулонів без необхідності зупинки виробництва та низку інших можливостей.

Установки обкатки дозволяють досягти максимальної щільності та ідеальної гладкості нанесення самоклеючої етикетки без рифленостей і загинів.

Універсальні аплікатори (модульні) – це пристрої для роботи зі стандартними, широкими, довгими та іншими самоклеючими етикетками. Обладнання вирізняється універсальністю, високою зносостійкістю та практичністю в експлуатації. Аплікатори виготовляються в навісному модульному виконанні, що дозволяє інтегрувати їх у етикетувальні системи з різним рівнем автоматизації.

Також слід додати що системи обкатки бувають вертикальні (рис 1.1 [а,б]) та горизонтальні (рис 1.2 [а,б]). Нижче приведені рисунки таких систем для обкатки етикеток шприців. Наведені приклади відносяться до автоматичних систем обкатки.



а)



б)

**Рисунок 1.1** Приклад системи вертикальної обкатки, [12]:

а) загальний вигляд, б) лінія прокатки.



а)



б)

**Рисунок 1.2** Приклад системи горизонтальної обкатки, [11]:

а) загальний вигляд, б) лінія прокатки.

Виробництво будь-якої продукції має здійснюватися з дотриманням вимог нормативно-технічної документації, тоді як етикетка (маркування) медичних шприців і голок для ін'єкцій формується на основі вимог стандартів

## 1.2 Аналіз принципів роботи існуючих механізмів

Існуючі механізми обкатки етикеток поділяються на чотири типи: ручні, напівавтоматичні, автоматичні та універсальні системи.

### 1.2.1 Принципи роботи ручних системи

Принципи роботи ручних системи наклейки етикеток можна розглянути на прикладі аплікатора Towa 65-60 (рис 1.3).



**Рисунок 1.3** Аплікатор етикеток Towa 65—60, [13].

Такі портативні пристрої дозволяють швидко наклеювати самоклеючі етикетки на циліндричні, плоскі чи інші поверхні. Він підходить для рулонних етикеток, що мають рівномірний розмір.

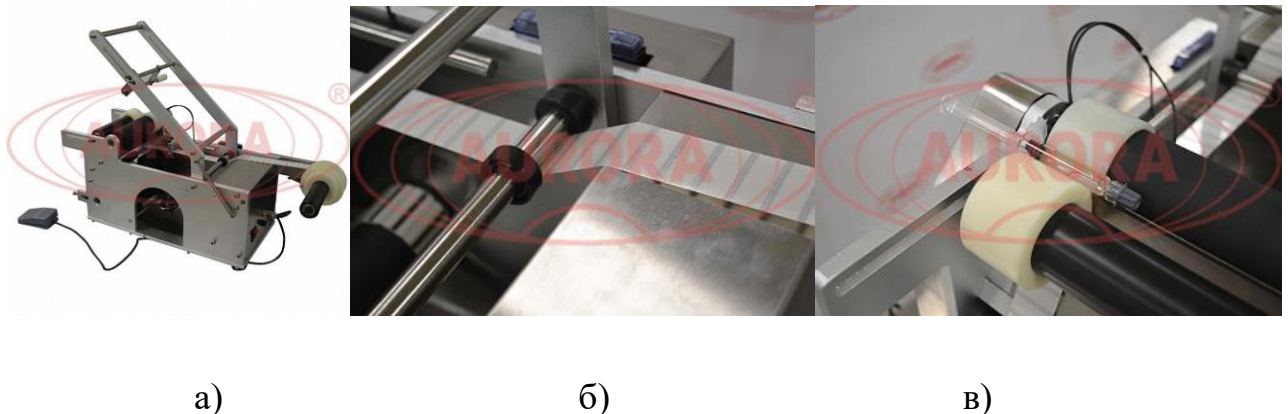
Рулон із самоклеючими етикетками встановлюється на тримач аплікатора. Вільний край рулону пропускається через спеціальні направляючі та протягується до сенсорного механізму, який визначає межі кожної етикетки. Налаштовуються параметри ширини та довжини етикетки (в залежності від моделі).

Такі аплікатори зазвичай оснащені механічним датчиком, який автоматично визначає довжину етикетки і позиціонує її край для нанесення. Натисканням

важеля оператор приводить у дію механізм видачі етикетки. Оператор притискає аплікатор із підготовленою етикеткою до поверхні виробу. Завдяки прокатному ролику або натискному механізму етикетка рівномірно приклеюється до поверхні. Надлишок підкладки автоматично змотується в окрему секцію.

### 1.2.2 Принципи роботи напівавтоматичних систем

Напівавтоматичні етикетувальні систем поєднують ручне завантаження продукції з автоматичним нанесенням етикеток, що значно підвищує точність і швидкість роботи порівняно з ручними методами. Принцип роботи таких систем можна розглянути на прикладі напівавтоматичного етикетувальника АЄ-1, нижче приведені його рисунки (див рис 1.4 [а,б,в]).



**Рисунок 1.4** Напівавтоматичний етикетувальник АЕ–1, [12]: а) загальний вигляд; б) механізм натягування; в) механізм наклеювання.

Такий етикетувальник призначений для нанесення самоклеїх етикеток на флакони циліндричної або конічної форми. Обладнання затребуване в фармацевтичній, хімічній та багатьох інших галузях промисловості.

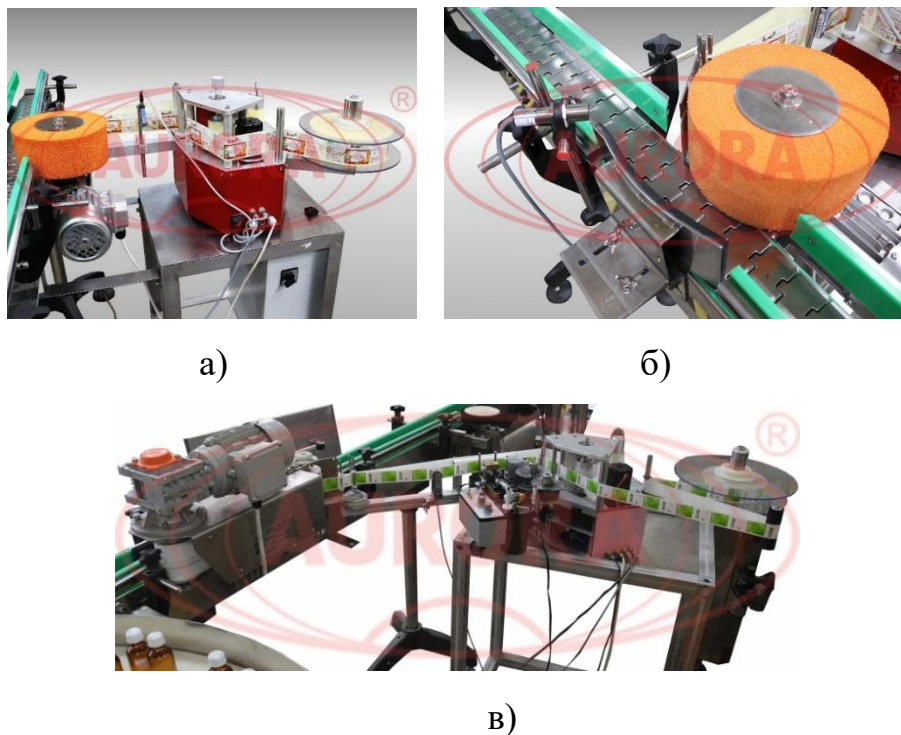
Оператор розміщує флакон між обертовими роликами в лівій частині обладнання. Потім шляхом опускання ручки приводяться в рух ролики та бобіна самоклеїної етикетки. У процесі обертання роликів відбувається наклеювання етикетки та її притиск.

### 1.2.3 Принципи роботи автоматичних систем

Автоматичні лінії етикетування, виконують повністю автоматичний цикл роботи – від подачі тари на ділянку до вивантаження готового флакону з нанесеною етикеткою. Установки оснащені прогресивними модулями керування, що дозволяє досягати неперевершеної точності нанесення та виключити випадки браку упаковки.

Такі лінії бувають для одностороннього та двостороннього етикетування круглої, циліндричної, конусної, квадратної та плоскої тари різних видів – скляних і пластикових пляшок, флаконів, фляг, картриджів, контейнерів, ампул, шприців тощо. Завдяки оснащенню комплектами спеціальних датчиків усі операції виконуються максимально узгоджено, що унеможливорює виникнення збоїв.

Приклад автоматичної лінії етикетування та датування АЄ у виконанні для вертикального нанесення етикеток наведено на рисунку 1.5.



**Рисунок 1.5** Автоматична лінія етикетування та датування АЄ, [12]: а)система подачі етикеток; б) обкатка; в) загальний вигляд.

При надходженні тари на ділянку етикетування спрацьовує датчик, який запускає роботу аплікатора. Рулон з етикетками прокручується через аплікатор і перегинається навколо ножа установки, у результаті чого відбувається відділення етикетки від підкладки. Використана підкладка захоплюється спеціальними пристроями, встановленими на приймальній осі. Спеціальний датчик фіксує появу нової етикетки, після чого здійснюється її нанесення на поверхню тари. Далі етикетка розгладжується обкатчиком.

Проставлення дати на упаковку відбувається шляхом перенесення фарби з риббона на етикетку. Нанесення символів здійснюється за допомогою друкувальної головки зі змінними шрифтами.

#### 1.2.4 Універсальні (модульні) системи

Стосовно універсальних (модульних) аплікаторів можна сказати що вони відрізняються гнучкою архітектурою та компактним розміщенням складових вузлів (рис 1.6 [а,б]). Установки дозволяють не лише автоматизувати всі процеси етикетування, а й мінімізувати випадки браку завдяки високій точності та узгодженості роботи обладнання. Можуть використовуватися для різних типів тари, об'ємів і форм. Підходять для виробництв із частими змінами асортименту.



а)



б)

**Рисунок 1.6** Модульна лінія етикетування та датування АЕ для циліндричної тари об'ємом 10–360 мл. [12] а)загальний вигляд; б)система подачі наліпки.

Тара з приймального столу надходить на стрічковий транспортер, який переміщує її до аплікатора етикеток. Появу тари на позиції фіксує датчик, який подає команду на видачу етикетки. Стрічка рулону перегинається навколо адаптера, у результаті чого етикетка відділяється від підкладки та захоплюється тарою. Використана підкладка намотується на приймальну вісь.

Далі тара проходить через стрічковий обкатчик, який розгладжує етикетку під час обертання тари. Готова упаковка надходить на вихідний стіл. Датувальник наносить інформацію на етикетку методом термотрансферного друку.

### **1.2.5 Переваги та недоліки систем обкатки**

Стосовно переваг та недоліків приведених вище систем обкатки етикеток, можна сказати що для ручних систем наклейки однозначною перевагою є низька вартість, простота конструкції та мобільність. Але недоліків тут також чимало в першу чергу це низька продуктивність, яка залежить від людського фактору. Можливість похибки у позиціонуванні (нерівномірне нанесення або пошкодження етикетки через неправильне використання). У таких системах розміри етикеток обмежені.

Для напівавтоматичних систем перевагами є можливість роботи з великою кількістю різноманітних форматів флаконів та етикеток а також швидке переналаштування під роботу з ними. Для напівавтоматичних систем характерна висока точність (автоматичне позиціонування етикетки мінімізує помилки), вони прості і неаибагливі в експлуатації та обслуговуванні порівнянно з автоматичними та універсальними лініями. Забезпечують значно вищу продуктивність, ніж ручні методи, займає мало місця на робочій поверхні, доступні комплектуючі та витратні матеріали. Серед недоліків: необхідність ручного завантаження та вивантаження виробів, підходить лише для виробів із гладкою поверхнею, продуктивність нижча, ніж у повністю автоматичних систем.

Автоматичні системи мають високу продуктивність, забезпечують швидке нанесення етикеток у великих обсягах. Механізми позиціонування та контролю якості мінімізують ризик дефектів. Дані системи легко адаптуються до існуючих ліній. Підходить для широкого спектра циліндричних виробів. Мінімальна участь людини: повна автоматизація процесу. Серед недоліків можна виділити високу вартість (значні початкові інвестиції в обладнання), потребує кваліфікованого персоналу для налаштування та технічного обслуговування. Присутні вимоги до виробничого середовища, необхідно забезпечити стабільну роботу сенсорів та механізмів.

Універсальні (модульні) системи мають компактне розміщення складових вузлів, їми зручно керувати за рахунок наявності у більшості з них панелі з сенсорним екраном. Широкі можливості регулювання параметрів дозволяють переналаштовувати лінію для роботи з тарою різної висоти та об'єму, а також з етикетками різного формату. Лінія укомплектована багатьма датчиками, завдяки роботі яких виключається несвоєчасна подача тари або етикеток, що забезпечує безпеку технологічного процесу. Серед недоліків висока вартість та потреба догляду або усунення несправностей у разі їх появи, оскільки такі лінії, як було описано вище, мають складну конструкцію.

### **1.3 Типи обладнання в лініях наклеювання етикетки**

Лінії для нанесення етикеток складаються з кількох основних вузлів, кожен з яких виконує певну функцію у процесі етикетування продукції.

Основні типи обладнання включають:

#### **1. Систему подачі стрічки з етикеткою**

Ця система забезпечує подачу етикетки до місця її нанесення. Вона може включати: рулонні диспенсери – пристрої, що подають етикетку з рулону; листові подавачі – використовуються для окремих етикеток у форматі листів;

принтери-аплікатори – комбіновані пристрої, що друкують інформацію (дата, штрихкод тощо) та одразу наклеюють етикетку.

## 2. Система подачі тари

Ця система відповідає за правильне транспортування тари до місця нанесення етикетки. Може включати: роторні системи подачі – використовуються в високошвидкісних лініях; механізовані подавачі з орієнтацією – забезпечують правильне положення тари перед етикетуванням; вібраційні подавачі – для малої тари (флакони, ампули, пробірки).

## 3. Конвеєрна система

Конвеєрна система забезпечує переміщення продукції через всі етапи етикетування. Конвеєри бувають трьох типів : стрічкові, ланцюгові, роликові. Стрічкові конвеєри – найпоширеніший тип, використовується для транспортування пляшок, банок тощо. Ланцюгові конвеєри – для важчих об'єктів або нерівної тари. Роликові конвеєри – для коробок, контейнерів та іншої великогабаритної тари.

## 4. Система нанесення етикетки

Основний вузол, що відповідає за точне нанесення етикетки. Основні типи: контактні аплікатори – наклеюють етикетку шляхом притискання. Термоклейові – використовуються для нанесення паперових або полімерних етикеток з використанням гарячого клею; самоклеючі аплікатори – працюють з етикетками на клейовій основі; пневматичні аплікатори – використовують тиск повітря для нанесення.

## 5. Система обкатки (притискання) етикетки

Саме цю систему в подальшому ми будемо розробляти, вона забезпечує щільне прилягання етикетки до поверхні тари. Типи: роликові притискні системи – використовуються для циліндричних пляшок та банок; щіткові механізми – забезпечують додаткове загладжування етикетки; вакуумні притискні системи –

використовуються для специфічних типів тари. В нашому випадку ми маємо підтип роlikової системи, в якій етикетку притискає ремінь, у всіх інших планах принцип дії схожий.

#### 6. Система контролю якості

Ця система перевіряє якість нанесення етикетки. Може включати: оптичні сенсори – контролюють правильність позиціонування етикетки; камери контролю – розпізнають дефекти, перевіряють штрихкоди; датчики наявності етикетки – перевіряють, чи була наклеєна етикетка.

#### 7. Система відбраковки

Видаляє продукцію з дефектами з конвеєра. Основні види: пневматичні штовхачі – відкидають дефектні вироби; механічні важелі – змінюють напрямок руху тари; вакуумні присоски – прибирають вироби з лінії.

### **1.4 Технологічні вимоги до процесу наклейки етикеток на циліндричні поверхні шприців**

#### 1. Точність позиціонування етикетки

Етикетка повинна бути наклеєна рівномірно без зсувів і перекосів. Допустиме відхилення від заданого положення не повинно перевищувати встановлені нормативи (зазвичай в межах  $\pm 0,5$  мм).

#### 2. Міцність приклеювання

Адгезія клею повинна забезпечувати надійне закріплення етикетки на поверхні шприца протягом усього терміну його зберігання та використання, включаючи транспортування та стерилізацію.

#### 3. Сумісність матеріалів

Використовувані етикетки та клейові матеріали повинні бути стійкими до впливу вологи, температурних змін та хімічних речовин, що можуть

використовуватись у процесі стерилізації або експлуатації. Матеріали мають відповідати фармацевтичним стандартам і бути сумісними з полімерною поверхнею шприців, не змінюючи своїх властивостей протягом усього строку зберігання.

#### 4. Відсутність дефектів

Під час нанесення не допускаються бульбашки повітря, зморшки, пошкодження або відклеювання країв етикетки.

#### 5. Швидкість процесу

Наклейка повинна здійснюватися з високою продуктивністю, відповідно до вимог виробничої лінії, без зниження якості процесу. Збереження високої швидкості без втрати точності є ключовим фактором для рентабельності виробництва та дотримання темпів постачання готової продукції.

#### 6. Читабельність інформації

Вся інформація на етикетці (штрих-коди, серійні номери, дати виготовлення тощо) повинна залишатися чіткою та легкою для зчитування протягом усього періоду експлуатації шприца. Особливо це стосується лазерного або струменевого друку, який повинен бути стійким до стирання й не розмазуватися під впливом вологи.

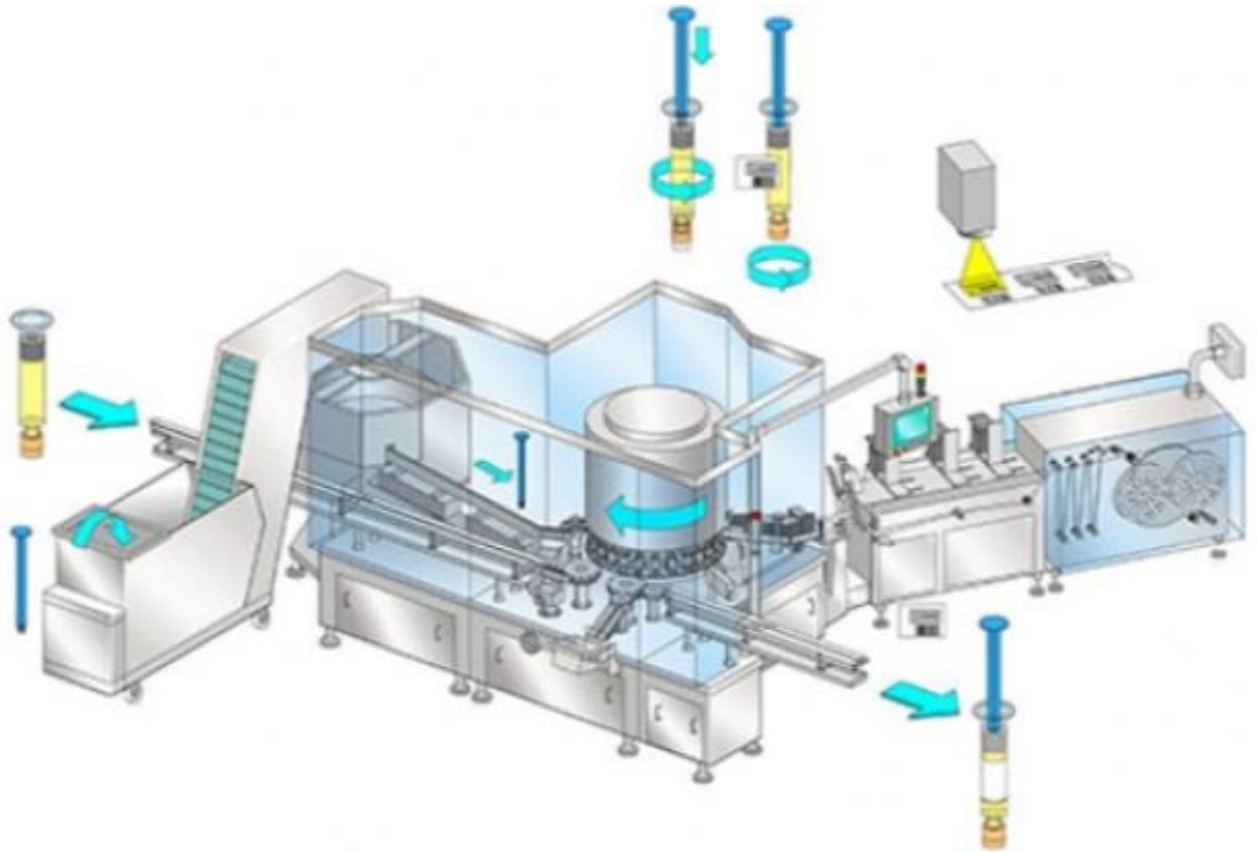
#### 7. Автоматизація процесу

Механізм повинен бути адаптований до автоматизованих виробничих ліній, забезпечуючи синхронізацію з іншими технологічними операціями без необхідності ручного втручання.

Виконання цих вимог дозволяє забезпечити високу якість маркування шприців, що є важливим аспектом для медичної продукції, оскільки будь-які порушення можуть вплинути на безпеку та ефективність її використання.

### 1.5 Огляд обладнання Bosch Ril100: принцип роботи і конструктивні особливості.

Нижче приведена загальна схема технологічного процесу виробничої лінії Bosch Ril100 ( див рис 1.7).



**Рисунок 1.7.** Загальна схема технологічного процесу.

Шприци в машину подаються в касетах (квадратна пластина, в якій вони розміщені по 6×6 шт., див рис 1.8 та 1.9 ). Розлив шприців відбувається на окремій машині та в окремому надстерильному цеху. Тут же здійснюється доукомплектація штоком (який тисне на поршень — він встановлюється окремо там, де їх наповнюють).

Спочатку проводиться контроль шприца за допомогою великої лупи, щоб переконатися, що під час розливу всередину нічого не потрапило. Потім вставляється шток, після чого наноситься наклейка, і шприци надходять на вихід для пакування.



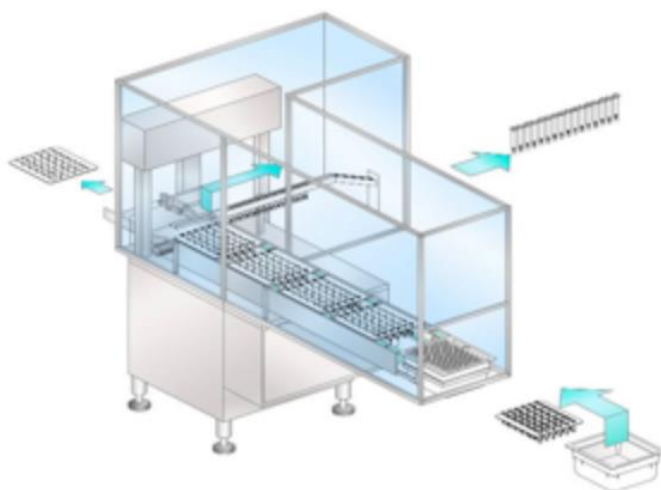
**Рисунок 1.8**

Шприці 1-10 мл що використовуються.



**Рисунок 1.9**

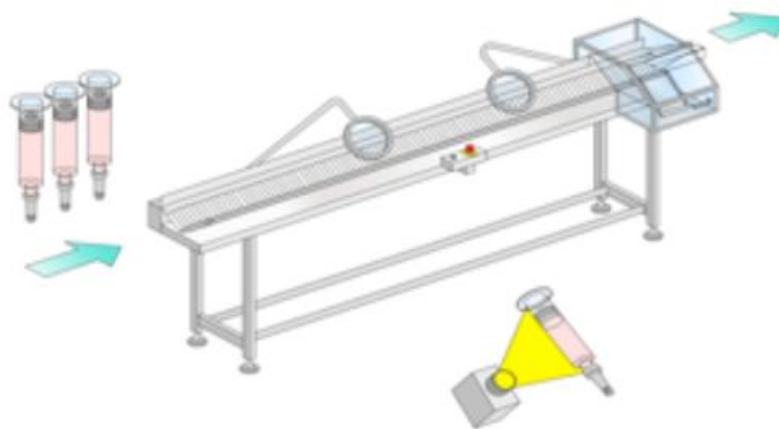
Касети з попередньо наповненими шприцами лінії Bosch Ril100.



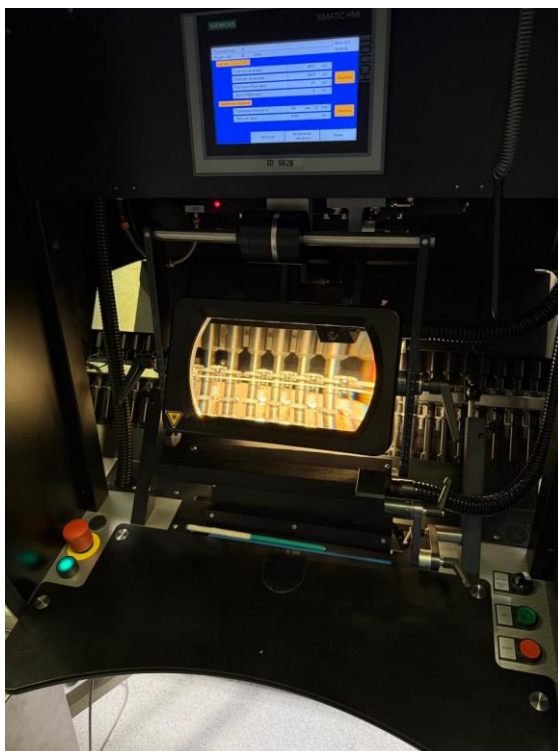
**Рисунок 1.10** Машина для виймання шприців з касети.

На рисунку 1.10 показана загальна схема машини для виймання шприців. Це машина зі стійкою рамою, обшивка з нержавіючої сталі, пульт оператора та ПЛК Siemens, періодичне переміщення касет реалізується синхронним ременем і приводним двигуном, підйом і перенесення шприців реалізується грейфером з

пневматичним приводом та механізмом лінійного переміщення, присутній лічильник касет та датчик робочого часу.



а)



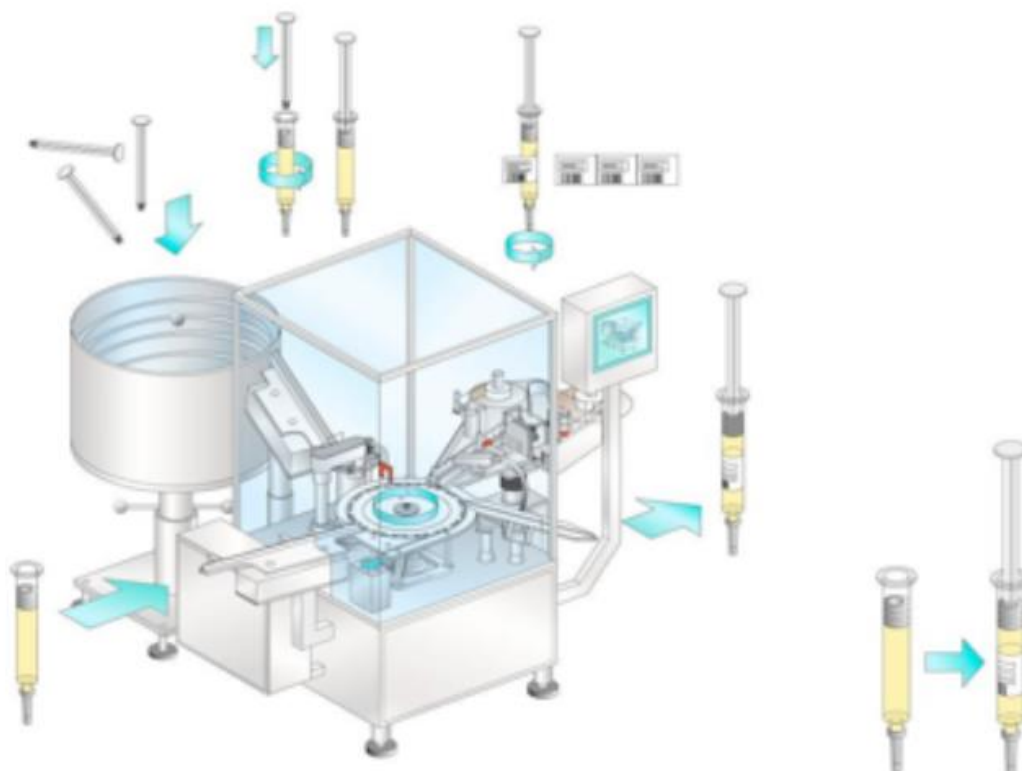
б)

**Рисунок 1.11** Система контролю якості:

а) схема установки, б) фото установки.

Шприці надходять у машину (рис 1.11 [а,б]) підвішені за фланці та розділяються ділильним шнеком. Шнек подає шприці на транспортер, який трохи нахилений назад для найзручнішого огляду. В областях огляду шприці

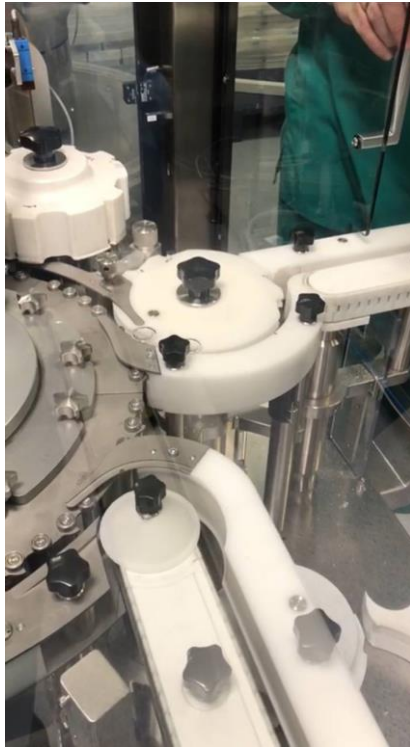
підсвічуються ззаду. Для того щоб оператор міг помітити брак, перед транспортером встановлено збільшувальне скло та поляризаційний фільтр. Браковані шприці вручну знімаються з транспортера (ручна відбраковка). Під час огляду шприці не обертаються. Перед оглядом шприці не перевертаються.



**Рисунок 1.12** Автоматична машина для вставки штоків та етикетування одноразових шприців.

На рисунку 1.12 показана загальна схема машини для вставки штоків та етикетування. Шприці надходять на напрямні вібраційного подавача однією лінією, підвішені за фланці. Штоки орієнтуються у вібраційній камері та подаються на пристрій передачі. Спеціальна система захоплює шток, який вставляється в поршень шприца. У цей час шприц постійно обертається. Ротор і подачу штоків можна налаштовувати за висотою, щоб штоки опинилися на необхідній глибині. Ведеться постійний контроль штоків. Якщо штока немає – етикетка не буде наклеєна. Етикетування відбувається на тій самій турелі. Етикетка наклеюється на циліндр шприца за допомогою обкатки. Розподільник етикеток може бути налаштований за довжиною та шириною. Етикеткова стрічка

подається кроковим електродвигуном. Як виглядає машина для вставки штоків та етикетування вживу можна побачити на (Рис 1.13, 1.14, 1.15).



**Рисунок 1.13**

Подача шприців на  
центральный барабан  
Bosch Ril100.



**Рисунок 1.14**

Обкатка этикетки Bosch Ril100.



**Рисунок 1.15** Система подачи самоклеящей  
этикетки Bosch Ril100.

Дана лінія була розрахована на наклейку під шприці діаметром 8 мм. При переході на виробництво продукції іншого розміру виходячи з того як

реалізується процес нам необхідно буде внести зміни в параметри шестерні та ременю, а також відредагувати сили притискання.

### **1.6. Мета і задачі проектування**

#### **Мета проектування:**

Розробка механізму обкатки етикетки для шприців діаметром 17 мм на виробничій лінії Bosch Rill100, що забезпечить якісне нанесення етикетки в межах існуючих габаритів механізму та при незмінній частоті обертання привода двигуна обкатки.

#### **Задачі проектування:**

- Зібрати вхідні дані
- Розрахувати швидкісний режим обкатного ременя відповідно до вимог виробничої лінії.
- Виконати підбір та розрахунок довжини обкатного ременя.
- Провести розрахунок модуля зуба та діаметра шестерень механізму обкатки.
- Виконати розрахунок валів та визначити їх параметри.
- Розрахувати та підібрати шпонки для забезпечення надійної роботи механізму.
- Обрати відповідні підшипники для валів механізму.
- Виконати розрахунок натяжного механізму ременя, що забезпечить оптимальну роботу системи.
- Забезпечити відповідність конструкційних змін механізму існуючим габаритним обмеженням виробничої лінії.

#### 4. Технологічні вимоги:

Точність позиціонування етикетки:  $\pm 0,5$  мм.

Відсутність повітряних бульбашок або зморшок.

Надійне зчеплення етикетки з поверхнею шприца.

Автоматичне регулювання механізму відповідно до зміни розміру шприца.

#### 4. Матеріали та зовнішні впливи:

Матеріал шприца: скло або пластик (впливає на адгезію клею).

Матеріал етикетки: самоклеюча плівка.

Вплив температури та вологості на процес обкатки.

#### Характеристики установки до модернізації

##### 1. Габарити:

Попередній діаметр шприца – 8 мм;

Попередній ділильний діаметр шестерні – 56 мм;

Кількість зубців – 40;

Продуктивність лінії – 3600 шприців/год.

#### **Особливості модернізації механізму**

Перехід на шприци діаметром 17 мм потребує адаптації механізму обкатки, а саме: зміни параметрів шестерні та ременя щоб новий шприц встигав прокрутитися два рази за час що був до цього і за умови того що довжина робочої зони обкатки є сталою. Потрібно буде відрегулювати сили притискання для уникнення лопання, появи тріщин на шприцах а також зморшок та перекосів на наклейці. Оптимізація кінематики механізму, щоб зберегти продуктивність лінії на рівні 3600 шприців/год.

Вхідні параметри, описані в цьому розділі, будуть використані для подальшого кінематичного аналізу та проектування механізму.

## 2.2. Кінематичні характеристики процесу обкатки етикетки шприца

Оскільки кінематичні характеристики безпосередньо зв'язані з геометрією виробу та швидкістю виробничої лінії то їх необхідно розрахувати, щоб розуміти, який діаметр шестерні потрібно буде виготовити за умови що привод обкатки видає сталу кількість обертів.

Розрахуємо кінематику руху шприців після модернізації.

Розрахуємо довжину шляху, яку має пройти точка на поверхні шприца за 2 оберти:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot d,$$

де  $d$  – діаметр шприца після модернізації,  $d = 17$  мм;

$$L = 2 \cdot 3,14 \cdot 17 = 106,76 \text{ мм.}$$

Час обкатки:

Оскільки продуктивність лінії 3600 шприців за годину, можна сказати що цикл на подачу – наклею – відведення одного шприца складає 1 секунду.

Допускаємо, що на сам процес обкатки (наклеювання) відводиться близько 0.6 секунди з урахуванням часу на подачу і відведення шприца:

$$T = 0,6 \text{ с.}$$

Лінійна швидкість обертання поверхні шприца:

$$V_{\text{пов}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_{\text{шприца}}}{t} = \frac{4 \cdot \pi \cdot R_{\text{шприца}}}{T} = \frac{L}{T},$$

де  $t$  – час одного повороту шприца,  $t = \frac{T}{2}$  ;

$$V_{\text{пов}} = \frac{106,76}{0,6} = 178 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 0,178 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Кутова швидкість обертання шприця:

$$\omega_{\text{шприця}} = \frac{V_{\text{пов}}}{R_{\text{шприця}}};$$

$$\omega_{\text{шприця}} = \frac{178}{8,5} = 20,9 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Або в обертах за секунду:

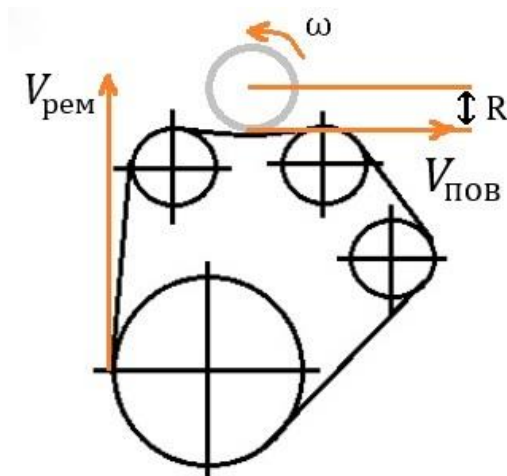
$$n_{\text{шприця}} = \frac{\omega_{\text{шприця}}}{2\pi};$$

$$n_{\text{шприця}} = \frac{20,94}{2 \cdot 3,14} = 3,3 \frac{\text{об}}{\text{с}}.$$

Тобто, швидкість обертання шприця повинна становить трохи більше трьох обертів за секунду, щоб здійснити 2 повні оберти за 0.6 секунди.

Лінійна швидкість ремня:

Оскільки обкатка здійснюється за рахунок притиску ремня, то лінійна швидкість ремня повинна дорівнювати швидкості поверхні шприця (рис 2.1).



**Рисунок 2.1** Кінематика процесу обкатки.

$$V_{\text{рем}} = V_{\text{пов}} = 0,178 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Отже, для забезпечення якісного наклеювання етикетки протягом двох повних обертів шприца за 0.6 секунди при збереженні загальної продуктивності 3600 шприців на годину, необхідно підтримувати:

Кутову швидкість обертання шприца приблизно  $20,94 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

(або 3,3 об/с) та лінійну швидкість обкатного ременя обкатки  $178 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$ .

### 2.3 Конструктивні особливості елементів механізму

Механізм обкатки етикетки шприца включає в себе набір функціональних елементів, кожен з яких виконує свою роль у забезпеченні рівномірного та надійного нанесення етикетки. Основними конструктивними елементами є:

#### 1. Обкатний ремінь

Ремінь здійснює безпосередній контакт з етикеткою та шприцом, притискаючи її до циліндричної поверхні під час обертання. Він виконує функцію м'якого натискного елемента та забезпечує:

- стабільний контакт без деформацій тари;
- передачу обертального руху;
- рівномірний тиск на всій довжині етикетки.

Матеріал ременя підбирається з урахуванням адгезійних властивостей (наприклад, гума з антиковзною поверхнею), температурної та хімічної стійкості а також санітарних умов фармацевтичного виробництва.

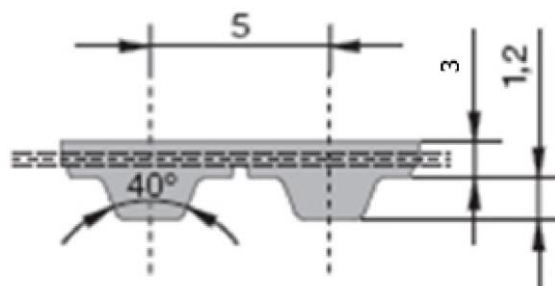


Рисунок 2.3 Профіль зубчастого ременя.

## 2. Вузол натяжки ремня

Складається з натяжного пристрою та ролика. Особливістю є можливість регулювання натягу. Планується додати у механізм пружину яка буде слугувати амортизаційним елементом для забезпечення рівномірного натягу та недопущення руйнування шприца. Буде можливість керувати пружинним та лінійним регулюванням.

## 3. Ведуча шестерня

У механізмі застосовується безпосередній привід: шестерня встановлена на валу приводу і прямо обертає обкатний ремінь. Для забезпечення необхідної лінійної швидкості ремня, шестерня має бути більшого діаметру, ніж у попередній версії механізму, оскільки швидкість обертання приводу залишається сталою. Це дозволяє зберегти продуктивність лінії (3600 шприців/год) при збільшеному діаметрі шприців.

Шестерня має збільшену висоту (по ширині ремня), що забезпечує стабільне зчеплення з обкатним ременем по всій його ширині.

Для запобігання зсуву ремня під час роботи по краях шестерні передбачені кришки, які виконують функцію бічних обмежувачів. Це дозволяє зберегти точне положення ремня навіть при динамічних навантаженнях або вібраціях.

## 4. Вали

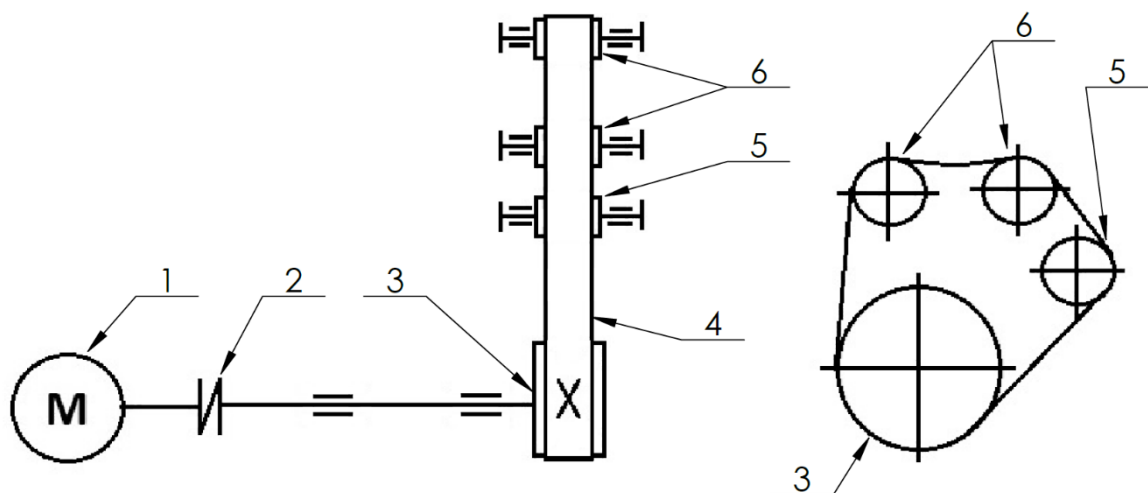
Вали забезпечують обертання елементів механізму — шестерні та роликів. Вал приводу встановлюється у підшипниках, які обираються з урахуванням динамічного навантаження та швидкості обертання. Вали виготовляються із нержавіючої сталі марки AISI 304, згідно санітарних норм фармацевтичного виробництва. Крутний момент з двигуна на вал приводу передається завдяки штифту а з валу на шестерню завдяки шпонці.

## 5. Корпус механізму

Забезпечує жорстке кріплення всіх елементів механізму. Виготовляється з дюралюмінія Д16. У ньому фіксуються основні елементи механізму. Конструкція корпусу була змінена порівняно з попередньою версією для забезпечення розміщення шестерні більшої висоти та діаметра.

### 2.4 Розробка кінематичної схеми механізму

Для кращого розуміння взаємозв'язку основних елементів була побудована кінематична схема (див. рис 2.2). На ній зображено основні вузли, що забезпечують передачу руху від двигуна до обкатки.



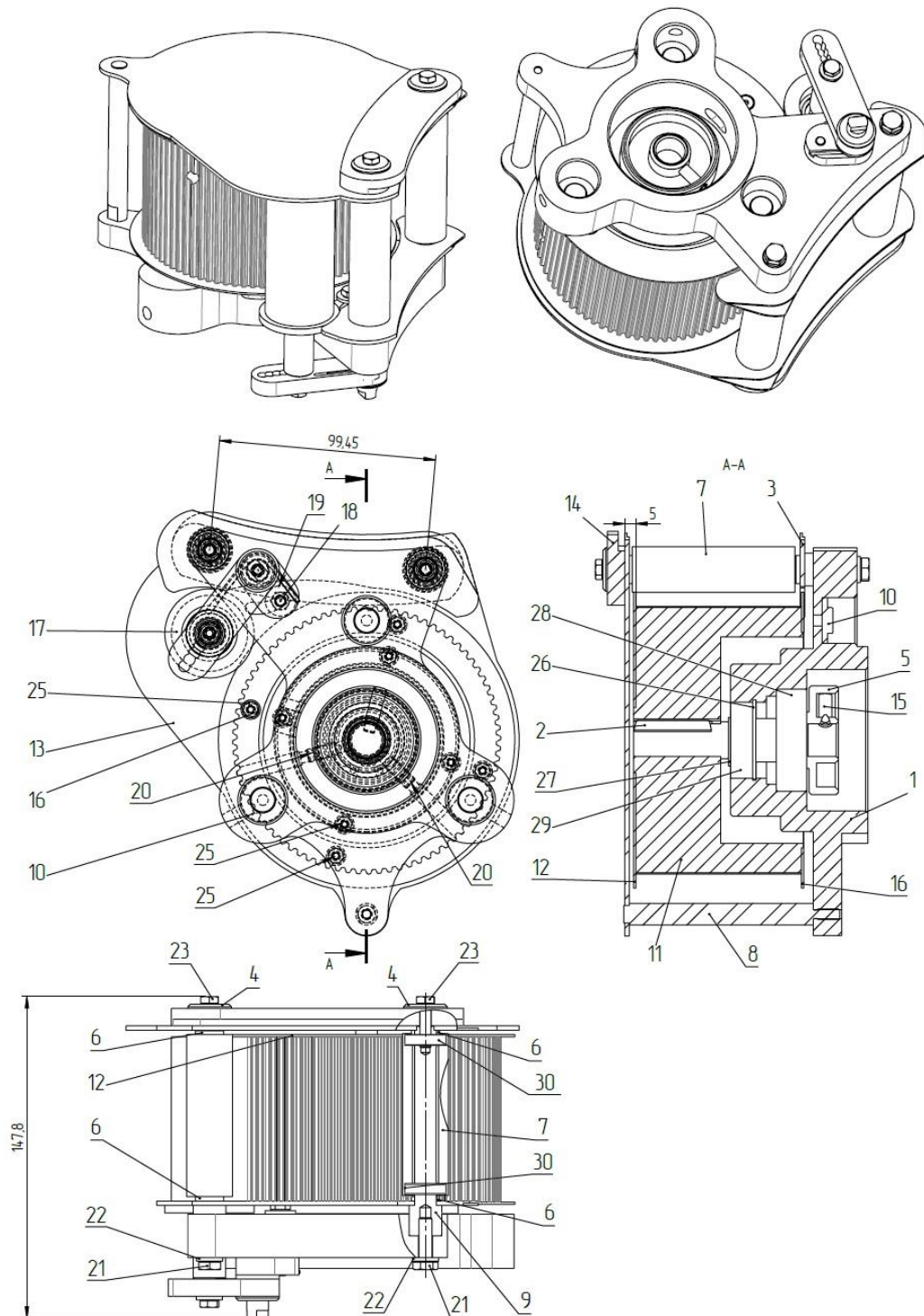
**Рисунок 2.2.** Кінематична схема механізму:

1 – електродвигун; 2 – муфта; 3 – шестерня, що обертає ремінь; 4 – ремінь;  
5 – натяжний ролик; 6 – направляючі ролики.

Двигун (1) передає крутний момент через штифтову муфту (2) на вал, вал закріплений за допомогою радіально-кулькових підшипників. Крутний момент з валу на шестерню (3) передається через шпонку. Шестерня обертає зубчастий ремінь який направляється роликами (6) а натяг ремня керується за допомогою натяжного ролика (5).

## 2.5. Розробка компоувальної схеми механізму

З метою візуалізації розміщення основних елементів була побудована ескізна компоувальна схема (див. рис 2.4). На ній відображено конструктивну компоувку то взаємне розміщення вузлів у виробі.



**Рисунок 2.4** Ескізна компоувка механізму:

1 — Корпус, 2 — Шпонка, 3 — Напрямна, 4 — Шайба, 5 — Вал, 6 — Компенсаційна шайба, 7 — Роликова напрямна, 8 — Консоль, 9 — Напрямна стійка, 10 — Підп'ятник, 11 — Шестерня, 12 — Верхня кришка, 13 — Кришка, 14 — Напрямна, 15 — Штифт, 16 — Нижня кришка, 17 — Натяжний ролик у зборі. Елементи з позицій 17–30 є стандартними комплектуючими (гвинти, шайби, стопорні кільця, підшипники), що були підібрані згідно з каталогами DIN.

## **2.6 Вибір матеріалів та комплектувальних виробів**

Для виготовлення елементів механізму обкатки етикетки було обрано матеріали, що відповідають санітарним нормам фармацевтичного виробництва та забезпечують надійність і довговічність конструкції.

Корпус механізму та ведуча шестерня виготовляються з алюмінієвого сплаву Д16Т відповідно до вимог ГОСТ 4784-97. Даний матеріал має високу міцність при відносно невеликій масі та стійкість до корозії.

Вали обертання виконуються із харчової нержавіючої сталі AISI 304 (аналог 08X18H10), що забезпечує їх стійкість до впливу вологи, хімічних середовищ і механічних навантажень, характерних для фармацевтичного виробництва.

Натяжний ролик виготовляється з комбінації нержавіючої сталі та ацеталю (POM). Ацеталь використовується завдяки своїй високій зносостійкості, низькому коефіцієнту тертя та стабільності розмірів.

Кришки та інші дрібні елементи конструкції також виконуються з нержавіючої сталі для забезпечення гігієнічності та стійкості до агресивних середовищ.

Для забезпечення плавної та надійної роботи механізму відповідно до діаметрів валів і очікуваних навантажень підібрані радіально-кулькові підшипники та стопорні кільця за каталогом [14].

Як обкатний елемент обрано трапецеїдальний зубчастий ремінь T5 Bresco з покриттям з полівінілхлориду (PVC film). Робочий температурний діапазон від -15 °C до +90 °C, висока стійкість до впливу масел, жирів, кислот та лугів.

Такий ремінь широко застосовується у фармацевтичній промисловості та при виготовленні упаковки. Підбір здійснено за каталогом зубчастих ременів з покриттям [9].

## КОНСТРУЮВАННЯ МЕХАНІЗМУ І СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

### 3.1 Розрахунок основних параметрів механізму

Розрахуємо кінематику руху шприців до модернізації.

Кутова швидкість обертання шприца.

$$L' = 2 \cdot \pi \cdot d',$$

де  $d'$  – діаметр шприца до модернізації,  $d' = 8$  мм;

$$L' = 2 \cdot 3,14 \cdot 8 = 50,24 \text{ мм.}$$

Лінійна швидкість обертання поверхні шприца:

$$V_{\text{пов}}' = \frac{2\pi R_{\text{шприца}}'}{T} = \frac{4\pi R_{\text{шприца}}'}{t} = \frac{L'}{t};$$

$$V_{\text{пов}}' = \frac{50,24}{0,6} = 83,7 \frac{\text{мм}}{\text{с}}.$$

Зв'язок між кутовою та лінійною швидкістю:

$$V_{\text{пов}}' = R_{\text{шест}}' \cdot \omega_{\text{шест}}' \Rightarrow \omega_{\text{шест}}' = \frac{V_{\text{пов}}'}{R_{\text{шест}}'};$$

$$\omega_{\text{шест}}' = \frac{83,7}{28} = 3 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Переведемо в об/хв (швидкість обертання вала приводу) R

$$n = \frac{\omega_{\text{шест}}'}{2\pi} \cdot 60;$$

$$n = \frac{3}{2 \cdot 3,14} \cdot 60 = 28,7 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Оскільки ми знаємо необхідну лінійну швидкість ремня (пункт 2.2), те що обидві шестерні жорстко насаджені на той самий вал двигуна та відсутній редуктор то  $n$  та  $\omega = \text{const}$ .

Отже, можна розрахувати радіус шестерні що проектується:

$$n = \frac{\omega_{\text{шест}}}{2\pi} \cdot 60 = \frac{\omega'_{\text{шест}}}{2\pi} \cdot 60;$$

$$\omega_{\text{шест}} = \omega'_{\text{шест}};$$

$$\frac{V_{\text{пов}}}{R_{\text{шест}}} = \frac{V'_{\text{пов}}}{R'_{\text{шест}}};$$

$$R_{\text{шест}} = \frac{V_{\text{пов}} \cdot R'_{\text{шест}}}{V'_{\text{пов}}};$$

$$R_{\text{шест}} = \frac{178 \cdot 28}{83,7} = 59,54 \text{ мм.}$$

Прийmemo ділильний діаметр шестерні  $d_{\text{шест}} = 120 \text{ мм.}$

Визначення кількості зубців:

Оскільки крок зуба ремня за каталогом  $\tau = 5 \text{ мм}$ , можна розрахувати кількість зубів:

$$Z = \frac{\pi \cdot d_{\text{шест}}}{\tau};$$

$$Z = \frac{\pi \cdot 120}{5} = 75,4,$$

приймаємо  $Z = 80$ .

Модуль зуба ремня за каталогом  $m = 1,5$ .

Розрахуємо зовнішній діаметр шестерні:

$$d_{\text{зовн}} = m(Z + 2);$$

$$d_{\text{зовн}} = 1,5 \cdot (80 + 2) = 123 \text{ мм},$$

де  $d_{\text{зовн}}$  – це зовнішній діаметр шестерні.

Число зубців у зачепленні з пасом на шківі:

$$Z_0 = \frac{Z \cdot \alpha}{360^\circ},$$

де  $\alpha$  – кут обхвату пасом шківа (див. рис 3.5 ).

$$Z_0 = \frac{80 \cdot 189^\circ}{360^\circ} = 42.$$

### 3.2 Розрахунок валу шестерні

Характеристики матеріалу:  $HV 10^{-1} = 170$  МПа; термообробка – поліпшення; границя міцності:  $\sigma_M = 470$  МПа; плинності:  $\sigma_{0,2}(\sigma_{II}) = 196$  МПа; витривалості при згині:  $\sigma_{-1H} = 240$  МПа; коефіцієнт, що характеризує чутливість матеріалів при крученні:  $\psi_\tau = 0,1$ ; відношення  $\frac{\sigma_{II}}{\sigma_M} = \frac{196}{470} = 0,42$ , тоді значення коефіцієнта запасу міцності при розрахунку на статичну міцність складає:  $[n_{II}] = 1,1..1,2$ .

Крутний момент, що передається на вал від привода можна визначити через зв'язок між потужністю сервоприводу та кутовою швидкістю шестерні:

$$P_{\text{прив}} = M \cdot \omega_{\text{шест}} \Rightarrow M = \frac{P_{\text{прив}}}{\omega_{\text{шест}}},$$

де  $P_{\text{прив}} = 0,15$  кВт.

$$M = \frac{150}{3} = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

На першому етапі конструювання привода діаметр валу визначають у характерних перерізах за умовою міцності на кручення:

$$d = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{M}{0,2 \cdot [\tau]}},$$

де  $M$  – крутний момент,

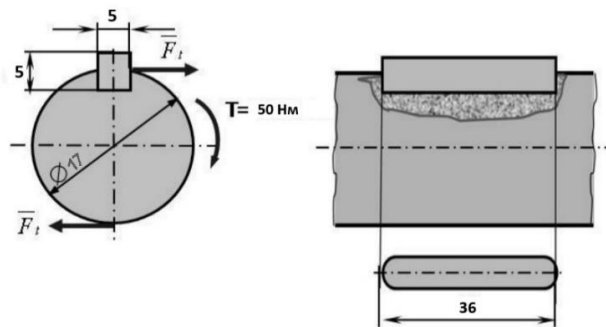
$[\tau] = 100$  МПа – допустиме напруження при крученні за ГОСТ 5632-72.

$$d = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{50}{0,2 \cdot 100}} = 13,57 \text{ мм}.$$

З урахуванням коефіцієнта запасу міцності  $[n_{\Pi}] = 1,2$ , стандартних розмірів валів, а також з метою забезпечення надійності конструкції приймаємо мінімальний необхідний діаметр вала  $d = 17$  мм.

### 3.3 Розрахунок шпонкового з'єднання

Діаметр ділянки вала, на якому встановлена шпонка  $d = 17$  мм, момент, що передається валом  $M = 50$  Нм, матеріал вала - AISI 304 (аналог 08X18H10), шпонки - AISI 304, розміри перерізу шпонки  $b \times h = 5 \times 5$  довжина  $l = 34$  мм.



**Рисунок 3.1** – Шпонкове з'єднання.

Перевіримо міцність шпонки на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{F_t}{A_{зр}} \leq [\tau_{зр}],$$

де  $A_{зр}$  – площа зрізу шпонки:

$$A_{зр} = b \cdot l;$$

$$A_{зр} = 5 \cdot 36 = 180 \text{ мм}^2 = 0,00018 \text{ м}^2$$

$F_t$  – Зрізаюча сила, якою є колове зусилля (в нашому випадку це  $M = 50$  Нм):

$$F_t = \frac{2M}{d};$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 50}{0,017} = 5882 \text{ Н.}$$

$[\tau_{зр}]$  – допустимі напруження на зріз, обираємо за довідником для матеріалу шпонки,  $[\tau_{зр}] = 150$  МПа.

$$\tau_{зр} = \frac{5882}{0,00018} = 32,7 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 150 \text{ МПа.}$$

Умова міцності на зріз виконується.

Перевіримо міцність шпонки на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_t}{A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}],$$

де  $A_{зм}$  – площа зминання шпонки:

$$A_{зм} = 0,5h \cdot l;$$

$$A_{зм} = 0,5 \cdot 5 \cdot 36 = 90 \text{ мм}^2 = 0,00009 \text{ м}^2.$$

Оскільки вал і шпонка виготовлені з одного матеріалу то міцність на зминання у них однакова  $[\sigma_{зм}] = 130..140$  МПа.

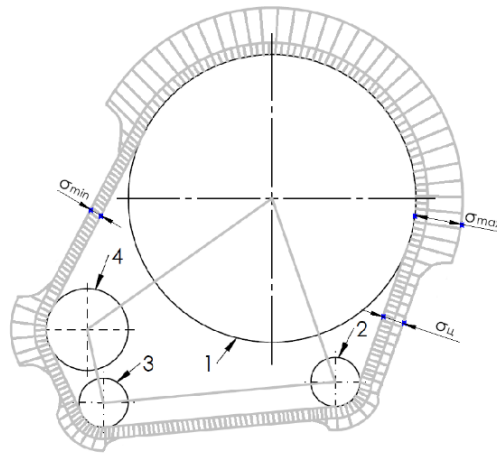
$$\sigma_{зм} = \frac{5882}{0,00009} = 65,4 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 130 \text{ МПа.}$$

Умова міцності на зминання виконується.

### 3.4 Розрахунок ременя

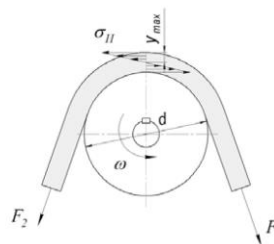
Необхідну довжину ременя ми визначили через інструмент ремінь/ланцюжок в CAD середовищі Solidworks, необхідна мінімальна довжина ременя склала 510,5 мм. С каталогу найближче стандартне значення 510 мм. Різницю компенсуємо за допомогою легкої натяжки. Отже, вибираємо Т5 / 510 від BFX (Brecoflex). Кількість зубців ременя  $Z = 102$ .

Розрахунок ременя передбачає визначення напружень вигину і напружень що виникають в наслідок дії відцентрової сили. Типова епюра розподілу тиску в ремені подана на рисунку 3.2.



**Рисунок 3.2** Типова епюра розподілу тиску у ремені.

При обгинанні ременем шківів виникає напруження вигину  $\sigma_B$ . По закону Гука  $\sigma_B = \varepsilon \cdot E$ , де  $\varepsilon \approx \frac{2 \cdot y_{\max}}{d}$  — відносне видовження волокон на зовнішній стороні ременя при вигині;  $E$  — модуль пружності матеріалу ременя,  $E \approx 70 \text{ МПа}$ ;  $y_{\max}$  — відстань від нейтрального шару до небезпечних волокон,  $y_{\max} = 1,5 \text{ мм}$ .



**Рисунок 3.3** Напруження вигину ременя.

Отже, напруження вигину ременя:

$$\sigma_B = \frac{2 \cdot y_{\max} \cdot E}{d}.$$

За розрахунковий діаметр  $d$  приймають діаметр зовнішньої поверхні шківів. Напруження вигину, змінюючись за циклом, є головною причиною втомного руйнування ременя.

Розрахунок для кожного елемента:

Направляючі ролики ( $d = 21$  мм):

$$\sigma_B = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 70}{21} = 10 \text{ МПа};$$

Натяжний ролик ( $d = 35$  мм):

$$\sigma_B = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 70}{35} = 6 \text{ МПа};$$

Шестерня ( $d = 120$  мм):

$$\sigma_B = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 70}{120} = 1,75 \text{ МПа};$$

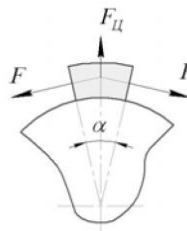
Розраховані значення напружень не перевищують гранично допустимі для поліуретанових та PVC-ременів (які зазвичай становлять 15 – 20 МПа для втомної роботи), тому обрані діаметри шківів є допустимими, а конструкція відповідає вимогам довговічності.

Напруження від відцентрової сили  $F_{ц}$ .

При дії на виділений елемент ременя відцентрової сили (рис.х.х) для збереження контакту ременя зі шківом натяг ременя має бути рівним:

$$F = \frac{F_{ц}}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \approx \frac{m \cdot a_{ц}}{a},$$

$m$  – вага виділеного елемента ременя;  $a_{ц}$  – доцентрове прискорення.



**Рисунок 3.4** Натяг ременя від відцентрової сили.

$$\text{Оскільки, } m = \rho \cdot \alpha \cdot 0,5d \cdot \delta \cdot b, \quad a_{ц} = \frac{2 \cdot v^2}{d};$$

де  $\rho$  – густина матеріалу ременя;

$\delta$  — товщина ремня;

$b$  — ширина ремня;

$V$  — швидкість ремня.

$$F \approx \rho \cdot V^2 \cdot \delta \cdot b,$$

$$F \approx 1,4 \cdot 10^{-6} \cdot 178^2 \cdot 3 \cdot 75 = 9,98 \text{ Н.}$$

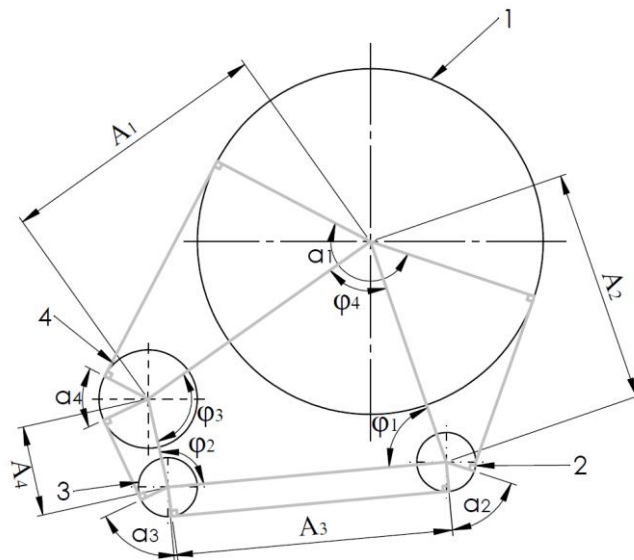
В результаті у ремені утворюється напруження :

$$\sigma_{\text{ц}} = \frac{F}{A} = \rho \cdot V^2$$

$$\sigma_{\text{ц}} = 1,4 \cdot 10^{-6} \cdot 178^2 = 0,044 \text{ МПа} = 44 \text{ кПа},$$

Для нашого випадку, при відносно невеликій швидкості ремня, напруження від відцентрової сили в 44 кПа є абсолютно допустимим і безпечним оскільки допустимі напруження для полімерних ремнів (до 15 МПа), тому вплив відцентрових сил на механічну роботу та знос є мінімальним і не вимагає додаткової компенсації в конструкції.

Кути охоплення ремнем шківів та міжосьові відстані:



**Рисунок 3.5** Схема ремінної передачі з внутрішнім натяжним роликком

у нульовому положенні:

1 — ведучий шків; 2 — напрямляючий ролик; 3 — напрямляючий ролик; 4 —

натяжний ролик. Де  $a_1 = 189^\circ$ ;  $a_2 = 70^\circ$ ;  $a_3 = 90^\circ$ ;  $a_4 = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 76^\circ$ ;  
 $\varphi_2 = 85^\circ$ ;  $\varphi_3 = 124^\circ$ ;  $\varphi_4 = 75^\circ$ ;  $A_1 = 87,2$ ;  $A_2 = 83$ ;  $A_3 = 99,5$ ;  $A_4 = 38,3$ .

### 3.5 Розрахунок навантаження на вали

Сили натягу у ремені створюють навантаження на вали. Рівнодіюча цих сил визначається за формулою:

$$F_B = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos(180^\circ - \alpha_1)} \approx 2F_0 \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2},$$

де  $F_1$  – сила натягу розвантаженої гілки ременя;  $F_2$  – сила натягу навантаженої гілки ременя;  $F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2}$ ,  $F_0 = 11,675$  Н – середній натяг ременя;  
 $\alpha$  – кут охоплення шківа ременем, дія  $F_1$  та  $F_2$  показана на рис 3.3.

Вал шестерні має довжину  $L$  (рис. 3.6), (сила  $F_B$  прикладена в точці на відстані  $a$  від опори  $A$ , тобто  $b = L - a$ ).

Тоді реакції:

$$R_A = \frac{F_B \cdot b}{L}, \quad R_B = \frac{F_B \cdot a}{L};$$

Навантаження на вал шестерні:

$$F_B = 2 \cdot 11,675 \cdot \sin\left(\frac{189}{2}\right)^\circ = 23,28 \text{ Н};$$

$$R_A = \frac{23,28 \cdot 40}{94} = 9,9 \text{ Н}, \quad R_B = \frac{23,28 \cdot 54}{94} = 13,37 \text{ Н},$$

де  $L = 94$  мм,  $a = 54$  мм,  $b = 40$  мм,  $a_1 = 189^\circ$  (за кресленням та ескізом).

Навантаження на натяжний ролик:

$$F_B = 2 \cdot 11,675 \cdot \sin(30^\circ) = 11,675 \text{ Н};$$

$$R_A = \frac{11,675 \cdot 71}{109,8} = 7,55 \text{ Н}, R_B = \frac{11,675 \cdot 38,8}{109,8} = 4,13 \text{ Н}.$$

де  $L = 109,8 \text{ мм}$ ,  $a = 38,8 \text{ мм}$ ,  $b = 71 \text{ мм}$ ,  $\alpha_1 = 60^\circ$ .

Навантаження на вали направляючих роликів:

Направляючий ролик 1:

$$F_B = 2 \cdot 11,675 \cdot \sin(35^\circ) = 13,4 \text{ Н},$$

$$R_A = \frac{13,4 \cdot 71,3}{96,3} = 9,9 \text{ Н}, R_B = \frac{13,4 \cdot 25}{96,3} = 3,5 \text{ Н},$$

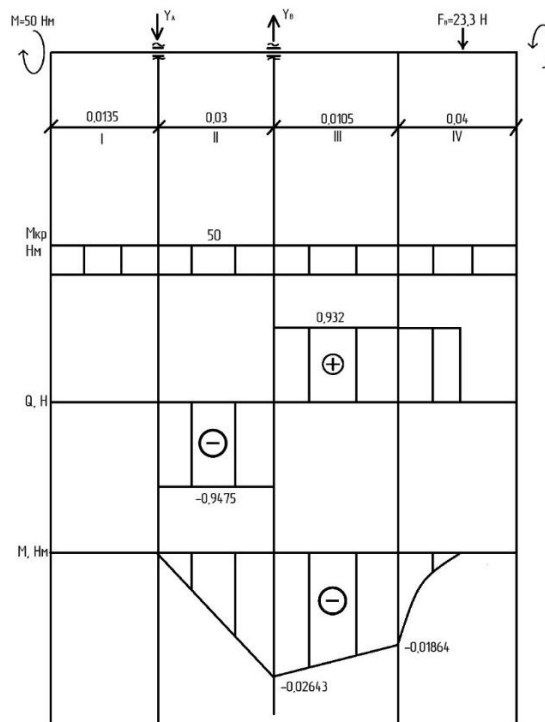
де  $L = 96,3 \text{ мм}$ ,  $a = 25 \text{ мм}$ ,  $b = 71,3 \text{ мм}$ ,  $\alpha_1 = 70^\circ$ .

Направляючий ролик 2 :

$$F_B = 2 \cdot 11,675 \cdot \sin(45^\circ) = 16,5 \text{ Н},$$

$$R_A = \frac{16,5 \cdot 71,3}{96,3} = 12,2 \text{ Н}, R_B = \frac{16,5 \cdot 25}{96,3} = 4,3 \text{ Н},$$

де  $L = 96,3 \text{ мм}$ ,  $a = 25 \text{ мм}$ ,  $b = 71,3 \text{ мм}$ ,  $\alpha_1 = 90^\circ$ .



**Рисунок 3.6** Епюра навантажень на вал шестерні.

Запишемо, з урахуванням правил знаків, суми моментів навантажень прикладених відносно точок на опорах.

$$\sum M_A = 0,04F_B \cdot 0,0605 - 0,003Y_B = 0 \Rightarrow Y_B = 1,88 \text{ Н.}$$

$$\sum M_B = 0,04F_B \cdot 0,0305 - 0,03Y_A = 0 \Rightarrow Y_A = 0,948 \text{ Н.}$$

$$\sum Y = -Y_A + Y_B - 0,04F_B = -0,948 - 1,88 - 0,932 = 0.$$

Ділянки:

$$\text{I.} \quad 0 < x < 0,0135$$

$$Q_1(x) = M_1(x) = 0$$

$$\text{II.} \quad 0 < x < 0,03$$

$$Q_2(x) = -Y_A = -0,9475 \text{ Н.}$$

$$M_2(x) = -Y_A x = [0; -0,02843] \text{ Нм.}$$

$$\text{III.} \quad 0 < x < 0,0105$$

$$Q_3(x) = -Y_A = -0,9475 \text{ Н.}$$

$$M_3(x) = -Y_B x - Y_A(0,03 + x) = [-0,02843; -0,01864] \text{ Нм.}$$

$$\text{IV.} \quad 0 < x < 0,04$$

$$Q_4(x) = F_B \cdot x = [0; 0,932] \text{ Н.}$$

$$M_4(x) = -F_B \cdot \frac{x^2}{2} = [0; -0,01864] \text{ Нм.}$$

### 3.6 Вибір підшипників

Згідно з рекомендаціями довідника з підшипників та каталогу SKF, за посадочними діаметрами валів було підібрано кулькові радіальні однорядні підшипники стандартного виконання.

Для центрального привідного вала під діаметр  $d = 20$  мм обрано підшипник SKF 6204 легкої серії, який має компактні габарити та гарну довговічність. Під діаметр  $d = 17$  мм підібрано підшипники SKF 6003 надлегкої серії. Підшипники цієї серії мають меншу зовнішню габаритність, що дозволяє ефективно використовувати їх у місцях з обмеженим монтажним простором. Аналогом цих підшипників за ГОСТ є 180204 та 180103 ГОСТ 8338-75.

Всі обрані підшипники забезпечують достатній ресурс, відповідають умовам обертання з невеликим навантаженням і добре представлені на ринку України.



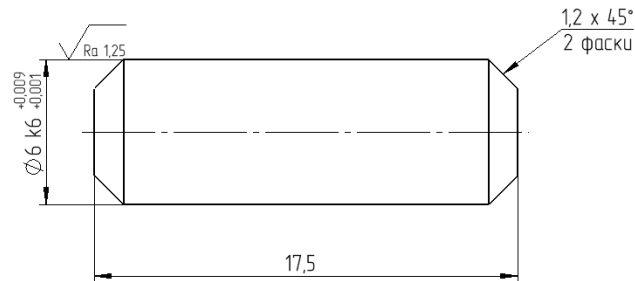
**Рисунок 3.7** Кулькові радіальні однорядні підшипники

**Таблиця 3.1**— Характеристики підшипників

|                                  | SKF 6204 | SKF 6003 |
|----------------------------------|----------|----------|
| Зовнішній діаметр D, мм          | 47       | 35       |
| Внутрішній діаметр d, мм         | 20       | 17       |
| Ширина B, мм                     | 14       | 10       |
| Статична вантажопідйомність, кН  | 6,6      | 3,25     |
| Динамічна вантажопідйомність, кН | 13,3     | 6,37     |

### 3.7 Розрахунок штифта на зріз

В нашому механізмі використовується стаканна штифтова (пальцева) муфта. Для неї необхідно розрахувати штифт на зріз.



**Рисунок 3.8** Креслення штифта.

Обчислюємо силу  $F$  яка діє на штифт, знаючи що момент  $M = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

$$F = \frac{M}{r} = \frac{2M}{d},$$

де  $d = 6 \text{ мм}$ , за кресленням.

$$F = \frac{2 \cdot 50000}{6} = 16,7 \text{ кН}.$$

Площа зрізу (двосторонній зріз):

$$A = 2 \cdot \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right);$$

$$A = \frac{3,14 \cdot 6^2}{2} = 56,5 \text{ мм}^2.$$

Напруження зрізу:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{A} \leq [\tau_{зр}];$$

$$\tau_{зр} = \frac{16700}{56,5} = 295,6 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 312 \text{ МПа}.$$

Умова міцності на зріз виконується, штифт діаметром 6 мм з AISI 304 витримає навантаження у 50 Нм і запобіжить перенавантаженню.

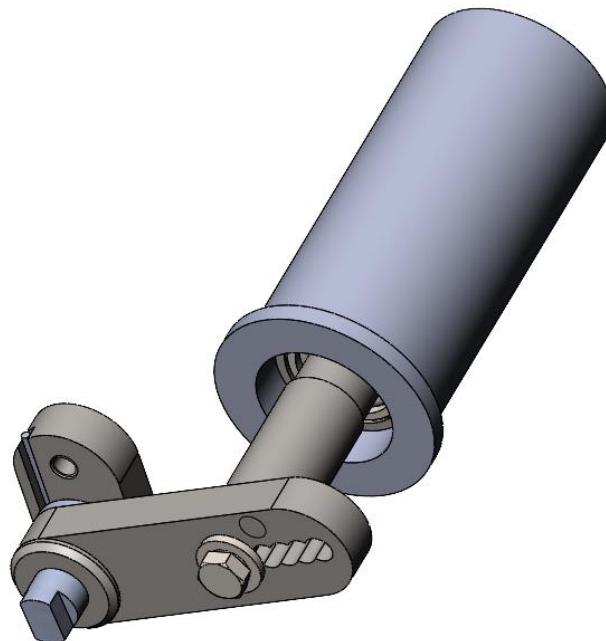
### 3.8 Конструювання натяжного механізму паска

#### 3.8.1 Моделювання натяжного механізму

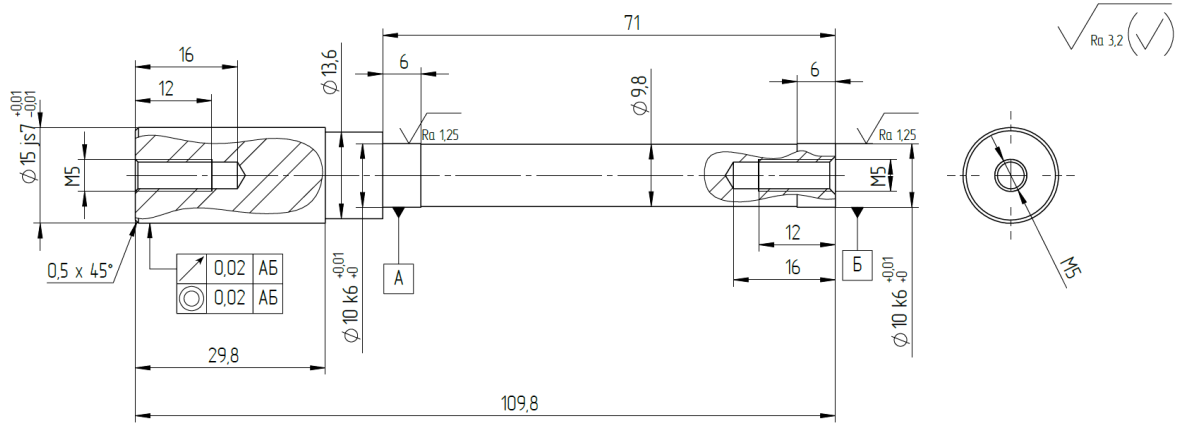
Натяжний механізм жорстко закріплюється до корпусу через два ричаги між якими встановлена демпферна пружина. Перший ричаг за рахунок дугоподібного пазу у корпусі механізму регулює натяг пружини. Другий ричаг регулює положення стержня-консолі, на якій насаджені кулькові підшипники 61900 SKF. Поверх підшипників насаджена втулка, фіксація відбувається за рахунок посадкових місць під підшипники, крайній підшипник зафіксований гвинтом. Поверх втулки з нержавіючої сталі запресований зовнішній ролик з ацеталю. Ролик спроектований з кантом для направлення руху ремня.

На другому ричагу для регулювання натягу передбачено сім фіксованих позицій з кроком 3,8 мм.

З метою забезпечення стабільного натягу паска в умовах змін температури та вібрацій, було прийнято рішення додатково впровадити демпферну пружину (рис 3.11) з спеціальної пружинної сталі. Вона буде компенсувати температурні деформації, поглинати вібрації або удари та компенсувати знос ремня з часом оскільки буде підтримувати робочий натяг без ручного втручання.



**Рисунок 3.9** 3D модель натяжний ролик у зборі.



**Рисунок 3.10** Кресленик консоль ролика.

### 3.9.2 Розрахунок пружини

Пружини кручення мають щонайменше півтора витка. Пружина кручення піддається дії зовнішніх сил, що діють у площинах, перпендикулярних до осі навивки, створюючи таким чином крутний момент у напрямку навивки або протилежному до нього. Крутний момент сприймають робочі та опорні важелі. Діаметр активних витків змінюється під час роботи пружини.

Зовнішній діаметр пружини:

$$D_1 = D + d ,$$

де  $D$  – середній діаметр пружини,

$d$  – діаметр дроту,

$$D = 12,5 + 1,6 = 14,1 \text{ мм.}$$

Внутрішній діаметр пружини:

$$D_2 = D - d ,$$

$$D_2 = 12,5 - 1,6 = 10,9 \text{ мм.}$$

Крутний момент для попередньо навантаженої пружини:

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot R}{1000},$$

де  $F_1$  — робоче зусилля попередньо навантаженої пружини,

$E$  — модуль пружності,

$R$  — плече робочого зусилля,  $R = 23$  мм.

$$M_1 = \frac{4,35 \cdot 23}{1000} = 0,1 \text{ Нм.}$$

Крутний момент для повністю навантаженої пружини:

$$M_8 = \frac{F_8 \cdot R}{1000},$$

де  $F_8$  — робоче зусилля повністю навантаженої пружини

$$M_8 = \frac{20 \cdot 23}{1000} = 0,46 \text{ Нм.}$$

Узагальнений крутний момент пружини:

$$M = \frac{M_1 + M_8}{2},$$

$$M = \frac{0,1 + 0,46}{2} = 0,28 \text{ Нм.}$$

Індекс пружини:

$$i = \frac{D}{d},$$

$$i = \frac{14,1}{1,6} = 8,8.$$

Мінімальне кутове відхилення робочого важеля:

$$\varphi_1 = \frac{M_1}{k_\varphi} = \frac{M_1 \cdot \varphi_h}{M_8 - M_1},$$

де  $k_\varphi$  — жорсткість пружини кручення.

$$\varphi_1 = \frac{0,1 \cdot 30}{0,46 - 0,1} = 8,3^\circ.$$

Максимальне кутове відхилення робочого важеля:

$$\varphi_8 = \frac{M_8}{k_\varphi} = \frac{M_8 \cdot \varphi_h}{M_8 - M_1},$$

$$\varphi_8 = \frac{0,46 \cdot 30}{0,46 - 0,1} = 38,3^\circ.$$

Кут робочого ходу:

$$\varphi_h = \varphi_8 - \varphi_1,$$

де  $\varphi_8$  — кутове відхилення робочого важеля для повністю навантаженої пружини,  $\varphi_1$  — кутове відхилення робочого важеля в стані попереднього навантаження.

$$\varphi_h = 105^\circ - 75^\circ = 30^\circ.$$

Коефіцієнт концентрації напруження:

$$K_f = \frac{4 \cdot i^2 - i - 1}{4 \cdot i \cdot (i - 1)},$$

де  $i$  — індекс пружини.

$$K_f = \frac{4 \cdot 8,8^2 - 8,8 - 1}{4 \cdot 8,8 \cdot (8,8 - 1)} = 1,1.$$

Узагальнене напруження матеріалу пружини:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M \cdot K_f \cdot 1000}{\pi \cdot d^3},$$

де  $M$  — узагальнений крутний момент пружини,

$$\sigma = \frac{32 \cdot 0,28 \cdot 1,1 \cdot 1000}{\pi \cdot 1,6^3} = 780 \text{ МПа.}$$

Напруження вигину матеріалу пружини в активних витках при повному навантаженні:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M_8 \cdot K_f \cdot 1000}{\pi \cdot d^3},$$

$$\sigma = \frac{32 \cdot 0,46 \cdot 1,1 \cdot 1000}{\pi \cdot 1,6^3} = 1281 \text{ МПа} < [\sigma_{\max}] = 1300 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Кількість активних витків пружини:

$$n = \frac{\pi \cdot \varphi_h \cdot E \cdot d^3 - 1200 \cdot M \cdot (R_1 + R_2)}{3600 \cdot \pi \cdot D \cdot M},$$

де  $E$  – модуль пружності,  $E = 193000$  МПа.

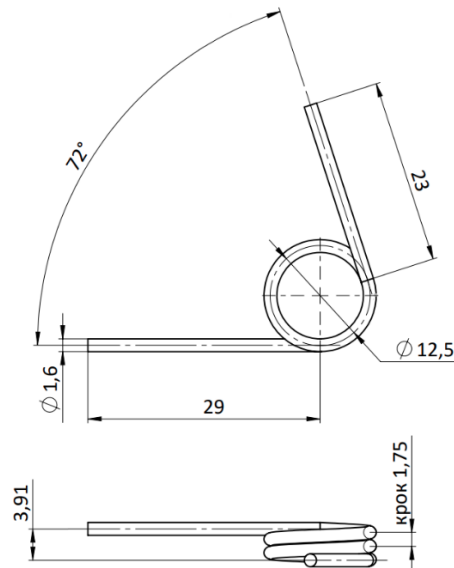
$$n = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 193000 \cdot 1,6^3 - 1200 \cdot 280 \cdot (23 + 23)}{3600 \cdot 3,14 \cdot 10,9 \cdot 280} = 1,71.$$

Приймаємо  $n = 2$ .

Необхідна довжина проволочки пружини:

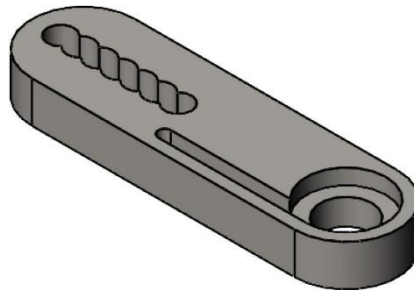
$$l = 3,2 \cdot D \cdot n + 2 \cdot R,$$

$$l = 3,2 \cdot 14,1 \cdot 2 + 2 \cdot 23 = 136 \text{ мм}.$$

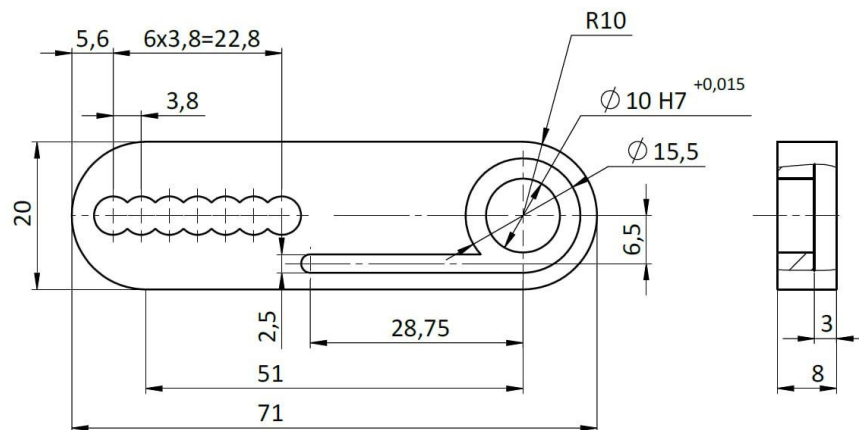


**Рисунок 3.11** Креслення демферної пружини.

Для надійної фіксації пружини за її розмірами було розроблено поглиблення у ричажній основі механізму натяжки. Також були зроблені отвори під болт з кроком 3,8 мм для регулювання натягу.



**Рисунок 3.12** Фіксатор пружини 3D модель.



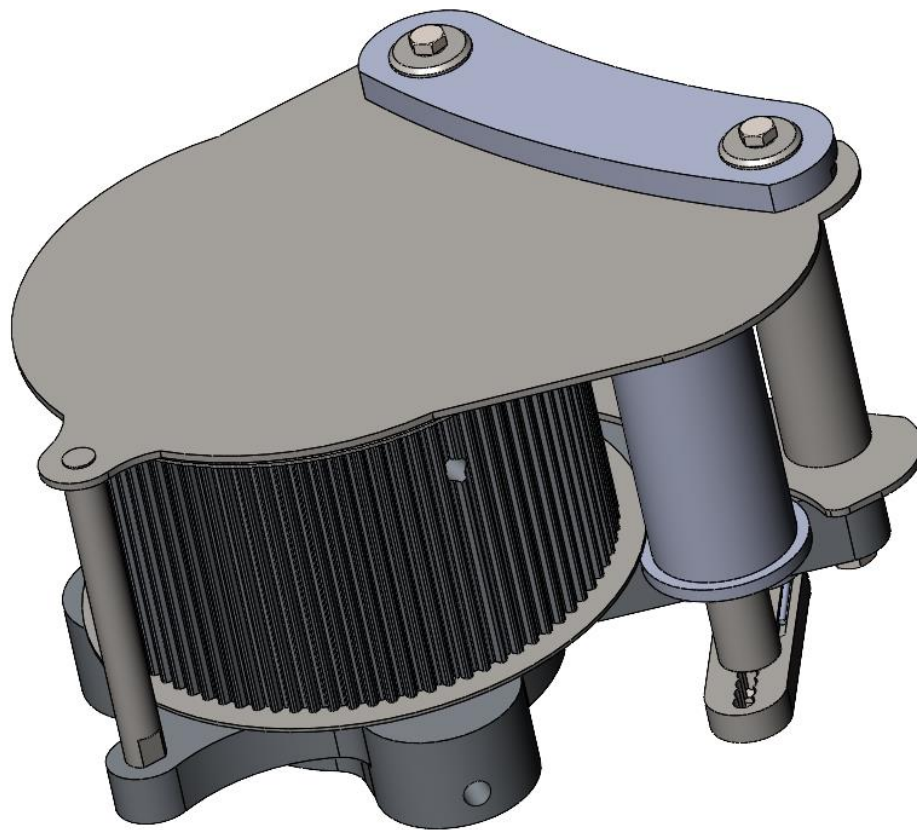
**Рисунок 3.13** Креслення фіксатор.

### 3.9 3Д моделювання механізму

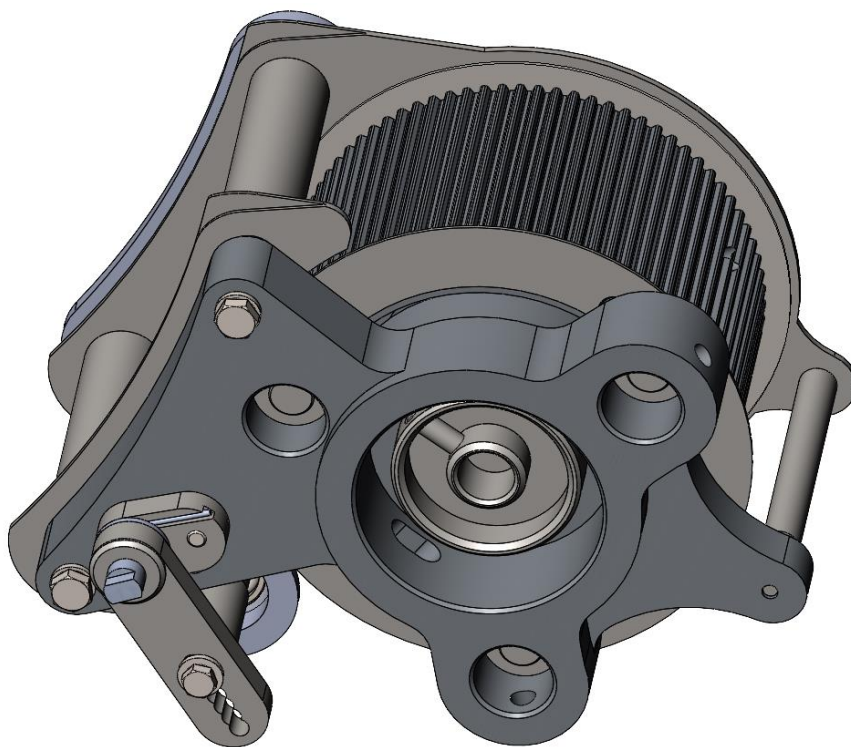
Проектування механізму обкатки етикетки було виконано за допомогою сучасного CAD-програмного забезпечення SolidWorks, що дозволило створити точну просторову модель конструкції, оцінити її збірність, ергономіку та відповідність вимогам виробництва. А також за допомогою спеціальних інструментів CAD середовища розрахувати необхідну довжину ремня.

З точки зору інженерного дизайну модель вийшла компактною, збалансованою та візуально лаконічною. У порівнянні з оригінальним механізмом, нова конструкція не виглядає громіздкою, незважаючи на використання більшої шестерні та ширшого ремня. Основні компоненти розташовані логічно та симетрично, що спрощує монтаж, обслуговування і знижує ймовірність накопичення технологічного бруду.

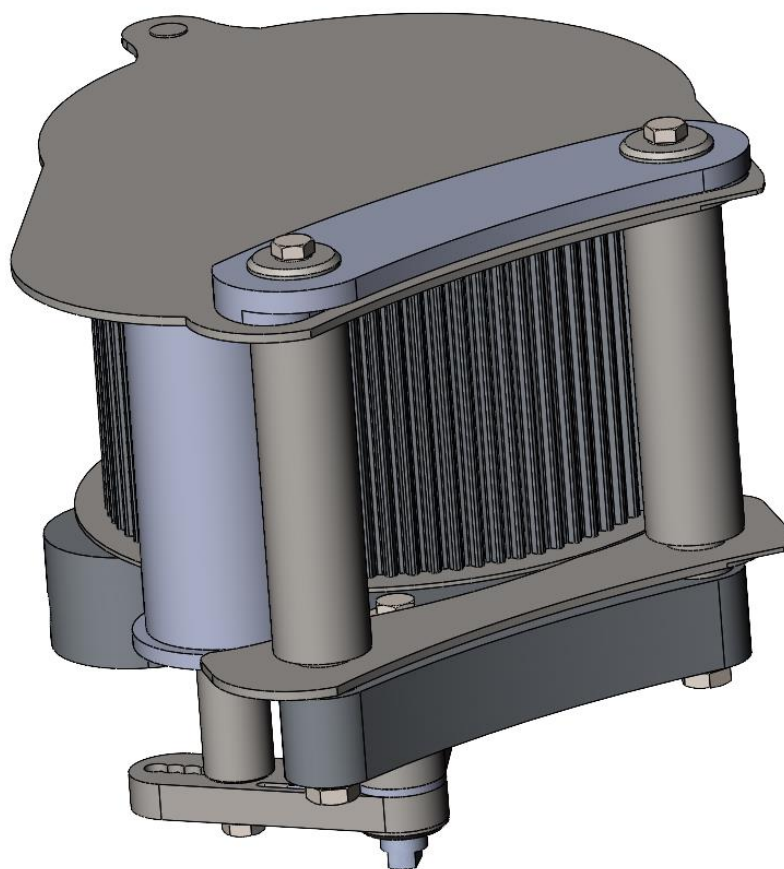
Завдяки 3D-моделі була перевірена взаємодія всіх вузлів, забезпечено уникнення геометричних конфліктів та підготовлено креслення для виготовлення деталей.



**Рисунок 3.13** Вигляд зверху.



**Рисунок 3.14** Вигляд знизу.



**Рисунок 3.14** Вигляд зі сторони центрального барабану.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проекту було розроблено конструкцію механізму обкатки етикетки для шприців з урахуванням нової геометрії виробу та вимог до продуктивності. Запропонований механізм забезпечує рівномірну та стабільну наклейку етикетки при обкатці шприца зі швидкістю 2 оберти за секунду. Конструкція адаптована під шприци збільшеного діаметра без зміни швидкості приводу.

1. Побудовано кінематичну схему передачі крутного моменту від електродвигуна до обкатного ремня через штифтову муфту, вал та зубчасту шестерню.
2. Визначено кутову та лінійну швидкість обертання, проведено розрахунок необхідного діаметра шестерні, підібрано зубчастий ремінь типу T5 з відповідним профілем.
3. Проведено розрахунки навантажень на вали, зусиль натягу ремня, згинальних моментів та побудовано епюри.
4. Спроектовано вузол натягу ремня з попередньо навантаженою пружиною, виконано її розрахунок на кручення та перевірку допустимих напружень.
5. Виконано моделювання деталей та вузлів у середовищі SolidWorks, створено повний комплект конструкторської документації.

Запропонована конструкція механізму є технологічною у виготовленні, компактною, має можливість регулювання та заміни основних елементів. Вона підходить під виставлені умови і станом на сьогодні уже є впроваджена у виробничий процес фармацевтичної компанії.

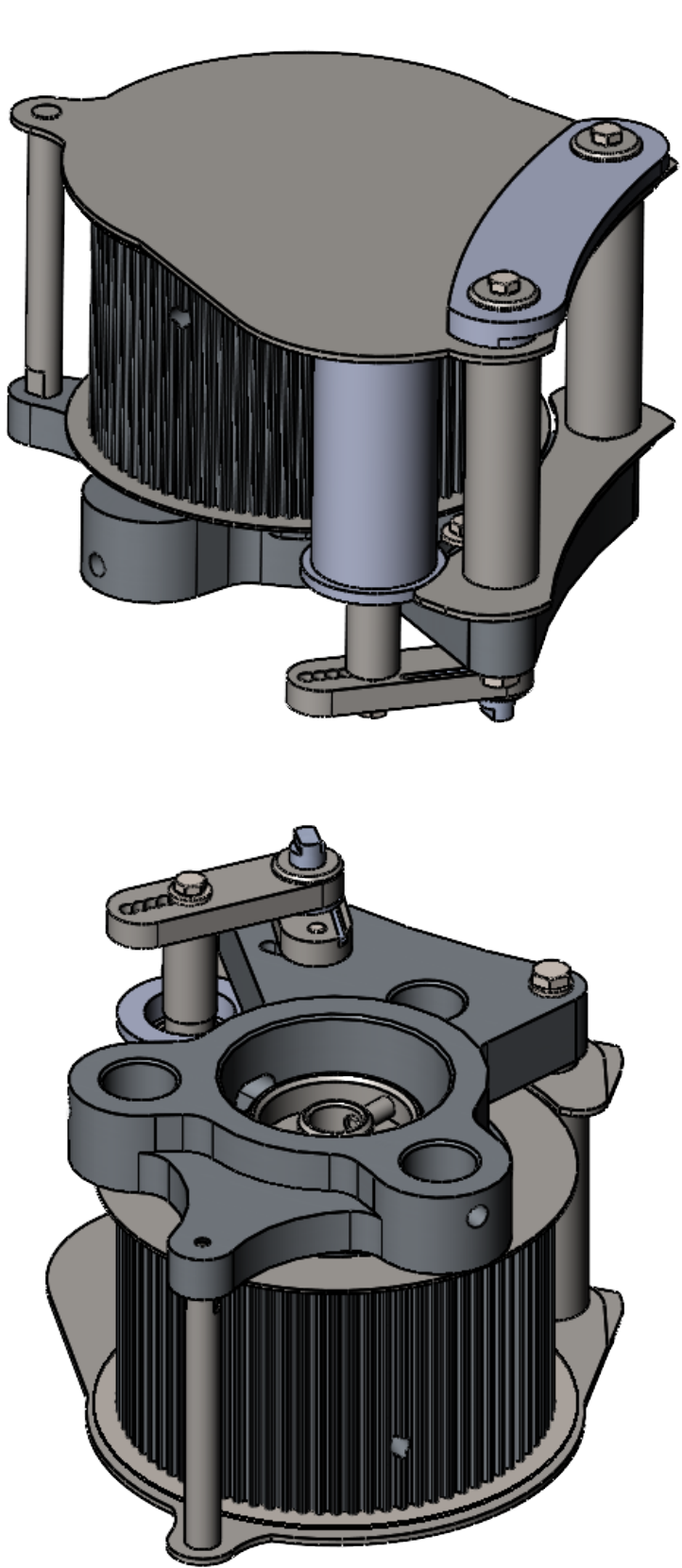
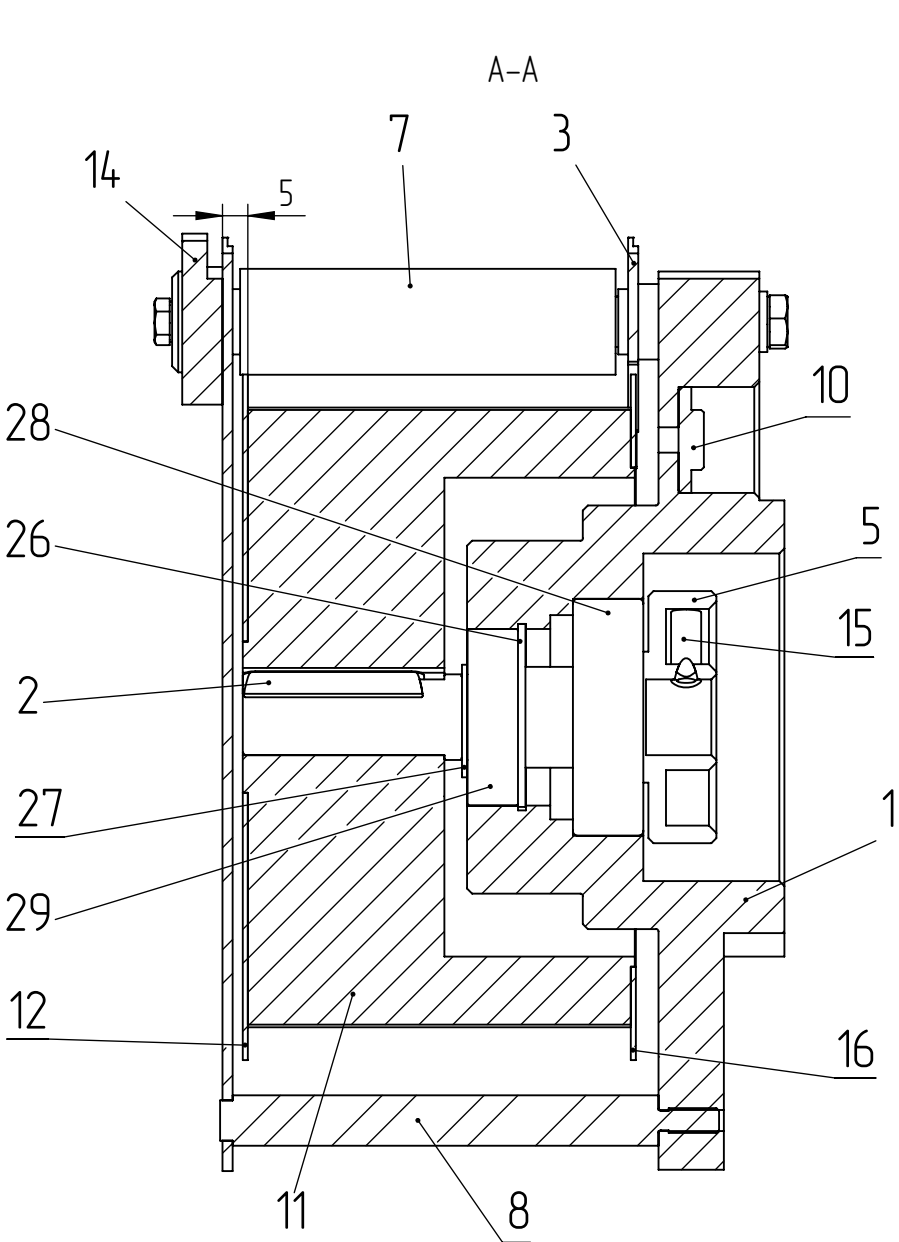
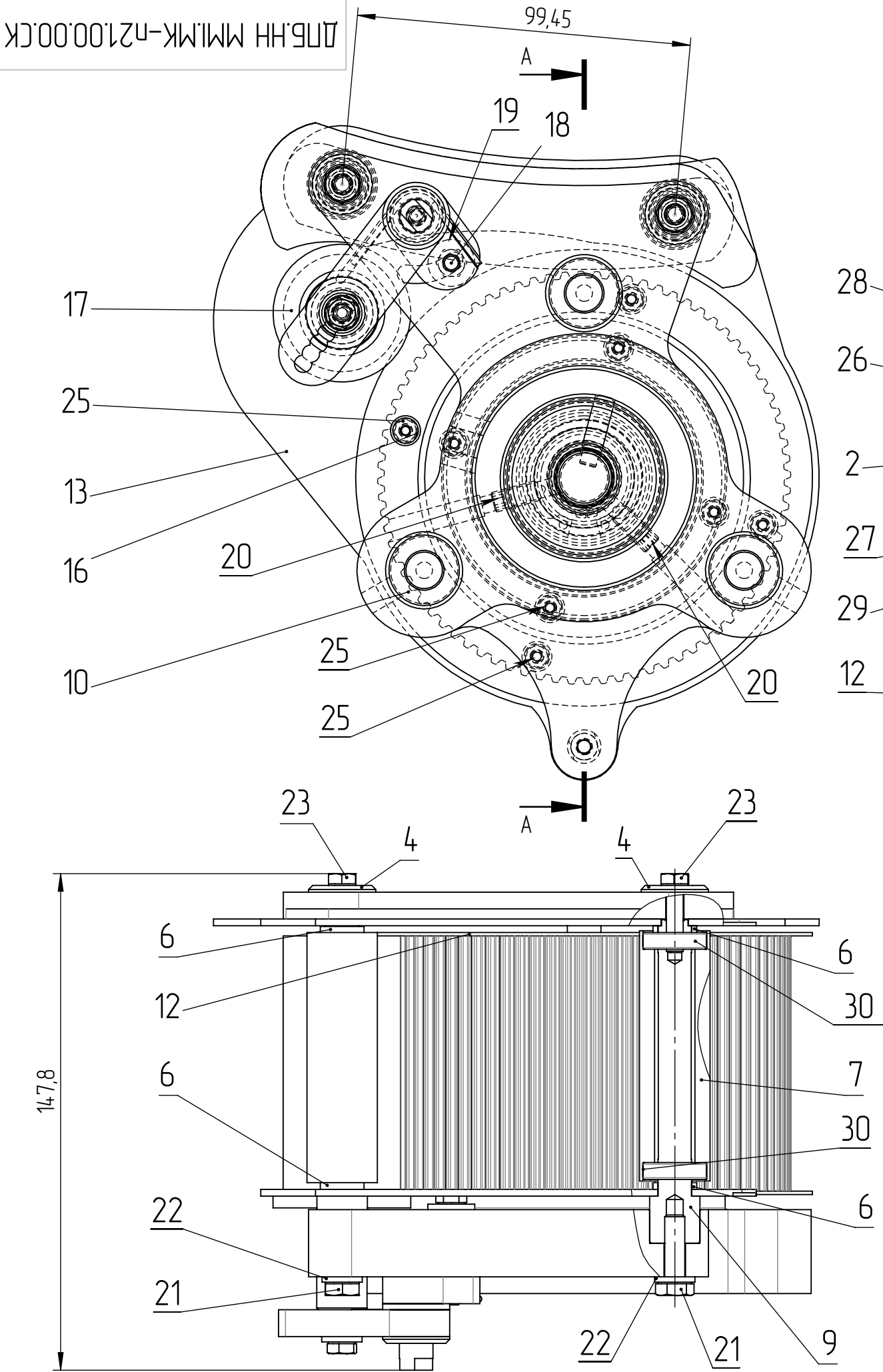
## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Деталі машин. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Автоматизовані логістичні системи» спец. 131 «Прикладна механіка» / Ю.П. Горбатенко, Р.В. Семенчук; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст дані (1 файл). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 259 с.
2. Деталі машин та основи конструювання. Розрахунок ремінних передач: методичні вказівки щодо виконання курсового проекту/А. Ст. Пашкевич. [та ін]. – Гірки: БДСГА, 2018. – 53 с.
3. Кожевніков С.Н., Погребняк А.П. Конструювання і розрахунок механізмів з зубчастими ремінними передачами: навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2010. – 148 с.
4. Тарасов А.Р., Балбаров В.С. Зубчато-ремінні передачі: навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 112 с.
5. Стадник В.А. Розрахунок та конструювання валів. Вибір підшипників кочення за динамічною вантажопідйомністю: Навчальний посібник. Електронне навчальне видання – НТУУ, 2014. – 128 с.
6. Адаменко Ю.І., Герасимчук О.М., Майданюк С.В., Мініцька Н.В., Пасічник В.А., Плівак О.А. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1: навчальний посібник. – Хмельницький: ХНУ, 2020. – 168 с.
7. Анур'єв В.І. Довідник конструктора машинобудування. Т.1. – 2001. – 432 с.
8. Зубчасті паси Brecoflex [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://motor-reduktor.com.ua/ua/brecoflex-belt-at5-at10-at20> (дата звернення 29.04.2025).
9. SKF catalogue (дата звернення 1.05.2025).
10. Розрахунок пружини кручення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/9222932/page:24/> (дата звернення 5.05.2025)

11. Етикетувальні машини [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sinobiotech.com.ua/gorizontalna-etiketuvalna-mashina-dlya-ampul-shl-2582/> (дата звернення 6.05.2025).
12. Етикетувальні машини [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aurora-pack.com/presscenter/articles> (дата звернення 6.05.2025).
13. Аплікатор етикеток TOWA [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу <https://divesco.com.ua/applikator-etiketok-towa-ap-65-60/> (дата звернення 6.05.2025).
14. Характеристики матеріалів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://westa.kiev.ua/ua/standarty/marki-stali/stal-08h18n10> (дата звернення 10.05.2025).
15. Підшипники [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [galp.com.ua](http://galp.com.ua) (дата звернення 14.05.2025).

# ДОДАТКИ

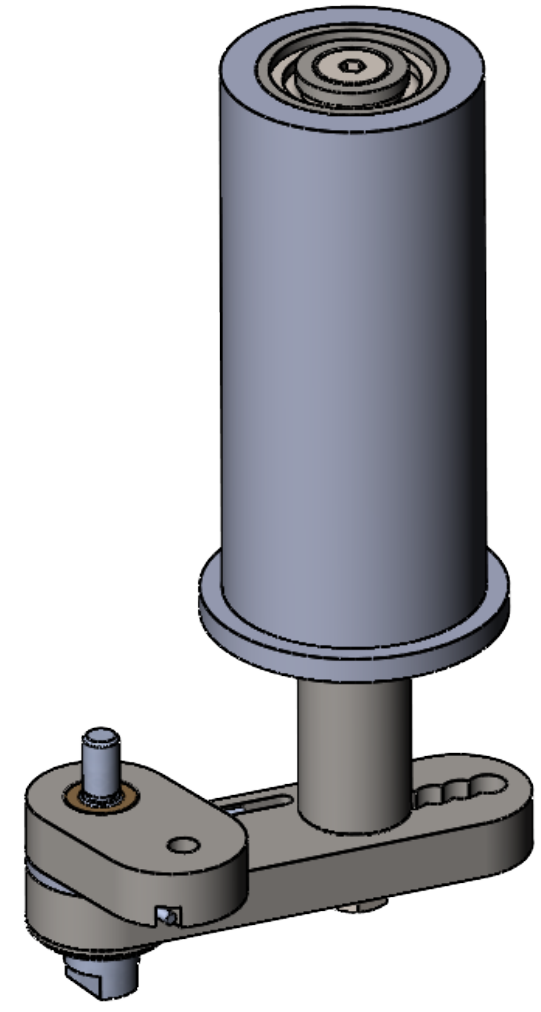
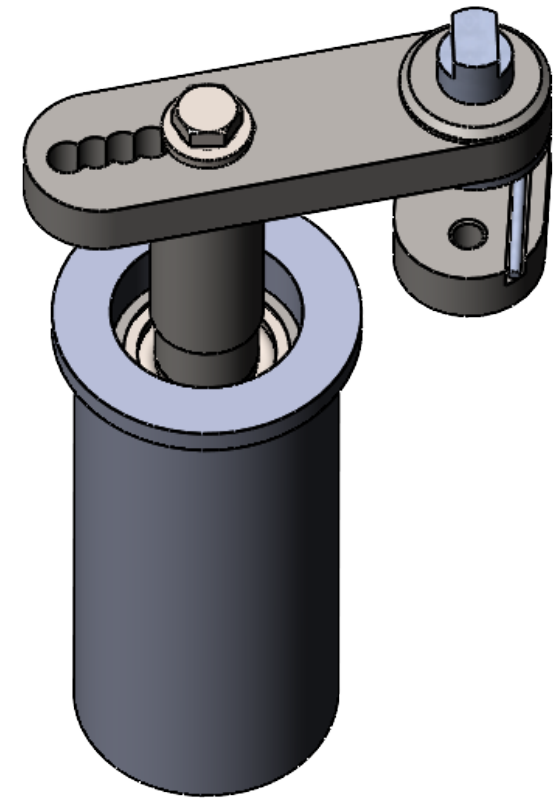
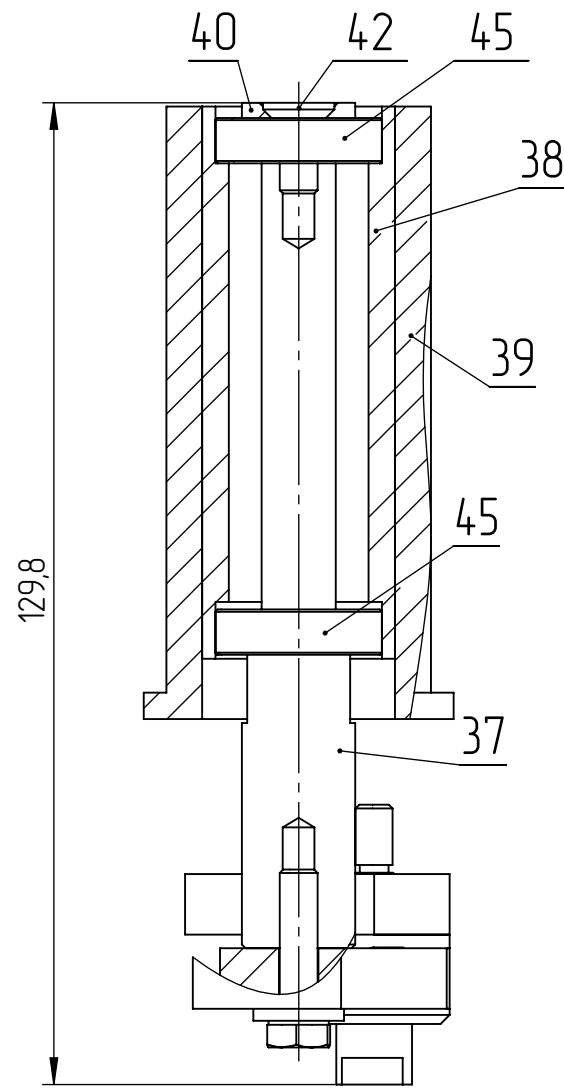
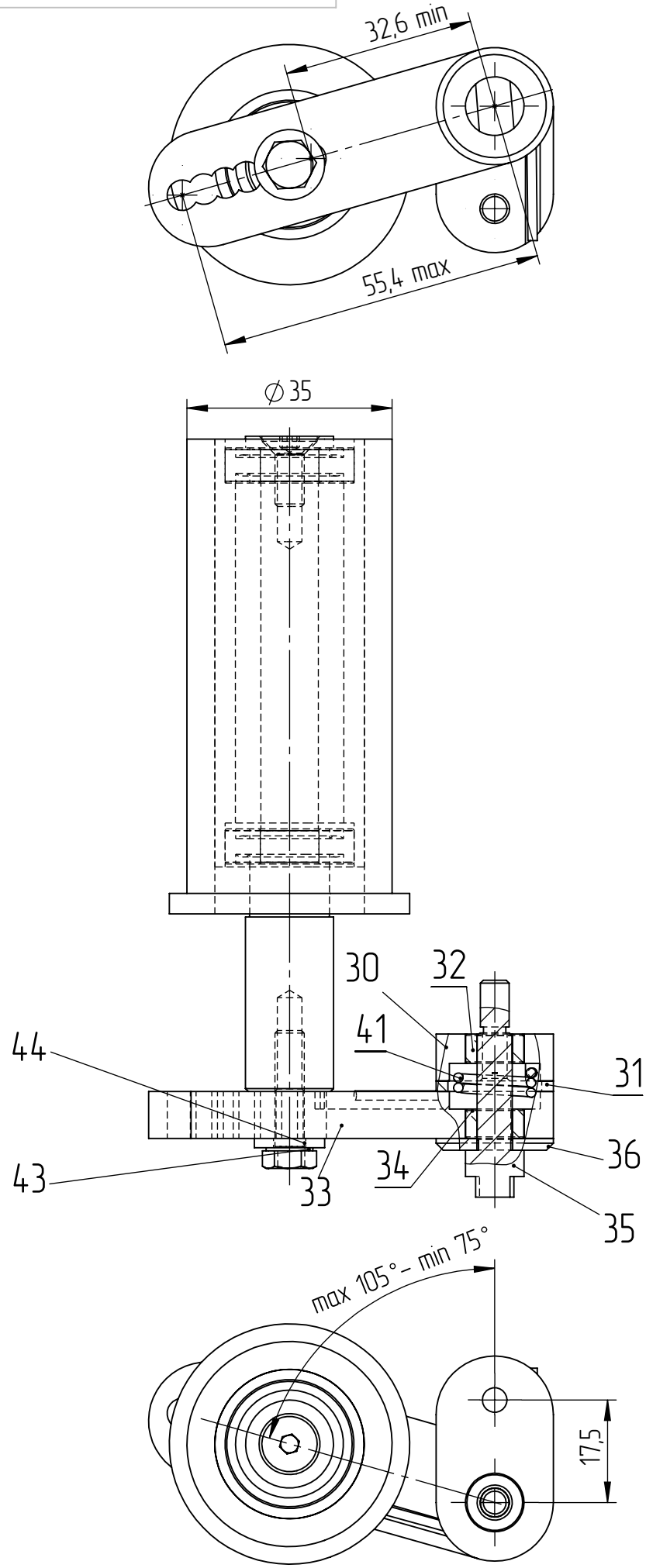
|                  |  |  |  |  |  |
|------------------|--|--|--|--|--|
| Перш. застосуєб. |  |  |  |  |  |
| Добід. №         |  |  |  |  |  |
| Підпис і дата    |  |  |  |  |  |
| Зам. інв. №      |  |  |  |  |  |
| Інв. № збдл.     |  |  |  |  |  |
| Підпис і дата    |  |  |  |  |  |
| Інв. № орг.      |  |  |  |  |  |



|          |                  |        |          |  |                            |                                                 |  |           |         |
|----------|------------------|--------|----------|--|----------------------------|-------------------------------------------------|--|-----------|---------|
|          |                  |        |          |  | ДПБ.НН ММІ.МК–п21.00.00.СК |                                                 |  |           |         |
|          |                  |        |          |  | МЕХАНІЗМ ОБКАТКИ           | Літ.                                            |  | Маса      | Масштаб |
|          |                  |        |          |  |                            |                                                 |  | 10.31     | 1:10    |
|          |                  |        |          |  |                            | Аркуш                                           |  | Аркушів 1 |         |
|          |                  |        |          |  |                            | КПІ ім. Ізоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК–п21 |  |           |         |
|          |                  |        |          |  |                            |                                                 |  |           |         |
| Зм. Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     |  |                            |                                                 |  |           |         |
| Розроб.  | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |  |                            |                                                 |  |           |         |
| Перев.   | Данильченко Ю.М. |        |          |  |                            |                                                 |  |           |         |
| Т.контр. |                  |        |          |  |                            |                                                 |  |           |         |
| Н.контр. |                  |        |          |  |                            |                                                 |  |           |         |
| Затверд. |                  |        |          |  |                            |                                                 |  |           |         |

|              |               |             |              |               |          |                 |
|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|----------|-----------------|
| Інв. № ориг. | Підпис і дата | Зам. інв. № | Інв. № дубл. | Підпис і дата | Добід. № | Перш. застосує. |
|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|----------|-----------------|

ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.17.СК



|          |                  |        |          |  |                            |                                                  |  |           |         |
|----------|------------------|--------|----------|--|----------------------------|--------------------------------------------------|--|-----------|---------|
|          |                  |        |          |  | ДПБ.НН ММІ.МК–п21.00.17.СК |                                                  |  |           |         |
|          |                  |        |          |  | Напряжний механізм         | Лім.                                             |  | Маса      | Масштаб |
| Зм. Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     |  |                            |                                                  |  | 0.40      | 1:2     |
| Розроб.  | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |  |                            |                                                  |  |           |         |
| Перев.   | Данильченко Ю.М. |        |          |  |                            |                                                  |  |           |         |
| Т.контр. |                  |        |          |  |                            | Аркуш                                            |  | Аркушів 1 |         |
|          |                  |        |          |  |                            | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК–п21 |  |           |         |
| Н.контр. |                  |        |          |  |                            |                                                  |  |           |         |
| Затверд. |                  |        |          |  |                            |                                                  |  |           |         |

Перш. застосує.

Додат. №

Підпис і дата

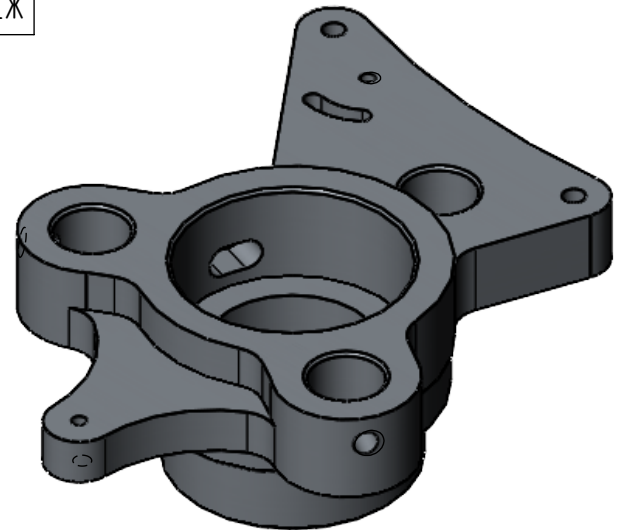
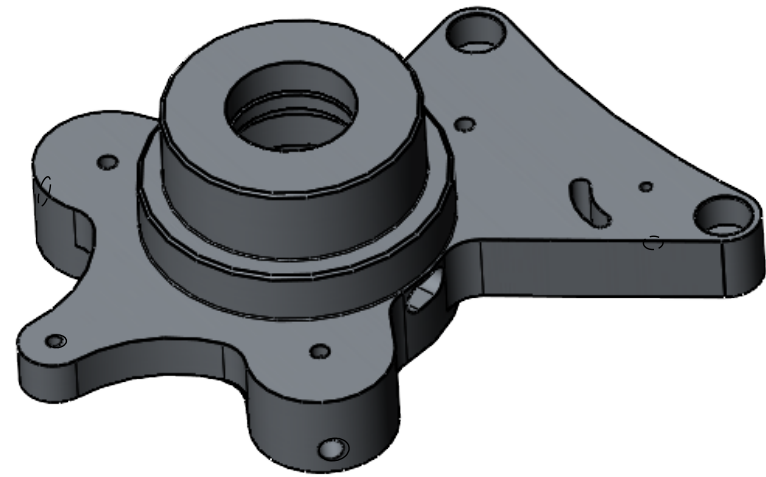
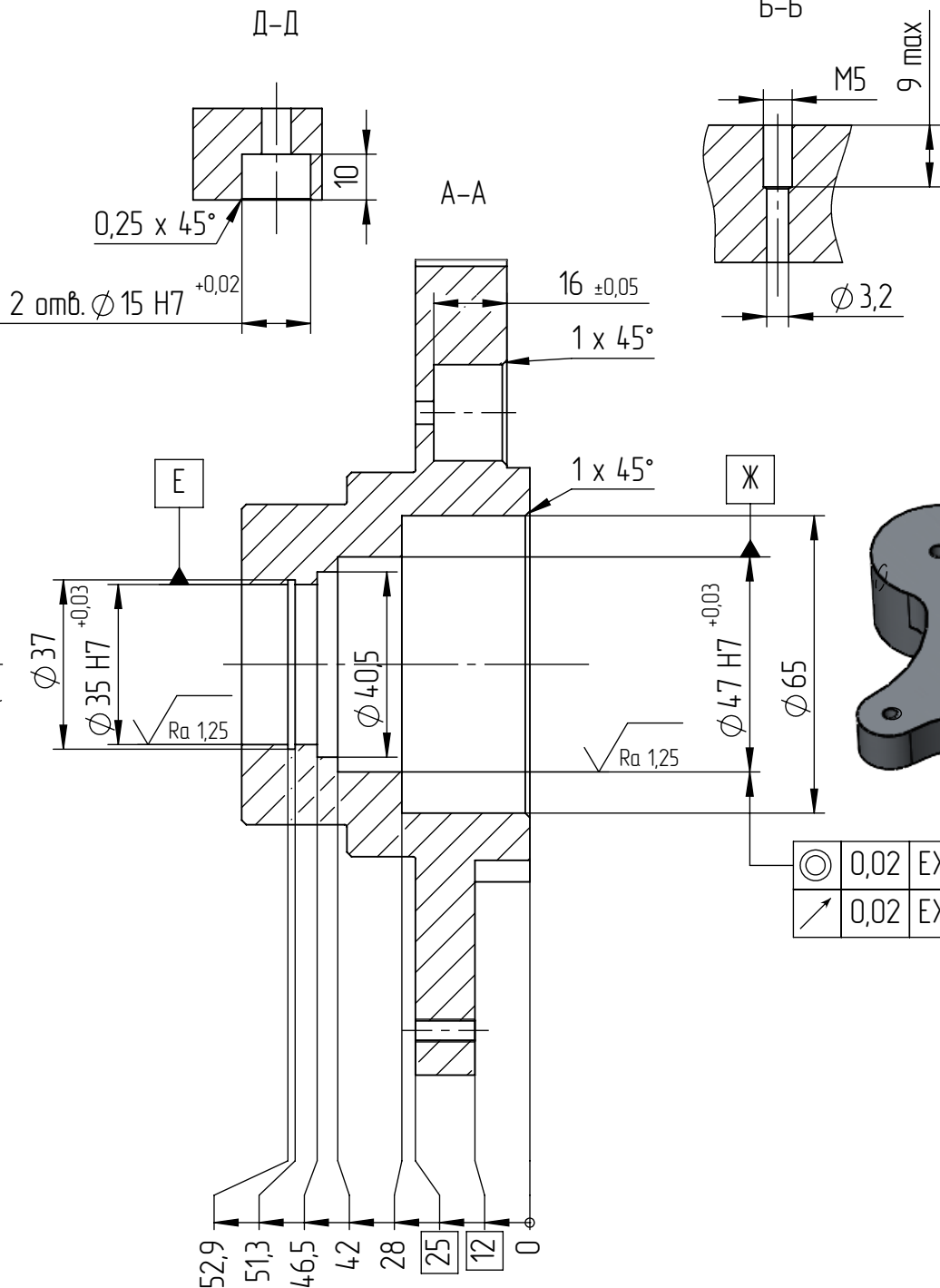
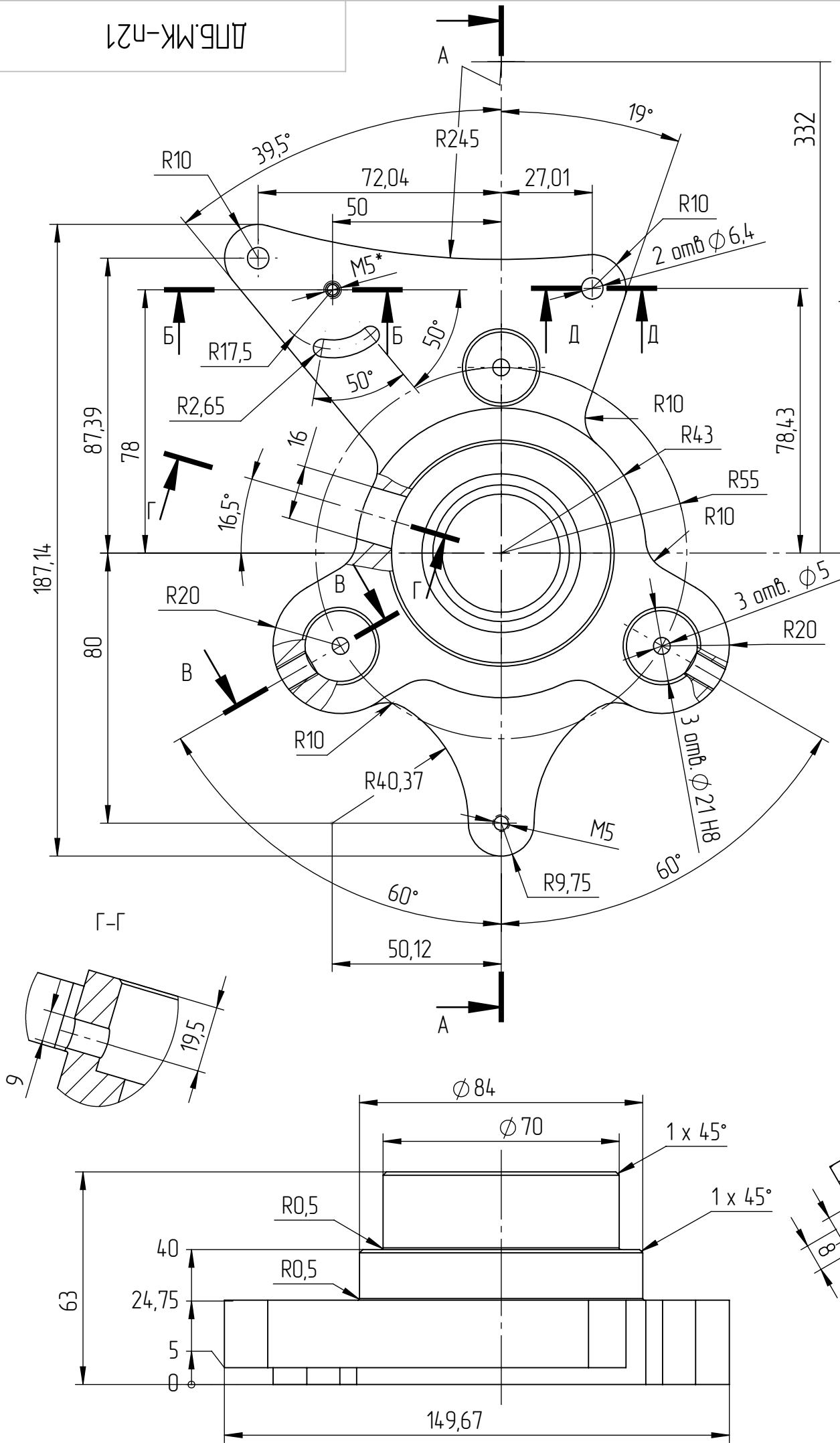
Інв. № дубл.

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ориг.

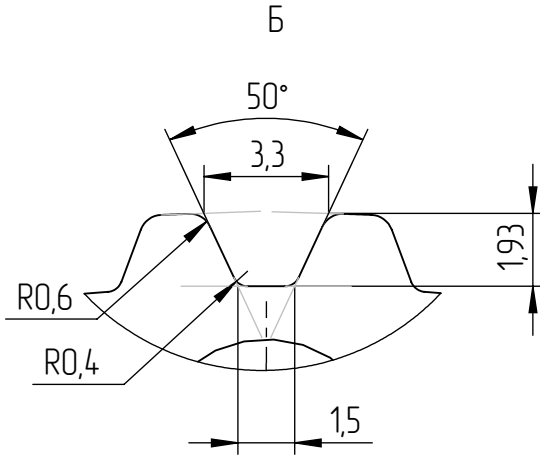
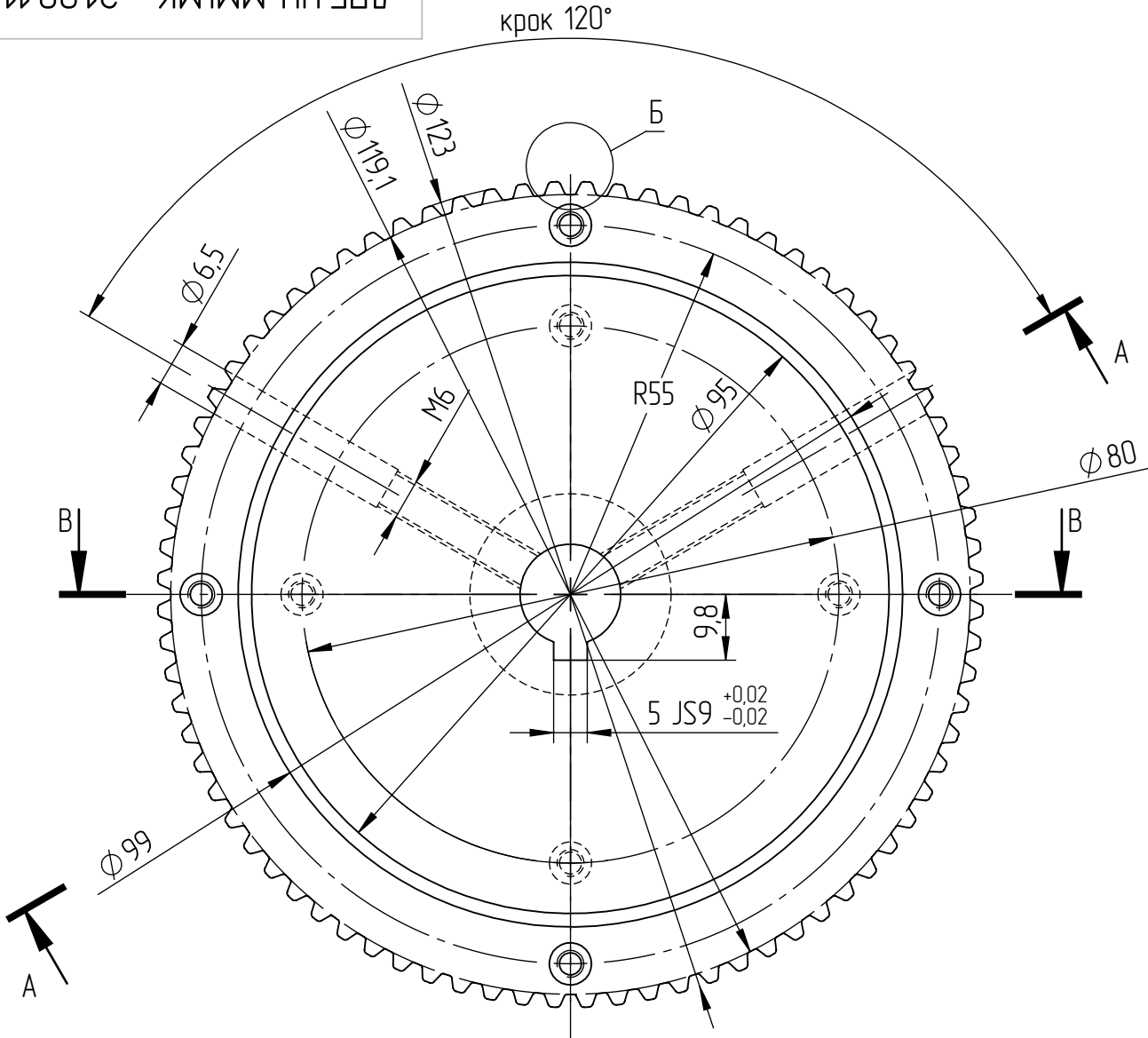
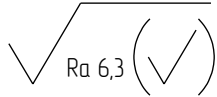
✓ Ra 6,3 (✓)



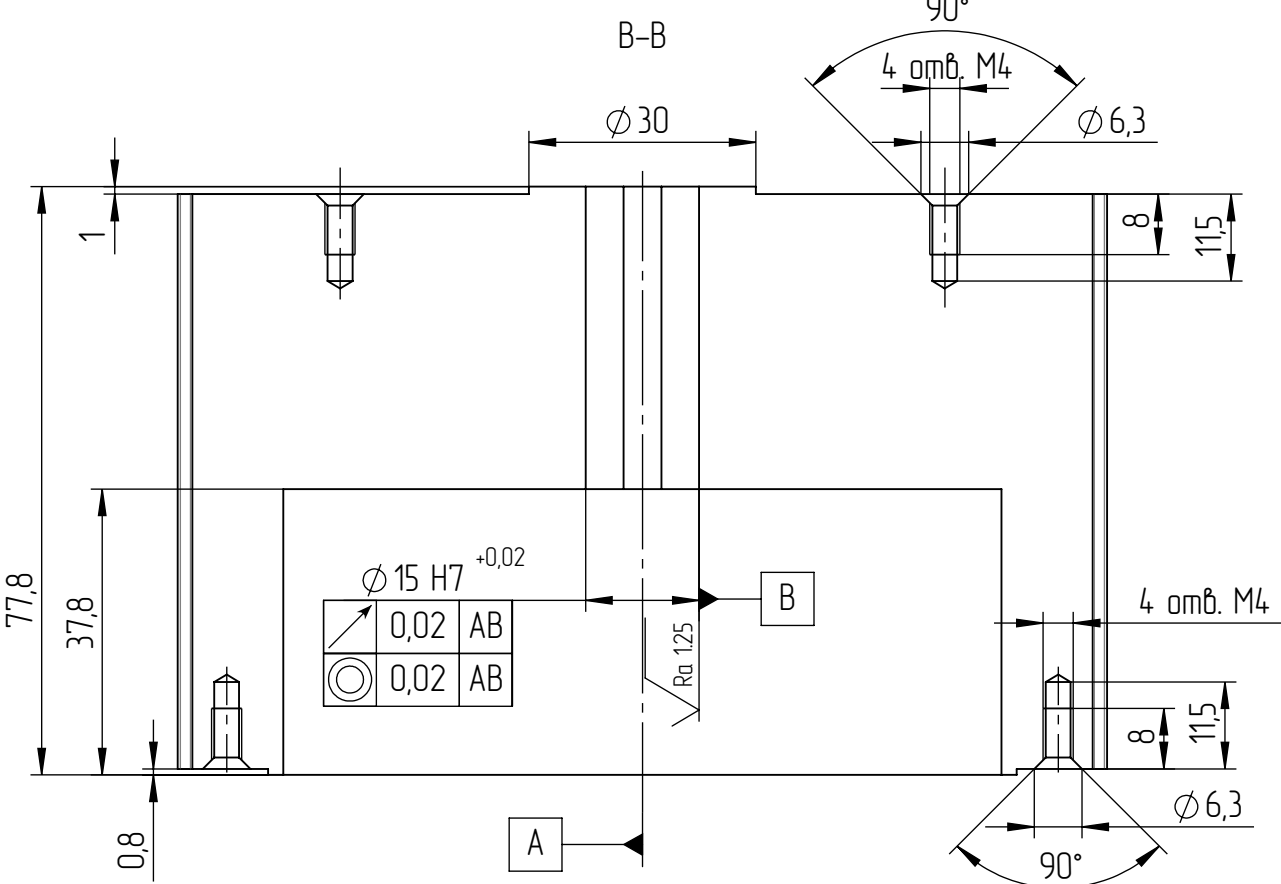
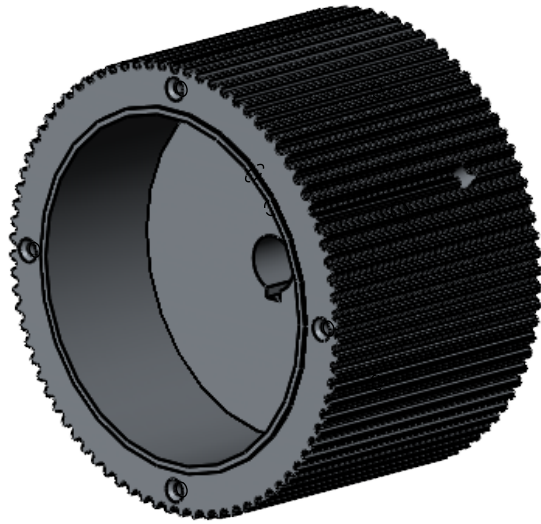
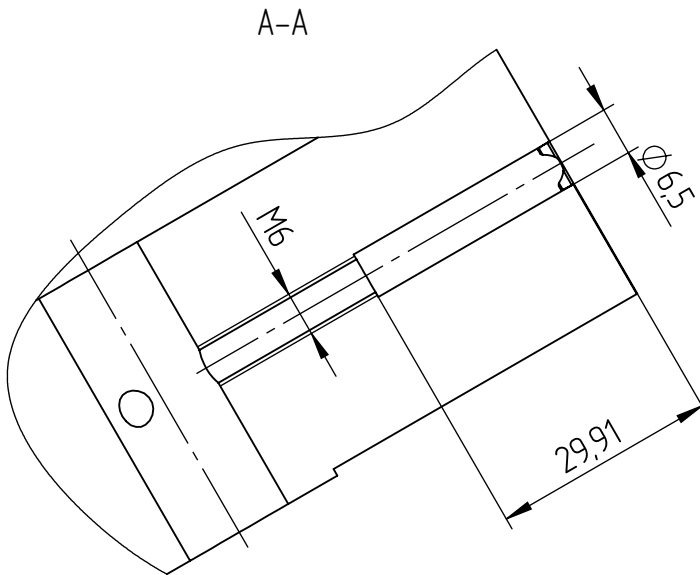
|          |                  |        |          |  |                         |                                                 |  |           |         |
|----------|------------------|--------|----------|--|-------------------------|-------------------------------------------------|--|-----------|---------|
|          |                  |        |          |  | ДПБ.НН ММІ.МК–п21.00.01 |                                                 |  |           |         |
|          |                  |        |          |  | Корпус                  | Лім.                                            |  | Маса      | Масштаб |
|          |                  |        |          |  |                         |                                                 |  | 0.91      | 1:2     |
|          |                  |        |          |  |                         | Аркуш                                           |  | Аркушів 1 |         |
|          |                  |        |          |  |                         |                                                 |  |           |         |
|          |                  |        |          |  |                         |                                                 |  |           |         |
| Зм. Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     |  | Д16Т ГОСТ 4784–74       | КПІ ім. Ізоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК–п21 |  |           |         |
| Розроб.  | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |  |                         |                                                 |  |           |         |
| Переб.   | Данильченко Ю.М. |        |          |  |                         |                                                 |  |           |         |
| Т.контр. |                  |        |          |  |                         |                                                 |  |           |         |
|          |                  |        |          |  |                         |                                                 |  |           |         |
| Н.контр. |                  |        |          |  |                         |                                                 |  |           |         |
| Затверд. |                  |        |          |  |                         |                                                 |  |           |         |

Копіював

ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.11

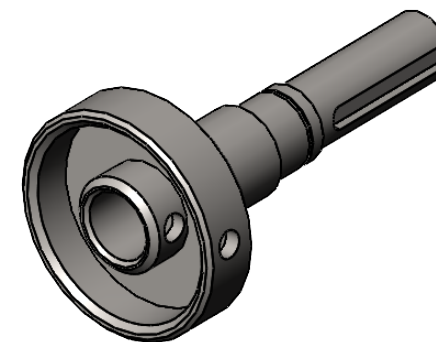
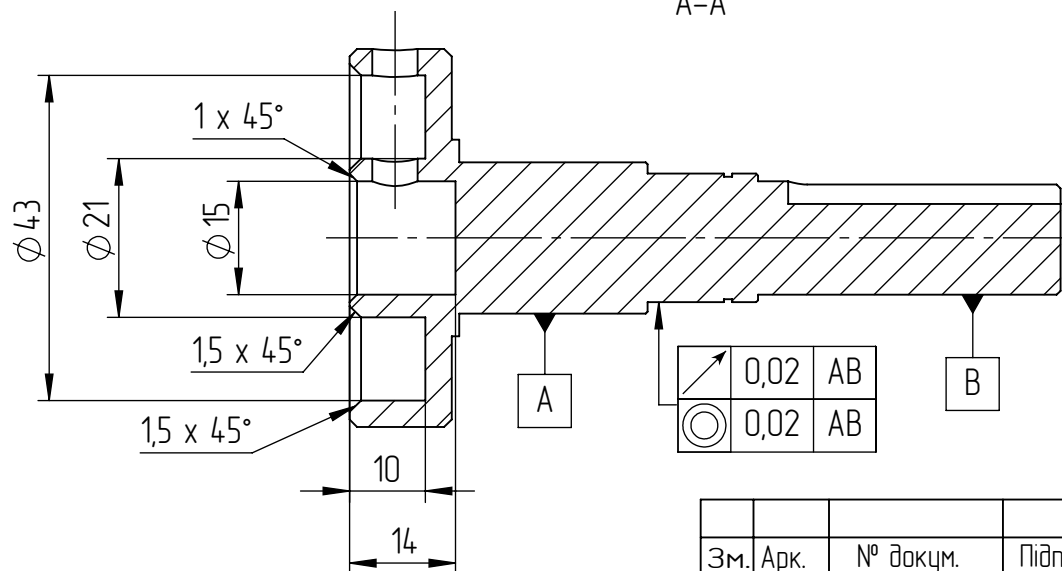
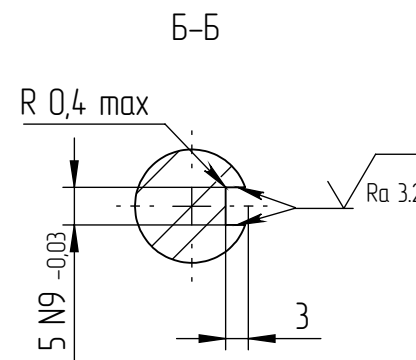
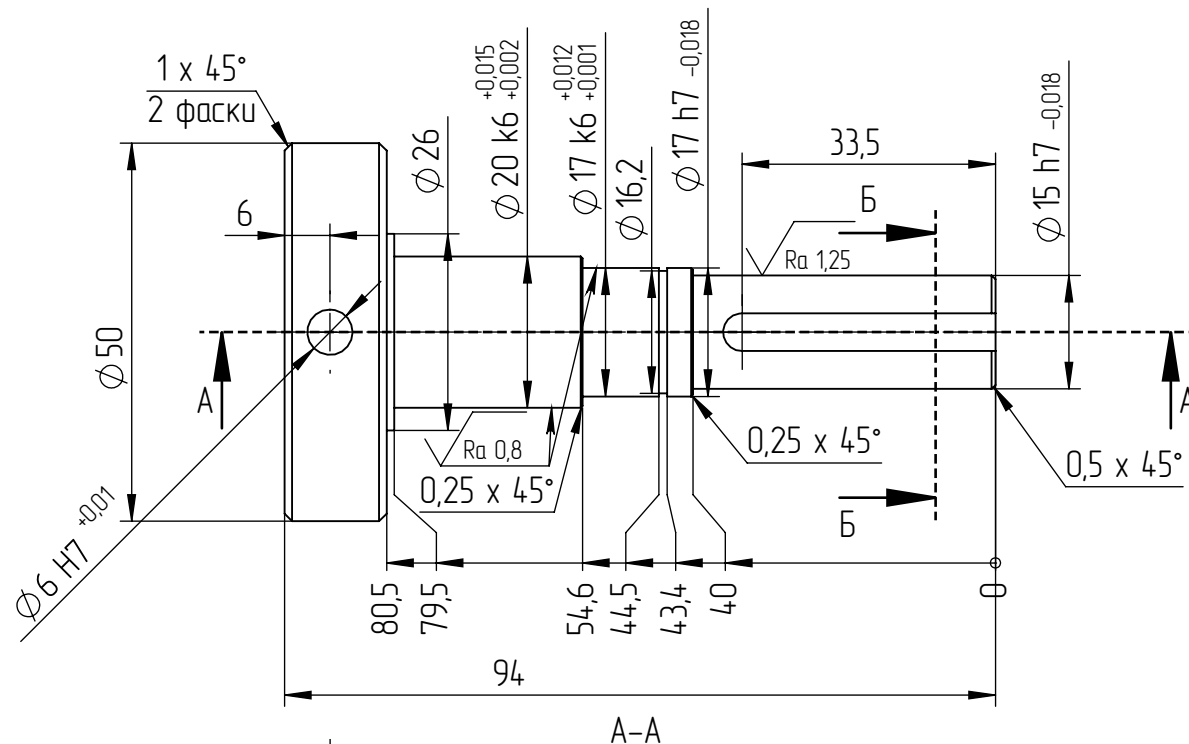


|                            |         |                          |
|----------------------------|---------|--------------------------|
| Модуль                     | m       | 1,5                      |
| Кількість зубців           | z       | 80                       |
| Ділильний діаметр          | d       | 120                      |
| Крок по колу вершин зубців | t       | 4,71                     |
| Кут нахилу зубців          | $\beta$ | 0                        |
| Напрям лінії зубців        | -       | Вздовж осі валу (прямий) |
| Коефіцієнт зміщення        | X       | 0                        |



|          |                  |        |          |  |                         |       |                                                 |         |         |
|----------|------------------|--------|----------|--|-------------------------|-------|-------------------------------------------------|---------|---------|
|          |                  |        |          |  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.11 |       |                                                 |         |         |
|          |                  |        |          |  | Шестерня                | Лім.  |                                                 | Маса    | Масштаб |
|          |                  |        |          |  |                         |       |                                                 | 1.67    | 1:2     |
| Зм. Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     |  |                         | Аркуш |                                                 | Аркушів |         |
| Розроб.  | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |  |                         |       |                                                 |         |         |
| Перев.   | Данильченко Ю.М. |        |          |  |                         |       |                                                 |         |         |
| Т.контр. |                  |        |          |  |                         |       |                                                 |         |         |
|          |                  |        |          |  |                         |       |                                                 |         |         |
| Н.контр. |                  |        |          |  | Д16Т ГОСТ 4784-74       |       | КПІ ім. Ізоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |         |         |
| Затверд. |                  |        |          |  |                         |       |                                                 |         |         |

✓ Ra 6,3 (✓)



|                         |                  |                                                  |           |
|-------------------------|------------------|--------------------------------------------------|-----------|
| ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.05 |                  |                                                  |           |
| Зм. Арк.                | № докум.         | Підпис                                           | Дата      |
| Розроб.                 | Жуков К.О.       |                                                  | 28.05.25  |
| Перев.                  | Данильченко Ю.М. |                                                  |           |
| Т.контр.                |                  |                                                  |           |
| Н.контр.                |                  |                                                  |           |
| Затверд.                |                  |                                                  |           |
| Вал                     |                  | Лім.                                             | Маса      |
| AISI 304                |                  | 0.24                                             | 1:1       |
|                         |                  | Аркуш 1                                          | Аркушів 1 |
|                         |                  | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |           |

075.HH MMLMK-n21.00.02

√ Ra 2,5 (√)

Перв. примен.

Справ. №

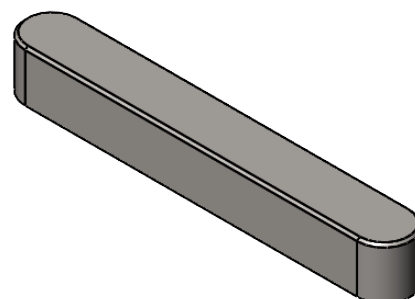
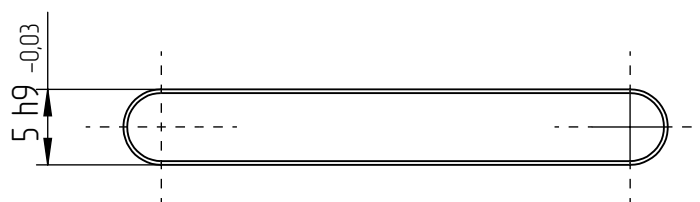
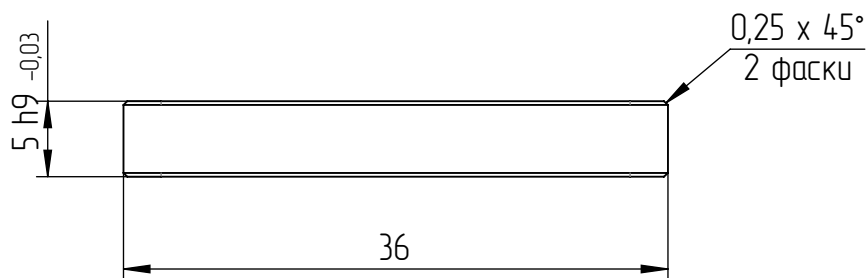
Πισθ. i θαμα

Инд. № 240л.

Взам. інв. №

Πισθ. i θαμα

ІНВ. № підл.



ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.02

Шпонка

AISI 304

Lim.

Maca

|         |
|---------|
| Μαριμαδ |
|---------|

0.01

2:1

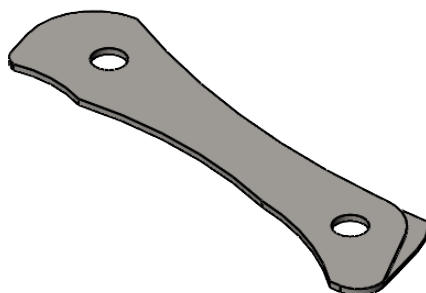
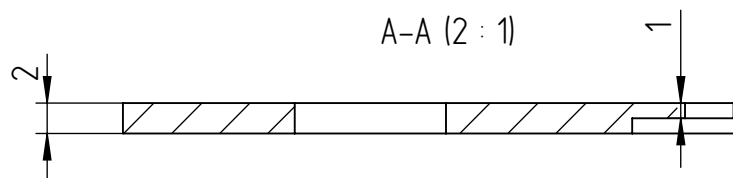
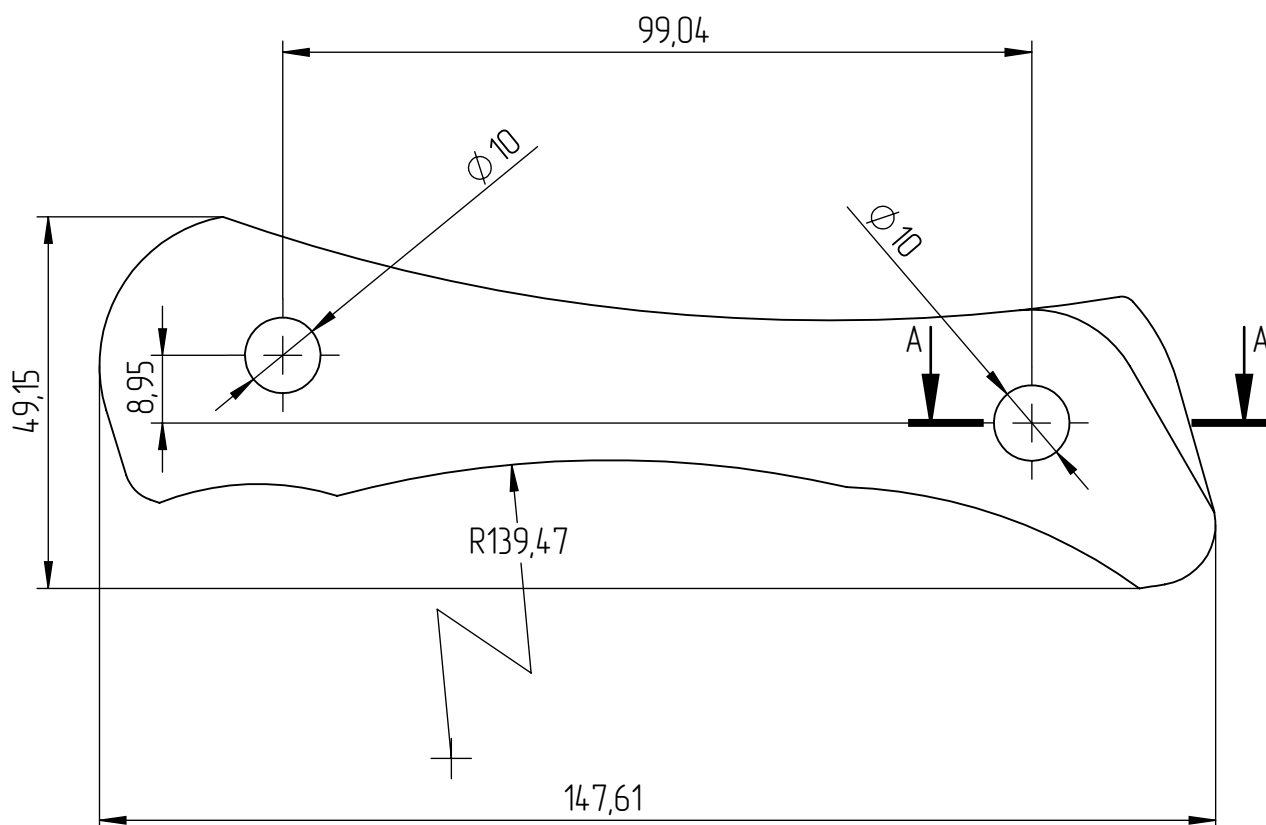
Лист 1

|        |   |
|--------|---|
| Листів | 1 |
|--------|---|

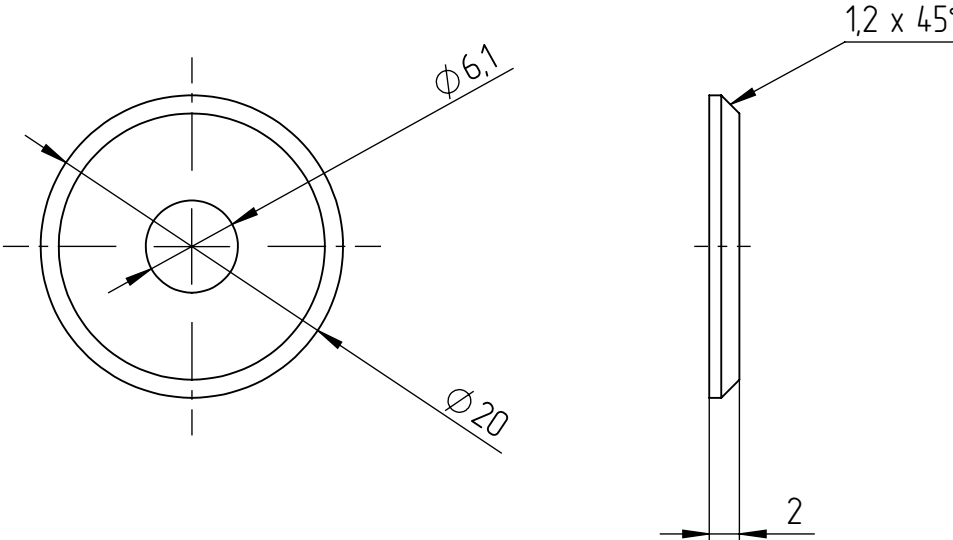
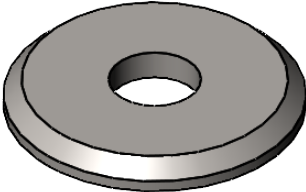
КПІ ім. Ізоря Сікорського,  
НН ММІ, зр.МК-п21

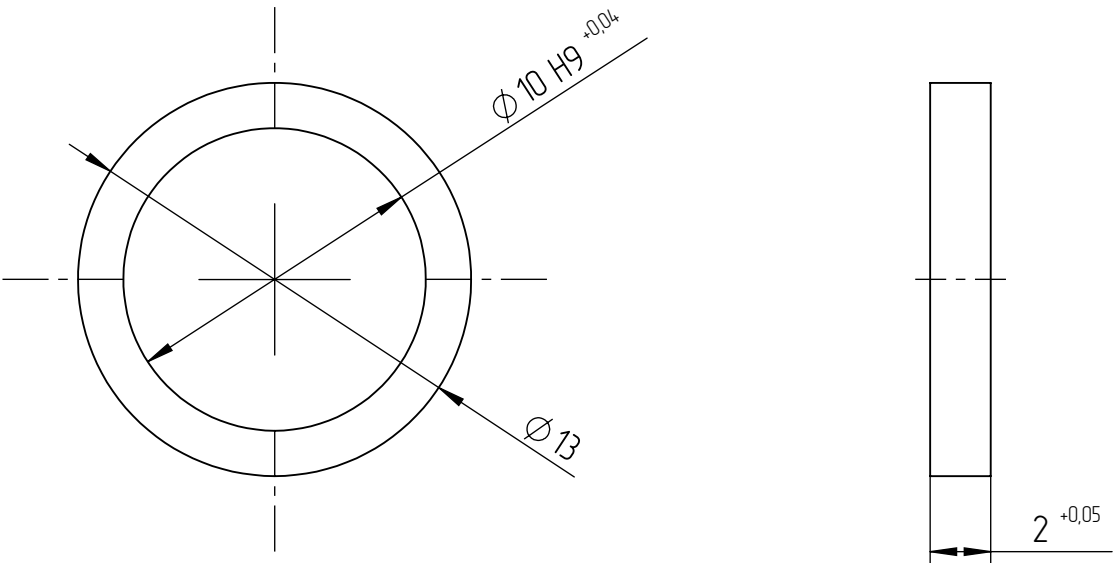
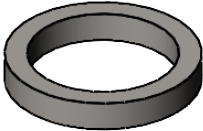
Формат А4

Կոփյոճա՛ն

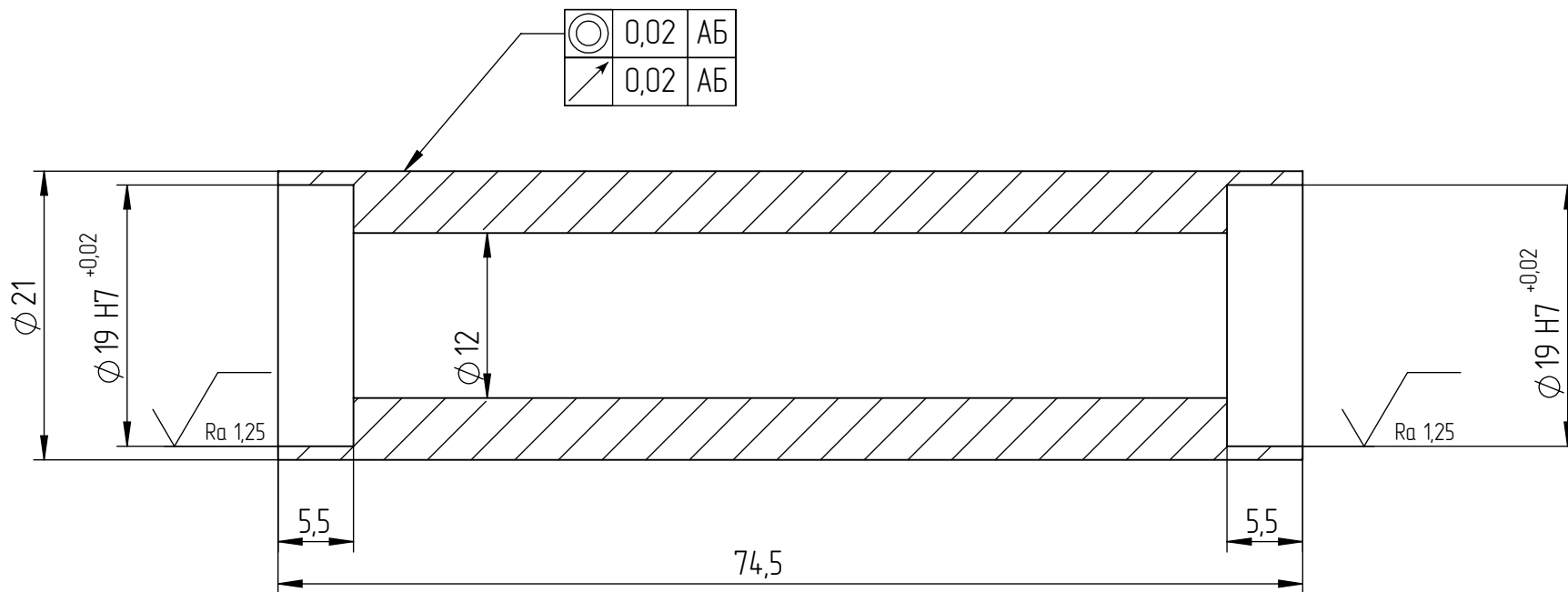


|          |                  |        |          |  |                         |                                                 |  |          |         |
|----------|------------------|--------|----------|--|-------------------------|-------------------------------------------------|--|----------|---------|
|          |                  |        |          |  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.03 |                                                 |  |          |         |
|          |                  |        |          |  | Направляюча             | Лім.                                            |  | Маса     | Масштаб |
| Зм. Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     |  |                         |                                                 |  | 2.67     | 1:5     |
| Розроб.  | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |  |                         |                                                 |  |          |         |
| Перев.   | Данильченко Ю.М. |        |          |  |                         |                                                 |  |          |         |
| Т.контр. |                  |        |          |  |                         | Лист 1                                          |  | Листів 1 |         |
|          |                  |        |          |  | АISI 304                | КПІ ім. Ігоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |  |          |         |
| Н.контр. |                  |        |          |  |                         |                                                 |  |          |         |
| Затверд. |                  |        |          |  |                         |                                                 |  |          |         |

|              |  |                  |  |                                                                                               |  |              |  |                         |                                                                                                                               |  |                                                  |  |      |  |         |  |     |  |
|--------------|--|------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------|--|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------|--|------|--|---------|--|-----|--|
| Справ. №     |  | Перв. примен.    |  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.04                                                                       |  |              |  |                         | <div>√ Ra 3,2 (√)</div>                                                                                                       |  |                                                  |  |      |  |         |  |     |  |
|              |  |                  |  | <div></div> |  |              |  |                         | <div>Кількість – 2 шт.</div> <div></div> |  |                                                  |  |      |  |         |  |     |  |
|              |  |                  |  |                                                                                               |  |              |  |                         |                                                                                                                               |  |                                                  |  |      |  |         |  |     |  |
| Підп. і дата |  | Взам. інв. №     |  | Інв. № дубл.                                                                                  |  | Підп. і дата |  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.04 |                                                                                                                               |  |                                                  |  |      |  |         |  |     |  |
| Зм. Арк.     |  | № докум.         |  | Підпис                                                                                        |  | Дата         |  | Шаўда                   |                                                                                                                               |  | Лім.                                             |  | Маса |  | Масштаб |  |     |  |
| Розроб.      |  | Жуков К.О.       |  |                                                                                               |  | 28.05.25     |  |                         |                                                                                                                               |  |                                                  |  |      |  | 0.042   |  | 2:1 |  |
| Перев.       |  | Данильченко Ю.М. |  |                                                                                               |  |              |  |                         |                                                                                                                               |  |                                                  |  |      |  |         |  |     |  |
| Т.контр.     |  |                  |  |                                                                                               |  |              |  |                         |                                                                                                                               |  |                                                  |  |      |  |         |  |     |  |
| Інв. № підл. |  | Н.контр.         |  |                                                                                               |  |              |  | АISI 304                |                                                                                                                               |  | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |  |      |  |         |  |     |  |
| Затверд.     |  |                  |  |                                                                                               |  |              |  |                         |                                                                                                                               |  | Лист 1Листів 1                                   |  |      |  |         |  |     |  |

|              |  |               |  |                                                                                    |  |              |  |                         |                                                                                       |                     |  |                                                  |  |          |  |         |           |  |  |
|--------------|--|---------------|--|------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------|--|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--|--------------------------------------------------|--|----------|--|---------|-----------|--|--|
| Справ. №     |  | Перв. примен. |  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.06                                                            |  |              |  |                         | <div>✓<br/>Ra 3,2 (✓)</div>                                                           |                     |  |                                                  |  |          |  |         |           |  |  |
|              |  |               |  |  |  |              |  |                         |                                                                                       |                     |  |                                                  |  |          |  |         |           |  |  |
|              |  |               |  |                                                                                    |  |              |  |                         | Кількість – 4шт.                                                                      |                     |  |                                                  |  |          |  |         |           |  |  |
|              |  |               |  |                                                                                    |  |              |  |                         |  |                     |  |                                                  |  |          |  |         |           |  |  |
| Підп. і дата |  | Взам. інв. №  |  | Інв. № дідл.                                                                       |  | Підп. і дата |  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.06 |                                                                                       |                     |  |                                                  |  |          |  |         |           |  |  |
| Інв. № підл. |  | Зм. Арк.      |  | № докум.                                                                           |  | Підпис       |  | Дата                    |                                                                                       | Компенсaційна шайба |  | Лім.                                             |  | Маса     |  | Масштаб |           |  |  |
|              |  | Розроб.       |  | Жуков К.О.                                                                         |  |              |  | 28.05.25                |                                                                                       |                     |  |                                                  |  | 0,0086   |  | 2:1     |           |  |  |
|              |  | Перев.        |  | Данильченко Ю.М.                                                                   |  |              |  |                         |                                                                                       |                     |  | Лист 1                                           |  | Листів 1 |  |         |           |  |  |
|              |  | Т.контр.      |  |                                                                                    |  |              |  |                         |                                                                                       |                     |  |                                                  |  |          |  |         |           |  |  |
|              |  | Н.контр.      |  |                                                                                    |  |              |  |                         |                                                                                       | АISI 304            |  | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |  |          |  |         |           |  |  |
|              |  | Затверд.      |  |                                                                                    |  |              |  |                         |                                                                                       |                     |  |                                                  |  |          |  |         |           |  |  |
| Копіював     |  |               |  |                                                                                    |  |              |  |                         |                                                                                       |                     |  |                                                  |  |          |  |         | Формат А4 |  |  |

$\sqrt{Ra\ 3,2\ (\checkmark)}$

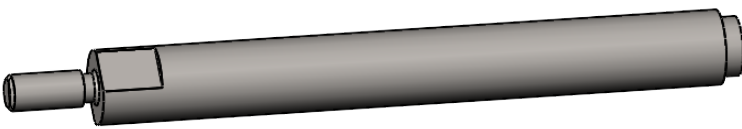
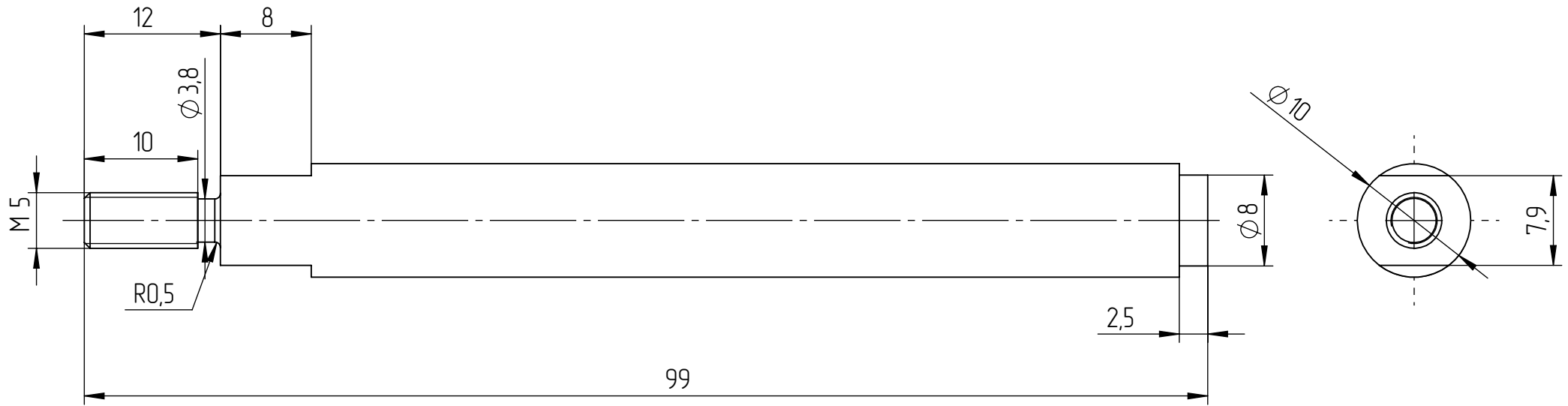


Кількість 2 шт.



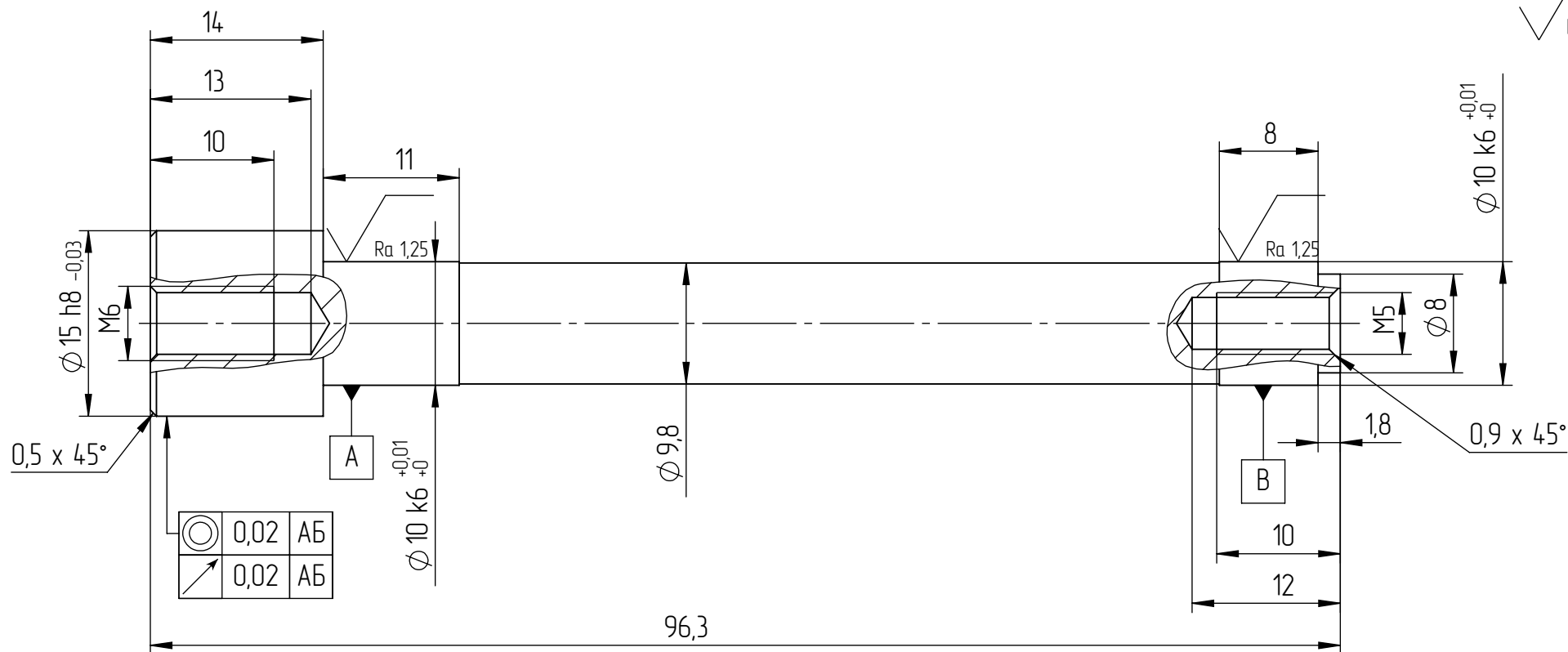
|          |                  |        |          |                      |                         |                            |         |         |
|----------|------------------|--------|----------|----------------------|-------------------------|----------------------------|---------|---------|
|          |                  |        |          |                      | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.07 |                            |         |         |
| Зм. Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     | Роликова направляюча |                         | Лім.                       | Маса    | Масштаб |
| Розроб.  | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |                      |                         |                            |         | 2:1     |
| Перев.   | Данильченко Ю.М. |        |          |                      |                         |                            |         |         |
| Т.контр. |                  |        |          |                      |                         | Аркуш 1                    | Аркуш 1 |         |
| Н.контр. |                  |        |          |                      |                         | КПІ ім. Ізоря Сікорського, |         |         |
| Затверд. |                  |        |          | AISI 304             |                         | НН ММІ, зр.МК-п21          |         |         |

$\sqrt{Ra\ 3,2}$  (✓)



|          |                  |        |          |          |                                                  |  |           |         |  |
|----------|------------------|--------|----------|----------|--------------------------------------------------|--|-----------|---------|--|
|          |                  |        |          |          | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.08                          |  |           |         |  |
| Зм. Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     | Консоль  | Літ.                                             |  | Маса      | Масштаб |  |
| Розроб.  | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |          |                                                  |  |           | 2:1     |  |
| Перев.   | Данильченко Ю.М. |        |          |          | Аркуш 1                                          |  | Аркушів 1 |         |  |
| Т.контр. |                  |        |          |          | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |  |           |         |  |
| Н.контр. |                  |        |          |          |                                                  |  |           |         |  |
| Затверд. |                  |        |          | AISI 304 |                                                  |  |           |         |  |

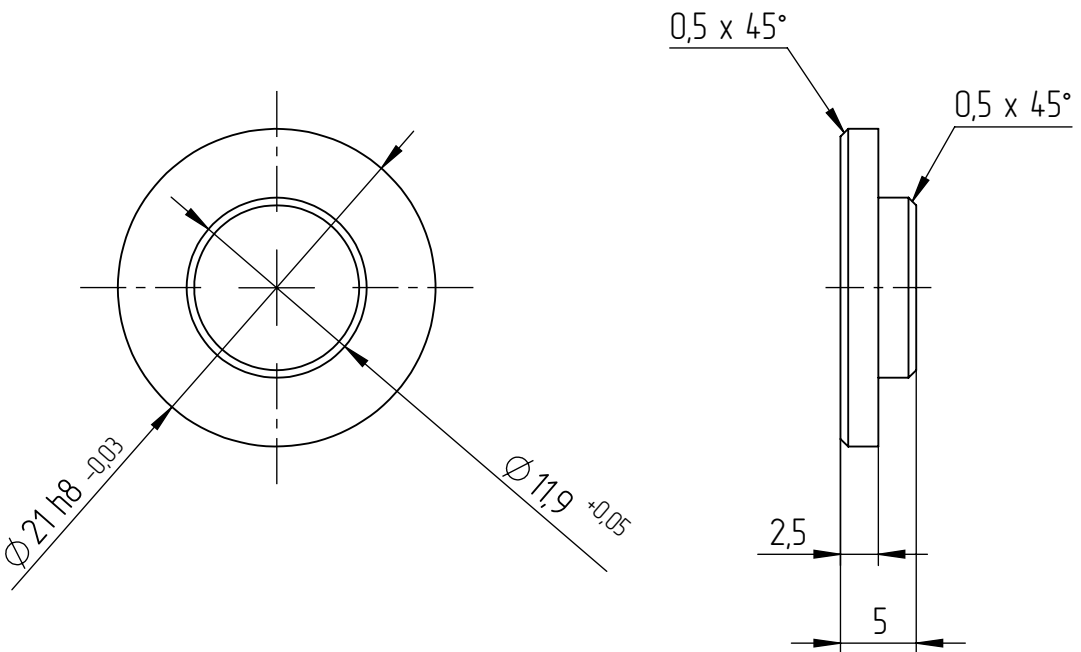
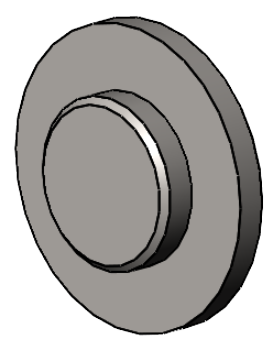
✓ Ra 2,5 (✓)

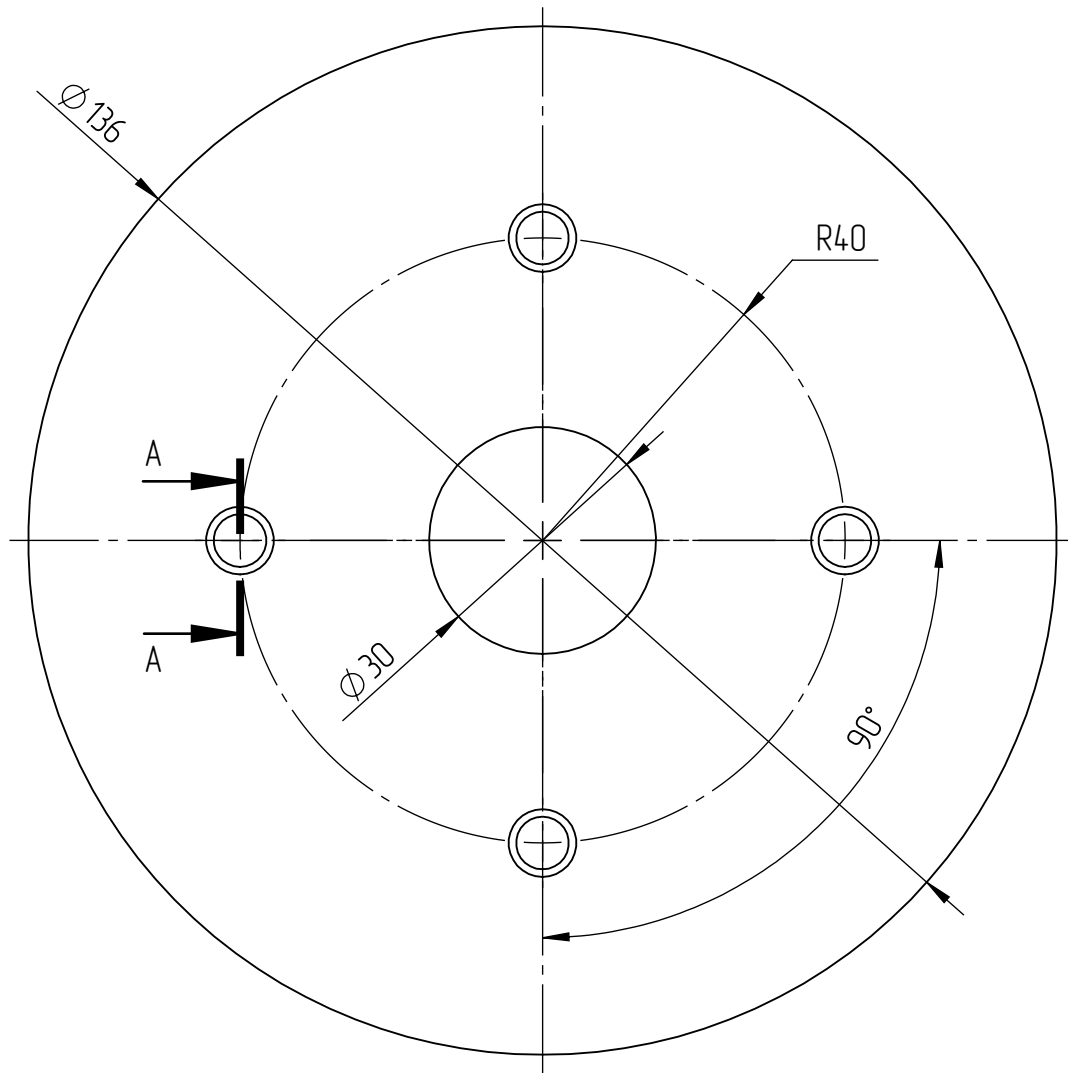
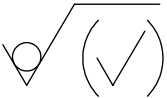


Кількість - 2шт.

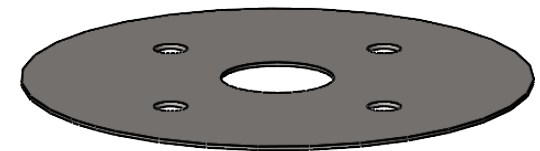
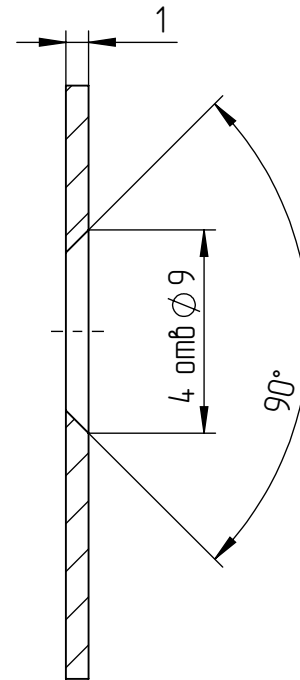


|          |      |                  |        |          |                         |                                                  |  |           |         |
|----------|------|------------------|--------|----------|-------------------------|--------------------------------------------------|--|-----------|---------|
|          |      |                  |        |          | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.09 |                                                  |  |           |         |
| Зм.      | Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     | Направляюча стійка      | Лім.                                             |  | Маса      | Масштаб |
| Розроб.  |      | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |                         |                                                  |  |           | 1:1     |
| Перев.   |      | Данильченко Ю.М. |        |          |                         |                                                  |  |           |         |
| Т.контр. |      |                  |        |          |                         | Аркуш 1                                          |  | Аркушів 1 |         |
| Н.контр. |      |                  |        |          | АISI 304                | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |  |           |         |
| Затверд. |      |                  |        |          |                         |                                                  |  |           |         |

|              |  |               |  |                                                                                                |  |              |  |                         |                                                                                                  |            |  |                                                  |  |          |  |         |  |
|--------------|--|---------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------|--|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--|--------------------------------------------------|--|----------|--|---------|--|
| Справ. №     |  | Перв. примен. |  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.10                                                                        |  |              |  |                         | <div>✓<br/>Ra 3,2 (✓)</div>                                                                      |            |  |                                                  |  |          |  |         |  |
|              |  |               |  | <div></div> |  |              |  |                         |                                                                                                  |            |  |                                                  |  |          |  |         |  |
|              |  |               |  |                                                                                                |  |              |  |                         | Кількість – 3 шт.                                                                                |            |  |                                                  |  |          |  |         |  |
|              |  |               |  |                                                                                                |  |              |  |                         | <div></div> |            |  |                                                  |  |          |  |         |  |
| Підп. і дата |  | Взам. інв. №  |  | Інв. № дідл.                                                                                   |  | Підп. і дата |  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.10 |                                                                                                  |            |  |                                                  |  |          |  |         |  |
| Інв. № підл. |  | Зм. Арк.      |  | № докум.                                                                                       |  | Підпис       |  | Дата                    |                                                                                                  | Підп'ятник |  | Лім.                                             |  | Маса     |  | Масштаб |  |
|              |  | Розроб.       |  | Жуков К.О.                                                                                     |  |              |  | 28.05.25                |                                                                                                  |            |  |                                                  |  | 0.01     |  | 2:1     |  |
|              |  | Переб.        |  | Данильченко Ю.М.                                                                               |  |              |  |                         |                                                                                                  |            |  | Лист 1                                           |  | Листів 1 |  |         |  |
|              |  | Т.контр.      |  |                                                                                                |  |              |  |                         |                                                                                                  |            |  |                                                  |  |          |  |         |  |
|              |  | Н.контр.      |  |                                                                                                |  |              |  |                         |                                                                                                  | АISI 304   |  | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |  |          |  |         |  |
|              |  | Затверд.      |  |                                                                                                |  |              |  |                         |                                                                                                  |            |  | Формат А4                                        |  |          |  |         |  |

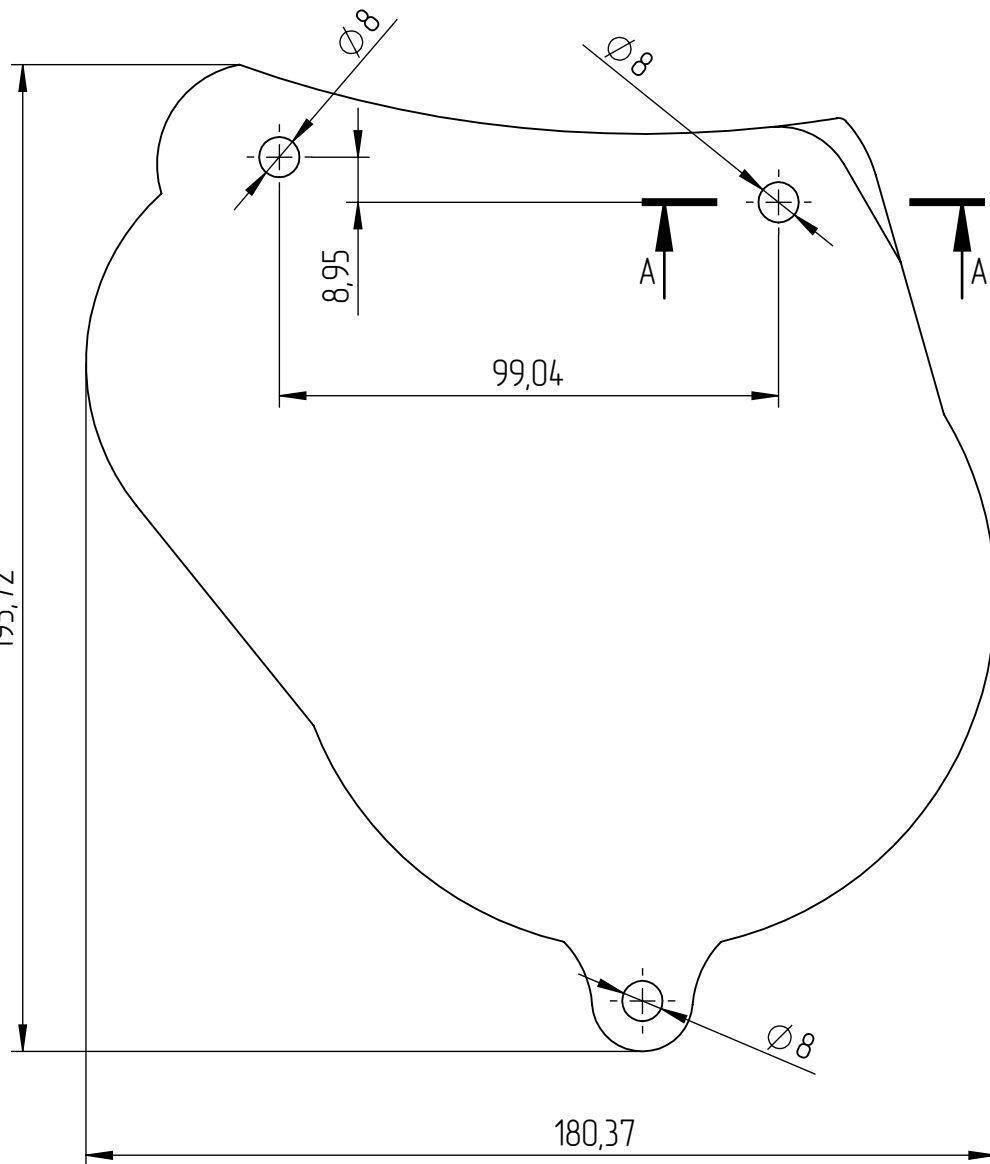


A-A (3 : 1)

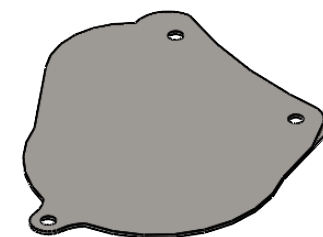
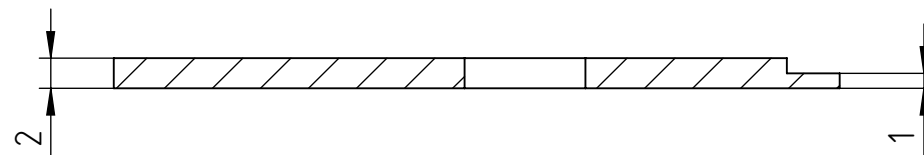


|          |                  |        |          |               |                         |                                                  |      |           |
|----------|------------------|--------|----------|---------------|-------------------------|--------------------------------------------------|------|-----------|
|          |                  |        |          |               | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.12 |                                                  |      |           |
| Зм. Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     | Кришка верхня |                         | Лім.                                             | Маса | Масштаб   |
| Розроб.  | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |               |                         |                                                  |      | 1:2       |
| Перев.   | Данильченко Ю.М. |        |          | АISI 304      |                         | Аркуш 1                                          |      | Аркушів 1 |
| Т.контр. |                  |        |          |               |                         | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |      |           |
| Н.контр. |                  |        |          |               |                         |                                                  |      |           |
| Затверд. |                  |        |          |               |                         |                                                  |      |           |

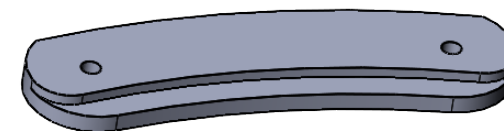
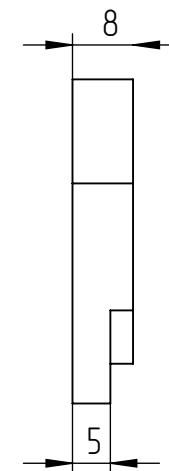
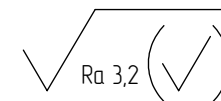
195,72



A-A (2 : 1)



|          |                  |        |          |          |                         |                                                  |      |           |
|----------|------------------|--------|----------|----------|-------------------------|--------------------------------------------------|------|-----------|
|          |                  |        |          |          | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.13 |                                                  |      |           |
| Зм. Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     | Кришка   |                         | Літ.                                             | Маса | Масштаб   |
| Розроб.  | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |          |                         |                                                  |      | 1:5       |
| Перев.   | Данильченко Ю.М. |        |          | АІSІ 304 |                         | Аркуш 1                                          |      | Аркушів 1 |
| Т.контр. |                  |        |          |          |                         | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |      |           |
| Н.контр. |                  |        |          |          |                         |                                                  |      |           |
| Затверд. |                  |        |          |          |                         |                                                  |      |           |



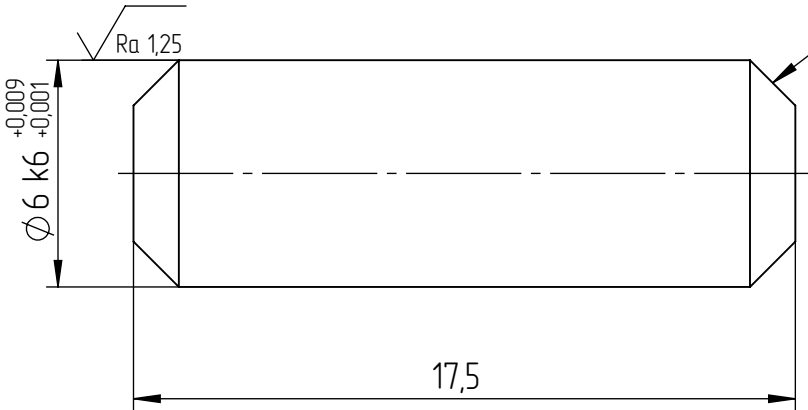
|          |      |                  |        |          |                         |                                                  |           |         |
|----------|------|------------------|--------|----------|-------------------------|--------------------------------------------------|-----------|---------|
|          |      |                  |        |          | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.14 |                                                  |           |         |
| Зм.      | Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     | Направляюча             | Літ.                                             | Маса      | Масштаб |
| Розроб.  |      | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |                         |                                                  |           | 1:2     |
| Перев.   |      | Данильченко Ю.М. |        |          |                         |                                                  |           |         |
| Т.контр. |      |                  |        |          |                         | Аркуш 1                                          | Аркушів 1 |         |
| Н.контр. |      |                  |        |          | Delrin 2700 NC010       | КПі ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |           |         |
| Затверд. |      |                  |        |          |                         |                                                  |           |         |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| 075.HH MM.LMK-n21.00.15 |  |
|-------------------------|--|

$\sqrt{\text{Ra } 3,2 \left( \sqrt{\quad} \right)}$

Инд. № 2481.

Інв. № підл.



ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.15

# Մասփո

AISI 304

Aim

Macco

Μαριμαδ

0.0038

5:1

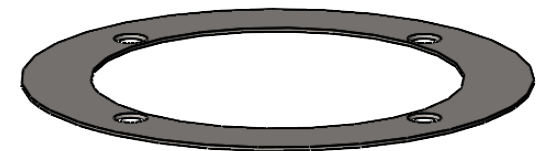
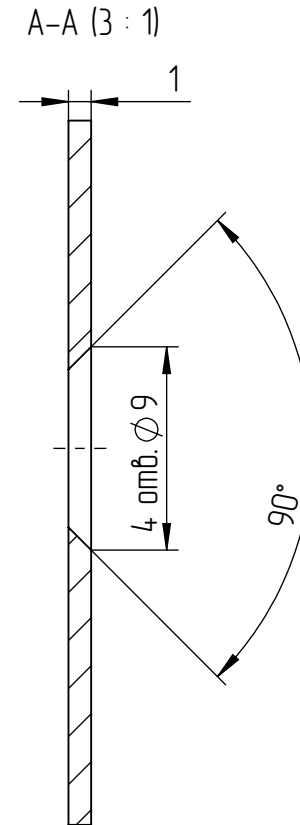
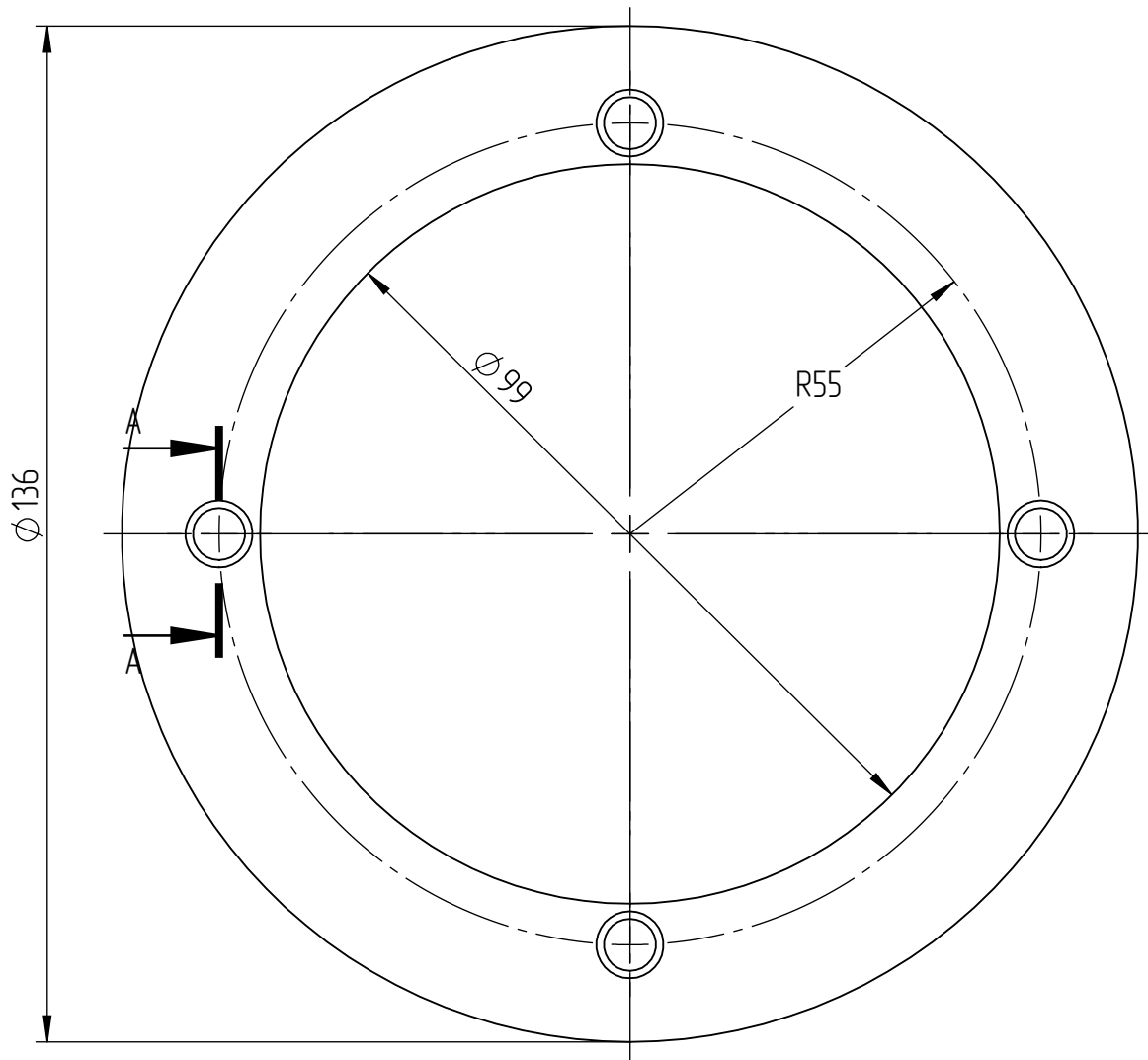
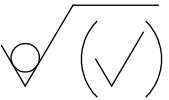
Лист 1

Листів 1

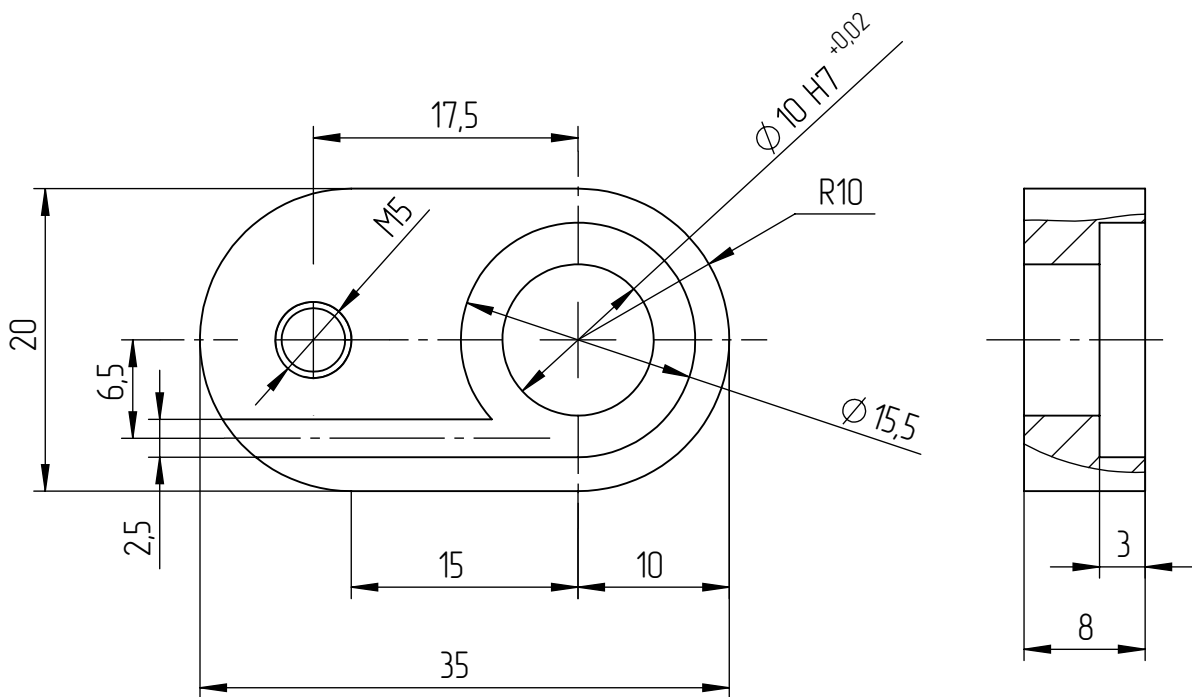
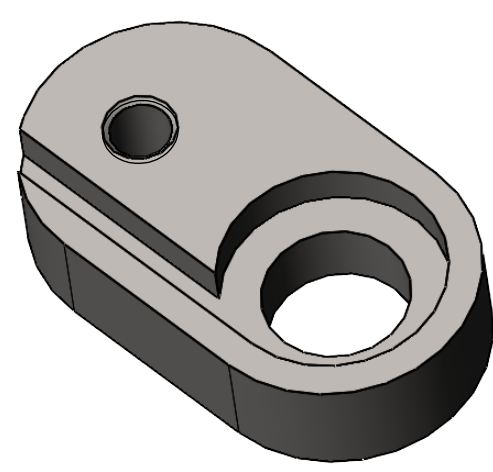
КПІ ім. Ізоря Сікорського  
НН ММІ, зр.МК-п21

Формат А4

Копиював



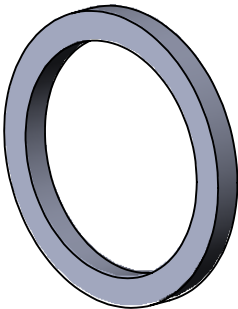
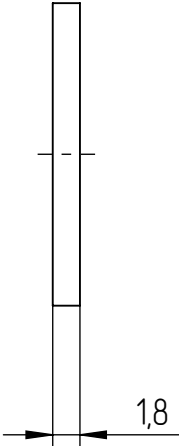
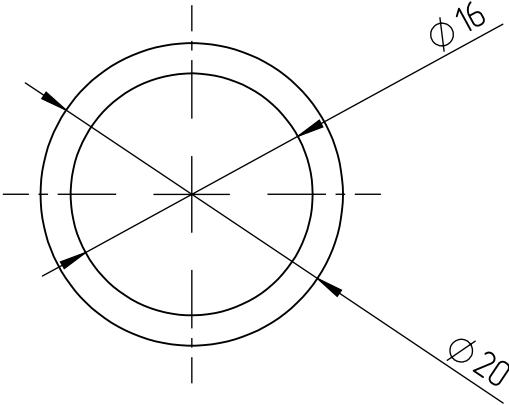
|          |      |                  |        |          |                         |  |  |                                                  |      |           |     |
|----------|------|------------------|--------|----------|-------------------------|--|--|--------------------------------------------------|------|-----------|-----|
|          |      |                  |        |          | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.16 |  |  |                                                  |      |           |     |
| Зм.      | Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     | Кришка нижня            |  |  | Лім.                                             | Маса | Масштаб   |     |
| Розроб.  |      | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |                         |  |  |                                                  |      |           | 1:1 |
| Перев.   |      | Данильченко Ю.М. |        |          |                         |  |  |                                                  |      |           |     |
| Т.контр. |      |                  |        |          |                         |  |  | Аркуш 1                                          |      | Аркушів 1 |     |
| Н.контр. |      |                  |        |          |                         |  |  | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |      |           |     |
| Затверд. |      |                  |        |          | AISI 304                |  |  |                                                  |      |           |     |

|                                                                                    |  |                                                                                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Справ. №                                                                           |  | Перв. примен.                                                                        |  |
| ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.30                                                            |  | <div>√ Ra 3,2 (✓)</div>                                                              |  |
|  |  |  |  |
| Підп. і дата                                                                       |  | Взам. інв. №                                                                         |  |
| Інв. № підл.                                                                       |  | Інв. № дідл.                                                                         |  |
| Підп. і дата                                                                       |  | Підп. і дата                                                                         |  |
| Зм. Арк.                                                                           |  | № докум.                                                                             |  |
| Розроб.                                                                            |  | Жуков К.О.                                                                           |  |
| Перев.                                                                             |  | Данильченко Ю.М.                                                                     |  |
| Т.контр.                                                                           |  |                                                                                      |  |
| Н.контр.                                                                           |  |                                                                                      |  |
| Затверд.                                                                           |  |                                                                                      |  |
| Дата                                                                               |  | 28.05.25                                                                             |  |
| Фіксатор                                                                           |  | Лім.                                                                                 |  |
| АISI 304                                                                           |  | Маса                                                                                 |  |
|                                                                                    |  | Масштаб                                                                              |  |
|                                                                                    |  | 0.03                                                                                 |  |
|                                                                                    |  | 2:1                                                                                  |  |
|                                                                                    |  | Лист 1                                                                               |  |
|                                                                                    |  | Листів 1                                                                             |  |
|                                                                                    |  | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,                                                          |  |
|                                                                                    |  | НН ММІ, зр.МК-п21                                                                    |  |
|                                                                                    |  | Формат А4                                                                            |  |

|                      |  |                             |  |
|----------------------|--|-----------------------------|--|
| Спроб. №             |  | Перв. примен.               |  |
| Підп. і дата         |  | Інв. № змін.                |  |
| Взам. інв. №         |  | Інв. № дідл.                |  |
| Підп. і дата         |  | Інв. № підл.                |  |
| Зм. Арк.             |  | № докум.                    |  |
| Розроб.              |  | Жуков К.О.                  |  |
| Перев.               |  | Данильченко Ю.М.            |  |
| Т.контр.             |  |                             |  |
| Н.контр.             |  |                             |  |
| Затверд.             |  |                             |  |
| Дата                 |  | 28.05.25                    |  |
| Втулка компенсаційна |  | Лім.                        |  |
| Delrin 2700 NC010    |  | Маса                        |  |
|                      |  | Масштаб                     |  |
|                      |  | 0.29                        |  |
|                      |  | 5:1                         |  |
|                      |  | Лист 1                      |  |
|                      |  | Листів 1                    |  |
|                      |  | КПІ ім. Ізгоря Сікорського, |  |
|                      |  | НН ММІ, зр.МК-п21           |  |
|                      |  | Формат А4                   |  |

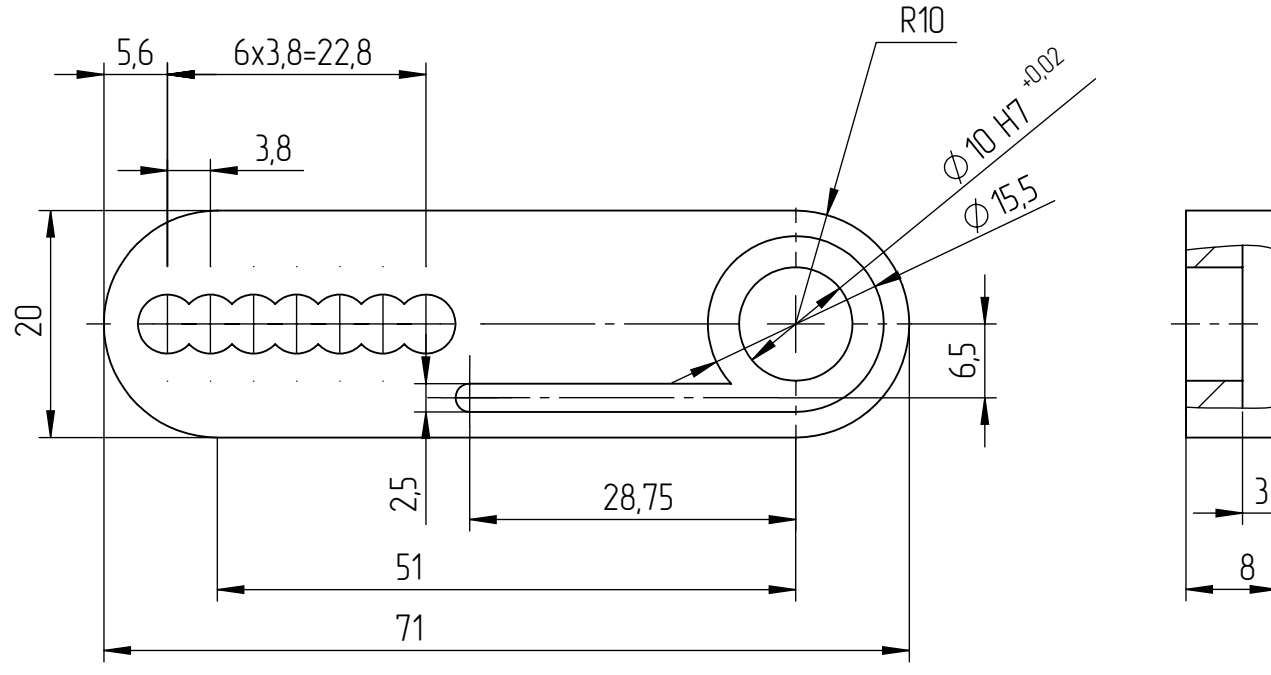
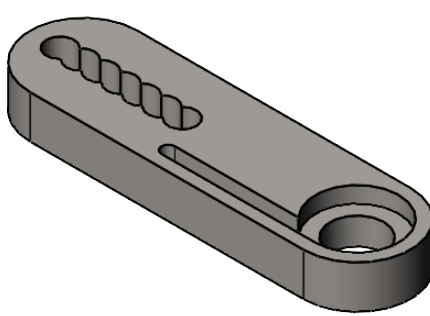
ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.31

$\sqrt{Ra\ 3,2\ (\checkmark)}$



ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.31

|                          |  |                                                  |  |
|--------------------------|--|--------------------------------------------------|--|
| Справ. №                 |  | Перв. примен.                                    |  |
| Підп. і дата             |  | Інв. № змін.                                     |  |
| Взам. інв. №             |  | Інв. № докл.                                     |  |
| Підп. і дата             |  | Інв. № підл.                                     |  |
| Зм. Арк.                 |  | № докум.                                         |  |
| Розроб.                  |  | Жуков К.О.                                       |  |
| Перев.                   |  | Данильченко Ю.М.                                 |  |
| Т.контр.                 |  |                                                  |  |
| Н.контр.                 |  |                                                  |  |
| Затверд.                 |  |                                                  |  |
| ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.32  |  | Ra 2,5 (✓)                                       |  |
| 5                        |  | 0,25 x 45°<br>2 фаски                            |  |
|                          |  |                                                  |  |
| ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.32  |  | Лім.                                             |  |
| Втулка                   |  | Маса                                             |  |
|                          |  | Масштаб                                          |  |
|                          |  | 2.07                                             |  |
|                          |  | 5:1                                              |  |
|                          |  | Лист 1                                           |  |
|                          |  | Листів 1                                         |  |
| Бр0Ф6.5-0,4 ГОСТ 5017-74 |  | КПІ ім. Ізгоря Сікорського,<br>НН ММІ, зр.МК-п21 |  |
| Копіював                 |  | Формат А4                                        |  |

|                                                                                    |  |                                                                                       |  |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Справ. №                                                                           |  | Перв. примен.                                                                         |  |
| ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.33                                                            |  | Ra 3,2 (✓)                                                                            |  |
|  |  |  |  |
| Підп. і дата                                                                       |  | Підп. і дата                                                                          |  |
| Взам. інв. №                                                                       |  | Інв. № дубл.                                                                          |  |
| Інв. № підл.                                                                       |  | Інв. № підл.                                                                          |  |
| Зм. Арк.                                                                           |  | № докум.                                                                              |  |
| Розроб.                                                                            |  | Жуков К.О.                                                                            |  |
| Перев.                                                                             |  | Данильченко Ю.М.                                                                      |  |
| Т.контр.                                                                           |  |                                                                                       |  |
| Н.контр.                                                                           |  |                                                                                       |  |
| Затверд.                                                                           |  |                                                                                       |  |
| Дата                                                                               |  | 28.05.25                                                                              |  |
| Фіксатор                                                                           |  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.33                                                               |  |
| АISI 304                                                                           |  | Лім. Маса Масштаб                                                                     |  |
|                                                                                    |  | 0.07 1:1                                                                              |  |
|                                                                                    |  | Лист 1 Листів 1                                                                       |  |
|                                                                                    |  | КПІ ім. Ізгоря Сікорського, НН ММІ, зр.МК-п21                                         |  |
| Копіював                                                                           |  | Формат А4                                                                             |  |

|                          |  |               |  |                                               |  |              |  |              |            |              |  |
|--------------------------|--|---------------|--|-----------------------------------------------|--|--------------|--|--------------|------------|--------------|--|
| Спроб. №                 |  | Перв. примен. |  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.34                       |  |              |  |              | Ra 3,2 (✓) |              |  |
| Підп. і дата             |  | Інв. № змін.  |  | Інв. №                                        |  | Взам. інв. № |  | Інв. № змін. |            | Підп. і дата |  |
| Інв. № підл.             |  | Т.контр.      |  | Перев.                                        |  | Розроб.      |  | Зм. Арк.     |            | Зм. Арк.     |  |
| Затверд.                 |  | Н.контр.      |  | Данильченко Ю.М.                              |  | Жуков К.О.   |  | 28.05.25     |            | 28.05.25     |  |
| Бр0Ф6.5-0,4 ГОСТ 5017-74 |  | Втулка        |  | Лист 1                                        |  | Листів 1     |  | Маса 2.07    |            | Масштаб 5:1  |  |
| Формат А4                |  | Копіював      |  | КПІ ім. Ізгоря Сікорського, НН ММІ, зр.МК-п21 |  | Літ. 1       |  | Маса         |            | Масштаб      |  |

0,25 x 45°  
2 фаски

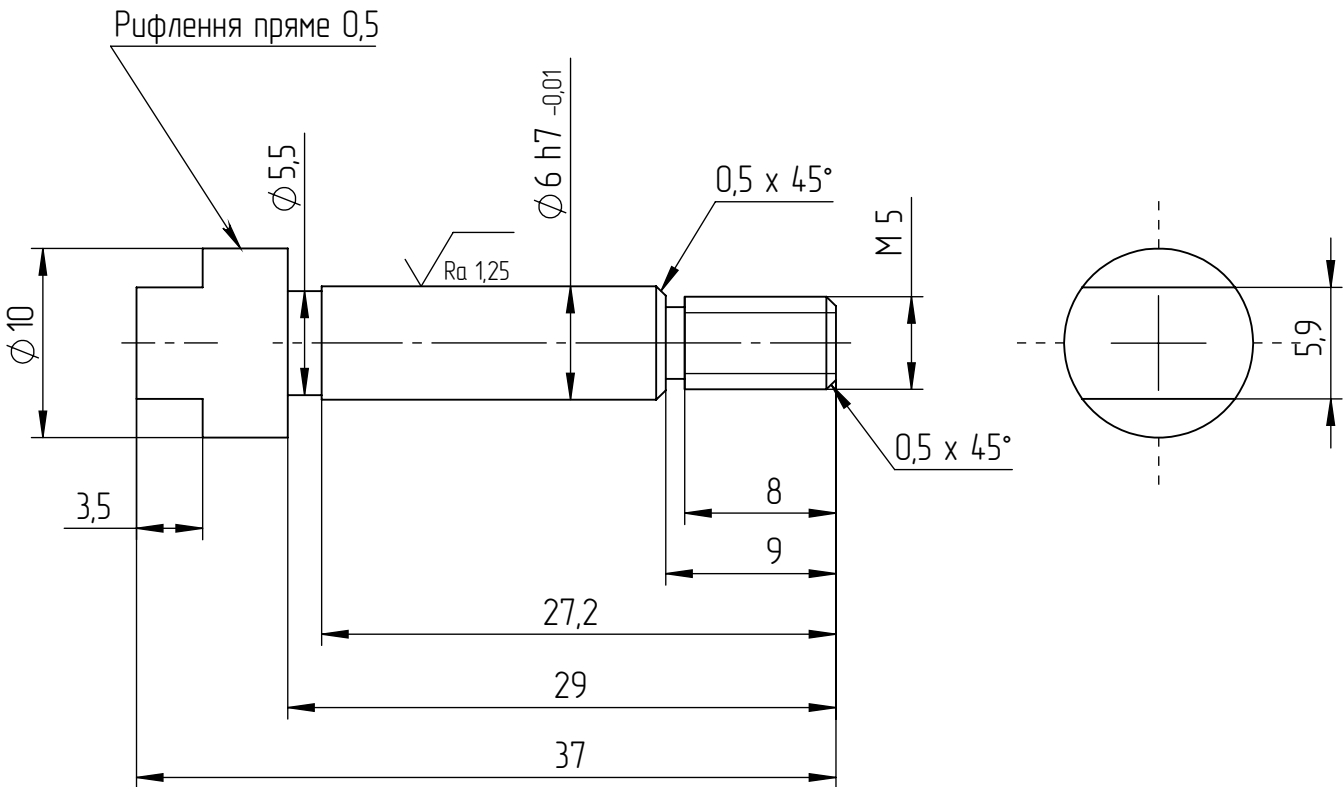
5

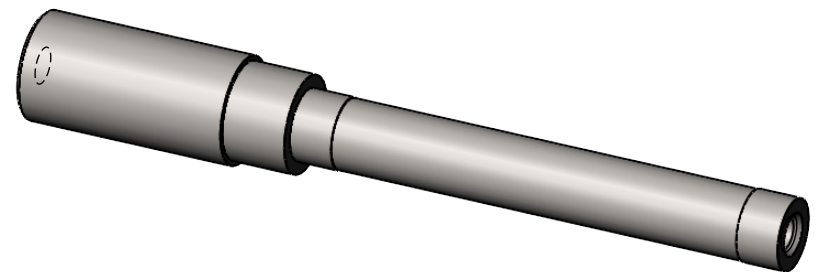
Ø 6 H7 +0,01

Ø 10 m7 +0,02  
+0,01

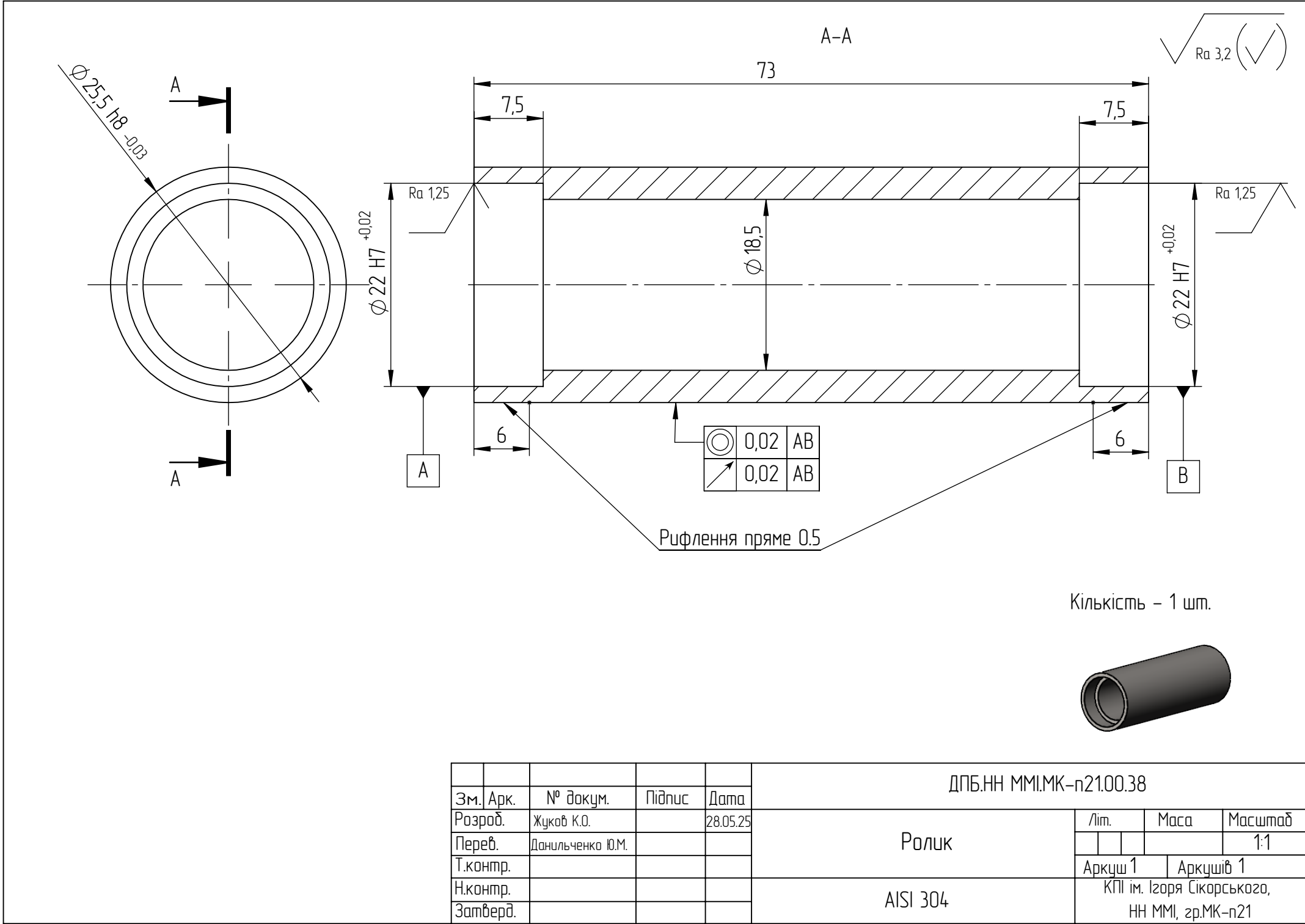


|                                                                                                      |  |                                                         |  |                                         |  |                                                                                                      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Справ. №                                                                                             |  | Перв. примен.                                           |  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.35                 |  | <div>✓<br/>Ra 3,2 (✓)</div>                                                                          |  |
| <div>Зм. Арк.<br/>Розроб.<br/>Перев.<br/>Т.контр.<br/><br/>Н.контр.<br/>Затверд.</div>               |  | <div>№ докум.<br/>Жуков К.О.<br/>Данильченко Ю.М.</div> |  | <div>Підпис<br/>Дата<br/>28.05.25</div> |  | <div>Лист 1Листів 1</div>                                                                            |  |
|                                                                                                      |  |                                                         |  |                                         |  |                                                                                                      |  |
|                                                                                                      |  |                                                         |  |                                         |  |                                                                                                      |  |
|                                                                                                      |  |                                                         |  |                                         |  |                                                                                                      |  |
|                                                                                                      |  |                                                         |  |                                         |  |                                                                                                      |  |
| Інв. № підл.                                                                                         |  | Взам. інв. №                                            |  | Інв. № дідл.                            |  | Підп. і дата                                                                                         |  |
| <div>ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.35</div> <div>Винт спеціальний</div> <div>Сталь 12X18H9 ГОСТ 5632-72</div> |  | <div>Копіював</div>                                     |  | <div>Формат А4</div>                    |  | <div>Детальний креслення винта</div> <div>Вид зверху</div> <div>Вид збоку</div> <div>Вид знизу</div> |  |
|                                                                                                      |  |                                                         |  |                                         |  |                                                                                                      |  |
|                                                                                                      |  |                                                         |  |                                         |  |                                                                                                      |  |
|                                                                                                      |  |                                                         |  |                                         |  |                                                                                                      |  |
|                                                                                                      |  |                                                         |  |                                         |  |                                                                                                      |  |

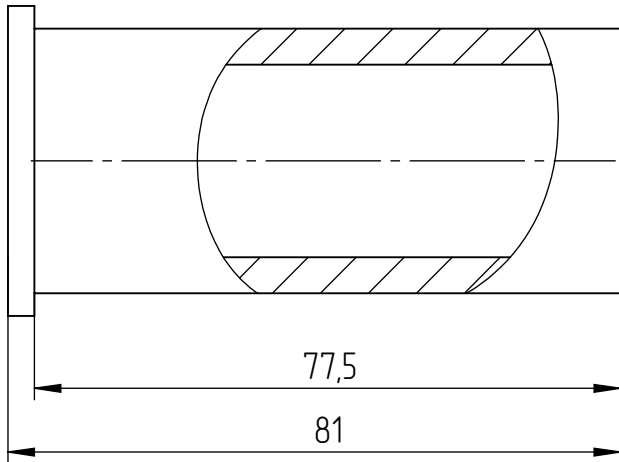
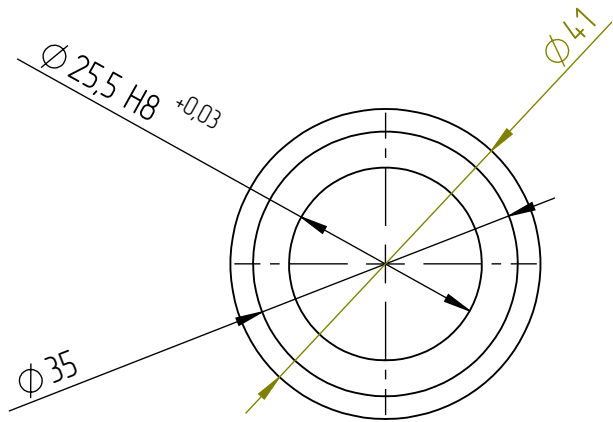




формат A4



$\sqrt{Ra\ 3,2\ (\checkmark)}$



Кількість – 1 шт.



|          |                  |        |          |                         |  |  |  |                   |      |           |     |
|----------|------------------|--------|----------|-------------------------|--|--|--|-------------------|------|-----------|-----|
|          |                  |        |          | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.39 |  |  |  |                   |      |           |     |
| Зм. Арк. | № докум.         | Підпис | Дата     | Ролик                   |  |  |  | Літ.              | Маса | Масштаб   |     |
| Розроб.  | Жуков К.О.       |        | 28.05.25 |                         |  |  |  |                   |      |           | 1:1 |
| Перев.   | Данильченко Ю.М. |        |          |                         |  |  |  |                   |      |           |     |
| Т.контр. |                  |        |          |                         |  |  |  | Аркуш 1           |      | Аркушів 1 |     |
| Н.контр. |                  |        |          |                         |  |  |  | Delrin 2700 NC010 |      |           |     |
| Затверд. |                  |        |          |                         |  |  |  |                   |      |           |     |



| Формат       |         | Зона  | Поз.             | Позначення                    | Назва                     | Кіл.                                       | Примітка |        |
|--------------|---------|-------|------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------|----------|--------|
|              |         |       |                  |                               |                           |                                            |          |        |
|              |         |       |                  |                               | Документація              |                                            |          |        |
|              |         |       |                  |                               |                           |                                            |          |        |
|              |         |       |                  |                               | Складальні одиниці        |                                            |          |        |
|              |         |       |                  |                               |                           |                                            |          |        |
|              |         |       |                  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.00.СК    | МЕХАНІЗМ ОБКАТКИ          | 1                                          |          |        |
|              |         | 17    |                  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.17.СК    | Натяжний механізм у зборі | 1                                          |          |        |
|              |         |       |                  |                               | Деталі                    |                                            |          |        |
|              |         | 1     |                  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.01       | Корпус                    | 1                                          |          |        |
|              |         | 2     |                  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.02       | Шпонка                    | 1                                          |          |        |
|              |         | 3     |                  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.03       | Направляюча               | 1                                          |          |        |
|              |         | 4     |                  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.04       | Шайба                     | 2                                          |          |        |
|              |         | 5     |                  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.05       | Вал                       | 1                                          |          |        |
|              |         | 6     |                  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.06       | Компенсаційна шайба       | 4                                          |          |        |
|              |         | 7     |                  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.07       | Роликова направляюча      | 2                                          |          |        |
|              |         | 8     |                  | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.08       | Консоль                   | 1                                          |          |        |
| Підп. і дата |         |       | 9                | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.09       | Направляюча стійка        | 2                                          |          |        |
|              |         |       | 10               | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.10       | Підп'ятник                | 3                                          |          |        |
|              |         |       | 11               | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.11       | Шестерня                  | 1                                          |          |        |
|              |         |       | 12               | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.12       | Кришка верхня             | 1                                          |          |        |
|              |         |       | 13               | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.13       | Кришка                    | 1                                          |          |        |
| Інд. № дубл. |         |       | 14               | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.14       | Направляюча               | 1                                          |          |        |
|              |         |       | 15               | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.15       | Штифт                     | 1                                          |          |        |
|              |         |       | 16               | ДПБ.НН ММІ.МК-п21.00.16       | Кришка нижня              | 1                                          |          |        |
| Взам. інв. № |         |       |                  |                               |                           |                                            |          |        |
|              |         |       |                  |                               | Стандартні вироби         |                                            |          |        |
|              |         |       | 18               | DIN EN 24014 - M5 x 30 x 16-N | Болт M5 x 30              | 1                                          |          |        |
| Підп. і дата |         |       | 19               | DIN 6903-A5.4                 | Шайба                     | 1                                          |          |        |
|              |         |       | 20               | DIN 914 - M6 x 16-N           | Установочний гвинт        | 2                                          |          |        |
|              |         |       |                  |                               |                           |                                            |          |        |
| Інд. № орг.  |         |       |                  |                               |                           |                                            |          |        |
|              |         |       |                  |                               |                           |                                            |          |        |
|              | Вип.    | Лист  | № докум          | Підпис                        | Дата                      |                                            |          |        |
|              | Розроб. |       | Жуков К.О.       |                               | 24.05.25                  | Обкатка                                    | Аркуш    | Листів |
|              | Перев.  |       | Данильченко Ю.М. |                               |                           |                                            | 1        | 2      |
|              |         |       |                  |                               |                           |                                            |          |        |
| Н.контр      |         |       |                  |                               |                           |                                            |          |        |
|              |         | Затв. |                  |                               |                           | КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ММІ, грМК-п21 |          |        |



[illegible]