



Вінницький національний технічний університет  
Факультет Машинобудування та транспорту  
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 13-Механічна інженерія  
Спеціальність – 131 – Прикладна механіка  
Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ТАМ**

д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

16 жовтня 2023 року

### **ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Магденко Вячеслав Альбертович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Виготовлення вузла "Гідроциліндр" в умовах малого підприємства

керівник МКР доц., к.т.н. Савуляк В.В.,

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

затверджені наказом ВНТУ від "18" вересня 2023 року №274

2. Строк подання студентом МКР: 15 грудня 2023 року

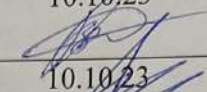
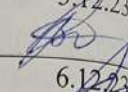
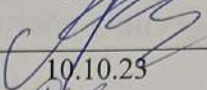
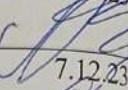
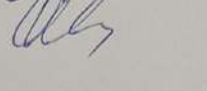
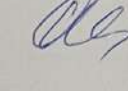
3. Вихідні дані до МКР: складальне креслення вузла «Гідроциліндр», програма випуску деталі N = 14000

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Складальне виробництво вузла «Гідроциліндр»; 2. Технології виготовлення основних деталей вузла «Гідроциліндр»; 3. Вплив геометричних параметрів деталі «Гільза» вузла «Гідроциліндр» зміну форми під навантаженням; 4. Економічна частина; 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік ілюстративного матеріалу:













1. Складальне креслення вузла «Гідроциліндр»; 2. Креслення основних деталей вузла «Гідроциліндр»; 3. Маршрути механічної обробки основних деталей вузла «Гідроциліндр»; 4. Вплив геометрії деталі «Гільза» на зміну форми під навантаженням; 5. Схема розташування обладнання на малому підприємстві; 7. Техніко-економічні показники виготовлення вузла «Гідроциліндр».

## 6. Консультанти розділів МКР

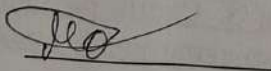
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання при
Спеціальна частина	К.т.н., доц. Савуляк В.В.	10.10.23 	5.12.23 
Економічна частина	К.т.н., проф. Лесько О.Й.	10.10.23 	6.12.23 
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	д.пед.н., проф. Дембіцька	10.10.23 	7.12.23 

7. Дата видачі завдання «\_10\_»\_жовтня\_2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	При а
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	15.10.2023	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	25.10.2023	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів Досліджень	5.11.2023	
4	Розв'язання поставлених задач	30.11.2023	
5	Формулювання висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	5.12.2023	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	6.12.2023	
7	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	7.12.2023	
8	Попередній захист МКР	10.12.2023	
9	Перевірка роботи на плагіат	14.12.2023	
10	Нормоконтроль МКР	14.12.2023	
11	Рецензування МКР	14.06.2023	
12	Захист МКР	20.12.2023	

Студент



Магденко В.А.

Керівник МКР



Савуляк В.В.

## ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. СКЛАДАЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО ВУЗЛА «ГІДРОЦИЛІНДР»	11
1.1. Аналіз конструкції і технологічності вузла «Гідроциліндр»	11
1.2. Розробка технології складання вузла «Гідроциліндр»	15
1.3. Обладнання для складальних операцій	19
1.4. Нормування часу на складальні операції	21
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛА «ГІДРОЦИЛІНДР»	25
2.1. Типові технології виготовлення основних деталей вузла «Гідроциліндр»	25
2.2. Виготовлення заготовок для деталей вузла «Гідроциліндр»	30
2.3. Розробка маршрутів механічної обробки для деталей вузла «Гідроциліндр»	35
2.4. Визначення норм часу на обробку деталей вузла «Гідроциліндр»	43
2.5. Визначення приведеної програми та показників підприємства	45
РОЗДІЛ 3. МІНІМІЗАЦІЯ МАТЕРІАЛОЄМКІСТІ ДЕТАЛІ ГІЛЬЗА ГІДРОЦИЛІНДРА ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДОПУСТИМОЇ ДЕФОРМАЦІЇ	46
3.1. Вибір і обґрунтування параметрів моделі	46
3.2. Створення імітаційної моделі за допомогою програми Ansys	47
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	56
4.1. Оцінювання експертами потенціалу виготовлення вузла «Гідроциліндр»	56
4.2. Розрахунок кошторису капітальних витрат на розробку технологічного процесу виготовлення вузла «Гідроциліндр»	59
4.3. Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції	64
4.4. Розрахунок терміну окупності капітальних вкладень	68
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	80
5.1. Аналіз умов праці на робочому місці	80
5.2. Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	81
5.3. Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи	86
5.4. Пожежна безпека	87

5.5. Безпека в надзвичайних ситуаціях	5
ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	93
ДОДАТКИ	94
Додаток А – Акт перевірки на плагіат	96
Додаток Б – Технічне завдання	
Додаток В – Ілюстративна частина	

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.7

Магденко В.А. Виготовлення вузла «Гідроциліндр» в умовах малого підприємства. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма – технології машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2023. 96 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 16 назв, рис. 25; табл.33.

В магістерській кваліфікаційній роботі розроблено технологію виготовлення та складання вузла «Гідроциліндр» та запропоновано рекомендації щодо підбору геометричних параметрів деталі «Гільза» для забезпечення економії та відсутності протікань.

В роботі виконаний аналіз технологічності конструкції вузла «Гідроциліндр» та складових деталей, розроблено технологічні процеси їх виготовлення з урахуванням розмірів виробництва та мінімізації потрібного обладнання та площ. Отримано залежність деформації стінки деталі "Гільза" від товщини стінки та тиску в порожнині.

Проведені економічні розрахунки та було визначено та розраховано кошторис капітальних витрат на організацію виготовлення вузла «Гідроциліндр», а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

У графічній частині представлено складальне креслення вузла «Гідроциліндр», робочі креслення основних деталей, маршрутів механічної обробки основних деталей вузла «Гідроциліндр», схема складання вузла «Гідроциліндр», графічні залежності отримані в результаті чисельних експериментів.

Ключові слова: складання виробів, складальна одиниця, технологічність виробу, деформація гільзи, деталь, заготовка.

## ABSTRACT

UDC 621.7

Magdenko V.A. Production of the «Hydrocylinder» assembly in the conditions of a small enterprise. Master's qualification work in specialty 131 - Applied mechanics, educational program - mechanical engineering technologies. Vinnitsa, VNTU, 2023. 96 p.

In Ukrainian language. Bibliographer.: 16 titles, fig. 25; tabl.33.

In the master's qualification work the technology of manufacturing and assembly of the «Hydraulic cylinder» unit is developed and recommendations on selection of geometrical parameters of details for maintenance of economy and absence of leaks are offered.

The analysis of the manufacturability of the «Hydraulic cylinder» unit and its components is performed, the technological processes of their production are developed taking into account the production sizes and minimization of the required equipment and areas. The dependence of the wall deformation of the «Sleeve» part on the wall thickness is obtained.

Economic calculations were made and an estimate of capital expenditures for the organization of the production of the «Hydraulic cylinder» was determined, as well as the economic efficiency of the innovative solution was assessed.

The graphic part presents the assembly drawing of the unit «Hydraulic cylinder», working drawings of parts, routes of machining of parts of the unit «Hydraulic cylinder», the scheme of assembly of the unit «Hydraulic cylinder», graphical dependences obtained as a result of numerical experiments.

Keywords: assembly of products, assembly unit, manufacturability of the product, sleeve deformation, part, workpiece.

## ВСТУП

Забезпечення ефективної діяльності машинобудівних підприємств та їх економічної привабливості, у порівнянні з нематеріальним виробництвом, наприклад, створенням різноманітного програмного забезпечення, полягає у створенні можливостей випуску якомога ширшого діапазону продукції при якнайменших капітальних вкладеннях. Це проявляється у зосередженні на виготовленні виробів з високою доданою вартістю – вузлів та механізмів та уніфікації процесів їх виготовлення. Уніфікація виробничих процесів, застосування CAD/CAM технологій дозволяє створити діюче виробництво на мінімальних площах з мінімумом можливого обладнання та персоналу. Таке виробництво може швидко перейти від випуску одного виду продукції, до іншого, за умови незначного дооснащення при цьому витрати будуть мінімальними. Разом з тим, невелике підприємство не володіє достатніми фінансовими можливостями для закупівлі складного обладнання, що змушує спрощувати технологічні процеси та пристосовувати їх до використання типового обладнання мінімальної кількості.

### **Актуальність теми**

Для отримання прибутку підприємство може скористатись кількома стратегіями: 1) збільшити прибуток з кожної одиниці випущеної продукції, що в умовах конкурентного середовища надзвичайно складно; 2) збільшити обсяг випуску і реалізації продукції за рахунок захоплення частини ринку; 3) комбінація перших двох способів. Як правило, реалізується третя стратегія, оскільки вона дозволяє в повній мірі використати потенціал зростання прибутку при менших капіталовкладеннях. Для збільшення прибутку з одиниці товару, зазвичай не збільшують його ціну реалізації, а зменшують собівартість виготовлення за рахунок різноманітних технологічних та конструкторських прийомів. Збільшення обсягу реалізації продукції досягається, в тому числі, за рахунок розширення асортименту продукції. Це вимагає застосовувати уніфіковані вузли під час конструювання та типові способи складання,



виготовлення та обробки складових механізмів під час проектування технології виготовлення. Також необхідно зберігати баланс між кількістю та можливостями наявного обладнання, способами виготовлення елементів механізмів. Також при проектуванні виробництва потрібно виокремлювати покупні елементи, які не доцільно виготовляти на підприємстві. В результаті з'являється багатоваріантна задача розв'язання якої дозволяє досягнути суттєвого економічного ефекту, що свідчить про актуальність вибраної теми дослідження.

**Метою роботи** визначення можливості організації виробництва вузла «Гідроциліндр» різних форм в умовах малого підприємства.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

1. сформулювати групову технологію складання вузла «Гідроциліндр»;
2. розробити маршрути механічної обробки типових деталей вузла «Гідроциліндр»;
3. провести нормування витрат часу для складального виробництва;
4. визначити необхідну кількість обладнання, працівників та площ для забезпечення діяльності малого підприємства;
5. встановити взаємозв'язок між геометричними параметрами деталі «Гільза» та деформацією і вагою під час роботи для забезпечення мінімуму втрат рідини під час роботи;
6. визначити економічну доцільність виготовлення вузла «Гідроциліндр» в умовах малого підприємства.

**Об'єкт дослідження:** технологічні процеси складання вузла «Гідроциліндр».

**Предмет дослідження:** технології складання та виготовлення деталей вузла «Гідроциліндр».

**Методи дослідження.** Теоретичні дослідження маршрутних технологій виконані за допомогою емпіричних моделей, а дослідження деформації деталі «Гільза» під час роботи здійснено за допомогою імітаційного моделювання з використанням програмного комплексу Ansys (студентська версія).

**Наукова новизна одержаних результатів:** За допомогою імітаційного

модельовання була отримана залежність деформування стінки деталі «Гільза» під час роботи вузла від товщини стінки, положення поршня, тиску в робочій порожнині. Уточнено товщину стінки для забезпечення мінімальної деформації та матеріалоемкості деталі під час роботи та виготовлення.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в встановленні можливості організації виробництва вузла «Гідроциліндр» на малому підприємстві. При цьому запропоновані такі нові рішення:

- розроблено технологічні процеси механічної обробки основних деталей вузла «Гідроциліндр», а економічні розрахунки підтвердили доцільність організації виробництва;

- розроблено типові технології складання вузлів типу «Гідроциліндр» в умовах малого підприємства;

- за допомогою імітаційного модельовання встановлено параметри товщини стінки для забезпечення мінімальної деформації та матеріалоемкості деталі «Гільза».

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати дослідження були отримані самостійно автором. Мета та завдання дослідження узгоджені з науковим керівником.

**Апробація результатів.** Основні матеріали роботи доповідались на регіональній науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників в науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області.

**Публікації.** Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи були опубліковані в тезах доповідей науково технічної інтернет-конференції ВНТУ [1].

# 1 СКЛАДАЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО ВУЗЛА «ГІДРОЦИЛІНДР»

## 1.1 Аналіз конструкції і технологічності вузла «Гідроциліндр»

Типовим призначенням вузла «Гідроциліндр» (рис.1.1) є перетворення енергії стисненої рідини в зворотно-поступальний рух штока.

Для забезпечення ефективного функціонування вузла його типова конструкція містить наступні деталі: гільза (виконує роль корпусу), поршень – сприймає і передає тиск від рідини на шток; шток – призначений для передачі поступального руху від поршня до інших елементів механізму; кришки – закривають порожнину гільзи від витікання робочої рідини; ущільнення – відповідають за зменшення перетікання рідини між різними порожнинами гідроциліндра. Ефективність, точність та коефіцієнт корисної дії гідроциліндра значною мірою залежить від перетікання рідини між його робочою і неробочою порожнинами. Чим менші ці втрати, тим ефективніше та точніше працює гідроциліндр за однакових інших умов.

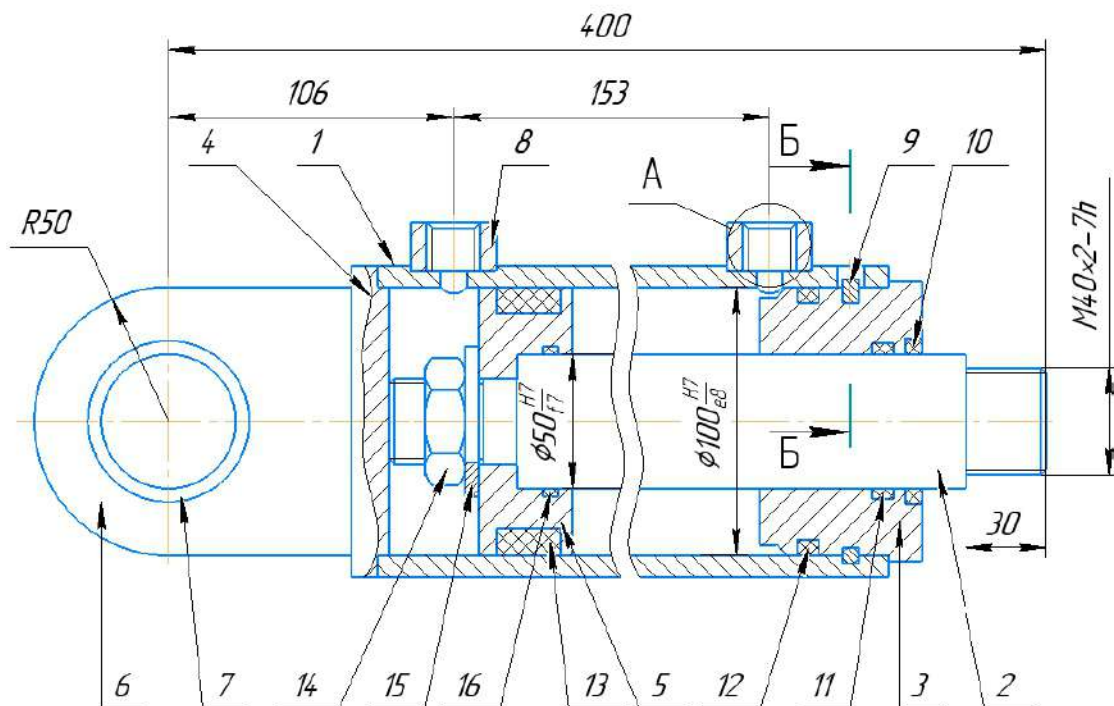


Рисунок 1.1 – Гідроциліндр

Розглядуваний вузол «Гідроциліндр» складається з наступних основних частин: кришка передня (поз.3), кришка задня (поз.6), два штуцера (поз.8), шток (поз.2), поршень (поз.5), гільза (поз.1), різні ущільнення (позиції 10-13) та дріт для фіксації положення (поз.9).

В цілому, конструкція вузла не містить зайвих елементів, а також складних у виготовленні та складанні деталей і складальних одиниць. Для більш повної оцінки технологічності конструкції проведемо якісний і кількісний аналіз конструкції.

Проаналізуємо технологічність конструкції вузла з якісної точки зору:

1) базовою деталлю, для складання вузла «Гідроциліндр» використовують деталь «Гільза»;

2) в якості установчих поверхонь гідроциліндра можуть бути використані поверхні деталей «Шток» і «Кришка задня»;

3) складання гідроциліндра виконують вздовж однієї осі, що значно спрощує процес. Контроль герметичності та ефективності здійснюються на гідравлічному спеціальному стенді оснащеному необхідним обладнанням та давачами та системою керування. За рахунок такого стенду контроль якості виготовлення і складання вузла «Гідроциліндр» відбувається в напівавтоматичному режимі.

4) у виробі присутні декілька складальних одиниць різної складності, що дозволяє організувати вузлове складання;

5) для підвищення рівня механізації збирання можна застосовувати ручний слюсарний інструмент;

6) необхідності перебазування виробу під час остаточного складання немає, що спрощує процес.

Таким чином, за якісними ознаками виріб – технологічний.

Кількісну оцінку технологічності виробу проведемо відповідно до рекомендацій [2] та таблиці 1.1, а результати розрахунку наведемо в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Кількісні показники технологічності виробу

Назва коефіцієнта $K_i$	Позначення і розрахункова формула	Параметри формул	$\lambda_{i0}$	
			одиничне	серійне
Коефіцієнт числа деталей	$K_{\text{чд}} = e^{-0,006n}$	n – загальна кількість деталей і складальних одиниць у виробі	0,2	0,15
Коефіцієнт повторюваності	$K_{\text{пов}} = 1 - Q / n$	Q - кількість найменувань деталей і складальних одиниць у виробі	0,2	0,1
Коефіцієнт механізації	$K_{\text{мех}} = n_{\text{мех}} / n$	$n_{\text{мех}}$ - кількість деталей, які можна встановити зі застосуванням засобів механізації	0,1	0,2
Коефіцієнт взаємозамінності	$K_{\text{вз}} = n_{\text{вз}} / n$	$n_{\text{вз}}$ - кількість з'єднань, які виконуються по методу повної взаємозамінності	0,15	0,2
Коефіцієнт уніфікації і стандартизації	$K_y = n_y / n$	$n_y$ - кількість стандартних та уніфікованих деталей	0,1	0,15
Коефіцієнт числа напрямків	$K_V = 1 - V_i / n$	$V_i$ – кількість напрямків складальних рухів	0,2	0,1
Коефіцієнт збірності	$K_{\text{зб}} = O / Q$	O - кількість складальних одиниць у виробі	0,05	0,1

Таблиця 1.2 – Розрахункові кількісні показники технологічності вузла «Гідроциліндр»

Назва коефіцієнта $K_i$	Числове значення показника технологічності	Ваговий коефіцієнт $\lambda_{i0}$ для серійного виробництва	Зведений коефіцієнт $\lambda_{i0} \cdot K_i$	Сумарний показник технологічності
Коефіцієнт числа деталей	0,9	0,15	0,135	0,624
Коефіцієнт повторюваності	0,4	0,1	0,04	
Коефіцієнт механізації	0,18	0,2	0,036	
Коефіцієнт взаємозамінності	1	0,2	0,2	
Коефіцієнт уніфікації і стандартизації	0,8	0,15	0,12	
Коефіцієнт числа напрямків	0,926	0,1	0,093	
Коефіцієнт збірності	0	0,1	0	

Оскільки сумарний показник технологічності попадає в діапазон 0,2- 0,7, то виріб вважається технологічним.

На основі проведеного якісного і кількісного аналізу технологічності вузла «Гідроциліндр» можна зробити висновок, що вузол в цілому технологічний та не потребує конструктивних змін.

## 1.2. Розробка технології складання вузла «Гідроциліндр»

Як зазначалось у вступі, для забезпечення ефективності діяльності підприємства необхідно забезпечити широкий асортимент продукції. Відповідно, під час проектування технології складання необхідно уніфікувати прийоми та засоби, що застосовуються під час збирання вузлів. В асортимент підприємства мають входити три подібних гідроциліндри, показані на рисунках 1.1 – 1.3. Розробимо технології складання на кожен з них та уніфікуємо прийоми та способи складання.

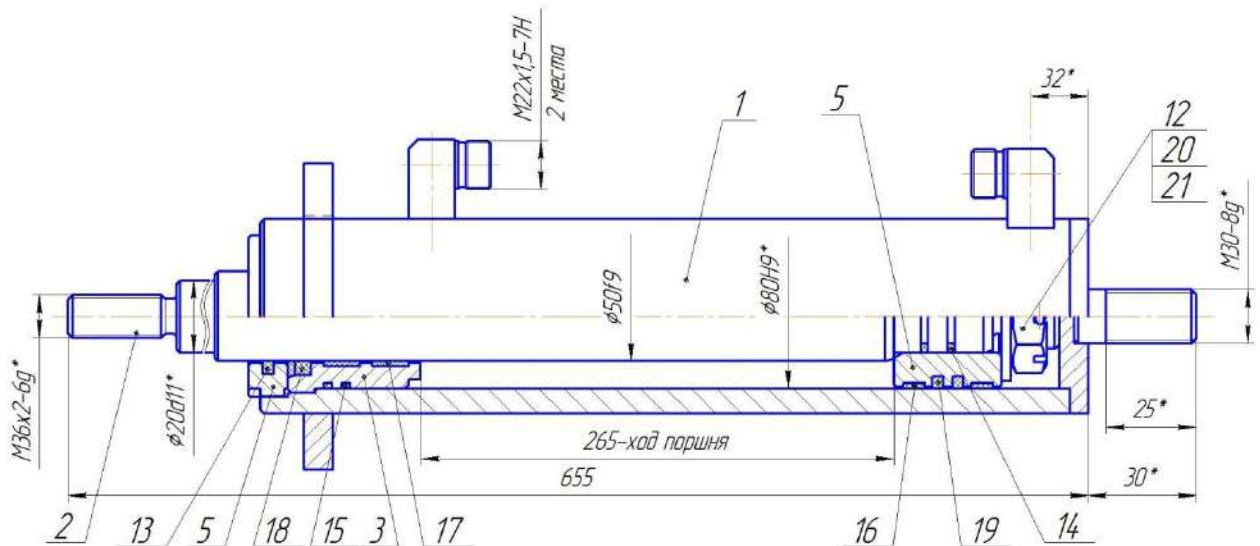


Рисунок 1.2 – Гідроциліндр з фланцем

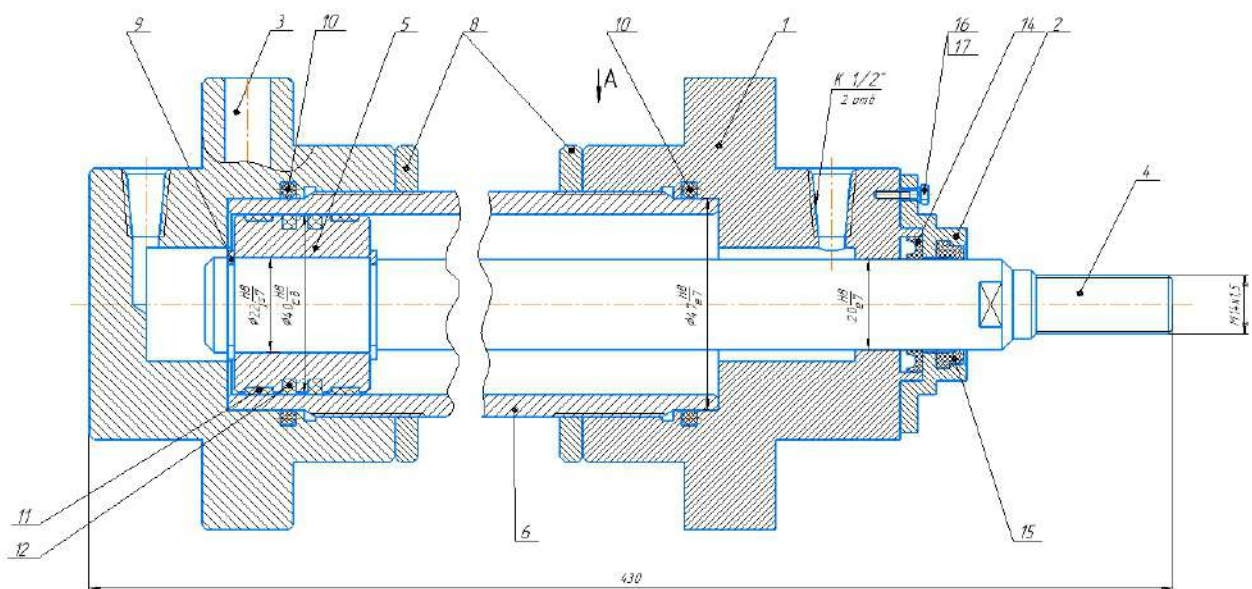


Рисунок 1.3 – Гідроциліндр двосторонньої дії

Для вузла «Гідроциліндр» загальна послідовність збирання та її етапи показані на рисунках 1.4 – 1.9:

1. До деталі «Кришка задня» 4 приварюють деталь «Вуха» 6 та запресовують втулку 7.
2. До деталі «Гільза» приварюють зібрану кришку задню та два штуцери 8.
3. На деталь «Поршень» 5 надівають комплект ущільнювальних манжет 13 та вставляють ущільнювальні кільця.
4. Деталь 3 «Кришка передня» збирають в складальну одиницю з комплектом ущільнювальних кілець 10, 11 і 12.
5. На деталь 2 «Шток» надівають, попередньо зібрану з ущільнювальними кільцями складальну одиницю «Кришка передня в зборі».
6. На шток з передньою кришкою встановлюють зібраний поршень та закріплюють його за допомогою гайки 14 з шайбою.
7. Зібраний шток встановлюють в гільзу гідроциліндра та надівають кришку передню в зборі.
8. Передню кришку гідроциліндра фіксують на місці за допомогою контрувального дроту 9, який вставляється у паз між кришкою та гільзою.

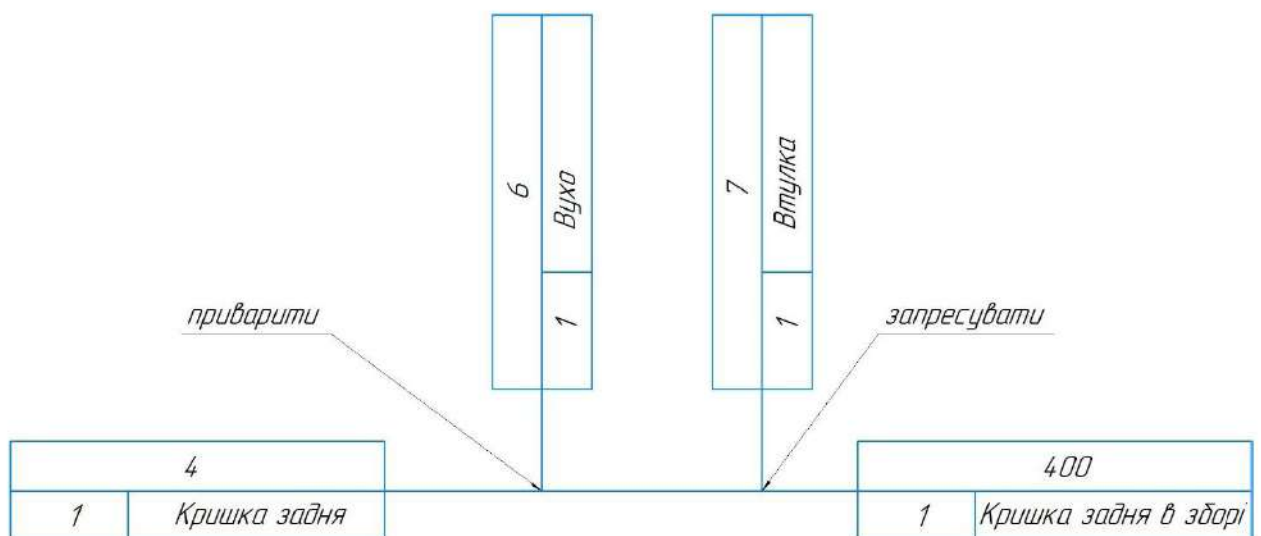


Рисунок 1.4 – Схема складання «Кришка задня в зборі»



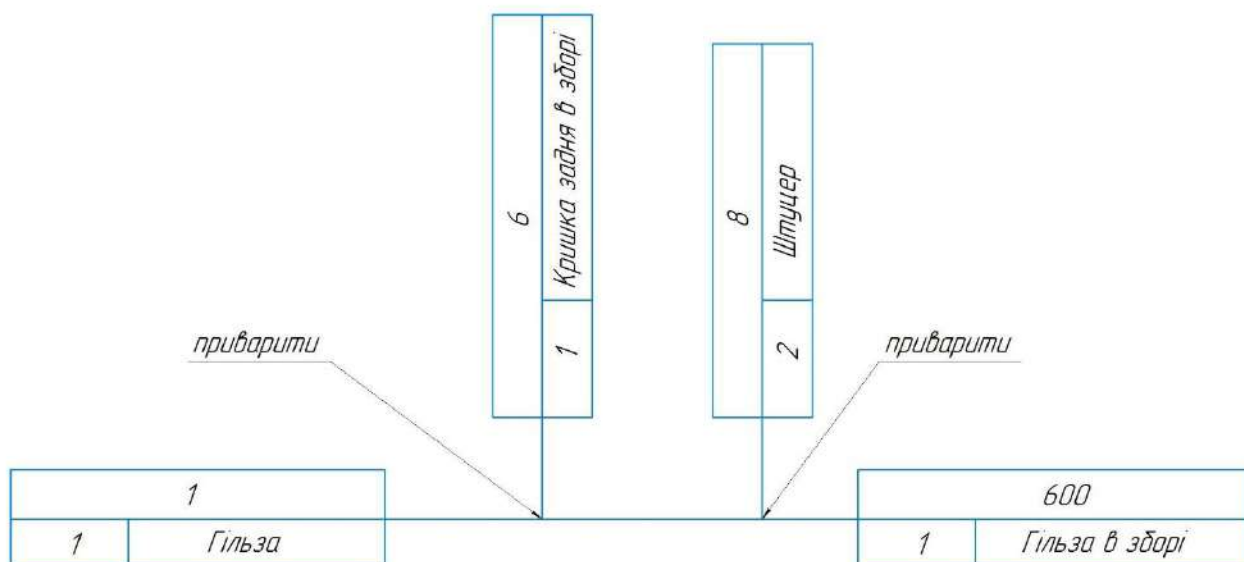


Рисунок 1.5 – Схема складання «Гільза в зборі»

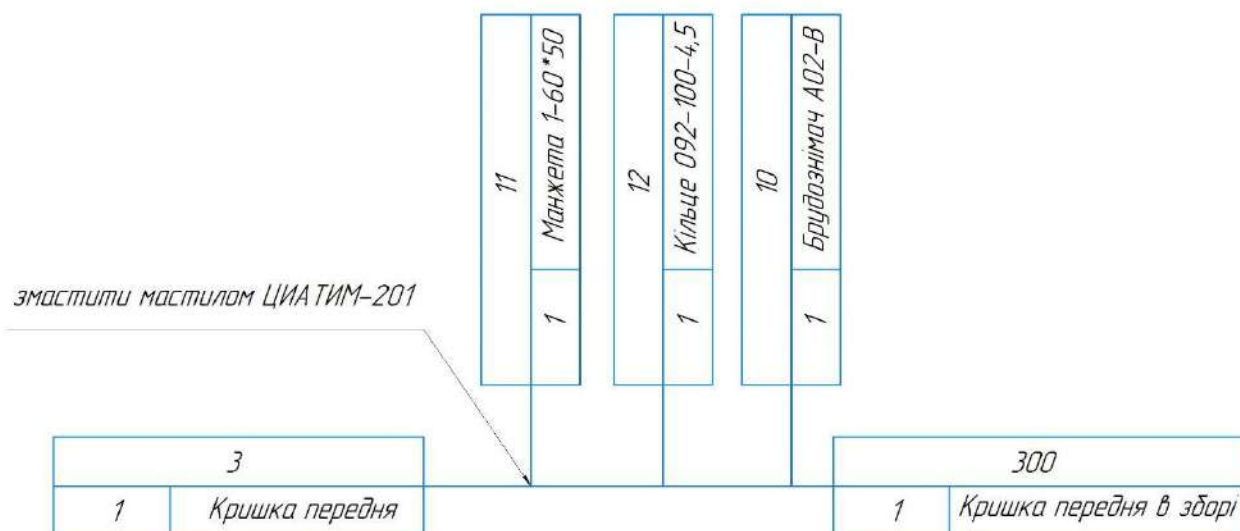


Рисунок 1.6 – Схема складання «Кришка передня в зборі»

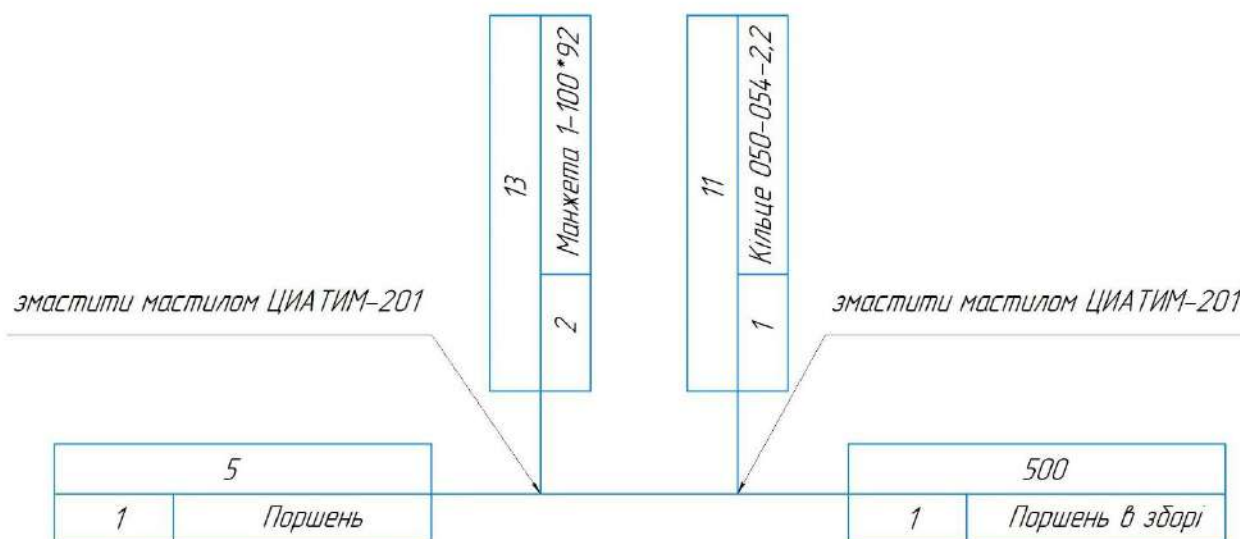


Рисунок 1.7 – Схема складання «Поршень в зборі»

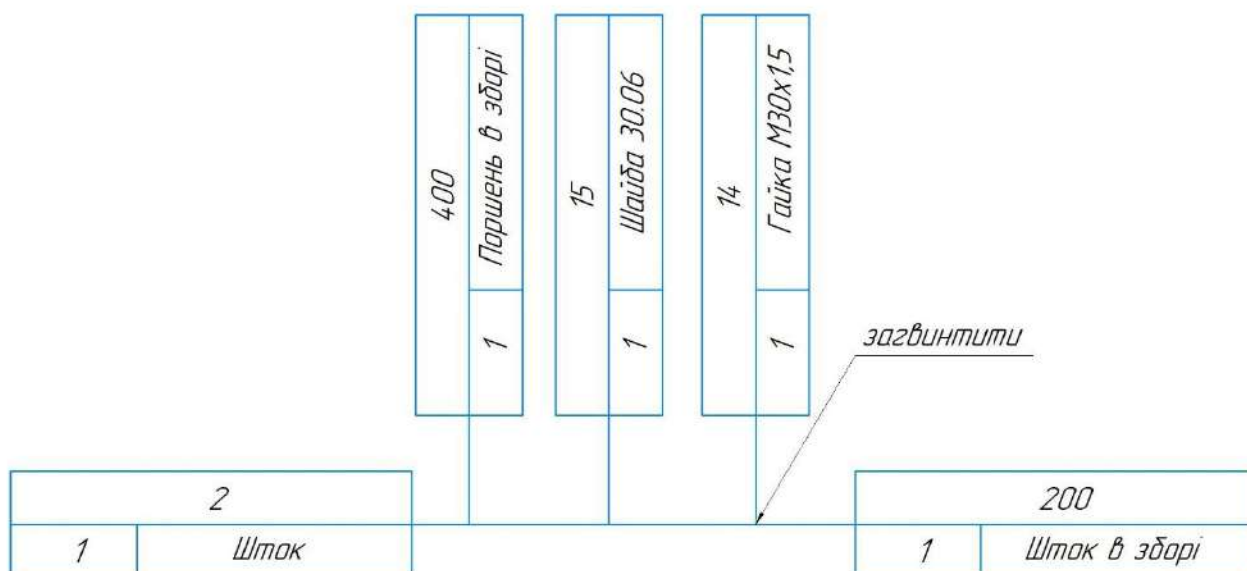


Рисунок 1.8 – Схема складання «Шток в зборі»

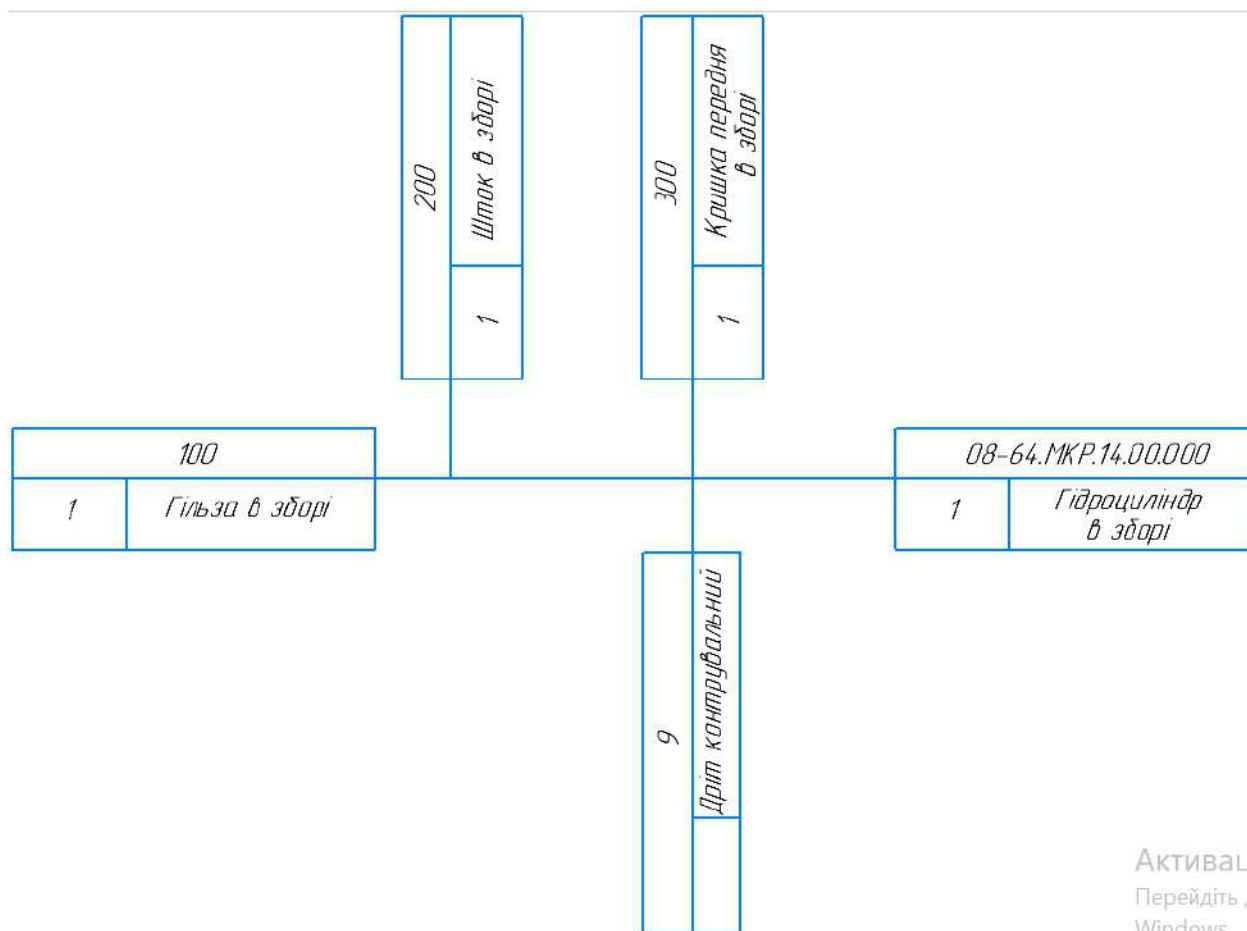


Рисунок 1.9 – Загальна схема складання вузла «Гідроциліндр»

Вузол «Гідроциліндр двусторонньої дії» матиме наступну загальну послідовність складання (рис.1.10 – 1.16):

1. В деталь «Кришка» встановлюють брудознімач та манжету.

2. На деталь «Поршень» встановлюють ущільнювальні кільця.
3. На «Шток» встановлюють розтискне кільце та зібраний «Поршень в зборі», положення якого фіксують ще одним розтискним кільцем.
4. В деталь «Гільза» з закріпленою «Кришкою передньою основною» і «Кришкою» встановлюють зібраний шток з поршнем і ущільненнями.

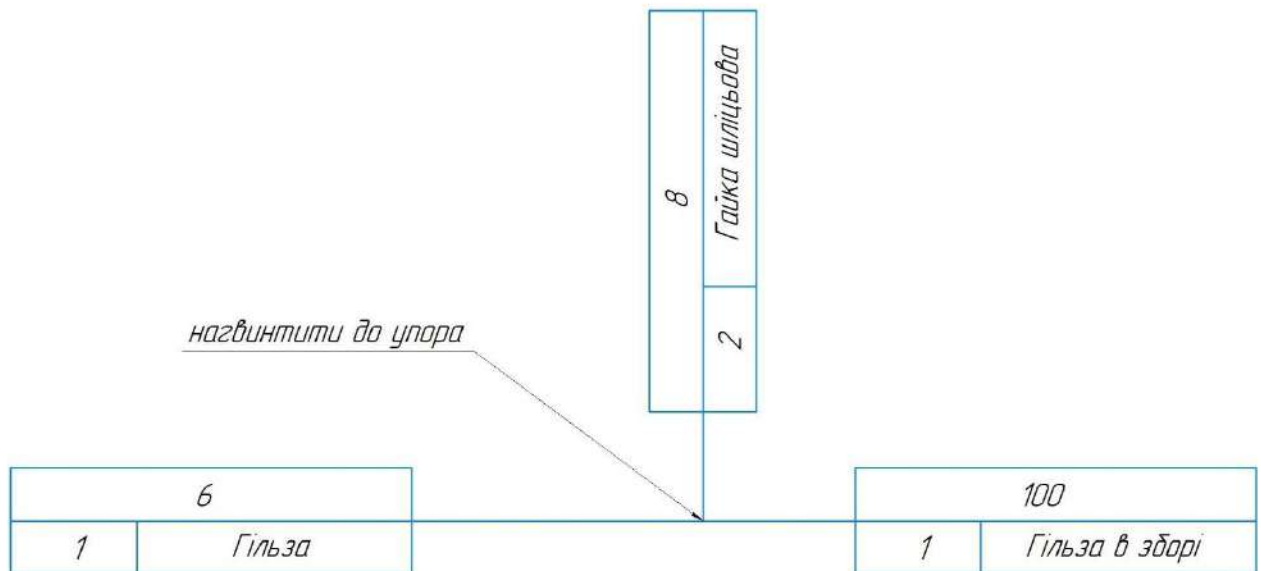


Рисунок 1.10 – Схема складання «Гільза в зборі»

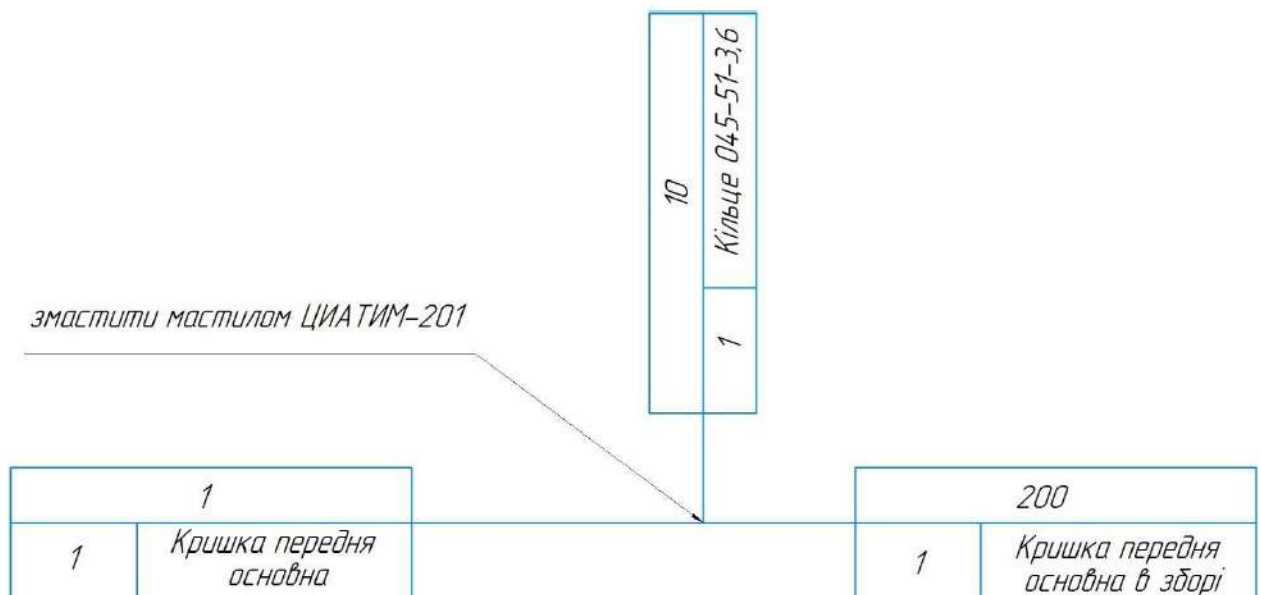


Рисунок 1.11 –Схема складання «Кришка передня основна в зборі»

5. Зібрану деталь «Кришка» за допомогою гвинтів пригвинчують до

збірки.

6. З відкритої сторони зібраного вузла на зібрану групу деталей нагвинчують «Кришку задню» з встановленими ущільненнями. Після чого її фіксують за допомогою контргайки.

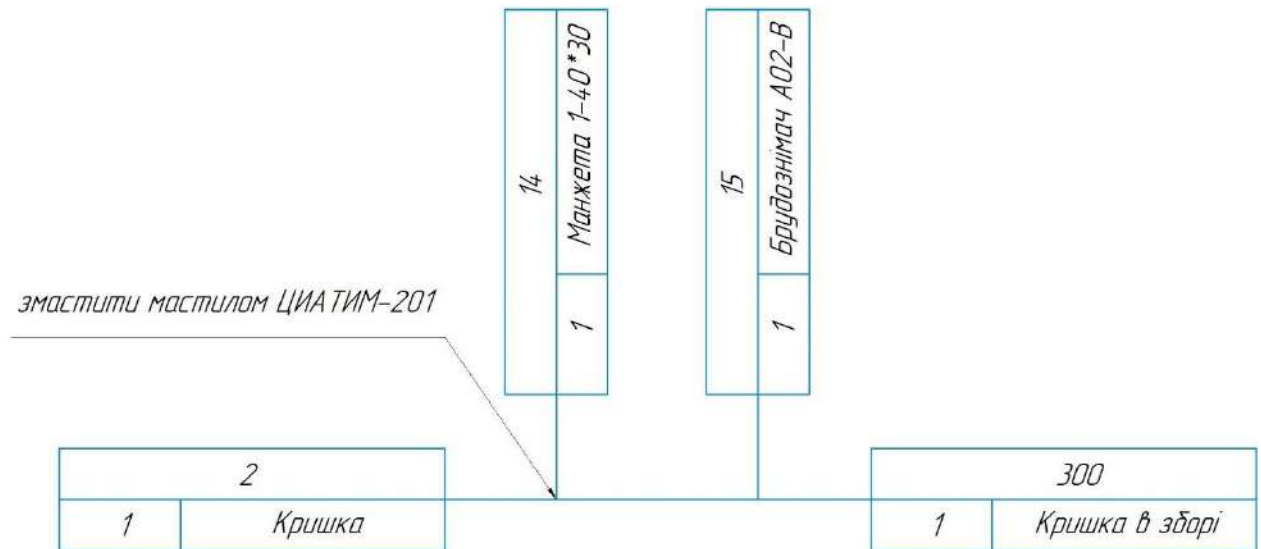


Рисунок 1.12 – Схема складання «Кришка в зборі»

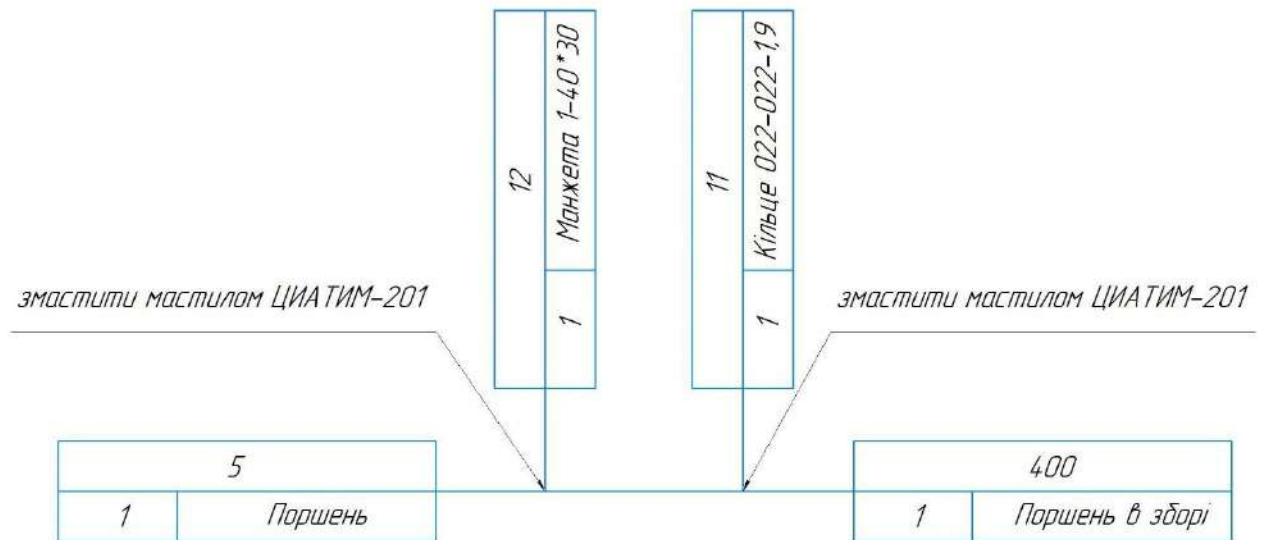


Рисунок 1.13 – Схема складання «Поршень в зборі»

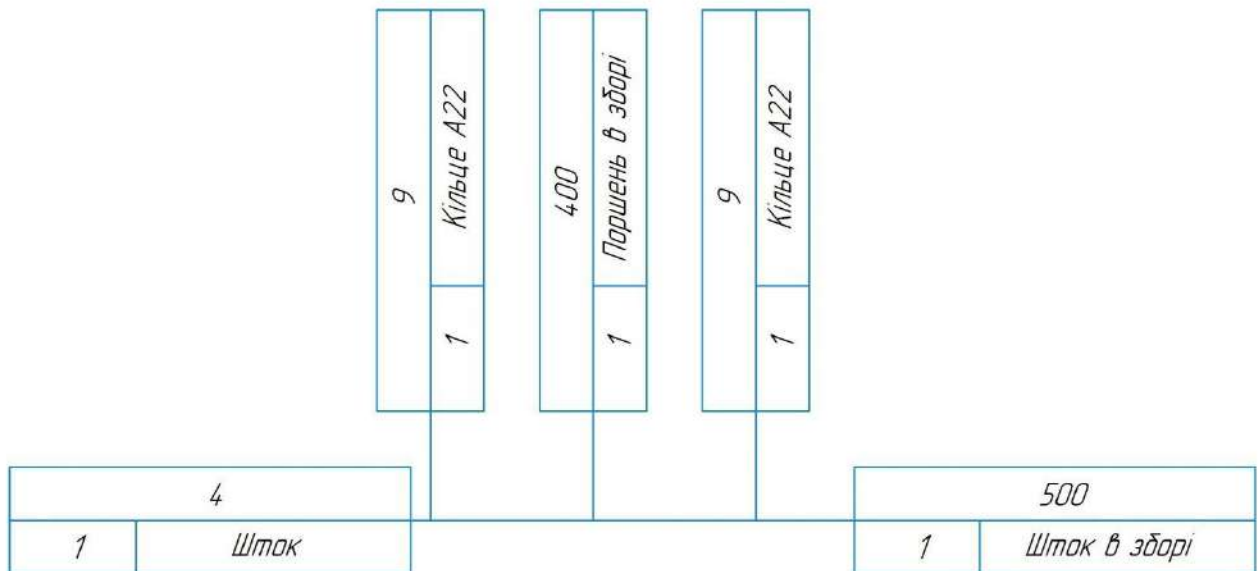


Рисунок 1.14 – Схема складання «Шток в зборі»

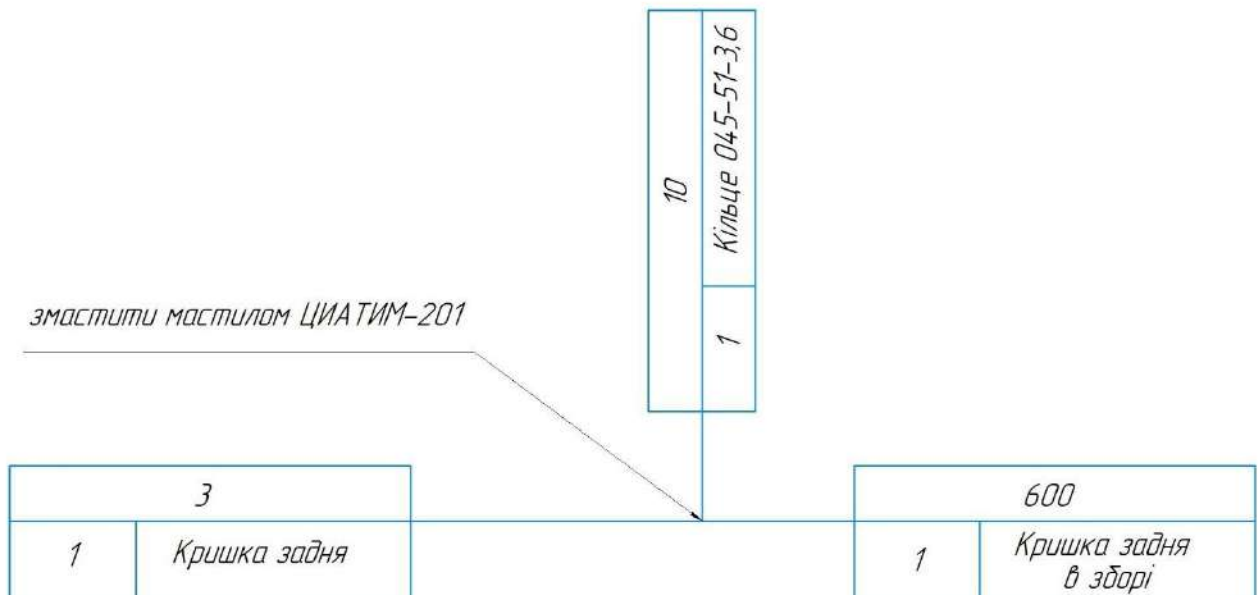


Рисунок 1.15 – Схема складання «Кришка задня в зборі»

### 1.3. Обладнання для складальних операцій

Оскільки передбачається збирання декількох подібних вузлів з невеликою серійністю, то автоматизація складальних операцій недоцільна. Разом з тим, механізація суттєво спростить та прискорить виконання такого виду робіт. Як правило, для малого підприємства характерні просте універсальне обладнання та прийоми виробництва. Розглянемо технології складання представлені на рисунках 1.4–1.16. Спільними операціями, які

повторюються – є зварювальні операції, операції запресування і загвинчування. Відповідно, підприємство необхідно оснастити напівавтома-

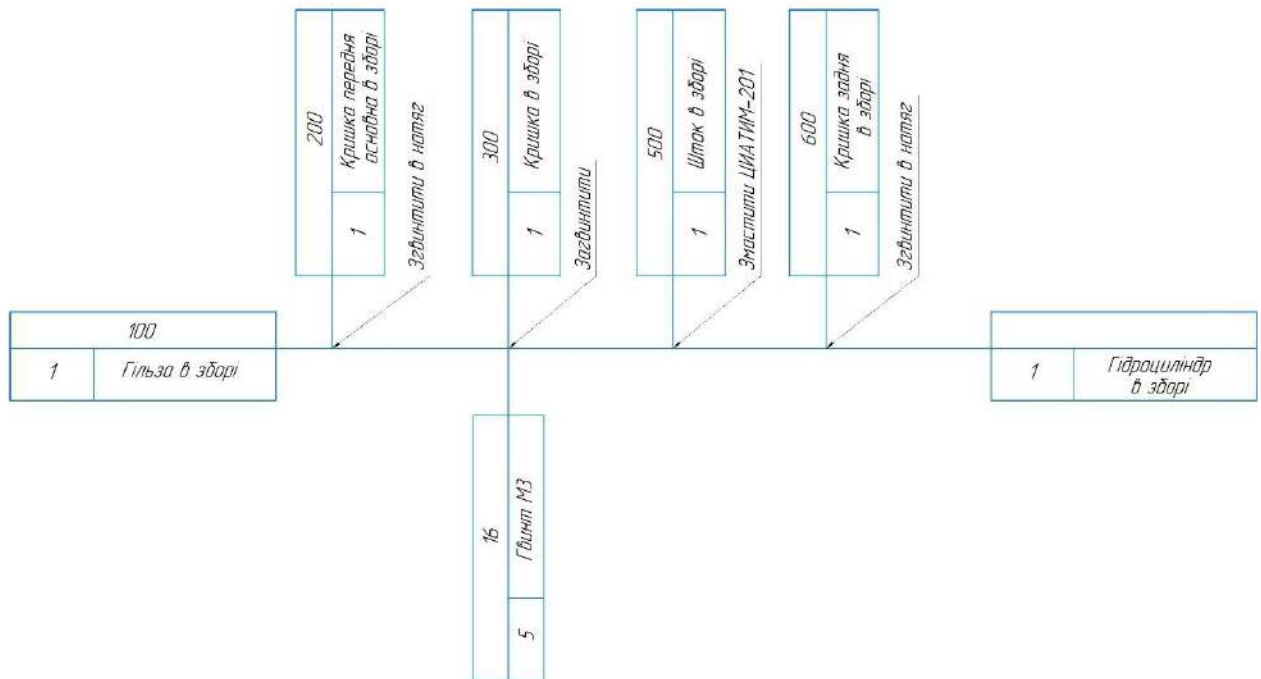


Рисунок 1.16 – Загальна схема складання вузла «Гідроциліндр двосторонньої дії»

тичними зварювальними станціями, пресом з універсальною оснасткою та наборами для загвинчування. Оскільки пригвинчування гвинтів і гайок під час складання відбувається на довжину не більше 50 мм, то, при кроці різі 1,5 мм, це становитиме до 35 обертів, що робить недоцільним використання пневматичних гайкокрутів, але й недоцільним є ручне загвинчування. Альтернативою ручному інструменту є електричні гайкокрути оснащені гнучкими валами для швидшого загвинчування в важкодоступних або незручних місцях.

Підбір пресового обладнання відбувається на основі оцінки зусилля, необхідного для запресування. Прийmemo, що діаметри втулок, кришок та інших елементів, що запресовуватимуться не перевищує 200 мм, а максимальний натяг 0,1 мм. Міцність матеріалу втулки і корпусу, в який запресовується, прийmemo середнім для конструкційних сталей –  $3,8 \times 10^8 \text{ Н/м}^2$ .

Тоді максимальний тиск запресування становитиме

$$P_{\max} = \frac{N_{\max} - \gamma_{\text{ш}}}{d_H \left( \frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)} = \frac{0,1 - 0,03}{200 \left( \frac{1,3}{2 \times 10^{11}} + \frac{0,7}{2 \times 10^{11}} \right)} = 50 \text{ (МПа)}. \quad (1.1)$$

Зусилля при довжині запресування до 100 мм

$$R_n = f_n \cdot P_{\max} \cdot \pi \cdot d_H \cdot l = 0,12 \cdot 50 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot 100 = 376800 \text{ (Н)} \quad (1.2)$$

Прийнявши коефіцієнт запасу зусилля пресу в 1,5, отримаємо, що максимальне його зусилля має становити біля 60 тон, що цілком допустимо по габаритам і вартості для невеликого підприємства.

#### 1.4 Розрахунок норм часу на складальні роботи

Опис всіх складальних операцій та переходів відповідно до розроблених схем складання представлених на рисунках 1.2-1.8 занесено до таблиці 1.3.

Даний вузол містить до 30 деталей, тобто відноситься до 1 групи складності складання [2]. Для цієї групи складності підготовчо-заклучний час становить 1,5% від оперативного часу, а час на обслуговування – 2,5% від оперативного, час на відпочинок – 6% від оперативного часу.

Відповідно до маси вузла та програми випуску виробництво - середньосерійне. Поправочний коефіцієнт для середньосерійного виробництва і кількості деталей у вузлі до 30 штук становить 1,2. Поправочний коефіцієнт, який враховує умови роботи при складанні, у випадку збирання згори, на рівні грудей, дорівнює 1.

Таким чином

$$T_{\text{шт}} = \sum_1^i T_{\text{оп}} \left( 1 + \frac{\alpha + \beta}{100\%} \right) \cdot K_{\text{п}} = 1,302 \cdot T_{\text{оп}} \text{ [хв.]} \quad (1.3)$$

де  $T_{оп}$  – оперативний час переходів окремої операції, хв;  $\alpha$  – відсоток від оперативного часу, який відповідає часу на обслуговування робочогомісця ( $\alpha=2-3\%$ );  $\beta$  – відсоток від оперативного часу, який відповідає часу на відпочинок та особисті потреби виконавця ( $\beta=6\%$ );  $K_{п}$  – поправковий коефіцієнт оперативного часу, який враховує кількість прийомів, виконуваних робітником та умови складання.

Оперативний час

$$T_{оп} = T_o + T_{д}, [\text{хв}] \quad (1.4)$$

де  $T_{oi}$  – основний (технологічний) час переходу, хв;  $T_{ді}$  – допоміжний час переходу, хв.

Оскільки загальне складання відбуватиметься на одному робочому місці, то деталі розташовуватимуться поряд, на відстані до 2 м, а їх загальна вага відповідає вазі виробу, тому допоміжний час на переміщення виробів до місця складання – 0,09 хв.

Норми часу  $T_{oi}$  та  $T_{ді}$  визначаються нормативами часу на слюсарно-складальні роботи. Загальний час на складання всього вузла дорівнює

$$T_{шт}^0 = \sum T_{шт} [\text{хв}]. \quad (1.5)$$

Штучно-калькуляційний час  $T_{шт-к}$  на один виріб при складанні вузла партіями визначається за формулою

$$T_{шт-к} = T_{шт}^0 + \frac{T_{п-з}}{n} [\text{хв}], \quad (1.6)$$

де  $T_{п-з}$  – підготовчо-заклучний час;  $n$  – кількість вузлів у виробі.



Таблиця 1.3 – Нормування складальних операцій

Зміст переходу, операції	Основний час, хв	Операційний, хв	Підготовчо-заклучний, хв.	Штучний час, хв
Шток в зборі				
1. Встановити і закріпити деталь «Шток»	0,28			
2. Запресувати 1 втулку 9	0,08	0,6	0,18	0,78
3. Надіти «Поршень в зборі»	0,05			
4. Загвинтити 1 гайку 11	0,08			
Поршень в зборі				
1. Встановити і закріпити деталь «Поршень»	0,18			
2. Надіти 2 кільця ущільнювальних 12	0,15	0,52	0,16	0,68
3 Надіти 2 манжети 12	0,1			
Кришка задня в зборі				
1. Встановити і закріпити деталь «Кришка»	0,15			
2. Приварити деталь «Вуха» 15	0,06	0,36	0,11	0,47
3. Запресувати втулку 16	0,06			
Кришка передня в зборі				
1. Встановити і закріпити деталь «Кришка передня»	0,2			
2. Надіти 2 кільце 10.	0,08	0,37	0,11	0,48
Гільза в зборі				
1. Встановити і закріпити деталь «Гільза»	0,18			
2. Приварити 2 штуцери 8	0,45	1,93	0,63	2,56
3. Встановити і приварити «Кришка в зборі»	1,21			
Гідроциліндр				
1. Встановити і закріпити «Гільза в зборі»	0,32			
2. Встановити «Шток в зборі» в деталь «Гільза»»	0,19	0,69	0,21	0,9
3. Зафіксувати «Кришка передня в зборі» за допомогою контрувального дроту	0,15			

Таким чином штучно-калькуляційний час на збирання вузла «Гідроциліндр» становитиме:

$$T_{\text{шт-к}} = (0,78 + 0,68 + 0,47 + 0,48 + 2,56 + 0,9) + 1,4/5 = 6,15 \text{ (хв).}$$

Кількість робітників-складальників в цеху може бути підрахована за формулою:

$$P = N \cdot T_{\text{шт-к}} / (\Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}) \quad (1.5)$$

де  $\Phi_{\text{в}}$  – ефективний річний фонд роботи складальника, год (1820 год.).

Тоді, кількість робітників-складальників становитиме:

$$P = N \cdot T_{\text{шт-к}} / (\Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}) = 14000 \cdot 6,15 / (60 \cdot 1820) = 0,79 \text{ (чол.)}$$

Приймемо 1 складальника для забезпечення необхідного випуску продукції з урахуванням можливого випуску інших подібних виробів.

## 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛА «ГІДРОЦИЛІНДР» З УРАХУВАННЯМ УНІФІКАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ

Під час проектування заготівельного виробництва і дільниці механічної обробки необхідно забезпечити уніфікацію видів заготовок, способів їх отримання та механообробного обладнання. Для цього почнемо проектування технології виготовлення з типових за формою і способами обробки деталей – «Шток», «Гільза», «Поршень».

Розглянемо типові технологічні процеси, деталей типу «Вал» (деталь «Шток»), «Стакан» (деталь «Гільза»), «Втулка» (деталі «Поршень» і «Кришка передня»). Деталь «Кришка задня» виготовляється шляхом вирізування з штаби необхідної товщини, аналогічно, як і деталь «Вухо». Ці деталі після зварювання і запресування втулки утворюють складальну одиницю «Кришка передня в зборі», однак вони не вимагають складної механічної обробки – достатньо токарної чорнової обробки.

### 2.1 Типові технології виготовлення основних деталей вузла «Гідроциліндр»

#### 2.1.1 Типовий технологічний процес виготовлення деталі типу «Вал»

В серійному виробництві економічно доцільним може виявитися використання універсальних токарних верстатів з програмним керуванням 16К20Ф3. Такі верстати допускають обробку по автоматичному циклу, що полегшує багатOVERстатне обслуговування, дає можливість проводити швидко і просто переналадку при обробці ступінчастих валів різних розмірів по розробленій завчасно програмі. При обробці довгих валів, з довжиною більшою за десять діаметрів, використовують люнети. Як альтернатива застосовують почергову обробку двох частин валу з затисканням в

трикулачковому патроні і підтисканні заднім центром.

Схема типового технологічного процесу виготовлення деталей типу «Вал» наведена в таблиці 2.1 [3].

Таблиця 2.1 – Технологічна схема виготовлення деталей типу «Вал»

№ опер.	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
1	2	3
005	<u>Фрезерно-центрувальна</u> Фрезерування торців валу і свердління центрових отворів з двох сторін. Технологічна база – зовнішні поверхні двох шийок.	Фрезерно-центрувальний напівавтомат
010	<u>Токарна</u> Точіння поверхонь шийок валу з одної сторони і підрізання торцевих поверхонь ступенів валу. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багатопшпindelний чи багатопшпindelний багатопшпindelний напівавтомат
015	<u>Токарна</u> Точіння поверхонь шийок валу з іншої сторони, а також підрізання оброблюваних шийок валу. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багатопшпindelний чи багатопшпindelний багатопшпindelний напівавтомат
020	<u>Токарна</u> Точіння поверхонь шийок валу під шліфування і кінцева підрізання торців ступенів валу . Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багаторізцевий, гідрокопіювальний багатопшпindelний
025	<u>Токарна</u> Точіння поверхонь шийок валу з припуском під шліфування і кінцева підрізання ступенів валу з іншої сторони. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багаторізцевий, гідрокопіювальний багатопшпindelний
030	Проміжний контроль.	
035	Термічна обробка.	
040	<u>Шліфувальна</u> Попереднє шліфування шийок валу в залежності від вимог креслення по якості поверхонь і точності обробки. Технологічна база – центрові отвори.	Круглошліфувальний напівавтомат

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
045	<u>Шліфувальна</u> Кінцеве шліфування поверхонь шийок валу відповідно до розмірів на робочому кресленні і шорсткостей поверхонь. Технологічна база – центрові отвори.	Круглошліфувальний напівавтомат
050	Кінцевий контроль.	

Таким чином, для деталей типу «Вал» великої довжини застосовують люнети, як підтримуючі елементи, а також різноманітні токарні та шліфувальні верстати.

### 2.1.2 Типовий технологічний процес виготовлення деталі типу «Втулка»

Таблиця 2.3 – Маршрут механічної обробки деталі типу «Втулка» [3]

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання
1	2	3
005	Правити пруток	Прес И5526
010	Відрізати групову заготовку Ø34 в розмір 2000	Абразивно-відрізний 8Б242
015	Торцювати кінці прутка фасками під кутом 20°	Токарний ХС-151
020	Центрувати торець під свердління, свердлити і зенкувати отвір Ø16Н7 до Ø15,79 під розвертання, точити поверхню Ø28e8 до Ø28,4 під шліфування, проточити канавки $b = 3$ і $b = 4,7$ Н12, фаску остаточно. Відрізати деталь в розмір 40,5	Токарний автомат 1Е140
025	Промити деталь	Машина для миття
030	Повісити бірку з номером деталі на тару	
035	Підрізати другий торець до розміру 40, точити і розточити фаски. Розвернути отвір Ø16Н7 остаточно	Токарно-револьверний 1П340ПЦ

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
040	Шліфувати поверхню Ø28e8 з підшліфовкою торця остаточно	Круглошліфувальний 3М153Е
045	Промити деталь	Машина для миття
050	Технічний контроль	Плита за ГОСТ 10905–75
055	Нанесення покриття	

Підсумовуючи таблиці 2.1-2.3, для виготовлення основних деталей вузла «Гідроциліндр» потрібні: токарні та/або токарно-револьверні, вертикально-свердлильні, внутрішньошліфувальні та круглошліфувальні верстати (можна замінити на токарні і токарно-револьверні верстати високої або підвищеної точності) [4]. Оскільки окремі деталі можуть мати значну довжину, то, для обробки внутрішніх і окремих зовнішніх поверхонь, можна розглянути вертикальні свердлильно-фрезерно-розточні верстати.

## 2.2 Виготовлення заготовок для деталей вузла «Гідроциліндр»

### 2.2.1 Вибір заготовки для деталі «Шток» [5]

Відповідно до креслення деталі «Шток» в якості заготовки пропонується Круг В1 56 ДСТУ 4738:2007 зі сталі 45. Довжина заготовки з урахуванням ширини розрізу становить 205 мм. Стандартні довжини кругів є від 2 до 9 м. Серед них потрібно обрати таку довжину, яка дасть мінімальний залишок, а також дозволить його переміщувати без додаткового спеціального обладнання. Вага погонного метра круга діаметром 56 мм становить 19,35 кг. Для комфортної роботи працівника вага круга, яким можна безпечно маніпулювати за допомогою кран-балки становитиме до 200 кг, тобто до 10 метрів довжиною. Визначимо довжину сортаменту, яка даватиме мінімальний залишок. Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок залишку для різних довжин круга

Довжина, м	2	3	4	5	6	7	8	9
Залишок, м	0,155	0,13	0,105	0,08	0,055	0,03	0,005	0,185

Найбільш зручним виявляється круг довжиною 8 м з якого виходить тридцять дев'ять заготовок. Для порізки на штучні заготовки доцільно скористатись відрізним верстатом або газовим різакком.

### 2.2.2 Вибір заготовки для деталі «Гільза»[5]

В кресленні деталі «Гільза» в якості заготовки вказана Труба 100×12 ГОСТ 9567-75 зі сталі В20 ГОСТ 8731-74. Довжина заготовки, з урахуванням відрізання та припусків, становитиме 305 мм. Стандартна довжина труби – 6 м. Водночас можливе виготовлення труб меншої довжини по спецзамовленню, однак, враховуючи відносно невеликі обсяги замовлення, вартість таких труб буде дуже висока, тому орієнтуватимусь на труби стандартної довжини - 6 м. З такої труби можна отримати:

$$6000/305 = 19,7 \text{ (шт.)}$$

Приймемо, що з стандартної труби можна отримати 19 штучних заготовок.

Для порізки на штучні заготовки скористаємось відрізним верстатом.

### 2.2.3 Вибір заготовки для деталі «Поршень»[5]

Відповідно до креслення деталі «Поршень» в якості заготовки пропонується Круг В85 ГОСТ 2590-88 зі сталі 45. Довжина заготовки з урахуванням ширини розрізу та припусків становить 35 мм. Стандартні довжини кругів є від 2 до 9 м. Серед них потрібно обрати таку довжину, яка дасть мінімальний залишок, а також дозволить його переміщувати без додаткового спеціального обладнання. Вага погонного метра круга діаметром 85 мм становить 44,54 кг. Для комфортної роботи працівника вага круга, яким можна безпечно маніпулювати за допомогою кран-балки становитиме до 200

кг, тобто до 4 метрів довжиною. Визначимо довжину сортаменту, яка даватиме мінімальний залишок. Для круга довжиною: 2 м – кількість заготовок 57 штук, залишок 5 мм; 3 м – кількість 85 штук, залишок 25 мм; 4 м – кількість 114 штук, залишок 10 мм. Прийmemo в якості заготовки круг довжиною 2м, оскільки він відносно легкий і його легко переміщувати, та залишок мінімальний.

Для порізки на штучні заготовки доцільно скористатись відрізним верстатом.

Потреба в матеріалах різного сортаменту для орієнтовної програми випуску приведених виробів в 14000 визначимо потребу в матеріалах різного сортаменту:

- круг В1 56 довжиною 8 м – 359 шт. (19,35 кг/м);
- труба 100×12 довжиною 6м – 737 шт. (26,043 кг/м);
- круг В85 довжиною 2 м – 246 шт.(44,54 кг/м);

Загальна маса матеріалу заготовок становитиме :

$$M_{\text{заг.}} = 359 \cdot 8 \cdot 19,35 + 737 \cdot 6 \cdot 26,043 + 246 \cdot 2 \cdot 44,54 = 192649 \text{ (кг)}.$$

Площа складу заготовок [4]

$$S_{\text{скл.з}} = \frac{M_{\text{заг.}} \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B} \quad (2.1)$$

де  $M_{\text{заг.}}$  – маса матеріалу заготовок річного об'єму випуску (т);  $t$  – середня кількість робочих днів, протягом яких матеріал і заготовки зберігаються на складі до попадання їх на обробку;  $p$  – кількість робочих днів в році;  $q$  – середнє допустиме навантаження на 1 м<sup>2</sup> корисної площі підлоги (2,5 - 3 т/м<sup>2</sup>);  $K_B$  – коефіцієнт використання площ складування (0,4-0,5). З виразу (2.1) слідує, що площа складу матеріалів становить 10,5 м<sup>2</sup>, але з урахуванням габаритів заготовок приймаємо склад розмірами 2(м) x 9(м), тобто площею 18 м<sup>2</sup>. На ньому зберігатимуть також покупні деталі.



Необхідну площу для складу готових виробів розраховують за формулою [4]:

$$S_{дет} = \frac{Q \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B} \quad (2.2)$$

де  $t$  – кількість днів запасу готових деталей, виробів;  $q$  – норми вантажонапруженості;  $K_B$  – коефіцієнт використання площі складування (при обслуговуванні його транспортом, що рухається по підлозі складає 0,25-0,3). Відповідно до виразу (2.2) площа складу готових виробів, за умови семиденного запасу готових виробів, становить 14 м<sup>2</sup>. Прийнемо площу складу готових виробів – 15 м<sup>2</sup> з розмірами 3(м) × 5(м).

### 2.3 Розробка маршрутів механічної обробки для деталей вузлів типу «Гідроциліндр»

Як видно з складальних креслень вузлів, наведених на рисунках 1.1 – 1.3, вони містять ряд подібних за формою та характеристиками деталей. Основними з цих деталей є «Шток», «Гільза» та «Поршень». Вони є ключовими, які визначають роботоздатність вузла в цілому та містять найвищі вимоги по точності. Відповідно, ці деталі повинні виготовлятися на підприємстві з мінімальною кількістю обладнання. Для цього врахуємо рекомендації наведені у пункті 2.1 даного розділу. Крім того, з метою зменшення номенклатури необхідного обладнання всі внутрішньо- та круглошліфувальні операції замінимо на токарну обробку на верстатах підвищеної точності. Для обробки плоских поверхонь та отворів передбачимо наявність свердлильно-фрезерно-розточного верстата.

#### 2.3.1 Розробка маршрутної технології виготовлення деталі «Шток»

Уточнимо кількість переходів для кожної з поверхонь підвищеної

точності та зведемо результати розрахунку кількості переходів і способів обробки поверхонь в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Зміст та кількість переходів для обробки поверхонь

Поверхня	Кількість переходів	Зміст переходів
Ø50g7	4	1)точіння чорнове 2)точіння напівчистове 3)точіння чистове 4)точіння тонке
Ø40js7	4	1)точіння чорнове 2)точіння напівчистове 3)точіння чистове 4)точіння тонке

Решта поверхонь обробляється по 14 квалітету і може бути отримано за 1 перехід.

Для решти деталей і поверхонь подібної точності застосовуємо такі самі способи обробки.

Вибір чистових і чорнових баз здійснюємо на основі типового маршруту механічної обробки: чистові бази – торець та оброблені циліндричні поверхні; чорнові бази – зовнішня циліндрична поверхня та один з торців. На основі прийнятих рішень розробимо маршрут механічної обробки (таблиця 2.6).

### 2.3.2 Розробка маршрутної технології виготовлення деталі «Гільза»

Виготовлення деталі «Гільза», завдяки габаритним розмірам (довжина 300 мм), передбачає використання операції розточування, що вимагає застосування вартісного обладнання. Для уникнення цього, в умовах малого підприємства можна змінити тип заготівельного матеріалу з труби звичайної точності на холоднодеформовану прецизійну трубу такого ж типорозміру і

довжини. Це дозволить уникнути операції розточування на велику глибину і застосувати звичайний токарно-револьверний верстат. Оскільки, прийнято рішення про заміну заготовки на прецизійну, то з урахуванням цього розробимо маршрут механічної обробки деталі «Гільза» (таблиця 2.7).

### 2.3.3 Розробка маршрутної технології виготовлення деталі «Поршень»

Деталь «Поршень» виготовляється з круга діаметром 100 мм та містить центральний отвір. Загальна довжина деталі незначна, через що використання торцевих і циліндричних поверхонь в якості баз недоцільно. Скористаємось штучними базами – циліндричною поверхнею групової заготовки, яку висуватимемо до упора. Маршрут механічної обробки деталі «Поршень» представлений в таблиці 2.8.

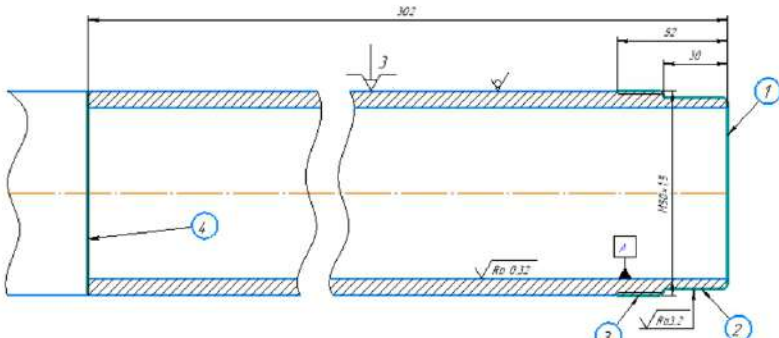
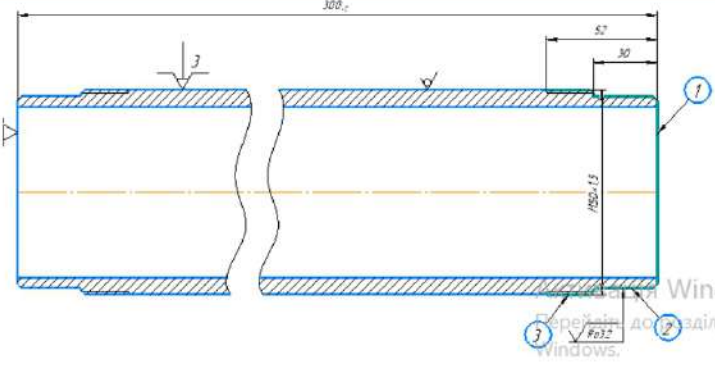
## 2.4 Визначення норм часу на обробку деталей вузла «Гідроциліндр»

Визначення штучно-калькуляційного часу, як основи для розрахунку кількості обладнання, працівників і робочих місць, може відбуватись спрощеним, детальним та довідниковим методом. При проектуванні діляниць, цехів та підприємств розрахунок норм часу можна проводити спрощеним методом. Суть методу зводиться до визначення норм часу на основі емпіричних залежностей. Зведемо результати розрахунків по кожній з деталей в таблицю 2.9 [6].

Таблиця 2.6 – Маршрут механічної обробки деталі «Шток»

№ опер	Найменування операції та зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торець 1 згідно ескізу.</li> <li>3. Свердлити центральний отвір в поверхні 1.</li> <li>4. Розвернути заготовку на 180°.</li> <li>5. Підрізати торець 2 згідно ескізу.</li> <li>6. Свердлити центральний отвір в поверхні 2.</li> <li>7. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1B31.0A-30
010	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Точити по контуру поверхні 3, 9 і 10 однократно, поверхні 5 і 7 попередньо.</li> <li>3. Точити поверхні 4, 6 і 8 однократно.</li> <li>4. Точити поверхні 5 і 7 попередньо.</li> <li>5. Точити поверхні 5 і 7 остаточно згідно ескізу.</li> <li>6. Точити поверхні 5 і 7 остаточно згідно ескізу.</li> <li>7. Нарізати різь на поверхні 10 однократно.</li> <li>8. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1B31.0A-30

Таблиця 2.7 – Маршрут механічної обробки деталі «Гільза»

№ опер	Найменування операції та зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торець 1 згідно ескізу.</li> <li>3. Точити поверхню 2 і 3 однократно.</li> <li>4. Нарізати різь 3 згідно ескізу.</li> <li>5. Відрізати заготовку в розмір згідно ескізу.</li> </ol>		<p>Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі ТВ-40Ф310</p>
010	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торець 1 згідно ескізу.</li> <li>3. Точити поверхню 2 і 3 однократно.</li> <li>4. Нарізати різь 3 згідно ескізу.</li> <li>5. Зняти деталь.</li> </ol>		

Таблиця 2.8 – Маршрут механічної обробки деталі "Поршень"

№ опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
005	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Точити торець 1 і поверхню 2 згідно ескізу.</li> <li>3. Точити 2 канавки 3 і 2 канавки 4 згідно ескізу.</li> <li>4. Центрувати отвір 5.</li> <li>5. Свердлими отвір 5 однократно в розмір <math>\phi 20</math> мм на глибину 60 мм.</li> <li>6. Розточити отвір 5 в розмір <math>\phi 38,6^{+0,02}</math> та фаску 6 згідно ескізу.</li> <li>7. Відрізати деталь в розмір 74</li> <li>8. Зняти деталь.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34.0Ф.30

Таблиця 2.9 – Розрахунок норм часу для деталей вузла «Гідроциліндр»

№ опер.	Зміст переходу, операції	Основний час, хв	Коефіцієнт	Штучно-калькуляційний час, хв
1	2	3	4	5
<b>Деталь «Поршень»</b>				
005	<p>Токарно-револьверна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Точити торець 1 і поверхню 2 згідно ескізу.</li> <li>3. Точити 2 канавки 3 і 2 канавки 4 згідно ескізу.</li> </ol> <p>Центрувати отвір 5.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Свердлими отвір 5 однократно в розмір 18 мм на глибину 30 мм.</li> <li>6. Розточити отвір 5 в розмір 20H7 та фаску 6 згідно ескізу.</li> </ol> <p>Відрізати деталь в розмір 30</p> <p>Зняти деталь.</p>	1,31	1,35	1,77

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5
Деталь «Гільза»				
005	Токарна з ЧПК 1. Підрізати торець 1 згідно ескізу. 2. Точити поверхню 2 і фаску 3 згідно ескізу. 3. Нарізати різь на поверхні 2. 4. Відрізати заготовку	0,22	1,35	0,29
010	Токарна з ЧПК Точити торець 4 згідно ескізу. 3. Розточити поверхню 5 в розмір 82,8, підрізати торець 6 і точити поверхню 7 згідно ескізу. Розточити поверхню 5 згідно ескізу. Точити різь 8 згідно ескізу.	1,05	1,35	1,42
Деталь «Шток»				
005	Токарна з ЧПК Підрізати торець 1 згідно ескізу. Центрувати отвір 8 однократно. 4. Точити поверхню 2 і торці 3 і 6 згідно ескізу, поверхню 4 в розмір 41,2. Точити 2 канавки 5 згідно ескізу. 6. Точити поверхню 7 поверхню однократно.	1,98	1,35	2,67
010	Токарна з ЧПК 2. Точити по контуру поверхні 8, 9 і 11 згідно ескізу. 3. Точити поверхню 12 в розмір 41,2 і поверхню 14 в розмір 53,6 з підрізанням торцю 13 згідно ескізу. 5 Нарізати різь на поверхні 9 згідно ескізу. 6. Точити поверхню 12 згідно ескізу, поверхню 14 в розмір 51,4. Точити поверхню 14 згідно ескізу.	2,3	1,35	3,1

На основі таблиці 2.9 сумарний штучно-калькуляційний час завантаження верстату 1В340Ф3 становить – 9,25 хв.

## 2.5 Визначення приведеної програми та показників підприємства

### 2.5.1 Визначення приведеної програми [7]

Відмінності по масі, серійності і складності конструкції деталі враховуються загальним коефіцієнтом приведення, що визначається за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (2.1)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт приведення по масі;  $K_2$  – коефіцієнт приведення по серійності;  $K_3$  – коефіцієнт приведення по складності.

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{\text{пр}}}\right)^2} \quad (2.2)$$

де  $m_i$  – маса  $i$ -ї деталі;  $m_{\text{пр}}$  – маса представника.

$$K_2 = \left(\frac{N_{\text{пр}}}{N_i}\right)^\alpha \quad (2.3)$$

де  $N_{\text{пр}}$  – програма випуску представника, програма випуску  $i$ -ї деталі;  $N_i$  – показник степені, що складає для середнього машинобудування 0,15, а для важкого машинобудування 0,2.

$$K_3 = \left(\frac{\bar{K}_{Ti}}{\bar{K}_{\text{т.пр.}}}\right)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\bar{R}_{ai}}{\bar{R}_{\text{а.пр.}}}\right)^{\alpha_2} \quad (2.4)$$



де  $K_{Ti}$ ,  $K_{Tпр}$  – середнє значення точності деталі і представника;  $Ra_i$ ,  $Ra_{пр}$  – середнє значення шорсткості деталі і представника.

Отримані результати занесено до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	K·N
			масі	точності	серійності		
Гідроциліндр	7	14000	1	1	1	1	14000
Гідроциліндр 1	10	1600	1,59	0,9	1,09	1,56	2495
Гідроциліндр 2	5	1400	0,8	1,05	1,41	1,56	2184
Гідроциліндр 3	7	2000	1	0,95	1,11	1,05	2109
Всього							20788

### 2.5.2 Визначення кількості обладнання

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{пр} / (\Phi_d \cdot m \cdot \eta) \quad (2.5)$$

де  $T_{пр}$  – сумарна трудомісткість деталей, год;

$$T_{пр} = \sum T_{шт-кі} \cdot N_i \quad (2.6)$$

$\Phi_d$  – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год. (для верстатів з ЧПК масою до 10 т. дійсний річний фонд часу при двозмінній роботі обладнання складає 3890 год.);  $\eta$  – коефіцієнт завантаження обладнання, 0,75-0,85;  $m$  – кількість робочих змін.

Оскільки обробка всіх деталей здійснюється на одному верстаті, то визначимо сумарний штучно-калькуляційний час та необхідну кількість верстатів. Сумарний штучно-калькуляційний час становить 9,25 хв. Тоді,

необхідна кількість верстатів 1В340Ф3:

$$C = \frac{9,25 \cdot 20788}{1860 \cdot 60 \cdot 0,75} = 2,3, \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо 3 верстати для одночасної роботи, що значно спрощує організацію виробництва. Оскільки оброблятимуться 3 різні деталі переналагодження верстатів можна виконувати значно рідше.

### 2.5.3. Розрахунок кількості робітників на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від трудомісткості за формулою:

$$P = N_{\text{пр}} \cdot T_{\text{шт-к}} / (\Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}) \quad (2.8)$$

де  $\Phi_{\text{в}}$  – ефективний річний фонд роботи верстатника, год;  $K_{\text{м}}$  – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

Для роботи на токарно-револьверному з ЧПК необхідно:

$$P = 9,25 \cdot 20788 / (60 \cdot 1840 \cdot 1) = 1,74$$

При розрахункові ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже, для виконання заданого обсягу роботи необхідно 2 робітники.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{\text{др}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 2 = 0,4 \dots 0,5$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

При середньосерійному виробництві кількість ІТР складає 24-18% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,18 \dots 0,24) \cdot 3 = 0,54 \dots 0,72$$

Приймаємо 1 ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{\text{СКП}} = 0,022 \cdot 2 = 0,044$$

Приймаємо 1 чол.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot (2+1+1+1) = 0,1$$

Приймаємо 1 чол. молодшого обслуговуючого персоналу. Отримані дані занесемо до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Відомість складу працюючих на підприємстві

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники			2
Допоміжні робітники	20...25%	0,4...0,5	1
ІТР	15...21%	0,54...0,72	1
СКП	2,2%	0,044	1
МОП	2%	0,1	1

Отже на ділянці механічної обробки для виготовлення вузла «Гідроциліндр», має бути розміщено 3 верстати, які обслуговуються 2 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи

дільниці необхідно ще 4 робітники.

#### 2.5.4 Визначення необхідних площ для виробництва вузла «Гідроциліндр»

Спочатку визначимо основну виробничу площу, яка припадає на верстати. Для цього приймемо, що на кожен з верстатів з урахуванням проходів і проїздів потрібно  $25 \text{ м}^2$  виробничої площі. Оскільки кількість основних верстатів – 3, то площа, яку вони займуть –  $75 \text{ м}^2$ . Крім того, на виробництві потрібно передбачити місце для відрізного верстату площею  $15 \text{ м}^2$ . Таким чином виробнича площа складає  $90 \text{ м}^2$ .

Площа складів визначається по масі виробів, що зберігатимуться.

Сумарна вага виробів:

$$M = 7 \times 14000 + 10 \times 1600 + 5 \times 1400 + 7 \times 2000 = 135000 \text{ (кг)}.$$

Тоді площа складу готової продукції обраховуватиметься

$$S_{dem} = \frac{Q \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B}$$

З цього виразу слідує, що площа складу готової продукції становитиме  $5 \text{ м}^2$ .

Враховуючи раніше проведені розрахунки площа складу заготовок буде  $8 \text{ м}^2$ . Оскільки виробництво невелике, то проміжні склади робити недоцільно.

Для всіх інших видів складів приймемо площу  $10 \text{ м}^2$ .

Для роботи адміністративно-управлінського персоналу необхідно передбачити приміщення з площею  $6 \text{ м}^2$  на одну людину. В адміністративно-управлінський персонал відноситься директор, інженер, бухгалтер, майстер. Фактично, приміщення для розміщення такого персоналу повинно мати площу  $4 \times 6 = 24 \text{ м}^2$ .

Ширина проїзду розраховується

$$A = B + 500, [\text{мм}] \quad (2.11)$$

де  $B$  - ширина вантажу,  $B = 2000$  мм (габаритний розмір заготовки). Тоді:

$$A = 2000 + 500 = 2500 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо  $A_{\text{пр.}} = 2500$  мм.

Для економії місця розташуємо обладнання в лінію фронтом до проїзду, а склади та адміністративне приміщення з іншого боку. Оскільки, середня ширина верстату 4 м, то довжина ділянки становитиме  $90/4 = 24$  м. Тоді, площа зайнята під проїзд буде  $24 * 2,5 = 60 \text{ м}^2$ .

Враховуючи, наведені вище розрахунки, загальна площа підприємства складе

$$S = 90 + 5 + 8 + 10 + 24 + 60 = 197 \text{ (м}^2\text{)}.$$

## 3 МІНІМІЗАЦІЯ МАТЕРІАЛОЄМКІСТІ ДЕТАЛІ ГІЛЬЗА ГІДРОЦИЛІНДРА ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДОПУСТИМОЇ ДЕФОРМАЦІЇ

Конструювання гідроциліндрів передбачає, в першу чергу, розрахунок елементів на міцність та жорсткість. Як правило, такий розрахунок проводиться для штока – з метою визначити його розміри, що гарантуватимуть осьову стійкість до навантаження та поршня – для визначення діаметра, що забезпечить необхідні зусилля при робочих режимах вузла. Товщина стінки гільзи, зазвичай, не прораховується, а обирається з рекомендацій зі значним запасом міцності. З одного боку це спрощує розрахунок, а з іншого – здорожчує виріб, через надлишкову матеріалоемкість виробу. Розглянемо основні фактори, що впливають на роботу вузла «Гідроциліндр», його ефективність та точність. Принцип роботи цього вузла полягає в перетворенні енергії стисненої рідини на енергію зворотньо-поступального руху. При цьому, через зазори частина рідини буде просочуватись з робочої порожнини в холосту, що спричиняє додаткові втрати енергії. З метою мінімізації таких втрат конструктори встановлюють манжети, кільця та інші ущільнення, що мають запобігати втратам робочої рідини. Основним матеріалом таких ущільнень є різні види гуми, яка за рахунок своїх пружних властивостей створює замок між поршнем та гільзою. Цей замок створюється через різницю розмірів гільзи та зовнішнього діаметра ущільнення і його ефективність значною мірою цією різницею і визначається. Тобто, якщо ущільнення матиме суттєво більші зовнішні розміри, ніж отвір гільзи – це призведе до зростання контактного тиску та підвищеного зносу ущільнення, у випадку незначної різниці – контактний тиск буде малим і ущільнення не зможе ефективно протидіяти тиску робочої рідини.

### 3.1. Вибір і обґрунтування параметрів моделі

Вище було зазначено, що надійність роботи ущільнень залежить від

різниці зовнішнього розміру ущільнення та внутрішнього розміру гільзи циліндра. В свою чергу, на цю різницю, в процесі роботи впливає деформація стінки гільзи під дією внутрішнього тиску. Під час підбору ущільнень різниця розмірів становить близько 0,05-0,15 мм в залежності від розмірів гільзи та робочого тиску циліндра. Таке обмеження обумовлено можливостями складальних процесів –при більшій різниці складно встановити поршень в порожнину гідроциліндра і при цьому не пошкодити ущільнення. Для наближених розрахунків прийmemo, що деформація, яка не перевищує 10% від різниці розмірів не буде впливати на втрати робочої рідини.

Аналізуючи конструкцію вузла «Гідроциліндр», показану на рисунку 1.1 видно, що деформація (переміщення) стінки буде залежати від положення поршня в поточний момент часу, товщини стінки та способу приєднання гільзи гідроциліндра до кришки – зварюванням, вгвинчуванням, контруванням, і т.д. Також, важливим елементом буде наявність додаткових елементів, що підвищують жорсткість гільзи.

Враховуючи вище наведене, конструкційні розміри вузла гідроциліндрі деталей гільза, шток та поршень встановимо наступні діпазони зміни параметрів майбутньої моделі:

- 1) товщина стінки гідроциліндра від 2 до 10 мм;
- 2) робочий тиск гідроциліндра – 4 МПа;
- 3) положення поршня від кришки задньої від 20 до 250 мм;
- 4) один кінець гільзи жорстко закріплений (задня кришка приварена), інший – вільний.

### 3.2. Створення імітаційної моделі за допомогою програми Ansys

Схематичне зображення геометричної моделі з параметрами, які варіюються показано на рисунку 3.1. На цій схемі і в імітаційних розрахунках прийнято:  $D$  – внутрішній радіус гільзи (змінний параметр);  $s$  – товщина стінки гільзи (змінний параметр);  $l$  – положення поршня від кришки задньої

(змінний параметр);  $L$  – довжина робочої частини гільзи (змінний параметр).

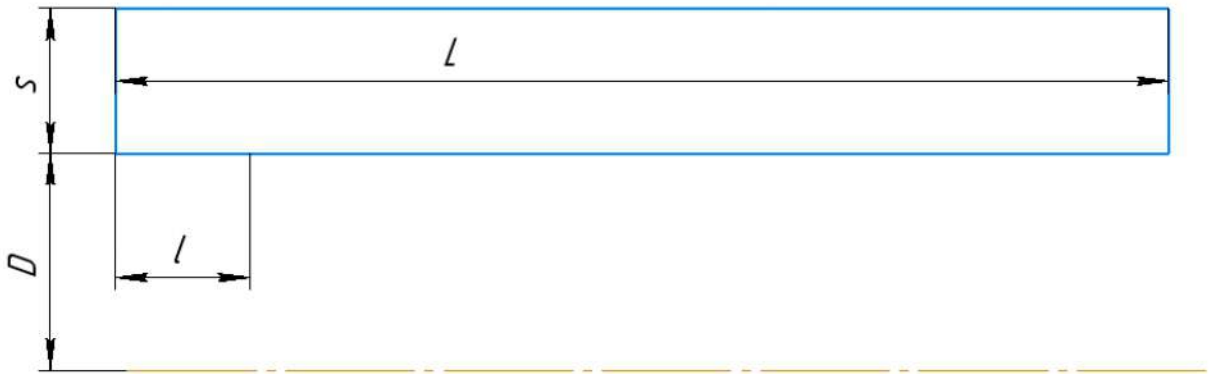


Рисунок 3.1 – Схематичне зображення геометричних параметрів моделі

Для створення моделі використаємо модуль Static Structural, який призначений для статичного аналізу напружено-деформованого стану твердих тіл. В якості матеріалу тіла, що моделюється, було обрано рекомендований для статичних розрахунків матеріал Structural Steel, який відповідає конструкційній сталі звичайної якості і обирається в блоці Engineering Data.

Загальна схема побудованої моделі з переліком її основних елементів наведена на рисунку 3.2. Блок Geometry відповідає за побудову геометричної моделі об'єкта, який в цілому відповідає рисунку 3.1.

Блок Model задає параметри моделі, а саму тривалість процесу, розміри кінцево-елементної сітки та форма її елементів, взаємодія між тілами, їх поведінку (наприклад деформоване тіло або абсолютно жорстке) тощо.

Блок Setup встановлює фізичні обмеження та навантаження на об'єкт (рис.3.3), а блок Results відповідає за опрацювання та представлення результатів розрахунків (рис.3.4).

Для уникнення неточностей і спотворення розрахунків, під час задання обмежень в блоці Setup, крім жорсткого защемлення грані В гільзи (рис.3.3), для протилежного торця А гільзи було встановлена підтримка на стиснення, яка під час розрахунків виконуватиме роль обмежувача від спотворення форми гільзи.



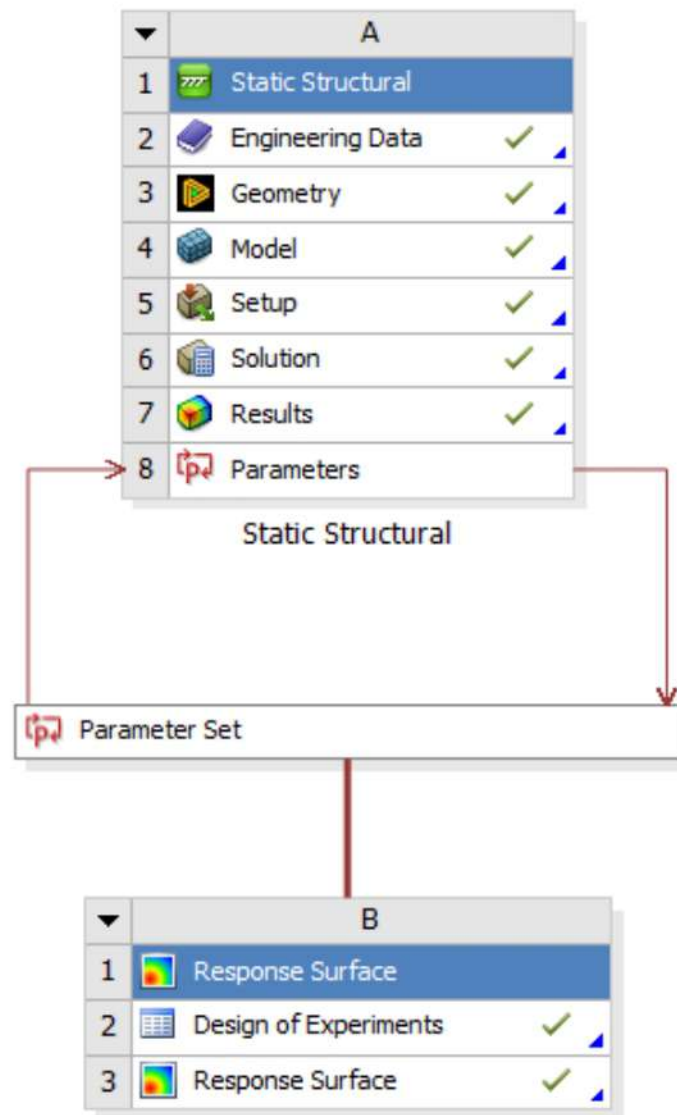


Рисунок 3.2 – Загальна схема побудованої параметризованої моделі

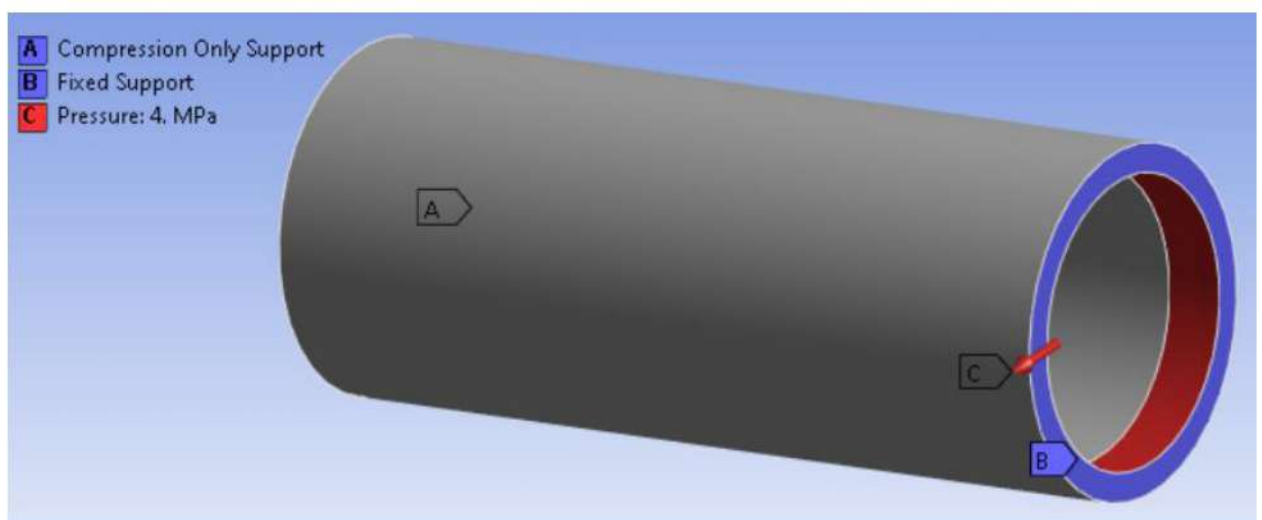


Рисунок 3.3 – Схема закріплення та навантаження гільзи гідроциліндра

Результатом розбиття тіла на кінцеві елементи та вирішення поставленої задачі є дані, які візуалізовані за допомогою блока Results (рис.3.4) При цьому червоним і синім кольором відмічені найбільші переміщення стінок гільзи. Але, оскільки переміщення мають протилежні, то колір ділянок відрізняється, хоча по абсолютній величині значення дуже близькі

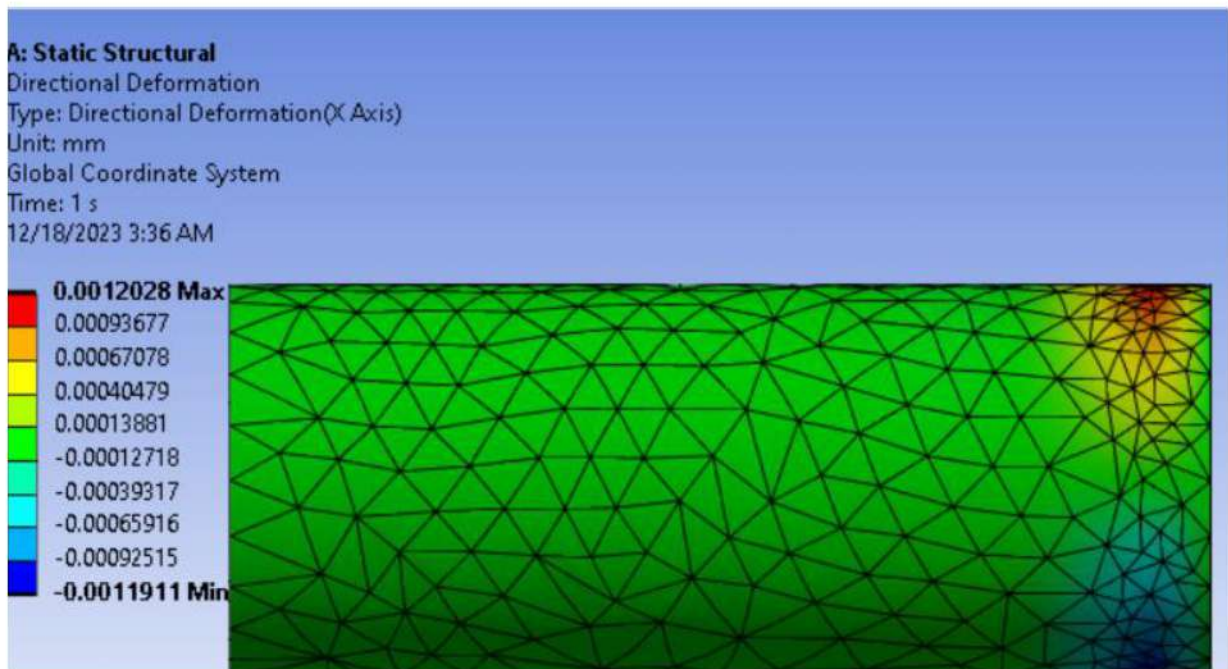


Рисунок 3.4 – Результат розрахунку напрямленої деформації (переміщення) стінки гільзи для одного з варіантів

Для автоматизації розрахунків модель була параметризована, та встановлені початкові та вихідні величини. В якості кінцевих величин, що контролюються застосовувались переміщення стінки гільзи та маса гільзи (рис.3.5).

Модель вибору значень для побудови поверхонь і кривих відгуку може бути обрана серед пропонованих системою Ansys. Ця модель в автоматичному режимі підбере параметри імітаційних експериментів використовуючи задані діапазони зміни величин. В нашому випадку модель в автоматичному режимі побудувала 15 різних груп значень для трьох змінних величин –товщини стінки, положення поршня і тиск в порожнині (рис. 3.6). Обраховані дані

опрацьовуються блоком Response Surface, який крім поверхонь і кривих за обрахованими даними визначає також чутливість цільових елементів до впливу вхідних параметрів (рис.3.7).

Outline of All Parameters				
	A	B	C	D
1	ID	Parameter Name	Value	Unit
2	Input Parameters			
3	Static Structural (A1)			
4	P1	D	50	mm
5	P2	s	10	mm
6	P3	length	20	mm
7	P6	Pressure Magnitude	4	MPa
8	P7	Longitude	300	mm
*	New input parameter	New name	New expression	
10	Output Parameters			
11	Static Structural (A1)			
12	P4	Directional Deformation Maximum	0.0012028	mm
13	P5	Solid Mass	8.1388	kg
*	New output parameter		New expression	
15	Charts			

Рисунок 3.5 – Вхідні та вихідні параметри моделі

	A	B	C	D	E	F
1	Name	P2 - s (mm)	P3 - length (mm)	P6 - Pressure Magnitude (MPa)	P4 - Directional Deformation Maximum (mm)	P5 - Solid Mass (kg)
2	1	9	105	6	0.010263	7.2605
3	2	4	105	6	0.020985	3.0803
4	3	14	105	6	0.0069965	11.811
5	4	9	10	6	0.00053791	7.2581
6	5	9	200	6	0.009992	7.2628
7	6	9	105	2	0.0034209	7.2605
8	7	9	105	10	0.017104	7.2605
9	8	4.9348	27.762	2.7479	0.0039794	3.8319
10	9	13.065	27.762	2.7479	0.00096827	10.93
11	10	4.9348	182.24	2.7479	0.0078642	3.8357
12	11	13.065	182.24	2.7479	0.0033186	10.934
13	12	4.9348	27.762	9.2521	0.013399	3.8319
14	13	13.065	27.762	9.2521	0.0032602	10.93
15	14	4.9348	182.24	9.2521	0.026479	3.8357
16	15	13.065	182.24	9.2521	0.011174	10.934

Рисунок 3.6 – Результати моделювання для різних параметрів

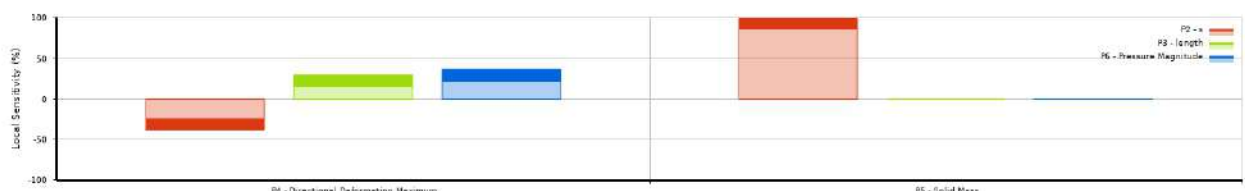


Рисунок 3.7 – Чутливість деформації та маси до вхідних параметрів моделі

Як видно з рисунку 3.7, збільшення товщини стінки негативно впливає на

величину максимального її переміщення. Інакше кажучи – збільшення товщини стінки призводить до зменшення деформації. Разом з тим збільшення тиску і зміщення поршня до вільного краю гільзи сприяє зростанню максимальних деформацій. Водночас, єдиним параметром серед перелічених, який впливає на масу є товщина стінки.

Таким чином, для знаходження оптимального співвідношення між масою та деформацією стінки за допомогою блока Response Surface були побудовані номограми залежності переміщення стінки від діаметра гільзи, товщини стінки та положення штоку (рис.3.8 – 3.10).

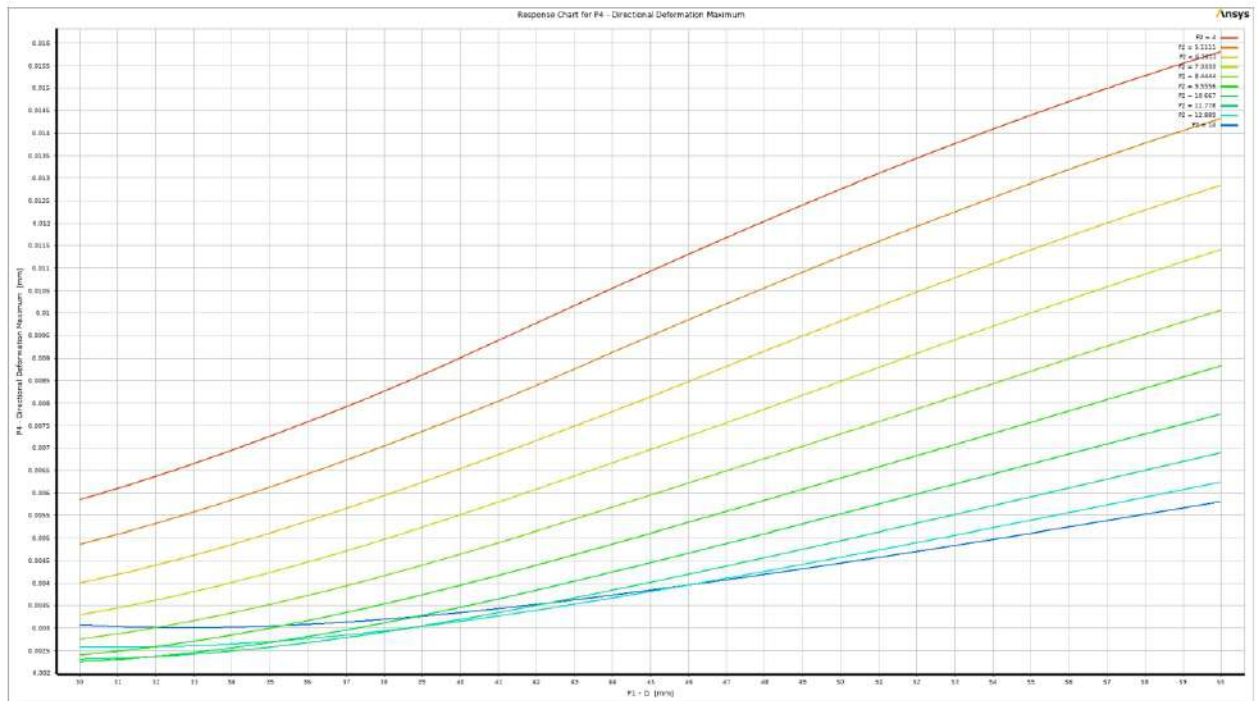


Рисунок 3.8 – Залежність деформації стінки від діаметра гільзи для різних товщин стінки

Рисунок 3.8 демонструє, що збільшення діаметра гільзи призводить до зростання деформацій. При цьому, величина деформації в 0,01 мм досягається: для гільзи діаметром 85 мм і товщиною стінки 4 мм; для гільзи діаметром 92 мм і товщиною стінки 5 мм; для гільзи діаметром 101 мм і товщиною стінки 6,2 мм; для гільзи діаметром 110 мм і товщиною стінки 7,35 мм; для гільзи діаметром 120 мм і товщиною стінки 8,5 мм. Рисунок 3.9 демонструє

наявність пікових значень деформацій приблизно в середньому положенні поршня, які зростають при збільшенні діаметра гільзи.

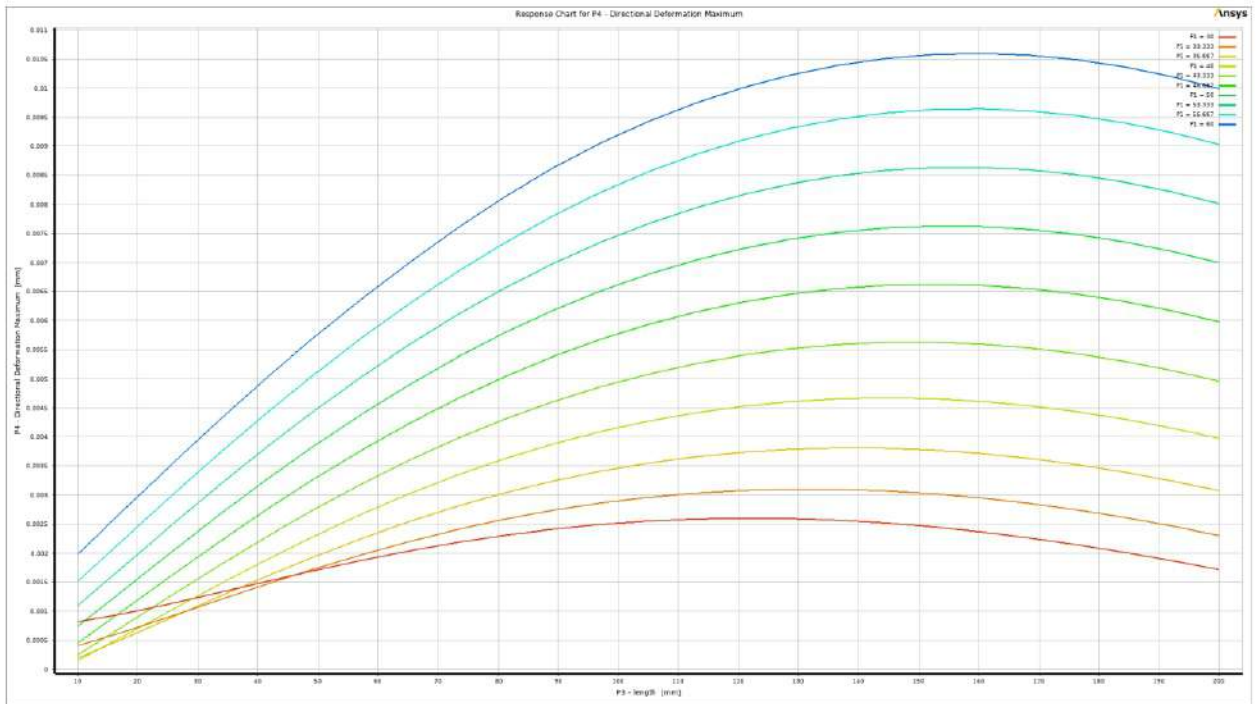


Рисунок 3.9 – Залежність деформації стінки від положення поршня для різних діаметрів гільзи

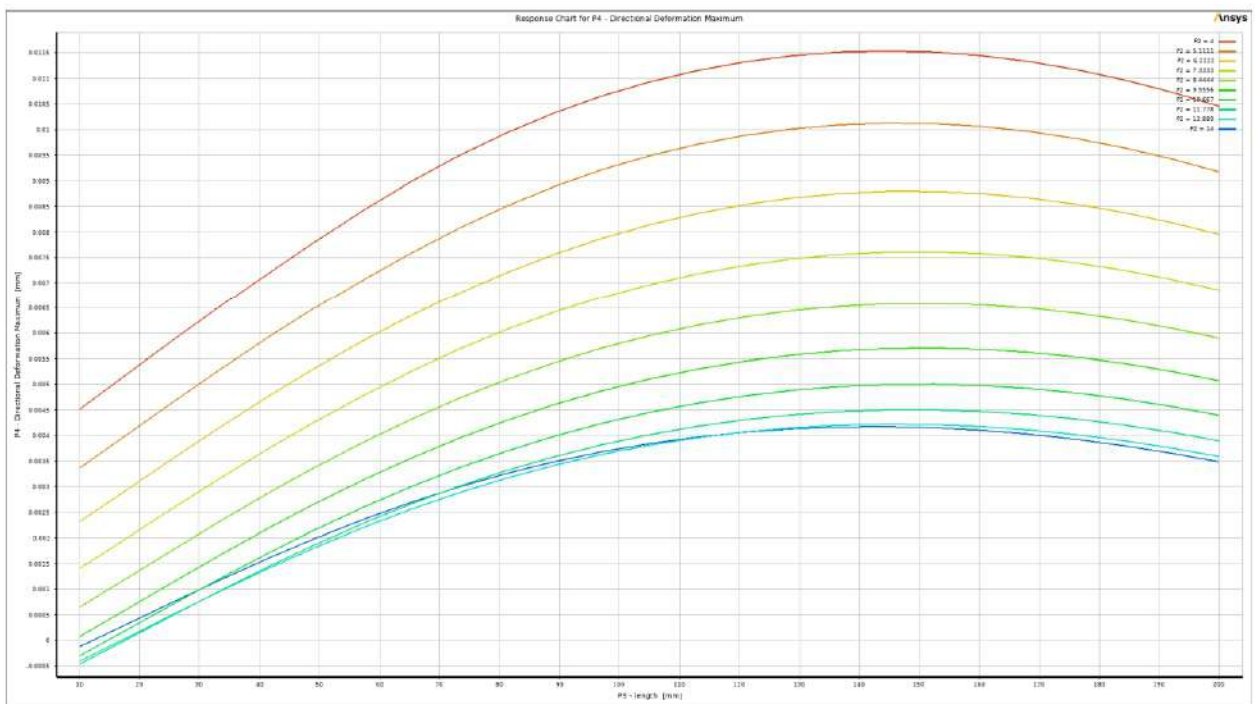


Рисунок 3.10 – Залежність деформації стінки від положення поршня для різних товщин стінок

На рисунку 3.10 видно, що переміщення поршня призводить до появи максимуму деформації зміщеного в сторону вільного кінця гільзи, що дещо компенсується збільшенням товщини стінки. Величина деформації в 0,01 мм досягається при товщинах стінки 4 і 5 та віддалені поршня на 83 мм і 105 мм від жорстко закріпленого кінця гідроциліндра. При більших товщинах стінки така деформація не досягається незалежно від положення поршня.

На основі вище викладеного для заданих параметрів гідроциліндра і обмеження максимальної деформації стінки рекомендовано взяти товщину гільзи 7 мм, що забезпечить мінімальну матеріалоемкість цієї деталі та прийнятну точність роботи гідроциліндра.

## 4 ЕКОНОМІКА ВИРОБНИЦТВА

### 4.1 Оцінювання експертами потенціалу використання технологічного процесу виготовлення вузла «Гідроциліндр» в машинобудуванні

Технологічний аудит проводять з метою оцінки комерційного потенціалу розробки, яка була розроблена і створена за результатом науково-технічної діяльності.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями, наведеними в (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Критерій	0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні їх витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї



Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка документів та отримання дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Отримання документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Отримання документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт №1	Експерт №2	Експерт №3
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	3	2
2	2	1	1
3	2	1	2
4	1	2	1
5	3	3	2
6	1	2	2
7	3	3	4
8	1	2	2
9	4	3	3
10	3	2	2
11	4	4	2
12	4	2	3
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =30	СБ <sub>2</sub> =28	СБ <sub>3</sub> =26
Середньоарифметична сума балів СБ	28		

Згідно таблиці 4.2 розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

Так як в даній розробці використовується стандартне обладнання, то всі дії можуть виконуватися на підприємстві.

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України.

Потенційними покупцями нового товару можуть бути малі та середні машинобудівні та ремонтні підприємства з дрібносерійним, серійним та великосерійним виробництвом, які мають на меті використовувати гідравлічне обладнання.

Так як дане інноваційне рішення проектується, розраховується і впроваджується лише на даному виробництві, то використовуватись воно буде лише на даному підприємстві.

В даній магістерській роботі під час оцінювання якості продукції доцільно визначати абсолютний і відносний її рівні.

Абсолютний рівень якості інноваційного товару знаходять обчисленням вибраних для його вимірювання показників, не порівнюючи їх із відповідними показниками аналогічних виробів. Для цього необхідно визначити зміст основних функцій, які повинні реалізовувати інноваційне рішення, вимоги замовника до нього, а також умови, які характеризують експлуатацію, визначають основні параметри, які будуть використані для розрахунку коефіцієнта технічного рівня виробу. Система параметрів, прийнята до розрахунків, повинна достатньо повно характеризувати споживчі властивості інноваційного товару (його призначення, надійність, економічне використання ресурсів, стандартизація, тощо). Всі ці дані для кожного параметра заносимо до таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Основні параметри інноваційного рішення

Параметри	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Зовнішній вигляд		7		10%
Точність розмірів	9			25%
Відповідність технологічній документації	10			20%
Наявність заусенців	9			25%
Важкість виконання			3	20%

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{\text{я.а.}} = \sum P_{\text{Ні}} \cdot \alpha_i, \quad (4.1)$$

де  $P_{\text{Ні}}$  – числове значення  $i$ -го параметру інноваційного рішення;

$n$  – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

$\alpha_i$  – коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{\text{я.а.}} = 7 * 0,1 + 9 * 0,25 + 10 * 0,2 + 9 * 0,25 + 3 * 0,2 = 7,8.$$

Далі визначимо відносний рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості аналогу і занесемо їх у відповідну колонку таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Основні параметри товару та конкурентів

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Конкурент	Новий		
Зовнішній вигляд	Гірший	Кращий	1,3	0,1
Точність розмірів	Гірша	Краща	1,25	0,25
Відповідність технологічній документації	Непона	Повна	1,15	0,2
Наявність заусенців	Присутня	Частково присутня	1,1	0,25
Важкість виконання	Легко	Важко	0,86	0,2
Економія на втратах від браку	20 грн	17,8 грн	-	-

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{\text{я.в.}} = \sum q_i \cdot \alpha_i, \quad (4.2)$$

$$K_{\text{я.в.}} = 1,3 \cdot 0,1 + 1,25 \cdot 0,25 + 1,15 \cdot 0,2 + 1,1 \cdot 0,25 + 0,86 \cdot 0,2 = 1,12$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару-конкурента на 12%.

Конкурентоспроможність продукції — це комплексна багатоаспектна характеристика товару, що визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами як за ступенем відповідності конкретній потребі, так і за витратами на їх задоволення.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення ( $K$ ) з урахуванням вище зазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{\text{т.п.}}}{I_{\text{е.п.}}} \quad (4.3)$$

де  $I_{\text{т.п.}}$  — індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);  $I_{\text{е.п.}}$  — індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I = \frac{\sum P_{\text{н.е.}}}{\sum P_{\text{б.е.}}} \quad (4.4)$$

де  $P_{\text{н.е.}}$ ,  $P_{\text{б.е.}}$  — економічні параметри відповідно нового та базового товарів.

Якщо  $K > 1$ , то інноваційне рішення вважається більш конкурентоспроможним, ніж товар-конкурент; якщо  $K < 1$ , то рівень конкурентоспроможності інноваційного рішення є нижчим, ніж у товару-конкурента; якщо  $K = 1$ , то ця ситуація інтерпретується як тотожність рівнів конкурентоспроможності обох товарів.

Оскільки індекс технічних параметрів дорівнює відносному рівню якості

нашого інноваційного продукту, то він буде рівним 1,12. За формулою (4.4) розрахуємо індекс економічних параметрів інноваційного рішення:

$$I = \frac{17,8}{20} = 0,89$$

Тоді, користуючись формулою 4.3, розрахуємо загальний показник конкурентоспроможності:

$$K = \frac{1,12}{0,89} = 1,26$$

Оскільки  $K > 1$  ( $K = 1,26$ ), то запропоноване виготовлення вузла "Гідроциліндр" є більш доцільною і конкурентоспроможною в порівнянні з аналогами.

#### 4.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на розробку технологічного процесу виготовлення вузла "Гідроциліндр"

Розрахунок капітальних витрат на розробку або модернізацію технологічного процесу, включає розрахунок таких основних статей витрат [8]: основна заробітна плата, додаткова зарплата, нарахування на зарплату, вартість обладнання, витрати на оренду і облаштування приміщення, додаткові інструменти та пристосування, накладні витрати.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою [8]:

$$Z_0 = \frac{M \cdot t}{T_p} \quad (\text{грн.}) \quad (4.5)$$

де  $M_{mi}$  - місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн.;  $t_i$  - число днів роботи конкретного розробника, грн.;  $T_p$  - середнє число робочих

днів в місяці,  $T_p = 21 \dots 23$  дні.

В 2023 році величини окладів коливаються в межах 8000÷ 20000 грн.

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Результати розрахунку кошторису капітальних витрат

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	15000	714,29	20	14 285,71
Інженер-конструктор I категорії	10000	476,19	18	8 571,43
Інженер-технолог вищ. категорії	10000	476,19	20	9 523,81
Всього				32 380,95

Додаткова заробітна плата розробників.

Додаткова заробітна плата розраховується як 10...12% від основної заробітної плати розробників за формулою [8]:

$$Z_{\text{дод}} = N_{\text{дод}} Z_o, \text{ [грн]} \quad (4.6)$$

де  $N_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_{\text{д}} = 32380,95 \cdot 0,11 = 3 561,9 \text{ (грн).}$$

Нарахування на заробітну плату розробників.

Нарахування на заробітну плату розробників  $Z_n$  розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати розробників:

$$N_3 = (32380,95 + 3561,9) \cdot 0,22 = 7907,43 \text{ (грн).}$$

Вартість обладнання визначається за прейскурантом гуртових цін на металорізальні верстати або за даними базового підприємства за відпускними і договірними цінами. До балансової вартості обладнання окрім прейскурантної вартості верстатів входять витрати на їх транспортування і монтаж на ділянці, ці витрати приймаються в розмірі 10...12% від вартості обладнання.

Балансову вартість нового обладнання розраховують за формулою:

$$V_{\text{обл}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i, [\text{грн}] \quad (4.7)$$

де  $C_i$  – ціна придбання одиниці обладнання даного виду, марки, грн.;

$C_{\text{пр.і}}$  – прийнята кількість одиниць обладнання відповідного найменування, які встановлені на ділянці, шт.;

$K_i$  – коефіцієнт, що ураховує доставку, монтаж, налагодження обладнання тощо, ( $K_i = 1,10...1,12$ );

$k$  – кількість найменувань обладнання встановленого на ділянці.  
Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Вартість обладнання

Найменування обладнання	Ціна, грн	Кількість	Вартість, грн	Примітка
Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф3	400000	3	1200000	$K=1.12$
Всього			1200000	1344000

Витрати на оренду або придбання приміщень для облаштування технологічного процесу визначаються, як добуток потрібної площі на вартість оренди 1 м<sup>2</sup>. В якості індикативної вартості можна прийняти вартість оренди – 22000 грн. за 200 м<sup>2</sup> площі виробничого приміщення. Вартість облаштування приміщення під нове виробництво розраховують за формулою:



$$B_{\text{буд.}} = C_{\text{пл}} \cdot S_{\text{заг}} = 400 \cdot 200 = 80000 \text{ (грн)}. \quad (4.8)$$

де  $C_{\text{пл}}$  – приблизна вартість переобладнання 1 м<sup>2</sup> приміщень ( $C_{\text{пл}} \approx 200 \dots 1000$  грн./кв.м);  $S_{\text{заг}}$  – загальна площа виробництва, м<sup>2</sup>.

Додаткові інструменти та пристосування для впровадження даного виробництва.

Витрати на придбання нового інструменту можна розрахувати за формулою:

$$O = \sum_1^n C_i \cdot N_i \cdot K_i, \text{ [грн.]} \quad (4.9)$$

де:  $C_i$  — ціна придбання інструменту даного виду, марки, грн.;  $N_i$  — кількість однотипного виду інструменту, шт.;  $K_i$  — коефіцієнт, що ураховує доставку, налагодження інструменту тощо,  $K_i = 1,1$ ;  $n$  — кількість видів інструменту.

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на інструмент

Найменування інструменту	Ціна, грн	Кількість	Вартість, грн	Примітка
Різець прохідний	26,50	8	212,00	K=1,1
Різець підрізний	25,30	5	126,50	
Фреза торцева	28,70	7	200,90	
Зенковка	32,60	5	163,00	
Свердло центральне	15,50	4	62,00	
Всього			764,4	840,4

Інші витрати (накладні витрати) — приймаються, як 250% від суми

основної заробітної плати розробників.

$$I = 32380,95 \cdot 250 / 100\% = 80\,952,38 \text{ (грн)}.$$

Сума всіх попередніх статей дає капітальні витрати на організацію виробництва – К.

$$K = 32380,95 + 3561,9 + 7907,43 + 1344000 + 22000 + 80000 + 840,4 + \\ + 80952,38 = 1571643,06 \text{ (грн)}.$$

#### 4.3 Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції

Розрахунок виробничої собівартості одиниці продукції передбачає визначення таких статей витрат: витрати на матеріали, витрати на комплектуючі та напівфабрикати, витрати на силову електроенергію, витрати на основну заробітну плату, додаткова заробітна плата робітників, нарахування на заробітну плату робітників, загальновиробничі витрати.

Витрати на матеріали

Якщо вихідні заготовки виробів, які в подальшому потребують механічної обробки, виготовлені на підприємстві у відповідних виробничих підрозділах заготівельного виробництва (ливарних, пресових цехах або дільницях тощо), то вартість основного матеріалу з урахуванням утилізації відходів визначається за формулою [8]:

$$M_j = S_{\text{заг}j} - V_j \cdot \text{Ц}_{\text{в}j}, \text{ [грн]} \quad (4.10)$$

де  $S_{\text{заг}j}$  – виробнича собівартість заготовки у відповідному підрозділі, грн.

$V_i$  - маса відходів  $i$ -го найменування, кг (гр.);

$\text{Ц}_{\text{в}}$  - ціна відходів  $i$ -го найменування, грн./кг;  $n$  - кількість видів матеріалів.

Таблиця 4.8 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Витрачено, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн./кг	Возвратні відходи, грн, ( - )	Вартість витраченого матеріалу, грн.	Примітка
Круг, Сталь 45	26,53	2,05	0,25	4,00	1	53,38	К=1.1
Круг, Сталь 35	26,23	1,25	0,2	4,00	0,8	31,99	
Труба, Сталь В20	62,5	3,2	0,5	4,00	2	198	
Всього							283,37

#### Витрати на комплектуючі та напівфабрикати

Вартість комплекту ущільнень – 300 грн.

Кільця розтискні – 10 грн.

Гвинти – 5 грн.

Кришка передня основна – 65 грн.

Кришка задня – 55 грн.

Кришка – 30 грн.

Всього витрати на комплектуючі 465 грн.

#### Витрати на силову електроенергію

Електрична енергія на ділянці витрачається на живлення електродвигунів, електронагрівальних приладів, які використовуються при виготовленні продукції, апаратури. Силова електроенергія для виробничих цілей залежить від потужності обладнання, що використовується.

Витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) розраховують за формулою:

$$B_e = B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, [\text{грн}] \quad (4.11)$$

де  $B$  - вартість 1 кВт-години електроенергії. В 2023 році  $B=5,15$  грн./кВт.  $\Pi$  — установлена потужність обладнання, кВт;  $\Phi$  — фактична

кількість годин роботи обладнання по виготовленню одного виробу, год.;  $K_{\text{п}}$  – коефіцієнт використання потужності,  $K_{\text{п}} < 1$ .

Результати розрахунку витрат на електроенергію покажемо у вигляді таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Розраховані витрати на електроенергію

Обладнання	Потужність, кВт/год	Нормо-години, год.	Сума, кВт
Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1В340Ф30 (3 шт.)	11	0,245	2,88
Всього			2,88

Витрати на основну заробітну плату робітників ( $Z_p$ ) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу [9]:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \text{ [грн]} \quad (4.12)$$

де  $t_i$  — норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, год;  $n$  — число робіт по видах та розрядах;  $K_c$  – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками -  $K_c = 1 \div 5$ ;  $C_i$  — погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію:

$$C_i = \frac{M_{\text{н}} \cdot K_i}{T_p \cdot T_{\text{зм}}}, \text{ [грн/год]} \quad (4.13)$$

де  $M_{\text{н}}$  - мінімальна місячна оплата праці, грн.  $M_{\text{н}} = 6500$  грн.  $K_i$  – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;  $T_p$  — число робочих днів в місяці. Приблизно  $T_p = 21$ .  $T_{\text{зм}}$  — тривалість зміни,  $T_{\text{зм}} = 8$  год.

Зроблені розрахунки зводимо до таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Витрати на заробітну плату

Вид обладнання	Трудомісткість, н-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн	Примітка
Токарно-револьверний з ЧПК	0,245	5	53,57	13,12	K=1,5
Всього				13,12	

Додаткова заробітна плата робітників.

Розраховується як 10 – 12 % від основної заробітної плати робітників:

$$Z_d = 13,12 \cdot 0,11 = 1,44 \text{ (грн).}$$

Нарахування на заробітну плату робітників.

Нарахування на заробітну плату розробників  $Z_n$  розраховується як 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати розробників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_{\text{дод}}) \cdot H_{\text{зп}}, \text{ [грн]} \quad (4.14)$$

де  $H_{\text{зп}}$  – норма нарахування на заробітну плату розробників.

$$H_z = (13,12 + 1,44) \cdot 0,22 = 3,2 \text{ (грн).}$$

Загальновиробничі статті витрат.

Загальновиробничі витрати (в відсотках до основної заробітної плати основних робітників) для механічного устаткування складають 250 ... 280%.

Приймемо 250%. Тоді:

$$ЗВ = 13,12 \cdot 250\% / 100\% = 32,8 \text{ (грн)}.$$

Сума всіх попередніх статей утворює виробничу собівартість одиниці продукції:

$$S = 283,37 + 465 + 2,88 + 13,12 + 1,44 + 3,2 + 32,8 = 801,81 \text{ (грн)}.$$

#### 4.4 Розрахунок терміну окупності капітальних вкладень

Економічний ефект від впровадження модернізованого технологічного процесу розраховується за формулою:

$$E = (S_1 - S_2) \cdot N, \text{ [грн]} \quad (4.15)$$

де  $S_1$  – виробнича собівартість виготовленої продукції конкурента (926 грн.);  $S_2$  – виробнича собівартість виготовленої продукції власного виробництва;  $N$  – обсяги виготовлення продукції.

Тоді величина економічного ефекту складе:

$$E = (926 - 801,81) \cdot 20778 = 2580419,82 \text{ (грн)}.$$

Термін окупності капітальних вкладень розраховують за формулою:

$$T_o = \frac{K(\Delta K)}{\Pi}, \text{ [років]} \quad (4.16)$$

де  $K$  (або  $\Delta K$ ) — капітальні вкладення або додаткові капітальні вкладення, необхідні для реалізації нового технологічного процесу, нової ділянки, цеха тощо, або для їх модернізації, грн.;  $E$  – економічний ефект від впровадження нового технологічного процесу.

$$T_o = 1571643,06 / 2580419,82 = 0,61 \text{ (року)}.$$

Термін окупності організації виробництва складає 0,61 року, що менше нормативного терміну окупності, який складає 3 – 5 років, а величина економічного ефекту складе 2580419,82 грн. Тому виробництво вузла "Гідроциліндр" на базі малого підприємства є економічно доцільним.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Дослідження виготовлення вузла "Гідроциліндр в умовах малого підприємства" відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На дослідника мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи.

### 5.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

#### 5.1.1. Обладнання робочого місця

Організація робочого місця проектувальника, як користувача відеотерміналу й ПК повинна забезпечувати відповідність всіх елементів робочого місця і їхнього розташування ергономічним вимогам. Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги; характеру й особливостям трудової діяльності [11].

Площа, виділена для одного робочого місця з ПК, повинна становити не менш  $6 \text{ м}^2$ , а об'єм – не менше  $20 \text{ м}^3$  [12].

Природне освітлення має здійснюватись через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче, ніж 1,5%.

Виробничі приміщення повинні обладнуватись шафами для зберігання документів, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі



приміщень.

У приміщеннях з ПК слід щоденно робити вологе прибирання.

Приміщення із ПК мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

При приміщеннях із ПК мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою.

Конструкція робочого місця користувача ПК повинна забезпечувати підтримку оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: стопи ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – у горизонтальній площині; передпліччя – вертикальні; лікті – під кутом 70-90° до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20° щодо горизонтальної площини, нахил голови – 15-20° щодо вертикальної площини.

Висота робочої поверхні стола для відеотерміналу повинна перебувати в межах 680-800 мм, а ширина – забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля.

Робочий стіл для ПК повинен мати простір для ніг висотою не менш 600 мм, шириною не менш 500 мм, глибиною на рівні колін не менш 450 мм, на рівні витягнутої ноги - не менш 650 мм.

Робоче сидіння (стілець, крісло) користувача ПК повинен мати наступні основні елементи: сидіння, спинку й стаціонарні або знімні підлокітники.

Екран монітора й клавіатура повинні розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, але не ближче 600 мм, з урахуванням розміру алфавітно-цифрових знаків і символів.

Клавіатуру варто розміщати на поверхні стола або на спеціальній, регульованій по висоті, робочій поверхні окремо від стола на відстані 100-

300 мм від краю, найближчого до працівника. Кут нахилу клавіатури повинен бути в межах 5-15°.

При організації праці, пов'язаної з використанням ПК, для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньо змінні регламентовані перерви для відпочинку.

Внутрішньозмінні режими праці й відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди, що передують появі об'єктивних і суб'єктивних ознак стомлення й зниження працездатності.

Працюючі з ПК підлягають обов'язковим медичним оглядам: попереднім – при влаштуванні на роботу і періодичним – протягом трудової діяльності. Основними критеріями оцінки придатності до роботи з ПК мають бути показники стану органів зору: гострота зору, показники рефракції, акомодатції, стану біноккулярного апарату ока тощо. При цьому необхідно враховувати також стан організму в цілому.

Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв ПК й устаткування для обслуговування, ремонту й налагодження ПК в приміщенні виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазових, нульових робочих і нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення електроприладів.

Металеві труби й гнучкі металеві рукави заземлені. Заземлення відповідає вимогам Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [13].

Неприпустимим є:

– експлуатація кабелів і проводів з ушкодженими захисними властивостями за час експлуатації ізоляції; залишення під напругою кабелів і проводів з неізольованими провідниками;

– застосування саморобних подовжувачів, що не відповідають вимогам ПУЕ до переносних електропроводів;

– застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального устаткування або ламп накаливання;

– користування ушкодженими розетками, вимикачами й іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або здуття;

– підвішування світильників безпосередньо на струмоведучих проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною й іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);

– використання електроапаратури й приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

## 5.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 5.2.1. Мікроклімат

Параметри мікроклімату нормуються в залежності від: періоду року; категорії робіт; технологічного процесу.

Для нормування параметрів мікроклімату календарний рік поділяється на два періоди:

– холодний період – період року, коли середньодобова температура зовні приміщення нижча за  $+10^{\circ}\text{C}$ ;

– теплий – коли середньодобова температура зовні приміщення становить  $+10^{\circ}\text{C}$  і вище.

Робота дослідника виготовлення вузла "Клапан переливний в умовах малого підприємства" відноситься до категорії 1а [14]. Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в таблиці 5.1 [15]

Для підтримки оптимального рівня мікроклімату в приміщенні передбачено систему опалення та вентиляції повітря. Виміри показників мікроклімату повинні проводитись на початку, в середині і в кінці холодного і теплого періодів року, не менше трьох разів за робочу зміну. При коливаннях показників мікроклімату, пов'язаних з технологічними процесами та іншими

причинами, виміри необхідно проводити також при найменших і найбільших значеннях термічних навантажень на працюючих, що мають місце протягом робочої зміни.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22- 28	55	0,1- 0,2
Холодний	21- 25	75	0,1

### 5.2.2. Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється дослідження виготовлення вузла "Клапан переливний в умовах малого підприємства", можливими забруднювачами повітря може бути офісна техніка та пил, який потрапляє ззовні. Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Фенол	0,01	0,01	3
Формальдегід	0,035	0,003	2
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4

В повітрі зовнішнього природного середовища, як і в повітряному середовищі приміщень завжди є наявною певна кількість заряджених частинок – іонів. Так в 1 см<sup>3</sup> чистого зовнішнього повітря міститься близько 1000 негативних іонів і понад 1200 позитивних. Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим

нормам (табл.5.3).

Таблиця 5.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см <sup>3</sup>	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для дотримання нормального складу повітря робочої зони в приміщенні використовують припливно-витяжну вентиляцію. Систематично здійснюють провітрювання через віконні отвори та вологе прибирання. Планується встановлення системи кондиціонування.

### 5.2.3. Виробниче освітлення

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Згідно з статистичними даними, до 5% травм можна пояснити недостатнім або нераціональним освітленням, а в 20% воно сприяло виникненню травм. Врешті, погане освітлення може призвести до професійних захворювань, наприклад, таких як робоча мнопія (короткозорість), спазм акомодатції.

При надмірній яскравості джерел світла та оточуючих предметів може відбутись засліплення працівника. Нерівномірність освітлення та неоднакова яскравість оточуючих предметів призводять до частої переадаптації очей під час виконання роботи і, як наслідок цього – до швидкого втомлення органів зору

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні для виконання

роботи зазначені у таблиці 5.4 (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [16]):

Таблиця 5.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, $e_n$ , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Місце праці повинно бути розташоване так, щоб уникнути попадання в очі прямого світла. Щоб уникнути світлових відблисків необхідно використовувати обладнання з матовою поверхнею. Для захисту очей від прямого сонячного світла чи джерел штучного освітлення необхідно застосовувати захисні козирки та жалюзі на вікнах.

Для створення оптимальних умов зорової роботи слід враховувати не лише кількість та якість освітлення, а й кольорове оточення. Так, при світлому пофарбуванні інтер'єру завдяки збільшенню кількості відбитого світла рівень освітленості підвищується на 20 – 40% (при тій же потужності джерел світла), різкість тіней зменшується, покращується рівномірність освітлення.

#### 5.2.4. Виробничий шум

Експлуатація переважної більшості технологічного обладнання, енергетичних установок, машин та механізмів пов'язана з виникненням шумів та вібрації різної частоти та інтенсивності, які здійснюють несприятливий вплив на організм людини.

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні

процеси організму людини. Фізіологічні та біологічні наслідки можуть проявлятися у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема вестибулярного апарату, координуючої функції кори головного мозку, нервової системи, систем травлення і кровообігу.

Індивідуальні особливості людини, пов'язані з різними психологічними реакціями на вплив шуму, суттєво впливають на його сприйняття

Допустимі рівні шуму та вібрації на місцях праці осіб, що працюють з ПК, встановлені санітарними нормами ДсанПіН 3.3.2-007-98, витяг з яких подано в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Допустимі еквівалентні рівні шуму

Вид професійної діяльності, місце праці	Еквівалентні рівні шуму, дБА.
Програмісти	50
Оператори в залах опрацювання інформації на ПК та оператори комп'ютерного набору	65
В приміщеннях для розташування шумних агрегатів	75

Основними заходами боротьби з шумом є усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі у процесі роботи, використання звукопоглинаючих матеріалів, раціональне планування виробничих приміщень.

#### 5.2.5. Виробничі випромінювання

Оскільки дослідження виготовлення вузла "Гідроциліндр в умовах малого підприємства" проводилося за допомогою ПК, то на робочому місці працівника можливий підвищений рівень електромагнітного випромінювання.

Основою функціонування організму є дуже слабкі біоелектричні струми, що синхронізують природні біологічні режими. Штучні ЕМП якщо співпадають з частотами біологічних ритмів мозку або біоелектричною активністю серця чи інших органів людини можуть призвести до

десинхронізації функціональних процесів в організмі.

Механізм біологічної дії на організм людини полягає як у тепловому, так і нетепловому специфічному ефекті, тепла дія ЕМП проявляються у підвищенні температури тіла, а також локальному, вибіркового нагріванні тканин, органів, клітин унаслідок переходу електромагнітної енергії у теплову.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м <sup>2</sup>
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/м	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320...400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0.. 70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 ВВ/м

Для зменшення впливу ЕМП від ПК на дослідника, необхідно дотримуватися регламентованих режимів роботи та відпочинку.



обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні [Текст] : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.

10. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ГП «УкрНИУЦ», 2016. 21 с.

11. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=71028](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028).

12. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: [http://sop.zp.ua/norm\\_праор\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_праор_0_00-7_15-18_01_ua.php).

13. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. 154

14. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

15. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

16. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

17. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Цивільний захист та охорона праці в галузі. Частина 1. Цивільний захист" / Уклад. О. В. Поліщук, О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 32 с.

## ДОДАТКИ

Додаток А  
Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

\_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ  
на магістерську кваліфікаційну роботу  
ВИГОТОВЛЕННЯ ВУЗЛА "ГІДРОЦИЛІНДР" В УМОВАХ МАЛОГО  
ПІДПРИЄМСТВА  
08-64.МКР.14.00.000.ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доцент каф. ТАМ  
Савуляк В.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи ІПМ-20м  
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»  
Магденко В.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Вінниця ВНТУ 2023

### 1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи:

а) актуальність розробки обумовлена тим, що в сучасних умовах розвитку машинобудування необхідно приймати прогресивні інженерні рішення при проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей виробів з метою забезпечення їх точності, надійності, довговічності, економічності;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

### 2. Мета і призначення МКР

а) мета – визначення можливості організації виробництва вузла "Гідроциліндр" в умовах малого підприємства;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

### 3. Джерела розробки для виконання МКР

Джерела розробки: завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, дане технічне завдання, довідникова та технічна література, складальне креслення вузла "Гідроциліндр двусторонньої дії" та його деталювання.

При виконанні МКР в якості вихідних даних було задано складальні креслення :

- вузол «Гідроциліндр» (маса виробу – 19 кг);
- вузол "Гідроциліндр двусторонньої дії"» (маса виробу – 7 кг);
- вузол «Гідроциліндр з фланцем» (маса виробу – 9 кг).
- річна програма випуску розрахункового представника – 14000 шт.;
- креслення основних деталей, що входять у вузол "Гідроциліндр" (шток, поршень, гільза).

### 4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати математичні моделі, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.

Магістерська кваліфікаційна робота повинна складатися з 2-х частин:

1-а частина – розрахунково-пояснювальна записка;

2-а частина – графічна.

Склад кожного розділу (частини) наведений у рекомендованому змісті та основних вимогах до оформлення МКР, розроблених та затверджених кафедрою технологій та автоматизації машинобудування (ТАМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ).

#### 5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	10.10.2023	30.11.2023	Формування задачі досліджень, розділ 1
2	Методика теоретичних (експериментальних) досліджень об'єкту вивчення	10.10.2023	1.12.2023	Об'єкт дослідження, розділ 1
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	30.10.2023	3.12.2023	розділ 2, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	10.10.2023	30.05.2023	розділ 3, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	10.10.2023	30.11.2023	розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	1.12.2023	5.12.2023	пояснювальна записка

6 Економічні показники: термін окупності; економічний ефект.

#### 7. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив опонента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам, довідка про результати перевірки на плагіат.

#### 8. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів науково-дослідницької частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

#### 9. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

10. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Вимоги відсутні.

Додаток Б  
Графічна частина



**Додаток Б**  
(обов'язковий)

**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**  
**ВИГОТОВЛЕННЯ ВУЗЛА «ГІДРОЦИЛІНДР» В УМОВАХ**  
**МАЛОГО ПІДПРИЄМСТВА**

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи РЕС обладнання для виготовлення вузла "Гідроциліндр в умовах малого підприємства" в умовах дії загрозливих чинників НС

5.3.1 Дія електромагнітних випромінювань на радіоелектронні системи  
В елементній базі радіоелектронної системи (РЕС) під дією іонізуючих випромінювань ймовірна зміна ледве не всіх електричних і експлуатаційних характеристик, що залежить від проходження процесів іонізації і порушення структури матеріалів.

При електромагнітному імпульсі можуть спостерігатись високі імпульси струмів і напруг в провідниках і кабелях зв'язку, електропередач, автоматичних систем управління та систем обчислювальних машин, антенах радіостанцій та ін [17].

5.3.2 Дослідження стійкості роботи РЕС обладнання в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані:  $E_B = 15$  кВ/м;  $U_{жс} = 380 \pm 5\%$  В;  $l_T = 1,3$  м;  $l_B = 0,15$  м.

За критерій стійкості роботи радіоелектронних систем до дії електромагнітного імпульсу приймаємо коефіцієнт безпеки:

$$K_e = 20 \lg \frac{U_\delta}{U_{e(z)}} \geq 40 \text{ [дБ]}, \quad (5.1)$$

де  $U_\delta$  – допустимі коливання  $U_{жс}$ , В;

$U_{e(z)}$  – напруга наведення в вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля за формулою

$$E_z = 10^{-3} E_e \text{ [кВ/м]}, \quad (5.2)$$

де  $E_B$  – вертикальна складова напруженості електромагнітного поля, кВ/м.

Визначаємо вертикальну та горизонтальну напруги наведення на струмопровідних частинах РЕА за формулами:

$$U_{\theta} = E_{\theta} l_{\theta} \text{ [В];} \quad (5.3)$$

$$U_{\rho} = E_{\rho} l_{\rho} \text{ [В],} \quad (5.4)$$

де  $l_{\theta}, l_{\rho}$  – довжини вертикальної та горизонтальної струмопровідних частин РЕА, відповідно, м.

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\partial} = U_{жс} + \frac{U_{жс}}{100} N \text{ [В],} \quad (5.5)$$

де  $U_{жс}$  – робоча напруга живлення, В;

$N$  – допустимі коливання напруги, %.

Після підстановки відомих значень у формули (5.2 – 5.5, 5.1) одержимо

$$E_{\rho} = 10^{-3} \cdot 15 = 0,015 \text{ (кВ/м);}$$

$$U_{\theta} = 0,015 \cdot 1000 \cdot 0,15 = 2,25 \text{ (В);}$$

$$U_{\rho} = 15 \cdot 1000 \cdot 1,3 = 19500 \text{ (В);}$$

$$U_{\partial} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 \text{ (В);}$$

$$K_{\theta\theta} = 20 \lg \frac{399}{2,25} = 183,7 \text{ (дБ);}$$

$$K_{\rho\rho} = 20 \lg \frac{399}{19500} = -41,6 \text{ (дБ).}$$

Так як  $(K_{\theta\theta} = 183,7 \text{ дБ}) > (K_{\thetaном} = 40 \text{ дБ})$  і  $(K_{\rho\rho} = -41,6 \text{ дБ}) < (K_{\rhoном} = 40 \text{ дБ})$ ,

то РЕС є нестійкою до дії електромагнітного імпульсу.

### 5.3.3 Розробка превентивних заходів з підвищення стійкості роботи РЕС обладнання в умовах дії НС

Найбільш ефективним способом підвищення стійкості роботи РЕС є екранування системи або її елементів. Для цього проводиться розрахунок екрану. Визначаємо перехідне затухання енергії електричного поля сталевим екраном:

$$A = K_{\text{ном}} - K_{\text{мін}} [\text{дБ}]; \quad (5.6)$$

$$A = 40 - (-41,6) = 81,6 (\text{дБ}),$$

де  $K_{\text{ном}}$  – номінальний коефіцієнт безпеки ( $K_{\text{ном}} = 40$  дБ);

$K_{\text{мін}}$  – мінімальний розрахунковий коефіцієнт безпеки.

Товщину захисного екрану визначаємо за формулою:

$$t = \frac{A}{k\sqrt{f}} [\text{см}]; \quad (5.7)$$

$$t = \frac{81,6}{5,2 \cdot \sqrt{25000}} = 0,099 (\text{см}) = 0,99 (\text{мм}),$$

де  $k$  – коефіцієнт, який для сталюого екрана дорівнює 5,2;

$f$  – найбільш характерна частота, Гц ( $f = 25000$  Гц).

Зростання стійкості роботи РЕС обладнання для виготовлення вузла "Гідроциліндр в умовах малого підприємства" можна досягти через посилення найбільш слабких елементів і ділянок системи, а також завчасним проведенням комплексу технологічних, інженерно-технічних та організаційних заходів, що спрямовані на максимальне зниження дії уражаючих чинників та створення умов для відновлення працездатності пристрою.

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі запропоновані заходи по організації складального виробництва групи вузлів типу «Гідроциліндр» на базі малого підприємства.

Проектування здійснено на базі складальних креслень вузлів «Гідроциліндр», «Гідроциліндр з фланцем», «Гідроциліндр двосторонньої дії» з використанням уніфікації виробничих прийомів. Враховуючи особливості конструкцій вузлів були розроблені технології складання вузлів та типові маршрути механічної обробки для ключових деталей вузлів. Також, з урахуванням розмірів підприємства та вимог встановлених до деталей були обрано заготовки з сортаменту.

Проведене нормування тривалості складальних та механообробних операцій, розрахована приведена програма випуску продукції, визначено необхідну кількість обладнання та площі для роботи підприємства. Тривалість складання вузла «Гідроциліндр» складає 9,25 хв., і потребує 1 місця складальника. Для виготовлення складових деталей вузла «Гідроциліндр» потрібно 3 верстати та 2 основних працівника.

В розділі 3, за допомогою імітаційного моделювання в програмі Ansys (студентська версія), виконано розрахунок впливу товщини стінки гільзи гідроциліндра на її деформацію та металоємність деталі. Підібрано оптимальну товщину стінки з урахуванням існуючого сортаменту, мінімальної деформації та матеріалоємності.

Також в проєкті виконані розділи «Економіка виробництва» та «Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях». Ці два розділи підтвердили економічну доцільність організації виробництва (термін окупності 0,6 року, економічний ефект 2580419,82 грн.) та дозволили визначити заходи по охороні праці та безпеці роботи.

Графічна частина ілюстративно доповняє матеріали, які представлені в розрахунково-пояснювальній записці і виконана в обсязі 13 аркушів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Магденко В.А. Виготовлення вузла типу "Гідроциліндр" в умовах малого підприємства. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/viewFile/6272/5173>
2. Складальні процеси в машинобудуванні: навчальний посібник / укладач: В. В. Савуляк – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 99 с.
3. Дусанюк Ж.П. Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з дисципліни "Проектування механоскладальних дільниць та цехів " для студентів заочної форми навчання спеціальностей "Технологія машинобудування" та "Менеджмент організацій машинобудування" / Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк –Вінниця: ВДТУ, 2002 – 58 с.
4. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
5. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
6. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
7. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні [Текст] : практикум / Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.
8. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень [Текст] : навчальний посібник / В. В. Кавецький, І. В. Причепа, Л. О. Нікіфорова. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 137 с.
9. Кавецький В. В., Козловський В. О. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні. Кавецький В. В. Економічне

## ДОДАТОК А

(обов'язковий)

### ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Виготовлення вузла «Гідроциліндр» в умовах малого підприємства

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше  
(вказати))

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування  
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник доц. Савуляк В.В.

(прізвище, ініціали, посада)

#### Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	<b>87,5%</b>
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	<b>12,5%</b>

#### Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор \_\_\_\_\_  
(підпис)

Магденко В.А.  
(прізвище, ініціали)

#### Опис прийнятого рішення

---

Особа, відповідальна за перевірку доц. Сердюк О.В.  
(прізвище, ініціали)

Експерт \_\_\_\_\_  
(підпис)

зав. Кафедри ТАМ, проф. Козлов Л.Г.  
(прізвище, ініціали, посада)

08-64.МКР.14.00.000.СК

Перв. примен.

Справ. №

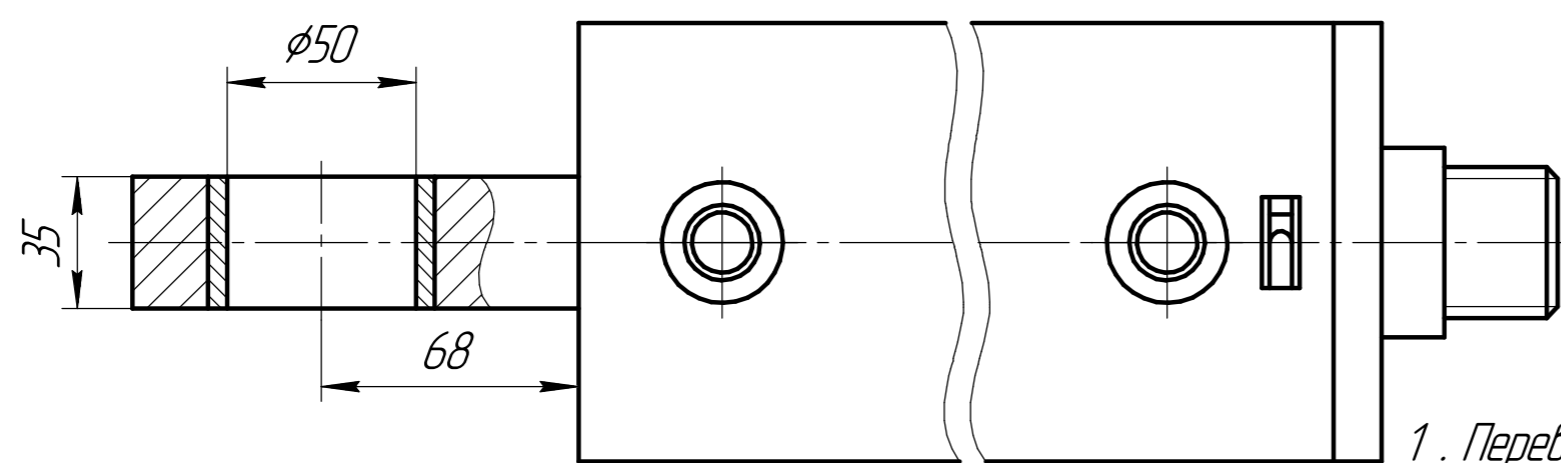
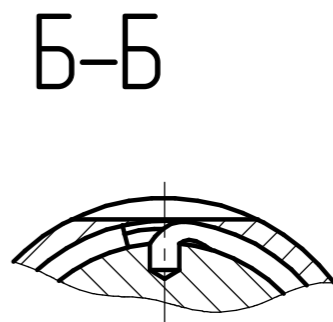
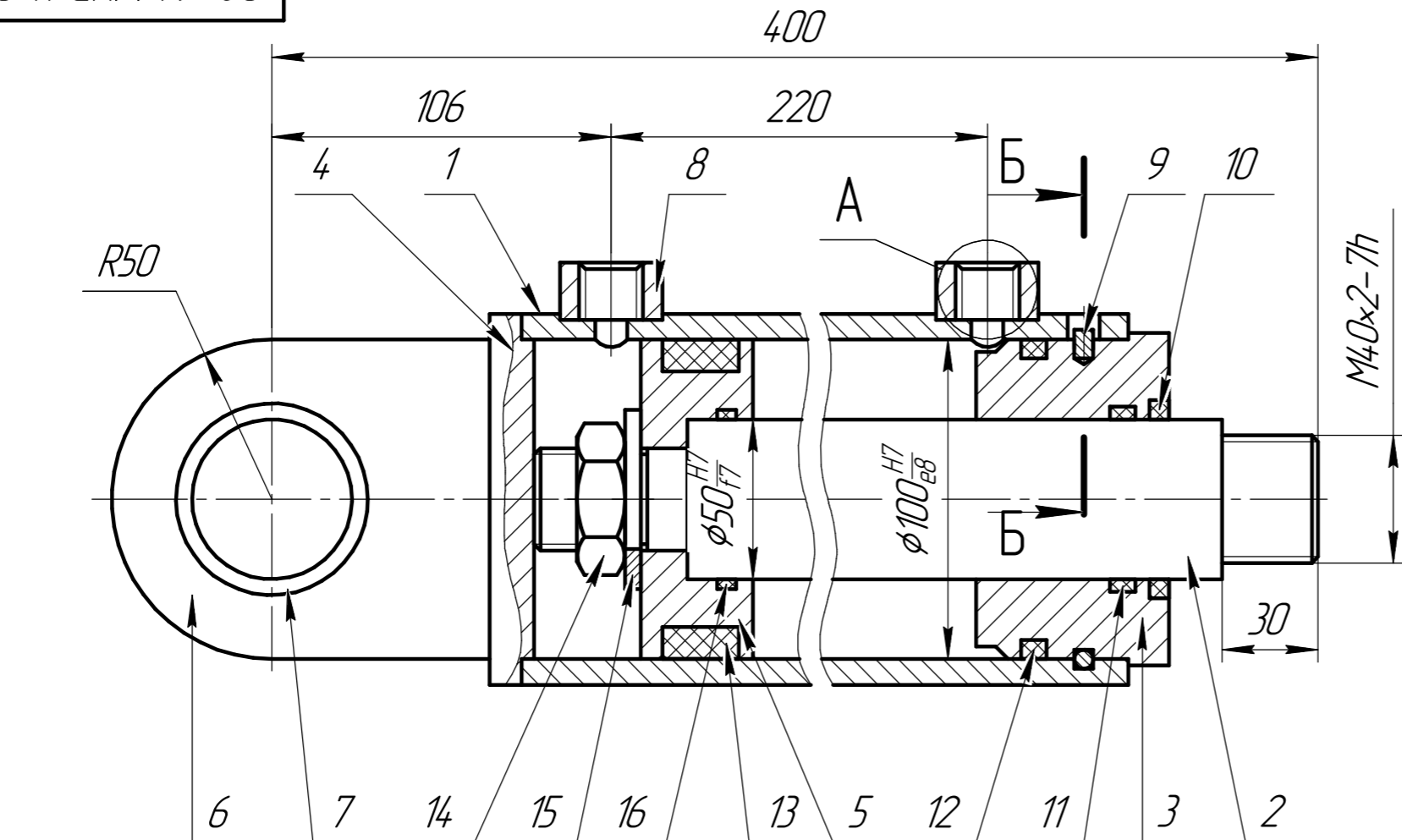
Подп. и дата

Инд. № дюрл.

Взам. инд. №

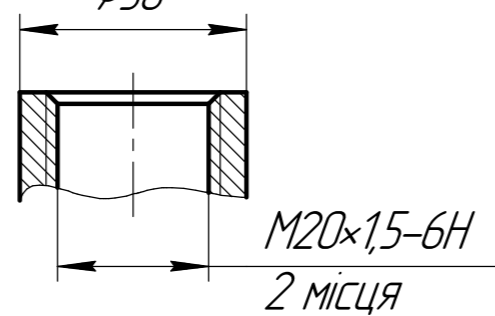
Подп. и дата

Инд. № подл.



A (1:1)

φ30



1. Перевірити на герметичність при номінальному тиску 10МПа
- 2 Заглушки на поз. 8 встановлюють після повного збирання та перевірки.
- 3 Затяжку гайки 14 виконати з крутним моментом 270-330 Нм.

				08-64.МКР.14.00.000.СК				
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	<b>Гідроциліндр</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Магденко В.А.					17	1:2
Проб.		Савуляк В.В.				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Сердюк О.В.						
Утв.		Козлов Л.Г.						
						ВНТУ, зр.1ПМ-22М		



Схема збирання "Гільза в зборі"

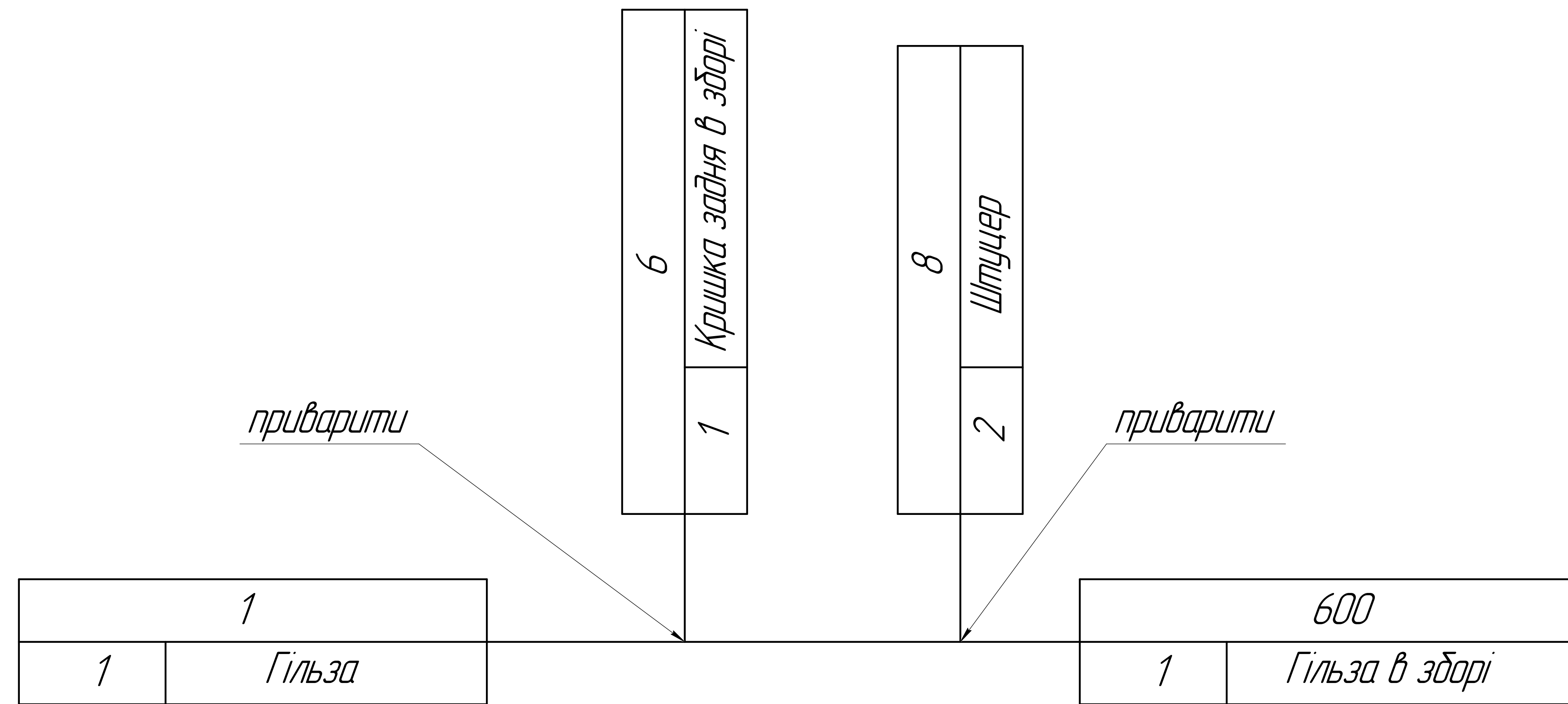


Схема збирання "Кришка передня в зборі"

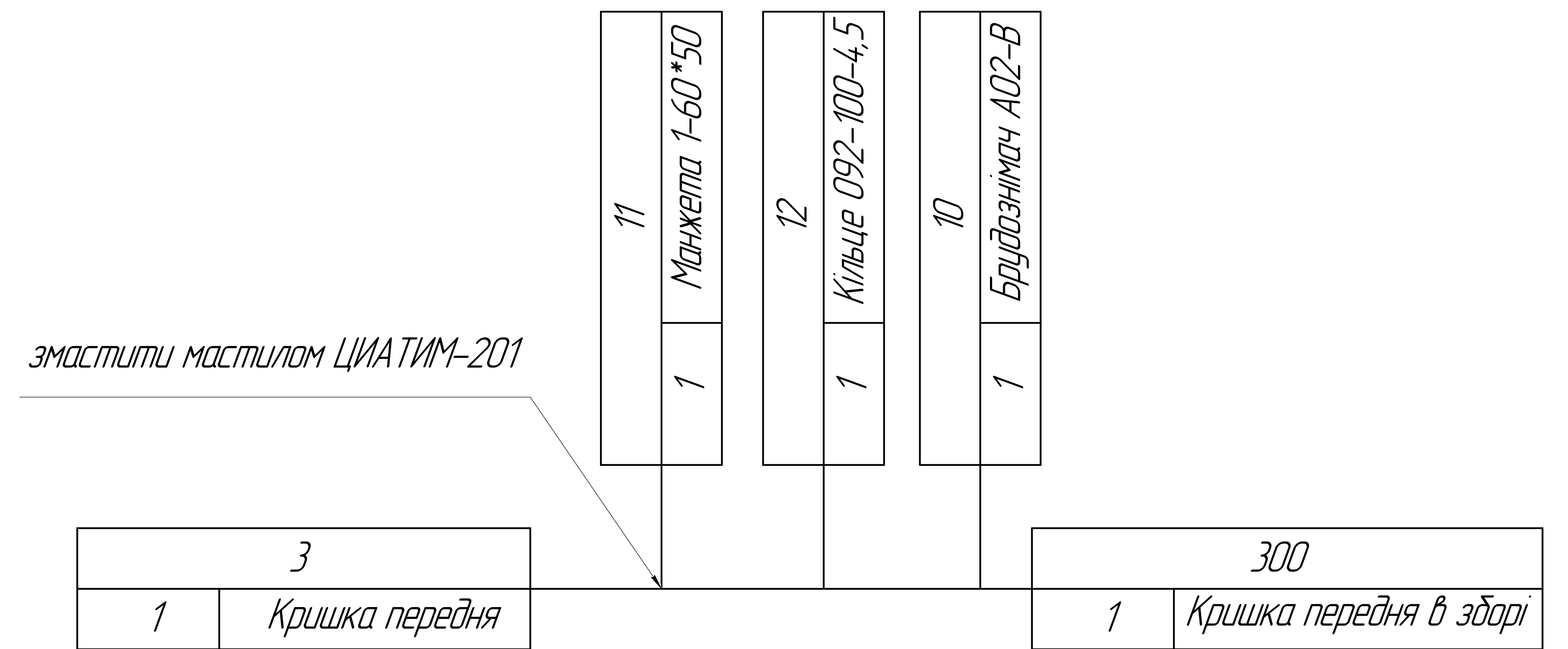


Схема збирання "Кришка задня в зборі"

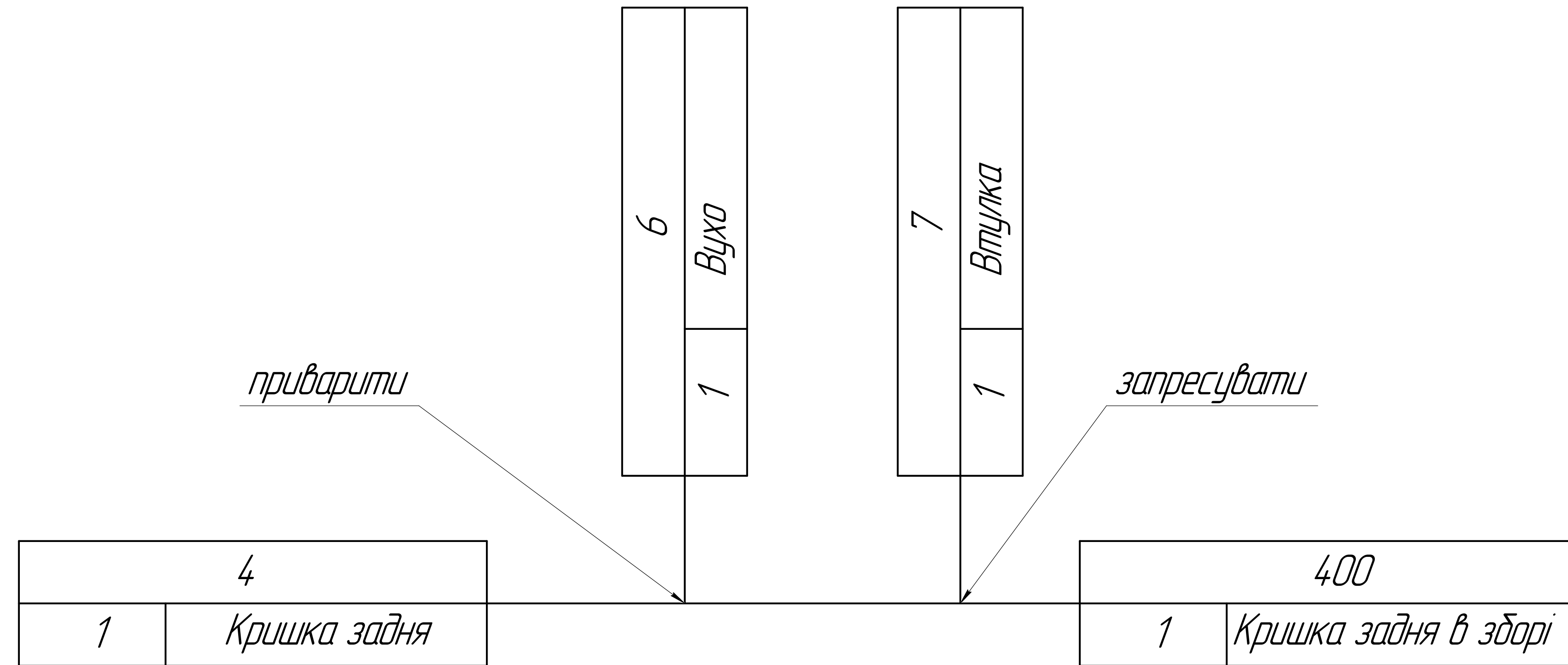


Схема збирання "Поршень в зборі"

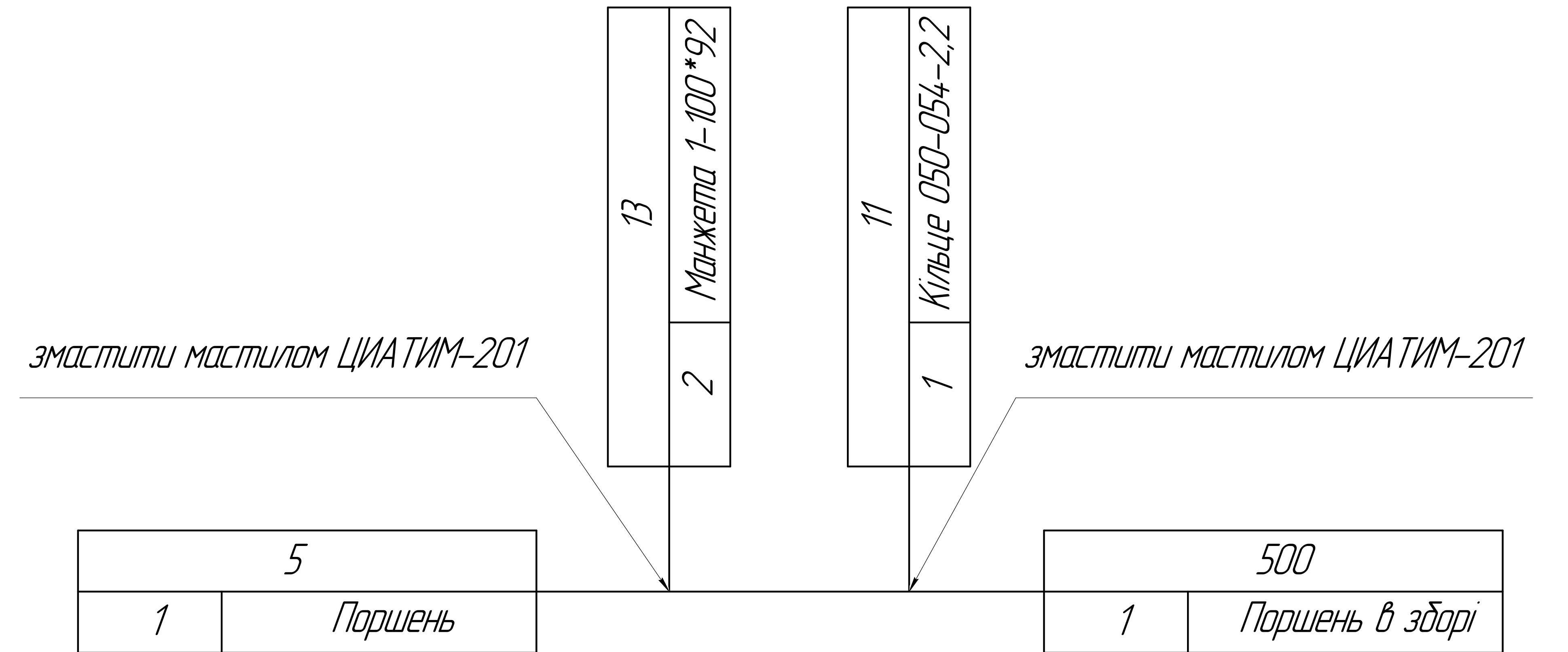


Схема збирання "Шток в зборі"

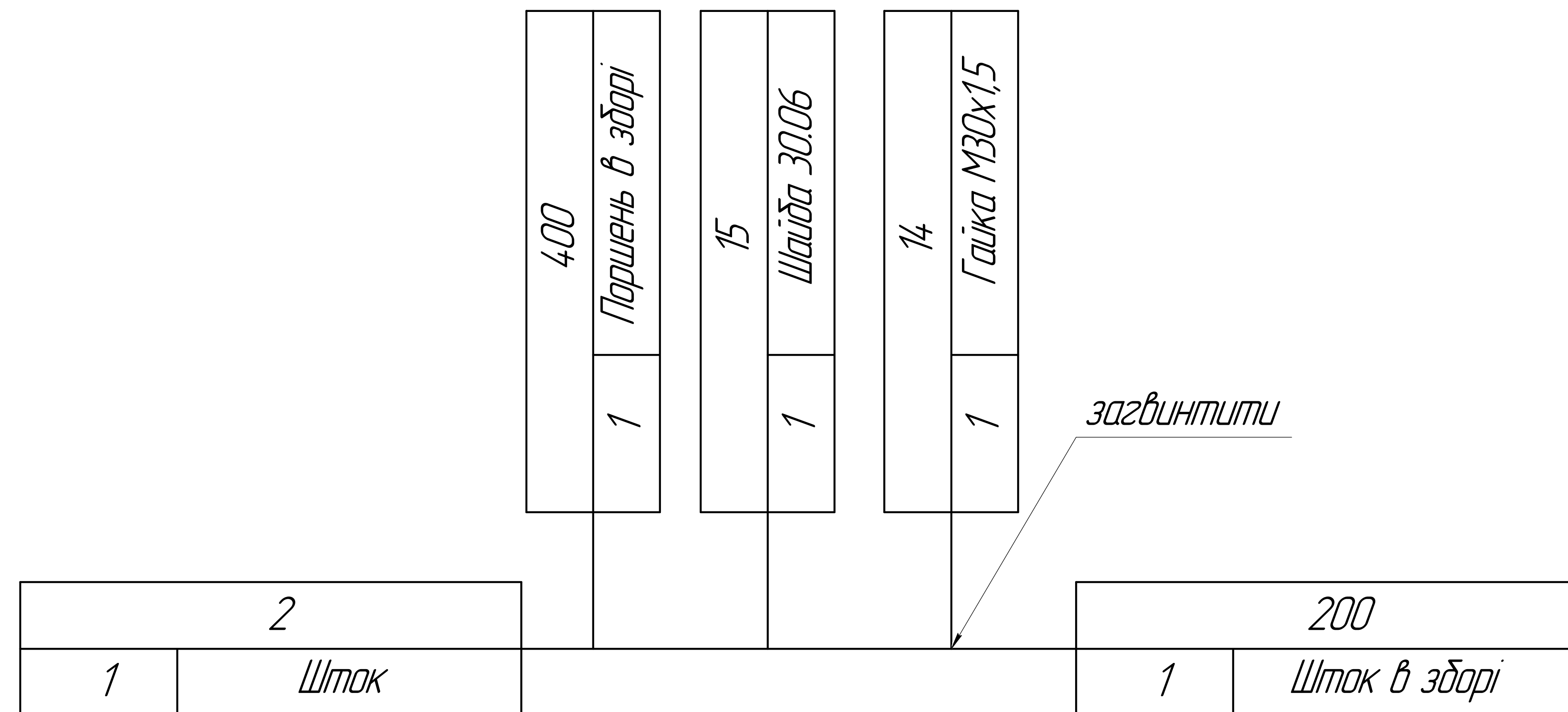
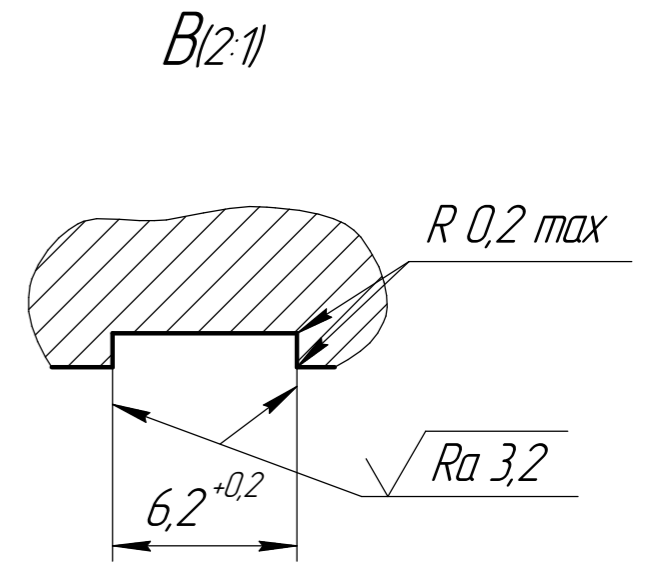
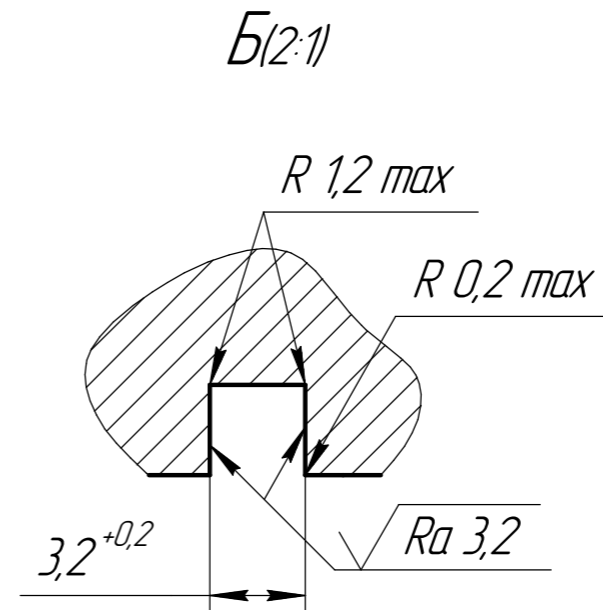
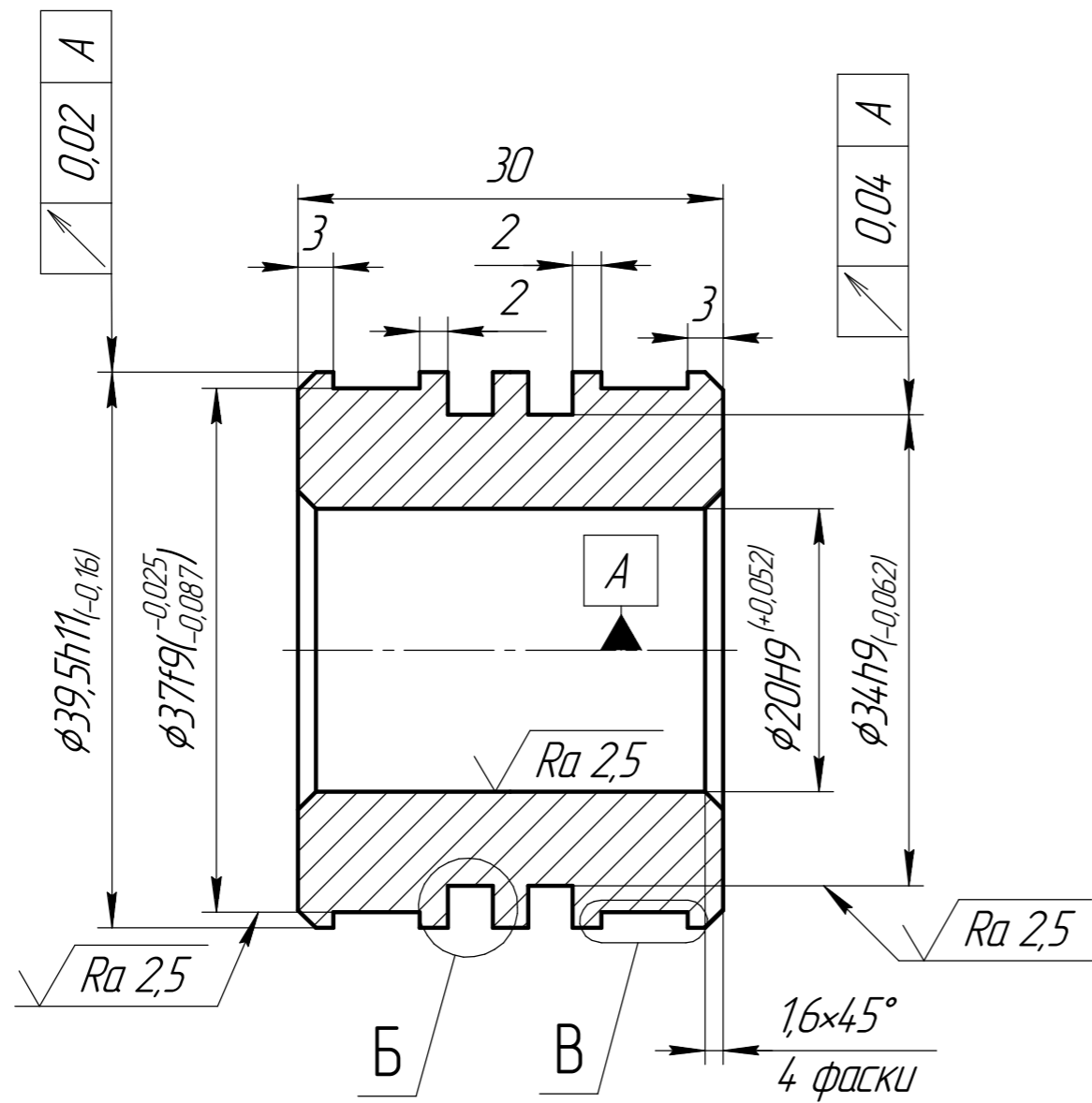


Схема збирання "Кришка задня в зборі"

08-64.МКР.14.00.005

√ Ra 6,3 (√)



1. H14, h14, ±  $\frac{IT14}{2}$ .

2. Допускається виготовлення зі сталі сталі 35 ГОСТ 1050-88.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дюрл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

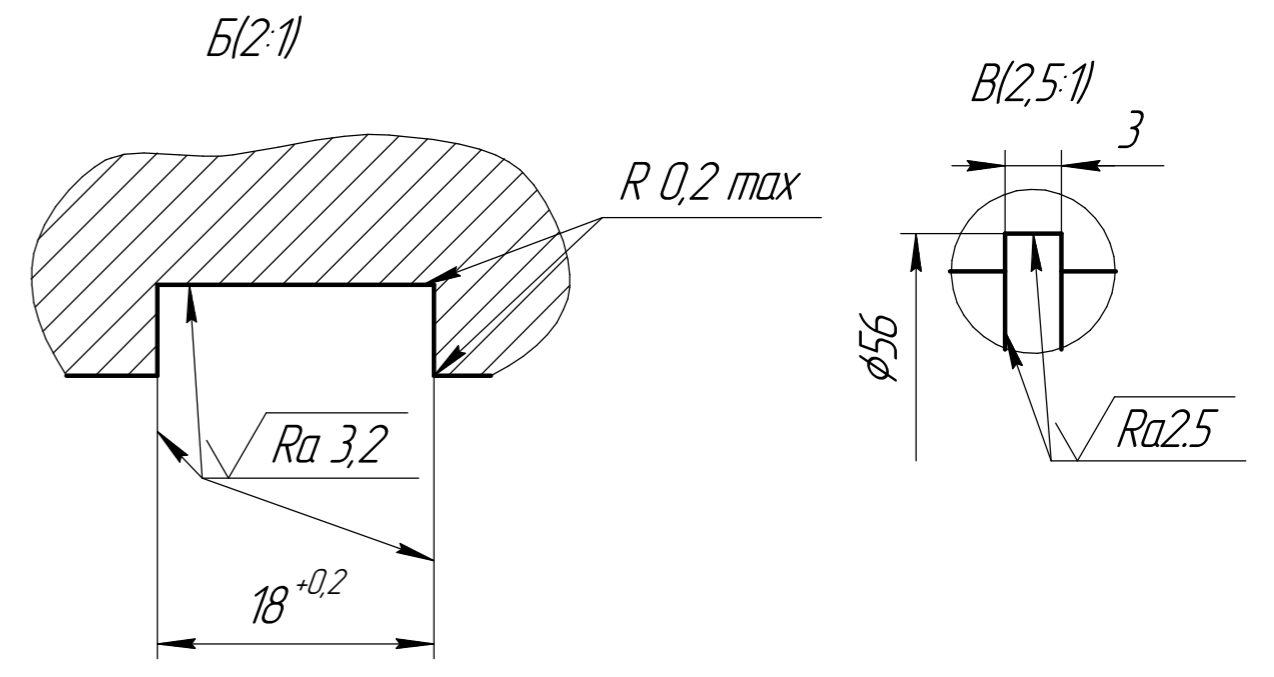
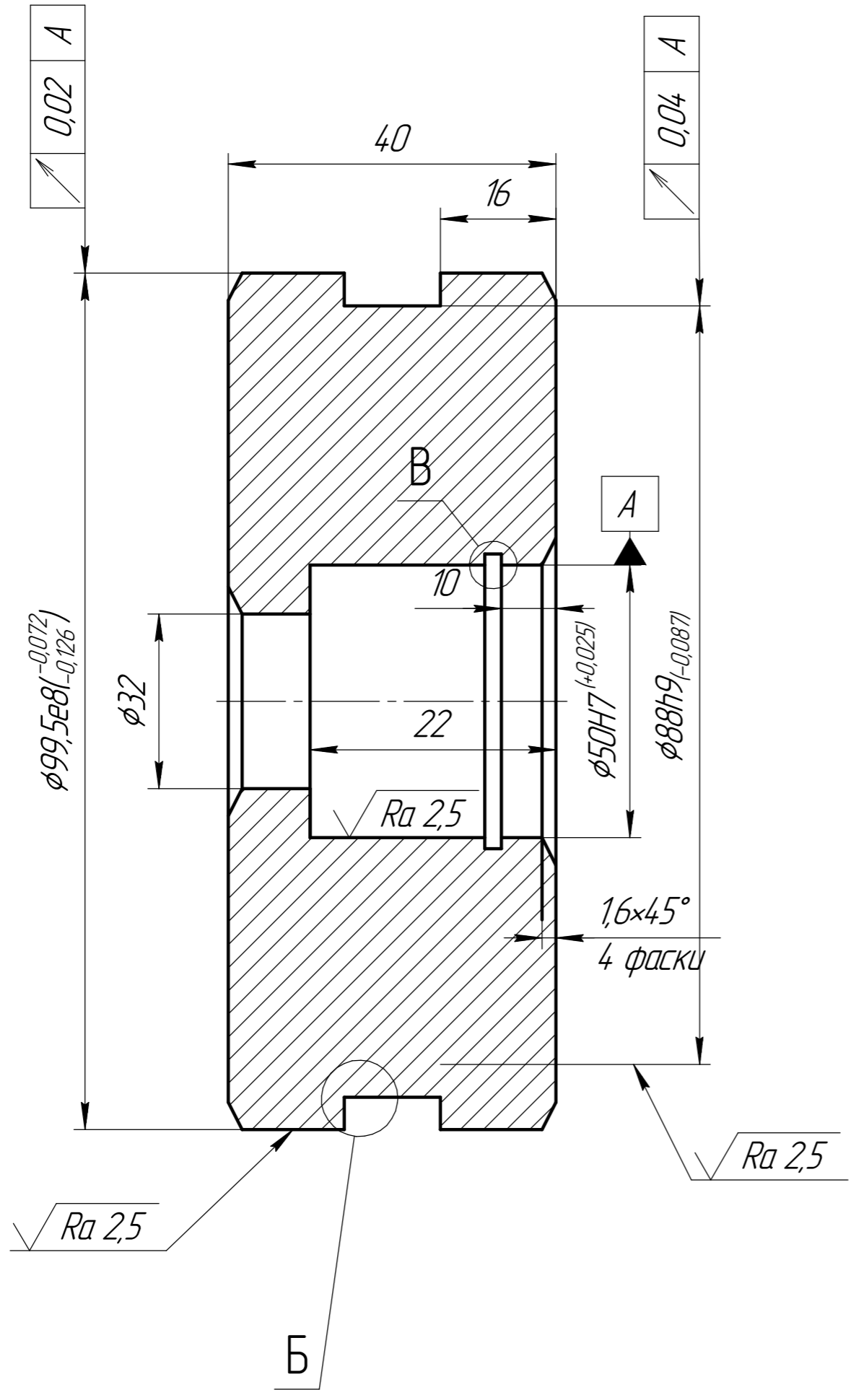
Инд. № подл.

				08-64.МКР.14.00.005				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h1>Поршень</h1>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Магденко В.А.				0	1,7	1:1
Проб.		Савуляк В.В.				Лист 1		
Т.контр.						Листов 1		
Н.контр.		Сердюк О.В.			В 42 ГОСТ 2590-88 Круг ст 45 ГОСТ 1050-88			
Утв.		Козлов Л.Г.						ВНТУ, зр. 1ПМ-22М
					Копировал		Формат А3	

08-64.МКР.14.00.002

√ Ra 6,3 (√)

Перв. примен.	
Справ. №	
Подп. и дата	
Инд. № дюрл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

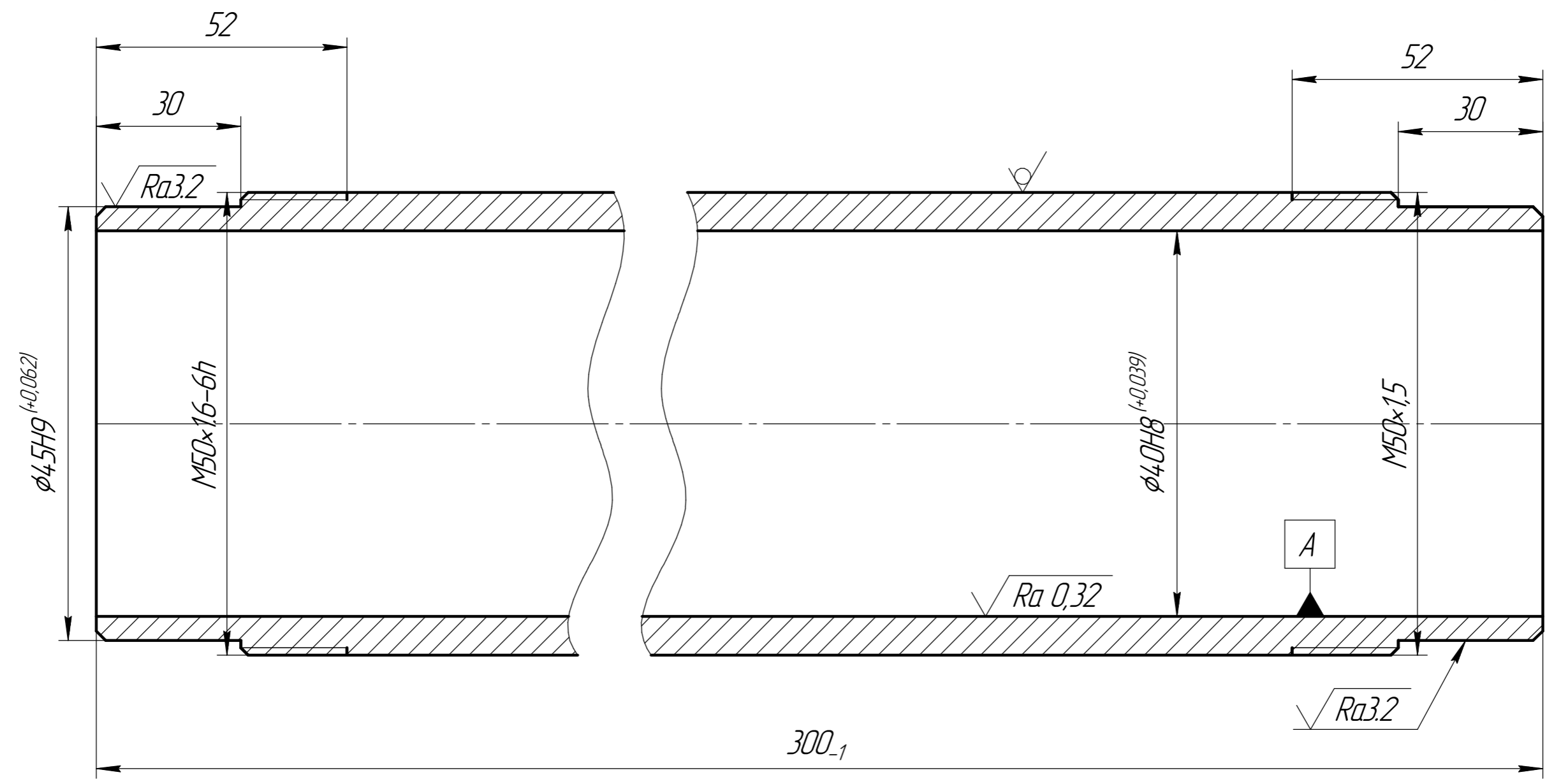


1. H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .
2. Допускається виготовлення зі сталі сталі 35 ГОСТ 1050-88.

				<b>08-64.МКР.14.00.002</b>			
				<b>Поршень</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Манденко В.А.			0	1,7	1:1
Проб.		Савуляк В.В.					
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.		Сердюк О.В.			<b>ВНТУ, зр.1ПМ-22М</b>		
Утв.		Козлов Л.Г.					
				В 102 ГОСТ 2590-88			
				Круг ст 45 ГОСТ 1050-88			
				Копировал			
				Формат А3			

08-64.МКР.14.00.006

$\sqrt{Ra\ 12,5 (\checkmark)}$



- \*Размір для довідок.
- H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инд. № дюрл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инд. № подл.

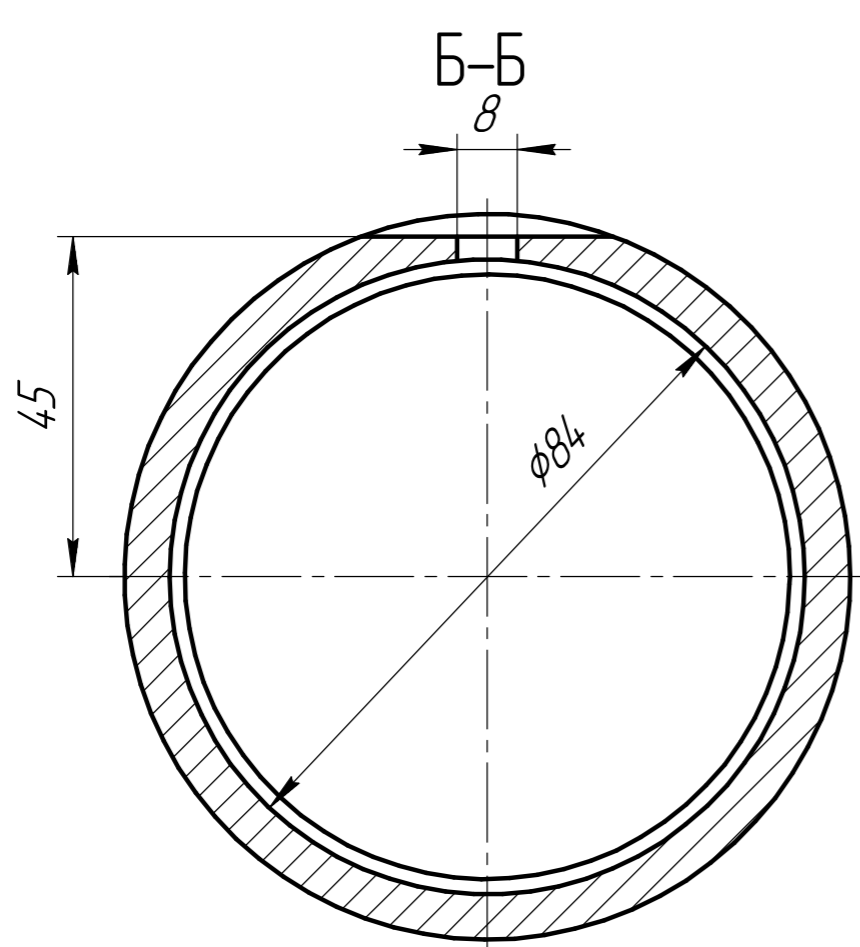
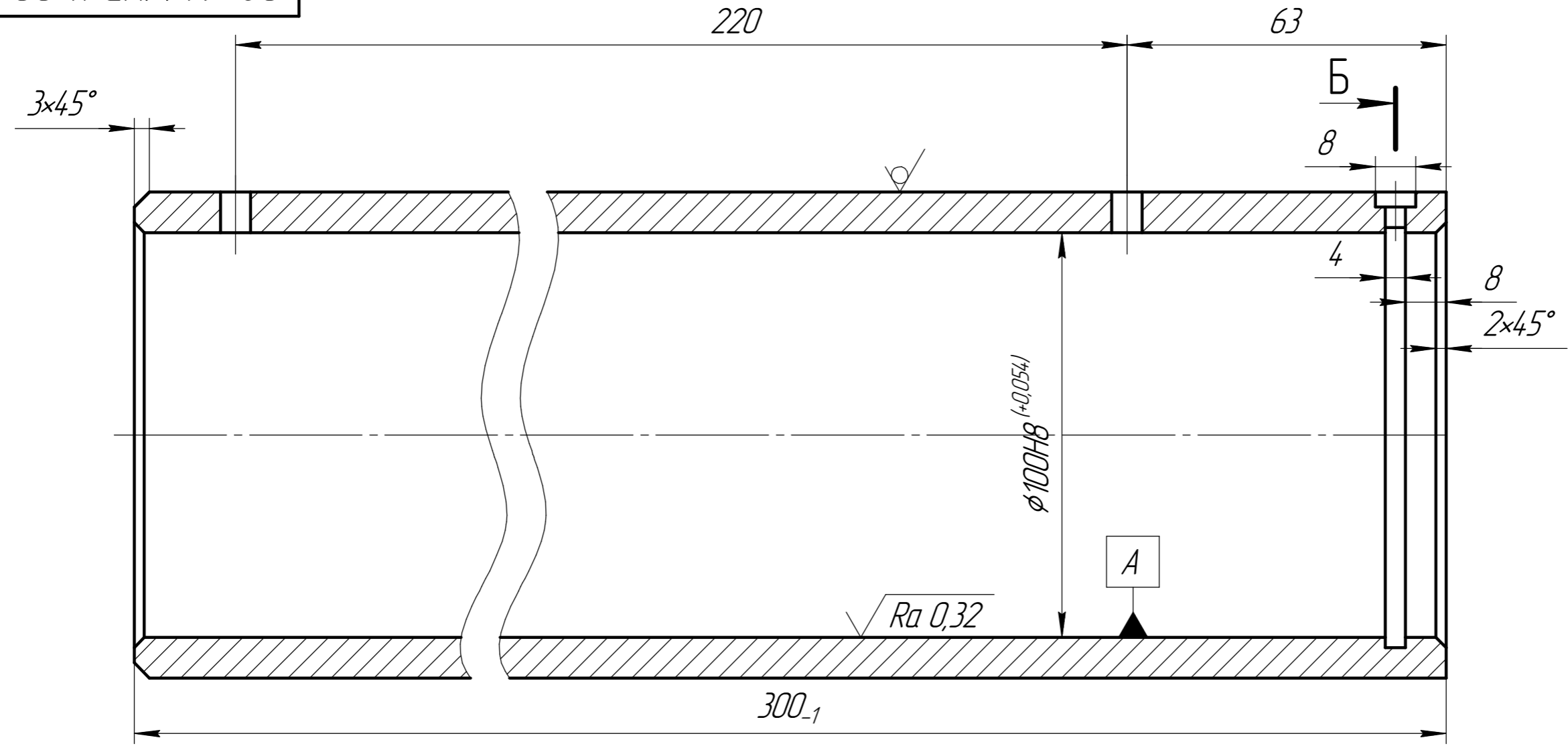
				08-64.МКР.14.00.006				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Гильза	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Магденко В.А.				0	1,8	1:1
Проб.		Савуляк В.В.				Лист	Листов	1
Т.контр.								
И.контр.		Сердюк О.В.			Труба 50x6 ГОСТ 9567-75	ВНТУ, зр.1ПМ-22М		
Утв.		Козлов Л.Г.			Труба В20 ГОСТ 8731-74	Формат А3		

Копировал

08-64.МКР.14.00.001

$\sqrt{Ra\ 12,5 (\checkmark)}$

Перв. примен.  
Справ. №  
Подп. и дата  
Изм. № дораб.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Изм. № подл.



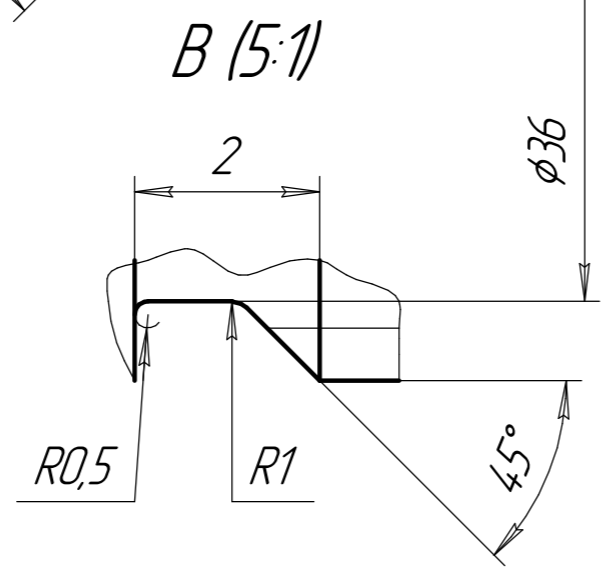
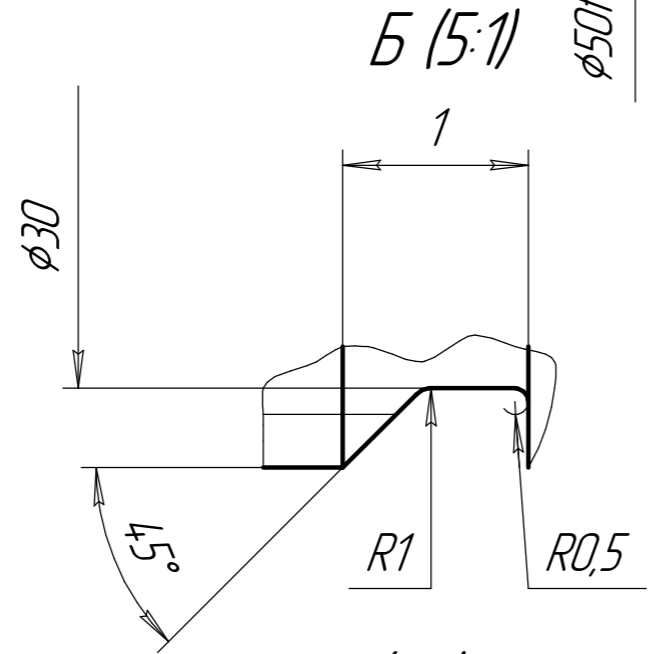
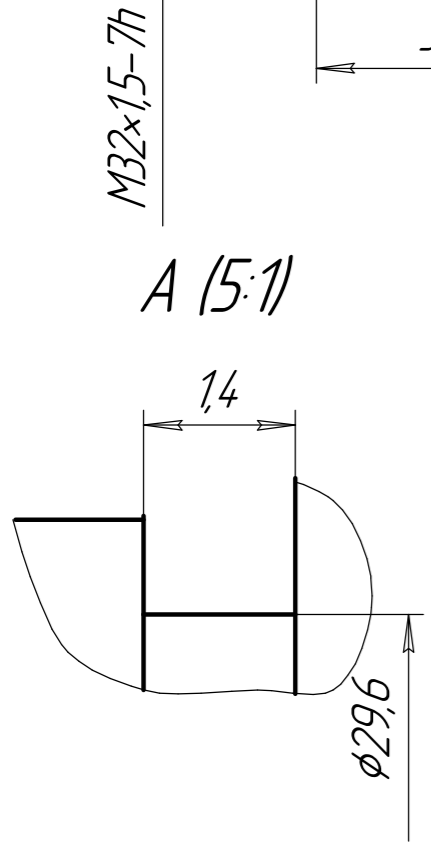
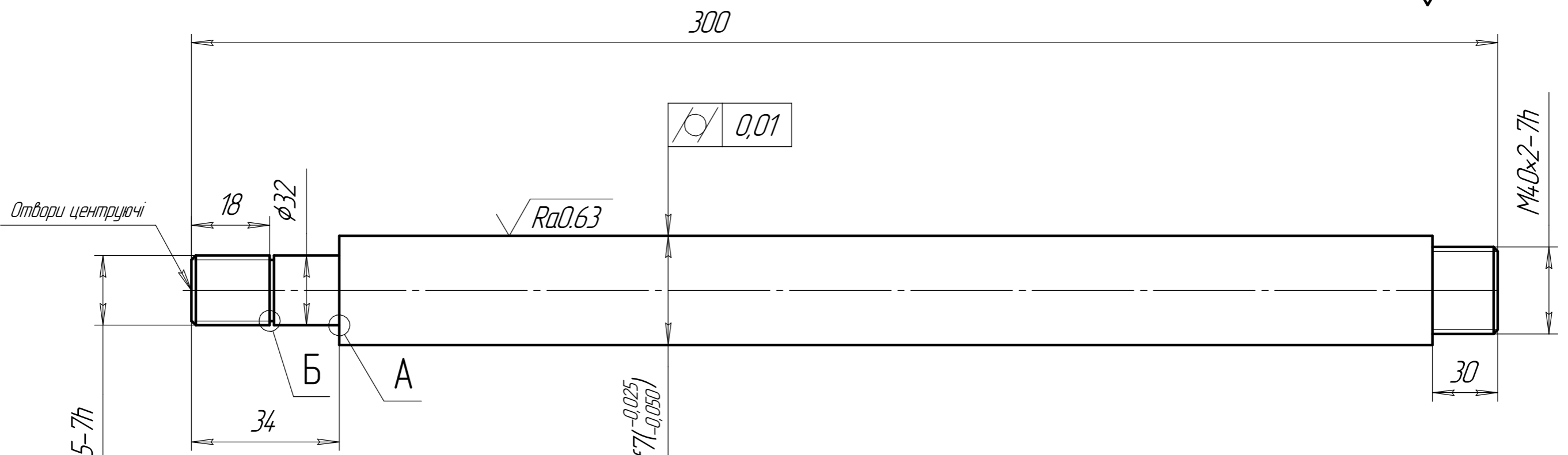
- \*Размер для довідок.
- H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$ .

				08-64.МКР.14.00.001				
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	<b>Гильза</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Магденко В.А.				0	1,8	1:1
Проб.		Савуляк В.В.				Лист	Листов	1
Т.контр.								
И.контр.		Сердюк О.В.			Труба	120x10 ГОСТ 9567-75	<b>ВНТУ, зр.1ПМ-22М</b>	
Утв.		Козлов Л.Г.				В20 ГОСТ 8731-74		
Копировал						Формат А3		

08-64.МКР.14.00.003

$\sqrt{Ra\ 6.3\ (\checkmark)}$

Перв. примен.  
Справ. №  
Подп. и дата  
Взам. инв. №  
Инв. № дубл.  
Подп. и дата  
Инв. № подл.



1. Не вказані граничні відхилення для валів по h14, отворів - H14, інших IT14 -  $\pm \frac{1}{2}$ .

				08-64.МКР.14.00.003				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Шток</b>	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Магденко В.А.				a	2,9	1:1
Проб.		Савуляк В.В.				Лист	Листов	
Т.контр.								
Н.контр.		Сердюк О.В.			Круг В1 54 ДСТУ 4738:2007 45 ГОСТ 1050-88	ВНТУ, зр. ІПМ-22М		
Утв.		Козлов Л.Г.						

Копировал

Формат А3

08-64.МКР.14.00.004

Перв. примен.

Справ. №

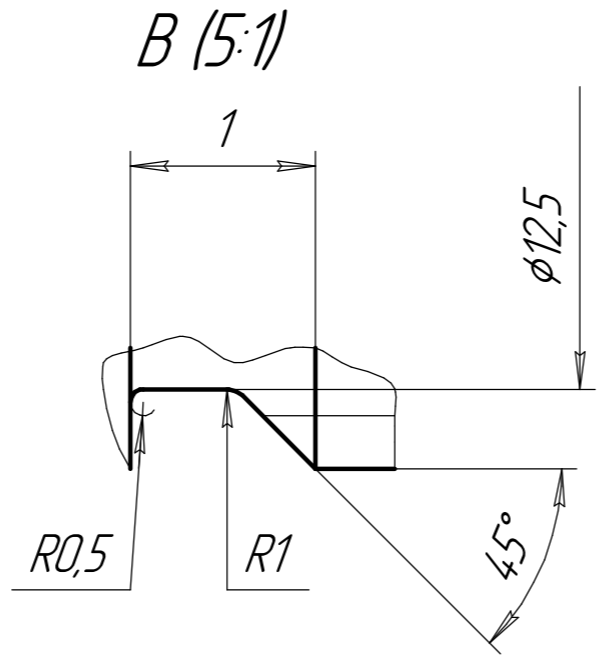
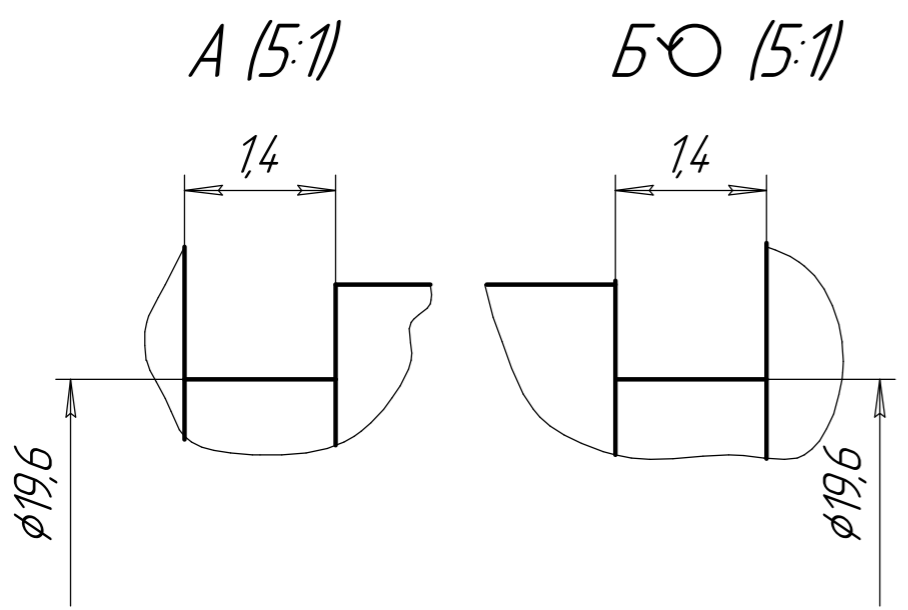
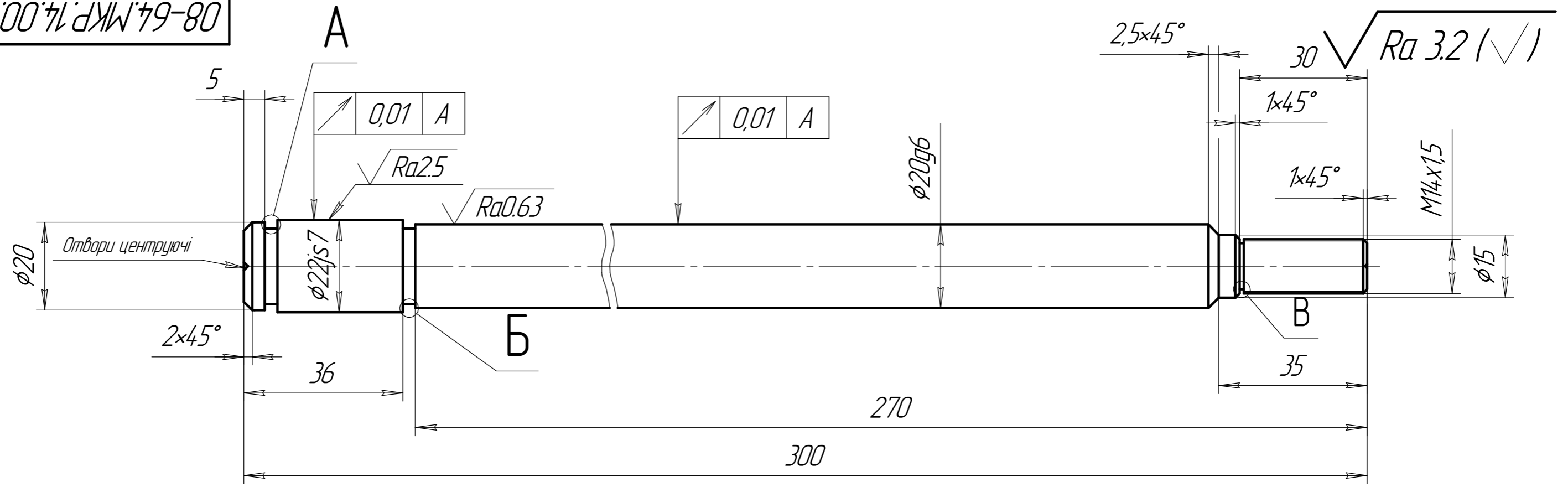
Подп. и дата

Изм. № докум.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



1. Не вказані граничні відхилення для валів по h14, отворів - H14, інших IT14 -  $\pm \frac{1}{2}$ .

				08-64.МКР.14.00.004			
				Шток			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Магденко В.А.			a	2,9	1:1
Проб.		Савуляк В.В.			Лист / Листов		
Т.контр.							
Н.контр.		Сердюк О.В.			ВНТУ, зр.1ПМ-22М		
Утв.		Козлов Л.Г.			Круж В1 27 ДСТУ 4738:2007 45 ГОСТ 1050-88		
				Копировал			
				Формат А3			

### Маршрут механічної обробки деталі "Гільза"

№пер	Найменування операції та зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торець 1 згідно ескізу.</li> <li>3. Точити поверхню 2 і 3 однократно.</li> <li>4. Нарізати різь 3 згідно ескізу.</li> <li>5. Відрізати заготовку в розмір згідно ескізу.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34.0Ф30
010	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торець 1 згідно ескізу.</li> <li>3. Точити поверхню 2 і 3 однократно.</li> <li>4. Нарізати різь 3 згідно ескізу.</li> <li>5. Зняти деталь.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34.0Ф30

				08-64.МКР.14.00.100 П/1		
Взм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Маршрут механічної обробки типової деталі "Гільза"	
Розроб.		Магденко В.А.			Лист	Масштаб
Проб.		Савуляк В.В.			Маса	1:1
Т.контр.					Листів	1
Н.контр.		Сердюк О.В.			ВНТУ зр1ПМ-22М	
Утв.		Козлов Л.			Формат А1	

Листів у збірці: \_\_\_\_\_  
 Сторінок: \_\_\_\_\_  
 Підпис: \_\_\_\_\_  
 Дата: \_\_\_\_\_



### Маршрут механічної обробки деталі "Шток"

№пер	Найменування операції та зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торець 1 згідно ескізу.</li> <li>3. Свердлити центрувальний отвір в поверхні 1.</li> <li>4. Розвернути заготовку на 180°.</li> <li>5. Підрізати торець 2 згідно ескізу.</li> <li>6. Свердлити центрувальний отвір в поверхні 2.</li> <li>7. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34.0Ф30
010	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Точити по контуру поверхні 3, 9 і 10 однократно, поверхні 5 і 7 попередньо.</li> <li>3. Точити поверхні 4, 6 і 8 однократно.</li> <li>4. Точити поверхні 5 і 7 попередньо.</li> <li>5. Точити поверхні 5 і 7 попередньо.</li> <li>6. Точити поверхні 5 і 7 остаточно згідно ескізу</li> <li>7. Нарізати різь на поверхні 10 однократно.</li> <li>8. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34.0Ф30

08-64.МКР.14.00.200 П/1				Лист	Масштаб
Маршрут механічної обробки теплової деталі "Шток"				1:1	
Ізм. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Лист	Листів
Розроб.	Магденко В.А.			1	1
Проб.	Савуляк В.В.				
Т.контр.					
Н.контр.	Сердюк О.В.				
Утв.	Козлов Л.Г.				

08-64.МКР.14.00.400. П/1

Перв. примен.

Справ. №

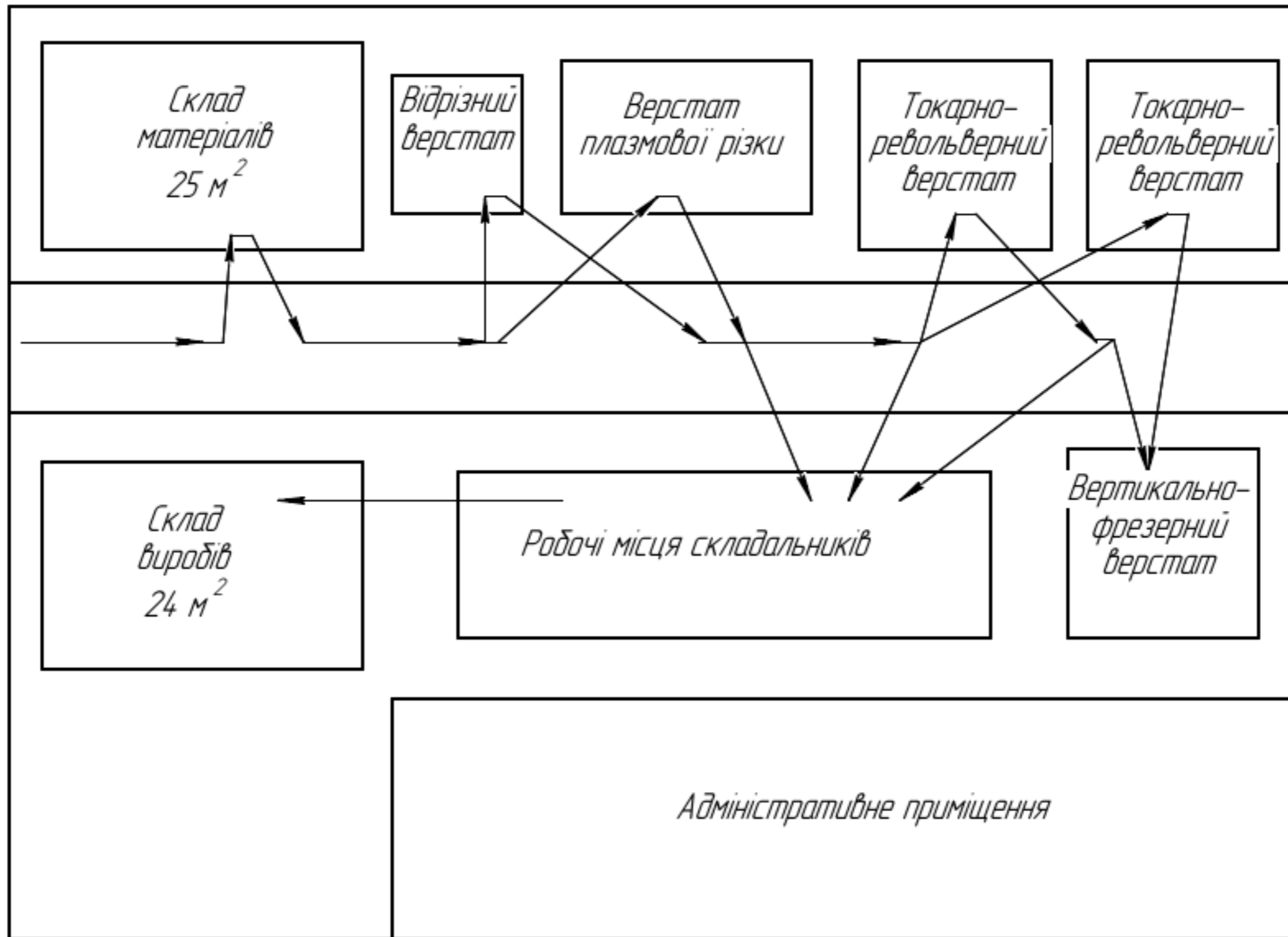
Подп. и дата

Инд. № дѣл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



				08-64.МКР.14.00.400. П/1			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема розташування елементів підприємства	Лист	Масштаб
Разраб.		Магденко В.А.					1:1
Проб.		Савуляк В.В.				Лист	Листов 1
Т.контр.							
Н.контр.		Сердюк О.В.				ВНТУ, гр. ІПМ-22М	
Утв.		Козлов Л.Г.					

Копировал

Формат А3

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту

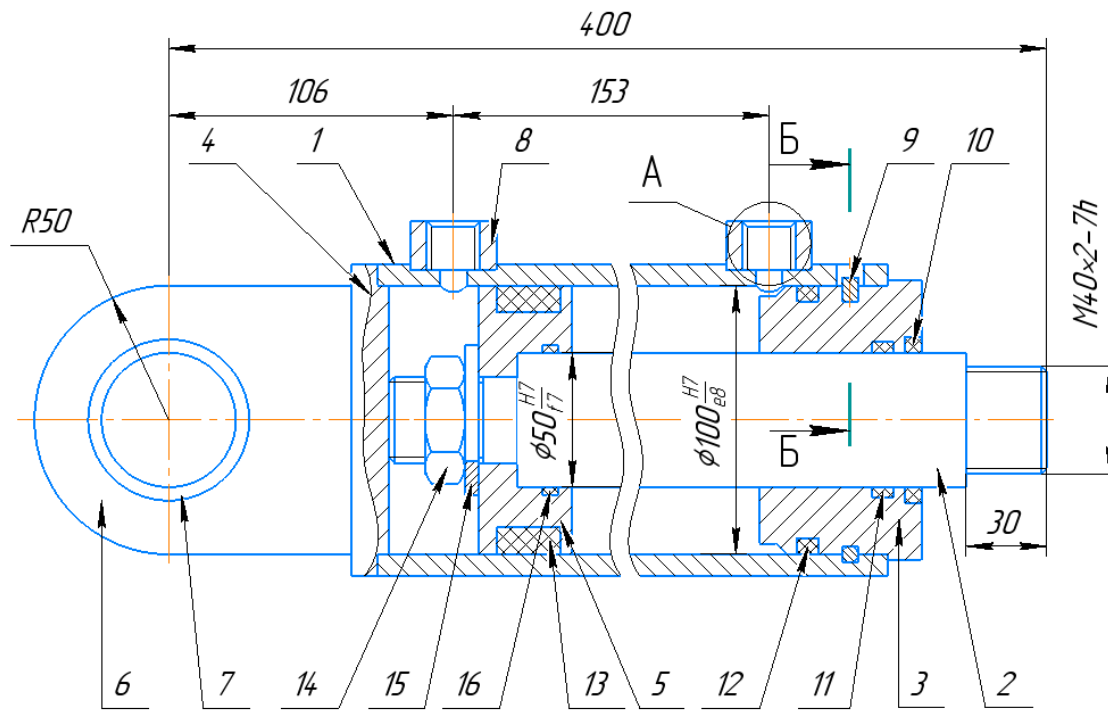
Магістерська кваліфікаційна робота  
на тему  
ВИГОТОВЛЕННЯ ВУЗЛА " ГІДРОЦИЛІНДР" В  
УМОВАХ МАЛОГО ПІДПРИЄМСТВА

Виконав: студент 2 курсу,  
групи 1ПМ-22м  
спеціальності 131 –  
«Прикладна механіка»  
Магденко В.А.  
Керівник: к.т.н., доцент  
Савуляк В.В.

Вінниця ВНТУ 2023

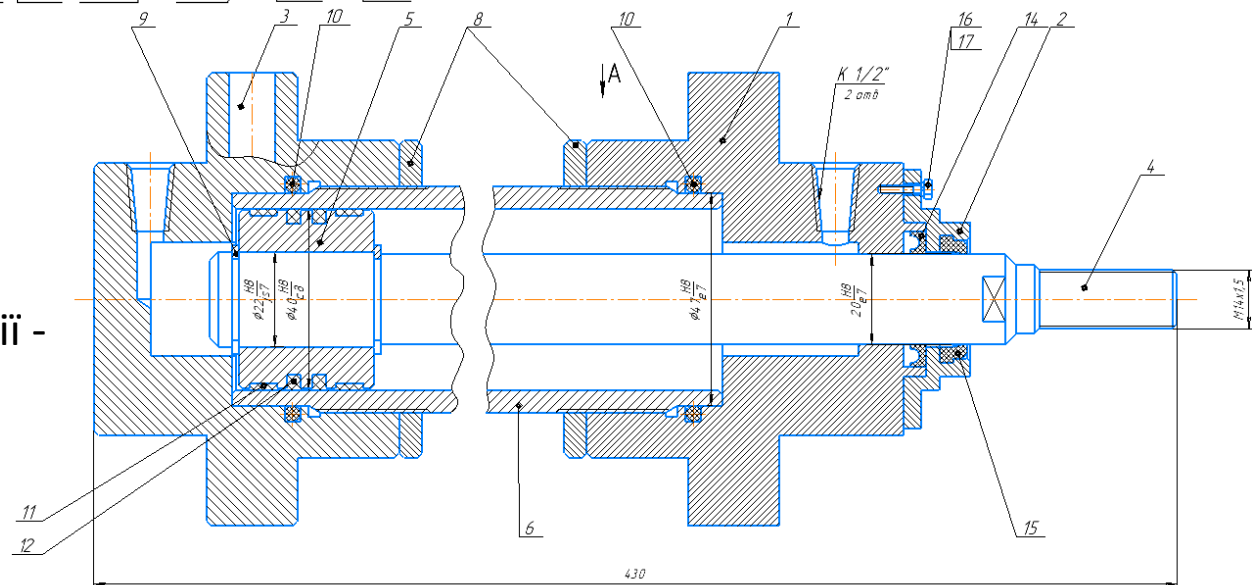
- **Метою роботи** визначення можливості організації виробництва вузла «Гідроциліндр» різних форм в умовах малого підприємства.
- Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:
  - сформулювати групову технологію складання вузла «Гідроциліндр»;
  - розробити маршрути механічної обробки типових деталей вузла «Гідроциліндр»;
  - провести нормування витрат часу для складального виробництв;
  - визначити необхідну кількість обладнання, працівників та площ для забезпечення діяльності малого підприємства;
  - встановити взаємозв'язок між геометричними параметрами деталі «Гільза» та деформацією і вагою під час роботи для забезпечення мінімуму втрат рідини під час роботи;
  - визначити економічну доцільність виготовлення вузла «Гідроциліндр» в умовах малого підприємства.
- **Об'єкт дослідження:** технологічні процеси складання вузла «Гідроциліндр».
- **Предмет дослідження:** технології складання та виготовлення деталей вузла «Гідроциліндр».
- **Методи дослідження.** Теоретичні дослідження маршрутних технологій виконані за допомогою емпіричних моделей, а дослідження деформації деталі «Гільза» під час роботи здійснено за допомогою імітаційного моделювання з використанням програмного комплексу Ansys (студентська версія).
- **Наукова новизна одержаних результатів:** За допомогою імітаційного моделювання була отримана залежність деформування стінки деталі «Гільза» під час роботи вузла від товщини стінки, положення поршня, тиску в робочій порожнині. Уточнено товщину стінки для забезпечення мінімальної деформації та матеріалоемкості деталі під час роботи та виготовлення.
- **Практичне значення одержаних результатів** полягає в встановленні можливості організації виробництва вузла «Гідроциліндр» на малому підприємстві. При цьому запропоновані такі нові рішення:
  - розроблено технологічні процеси механічної обробки основних деталей вузла «Гідроциліндр», а економічні розрахунки підтвердили доцільність організації виробництва;
  - розроблено типові технології складання вузлів типу «Гідроциліндр» в умовах малого підприємства;
  - за допомогою імітаційного моделювання встановлено параметри товщини стінки для забезпечення мінімальної деформації та матеріалоемкості деталі «Гільза».

# Складальні креслення вузлів «Гідроциліндр» різного виконання



- Гідроциліндр

Гідроциліндр двосторонньої дії -

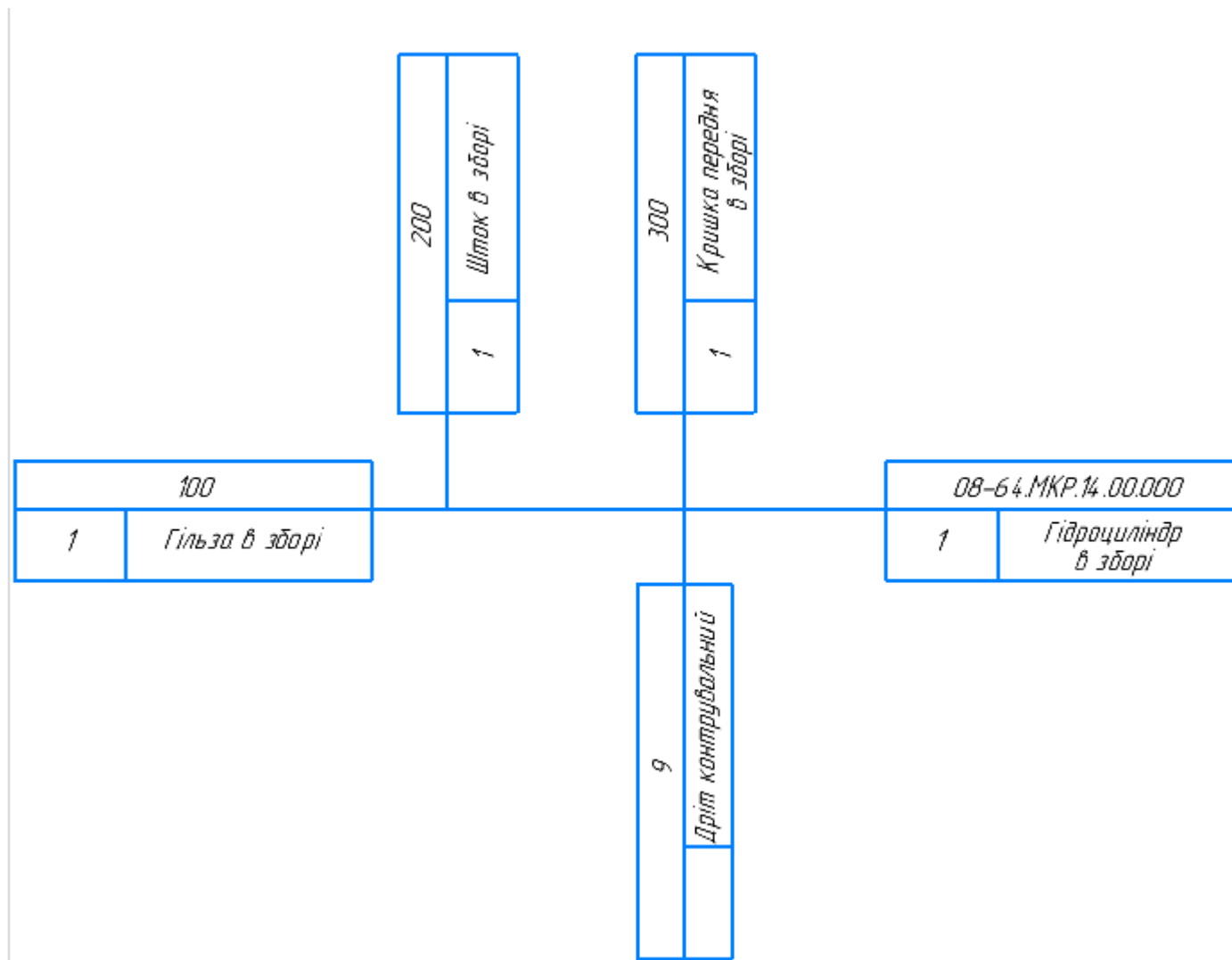


Назва коефіцієнта $K_i$	Позначення і розрахункова формула	Параметри формул	$\lambda_{i0}$	
			одиничне	серійне
Коефіцієнт числа деталей	$K_{чд} = e^{-0,006n}$	n – загальна кількість деталей і складальних одиниць у виробі	0,2	0,15
Коефіцієнт повторюваності	$K_{пов} = 1 - Q / n$	Q - кількість найменувань деталей і складальних одиниць у виробі	0,2	0,1
Коефіцієнт механізації	$K_{мех} = n_{мех} / n$	$n_{мех}$ - кількість деталей, які можна встановити зі застосуванням засобів механізації	0,1	0,2
Коефіцієнт взаємозамінності	$K_{вз} = n_{вз} / n$	$n_{вз}$ - кількість з'єднань, які виконуються по методу повної взаємозамінності	0,15	0,2
Коефіцієнт уніфікації і стандартизації	$K_y = n_y / n$	$n_y$ - кількість стандартних та уніфікованих деталей	0,1	0,15
Коефіцієнт числа напрямків	$K_V = 1 - V_i / n$	$V_i$ – кількість напрямків складальних рухів	0,2	0,1
Коефіцієнт збірності	$K_{зб} = O / Q$	O - кількість складальних одиниць у виробі	0,05	0,1

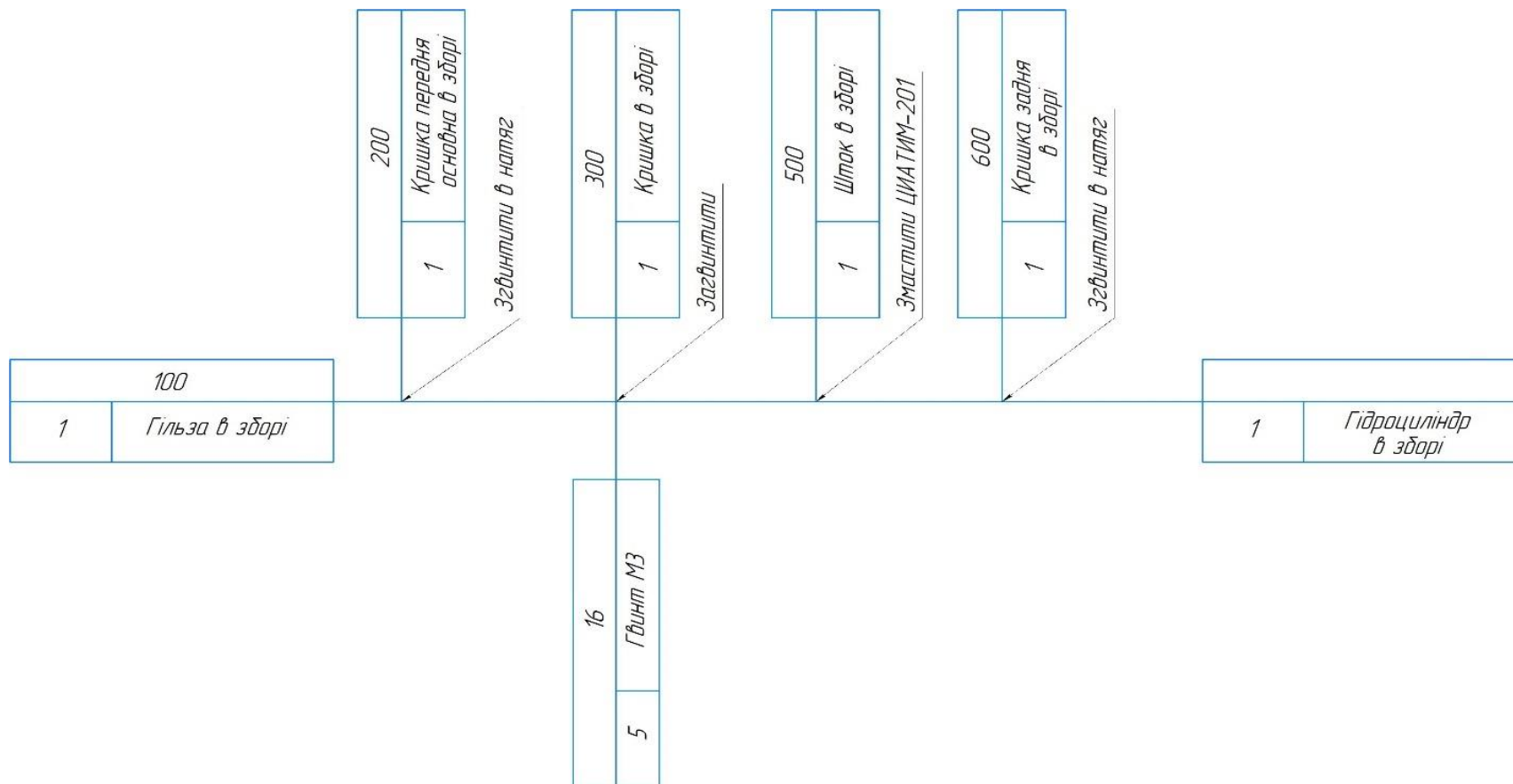
Назва коефіцієнта $K_i$	Числове значення показника технологічності	Ваговий коефіцієнт $\lambda_{i0}$ для серійного виробництва	Зведений коефіцієнт $\lambda_{i0} \cdot K_i$	Сумарний показник тех- нологічності
Коефіцієнт числа деталей	0,9	0,15	0,135	0,624
Коефіцієнт повторюваності	0,4	0,1	0,04	
Коефіцієнт механізації	0,18	0,2	0,036	
Коефіцієнт взаємозамінності	1	0,2	0,2	
Коефіцієнт уніфікації і стандартизації	0,8	0,15	0,12	
Коефіцієнт числа напрямків	0,926	0,1	0,093	
Коефіцієнт збірності	0	0,1	0	

Оскільки сумарний показник технологічності попадає в діапазон 0,2- 0,7, то виріб вважається технологічним

## Загальна схема складання вузла «Гідроциліндр»

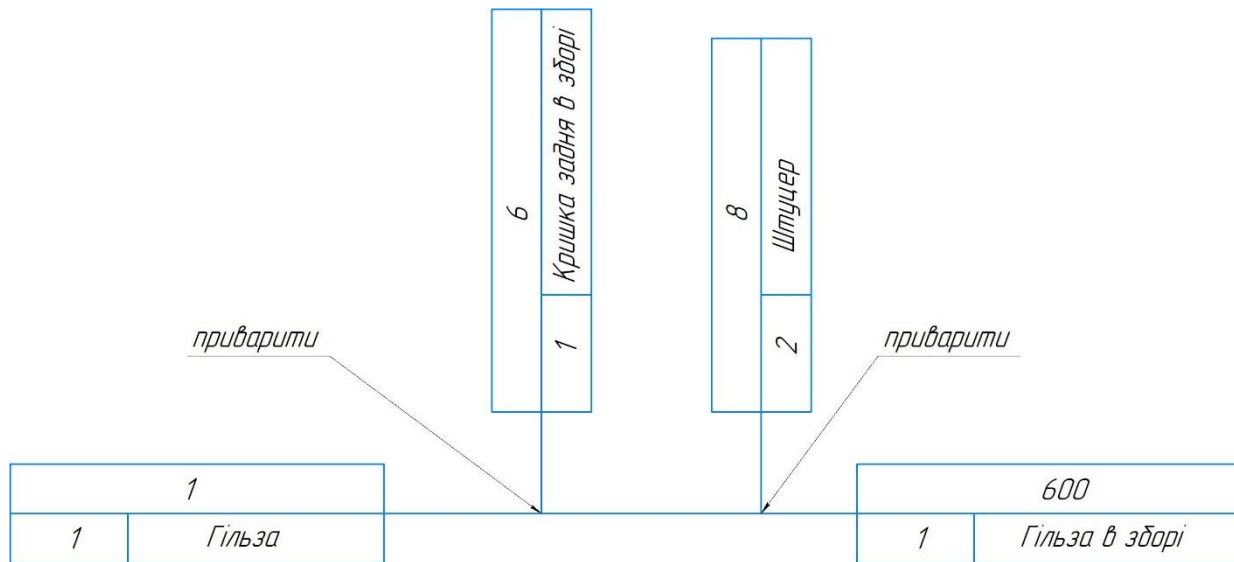


## Загальна схема складання вузла «Гідроциліндр двосторонньої дії»

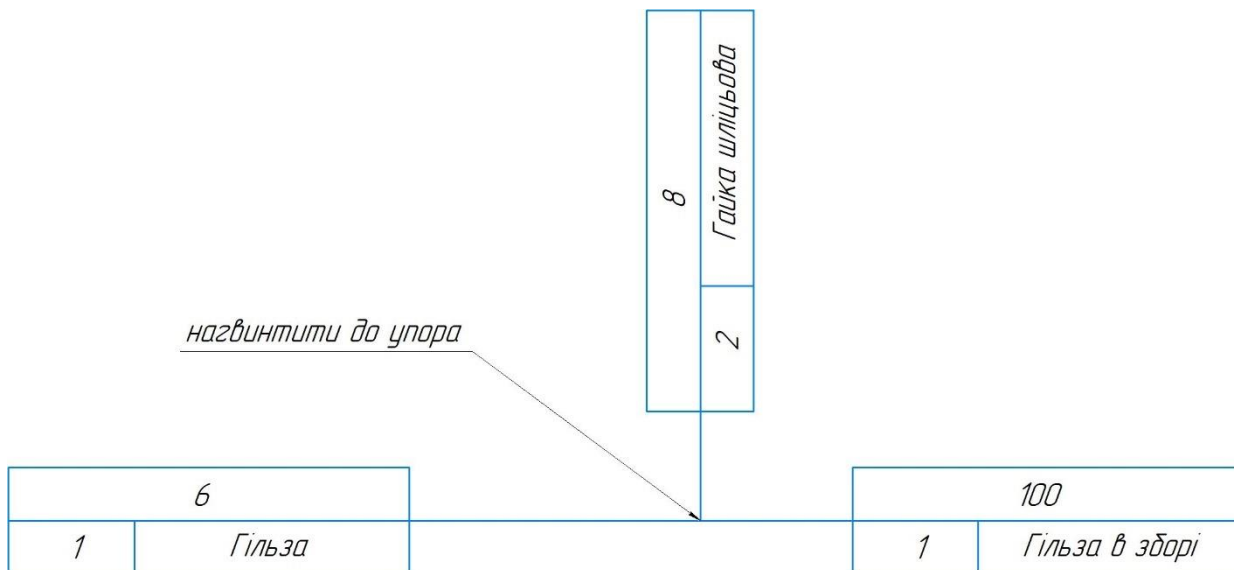




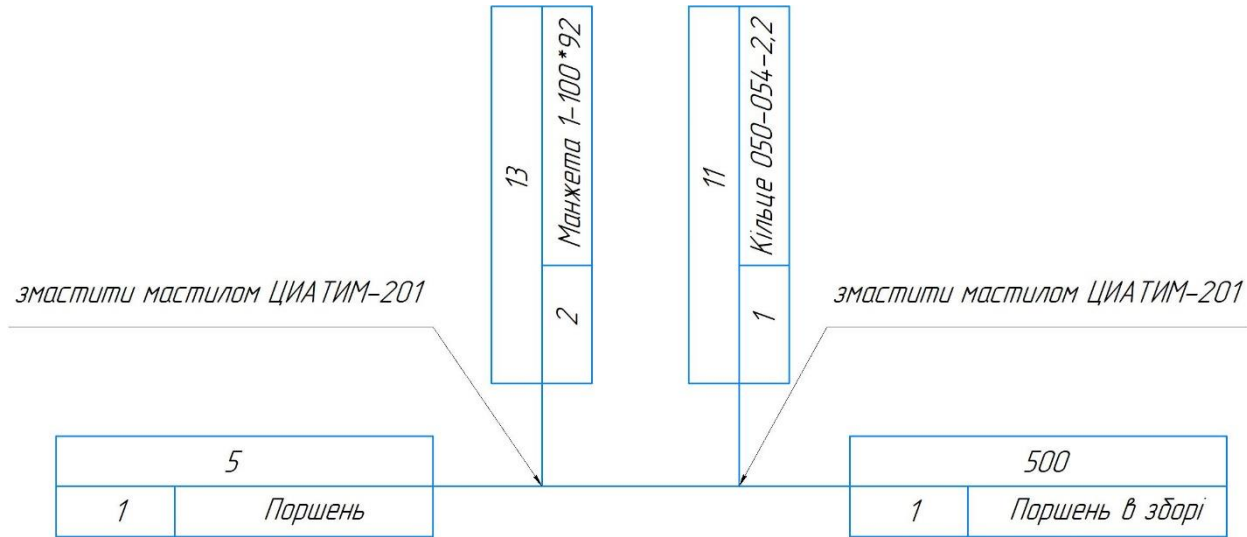
## Схема складання «Гільза в зборі» для вузла «Гідроциліндр»



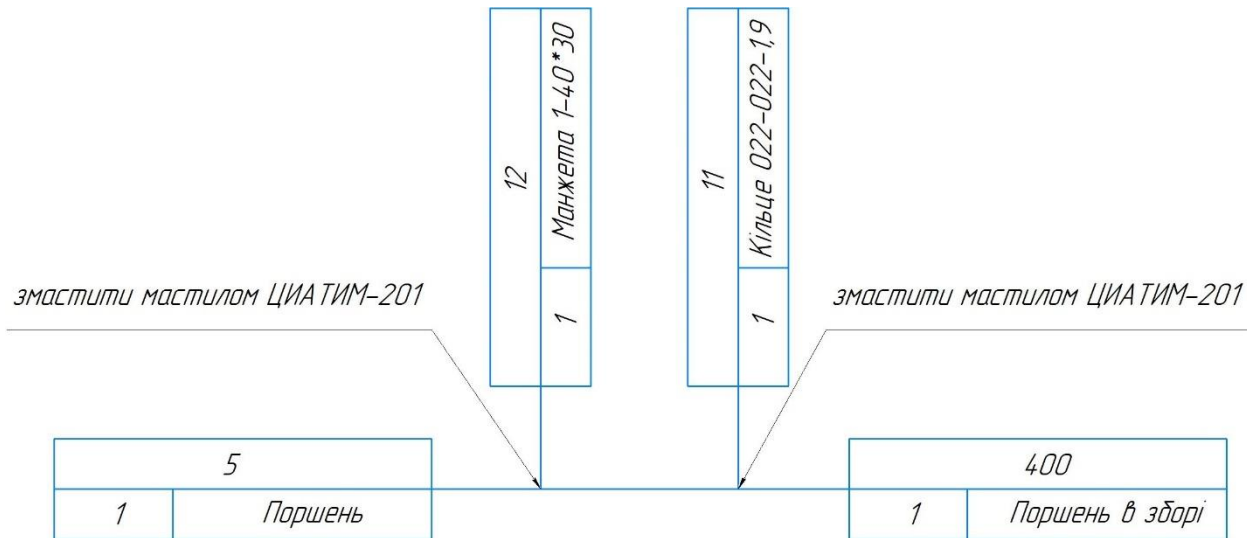
## Схема складання «Гільза в зборі» для вузла «Гідроциліндр подвійної дії»



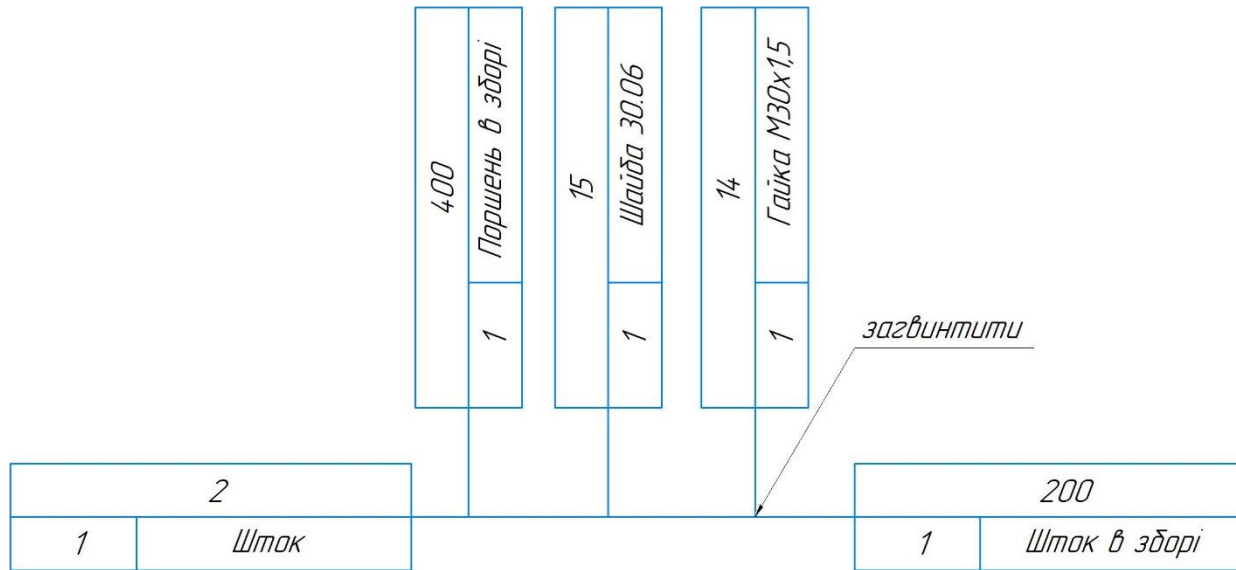
## Схема складання «Поршень в зборі» для вузла «Гідроциліндр»



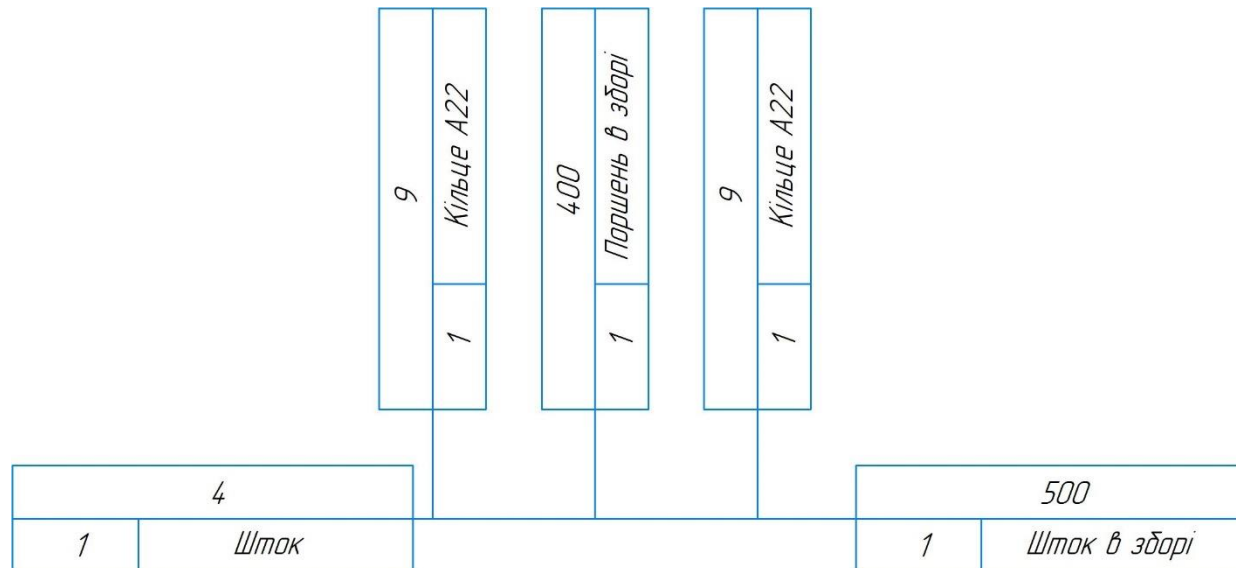
## Схема складання «Поршень в зборі» для вузла «Гідроциліндр подвійної дії»



## Схема складання «Шток в зборі» для вузла «Гідроциліндр»

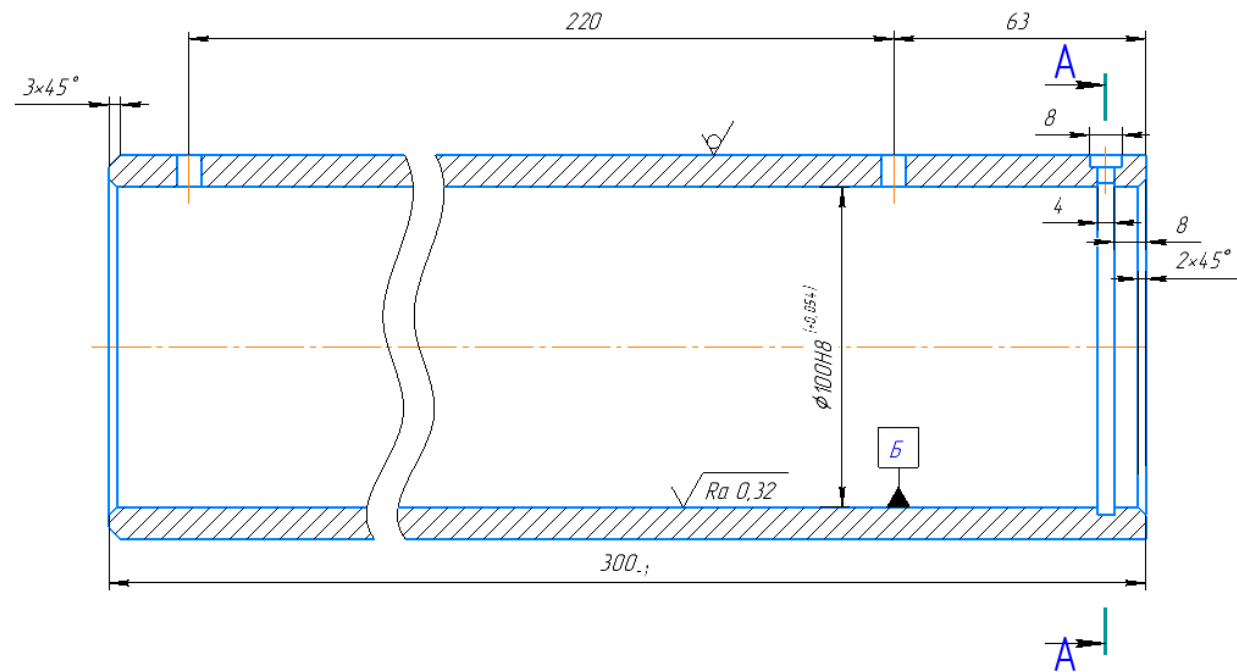


## Схема складання «Шток в зборі» для вузла «Гідроциліндр подвійної дії»

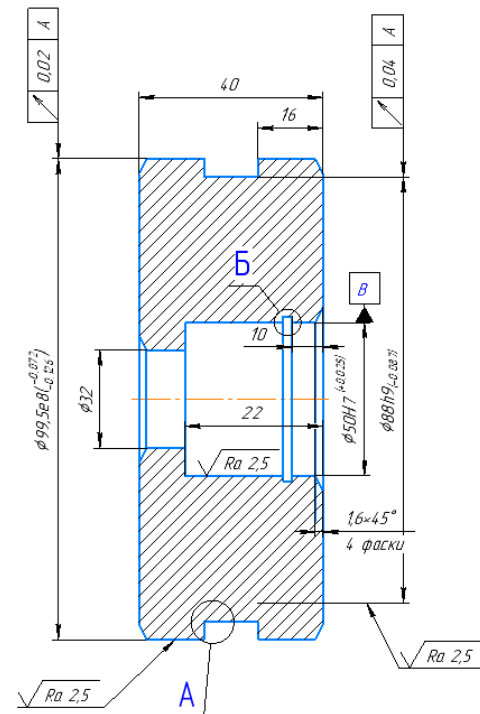


# Основні деталі вузла «Гідроциліндр»

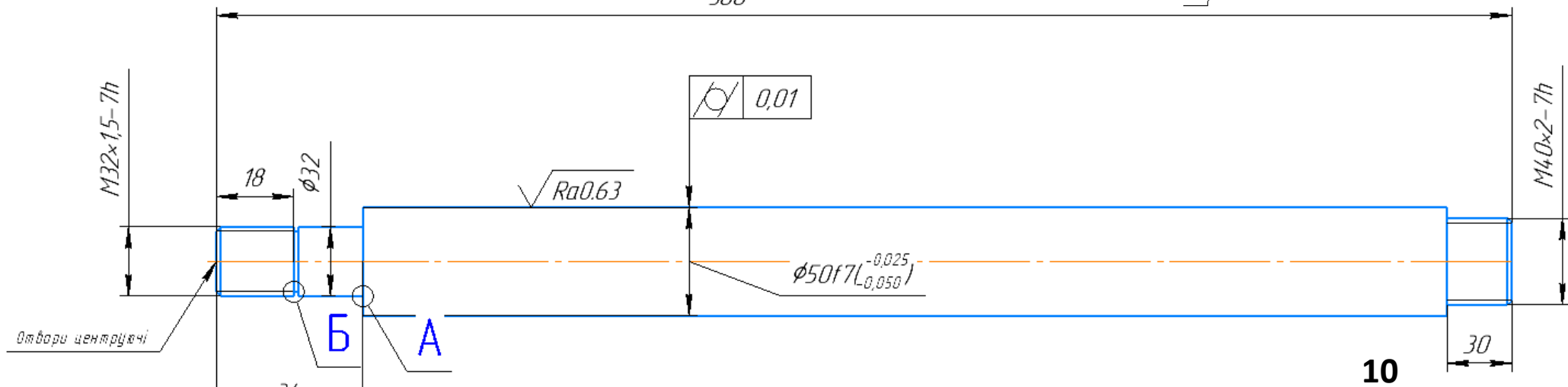
## Гільза



## Поршень

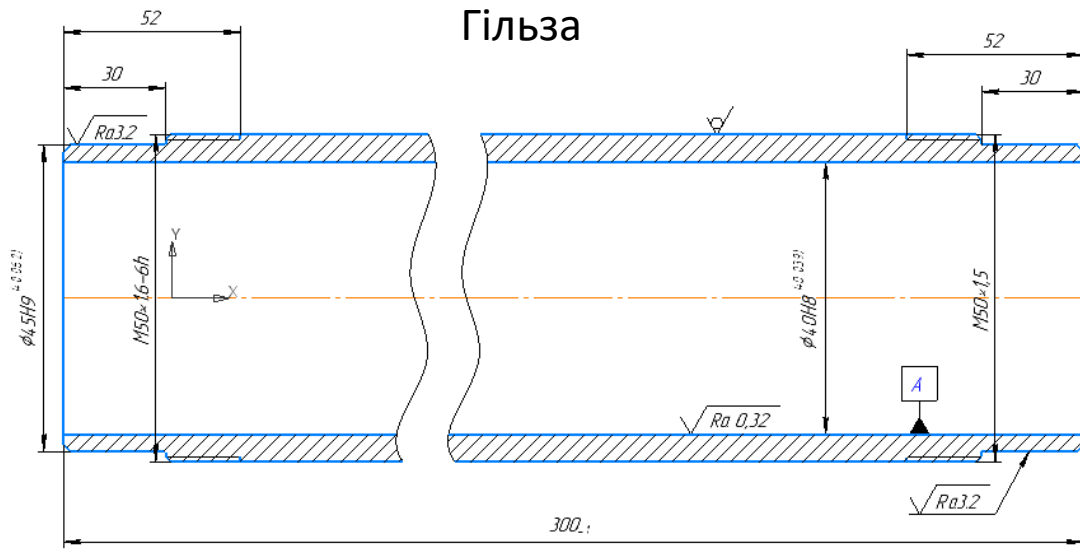


## ШТОК

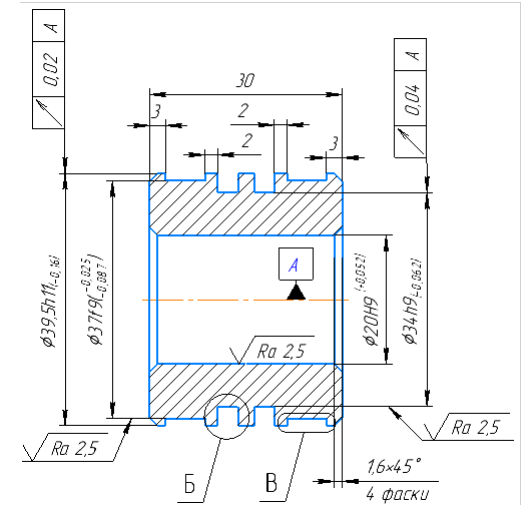


# Основні деталі вузла «Гідроциліндр двосторонньої дії»

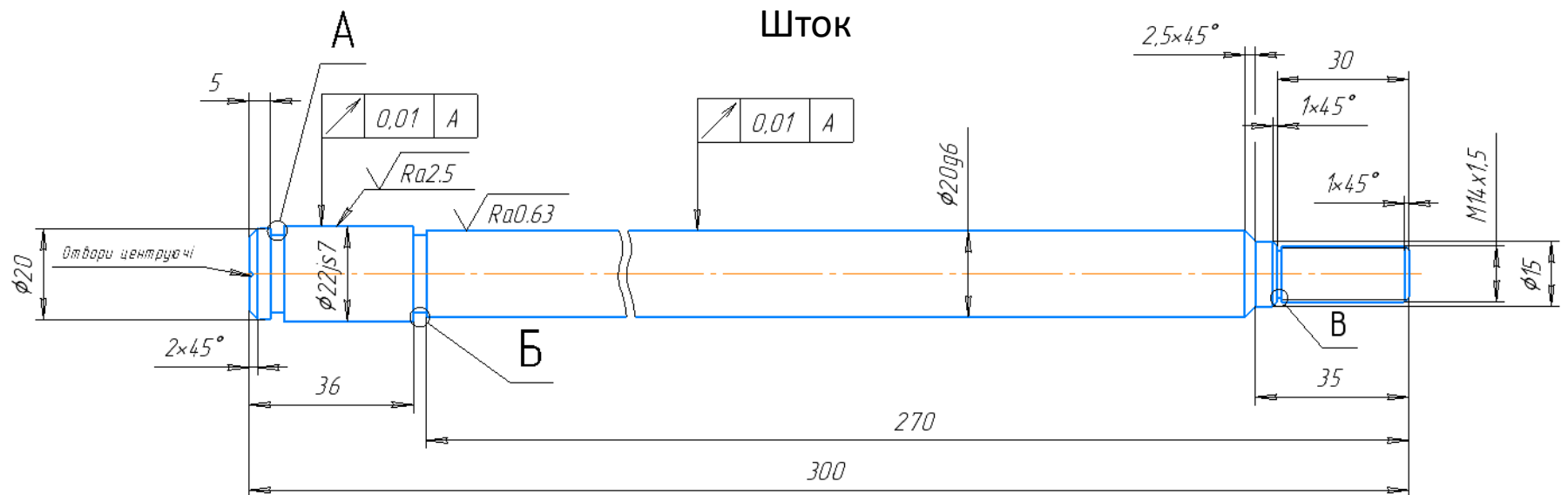
## Гільза



## Поршень



## ШТОК



# Маршрут механічної обробки деталі «Шток»

№ опер	Найменування операції та зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торець 1 згідно ескізу.</li> <li>3. Свердлити центрувальний отвір в поверхні 1.</li> <li>4. Розвернути заготовку на 180°.</li> <li>5. Підрізати торець 2 згідно ескізу.</li> <li>6. Свердлити центрувальний отвір в поверхні 2.</li> <li>7. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34.0Ф30
010	<p><b>Токарно-револьверна з ЧПК</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Точити по контуру поверхні 3, 9 і 10 однократно, поверхні 5 і 7 попередньо.</li> <li>3. Точити поверхні 4, 6 і 8 однократно.</li> <li>4. Точити поверхні 5 і 7 попередньо.</li> <li>5. Точити поверхні 5 і 7 попередньо.</li> <li>6. Точити поверхні 5 і 7 остаточно згідно ескізу</li> <li>7. Нарізати різь на поверхні 10 однократно.</li> <li>8. Зняти заготовку.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В34.0Ф30

## Маршрут механічної обробки деталі «Гільза»

№ опер	Найменування операції та зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	<p style="text-align: center;"><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торець 1 згідно ескізу.</li> <li>3. Точити поверхню 2 і 3 однократно.</li> <li>4. Нарізати різь 3 згідно ескізу.</li> <li>5. Відрізати заготовку в розмір згідно ескізу.</li> </ol>		Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1B34.0Ф30
010	<p style="text-align: center;"><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку.</li> <li>2. Підрізати торець 1 згідно ескізу.</li> <li>3. Точити поверхню 2 і 3 однократно.</li> <li>4. Нарізати різь 3 згідно ескізу.</li> <li>5. Зняти деталь.</li> </ol>		

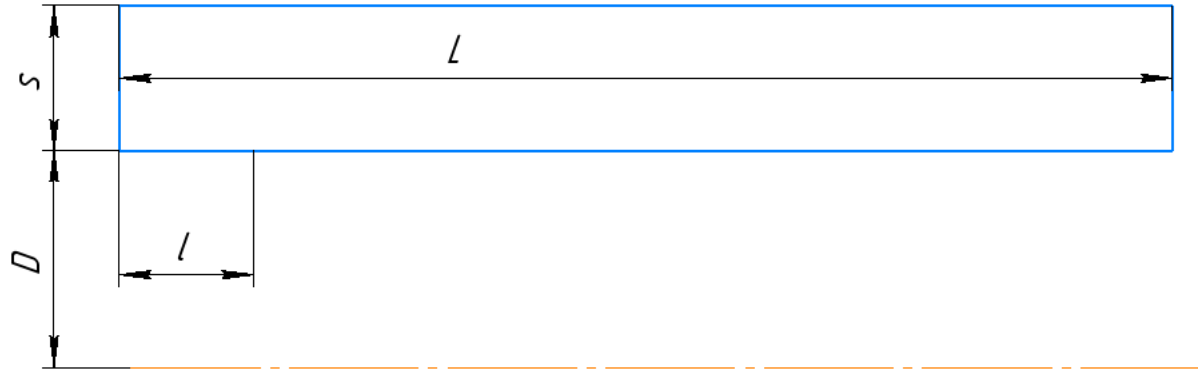
# Маршрут механічної обробки деталі "Поршень"

№опер	Найменування операції. Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
005	<p><u>Токарно-револьверна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Встановити заготовку</li> <li>2. Точити торець 1 і поверхню 2 згідно ескіза.</li> <li>3. Точити 2 канавки 3 і 2 канавки 4 згідно ескізу.</li> <li>4. Центрувати отвір 5.</li> <li>5. Свердлити отвір 5 однократно в розмір <math>\phi 20</math> мм на глибину 60 мм.</li> <li>6. Розточити отвір 5 в розмір <math>\phi 38,6^{+0,02}</math> та фаску 6 згідно ескізу.</li> <li>7. Відрізати деталь в розмір 74</li> <li>8. Зняти деталь.</li> </ol>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 6,3\ (V)}</math></p> <p style="text-align: center;"> <math>B(2:1)</math> <span style="margin-left: 100px;"><math>B(2:1)</math></span>  <math>R\ 12\ max</math> <span style="margin-left: 100px;"><math>R\ 0,2\ max</math></span>  <math>R\ 0,2\ max</math> <span style="margin-left: 100px;"><math>R\ 0,2\ max</math></span>  <math>6,3^{+0,2}</math> <span style="margin-left: 100px;"><math>12,2^{+0,2}</math></span>  <math>Ra\ 3,2</math> <span style="margin-left: 100px;"><math>\sqrt{Ra\ 3,2}</math></span> </p>	<p>Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В3340Ф30</p>

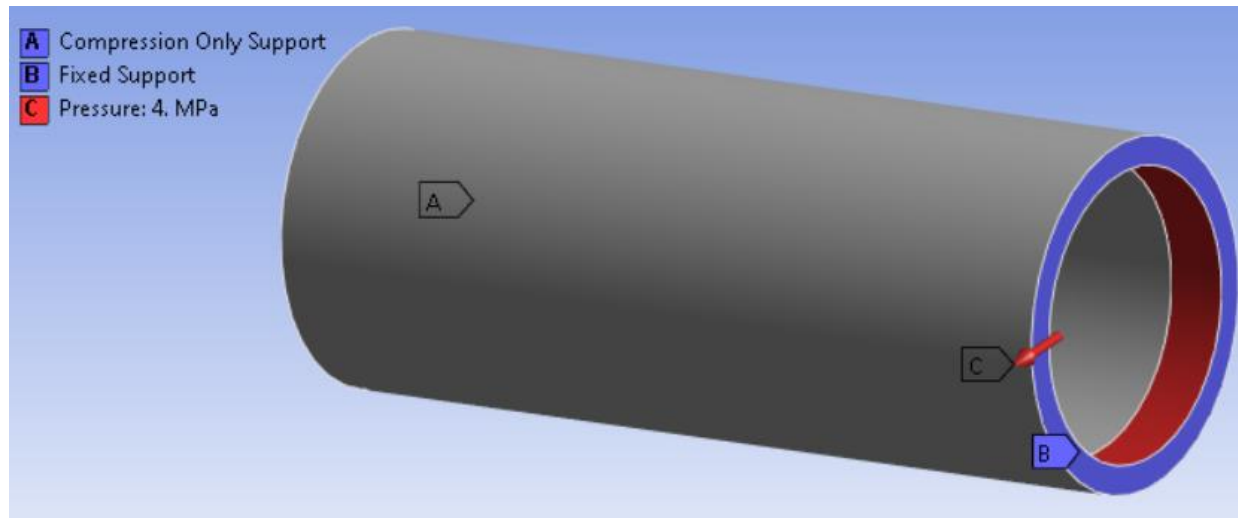


# Моделювання в програмі Ansys

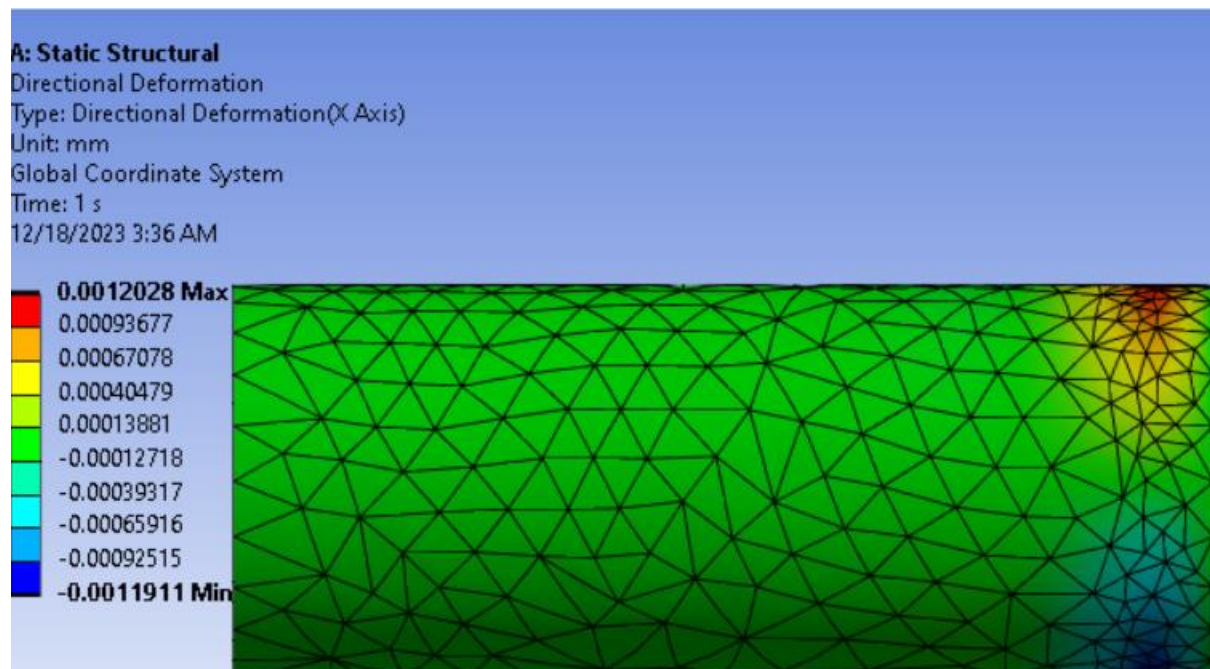
## Параметризована модель для розрахунку



## Схема закріплення та навантаження гільзи гідроциліндра



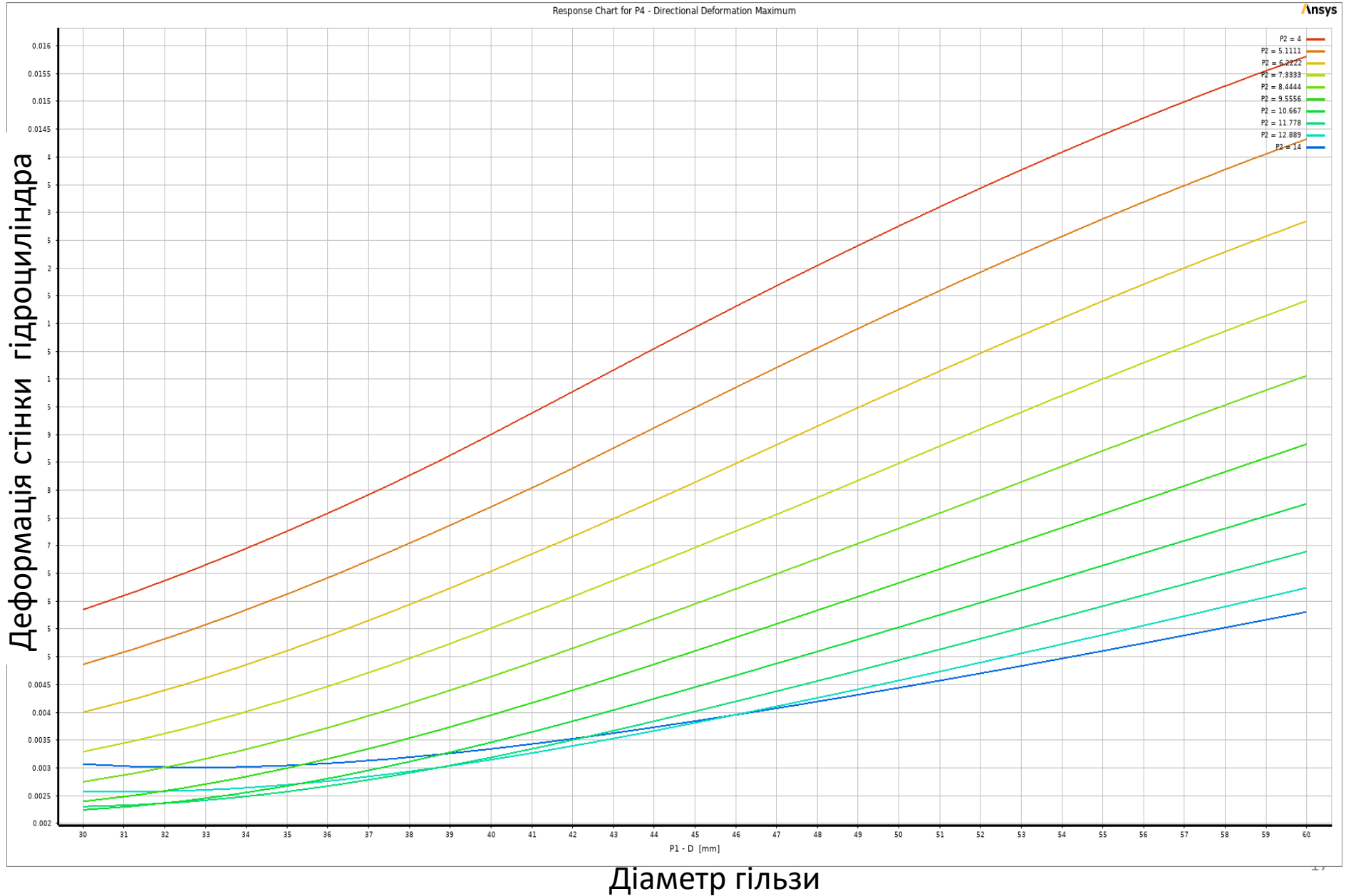
# Візуалізований результат розрахунку деформації стінки гільзи для одного з варіантів



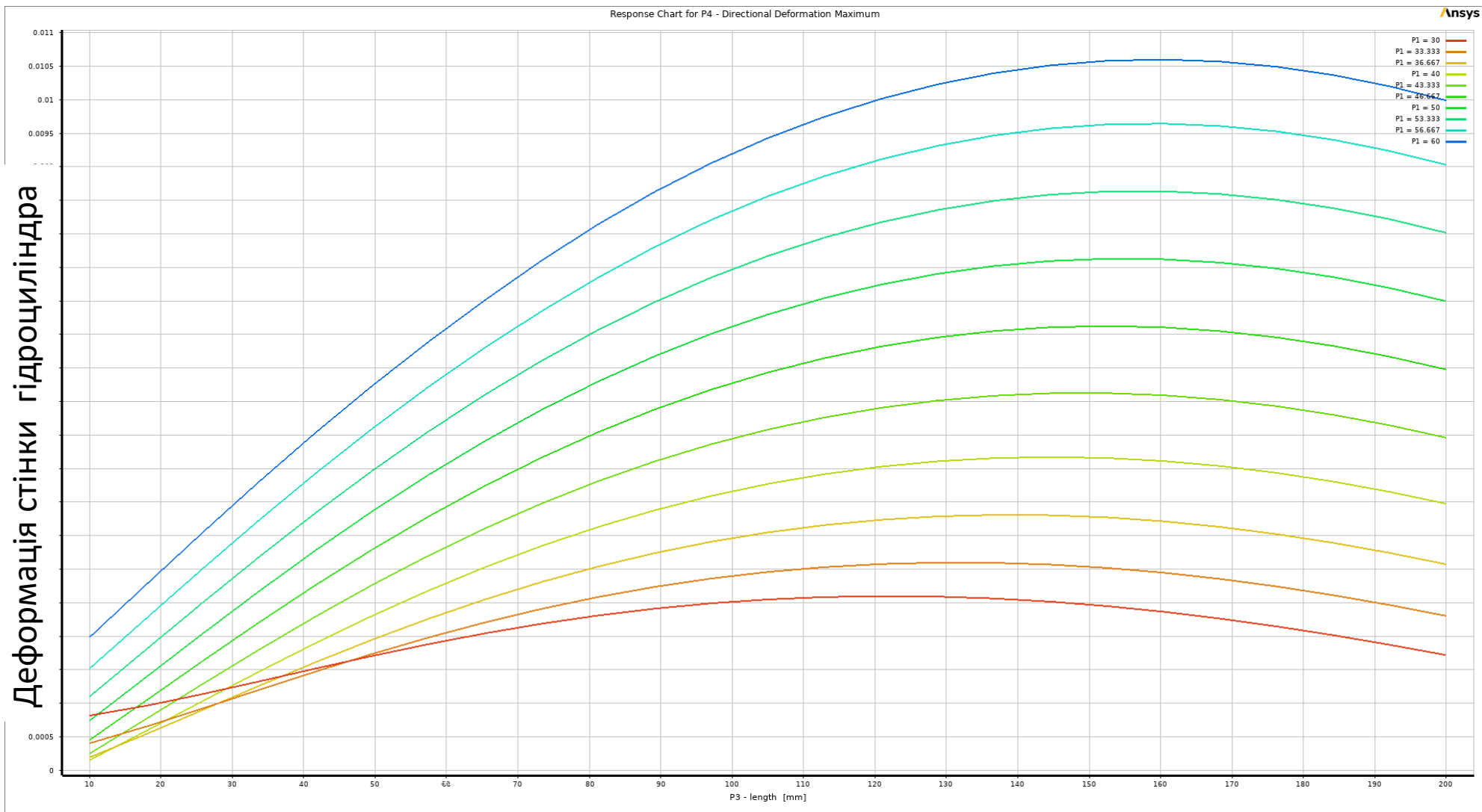
## Результати моделювання для різних параметрів

	A	B	C	D	E	F
1	Name	P2 - s (mm)	P3 - length (mm)	P6 - Pressure Magnitude (MPa)	P4 - Directional Deformation Maximum (mm)	P5 - Solid Mass (kg)
2	1	9	105	6	0.010263	7.2605
3	2	4	105	6	0.020985	3.0803
4	3	14	105	6	0.0069965	11.811
5	4	9	10	6	0.00053791	7.2581
6	5	9	200	6	0.009992	7.2628
7	6	9	105	2	0.0034209	7.2605
8	7	9	105	10	0.017104	7.2605
9	8	4.9348	27.762	2.7479	0.0039794	3.8319
10	9	13.065	27.762	2.7479	0.00096827	10.93
11	10	4.9348	182.24	2.7479	0.0078642	3.8357
12	11	13.065	182.24	2.7479	0.0033186	10.934
13	12	4.9348	27.762	9.2521	0.013399	3.8319
14	13	13.065	27.762	9.2521	0.0032602	10.93
15	14	4.9348	182.24	9.2521	0.026479	3.8357
16	15	13.065	182.24	9.2521	0.011174	10.934

# Залежність деформації стінки від діаметра гільзи для різних товщин стінки

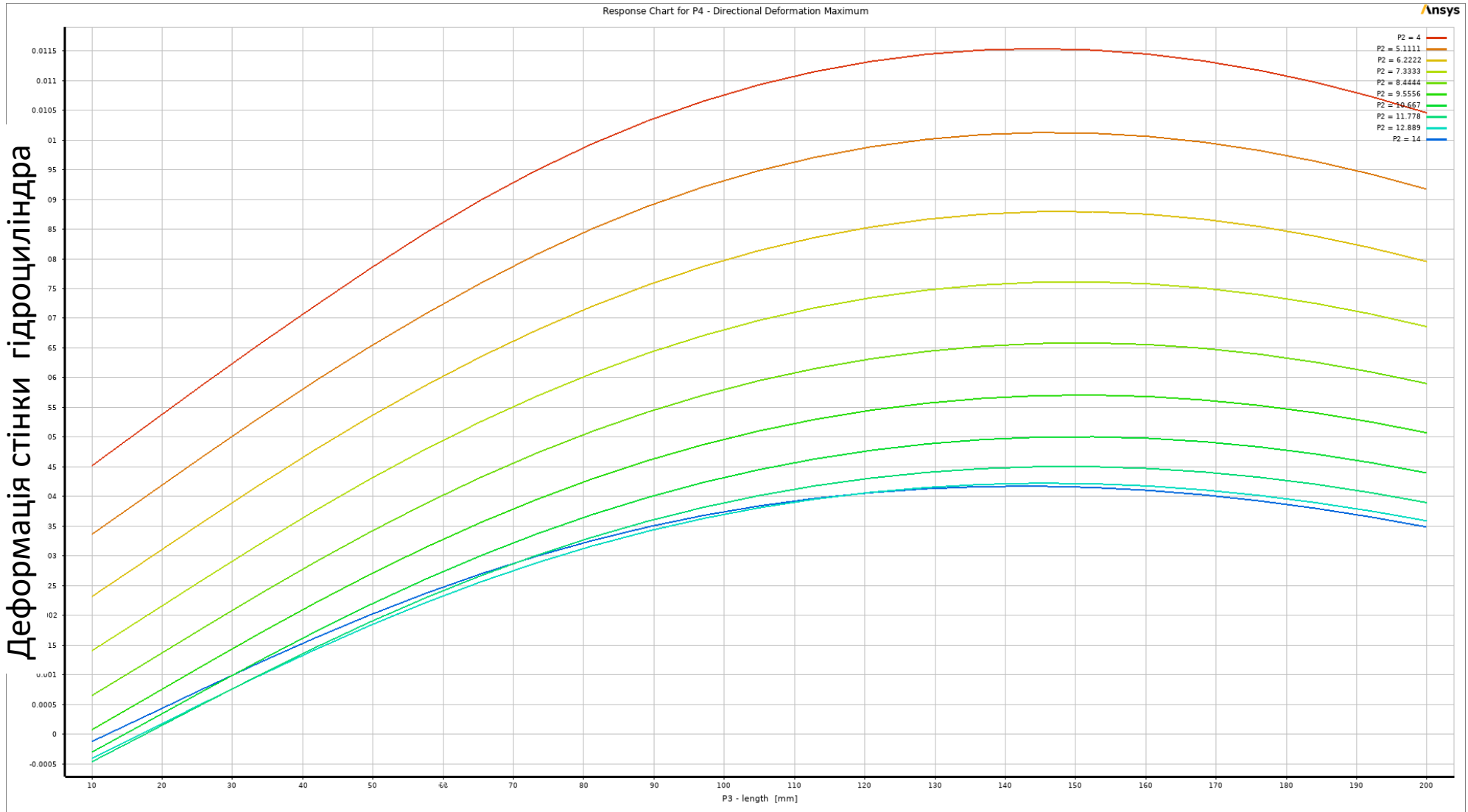


# Залежність деформації стінки гільзи від положення поршня для різних діаметрів гільзи



Переміщення поршня від крайнього положення

# Залежність деформації стінки гільзи від положення поршня для різних товщин стінок



## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі запропоновані заходи по організації складального виробництва групи вузлів типу «Гідроциліндр» на базі малого підприємства.

Проектування здійснено на базі складальних креслень вузлів «Гідроциліндр», «Гідроциліндр двосторонньої дії» з використанням уніфікації виробничих прийомів. Враховуючи особливості конструкцій вузлів були розроблені технології складання вузлів та типові маршрути механічної обробки для ключових деталей вузлів. Також, з урахуванням розмірів підприємства та вимог встановлених до деталей були обрано заготовки з сортаменту.

Проведене нормування тривалості складальних та механообробних операцій, розрахована приведена програма випуску продукції, визначено необхідну кількість обладнання та площі для роботи підприємства. Тривалість складання вузла «Гідроциліндр» складає 9,25 хв., і потребує 1 місця складальника. Для виготовлення складових деталей вузла «Гідроциліндр» потрібно 3 верстати та 2 основних працівника.

В розділі 3, за допомогою імітаційного моделювання в програмі Ansys (студентська версія), виконано розрахунок впливу товщини стінки гільзи гідроциліндра на її деформацію та металоємність деталі. Підібрано оптимальну товщину стінки з урахуванням існуючого сортаменту, мінімальної деформації та матеріалоємності.

Також в проєкті виконані розділи «Економіка виробництва» та «Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях». Ці два розділи підтвердили економічну доцільність організації виробництва (термін окупності 0,6 року, економічний ефект 2580419,82 грн.) та дозволили визначити заходи по охороні праці та безпеці роботи.

Графічна частина ілюстративно доповняє матеріали, які представлені в розрахунково-пояснювальній записці і виконана в обсязі 13 аркушів.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!