

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

«На правах рукопису»

УДК 620.1.08

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 202__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою
«Конструювання та дизайн машин»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему _____ Пристрій для випробування на герметичність _____

Виконав (-ла): студент (-ка) _____ II курсу , групи МК – 31 мп _____

_____ Казарін Денис Володимирович _____

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник: _____ Доцент, ктн Бесарабець Ю. Й. _____

(посада, науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент: _____ Професор, дтн Охріменко О. А. _____

(посада, науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ - 2024

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Конструювання та дизайн машин»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО**

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 202_ р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

_____ Казарін Денис Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Пристрій для випробування на герметичність», науковий керівник дисертації Бесарабець Юрій Йосипович, доцент, ктн. затверджені наказом по університету від **“ 07.11.2024 року № 5000-с.**
2. Термін подання студентом дисертації: **17.12.2024 року.**
3. Об'єкт дослідження: Пристрій для випробування на герметичність.
4. Предмет дослідження (Вихідні дані): Пристрій для випробування на герметичність балонів об'ємом 2, 3, 5, 6, 7, 20, 25 л. Матеріал балону – сталь.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити : Складальний та робочі кресленики пристрою для випробування на герметичність, дослідження впливу тиску, 3D модель пристрою для випробування на герметичність, методика проведення випробувань на даному пристрої, стартап проєкт.
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Аналіз існуючих пристроїв для випробування на герметичність, Патентний пошук існуючих пристроїв для випробування на герметичність, 3 листи автоматизації проєктування пристрою для випробування на герметичність, Складальний кресленик та кресленики деталей, Дослідження внутрішніх напружень по Мізесу в Autodesk Inventor 2024, Схема проведення випробування на герметичність та 2 листи стартап проєкту.

7. Дата видачі завдання: **07.11.2024. року**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз методів та пристроїв для випробування на герметичність	25.09.2024 р.	
2	Патентний пошук існуючих пристроїв для випробування на герметичність	05.10.2024 р.	
3	Розроблення та проектування пристрою для випробування на герметичність	11.10.2024 р.	
4	Автоматизація побудови збірки	12.11.2024 р.	
5	Методика проведення випробування на герметичність	16.11.2024 р.	
6	Дослідження внутрішніх напружень по Мізесу в Autodesk Inventor 2024	20.11.2024 р.	
7	Розробка стартап проекту	05.12.2024 р.	
8	Оформлення звіту та плакатів	06.12.2024 р.	

Студент

_____ Денис КАЗАРІН

Науковий керівник дисертації

_____ Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

РЕФЕРАТ

Дисертація на тему "Пристрій для випробування на герметичність" присвячена вивченню методів і технологій контролю герметичності у різних галузях промисловості, а також розробці новітнього пристрою для випробування герметичності.

Метою дослідження є аналіз існуючих методів і пристроїв для випробування на герметичність, визначення їхніх переваг та недоліків, а також розробка нового пристрою, який забезпечить високу точність і надійність вимірювань у реальних умовах експлуатації.

У роботі проведено аналіз існуючих методів і пристроїв, виявлено їх переваги та недоліки. Розроблено параметричні моделі ключових деталей пристрою, автоматизовано процес побудови збірки та створено методичку випробувань. Виконано дослідження внутрішніх напружень і розроблено стартап-проект, що включає аналіз ринкових можливостей та маркетингову програму.

Наукова новизна полягає в автоматизації збірки пристрою та дослідженні впливу тиску, що підвищує безпеку і ефективність у промислових умовах.

Отримані результати будуть корисними для підприємств, що працюють у галузі контролю герметичності, а також для інженерів та дослідників, які цікавляться сучасними методами та технологіями випробувань.

Ключові слова: герметичність, пристрій для випробування, системні методи, локальні методи, параметричні моделі, автоматизація, внутрішні напруження, техніка безпеки, стартап-проект.

ABSTRACT

The dissertation titled "Device for Testing Tightness" is dedicated to studying methods and technologies for tightness control in various industries, as well as developing an innovative device for tightness testing.

The aim of the research is to analyze existing methods and devices for tightness testing, determine their advantages and disadvantages, and develop a new device that ensures high accuracy and reliability of measurements under real operating conditions.

The study includes an analysis of existing methods and devices, identifying their strengths and weaknesses. Parametric models of key components of the device have been developed, the assembly process has been automated, and a testing methodology has been created. Research on internal stresses has been conducted, and a startup project has been developed, including market opportunities analysis and a marketing program.

The scientific novelty lies in the automation of the device assembly and the study of the impact of pressure, which enhances safety and efficiency in industrial conditions.

The obtained results will be useful for enterprises engaged in tightness control, as well as for engineers and researchers interested in modern testing methods and technologies.

Key words: tightness, testing device, system methods, local methods, parametric models, automation, internal stresses, safety techniques, startup project.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ	11
1.1 Огляд сучасних методів випробування	11
1.1.1 Системні методи випробування	11
1.1.2 Локальні методи випробування	13
1.2 Аналіз пристроїв для випробування на герметичність.....	17
1.2.1 Аналіз існуючих пристроїв	17
1.2.2 Патентний пошук пристроїв для перевірки на герметичність ..	22
2 РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ	29
2.1 Створення параметричних моделей та збірки пристрою для випробування на герметичність	29
2.1.1 Визначення параметрів деталей та збірки пристрою для випробування на герметичність	29
2.1.2 Створення параметричної моделі деталі «Плита опорна»	31
2.1.3 Створення параметричної моделі деталі «Стійка»	34
2.1.4 Створення параметричної моделі деталі «Плита верхня»	35
2.1.5 Створення параметричної моделі деталі «Прижим»	38
2.1.6 Створення параметричної моделі деталі «Кришка»	40
2.2 Створення конструкторської документації.....	43
2.2.1 Реалізовані виконання конструкції пристрою	43
2.2.2 Візуалізація збірки.....	47
2.2.3 Складальний кресленик та специфікація	51
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОБУДОВИ ЗБІРКИ ТА МЕТОДИКА ВИПРОБУВАННЯ.....	54
3.1 Створення форми користувача в збірці.....	54
3.2 Створення параметричної збірки	56
3.3 Створення правила прив'язки параметрів деталей та збірки.....	60

3.4 Створення правила для реалізації заданих виконань	62
3.5 Створення правила для перебудови стандартних виробів	64
3.6 Створення перевірного розрахунку для правил	65
3.7 Проведення дослідження внутрішніх напружень	65
3.8 Методика проведення випробування на герметичність	70
3.9 Техніка безпеки при роботі з пристроєм.....	75
4 РОЗРОБКА СТАРТАПУ ПРОЄКТУ	77
4.1 Опис ідей	77
4.2 Аналіз ринкових можливостей.....	80
4.3 Розроблення ринкової стратегії.....	86
4.4 Розробка маркетингової програми.....	88
ВИСНОВКИ	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91
ДОДАТКИ	94

ВСТУП

Актуальність питання пристрою для випробування на герметичність різних систем у промисловості є важливим, оскільки від цього показника залежить надійність, безпека та ефективність багатьох технологічних процесів. Системи герметизації використовуються у багатьох сферах: від аерокосмічної до харчової промисловості. Широко використовують для медичних апаратів. Втрата герметичності може призвести не тільки до втрат енергії чи матеріалів, але й до серйозних аварій, екологічних катастроф та загрози для людського життя. Саме тому пристрої для випробування на герметичність є необхідними інструментами у сучасній техніці.

Вивчення методів та пристроїв для випробування на герметичність потрібна для виявлення і запобігання витокам вимагає особливої уваги, оскільки системи та обладнання працюють у складних умовах під високими тисками. Такі випробування не лише дозволяють забезпечити безпеку на етапі проектування та виготовлення, але й знизити ризики під час експлуатації систем.

Проблема ефективного контролю герметичності не є новою, але вона постійно актуалізується з розвитком технологій. Зростання вимог до якості продукції та рівня безпеки потребує розробки нових, більш точних методів контролю. Водночас сучасні тенденції в галузі автоматизації та цифрових технологій відкривають нові можливості для вдосконалення пристроїв для випробувань на герметичність.

Актуальність дослідження. На сьогоднішній день існує ціла низка методів та технологій для випробування на герметичність. Вони включають механічні, пневматичні, гідравлічні, ультразвукові та інші підходи. Проте не всі з них можуть забезпечити високу точність вимірювань або достатню чутливість до витоків. Це особливо важливо для систем, які працюють з газами або рідинами під високим тиском, а також для технологій, де навіть незначні витoki можуть призвести до великих фінансових та екологічних втрат.

Пристрої для випробування на герметичність повинні бути здатними не тільки виявляти наявність витоків, але й точно вимірювати їхній обсяг, щоб оцінити потенційну небезпеку та вплив на систему. Важливими критеріями для таких пристроїв є чутливість, надійність, швидкість вимірювань і можливість роботи в різних умовах (температурних, тискових, хімічних).

Існує декілька ключових напрямків у розвитку технологій контролю герметичності. Перш за все, це підвищення точності та чутливості методів вимірювання, що досягається через вдосконалення чутливих матеріалів. Другий напрямок – це автоматизація процесу тестування, що дозволяє значно підвищити ефективність та швидкість перевірок, зменшити ймовірність помилок, пов'язаних із людським фактором, а також зробити процеси контролю менш затратними.

Метою даного дослідження є розробка та вдосконалення пристрою для випробування на герметичність, який дозволить проводити точні вимірювання в реальних експлуатаційних умовах. Такий пристрій повинен бути здатним забезпечувати надійний контроль герметичності.

Для досягнення цієї мети поставлені такі завдання:

- 1) Аналіз існуючих методів і пристроїв для випробування на герметичність, визначення їхніх переваг та недоліків.
- 2) Розробка концепції пристрою для випробування.
- 3) Створення автоматизації побудови збірки за заданими вихідними даними.
- 4) Методика проведення випробування на герметичність.
- 5) Дослідження впливу тиску.
- 6) Стартап-проект.

Наукова новизна дослідження. Запропонований у рамках цього дослідження пристрій для випробування на герметичність має кілька аспектів наукової новизни. Розроблена автоматизація побудови збірки за заданими вихідними даними та дослідження впливу тиску на пристрій.

Таким чином, розробка пристрою для випробування на герметичність є важливим кроком до підвищення рівня безпеки, надійності та ефективності в багатьох промислових сферах. Основним критерієм будь-якого пристрою є збереження людського життя. А за допомогою даного спроектованого пристрою можна знизити ризики майбутніх можливих людських втрат за рахунок раніше перевіреного об'єкту, яким вони будуть користуватися. Даний пристрій зможе надати гарантії безпеки, що в даних реаліях є найбільш важливим та критичним.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

1.1 Огляд сучасних методів випробування

1.1.1 Системні методи випробування

Системні методи перевірки – це комплексні підходи, які використовуються для оцінки стану, правильності функціонування. Включають різноманітні інструменти, алгоритми та процедури для виявлення помилок, перевірки точності, контролю якості або функціональності систем у різних галузях та сферах.

Контроль герметичності виробів з використанням проникаючих речовин широко застосовується в багатьох галузях виробництва. Методика тестування різниться в залежності від виду проникаючих речовин, призначення та сфери застосування обладнання та ін. Методи випробувань, при яких речовина, яка використовується, проникає через негерметичні частини при позитивному перепаді тисків, називають компресійними, при негативному - вакуумними. Випробування вакуумних систем повинні враховувати хибні натікання, які не пов'язані з порушенням герметичності, але заважають підтримці необхідного рівня вакууму. Такі натікання можуть виникати внаслідок газовиділення з твердих матеріалів або внутрішніх теч, що представляють собою канали, які з'єднують замкнений об'єм із відкачуваною зоною. Ці канали утворюються під час виробництва і можуть містити газу. [1]

Системні методи випробування на герметичність – це спеціалізовані підходи для перевірки, наскільки об'єкт або система здатні утримувати газ або рідину без витоків. Ці методи дозволяють визначити, чи здатна система ефективно виконувати свої функції без ризику для безпеки або порушення технологічного процесу. Основні методи випробування на герметичність вказані у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Системні методи випробування на герметичність [2]

Метод	Принцип перевірки	мін величина протікання мбар·л/с
Системні методи – визначення сукупної негерметичності всього об'єкту перевірки		
Вакууметричний	Моніторинг змін тиску або складу газового середовища в вакуумній камері внаслідок натікання.	10^{-2}
Манометричний	Реєстрація змін тиску, що виникають в випробувальній системі внаслідок витоку.	10^{-2}

Вакууметричний метод перевірки на герметичність використовується для виявлення усіх видів проникнень у систему. Цей метод полягає в створенні вакууму всередині об'єкта, який перевіряється, і вимірюванні зменшення тиску. Якщо тиск зменшується, це свідчить про наявність проникнень. [1]

Перевагами даного методу є:

- Висока чутливість. Вакууметричний метод дозволяє виявити навіть найменші проникнення. [1]
- Простота використання. Цей метод не потребує складного обладнання. [1]
- Швидкість. Вакууметричний метод швидкої діагностики. [1]

Недоліки вакууметричного методу:

- Обмеженість застосування. Вакууметричний метод не може бути використаний для систем, які не можуть витримувати вакуум. [1]
- Вплив на матеріали: Деякі матеріали можуть зазнати пошкоджень під впливом вакууму. [1]

Манометричний метод перевірки на герметичність використовує манометр для вимірювання тиску всередині системи. [3] Якщо тиск змінюється, це свідчить про наявність проникнень.

Переваги манометричного методу:

- Висока точність. Манометричний метод дозволяє отримати точні вимірювання тиску. [3]
- Можливість контролю. Можливість постійного моніторингу тиску. [3]
- Широкий діапазон застосування. Може бути використаний для різних типів систем. [3]

Недоліки манометричного методу:

- Висока вартість. Манометричні прилади можуть бути дорогими [3]
- Тривалість вимірювань. Вимірювання можуть займати більше часу у порівнянні з вакууметричним методом. [3]

1.1.2 Локальні методи випробування

Розглянемо локальні методи перевірки на герметичність, що забезпечують високий рівень точності та надійності. Кожен з методів має свої переваги та недоліки, але кожен з них ефективний у виявленні та усуненні дефектів герметизації. Основні методи вказані у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 Локальні методи випробування на герметичність [2]

Метод	Принцип перевірки	min величина протікання мбар·л/с
Гідростатичні випробування	Генерація гідравлічного тиску рідини (води) всередині порожнини об'єкта, що перевіряється.	10^{-2}
Масспектрометричний	Виділення та реєстрація пробної речовини, що проникає через течію, шляхом фракціонування іонів різних газів відповідно до їхнього відношення маса/заряд.	10^{-12}
Хімічний	Фіксація пробних речовин, які проникають через течію, шляхом спостереження за взаємодією з індикаторними речовинами та виявленням можливих хімічних реакцій.	$10^{-2} - 10^{-3}$
Катарометричний	Виявлення речовин, що витікають внаслідок порушення герметичності, за їх різницею теплопровідності.	$10^{-2} - 10^{-5}$

Продовження таблиці 1.2

Метод	Принцип перевірки	мін величина протікання мбар·л/с
Акустичний(ультразвуковий)	Виявлення акустичних хвиль, що виникають у середовищі внаслідок проникнення пробних речовин через течію.	10^{-2}
Газоаналітичний метод	Виявлення індикаторних речовин (газів або парів рідин), які проникають через місця порушення герметичності.	10^{-7}
Галогенний	Виявлення проникнення пробної речовини через течію за допомогою збільшення емісії іонів з металевої поверхні при контакті з галогеном.	10^{-7}
Радіоізотопний метод	Протягом певного часу об'єкти перебувають у середовищі радіоактивного газу. Після видалення цього газу і ретельного очищення поверхні від радіоактивних забруднень залишаються лише негерметичні об'єкти, які випромінюються.	$10^{-7} - 10^{-12}$

Коротко ознайомимося з методами описаними в таблиці 1.2, з вказанням їх переваги та недоліків. Гідростатичні випробування полягають у заповненні системи рідиною, найчастіше водою і при підвищенні тиску до визначеного рівня для перевірки на витоки. Цей метод часто використовується для перевірки трубопроводів, котлів і резервуарів на герметичність. Перелік переваг та недоліків в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 Переваги та недоліки гідростатичного випробування

Переваги	Недоліки
Простота виконання	Тривалість процесу
Можливість виявлення великих дефектів	Потреба у великій кількості рідини
Відносно низька вартість	Обмеження для деяких матеріалів

Масспектрометричний метод використовує мас-спектрометр для аналізу газів, що виходять з об'єкта, для виявлення витоків. Це дозволяє визначити хімічний склад газів і виявити навіть найменші витоки, таблиця 1.4.

Таблиця 1.4 Переваги та недоліки масспектрометричного випробування

Переваги	Недоліки
Висока чутливість	Висока вартість обладнання
Можливість виявлення малих кількостей газу	Необхідність кваліфікованих спеціалістів

Наступним є хімічні методи. Вони використовують спеціальні реагенти, які змінюють колір при контакті з рідиною або газом, що витікає. Це дозволяє легко ідентифікувати місця витоків, таблиця 1.5.

Таблиця 1.5 Переваги та недоліки хімічних методів випробування

Переваги	Недоліки
Висока чутливість	Використання потенційно небезпечних хімічних речовин
Широкий діапазон застосувань	Висока вартість реактивів

Катарометричний метод використовує різницю в теплопровідності газів для виявлення витоків. Він вимірює зміну теплопровідності газу, що витікає, у порівнянні з нормальними умовами, таблиця 1.6.

Таблиця 1.6 Переваги та недоліки катарометричного методу випробування

Переваги	Недоліки
Висока точність	Висока вартість пристрою
Можливість постійного моніторингу	Дуже висококваліфіковані спеціалісти

Акустичний метод використовує ультразвукові хвилі для виявлення витоків. Принцип роботи полягає у вимірюванні звукових хвиль, що відбиваються від дефектів і витоків у матеріалі, таблиця 1.7.

Таблиця 1.7 Переваги та недоліки акустичного методу випробування

Переваги	Недоліки
Неінвазійний метод	Висока вартість обладнання
Можливість виявлення внутрішніх дефектів	Обмеження для деяких матеріалів

Газоаналітичний метод використовує аналіз концентрації газів для виявлення витоків. Він дозволяє виявити навіть незначні витoki через зміни у концентрації газу, таблиця 1.8.

Таблиця 1.8 Переваги та недоліки газоаналітичного методу випробування

Переваги	Недоліки
Висока чутливість	Висока вартість обладнання.
Можливість виявлення малих кількостей газу	Необхідність кваліфікованих спеціалістів

Галогенний метод використовує галогеновмісні гази, які легко виявляються спеціальними детекторами. Цей метод є ефективним для виявлення витоків в системах охолодження та кондиціонування повітря, таблиця 1.9.

Таблиця 1.9 Переваги та недоліки галогенного методу випробування

Переваги	Недоліки
Висока чутливість до галогенів	Використання специфічних галогенів
Невелика вартість обладнання	Обмежене використання

Радіоізотопний метод використовує радіоактивні ізотопи для виявлення витоків. Принцип роботи полягає у вимірюванні радіоактивного випромінювання, яке проходить через дефекти в матеріалі, таблиця 1.10.

Таблиця 1.10 Переваги та недоліки галогенного методу випробування

Переваги	Недоліки
Найбільш точний	Використання радіоактивних ізотопів
Виявлення найменших дефектів	Найбільш дорогий метод

Проведений аналіз методів перевірки на герметичність показав, що кожен з методів має свої унікальні переваги та недоліки. Гідростатичні випробування є відносно простими у виконанні та економічно вигідними, проте вимагають значної кількості рідини і часу. Масспектрометричний метод відзначається високою чутливістю і точністю, але потребує дорогого обладнання і кваліфікованих спеціалістів.

Хімічні методи є ефективними для виявлення різноманітних речовин, проте їх використання може бути небезпечним через застосування хімічних реагентів. Катарометричний метод забезпечує високу точність вимірювань і можливість постійного моніторингу, але також вимагає значних фінансових вкладень в обладнання та кваліфікованих спеціалістів.

Акустичні (ультразвукові) методи є неінвазивними і дозволяють виявляти внутрішні дефекти, але мають обмеження для деяких матеріалів і високу вартість обладнання. Газоаналітичний метод, завдяки своїй високій чутливості, дозволяє виявляти навіть незначні витіки газу, але також є дорогим та потребує кваліфікованих спеціалістів.

Галогенний метод є ефективним для систем охолодження та кондиціонування повітря, але вимагає використання специфічних галогенових газів. Радіоізотопний метод забезпечує високу точність та можливість виявлення малих дефектів, проте його застосування обмежується високою вартістю та використанням радіоактивних ізотопів.

Таким чином, вибір методу перевірки на герметичність залежить від конкретних вимог та умов, у яких він буде застосовуватись. Розглянуті методи дозволяють забезпечити комплексний підхід до визначення герметичності, що є критичним для забезпечення безпеки та надійності технічних систем.

1.2 Аналіз пристроїв для випробування на герметичність

1.2.1 Аналіз існуючих пристроїв

Пристрої для перевірки на герметичність використовуються для контролю різних поверхонь та різних об'єктів, а саме для усунення протікання чи просочування повітря, чи будь-яких інших матеріалів між собою.

Існують різні герметичність тестери з відеозаписом, які не лише вимірюють проникнення, але й записують відео для подальшого аналізу.

Герметичність тестери використовують датчики для вимірювання різних параметрів, таких як температура, вологість та тиск.

Новітні тестери вже йдуть з підключенням до комп'ютера для відображення даних у спеціальній програмі.

Розглянемо існуючі пристрої, їх види та методи роботи. Першим розглянемо загальну модель пристрою для перевірки герметичності скляних пляшок, зображено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Пристрій для перевірки герметичності скляних пляшок [4]

SSA-ECO Secure Seal Analyzer - це спеціалізоване обладнання, призначене для випробування герметичності різних типів тари, таких як пляшки, банки та прес-форми. Пристрій працює за принципом створення внутрішнього тиску в тарі та виявлення будь-яких витоків. [4]

Основні функції та характеристики:

- Дозволяє точно виміряти тиск всередині тари, що дозволяє оцінити міцність з'єднання кришки та пляшки, герметичність ущільнювача та виявити дефекти матеріалу ущільнювача кришки чи тари.
- Забезпечує швидке та надійне з'єднання з тарою, спрощуючи процес тестування.
- Корпус виготовлений з нержавіючої сталі, що забезпечує довговічність та стійкість до корозії.
- Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволяє легко налаштувати пристрій та провести випробування.
- Забезпечує точні результати вимірювань.

Принцип роботи складається з наступного. Тара встановлюється на робочу поверхню пристрою. Запатентована голка AT2E проколює тару, створюючи отвір для подачі повітря. Усередині тари створюється заданий тиск. При наявності витоків тиск усередині тари знижується, що фіксується датчиками. Результати вимірювань відображаються на дисплеї пристрою.

Застосовують для контролю якості лікарських препаратів, що розфасовані в пляшки та банки, перевірки герметичності упаковки продуктів харчування. контролю якості косметичних засобів, перевірки герметичності тари з хімічними речовинами. [4]

Основними перевагами даного пристрою є:

- висока точність;
- висока швидкість перевірки;
- захист та надійність.

До недоліків віднесемо наступні параметри:

- мобільність (важкий та габаритний);
- велика вартість, не є доцільним для невеликих підприємств;
- обмежене застосування (тільки пляшки та банки).

Наступним пристроєм розглянемо тестер герметичності упаковки, який призначений для перевірки герметичності гнучких упаковок шляхом занурення їх у воду і створення залишкового тиску в камері. Даний пристрій зображено на рисунку 1.2. Якщо упаковка не герметична, при створенні вакууму в камері з'являтимуться повітряні бульбашки, що вказують на витік. [5]

Особливістю якого є камера виготовлена з прозорого оргскла, що дає можливість спостерігати за процесом з усіх сторін.



Рисунок 1.2 – Пристрій для перевірки герметичності упаковок [5]

Обладнання складається з системи занурення упаковки у воду швидко роз'ємного з'єднання для підключення пневматичного трубопроводу до системи вакуумування, вимірювальний прилад, встановлений на камеру, кран для вирівнювання тиску. [5] Проведемо аналіз даного пристрою для випробування на герметичність. Напишемо його основні переваги та недоліки, які вдалося виявити.

До переваг відносимо:

- простота монтування;
- варіативність (можливість збирання різних розмірів);
- матеріал.

До недоліків відносимо:

- малий тиск до 1 Бар;
- потреба в додатковому обладнанні;
- обмежене застосування (лише упаковки).

Розглянемо найбільш габаритний пристрій для перевірки на герметичність зображено на рисунку 1.3. Carmec PTR 1600XLH призначений для виявлення мікротріщин у виробках. Максимальні розміри деталі — 1350x460x410 мм, максимальна вага — 300 кг.



Рисунок 1.3 – Пристрій для перевірки герметичності різних деталей [6]

Стенд використовується для тестування внутрішніх порожнин головок блоку циліндрів (ГБЦ) з метою виявлення та визначення місць тріщин. Процес полягає в герметизації деталі та її зануренні у ванну з гарячою водою. Після цього через одне з отворів подається стиснене повітря. Якщо на поверхні води з'являються повітряні бульбашки, що виходять з деталі, це вказує на наявність тріщин.

Всі розглянуті пристрої виготовлені під конкретні вироби, мають ряд своїх унікальних можливостей, особливостей та переваг. Але не повністю нас задовольняють. Тому для нашої розробки ми будемо проектувати власну конструкцію спираючись на загальні методи та концепції. Метод для випробування для нас підходить манометричний, оскільки нам потрібна комплексна перевірка і точності протікання в 10^{-2} мбар л/с для нас цілком достатньо.

1.2.2 Патентний пошук пристроїв для перевірки на герметичність

Патентний пошук є важливим інструментом для виявлення і аналізу існуючих технологічних рішень у цій сфері. Метою цього розділу є проведення патентного пошуку та аналізу існуючих пристроїв для перевірки на герметичність. Це дослідження дозволить виявити ключові тенденції в області розробки таких пристроїв, визначити їх переваги та недоліки, а також оцінити можливості для подальшого розвитку та вдосконалення нашої конструкції.

Розглянемо існуючі корисні моделі даного пристрою. Розпочнемо з першої корисної моделі представленої на рисунку 1.4.

Корисна модель 1 – це пристрій для перевірки герметичності. За допомогою нього перевіряють герметичність кришки від пляшок. Він складається з наступних основних елементів: основу, опорну раму, розташовану на основі, рушійну конструкцію, розташовану на несучій рамі, рушійну конструкцію з'єднано зі структурою виявлення, кришку, розташовану на опорній рамі детекторну структуру. [7]

Для перевірки в режимі герметизації, верхню кришку затискача встановлюють зверху, структуру виявлення сполучають з безліччю газових каналів і після вентиляції детекторної конструкції верхню кришку хомута встановлюють на кришці. Рідина для виявлення пропускання повітря впорскується у верхню кришку затискача, а герметичність кришки оцінюється за визначенням кількості бульбашок з кришки. Згідно рисунку 1.4 для перевірки герметичності кришка позиціонується шляхом прийняття тиску повітря, в середині утворюється герметичне середовище в положеннях позитивного полюса, негативного полюса та пропускнуго клапана кришки. пластини для визначення герметичності. Далі спирт впорскують у відповідні позиції канавок верхньої кришки затискача, відповідно, спостерігають, чи утворюються бульбашки в положеннях канавок, і судять про те, чи утворюються бульбашки чи ні. Відповідно в кінцевому результаті даного пристосування, ефективність ущільнення кришки можна перевірити незалежно а операція є простою, і ущільнення кришки може бути перевірена досить ефективно. [7]

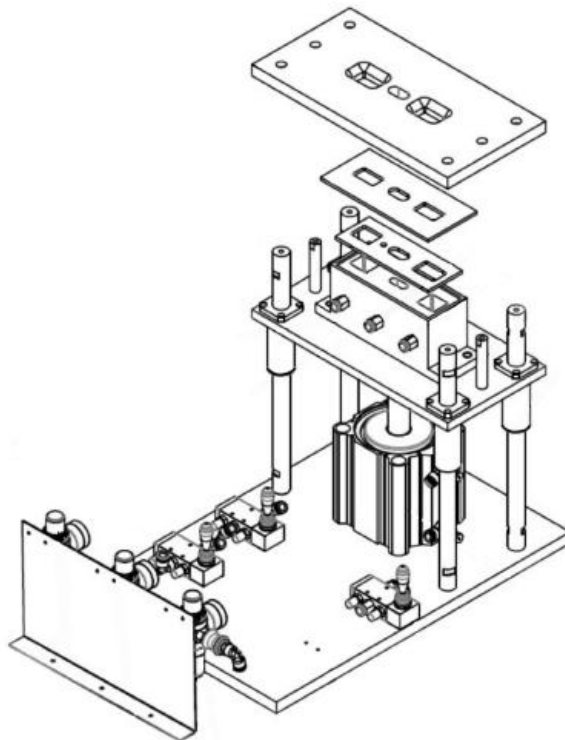


Рисунок 1.4 – Корисна модель №1 для перевірки на герметичність [7]

Переваги:

- Точність регулювання тиску.
- Низько кваліфікований робітник.

Недоліки:

- Перевірка лише кришок.
- Висока вартість.

Наступним розглянемо модель номер 2 представлену на рисунку 1.5. Вона являє собою коробку з губками для кріплення заготовки і поршнем для подачі тиску через вхідний отвір.

Модель, яка використовується, включає пристрій для перевірки герметичності. Цей пристрій складається з основи, корпусу, встановленого на основі, і вертикального повітряного циліндра. [8]

У корпусі розташовані дві опорні пластини доріжки, дві доріжки вертикального повітряного циліндра, опорна пластина вертикального повітряного циліндра, зажим для установки продукту, впускний отвір для повітря з позитивним і негативним тиском, N повітряних циліндрів для ущільнення бічної поверхні і опора затискна, причому N є цілим числом, більшим за 2. Наскрізний отвір утворений над корпусом, через який вертикальний повітряний циліндр високого тиску проникає в корпус і з'єднаний з опорною пластиною вертикального повітряного циліндра. На монтажному пристосуванні для продукту розташовані позиції регулювання тиску повітря і датчики тиску повітря. Пристосування для встановлення виробу використовується для розміщення об'єкта, що підлягає випробуванню, і цей об'єкт може бути розміщений у герметичному режимі за допомогою вертикального повітряного циліндра високого тиску та ущільнювачів бічної поверхні. [8]

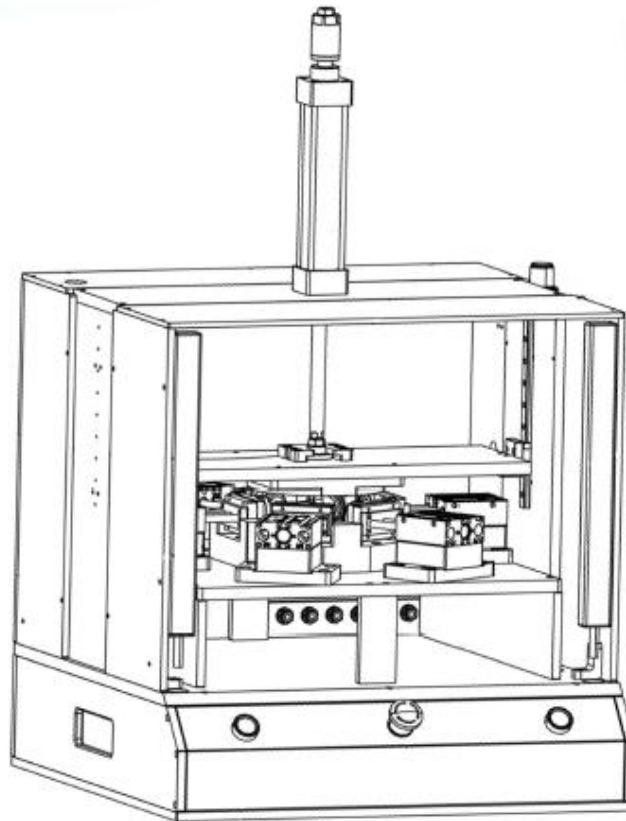


Рисунок 1.5 – Корисна модель №2 для перевірки герметичності [8]

Переваги:

- Точність регулювання тиску.
- Висока швидкість встановлення.
- Зручний в управлінні.

Недоліки:

- Перевірка лише кришок.
- Висока вартість.

Наступна корисна модель 3 представлена на рисунку 1.6.

Корисна модель стосується пристрою для перевірки герметичності отворів, який належить до технічної галузі випробувань на герметичність та включає верстак, вузол позиціювання, вентиляційний вузол та випробувальний вузол. Перша ущільнювальна деталь на вузлі позиціювання з'єднана з другою ущільнювальною деталлю на вентиляційному вузлі, що забезпечує герметизацію двох кінців наскрізного отвору об'єкта, що підлягає вимірюванню. Надувна

труба надувається для створення тиску повітря в наскрізному отворі об'єкта, що підлягає вимірюванню; після цього, коли тиск повітря стабілізується в межах стандартного діапазону, проводиться оцінка пропускання повітря наскрізного отвору об'єкта. Параметри не герметичності визначаються через випробувальний вузол для оцінки пористої структури об'єкта, що підлягає випробуванню. Цей пристрій має перевагу в тому, що дозволяє перевіряти пористу структуру об'єкта, що підлягає випробуванню. [9]

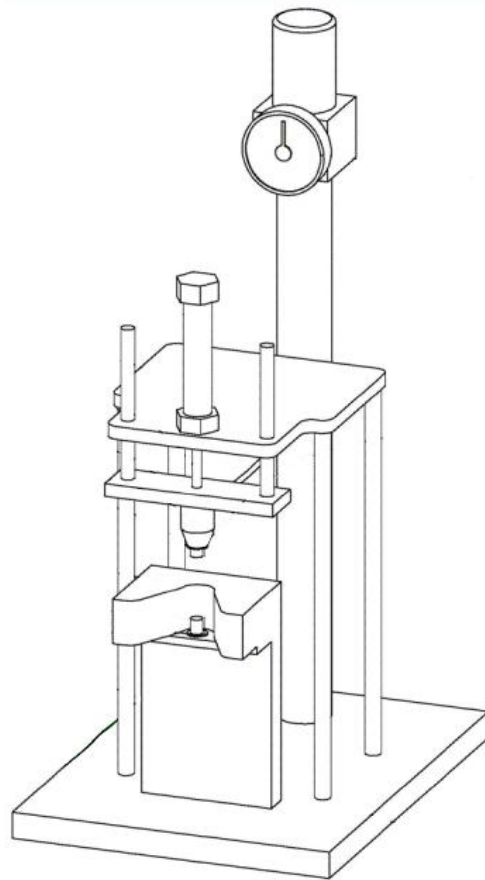


Рисунок 1.6 – Корисна модель №3 для перевірки герметичності [9]

Переваги:

- Простота експлуатації
- Стабільність роботи
- Невелика вартість

Недоліки:

- Обмеженість розмірів
- Габаритність та важко транспортувати
- Невеликий тиск перевірки

Далі розглянемо останній варіант пристрою під номером 4 для випробування на герметичність, рисунок 1.7.

Модель містить пристрій для перевірки герметичності. Цей пристрій включає коробчастий корпус, ущільнювальну частину та фіксуючий вузол. Коробчастий корпус забезпечений повітрязабірним отвором та першим отвором, на якому розташована ущільнювальна частина в навколишньому режимі, тоді як фіксуючий вузол рухомо закріплений на корпусі. [10]

Під час тестування об'єкт, який підлягає виявленню, розміщується на ущільнювальній частині, яка оточує та герметизує периферію об'єкта. Потім об'єкт притискається до ущільнювального компонента за допомогою фіксуючого вузла. Положення контакту між об'єктом і ущільнювальною частиною зберігається в герметичному стані, а середина об'єкта поєднується з внутрішньою порожниною корпусу через перший отвір. [10]

Змашують верхню поверхню об'єкта мильною водою та вводять газ через газовий отвір і перший отвір. Якщо об'єкт витікає газ, на його верхній поверхні з'являються бульбашки, а якщо не витікає, бульбашок не буде. Цей пристрій для перевірки герметичності має просту структуру та зручний у використанні для перевірки та експлуатації. [10]

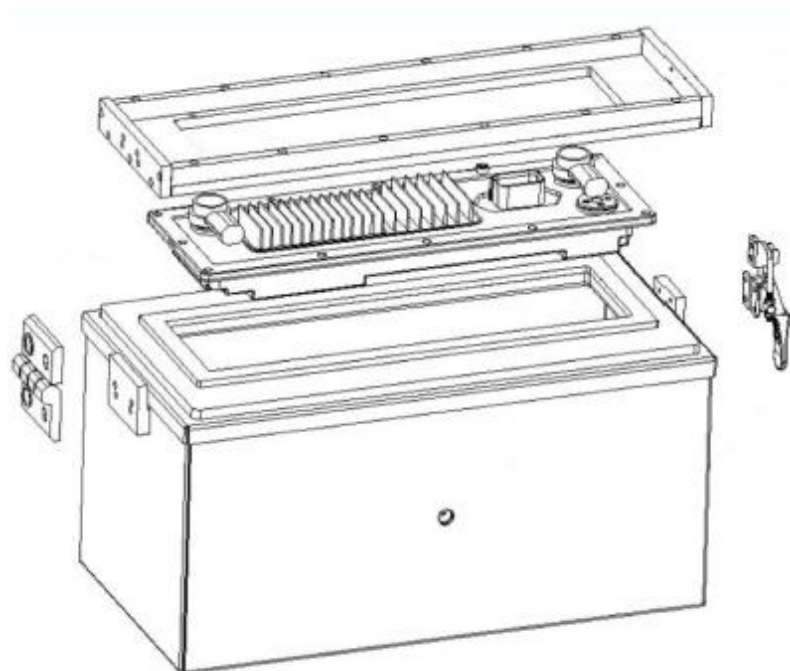


Рисунок 1.7 – Корисна модель №4 для перевірки герметичності [10]

Висновки. У процесі дослідження було розглянуто багато існуючих методів та пристроїв для випробування та перевірки на герметичність. Ці методи включають тиск, вакуум, гелій, ультразвук та інші технології. Кожен метод має свої унікальні особливості, переваги та недоліки. Кожен з розглянутих методів та пристроїв для випробування на герметичність має свої переваги та недоліки. Аналіз ринку показав, що більшість випробувальних пристроїв розробляються під конкретні завдання та вироби. Це означає, що універсальні рішення часто поступаються спеціалізованим пристроям, які можуть бути більш ефективними у вирішенні конкретних проблем. Враховуючи те, що всі існуючі моделі мають ряд своїх недоліків і можуть не підходити для всіх випадків, було прийнято рішення розробити нову конструкцію. Ця конструкція повинна базуватися на аналізі існуючих рішень та враховувати актуальні потреби ринку.

Отже, розробка нової конструкції для випробування на герметичність на основі аналізу існуючих методів та пристроїв є актуальною і дозволить забезпечити високу якість та надійність продукції. Це сприятиме підвищенню конкурентоспроможності та задоволенню потреб ринку.

2 РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

2.1 Створення параметричних моделей та збірки пристрою для випробування на герметичність

2.1.1 Визначення параметрів деталей та збірки пристрою для випробування на герметичність

Створення і оформлення документації або проекту згідно зі стандартами оформлення є важливим етапом у процесі розробки. Це забезпечує відповідність прийнятним вимогам і стандартам, що сприяє зручності використання, читабельності та професійному вигляду. Основні етапи цього процесу за методикою з літератури [11]

Наша конструкція буде складатися з таких елементів і зроблена в програмному продукті Autodesk Inventor Professional 2024 [12]:

1) Деталі:

- плита верхня,
- плита опорна,
- стійка,
- прижим,
- кришки або кришки-швидкознімача (залежить від тиску який подається).

2) Стандартних виробів

- Гайка AS 1252 - метрична M36.
- Рим-болт CNS 4491 M10 x 17.
- Шайба AS 1237 (4.1) 36 mm.

Загальний вигляд збірки зображений на рисунку **2.1**.

Виходячи із завдання параметри деталей повинні відповідати наступним вимогам:

Висота місця під встановлення балону від 320 мм до 935 мм.

Діаметр посадочних місць з 108 мм до 209 мм.

Діаметр під горло стандартний для всіх параметрів і складає 85 мм.

В залежності від тиску робимо два виконання кришки, для більш малих тисків фланець кришки буде на швидко знімачі, а для більших тисків на різьбі.

Також в залежності від тиску буде змінюватися кількість стоек з 4 до 6. Зображення вказано на рисунку 2.2.

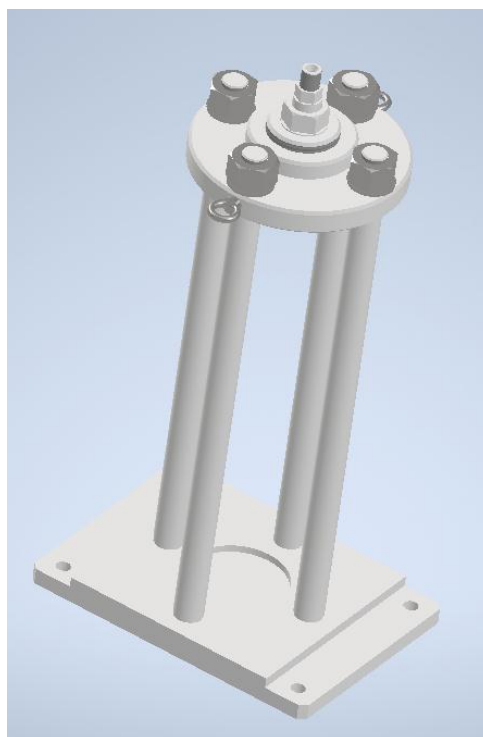
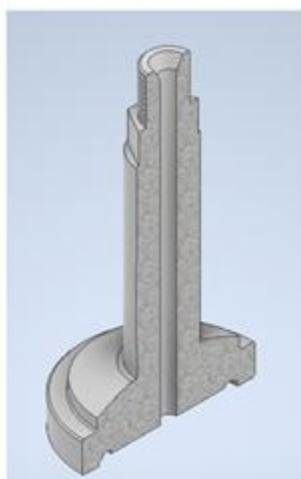


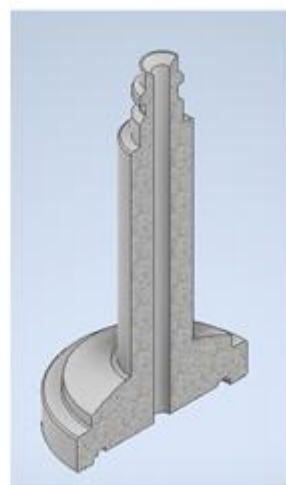
Рисунок 2.1 – Збірка пристрою для випробування на герметичність

ПРИ $P \geq 20$ МПА



Для високих тисків
використовуємо
різьбове з'єднання

ПРИ $P < 20$ МПА



Для малих тисків
використовуємо
швидко знімач

Рисунок 2.2 – Два виконання кришки

2.1.2 Створення параметричної моделі деталі «Плита опорна»

Розпочнемо створення наших деталей з внесення параметрів габаритних, присднувальних, та формоутворюючих розмірів. Створюємо таблицю параметрів для деталі «Плита опорна». Дана таблиця зображена на рисунку 2.3.

Имя параметра	Используется	Единица/ти	Формула	Номин. знач.	Допуск	Значение в моде	Ключ	Экс	Примечание
Параметры модели									
Пользовательские									
L	d2	мм	450 мм	450,000000	●	450,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Довжина основи
B	d4	мм	320 мм	320,000000	●	320,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ширина основи
H_	d3	мм	38 мм	38,000000	●	38,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Висота основи
D	d6	мм	140 мм	140,000000	●	140,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Посадковий діаметр балона
h_2	d0	мм	15 мм	15,000000	●	15,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Висота вибірки під шляпку
b_1	d31, d1	мм	65 мм	65,000000	●	65,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ширина вибірки
h_1	d11	мм	10 мм	10,000000	●	10,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Висота посадкового місця
D_1	d20	мм	230 мм	230,000000	●	230,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Середня лінія отворів
n	d21	бр	4 бр	4,000000	●	4,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Кількість отворів
d_1	d32, d24	мм	21 мм	21,000000	●	21,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Отвори під закріплення плити

Рисунок 2.3 – Таблиця параметрів «Плита опорна»

Далі зобразимо покрокове будівництво нашої моделі. Першим етапом виконаємо витягування основного контуру, рисунок 2.4. На малюнку зображений ескіз з вказаними параметрами та ширина видавлювання.

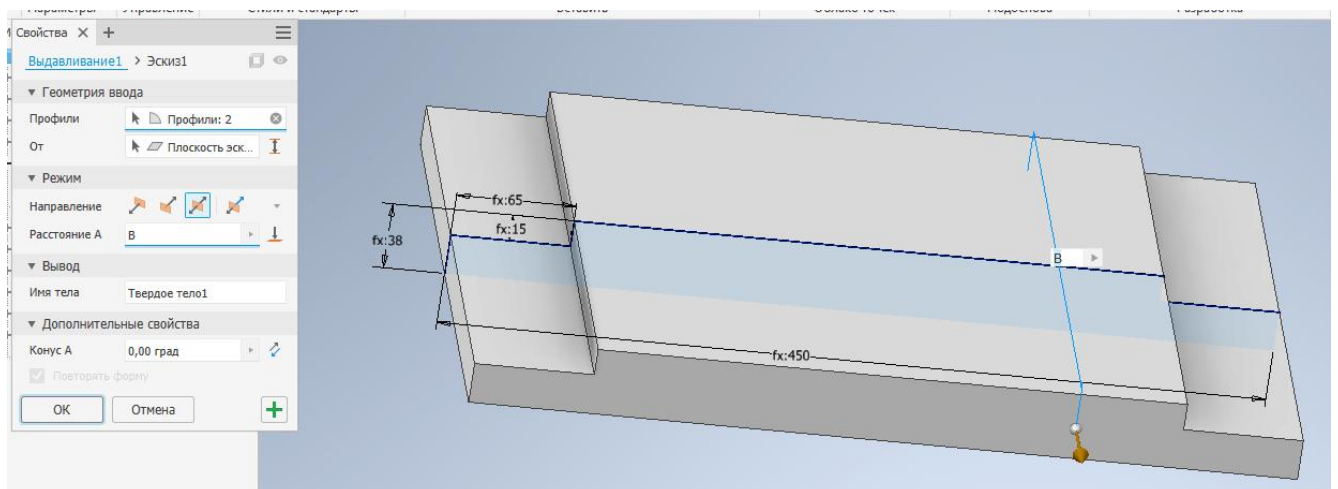


Рисунок 2.4 – Операция «выдавлювання» основного контуру

Наступним кроком виконаємо побудову посадкового отвору під балон, який виконаємо операцією «Отвір», рисунок 2.5. Створення посадкового отвору під балон та надійність конструкції.

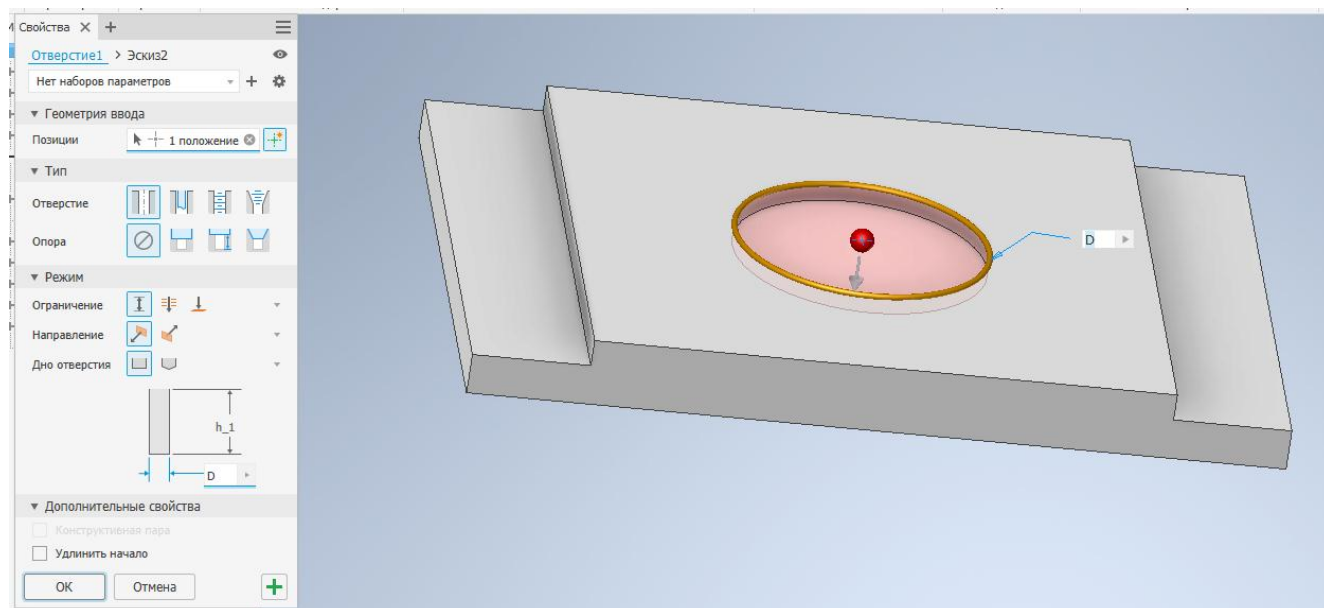


Рисунок 2.5 – операція «Отвір»

Далі створюємо отвір для кріплення стійок, рисунок 2.6. Передусім потрібно визначити точне місце для отвору. Це місце має бути ретельно виміряне та позначене на поверхні матеріалу, щоб забезпечити точне розташування стійок.

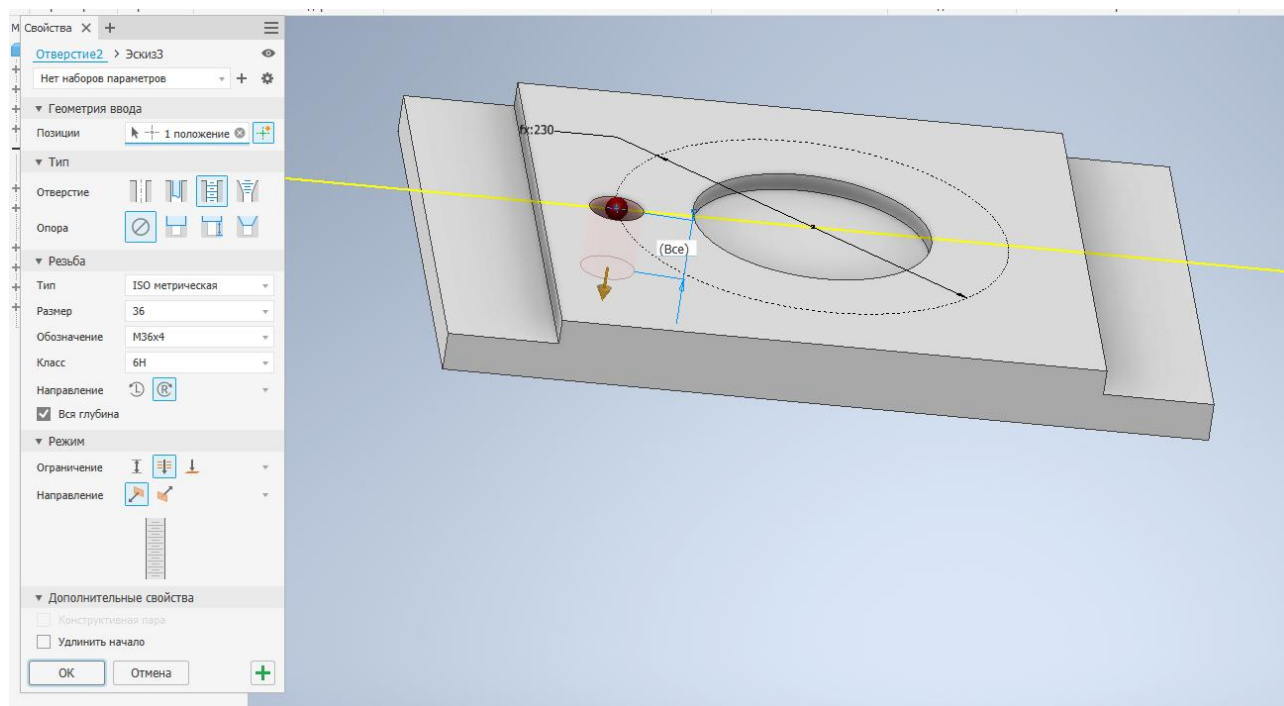


Рисунок 2.6 – операція «Отвір» для кріплення стійок

Наступним кроком виконаємо розмноження отворів круговим масивом на задану кількість отворів, рисунок 2.7. Кількість стійок, які буде використовуватися залежить від сили тиску, за допомогою якого виконують перевірку.

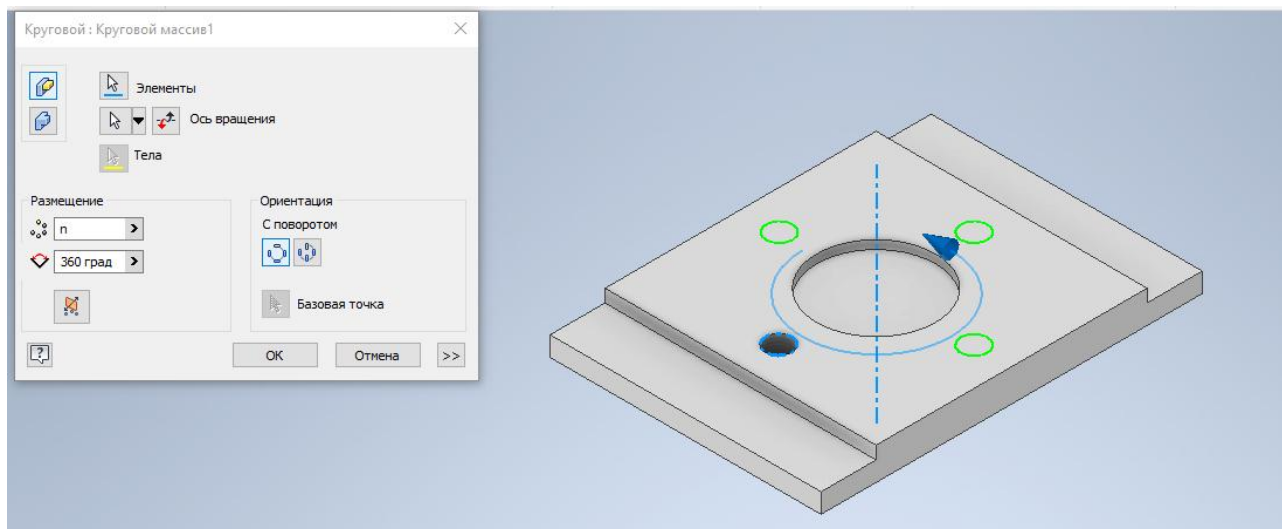


Рисунок 2.7 – Круговой массив

Далі створюємо отвори для кріплення плити опорної, рисунок 2.8. Це для кріплення пристрою до столу. За допомогою операції отвір на 21 мм під болти M20 та віддзеркалювання їх.

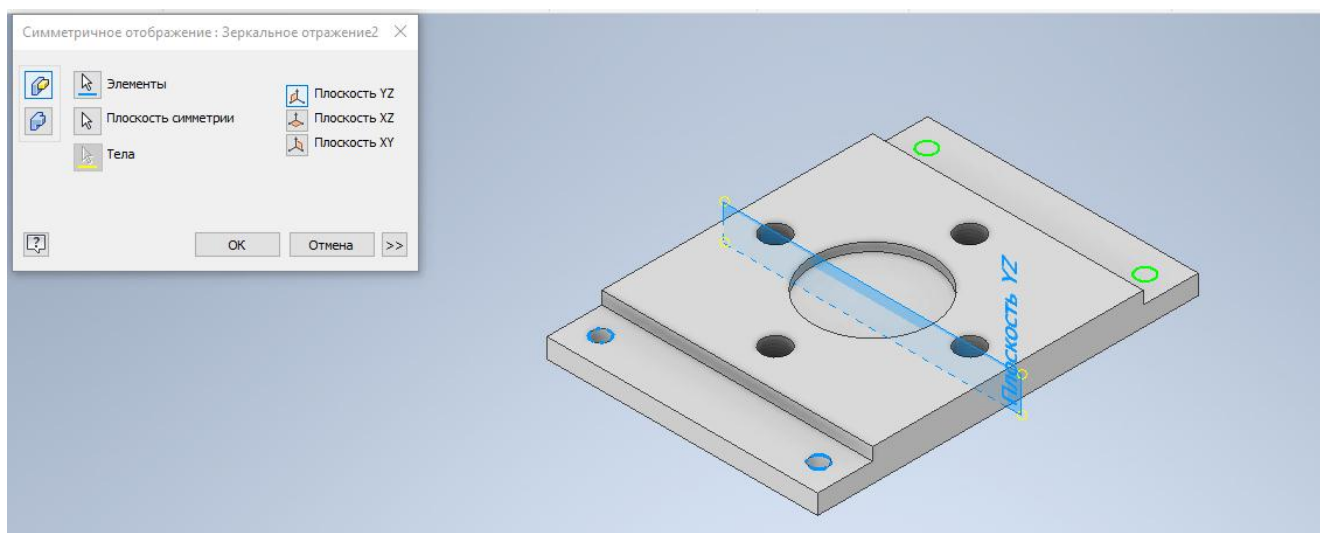


Рисунок 2.8 – Створення отворів кріплення

І останньою операцією створюємо фаски. І отримуємо готову деталь. Яка є базовою поверхнею нашого пристрою.

2.1.3 Створення параметричної моделі деталі «Стойка»

Для створення деталі стойка потрібно всього декілька операцій. Для початку розглянемо таблицю параметрів, зображену на рисунку 2.9.

Имя параметра	Используется	Единица/тип	Формула	Номин. знач.	Допуск	Значение в модели	Ключ	Экспорт	Примечание
Параметры модели									
Пользовательские									
M	d0	мм	36 мм	36,000000	●	36,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Диаметр резьбы
D	d4	мм	42 мм	42,000000	●	42,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Диаметр стойки
L_1	d1	мм	34 мм	34,000000	●	34,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Довжина різби в плиту опору
L_2	d2	мм	84 мм	84,000000	●	84,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Довжина різби в плиту верхню
H_	d3	мм	765 мм	765,000000	●	765,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Висота стойки

Рисунок 2.9 – Таблица параметров «Стойка»

Оскільки деталь обертанна то доцільно виконати її операцією обертання. Створюємо всю форму нашої стойки одразу згідно ескізу з вказанням розмірів з таблиці параметрів, рисунок 2.10. І створюємо фаски за допомогою іншої команди.

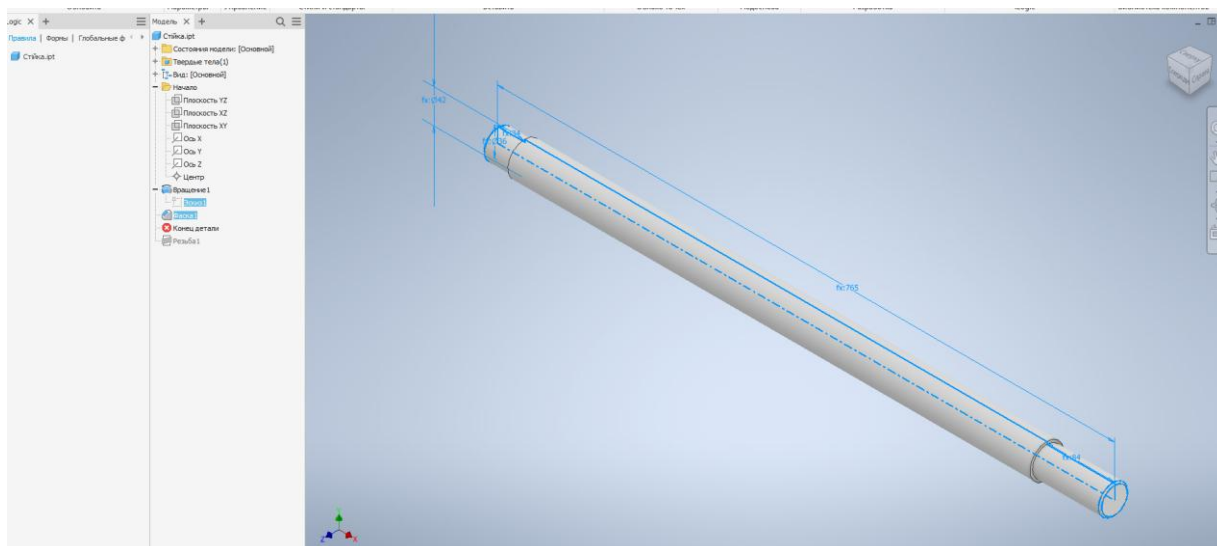


Рисунок 2.10 – Створення форми «Стойки»

Наступним етапом створення різьби на кінцях нашої «Стіжки», рисунок 2.11. Різьба яку вказуємо показана на ескізі. Вони слугують для кріплення стійки в двох плитах, а саме «плита опорна» та «плита верхня».

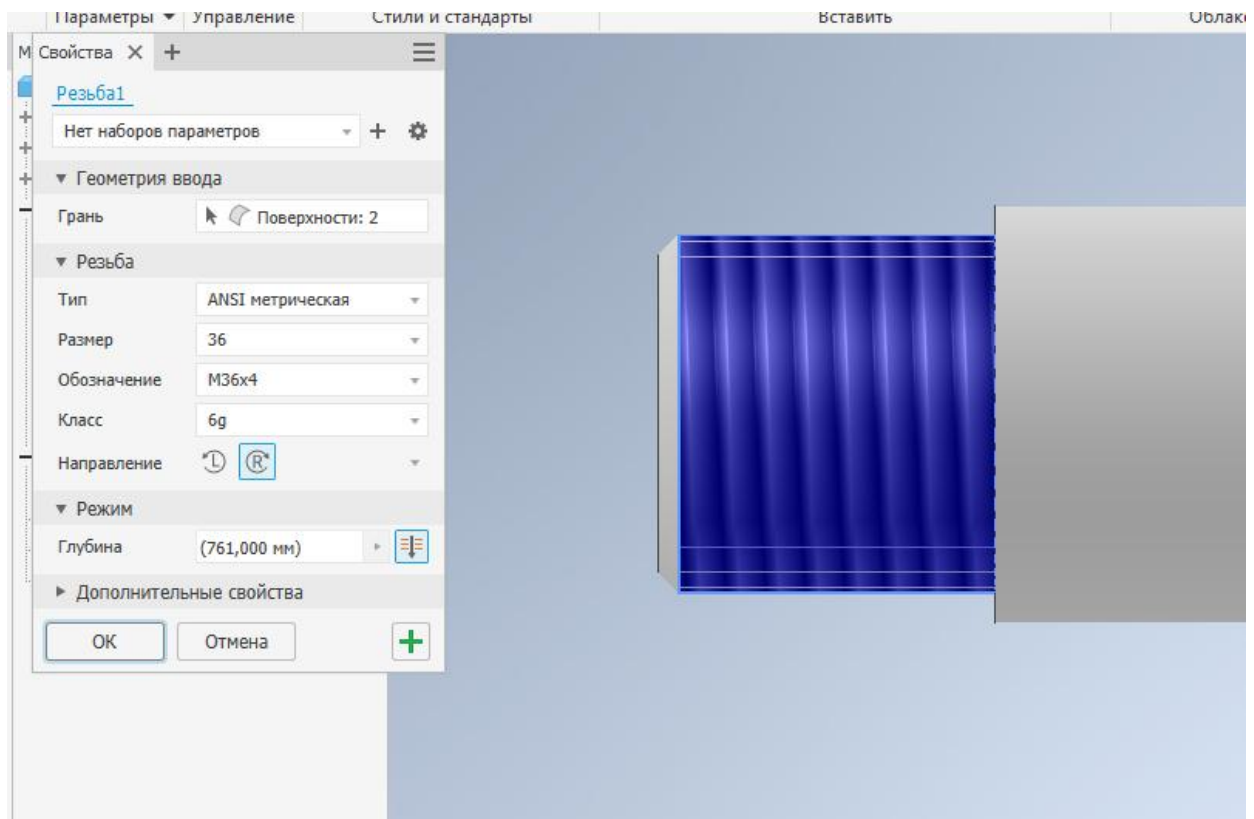


Рисунок 2.11 – Створюємо різьбу «Стіжки»

2.1.4 Створення параметричної моделі деталі «Плита верхня»

Для початку покажемо на рисунку 2.12, таблицю параметрів. На ній вказано усі параметри необхідні для побудови і перебудуванні в майбутній збірці. Основними параметрами є довжини.

Имя параметра	Используется	Единица/тип	Формула	Номин. знач.	Допуск	Значение в модели	Ключ	Экспорт	Примечание
Пользовательские									
D	d0	мм	300 мм	300,000000	●	300,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Диаметр плиты верхней
H_	d33, d1	мм	60 мм	60,000000	●	60,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Высота плиты верхней
h_1	d33, d2	мм	25 мм	25,000000	●	25,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Высота маточки
d_1	d3	мм	150 мм	150,000000	●	150,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Диаметр маточки
D_1	d19	мм	230 мм	230,000000	●	230,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Средняя линия отверстий
n	d20	бр	4 бр	4,000000	●	4,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Кількість отворів
D_2	d12	мм	37 мм	37,000000	●	37,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Диаметр отвору під шпильку

Рисунок 2.12 – Таблица параметров «Плита верхня»

Операцією обертання створимо базовий контур нашої плити. Розміри ескізу зображені на рисунку 2.13. Як і готова форма отримана після даної операції.

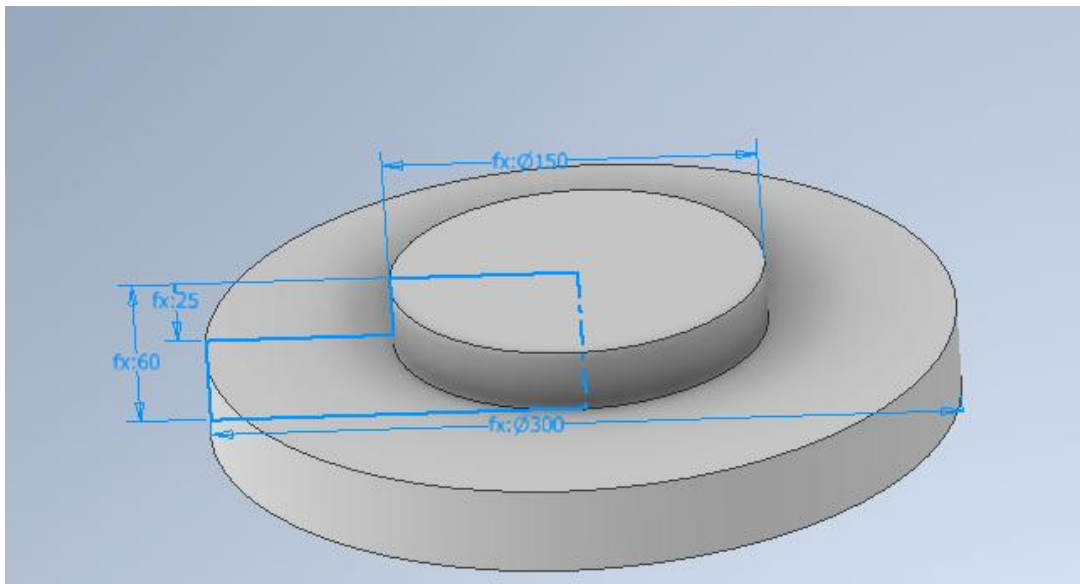


Рисунок 2.13 – Створюємо базову форму «Плита верхня»

Створюємо різбовий отвір під різблення, рисунок 2.14.

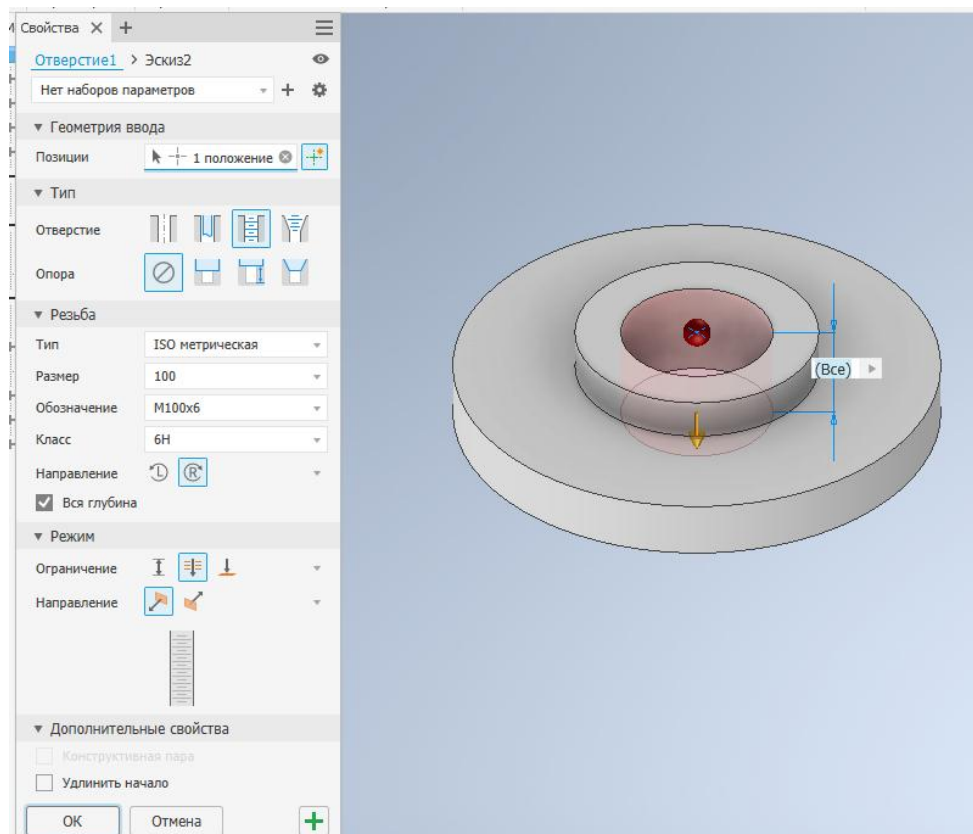


Рисунок 2.14 – Створюємо різбовий отвір на «Плита верхня»

Створюємо отвір під закріплення нашої стійки більший за різьбу на 1 мм. І одразу виконаємо масивом по колу. Виконання розмноження отворів покажемо на рисунку 2.15.

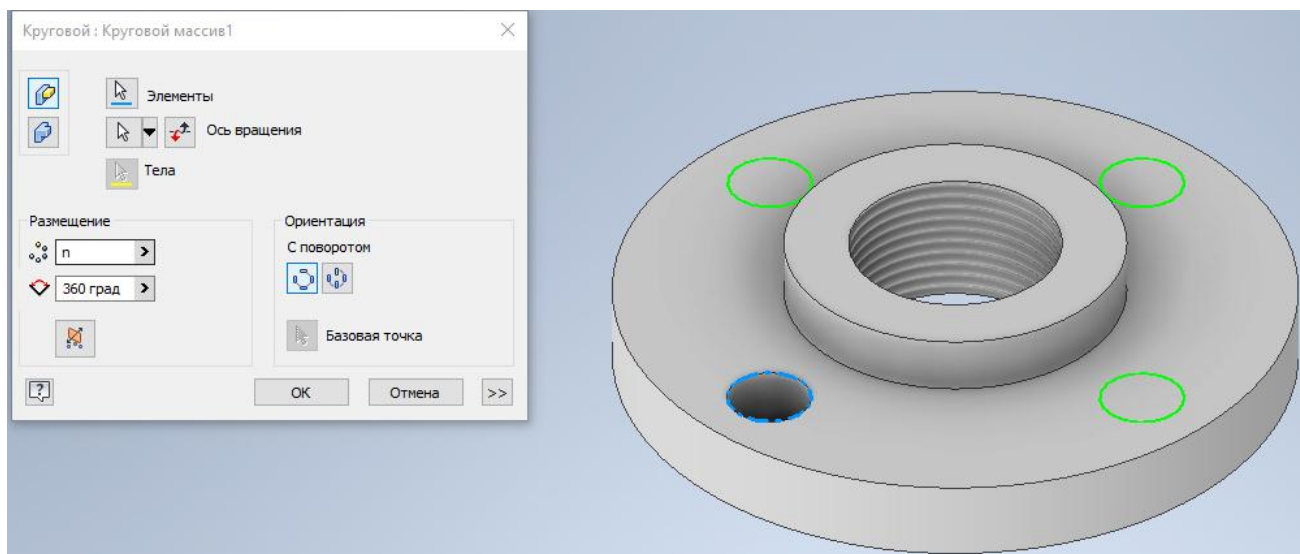


Рисунок 2.15 – Створюємо отвори під стійки

Створюємо фаски на плиті. І отвори за допомогою допоміжної площини для кріплення Рим-болтів. Та розмножуємо за допомогою кругового масиву виконуємо їх орієнтацію, рисунок 2.16.

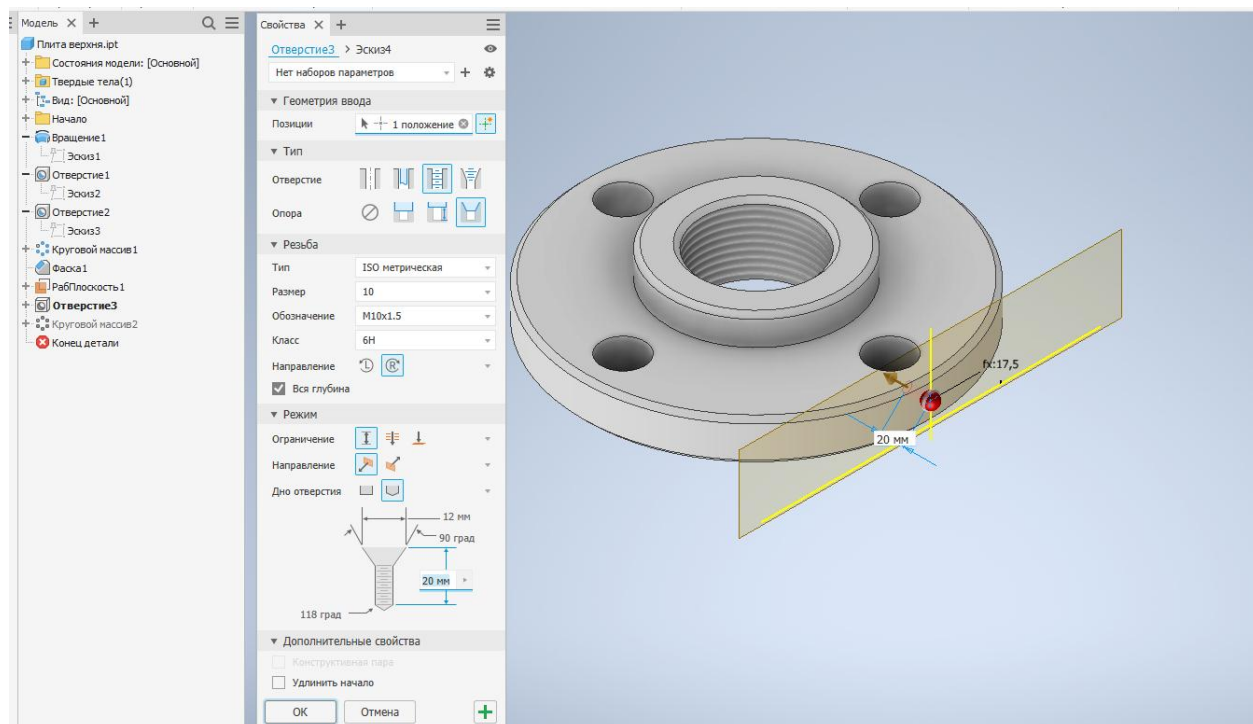


Рисунок 2.16 – Отвори для кріплення Рим-болтів

2.1.5 Створення параметричної моделі деталі «Прижим»

Знову розпочнемо з створення таблиці параметрів, рисунок 2.17, для деталі «прижим». В колонці «призначення» вказано для чого дані розміри. Побудова даної деталі буде не складною і складатися з невеликої кількості операцій.

Имя параметра	Используется	Единица/тип	Формула	Номен. знач.	Допуск	Значение в модели	Ключ	Экспл	Примечание
Параметры модели									
Пользовательские									
D	d19, d18, d2	мм	100 мм	100,000000	●	100,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Диаметр резьбы
H_	d8	мм	108 мм	108,000000	●	108,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Высота прижиму
h_1	d16, d9	мм	28 мм	28,000000	●	28,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Высота под ключ
d_1	d18, d7	мм	64 мм	64,000000	●	64,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Диаметр упору под ключ
S_	d14	мм	55 мм	55,000000	●	55,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ширина под ключ
D_1	d21	мм	41 мм	41,000000	●	41,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Диаметр под крышку

Рисунок 2.17 – Таблица деталі «Прижим»

Спочатку створимо контур нашої деталі «прижим», рисунок 2.18. Розміри, які видно на ескізі, були обрані відповідно до параметрів, зазначених у таблиці. Таблиця параметрів містить детальні характеристики, що враховують усі необхідні вимоги для створення високоякісної деталі. Ці розміри забезпечують оптимальну функціональність і надійність виробу.

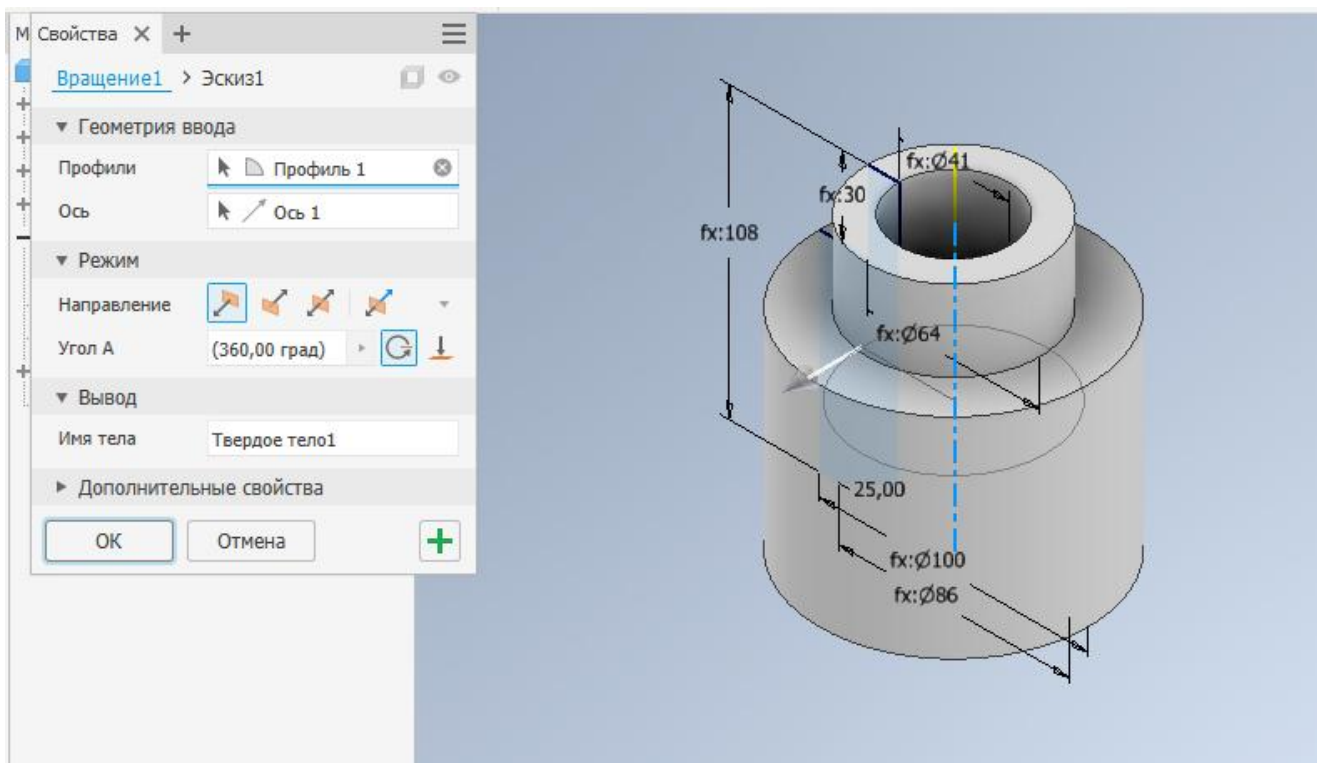


Рисунок 2.18 – Операція «обертання» для деталі «прижим»

Наступним кроком виконуємо вирізання шестигранного місця під ключ, за ескізом на задану глибину. Продемонструємо це на рисунку 2.19.

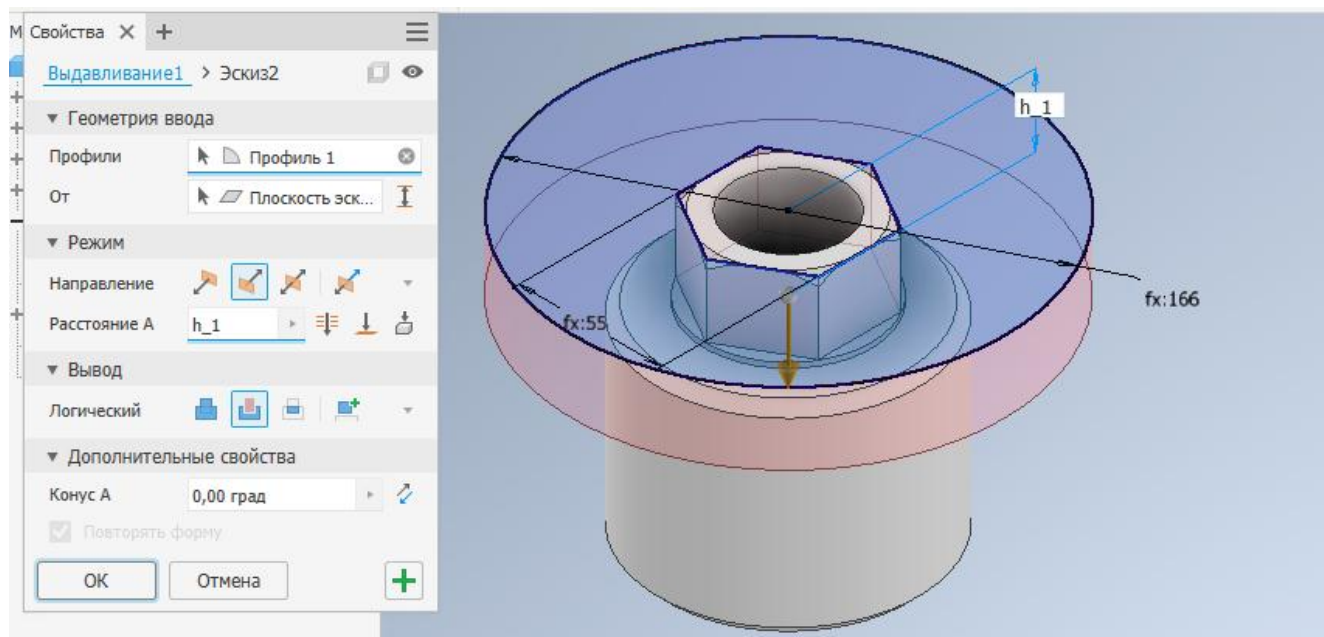


Рисунок 2.19 – Створення шестигранника під ключ

І останньою операцією буде створення різі, вказано на рисунку 2.20. Дана різьба слугує для того щоб прижим прижимав наш балон в плиті верхній.

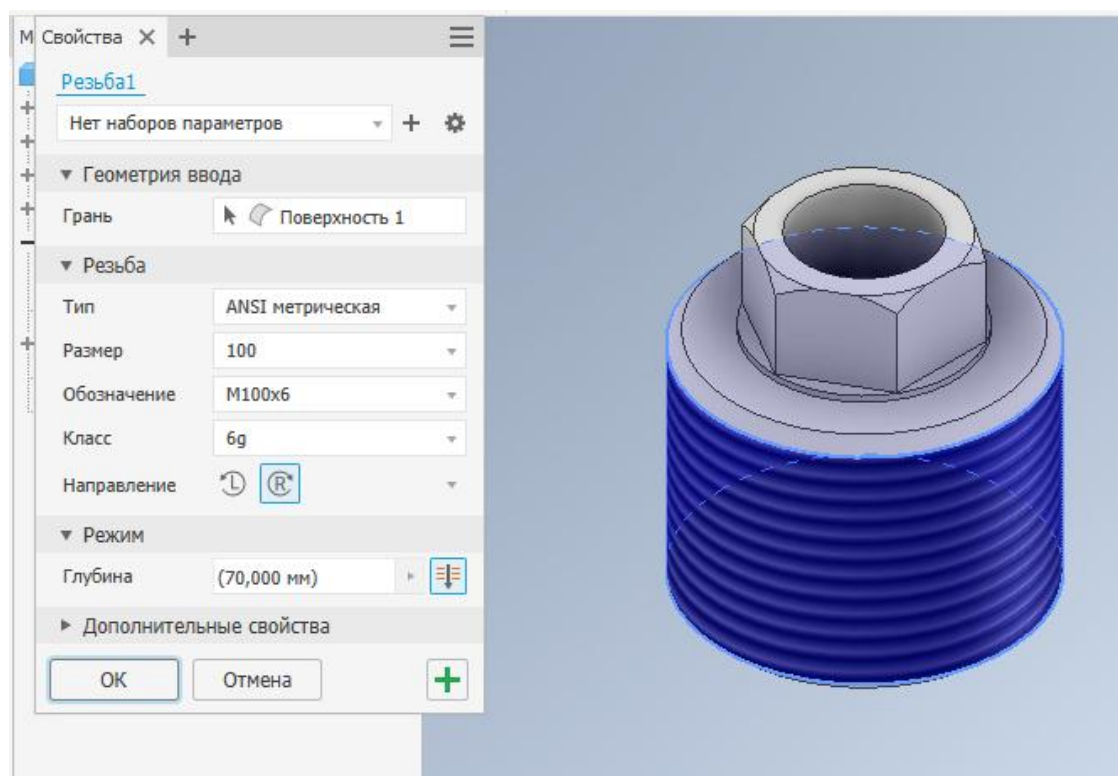


Рисунок 2.20 – Створення різі в деталі «прижим»

2.1.6 Створення параметричної моделі деталі «Кришка»

Заповнюємо таблицю параметрів, рисунок 2.21, для деталі «кришка». Побудова даної деталі буде двох моделей з двома виконанням.

Имя параметра	Используется	Единица/тип	Формула	Номин. знач.	Допуск	Значение в модели	Ключ	Экспорт	Примечание
Параметры модели									
Пользовательские									
D	d29, d5, d4, d0	мм	106 мм	106,000000	0	106,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Зовнішній діаметр кришки
H	d10	мм	193 мм	193,000000	0	193,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Висота кришки
d	d19, d17	мм	10 мм	10,000000	0	10,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Діаметр отвору підводу повітря
D_1	d11	мм	85 мм	85,000000	0	85,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Посадковий отвір
h_1	d12	мм	3 мм	3,000000	0	3,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Глибина посадкового отвору
D_2	d14	мм	80 мм	80,000000	0	80,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Зовнішній діаметр виточени під ушколювач
h_2	d13	мм	2 мм	2,000000	0	2,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ширина виточени
D_22	d15	мм	70 мм	70,000000	0	70,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Внутрішній діаметр виточени під ушколювач
H_1	d2, d1	мм	19 мм	19,000000	0	19,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Висота втовчени
d_1	d29, d7	мм	39 мм	39,000000	0	39,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Посадковий діаметр
R	d6	мм	85 мм	85,000000	0	85,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Посадковий радіус
L_1	d8	мм	130 мм	130,000000	0	130,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Довжина посадкового діаметру
M	d9	мм	27 мм	27,000000	0	27,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Діаметр під різьбу
s_	d28	мм	32 мм	32,000000	0	32,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Розмір під ключ
L_2	d30	мм	18 мм	18,000000	0	18,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Висота під ключ

Рисунок 2.21 – Таблица параметрів деталі «кришка»

На наступному етапі виконуємо побудову за допомогою обертання нашого ескізу навколо заданої осі., рисунок 2.22.

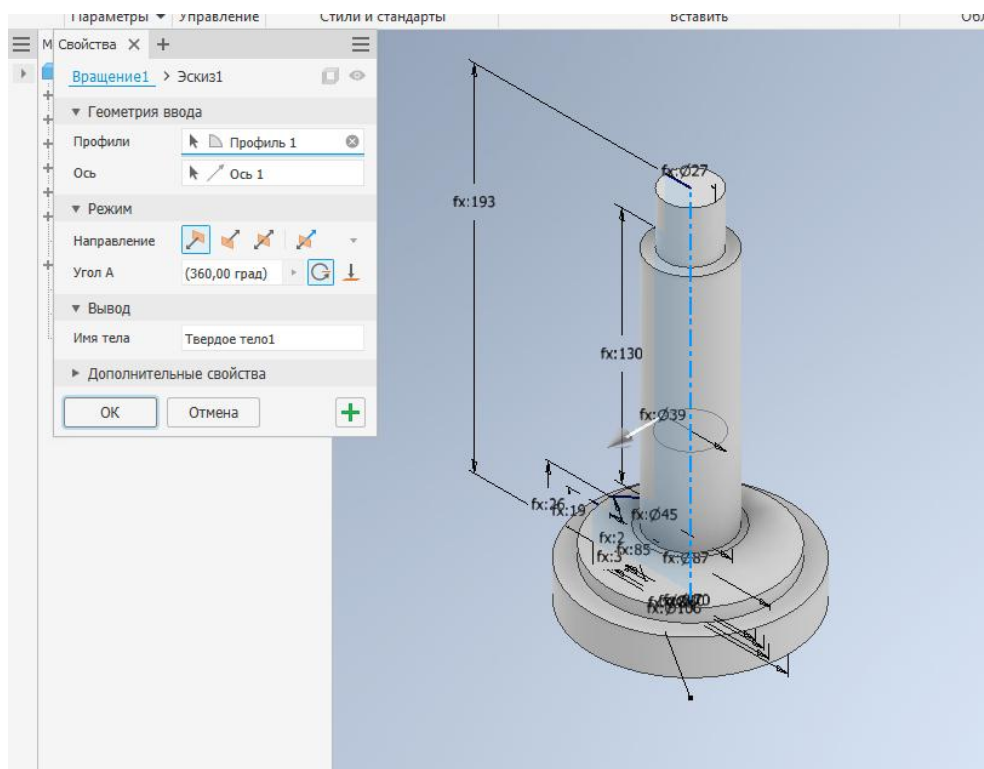


Рисунок 2.22 – Операція «обертання» деталі «кришка»

Створюємо отвір для подачі рідини під тиском для перевірки балону з західною фаскою. Зобразимо на рисунку **2.23**. Додатково на всій деталі робимо технологічні фаски та радіуси.

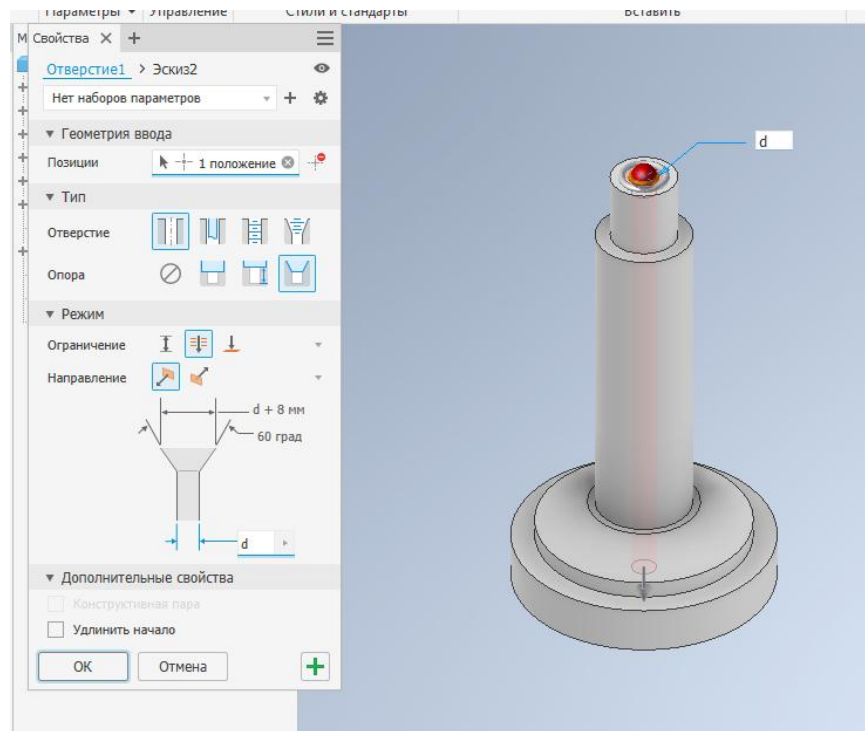


Рисунок 2.23 – Створення отвору під подачу рідини під тиском

Наступною операцією виконуємо вирізання шестигранного місця під ключ для затиску і підтискання балону. Показано на рисунку **2.24**.

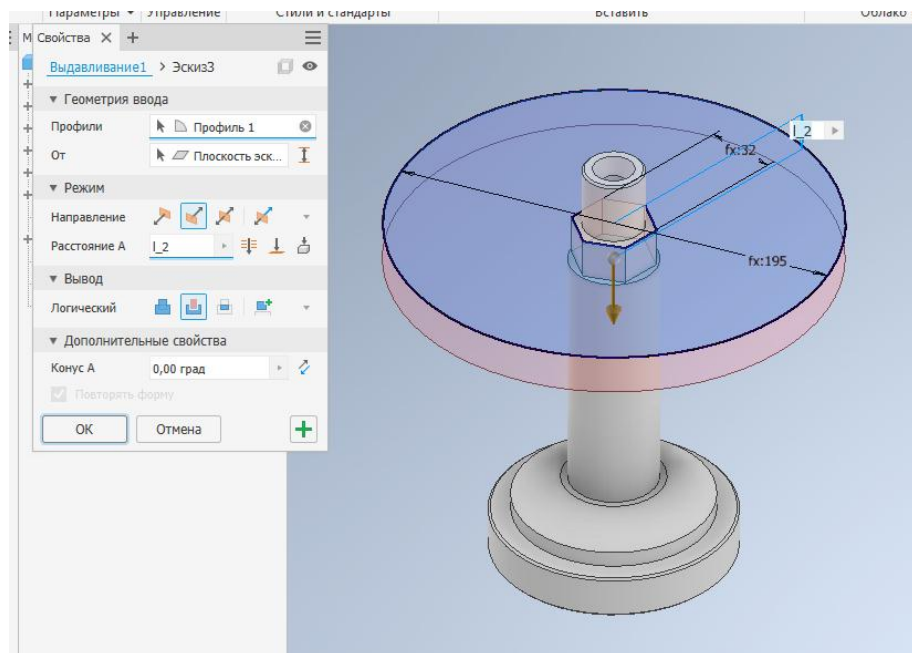


Рисунок 2.24 – Шестигранник під ключ

І останнім кроком зробимо виконання з різьбою, рисунок 2.25.

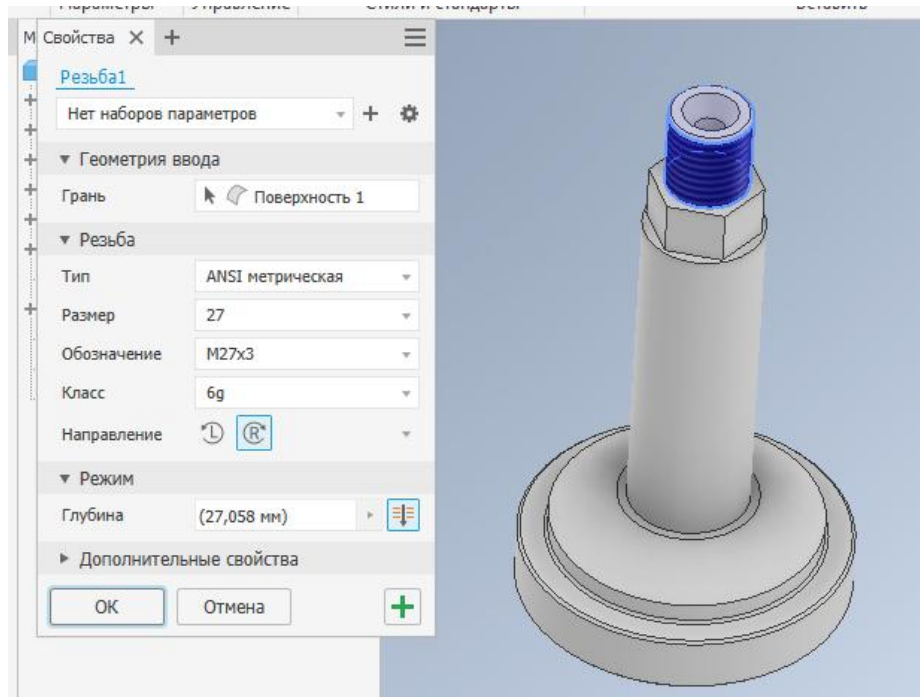


Рисунок 2.25 – Різь для подачі тиску

І останнім зробимо виконання, створивши нову модель, змінивши лише хвостову частину для тиску менше за 20 МПа, виглядом вказаним на рисунку 2.26

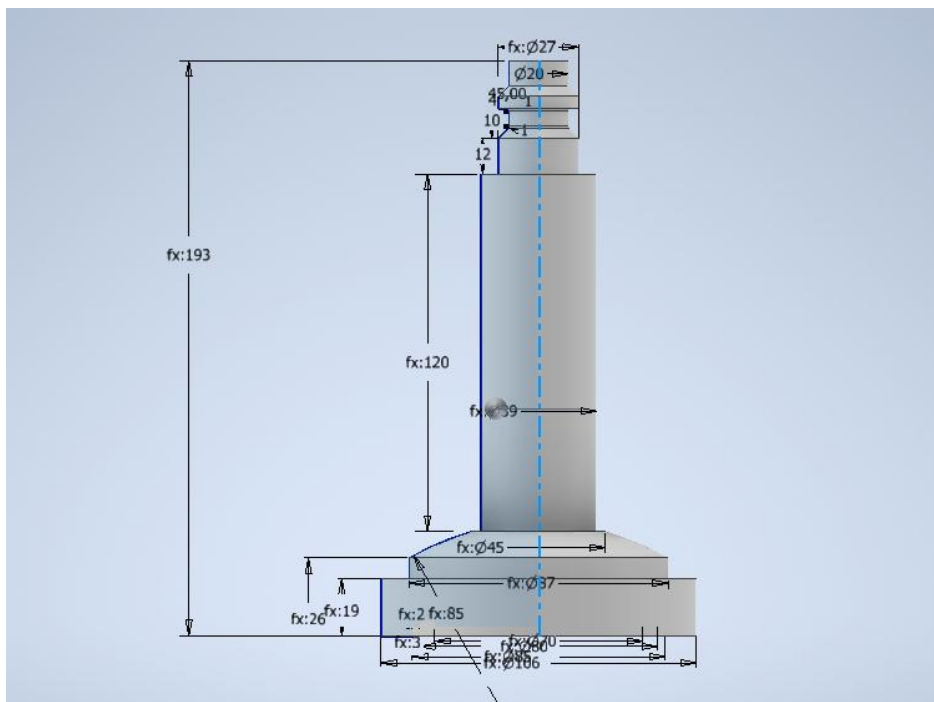


Рисунок 2.26 – Виконання хвостової частини

2.2 Створення конструкторської документації

Створення конструкторської документації є важливим етапом у розробці та виробництві будь-якого технічного продукту. Вона забезпечує точність, ефективність та стандартизацію процесів виготовлення, що є критично важливим для промисловості та виробництва. В Україні, де індустріалізація та технологічний розвиток набирають обертів, ефективне створення конструкторської документації є ключовим для підвищення конкурентоспроможності національних підприємств.

Останні дослідження в сфері конструкторської документації підкреслюють важливість автоматизації та використання сучасних програмних засобів для покращення точності та швидкості розробки. Створення конструкторської документації будемо виконувати в програмному продукті Autodesk Inventor Professional 2024. [12].

Об'єктом конструкторської документації є пристрій для випробування на герметичність об'єкту. В даному розділі розглянемо створення, реалізованих виконань конструкції пристрою, схема складання пристрою.

Виготовлення прототипу дозволяє перевірити відповідність конструкції всім заданим параметрам і провести необхідні випробування. У разі виявлення недоліків або відхилень, вносяться корективи у креслення та моделі. Завершальним етапом є підготовка комплекту конструкторської документації, яка включає всі необхідні креслення, специфікації пристрою.

2.2.1 Реалізовані виконання конструкції пристрою

В даному розділі покажемо отримані реалізовані виконання. Першим виконанням є пристрій для об'єму балона в 2 л. Загальний вигляд на рисунку **2.27**. В даному виконанні використовуються кришка-швидкознімач. Зменшенні стійки. Змінна висота та міжосьова відстань отворів під кріплення стійок,, як і їх самих, виходячи з діаметру балону.

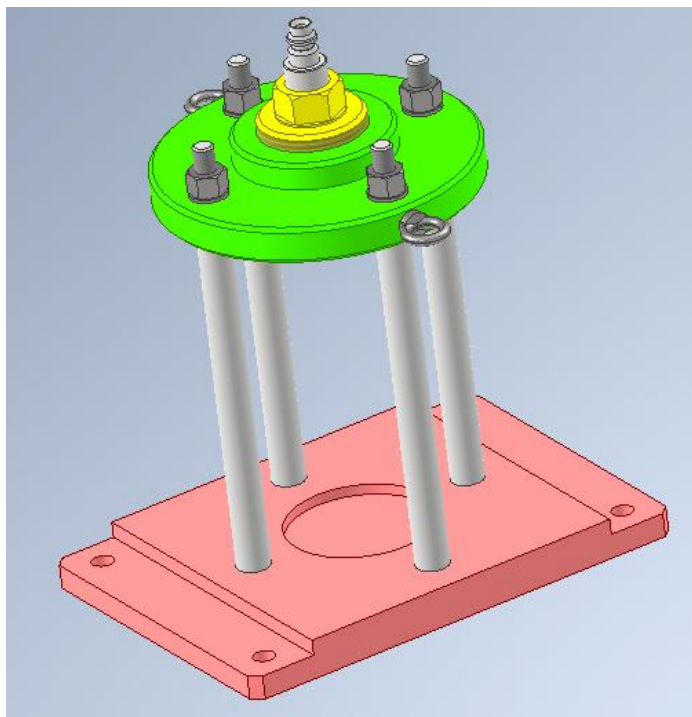


Рисунок 2.27 – Виконання для балону 2 л

Друге виконання для 3 л. відрізняється від першого висотою стійок та отриманою подачею тиску, рисунок **2.28**.

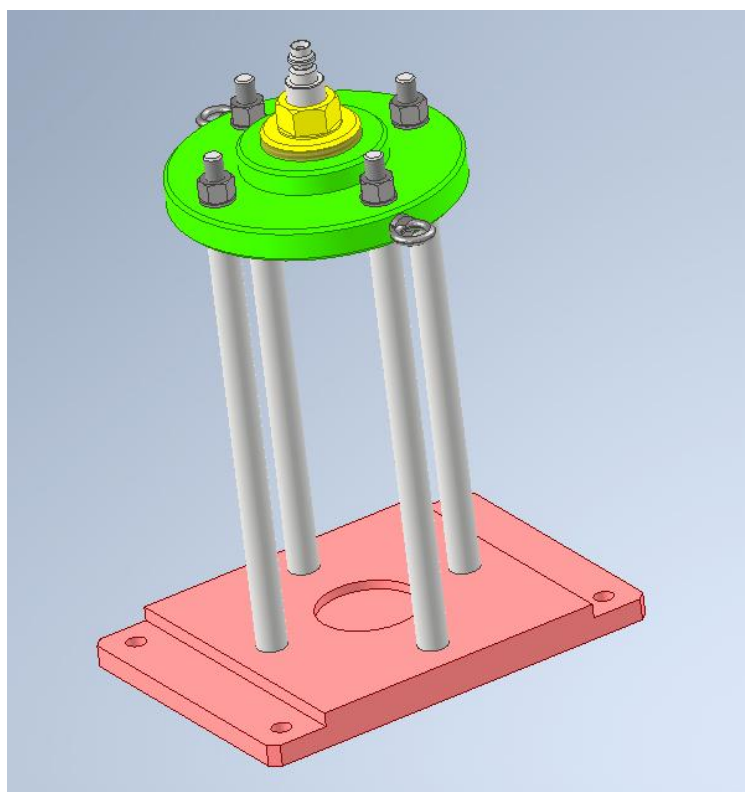


Рисунок 2.28 – Виконання для балону 3 л

Третє виконання для 5 л. відрізняється від двох попередніх збільшенням діаметру посадкового на плиті опорній до 140 мм. Збільшення висоти та потрібного тиску подачі, рисунок **2.29**.

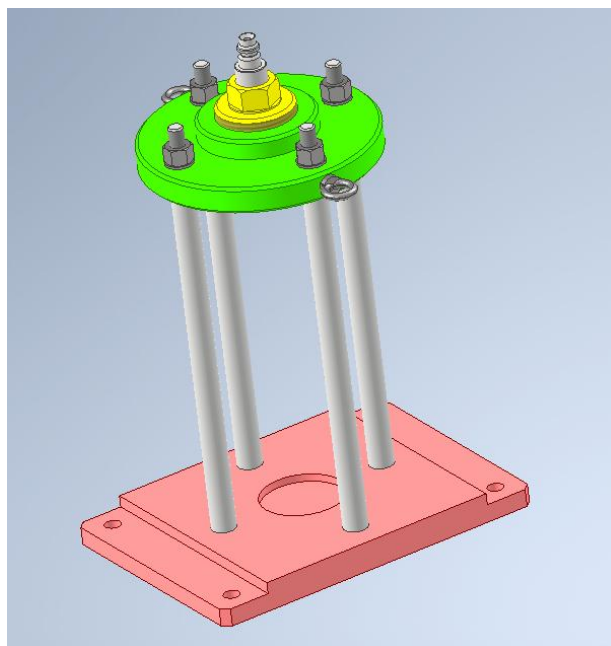


Рисунок 2.29 – Виконання для балону 5 л

Четверте виконання для 6 л. характерною різницею є збільшення висоти та потрібного тиску подачі, рисунок **2.30**.

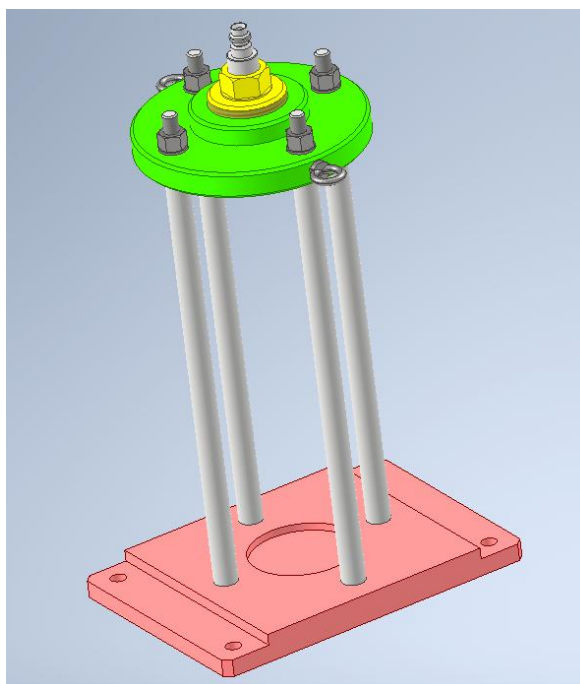


Рисунок 2.30 – Виконання для балону 6 л

П'яте виконання для 7 л, збільшення висоти і тиску, рисунок 2.31.

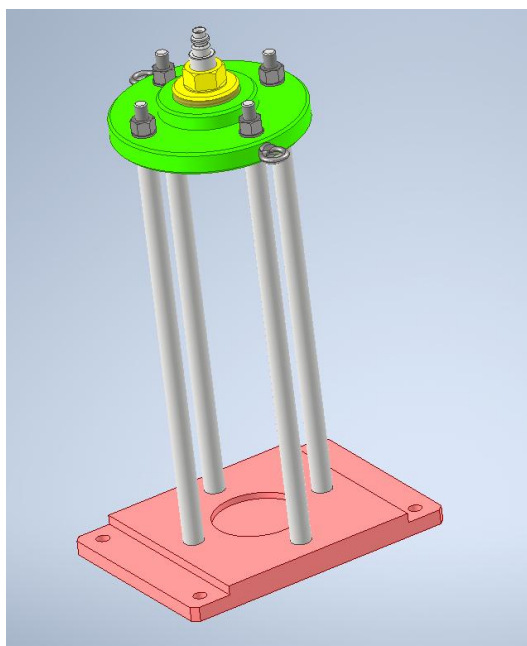


Рисунок 2.31 – Виконання для балону 7 л

Шосте виконання для 20 л – це зміна висоти, посадкових місць, стійок, а саме їх діаметрів, висот, різі, кількості. Збільшення діаметрів. Заміна стандартних виробів. Заміна кришки-швидкознімача на кришку з різзю. Це все пов'язане зі збільшенням тиску більше 20 МПа. Показано на рисунку 2.32.

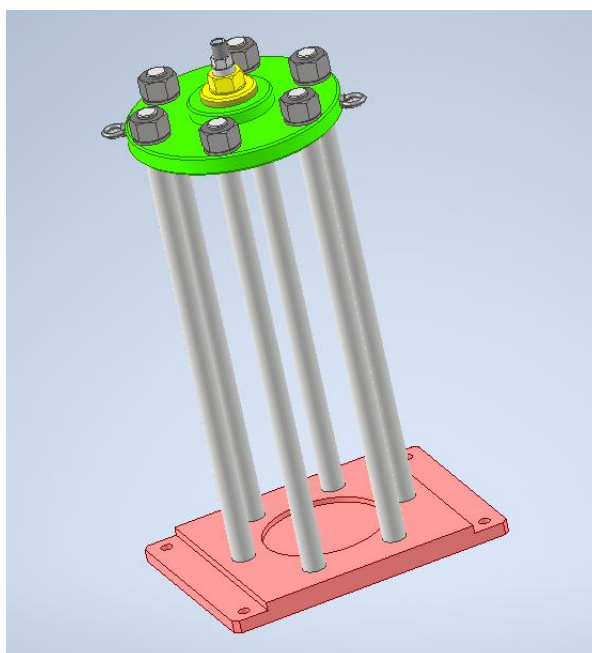


Рисунок 2.32 – Виконання для балону 20 л

І останнім є 7 виконання на 25 л, характерної різниці між шостим майже не має. Відрізається лише висотою та тиском подачі, рисунок 2.33.

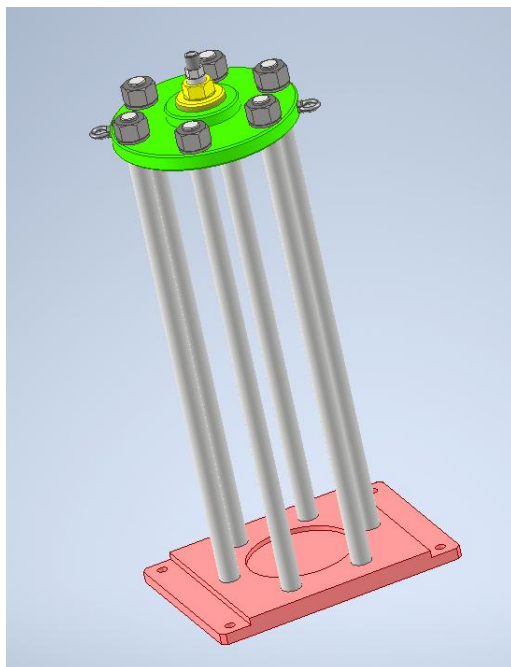


Рисунок 2.33 – Виконання для балону 25 л

2.2.2 Візуалізація збірки

Розпочнемо візуалізацію нашої збірки з відкручування гайок нашого пристрою. Надаємо їм обертового руху та поступального, рисунок 2.34. Додатково налаштуємо вид нашої камери.

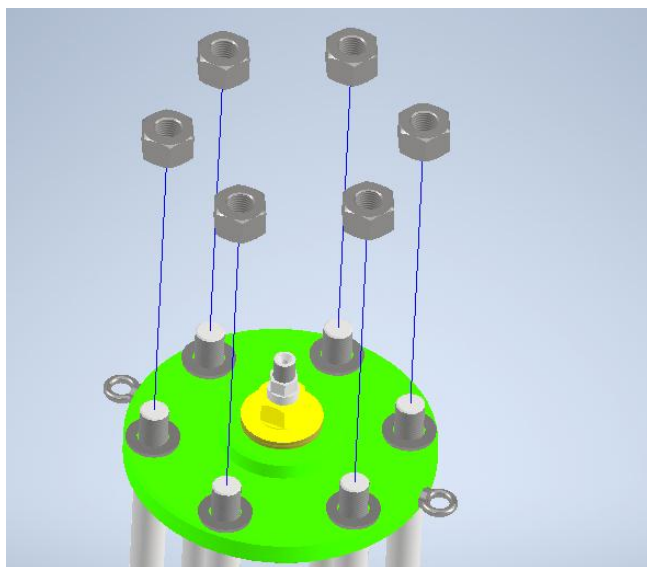


Рисунок 2.34 – Зняття гайок

Наступним кроком йде зняття шайб, використовуючи лише поступальний рух, рисунок 2.35.

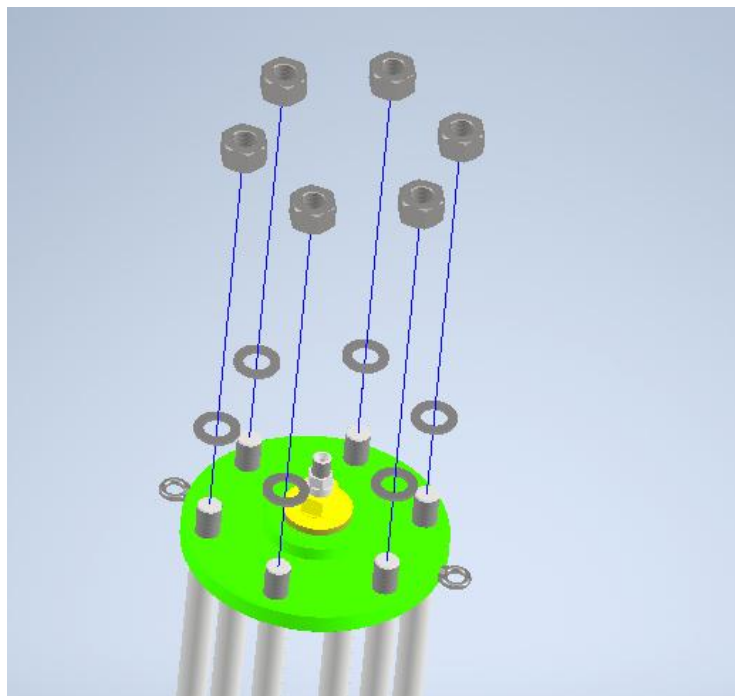


Рисунок 2.35 – Зняття шайб

Далі виконуємо зняття нашої верхньої плити разом зі всіма її компонентами, виконуючи переорієнтацію камери, з найбільш вигідної позиції, рисунок 2.36.

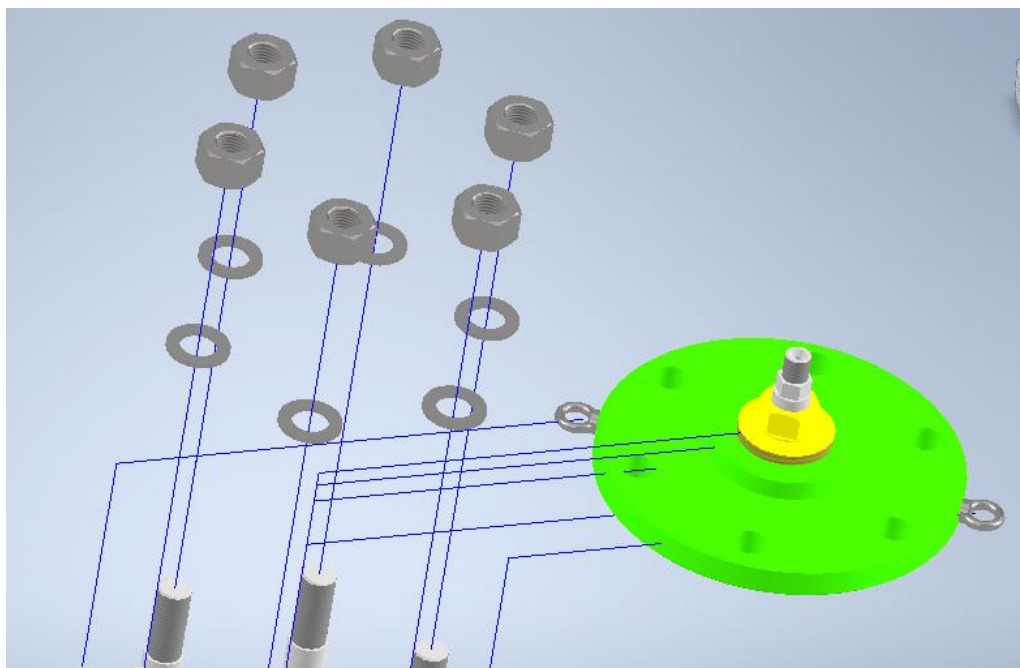


Рисунок 2.36 – Зняття плити верхньої

Наступним кроком виконуємо викручування рим-болтів, рисунок 2.37.

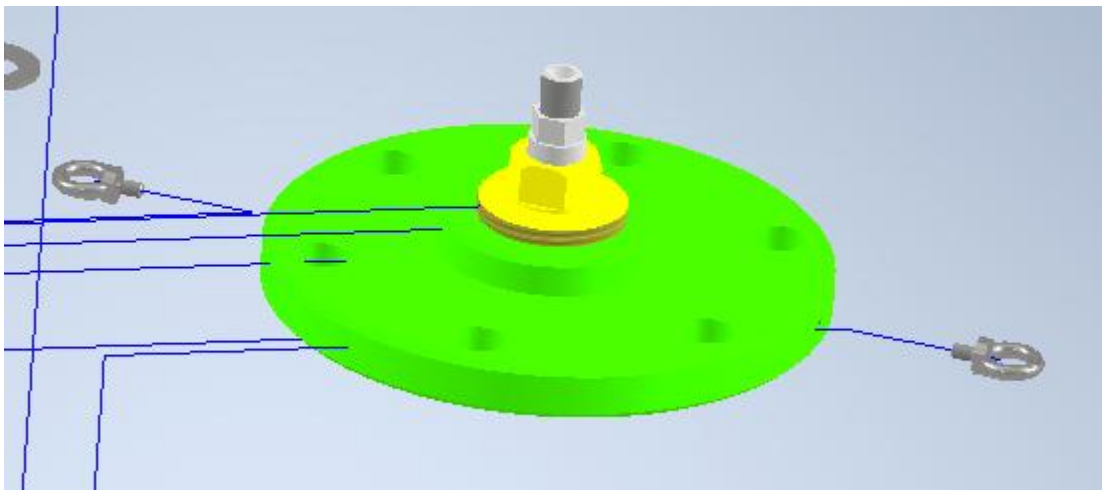


Рисунок 2.37 – Зняття рим-болтів

Далі виконуємо одночасне викручування прижиму з поступальним рухом та просте переміщення кришки, з наступним витяганням ущільнюючого кільця. Показано на рисунку 2.38.

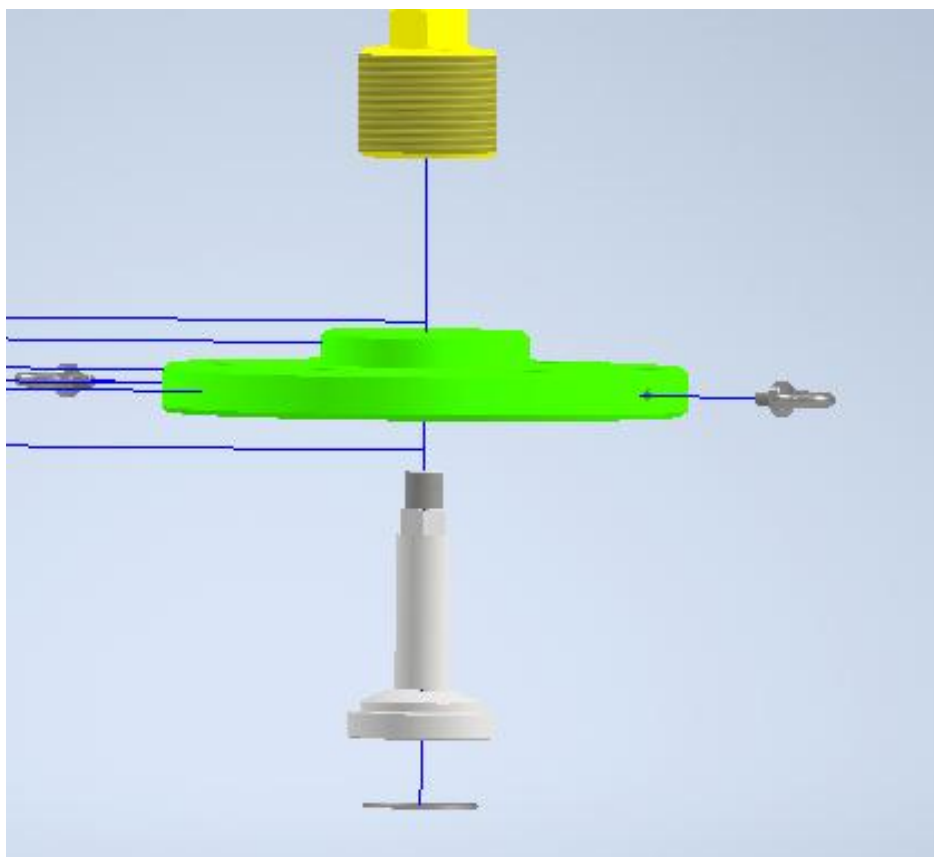


Рисунок 2.38 – Зняття прижиму, кришки та ущільнюючого кільця

І останньою операцією є викручування стоек з плити опорної, з заміною виду камери, рисунок 2.39.

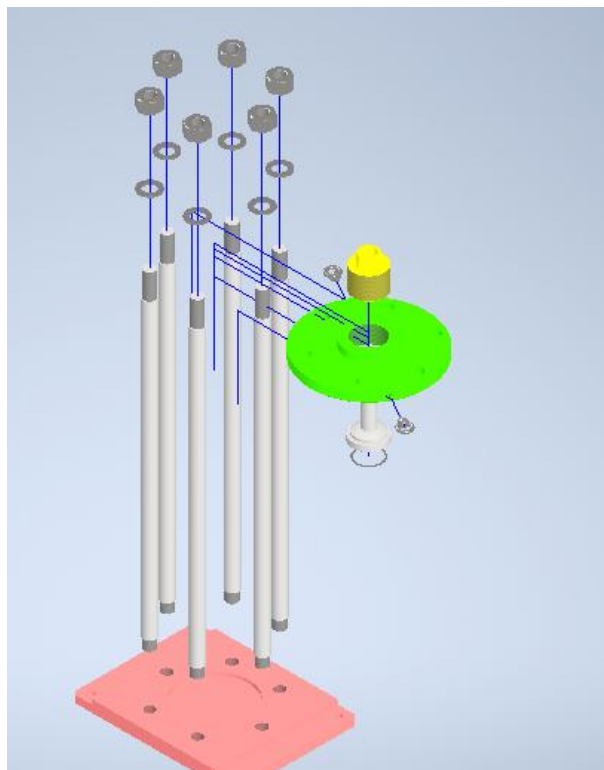


Рисунок 2.39 – Зняття стоек та загальний вигляд збірки

Далі продемонструємо отриману панель розкадровок разом з вибором видів, які нам знадобляться в подальшому для креслення, рисунок 2.40.

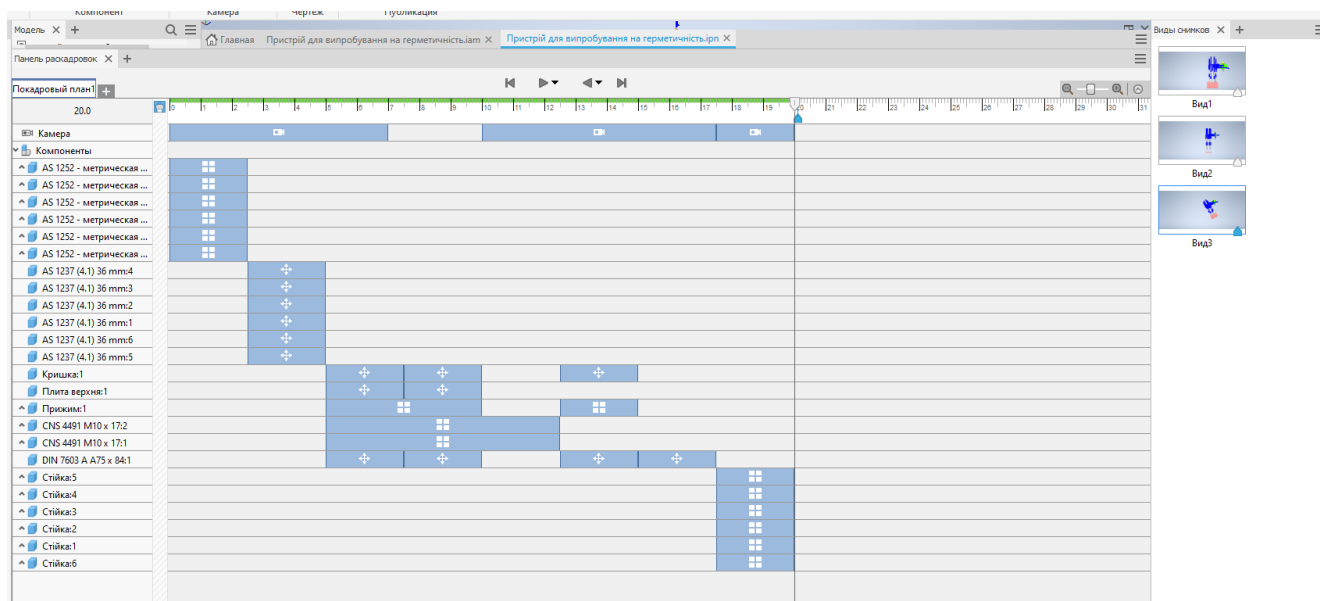


Рисунок 2.40 – Панель розкадровок

Для завершення нашої візуалізації зробимо запис відео розбирання нашої збірки, рисунок 2.41.

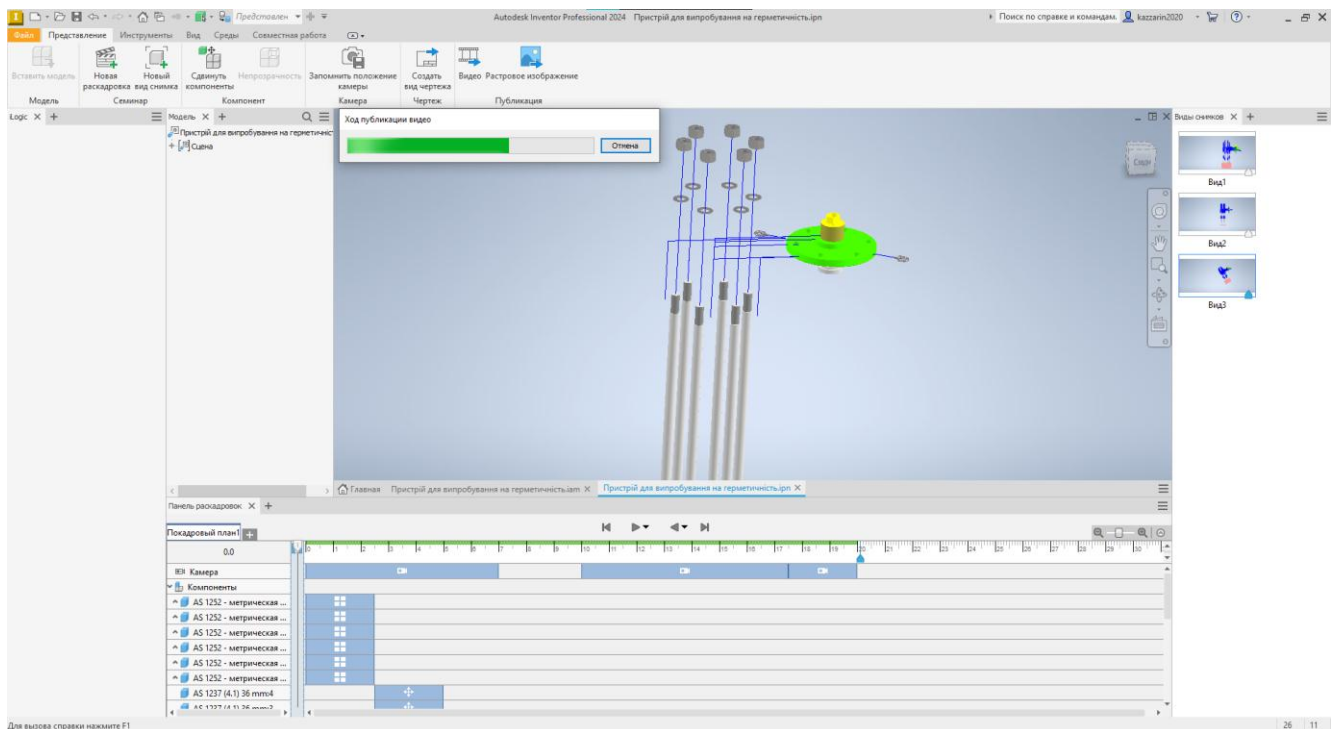


Рисунок 2.41 – Запис відео

2.2.3 Складальний кресленик та специфікація

Складальний кресленик – це технічний документ, який зображає конструкцію виробу в зібраному вигляді. Він містить основні розміри, взаємне розташування деталей і вузлів, а також інформацію про з'єднання компонентів. Кресленик служить інструкцією для збирання виробу і забезпечує правильність складання.

З побудованої 3D збірки створюємо кресленик. Де проставляємо габаритні розміри та приєднувальні. За допомогою автоматичної простановки розмірів, ставимо відповідні позиції складальних одиниць. Креслення готової збірки зображено на рисунку 2.42.

Заповнюємо основний напис, та створюємо технічні вимоги у відповідності до потреб нашої збірки.

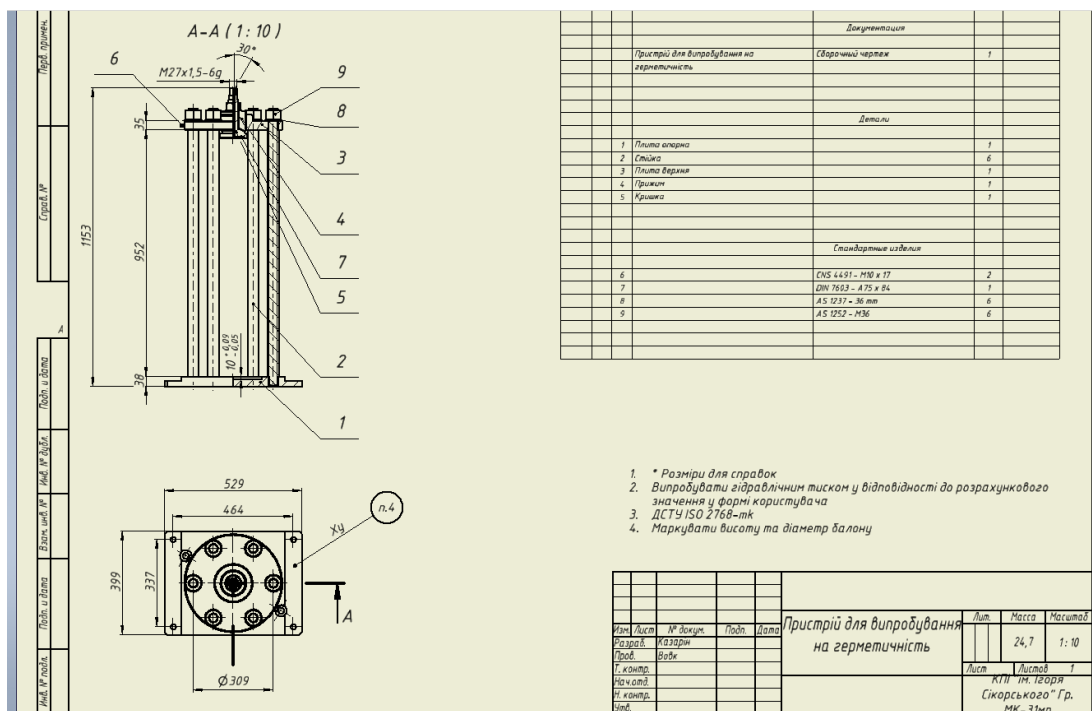


Рисунок 2.42 – Складальний кресленник

Специфікація – це супровідний документ до складального кресленника, який містить перелік всіх деталей і компонентів виробу. У специфікації вказуються найменування, кількість, матеріали, стандарти та інші характеристики кожного елемента. Специфікація забезпечує контроль комплектності та правильність використання компонентів під час складання і виробництва. Дана специфікація додана на складальний кресленник і має наступний вигляд на рисунку 2.43.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Документація						
			Пристрій для випробування на герметичність	Сборочный чертеж	1	
Детали						
		1	Плита опорна		1	
		2	Стійка		6	
		3	Плита верхня		1	
		4	Прижим		1	
		5	Кришка		1	
Стандартные изделия						
		6		CNS 4491 - M10 x 17	2	
		7		DIN 7603 - A75 x B4	1	
		8		AS 1237 - 36 mm	6	
		9		AS 1252 - M36	6	

Рисунок 2.43 – Специфікація до складального кресленника

Висновки. У ході цього розділу було розроблено та спроектовано новий пристрій для випробування на герметичність, який враховує сучасні вимоги та тенденції ринку. Головною метою було створення надійного, точного та універсального рішення, яке б задовольняло потреби різних галузей промисловості, включаючи автомобільну, аерокосмічну, медичну та харчову індустрію.

На основі аналізу розроблено концепцію пристрою, для забезпечення високої точності та надійності випробувань. Особлива увага приділялася простоті використання, що дозволяє знизити людський фактор та підвищити ефективність роботи.

Розроблений та спроектований пристрій для випробування на герметичність демонструє високу ефективність і відповідає сучасним вимогам ринку. Це рішення сприятиме підвищенню якості продукції та конкурентоспроможності компаній, що використовують цей пристрій у своїх виробничих процесах.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОБУДОВИ ЗБІРКИ ТА МЕТОДИКА ВИПРОБУВАННЯ

Збірка виконується в програмному продукті Autodesk Inventor. Задачею даного розділу буде створення параметричної збірки, форми iLogic, написання правил прив'язки параметрів деталей та збірок, правила для визначення розмірів та виконань. Додатково правила для перебудови стандартних виробів, та правила для перевірного розрахунку.

Основними моментами які потрібно реалізувати є перебудова таких параметрів, як габаритні розміри, потрібний тиск подачі який обумовлений вибраним балоном. І потрібне використання правильної кришки для притискання балону, що зможе витримати тиск, який буде вказано під час розрахунків.

3.1 Створення форми користувача в збірці

Для створення форми користувача скористуємося редактором форм iLogic. Для нашої збірки характерним параметром є висота балону тому це буде нашим основним параметром зміни. Вигляд форми на рисунку 3.1.

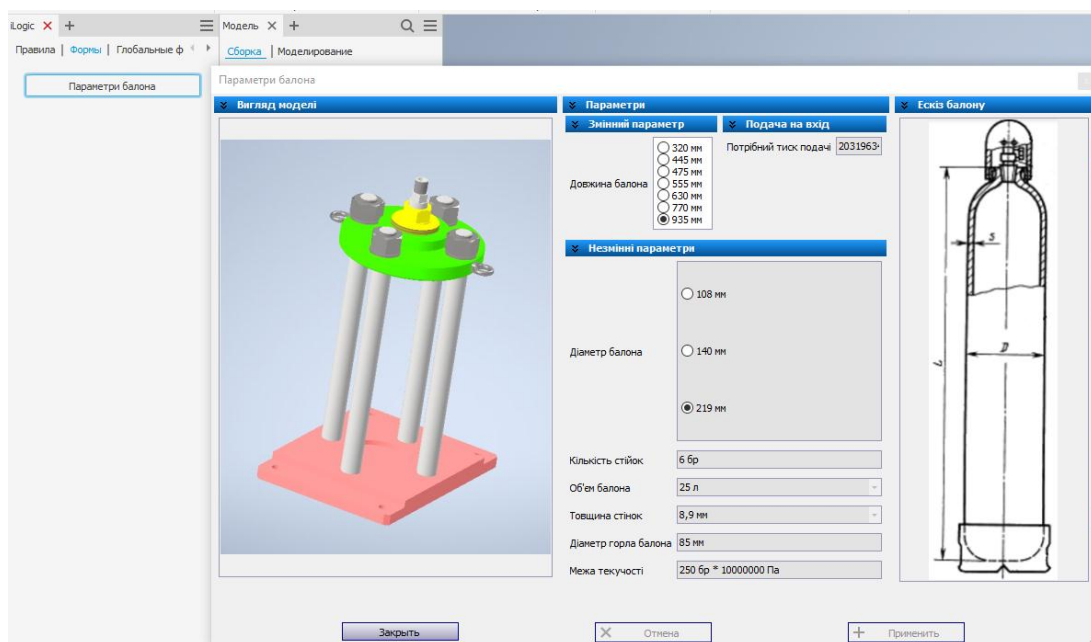


Рисунок 3.1 – Форма iLogic

На даній формі вказано ескіз балону, а саме об'єкту, який буде перевірятися. Загальний вигляд пристрою для вимірювання на герметичність. І основні параметри, які користувач може бачити. І параметр довжини який можна змінити, для автоматичної перебудови збірки. Також для користувача буде зрозуміло, який тиск потрібно буде подавати виходячи із того яка модель. Кількість закріплень і який варіант виконання використовується. Створення виконували у редакторі форм, рисунок 3.2.

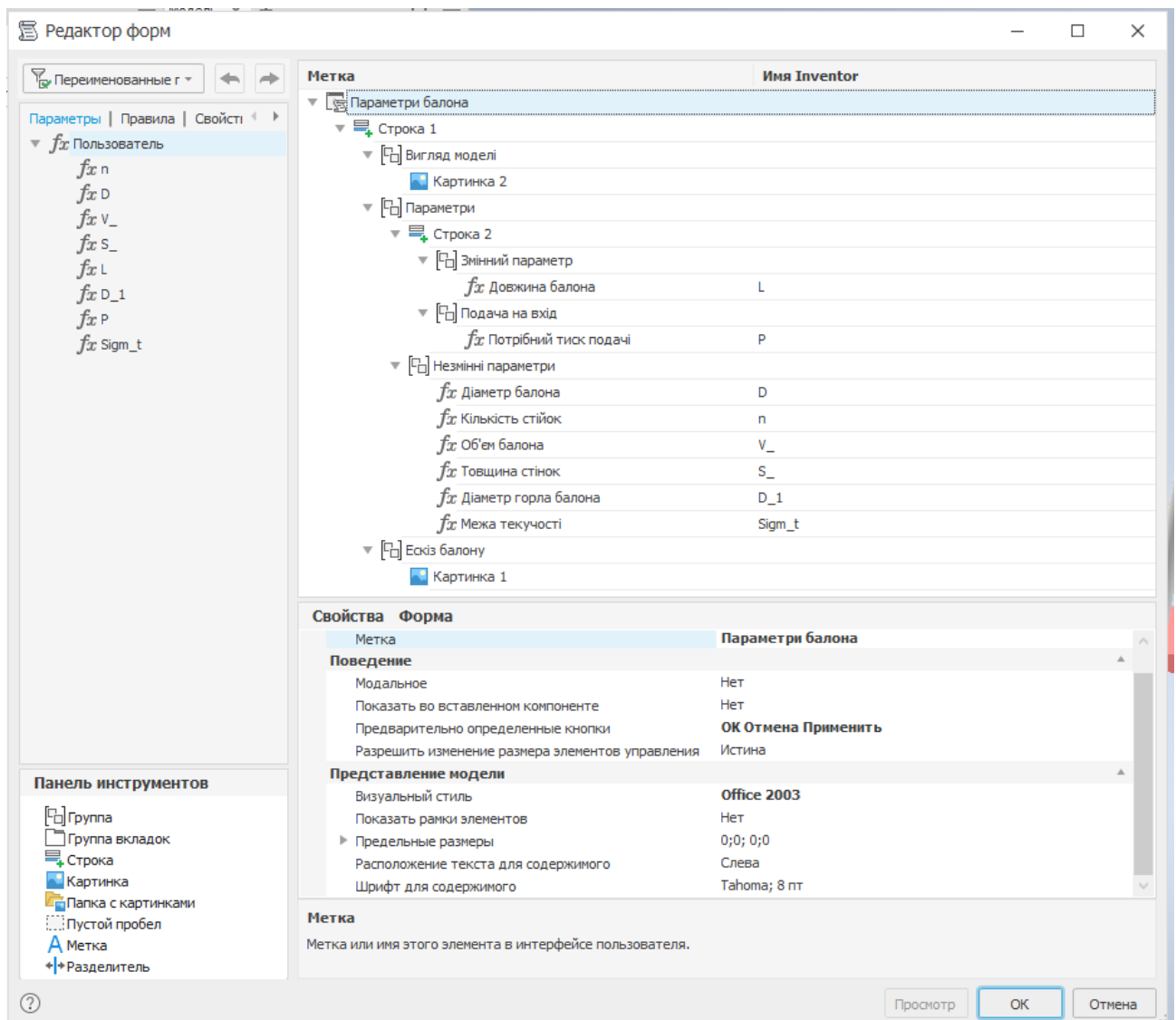


Рисунок 3.2 – Редактор форми iLogic

Основним стилем став Office 2003. Схему створення і порядок видно з рисунку 3.2. Дизайном даної форми виходили з найбільш оптимального користування і зрозумілості для користувача. І власних візуальних бажань.

3.2 Створення параметричної збірки

Збірку розпочинаємо з базової деталі, а саме «опорна плита». Встановлюємо її в центр координат і прив'язуємо по 3 площинам. Вигляд на рисунку 3.3.

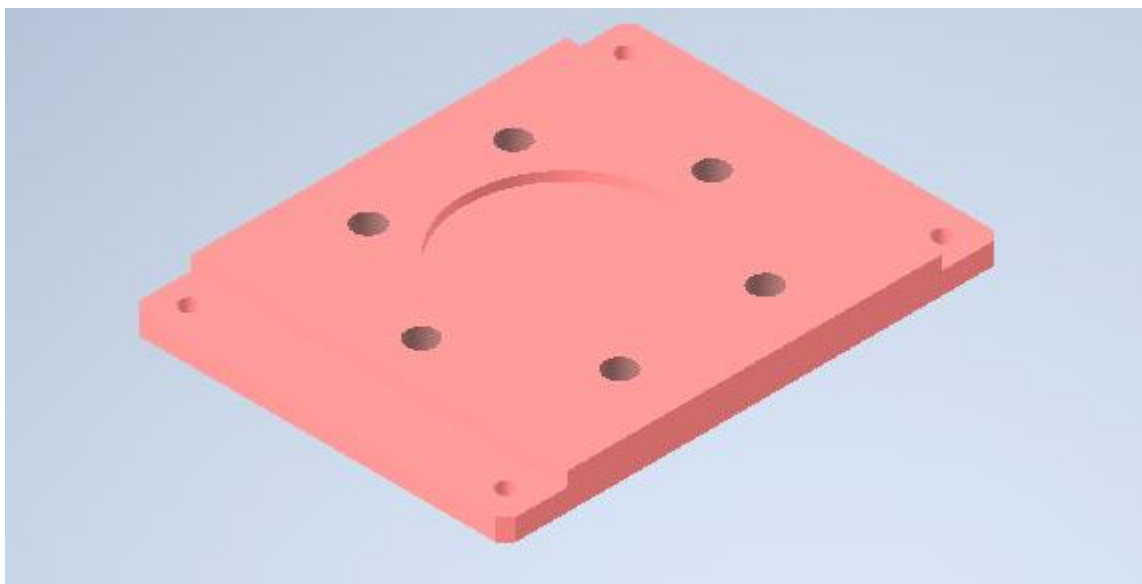


Рисунок 3.3 – Встановлення «плити опорної»

Наступним кроком встановлюємо стійку в різьбовий отвір, і розмножуємо його за допомогою масиву. Детальний вигляд на рисунку 3.4.

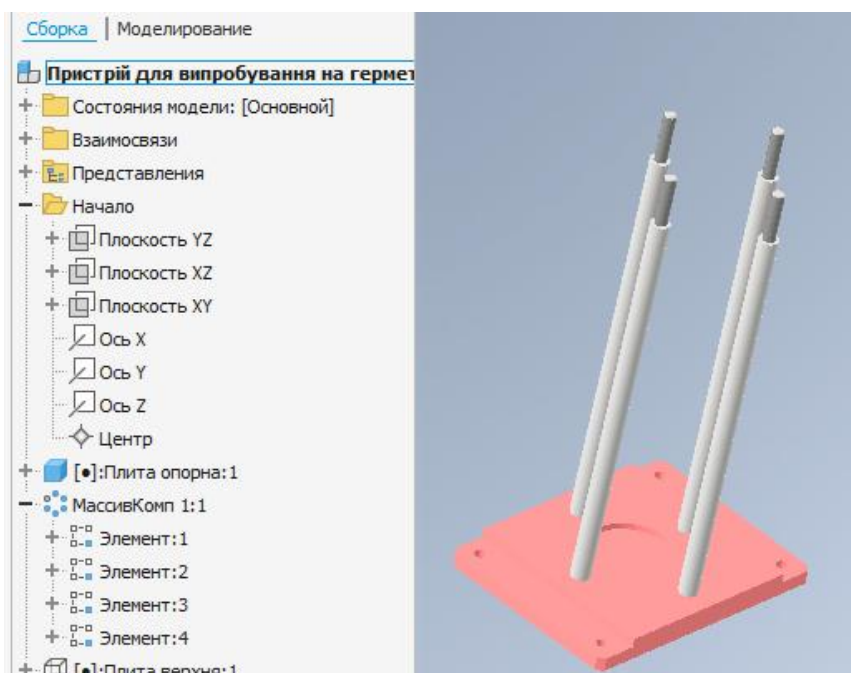


Рисунок 3.4 – Встановлення «стойок»

Далі потрібно поставити верхню плиту, рисунок 3.5. Виконуємо це прив'язавши співвісність з посадковим отвором під балон і однією із стоек. А висота регулюється висотою самої шпильки.

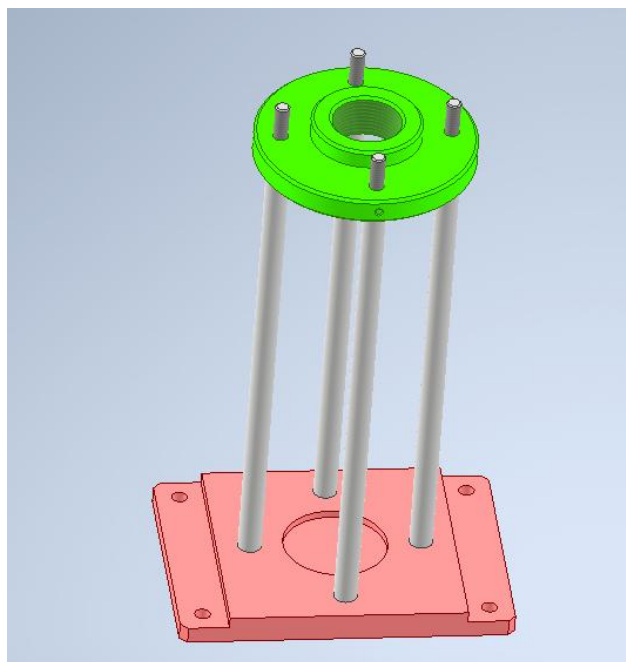


Рисунок 3.5 – Встановлення «плити верхньої»

В поставлену плиту вкрутимо прижим, рисунок 3.6. Прив'язками є співвісність з різбовим отвором на плиті верхній та співвісність на одній із стоек, а висоту ставимо виступаючу на 1 мм від плити.

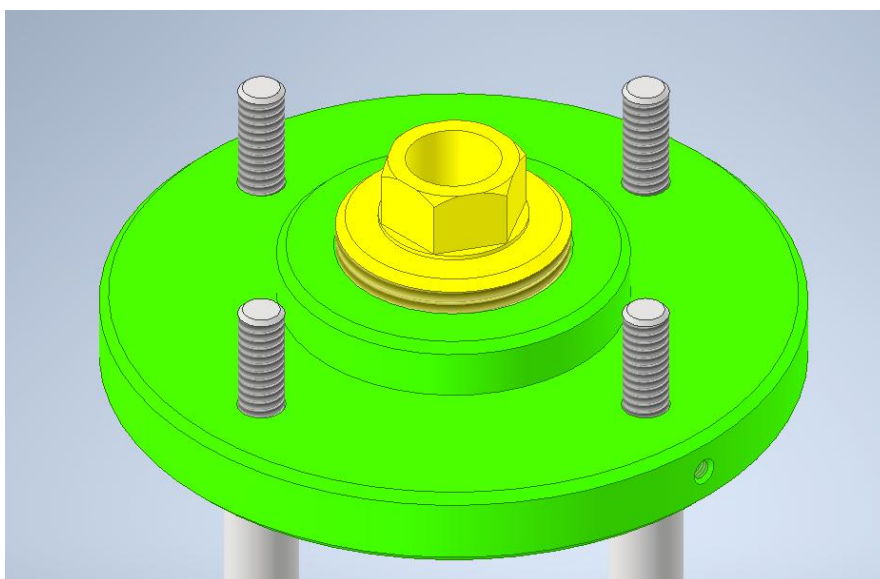


Рисунок 3.6 – Встановлення «прижиму»

Далі встановлюємо стандартні вироби, а саме шайби та гайки, і розмножуємо масивом на загальну кількість стоек, рисунок 3.7.

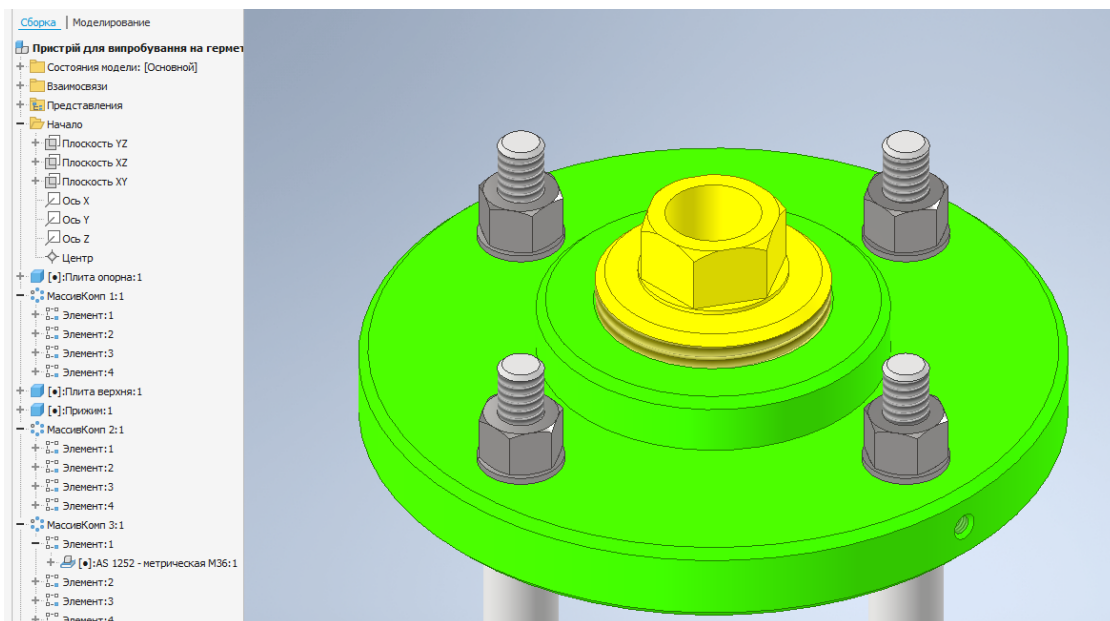


Рисунок 3.7 – Встановлення шайб і гайок

Далі встановлюємо рим-болти, дзеркально один одному, за допомогою прив'язки перпендикулярності орієнтуємо їх отвори до гори, рисунок 3.8.

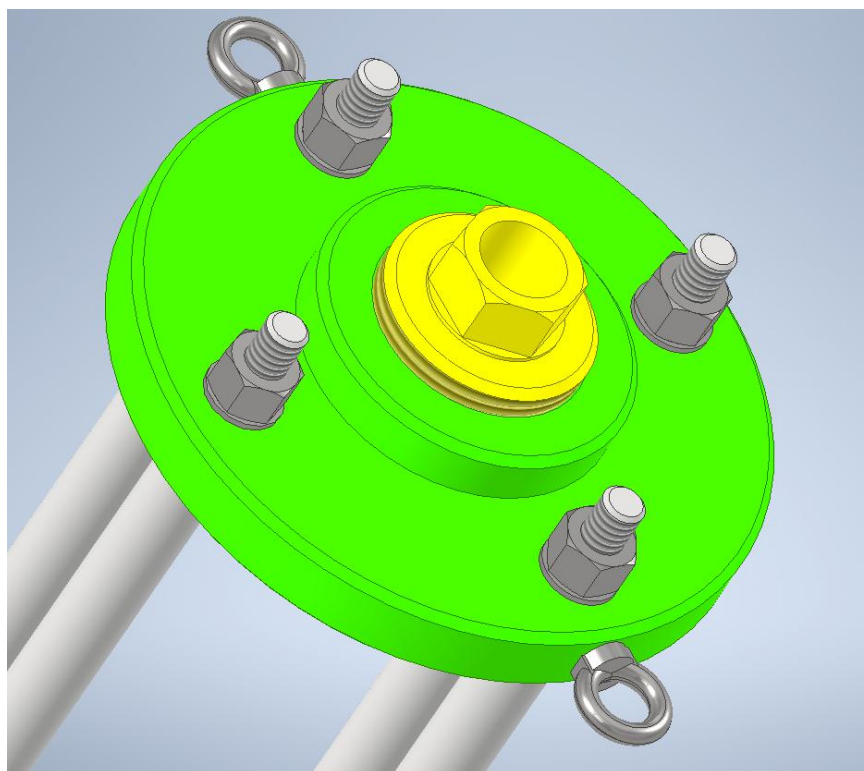


Рисунок 3.8 – Встановлення рим-болтів

Виконуємо кріплення кришки у прижимі, основними прив'язками є співвісність з самим прижимом, потім конусом садиться за допомогою дотичності на сферичну поверхню прижиму. Розріз встановлення показано на рисунку 3.9.

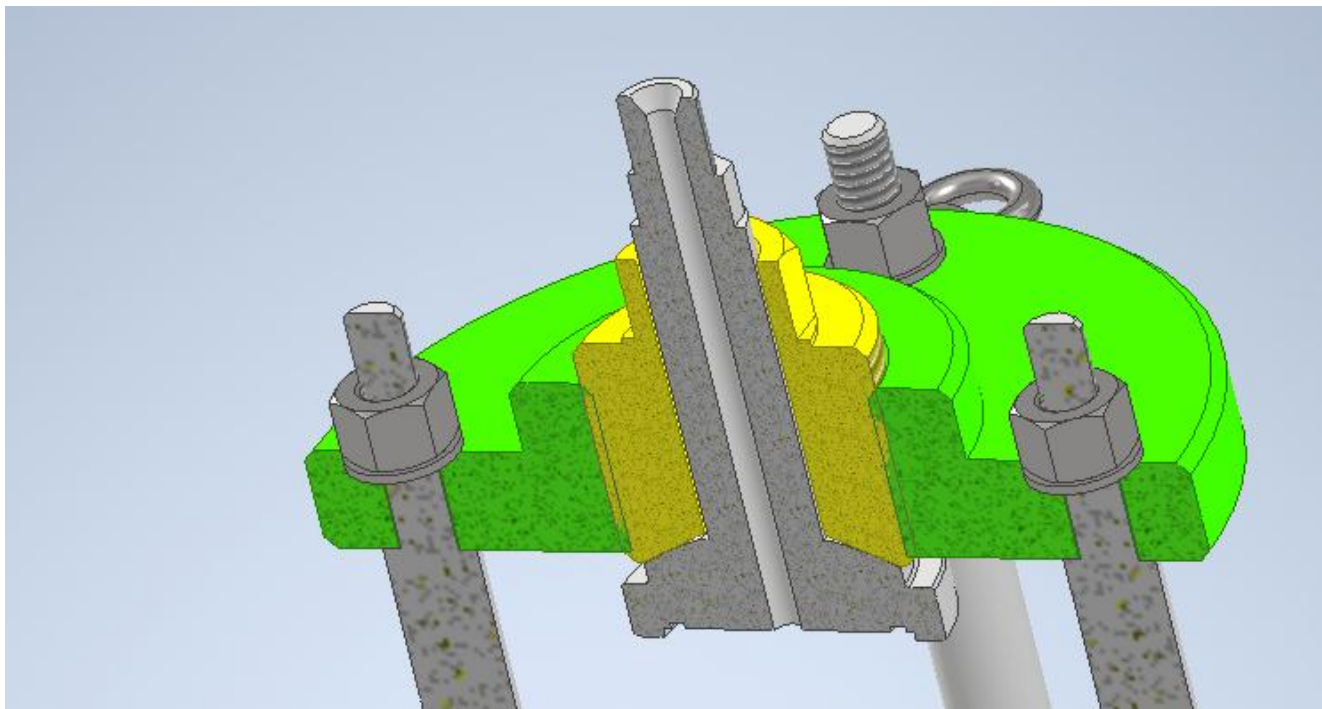


Рисунок 3.9 – Встановлення кришки

І останнім елементом зборки є ущільнююча прокладка, рисунок 3.10. Встановлюється в посадковий отвір на кришці, за співвісністю.

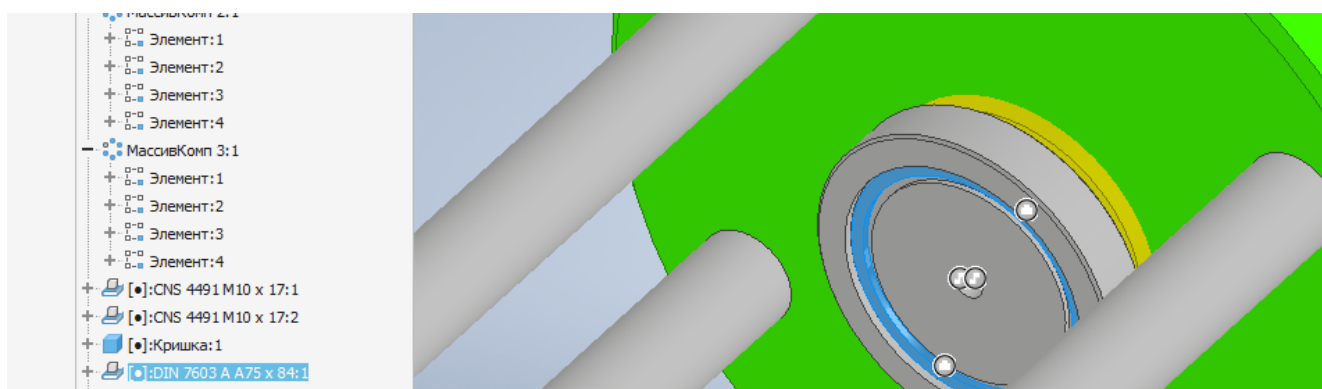


Рисунок 3.10 – Встановлення ущільнюючої прокладки

Отримали повністю зібраний пристрій для перевірки на герметичність. Його продемонстровано на рисунку 3.11, разом із деревом побудови.

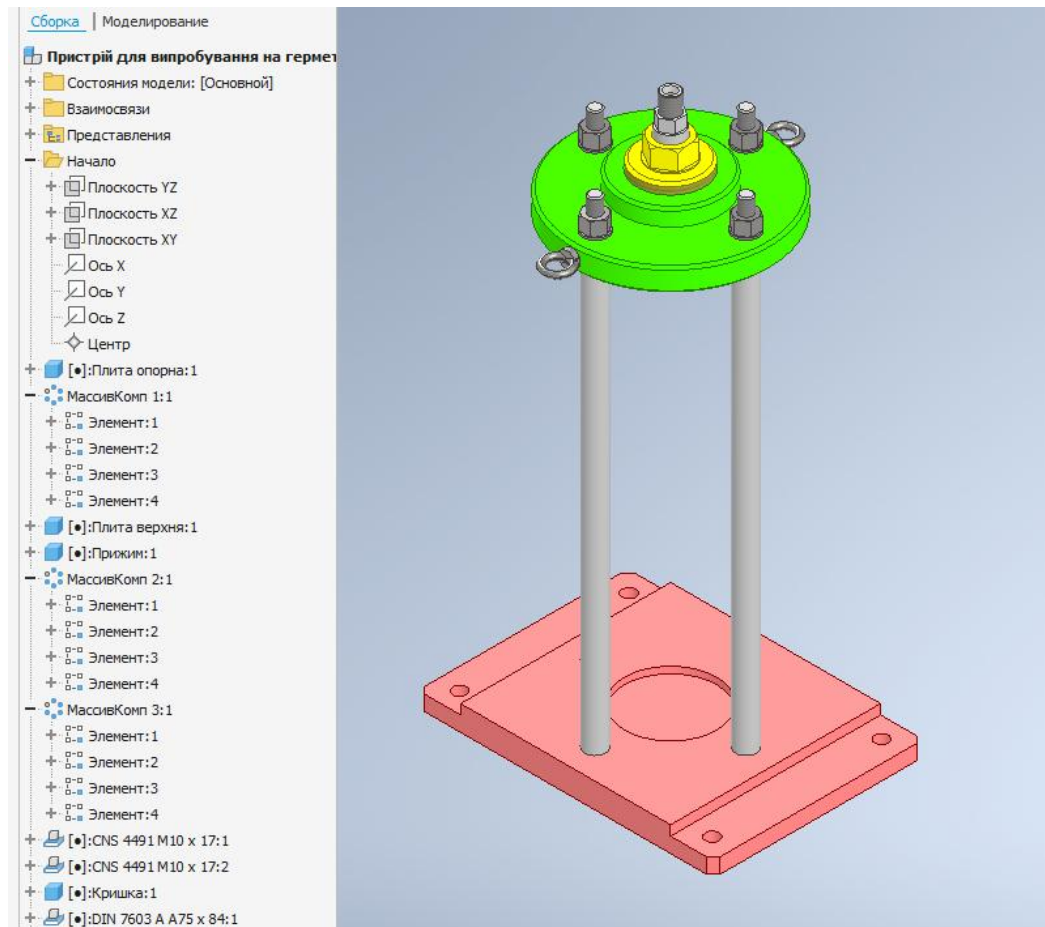


Рисунок 3.11 – Готова збірка пристрою для перевірки на герметичність

Наступним етапом нашого проектування буде створення правил для автоматичної перебудови нашої збірки. Та спрощені роботи з збіркою. Та для комфортної роботи клієнтам. З одразу повним обсягом варіантів нашої збірки.

3.3 Створення правила прив'язки параметрів деталей та збірки

Для того щоб наша збірка мала змогу правильно і швидко перебудовуватися. Нам необхідно створити правило для прив'язок та перебудови. Першим кроком потрібно зробити таблицю параметрів, котра необхідна для форми користувача про, яку вже було сказано у пункті 2.1. Тому покажемо її на рисунку 3.12.

Имя параметра	Используется	Единица/ти	Формула	Номин. знач.	Правило приведения в движен	Допуск	Значение в мод	Ключ	Эко	Примечание
Параметры модели										
Пользовательские										
n	d29, d23, d7	бр	4 бр	4,000000	Для виконання	●	4,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Кількість стійок
D	P	мм	140 мм	140,000000	Параметризація 1	●	140,000000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Діаметр балона
V_		л	7 л	7,000000	Параметризація 1	●	7,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Об'єм балона
S_	P	мм	4,4 мм	4,400000	Параметризація 1	●	4,400000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Товщина стінок
L	d49	мм	630 мм	630,000000		●	630,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Довжина балона
D_1		мм	85 мм	85,000000		●	85,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Діаметр горла балона
P		Па	$(2 \text{ бр} * \text{Sigm}_t * S_ * 1000 \text{ бр}) / (D * 1000 \text{ бр})$	157142857,1...		●	157142857,1...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Потрібний тиск подачі
Sigm_t	P	Па	250 бр * 10000000 Па	2500000000,...		●	2500000000,...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Межа текучості

Рисунок 3.12 – Таблиця параметрів готової збірки

Для коректної роботи, і простішої орієнтації в проєкті, параметризацію я розбив на 2 правила. Першим є правило для перебудови згідно загальним і заданим табличним параметрами за завданням, рисунок 3.13.

```

1  If L = 320 Then
2      D = 108
3      V_ = 2 л
4      S_ = 2.4
5      Parameter("Стійка:1", "H_") = 455 мм
6  ElseIf L = 445 Then
7      D = 108
8      V_ = 3 л
9      S_ = 2.4
10     Parameter("Стійка:1", "H_") = 580 мм
11  ElseIf L = 475 Then
12     D = 140
13     V_ = 5 л
14     S_ = 4.4
15     Parameter("Стійка:1", "H_") = 610 мм
16  ElseIf L = 555 Then
17     D = 140
18     V_ = 6 л
19     S_ = 2.4
20     Parameter("Стійка:1", "H_") = 690 мм
21  ElseIf L = 630 Then
22     D = 140
23     V_ = 7 л
24     S_ = 4.4
25     Parameter("Стійка:1", "H_") = 765 мм
26  ElseIf L = 770 Then
27     D = 219
28     V_ = 20 л
29     S_ = 8.9
30     Parameter("Стійка:1", "H_") = 905 мм
31  ElseIf L = 935 Then
32     D = 219
33     V_ = 25 л
34     S_ = 8.9
35     Parameter("Стійка:1", "H_") = 1070 мм
36  End If

```

Рисунок 3.13 – Правило для параметризації №1

Другим правилом ми виконаємо перебудову в залежності від діаметру між осьової відстані між стойками, для того щоб балон поміщався, рисунок 3.14.

```

1  If D=108 Then
2  Parameter("Плита верхня:1", "D_1") = 198 мм
3  Parameter("Плита опорна:1", "D") = 108 мм
4  Parameter("Плита опорна:1", "D_1") = 230 мм
5  Parameter("Плита опорна:1", "L") = 450 мм
6  Parameter("Плита опорна:1", "B") = 320 мм
7  Parameter("Плита верхня:1", "D") = 300 мм
8  Parameter("Плита верхня:1", "D_1") = 230 мм
9  ElseIf D=140 Then
10 Parameter("Плита опорна:1", "D") = 140 мм
11 Parameter("Плита опорна:1", "D_1") = 230 мм
12 Parameter("Плита опорна:1", "L") = 450 мм
13 Parameter("Плита опорна:1", "B") = 320 мм
14 Parameter("Плита верхня:1", "D") = 300 мм
15 Parameter("Плита верхня:1", "D_1") = 230 мм
16 ElseIf D=219 Then
17 Parameter("Плита опорна:1", "D") = 219 мм
18 Parameter("Плита опорна:1", "D_1") = 309 мм
19 Parameter("Плита опорна:1", "L") = 529 мм
20 Parameter("Плита опорна:1", "B") = 399 мм
21 Parameter("Плита верхня:1", "D") = 379 мм
22 Parameter("Плита верхня:1", "D_1") = 309 мм
23 End If

```

Рисунок 3.14 – Правило для параметризації №2

Все наша збірка повністю перебудовується. Все як і потрібно виходячи із нашого завдання. Для перевірки переглянемо кожну висоту балона за допомогою форми користувача.

3.4 Створення правила для реалізації заданих виконань

Наступним завданням нашого проекту є створення правила для реалізації наших виконань. В нашому випадку виконання залежать від тиску, який потрібно подавати. Виконання включають в себе зміну кількості стоек та в тип приєднування шланги для подачі тиску. Для реалізації цього нам знадобиться порахувати тиск, в залежності від габаритів балону. В даному проекті це досягнуто було за допомогою створення ще однієї деталі та просто заміни її за допомогою простого правила, рисунок 3.15.

```

1
2  If P >= 200000 Then
3  n = 6 бр
4  Parameter("Плита опорна:1", "n") = 6 бр
5  Parameter("Плита верхня:1", "n") = 6 бр
6  Component.IsActive("Кришка:1") = True
7  Component.IsActive("DIN 7603 A A75 x 84:1") = True
8  Component.IsActive("Кришка-швидкознімач:1") = False
9  Component.IsActive("DIN 7603 A A75 x 84:2") = False
10 ElseIf P < 200000 Then
11 n = 4 бр
12 Parameter("Плита опорна:1", "n") = 4 бр
13 Parameter("Плита верхня:1", "n") = 4 бр
14 Component.IsActive("Кришка:1") = False
15 Component.IsActive("DIN 7603 A A75 x 84:1") = False
16 Component.IsActive("Кришка-швидкознімач:1") = True
17 Component.IsActive("DIN 7603 A A75 x 84:2") = True
18
19 End If

```

Рисунок 3.15– Правило для виконань

Загальний вигляд роботи нашого правила, покажемо на рисунку 3.16.

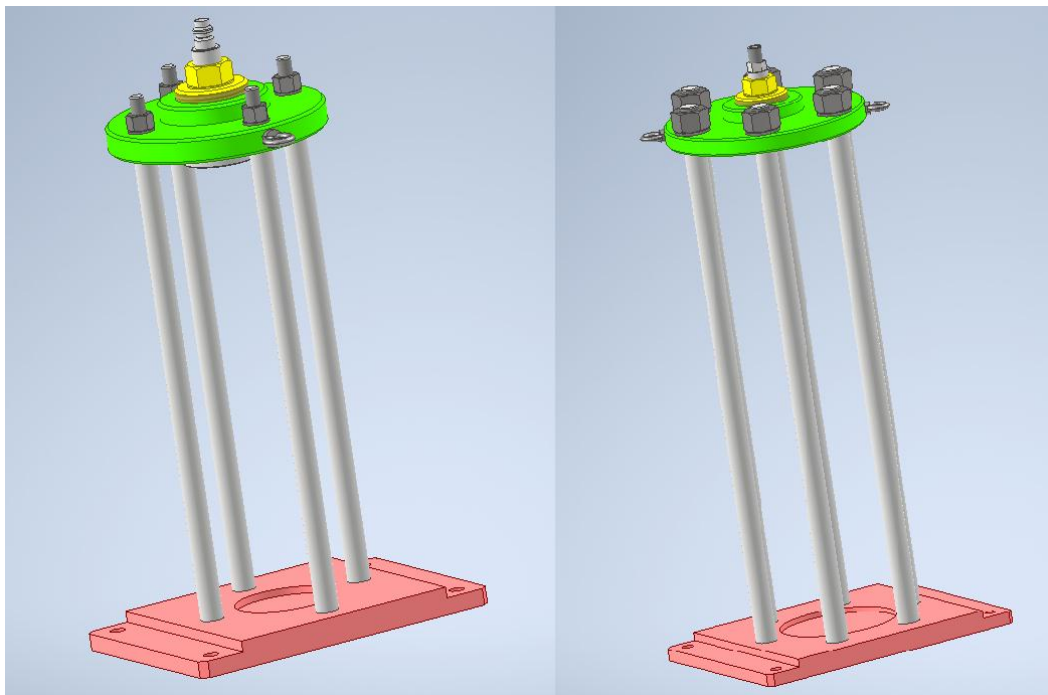


Рисунок 3.16 – Два види виконань

Знову виконуємо перевірку правила і запускаємо його. Як бачимо все працює і без помилок. Отже для виконання даного завдання достатньо всього одного правила.

3.5 Створення правила для перебудови стандартних виробів

Для створення правила перебудови стандартних виробів скористаємося командою «Components Add». Основним аспектом даного правила є перебудова стоек та їх різьб, а саме М36 та М20. Виходячи із цього буде змінюватися і плита верхня, плита опорна та й самі стандартні вироби. Виглядом є рисунок 3.17

```

1  If P >= 200000 Then
2  Parameter("Плита верхня:1", "D_2") = 37 мм
3  Parameter("Стійка:1", "М") = 36 мм
4  ' ***Резьба1***
5  Feature.IsActive("Стійка:1", "Резьба1") = True
6  Feature.ThreadDesignation("Стійка:1", "Резьба1") = "М36x4"
7  Parameter("Стійка:1", "D") = 42 мм
8  ' ***Отверстие2***
9  Feature.IsActive("Плита опорна:1", "Отверстие2") = True
10 Parameter("Плита опорна:1", "d20") = Parameter("Плита опорна:1", "D_1")
11 Feature.ThreadDesignation("Плита опорна:1", "Отверстие2") = "М36x4"
12 Dim AS_1237_4_1_36_мм_1 = Components.AddContentCenterPart("AS 1237 (4.1) 36 мм:1",
13                                                         "Крепежные изделия:Шайбы:Плоские",
14                                                         "AS 1237 (4.1)",
15                                                         "36 мм")
16 Dim AS_1252_метрическая = Components.AddContentCenterPart("AS 1252 - метрическая М36:1",
17                                                         "Крепежные изделия:Гайки:Шестигранные",
18                                                         "AS 1252 - метрическая",
19                                                         "М36")
20
21 ElseIf P < 200000 Then
22 Parameter("Плита верхня:1", "D_2") = 21 мм
23 Parameter("Стійка:1", "М") = 20 мм
24 ' ***Резьба1***
25 Feature.IsActive("Стійка:1", "Резьба1") = True
26 Feature.ThreadDesignation("Стійка:1", "Резьба1") = "М20x2.5"
27 Parameter("Стійка:1", "D") = 32 мм
28 ' ***Отверстие2***
29 Feature.IsActive("Плита опорна:1", "Отверстие2") = True
30 Parameter("Плита опорна:1", "d20") = Parameter("Плита опорна:1", "D_1")
31 Feature.ThreadDesignation("Плита опорна:1", "Отверстие2") = "М20x2.5"
32 Dim AS_1237_4_1_36_мм_1 = Components.AddContentCenterPart("AS 1237 (4.1) 36 мм:1",
33                                                         "Крепежные изделия:Шайбы:Плоские",
34                                                         "AS 1237 (4.1)",
35                                                         "20 мм")
36 Dim AS_1252_метрическая = Components.AddContentCenterPart("AS 1252 - метрическая М36:1",
37                                                         "Крепежные изделия:Гайки:Шестигранные",
38                                                         "AS 1252 - метрическая",
39                                                         "М20")
40
41 End If

```

Рисунок 3.17 – Правило на зміну стандартних виробів

Знову виконуємо перевірку, після чого можемо вважати етап завершеним. Оскільки більше стандартних виробів для зміни не передбачено.

3.6 Створення перевірного розрахунку для правил

Для знаходження потрібного тиску подачі для перевірки на герметичність балона, можна використати формулу для розрахунку напруження в стінці циліндричного сосуда під тиском. [3] Формула для тиску, яку витримує балон, відома як формула 3.1 Ламе для товстостінних циліндрів:

$$P = \frac{2 \cdot \sigma_T \cdot S}{d} \quad (3.1)$$

де:

P - внутрішній тиск,

σ_T - допустиме напруження матеріалу,

S - товщина стінки,

d - діаметр балона.

Дана формула необхідна для правила на виконання та для перебудови стандартних виробів, оскільки ці правила зав'язані між собою. Основними критеріями? яких є тиск. І якщо даний тиск перевищує 20 МПа. То за рахунок правил відбувається перебудова, на нову кришку з використанням

І тому для кожного разу в правилах прописуємо наступне:

- If $P \geq 200000$ Then;
- ElseIf $P < 200000$ Then;

3.7 Проведення дослідження внутрішніх напружень

Розрахунок внутрішніх напружень будемо проводити у програмному продукті Autodesk Inventor 2024.

Для розрахунку стержня на розтяг нам потрібно знати декілька параметрів, таких як довжина стержня, площа поперечного перерізу, матеріал стержня та навантаження, яке він витримує.

Розпочнемо наше дослідження впливу сил з перевірки пристрою для випробування на герметичність з перевірки напружень по Мізесу. Прикладаючи розраховані сили тиску в формі iLogic спостерігається наступна картина при навантаженні тиску слабим місцем виявились стійки діаметром 32. При навантаження тиском до 16 МПа конструкція в межах норм, рисунок 3.18.

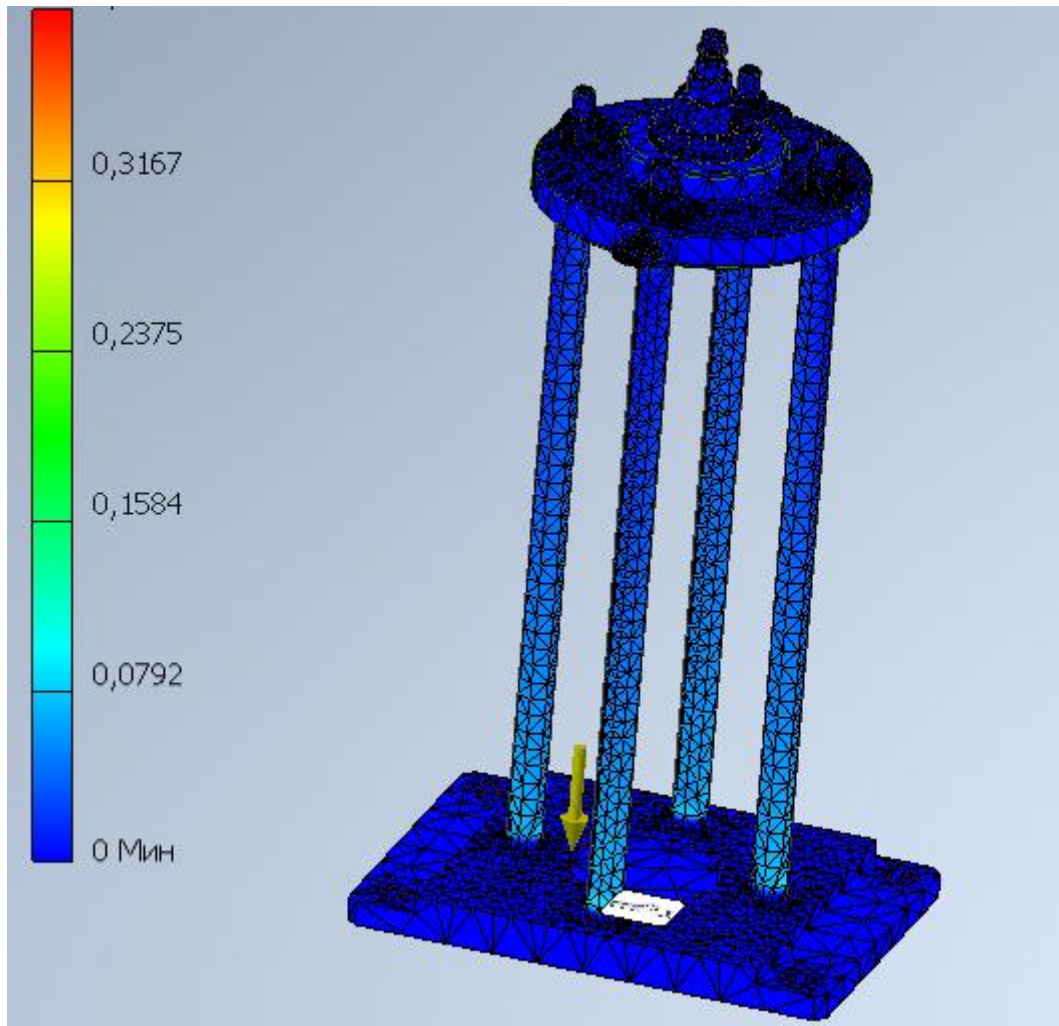


Рисунок 3.18 – Напруження при тиску до 16 МПа

Приклавши навантаження 20 МПа для балонів об'ємом 20 л та 25 л, при новій висоті пристрою але тих самих стійках спостерігаємо наступну картину, рисунок 3.19. На які видно, що навантаження стали великими, і по яким видно, що дана конструкція довго не зможе працювати. Тому було запропоновано для балонів об'ємом 20 та 25 л збільшити діаметр до 42 мм та розподілити навантаження на 6 стійок, рисунок 3.19.

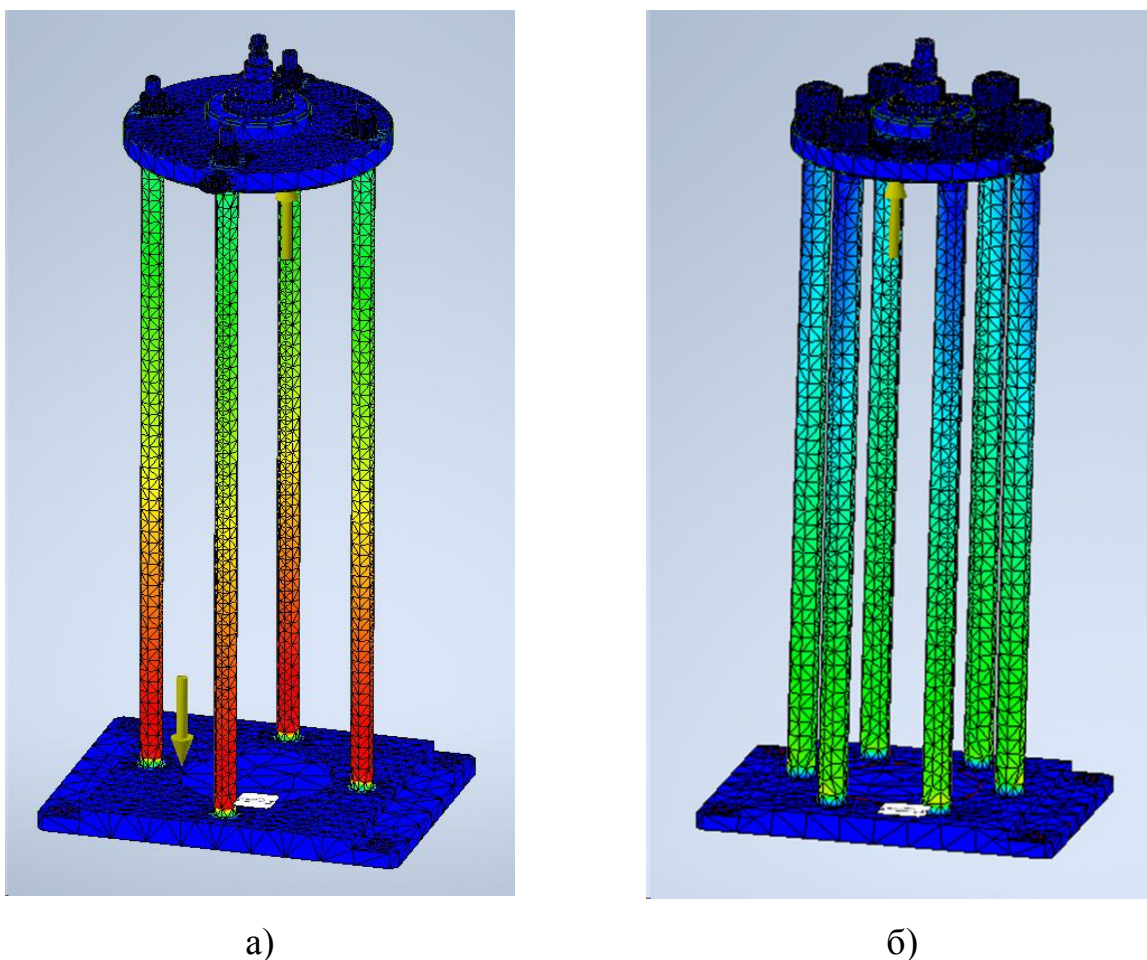
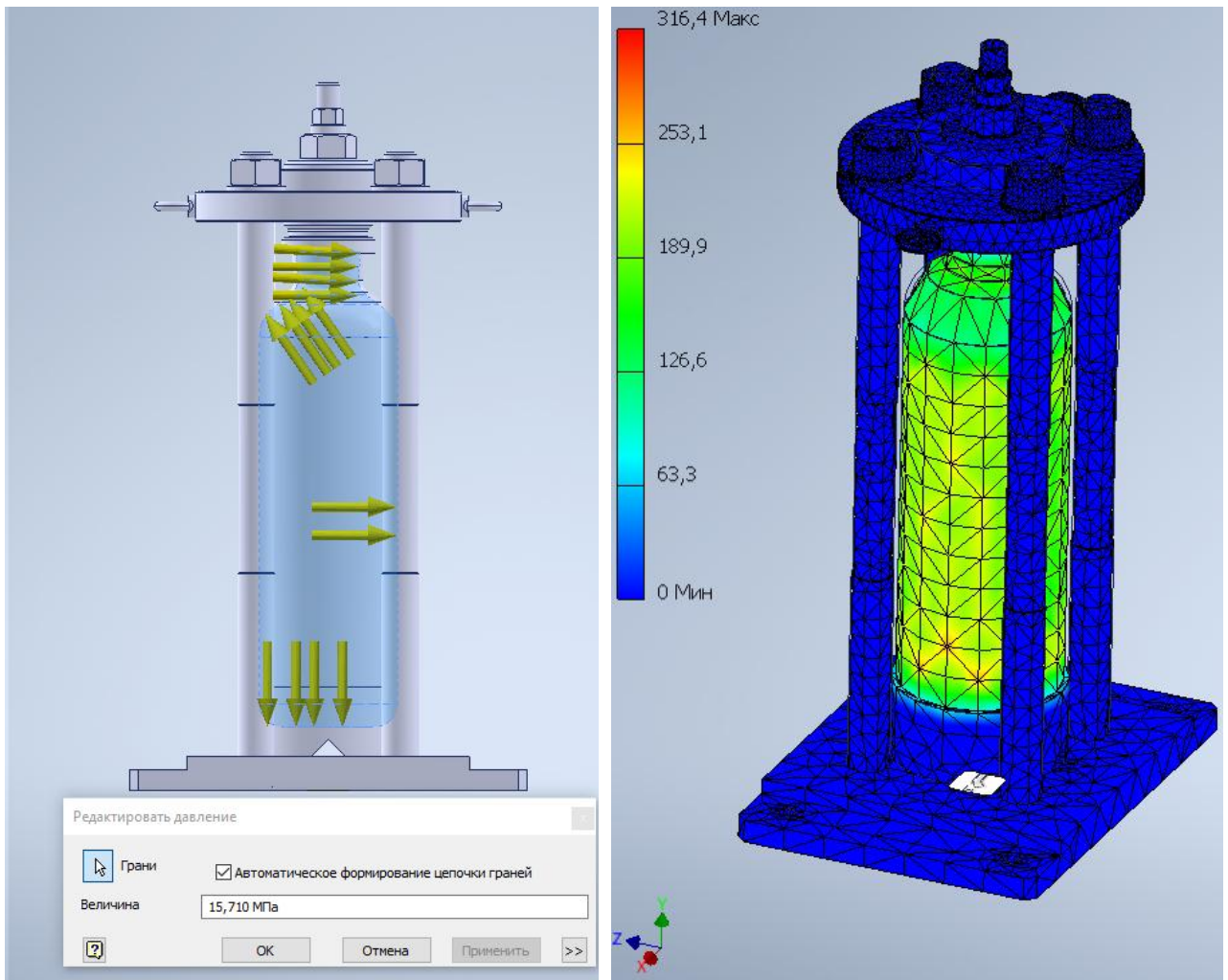


Рисунок 3.19 – Напруження при тиску 20 МПа: а) 4 стійки діаметром 32 мм,
б) 6 стійок діаметром 42 мм

Розрахуємо також вплив тиску на стінки балона з середини на прикладі балона з об'ємом в 7 л. Прикладемо тиск 15,71 МПа, виходячи з попереднього розрахунку в формі користувача, рисунок 3.20. Спостерігаємо що внутрішні навантаження, що тиснуть на балон в межах норми, тому можемо судити, що розрахунок в попередньому розділі в формі iLogic було виконано вірно. І тиск який ми будимо подавати вирахований вірно і для інших об'ємів балону. Тому такий тиск можемо подавати для перевірки, не хвилюючись про можливе перенавантаження, що може спричинити до протікання, або ще гірше розриву балону. І якщо це станеться це точно буде із за того, що він був не правильно виготовлений.



а)

б)

Рисунок 3.20 – Тиск на стінки балона 15,71 МПа: а) прикладання сил,
б) результат програмного розрахунку

Для того щоб переконатися в правильності перевірки в програмному продукті Autodesk Inventor 2024 виконаємо невеликий аналітичний розрахунок найбільшої стійки на розтяг згідно методики наданої [13].

За формулою 3.2 знаходимо напруження, яке на стійці:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.2)$$

де:

- σ - напруження (Па),
- F - сила розтягу (Н),
- A - площа поперечного перерізу стержня (м²).

За формулою 3.3 знаходимо напруження, яке на стійці:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.3)$$

де:

- ε – відносна деформація,
- ΔL - зміна довжини стержня (м),
- L_0 – початкова довжина стержня (м),

Для визначення зміни довжини стержня використаємо формулу 3.4 закону

Гука:

$$\Delta L = \frac{F \cdot L_0}{A \cdot E} \quad (3.4)$$

де:

- ΔL - зміна довжини стержня (м),
- F - сила навантаження (Н),
- L_0 – початкова довжина стержня (м),
- A - площа поперечного перерізу стержня (м²),
- E – модуль Юнга (для матеріалу сталь 200×10^9 (Па)).

Підставивши наші значення, а саме: тиск у нас $20 \text{ МПа} \sim 20 \times 10^6 \text{ Н}$, діаметр 42 мм , площа поперечного перерізу $= 0.001384 \text{ м}^2$, довжина стійки $1070 \text{ мм} \sim 1,07 \text{ м}$ в формулу 3.2, 3.3, 3.4 отримуємо:

$$\sigma = \frac{20 \times 10^6}{0.001384} = 1,45 \times 10^{10} \text{ Па}$$

$$\Delta L = \frac{20 \times 10^6 \times 1,07}{0.001384 \cdot 200 \times 10^9} = 0,077 \text{ м}$$

$$\varepsilon = \frac{0,077}{1,07} = 0,07 \text{ м}$$

Згідно розрахунку серед найбільших наших навантажень які прикладаються на балон видно, що навантаження доволі великі на стержень, але витримує, а відносна деформація не така велика враховуючи довжину нашого стержня. Тому можна прийти висновку що стержень витримає.

3.8 Методика проведення випробування на герметичність

Інструкція з використання нашого пристрою для випробування на герметичність. Для початку покажемо схему роботи випробувального стенду на який встановлюється наш пристрій представлено на рисунку 3.21. Вона складається з наступних елементів: компресор, який слугує для нагнітання повітря, яке через відкритий вентиль потрапляє до ресивера, після чого воно проходить крізь повітряний фільтр, потрапляє блок регулювання подачі тиску де стоїть фільтр-регулятор із скидання тиску, з ручним скиданням конденсату, манометр який показує який тиск у системі. Після проходження і вибору потрібного тиску іде розподільник з ручним керуванням і маркується як 3/2 моностабільний з блокуванням у 2-х положеннях та з пружним поверненням. Наступним елементом є зворотній клапан, щоб під час стравлювано повітря воно не поверталось у розподільник. Після нього іде два канали один до нашого пристрою, а інший на стравлювання тиску з краном ручного випуску.

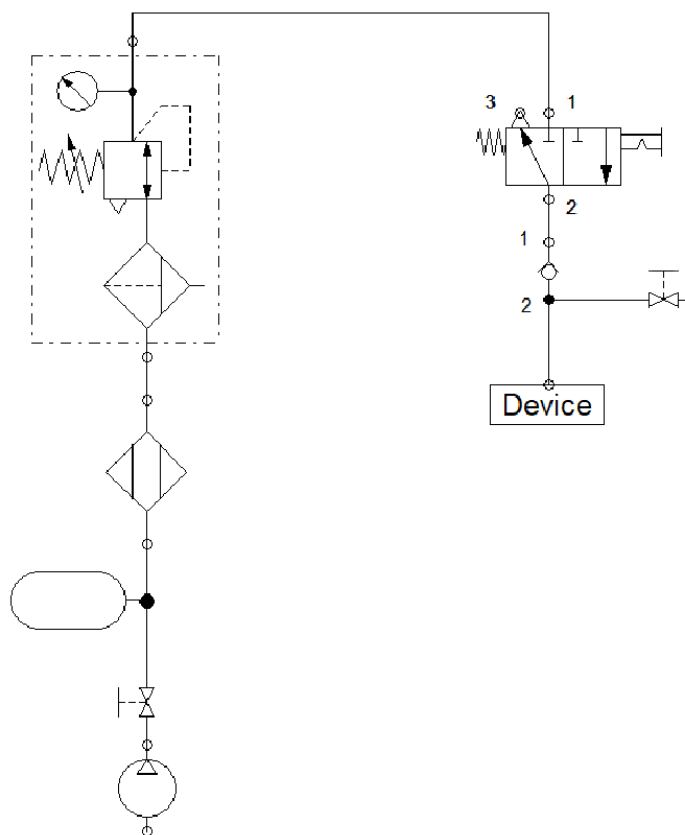


Рисунок 3.21 – Пневматична схема роботи вимірювального стенду

Загальний вигляд встановлення пристрою для випробування на герметичність на випробувальний стенд показано на рисунку 3.22. Даний стенд виконаний на базі верстату з ЧПУ і містить рухомий стіл з регулюванням висоти, компресор, блок подачі тиску, який було показано на схемі, герметичну і безпечну камеру з металу та вікнами з товстостінного оргскла скла. ЧПУ систему подачі тиску, та рух столу.

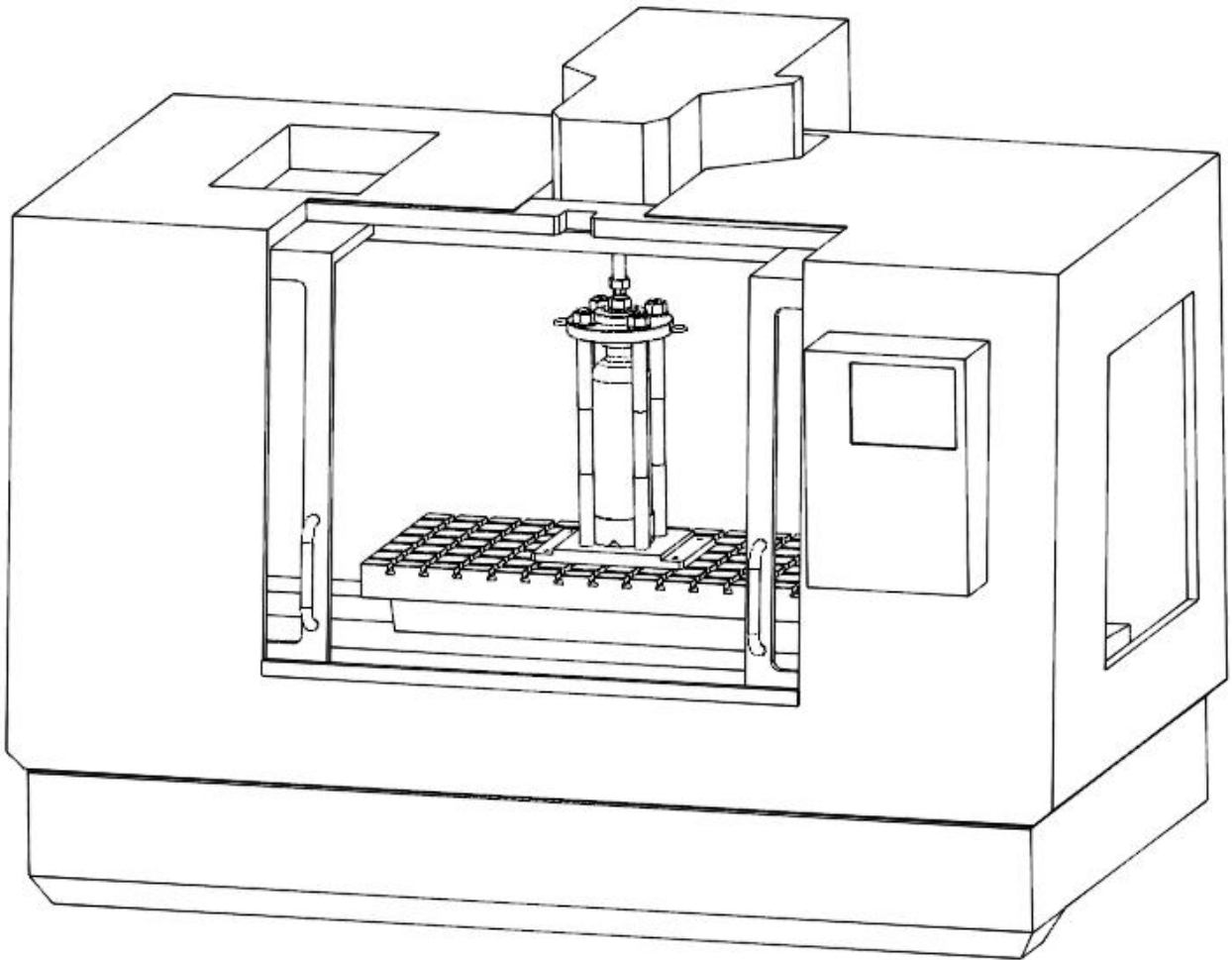


Рисунок 3.22 – Встановлений пристрій на випробувальний стенд

Тепер покроково напишемо методику встановлення нашого пристрою. Для початку опускаємо стіл та пересуваємо до оператора, знімаємо встановлені пристрої на ньому або встановлюємо наш пристрій поряд на стіл випробувального стенду та прикручуємо його до нього за допомогою болтів.

Загальний вигляд після початкового встановлення на вимірювальну машину показано на рисунку 3.23

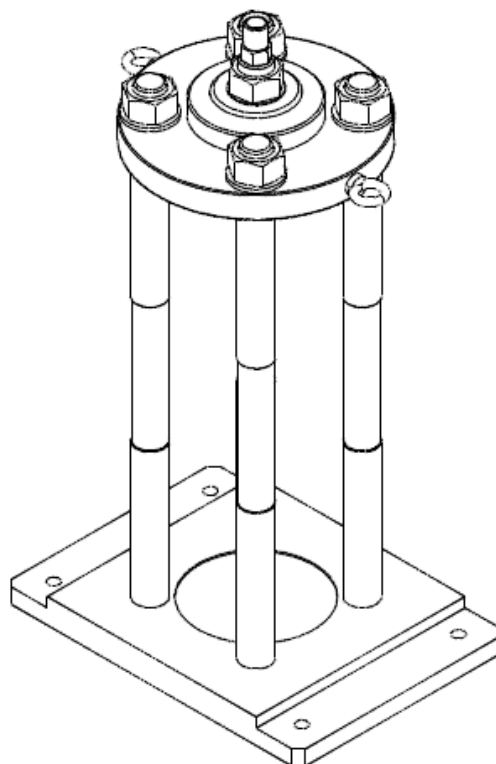


Рисунок 3.23 – Загальний вигляд після встановлення

Далі оператор відкручує верхню кришку та за допомогою верстата знімає кришку, показано на рисунку **3.24**.

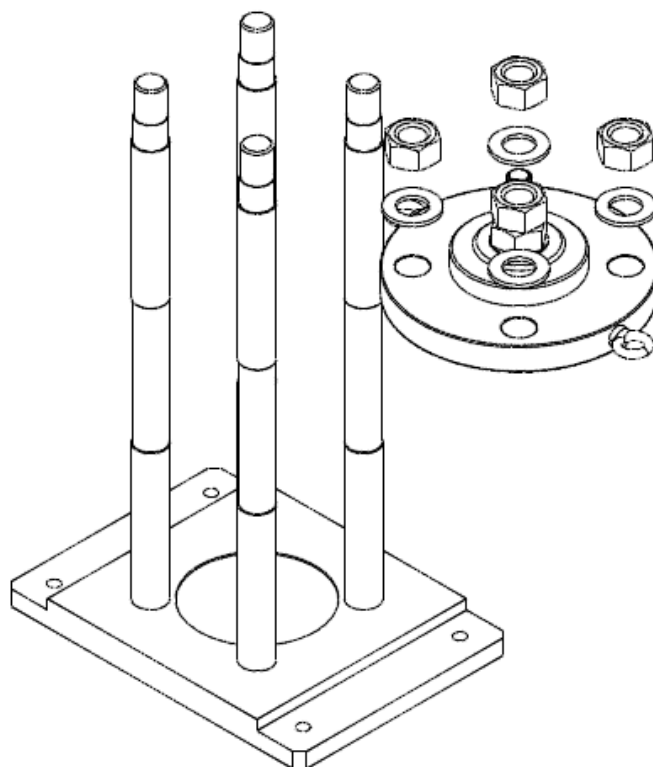


Рисунок 3.24 – Загальний вигляд після зняття верхньої кришки

Потім бере з партії один балон ставить пустий поряд і наповнює його водою. Після наповнення за допомогою пристосування встановленого на випробувальну машину шляхом розжиму з середини підіймає і встановлює в наш пристрій для випробування на герметичність, рисунок 3.25.

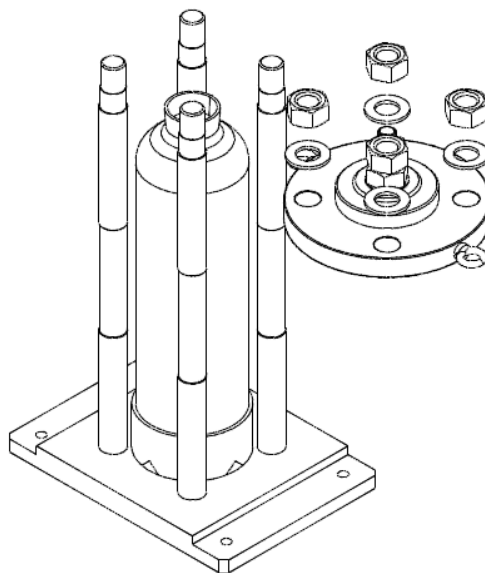


Рисунок 3.25 – Загальний вигляд після встановлення балону

Наступним етапом йде повернення кришки, та прикручування її до стійок, рисунок 3.26. Далі підключаємо її до пневмосистеми і перевіряємо надійність прилягання з'єднання.

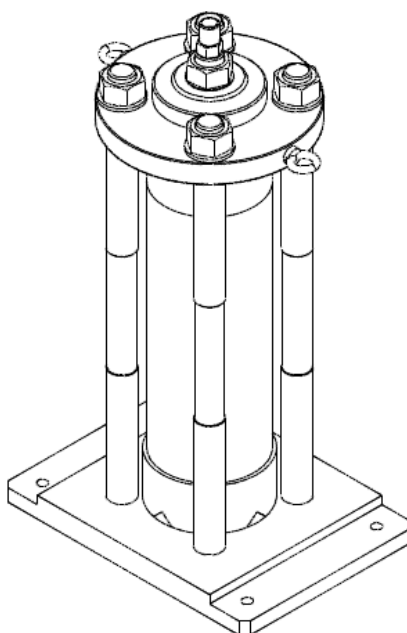


Рисунок 3.26 – Вигляд з прикрученою кришкою

Після виконання всіх етапів оператор закриває двері вимірювального стенду, виконує підготовку та вписує параметри потрібного тиску випробування. Після чого виконує пуск. Відповідним розрахунковим тиском потрібно перевіряти балон протягом 10 хв. Оператору на екран виводяться покази манометру. Допускається відхилення на манометрі не більше $\pm 1\%$ у відповідності до стандартів ISO 9001: «Стандарти управління якістю», ISO 17025: «Стандарти для лабораторій тестування та калібрування» та ASME B40.100: «Стандарти для манометрів від тиску випробування». Розрахункові данні відхилення покажемо у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Таблиця відхилень допустима манометром

Об'єм балону, л	Розрахунковий тиск випробування, МПа	Відхилення, МПа	Поточні покази манометра, МПа
2	11,1	± 0.111	10.989 – 11.211
3	11,1	± 0.111	10.989 – 11.211
5	15,71	± 0.157	15.553 – 15.867
6	8,57	± 0.086	8.484 – 8.656
7	15,71	± 0.157	15.553 – 15.867
20	20,32	± 0.203	20.117 – 20.523
25	20,33	± 0.203	20.117 – 20.523

Якщо оператор помічає відхилення, це означає, що балон не тримає герметичність і йде явне протікання і балон є не герметичним, оскільки б у випадку прориву системи стенд би зупинився і видав помилку так само і при не закріпленому з'єднанні з балоном. Якщо ж відхилення не було виявлено, то це не означає, що балон є повністю герметичним. Потрібно після всього оператору додатково другим етапом виконувати тактильну перевірку рукою на наявність мокроти на мікро-витоки які манометр міг не вловити. Якщо балон виявляється сухим, це означає повну герметичність балону і він повністю пройшов перевірку і готовий до знімання, яке відбувається в зворотному порядку до методики перевірки, окрім знімання пристрою для випробування на герметичність, якщо ще доведеться перевіряти.

3.9 Техніка безпеки при роботі з пристроєм

Робота з пристроєм для випробування на герметичність, що встановлюється на випробувальний стенд є досить небезпечною, через використання високого тиску. Тому для нас є важливим слідкування за виконанням техніки безпеки. [14]

Основними та ключовими етапами є захист. Для цього оператор повинен чітко виконувати інструкції які йому надано та встановлено законом про охорону праці. На робочому місці оператор повинен перебувати в спец одязі та взутті, в захисних окулярах та мати рукавички. Не дозволяється приступати до роботи не перевіривши обладнання, та пристрій. Ведення журналу обслуговування: Записуйте всі перевірки, ремонти та обслуговування обладнання. Потрібне періодичне калібрування обладнання згідно графіків наданих майстром. Обов'язкова чистота робочого місця та підтримка її, щоб уникнути випадкових ушкоджень.

Згідно закону України про відпочинок надати графік регулярних перерв, а саме обов'язкова обідня перерва не менше 40 хв, та кожні 1-2 години короткі перерви.

Також оператору потрібно використовувати лише ті інструменти, які підходять для конкретної роботи, та з обов'язковою перевіркою їх належного стану. Використання інструментів виключно за їх інструкцій.

Для оператора провести всі відповідні інструктажі з техніки безпеки. Ознайомити з планом евакуації з приміщення. Повідомити, де знаходиться аптечка, вогнегасник та інші предмети на випадок екстрених ситуацій і як ними користуватися.

Висновки. Отже в даному розділі було розглянуто основні методики проектування, методи випробування, аналітичні та програмні дослідження, методи проведення випробування на перевірку герметичності та загальні положення з техніки безпеки.

В рамках проведеного дослідження було виконано розрахунок впливу тиску на стінки балона з об'ємом 7 літрів, з прикладенням тиску 15,71 МПа. На основі попереднього розрахунку в формі користувача та використання програмного продукту Autodesk Inventor 2024 було підтверджено, що внутрішні навантаження на балон знаходяться в межах допустимих норм. Це дозволяє зробити висновок про правильність попередніх розрахунків і можливість безпечного застосування вирахованого тиску для перевірки інших об'ємів балонів.

Додатково був проведений аналітичний розрахунок найбільшої стійки на розтяг, що підтвердив відповідність отриманих результатів. Було встановлено, що стержень, на якому прикладаються навантаження, витримує великі навантаження і має незначну відносну деформацію, що свідчить про його міцність.

Для проведення випробування на герметичність була розроблена інструкція з використання спеціального пристрою. Схема роботи випробувального стенду включає компресор, ресивер, фільтр, блок регулювання подачі тиску, манометр, розподільник та зворотній клапан. Виконання випробувань включає покрокове встановлення пристрою, наповнення балона водою, підключення до пневмосистеми і контроль тиску протягом 10 хвилин.

На основі розрахунків, допустимі відхилення тиску на манометрі не повинні перевищувати $\pm 1\%$ відповідно до стандартів ISO 9001, ISO 17025 та ASME B40.100. Це дозволяє здійснювати перевірку балонів на герметичність з високою точністю.

Загалом, проведене дослідження і розроблена методика випробувань на герметичність забезпечують надійність і безпечність перевірки балонів, що дозволяє впевнено використовувати дані методи у промислових умовах.

4 РОЗРОБКА СТАРТАПУ ПРОЄКТУ

4.1 Опис ідей

Опис ідеї розпочинається з замовлення від підприємства ПРАТ «ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЗАВОД». Була поставлена задача створити пристрій для випробування герметичності на прикладі об'єкту дослідження балону різних об'ємів. Основними задачами якого було швидке створення надійної конструкції. Для перевірки окремих моделей з партії.

Проблемами які має дана галузь. Недостатня кількість існуючих пристроїв. Велика ціна, що не дає змогу їх купити для невеликих фірм. Індивідуальність замовлення під конкретні пристрої та час на їх створення. Багато існуючих пристроїв для випробування на герметичність є громіздкими і мало мобільними, що ускладнює їх використання в польових умовах. Робота з високоточним обладнанням для випробування на герметичність вимагає спеціальних знань і навичок, що підвищує вимоги до персоналу. [15]

Розробка механічного пристрою для випробування на герметичність є важливим і перспективним напрямком не тільки для машинобудівних підприємств таких як наше, а й для таких як автомобільна промисловість, авіація, енергетика та багато інших. Такий пристрій дозволяє забезпечити якість та безпеку продукції, а також знизити витрати на ремонт та обслуговування. Надійна перевірка герметичності балонів дозволяє забезпечити безпеку та якість продукції, знизити ризик аварій і пошкоджень, а також продовжити термін служби обладнання. У цьому документі представлені ідеї стартапу для створення пристрою для випробування на герметичність балонів, що включає різні аспекти проектування, маркетингу та реалізації.

Пристрій для випробування на герметичність може бути встановлений на верстат, на фундамент, та на будь яку плоску і горизонтальну поверхню в якій є місця під кріплення. Даний проєкт буде цікавий для підприємств, фірм, що займаються виробництвом, зберіганням або транспортуванням балонів з газами.

Але це не виключає можливість для замовлення і окремим фізичним особам, для власного використання.

Особливостями є габаритність та високий тиск який потрібно витримувати певний час. Точність забезпечується розподільною шкалою, яка є на манометрі та візуально по можливим протіканням, чи не витримування конструкції, яка є на місці перевірки. Пристрій є зручний для транспортування та легкий в встановленні та розборі. Швидко та інтуїтивно підключення до балонів. Стійкий до механічних пошкоджень і впливу навколишнього середовища.

Запуск стартапу для розробки пристрою для випробування на герметичність має великий потенціал для успіху в різних галузях промисловості. Ці ідеї охоплюють широкий спектр застосувань і можуть бути адаптовані до конкретних потреб клієнтів. Розробка таких пристроїв сприятиме підвищенню якості та безпеки продукції, а також забезпечить конкурентні переваги на ринку. Інвестування у цей стартап може принести значні прибутки та внести вагомий вклад у підвищення стандартів безпеки і якості у відповідних галузях. Основний зміст ідеї вкладаємо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 Основна ідея [16]

Зміст ідеї	Напрями застосування	Вигоди для користувача
Пристрій для випробування на герметичність	Спеціалізованих лабораторіях або на заводах, де виробляються або ремонтуються балони	– перевіряти якість виготовлення балонів – перевірка якості ремонту балону – покращення безпеки за рахунок герметичності
	Магазини та фірми с продажі балонів чи схожих конструкцій де потрібна герметичність	– перевірка поставок перед продажом – перевірка герметичності порожнистих об'єктів які вписуються в габарити – розширення спектру послуг для клієнтів

Отже основна ідея повинна базуватися на напрямках куди ми можемо продати наш пристрій. Але для початку виконаємо порівнянням нашого пристрою по відношенню до знайдених та проаналізованих в першому розділі магістерської дисертації. Наші дані занесемо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Порівняльний аналіз техніко-економічних характеристик пристроїв для випробування на герметичність [16]

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Товари/концепції конкурентів				W	N	S
		НАШ ПРИСТРІЙ	SSA-ECO	MATEO	CARMES PTR 1600XHL			
1.	Вартість	низька	висока	середня	висока			+
2.	Варіативність	Балони різних об'ємів	Лише скляні пляшки	Гнучкі упаковки	Різні об'єкти	+		
3.	Тиск	До 30 МПа	До 4 МПа	До 1 Бар	До 20 МПа			+
4.	Точність	10^{-2} мбар л/с	10^{-2} мбар л/с	10^{-2} мбар л/с	10^{-2} мбар л/с		+	
5.	Простий у використанні	так	так	ні	ні			+
6.	Тип пристрою	стендовий	напольний	напольний	напольний		+	
7.	Габарити	варіативні	400×1000×500	варіативні	1350×460×410		+	
8.	Безпечність	так	так	ні	так		+	

Для вибору варіанту технології реалізації проекту потрібно проаналізувати існуючі технології та її доступність для нас. І чи можливо виготовити даний пристрій з існуючим парком верстатів на нашому підприємстві з мінімальними затратами, табл.4.3.

Таблиця 4.3 Технології реалізації [16]

Ідея проекту	№	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Пристрій для випробування на герметичність	1	Зварна конструкція	Існує	Доступно та досить дешево
	2	Конструкція збірна, механічні кріплення	Існує	Доступно, також дешева але варіативна
	2	Модульна, покупна	Існує	Доступно але дорого, та великий час чекати та підбирати

Отже найбільш підходящою технологією для нас є під номером 2, а саме збірна, механічні кріплення. Вона є простою, не дорогою та легко замінною у випадку якихось поломок, або невеликих змін конструкції. Тому це є найбільш оптимальним варіантом.

4.2 Аналіз ринкових можливостей

Ця робота спрямована на вивчення ринкових можливостей для пристрою для випробування на герметичність, визначення ключових трендів, викликів та можливостей, що стосуються цього сегменту ринку.

У зв'язку з підвищенням вимог до якості та безпеки продукції у різних галузях промисловості, дослідження ринкових можливостей для пристрою для випробування на герметичність є надзвичайно актуальним.

Ринок пристроїв для випробування на герметичність охоплює різні галузі, включаючи автомобільну промисловість, медицину, нафтову і газову промисловість, виробництво контейнерів та пакувальних матеріалів.

Основними компаніями, що займаються виробництвом і продажем таких пристроїв, є такі фірми, як «ГІДРО ГІД», «SSA», «Carmec».

Існує кілька основних ринкових сегментів, таких як пристрої для лабораторних випробувань, мобільні пристрої, пристрої для промислових цілей і побутові пристрої.

Проведемо аналіз сучасних трендів. Зараз на ринку дуже актуальним є впровадження автоматизації та додавання штучного інтелекту. Також важливим аспектом є візуальна складова та привабливий вигляд. Основним трендом зараз є простота та спрощення конструкцій без втрат її основних функцій. Використання нових матеріалів і композитів, що підвищують точність і надійність пристроїв для випробування на герметичність. [17]

Проведемо аналіз попиту на пристрої для випробування на герметичність у світі за останні п'ять років. Дані було взято з ринкового дослідження «MarketsandMarkets» [15] і по ним створена порівняльна таблиця 4.4.

Таблиця 4.4 Порівняльна таблиця попиту за останні 5 років

Рік	Попит (мільйони доларів США)
2019	50
2020	55
2021	60
2022	65
2023	70

У 2019 році ринок пристроїв для випробування на герметичність оцінювався в 50 мільйонів доларів США. Це був стабільний рік, коли багато підприємств інвестували у вдосконалення своїх технологій для забезпечення кращої герметичності продукції. [15]

У 2020 році попит зріс до 55 мільйонів доларів США. Це зростання частково зумовлене пандемією COVID-19, яка підштовхнула багато компаній до ретельнішого контролю якості, включаючи випробування на герметичність для забезпечення безпеки. [15]

У 2021 році ринок зріс до 60 мільйонів доларів США. Підвищення попиту було обумовлено зростаючою потребою в підвищенні якості та безпеки продукції в різних галузях, таких як автомобільна промисловість, медицина та виробництво упаковки. [15]

У 2022 році попит на пристрої для випробування на герметичність досягнув 65 мільйонів доларів США. Це стало можливим завдяки впровадженню нових технологій, таких як автоматизація та штучний інтелект, які значно покращили ефективність і точність випробувань. [15]

У 2023 році ринок продовжував зростати і досягнув 70 мільйонів доларів США. Зростаючий інтерес до екологічної відповідальності та безпеки привів до того, що все більше компаній почали впроваджувати ці технології для забезпечення відповідності стандартам і регламентам. [15]

Виходячи з отриманих даних побудуємо графік попиту за останні 5 років, продемонстрований на рисунку 4.1.

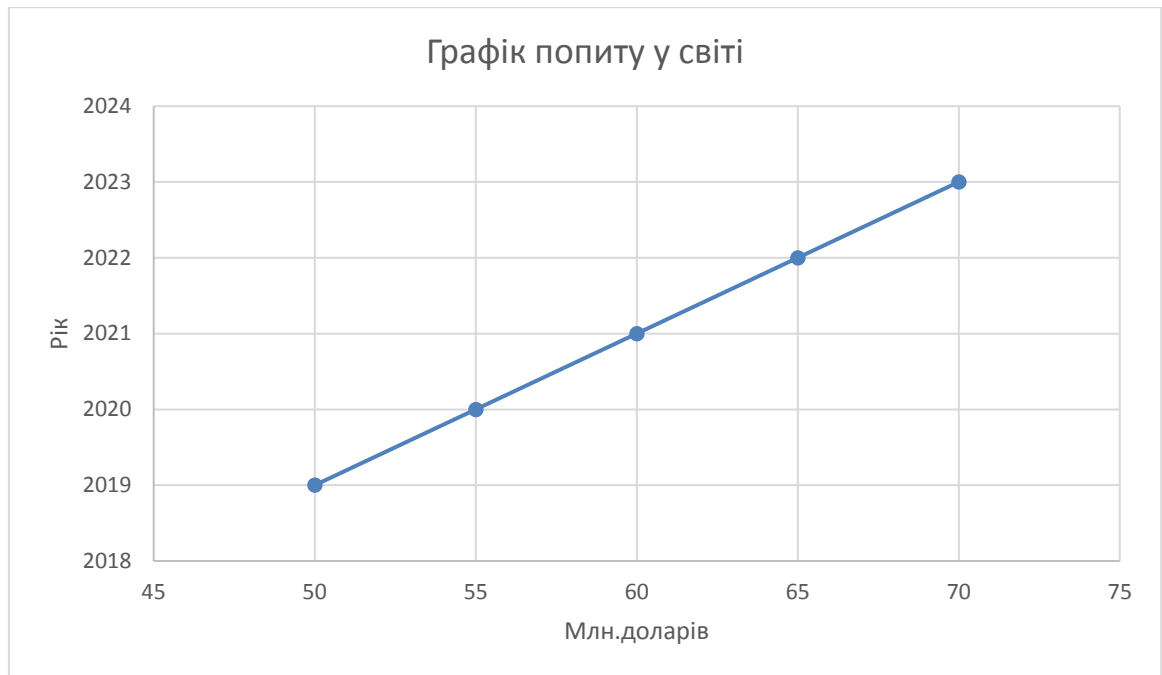


Рисунок 4.1 – Гафік попиту у світі за останні 5 років

Цей графік і таблиця дають уявлення про те, як зростає попит на пристрої для випробування на герметичність у світі протягом останніх п'яти років. Цей ринок демонструє стабільне лінійне зростання, що свідчить про його важливість і потенціал для подальшого розвитку.

Існують такі конкуруючі світові бренди, які займаються пристроями для перевірки на герметичність:

1. Hastest GmbH – німецька компанія, що спеціалізується на випробуванні на герметичність та надійності.
2. Bosch Engineering GmbH – також німецька компанія, що пропонує широкий спектр послуг з випробувань.
3. Intertek – міжнародна компанія, що пропонує послуги з тестування на герметичність, сертифікації та інших технічних тестів.
4. SGS S.A. – ще одна міжнародна компанія, що надає послуги з тестування та сертифікації.
5. ГІДРО ГІД – українська компанія, що спеціалізується на виробництві та постачанні гідравлічних систем та компонентів. Вони пропонують широкий

спектр продуктів для різних галузей, включаючи автомобілебудування, промисловість та будівництво.

6. SSA (Secure Seal Analyzer) – швейцарська фірма на базі компанії Inficon, яка є одним з провідних світових постачальників інструментів для аналізу та контролю якості в різних галузях промисловості. Inficon спеціалізується на розробці технологій для детекції газів, випробувань на герметичність, а також інших інструментів для забезпечення якості та безпеки продукції.

7. Carmec італійська компанія, що спеціалізується на виробництві та постачанні автомобільних запчастей та систем. Carmec пропонує широкий асортимент продуктів для різних марок автомобілів, включаючи запчастини для двигунів, трансмісій та електроніки.

Головними недоліками всіх цих фірм є те, що вони випускають досить дороге обладнання, оскільки замовлення беруть під конкретну деталь та вихідні параметри спеціалізовані під конкретну роботу. Покажемо цільову аудиторію до нашого проекту, таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 Таблиця цільової аудиторії [18]

Потреба, що формує ринок	№	Цільова аудиторія (B2B)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Ефективне перевірка герметичності	1	Ремонтні цехи	Потрібне надійне обладнання і не дороге	Компактність, не дорогий, надійний
	2	Підприємства з виготовлення балонів	Цінують високу точність та якість перевірки, Готові інвестувати	Висока якість, надійність, точність, час перевірки та якісна технологічна документація, технологічне обслуговування
	3	Великі магазини та ті хто продає	Потрібна довговічність та швидкість перевірки	Компактність, безпека, простота використання, не дорогий

Виконаємо аналіз ринку, та те що відбувається зараз у світ, таблиця 4.6. Потрібно для виявлення основних показників та можливостей.

Таблиця 4.6 Характеристика потенційного ринку [16]

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	невідомий
2	Кількість головних гравців, од	7
3	Динаміка ринку	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Висока конкуренція

Проведемо перевірку конкурентоспроможності за факторами наданими у таблиці 4.7. Де плюсові значення це краще, а мінусові гірше ніж у конкурентів.

Таблиця 4.7 Порівняльний аналіз слабких та сильних сторін [18]

№	Фактор конкурентної спроможності	Бали 1-20	Рейтинг порівняння з конкурентами						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Якість випробування							+	
2	Точність перевірки						+		
3	Вартість							+	
4	Простота використання						+		
5	Максимальний тиск								+
6	Габарити і вага				+				
7	Безпека						+		
8	Екологічність			+					

Надаємо ряд переваг нашого пристрою для майбутніх споживачів, рисунок 4.2. Завдяки високій точності, економічній ефективності, безпеці у використанні та інноваційним рішенням, наш пристрій задовольнить потреби навіть найвимогливіших споживачів. Ми прагнемо до росту та збільшенні потенційних споживачів. [19]



Рисунок 4.2 – Переваги пристрою для випробування на герметичність

Проведемо SWOT аналіз. Це необхідно для нашого розуміння слабких та сильних сторін. Які є можливі оптимальні рішення щодо покращення. Та загрози які на нас можуть вплинути. Результати вказано на рисунку 4.3.



Рисунок 4.3 – SWOT аналіз

Даний пристрій вже впроваджено на підприємстві. Надалі будемо займатися його вдосконаленням та адаптацією під нові вимоги ринку. Ми також плануємо розширення спектру послуг та підтримку клієнтів для забезпечення їх повного задоволення нашою продукцією. Також плануємо збільшення обсягів виробництва, подальші модернізації. Залучення партнерів.

4.3 Розроблення ринкової стратегії

Розробимо план дій на ринку. Наша ринкова стратегія буде складатися з 4 пунктів які вказані на схемі з рисунку 4.4. Дана стратегія допоможе нам досягти конкурентних переваг, та підвищити ефективність.

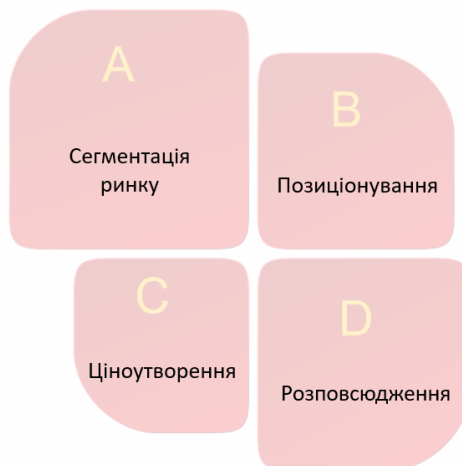


Рисунок 4.4 – Схема ринкова стратегія

Розберемо кожний пункт окремо та розділимо на окремі блок-схеми. Першим йде пункт А, рисунок 4.5. На ній ми вказуємо основні цілі та потреби. До потреб входять: якість перевірки балонів, можливість адаптації та регулювання тиску.

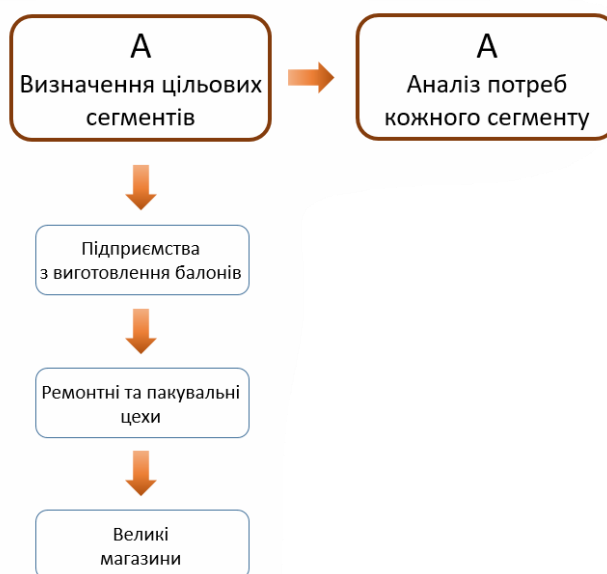


Рисунок 4.5 – Схема А

Наступною блок-схемою нашої ринкової стратегії є блок В, рисунок 4.6. Ми позиціонуємо себе, як високоточне обладнання, для ринкової стратегії нам потрібно було визначення конкурентних переваг, дані переваги вже було вказано в розділі 4.2.

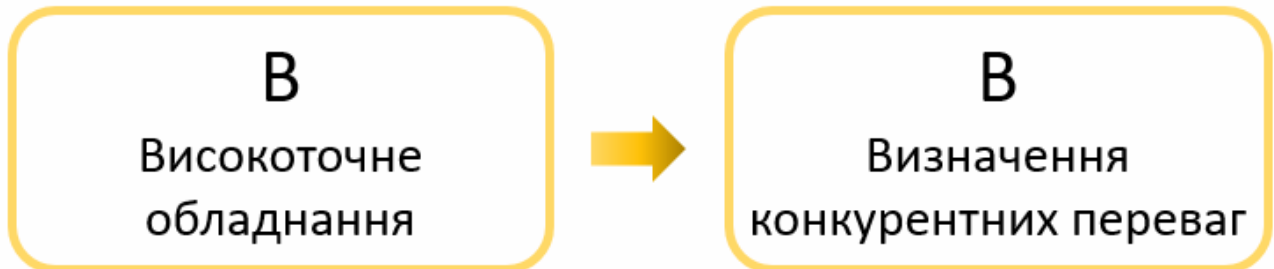


Рисунок 4.6 – Схема В

Одним з наступних блок-схем йде С, рисунок 4.7. Вона стосується встановлення ціни, та грошових питань. Основною нашою умовою є доступна ціна для підприємств та фірм. Тому ми намагаємося зробити все доступне щоб зменшити її, та в подальшому розвиватися та надавати знижки і інші заохочення для наших клієнтів.

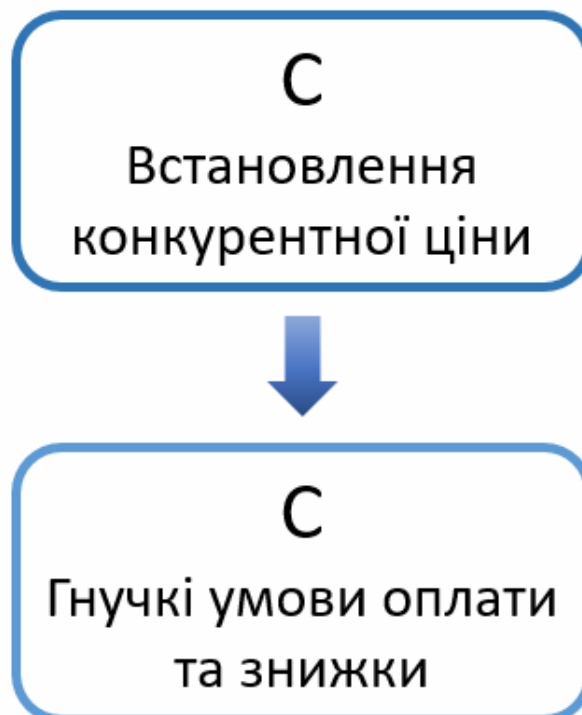


Рисунок 4.7– Схема С

І останньою блок-схемою є D, рисунок 4.8. Вона орієнтована на роботи з дистриб'юторами, та онлайн продажами.

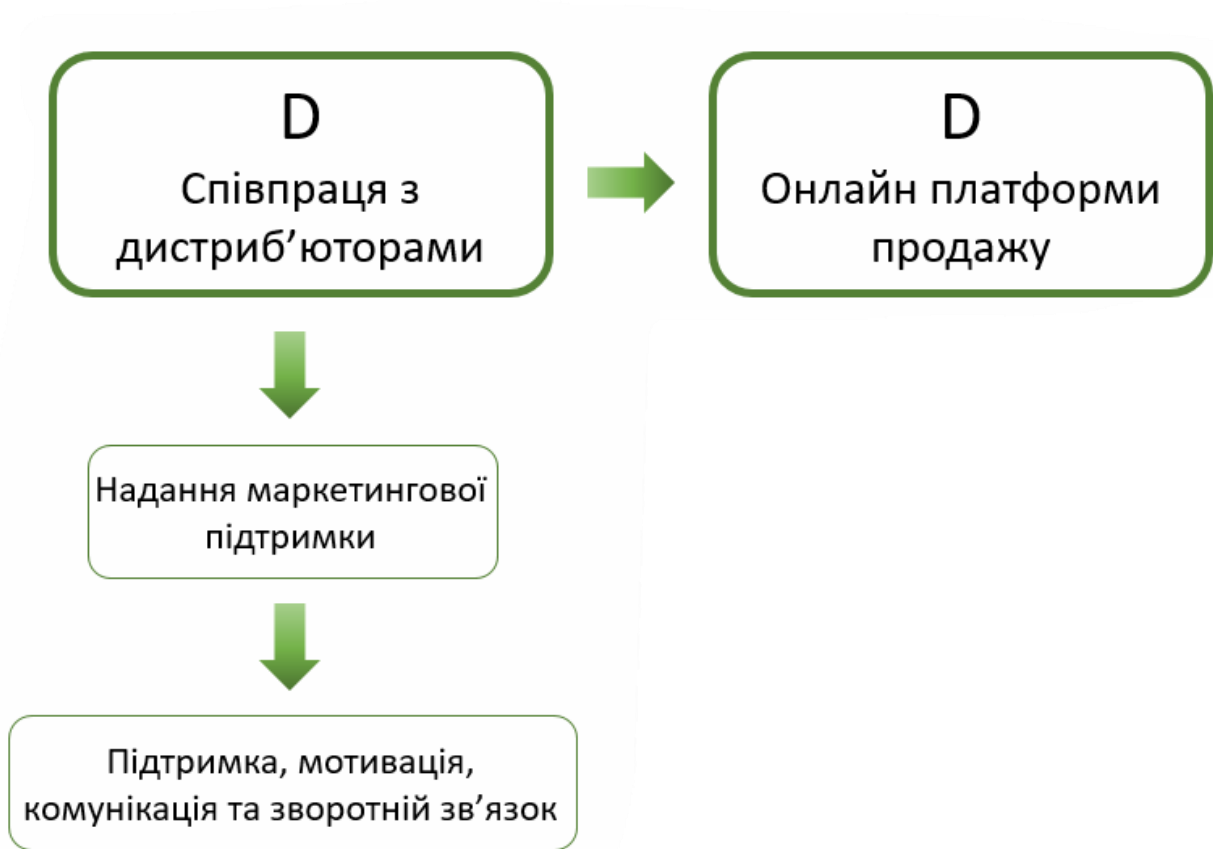


Рисунок 4.8– Схема D

Наша ринкова стратегія, яка складається з 4 пунктів, що вказані на схемі з рисунку 4.4, спрямована на досягнення конкурентних переваг, підвищення ефективності діяльності та забезпечення стійкого розвитку нашого підприємства. Ми вмотивовані до розгляду нових стратегій і будемо завжди орієнтуватися на нові тенденції ринку.

4.4 Розробка маркетингової програми

Нашу маркетингову стратегію розіб'ємо на 6 розділів, що вказані на рисунку 4.9. Основною діяльністю ми будемо розроблювати веб-сайт з нашою продукцією, яка буде постійно обновлюватися та обростати новими пристроями.

Також потрібно буде провести роботу з медіа, для підвищення значимості бренда. Будемо проводити демонстрації та виставки з заохочуванням партнерів та спонсорів. В майбутньому розробка реферальної програми, та зацікавлення клієнтів за рахунок знижок. А самим основним, в нашій схемі є зворотній зв'язок та підтримка клієнтів. Це база на якій все тримається. Нам потрібно буди найбільш конкурентним в цьому напрямку, бо це тримає наших клієнтів та дозволяє зайняти високу довіру на ринку продажів.

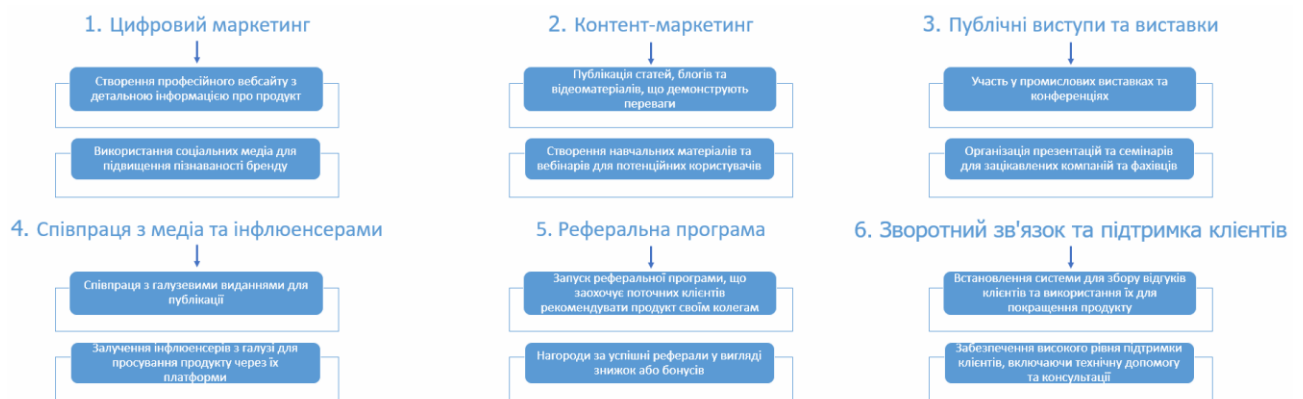


Рисунок 4.9– Схема маркетингової програми

Висновки. Отже основним в маркетингу для нас є розвиток в різних напрямках, створення різних програм для наших клієнтів. Зростання разом з ринком, і бути в тренді. Ніколи не зупинятися і робити постійний розвиток не тільки продукції, але і засобів реклами та маркетингу. Це дозволить нам триматися на ринку та збільшувати свою базу клієнтів з якими ми будемо тісно співпрацювати, та розвиватися.

В даному розділі ми зробили невеликий стартап, провели аналіз конкурентів, вказали переваги, та виконали SWOT аналіз до нашого пристрою для випробування на герметичність. Розробили невеличкі програми ринкової та маркетингової стратегій. Навели наші бачення на критично важливі аспекти в нашій програмі. І показали, що ми готові до розвитку та співпраці з спонсорами та інвесторами.

ВИСНОВКИ

У даній магістерській дисертації було проведено комплексний аналіз існуючих методів та пристроїв для випробування на герметичність. На основі огляду сучасних системних та локальних методів випробування визначено їхні можливості та обмеження. Проведений аналіз існуючих пристроїв і патентний пошук дозволив виявити нам недоліки та переваги всіх конструкцій також допоміг знайти актуальні тенденції та новації в цій галузі, на які можна спиратися.

У процесі написання дисертації було виконано розроблення та проектування пристрою для випробування на герметичність, були створені параметричні моделі ключових деталей, що забезпечують високу точність і надійність вимірювань. Також було реалізовано конструкторську документацію, включаючи складальні креслення та специфікації.

Основним елементом нашої дисертації є автоматизація побудови збірки та методика випробування. В ній було створено форму користувача, яка виконує автоматичний підрахунок потрібного тиску перевірки наших балонів. Для цього було використано невеликі правила програмування для прив'язки параметрів деталей, а також перевірного розрахунку для нашої конструкції. Це надасть ефективність і точність випробувань. Провели дослідження внутрішніх напружень, що дозволили визначити оптимальні умови для роботи пристрою. Розробили методику проведення випробування на герметичність, а дотримання техніки безпеки забезпечило захист операторів.

Розробка стартап проекту, дослідження та розробка пристрою для випробування на герметичність показали високий потенціал для впровадження на ринку. Завдяки ринковим та маркетинговим стратегіям ми зможемо досягти, значним успіхам у сфері продажу і не тільки. А підтримка клієнтів дозволять забезпечити стійкий розвиток та успіх нашого продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Випробування на герметичність, акредитована лабораторія, Югтест, Україна. Ugtest. URL: <https://www.yugtest.com/uk/leak-test> (дата звернення: 03.09.2024).
2. Казарін, Д. В.; Бесарабець, Ю. Й. Методи випробування на герметичність порожнистих об'єктів. In: Інновації молоді в машинобудуванні 2024. 2024.
3. Тест на герметичність. EUROLAB | Endüstriyel Test Laboratuvarı. URL: <https://www.eurolab.net/uk/testler/endustriyel-muayene-testleri/kacak-sizinti-testi/> (дата звернення: 12.09.2024).
4. Установа для випробування на герметичність SSA-ECO – ELTEST. Випробувальне обладнання. URL: <https://www.eltest.com.ua/ru/product/ssa-eco-2/> (дата звернення: 12.09.2024).
5. Вакуумна камера для випробування упаковки на герметичність – Купити в Жидачіві на Flagma.ua #15129278. Flagma.ua. URL: <https://flagma.ua/uk/vakuumna-kamera-dlia-vyprobuvannia-upakovky-na-hermetichnist-015129278.html> (дата звернення: 12.09.2024).
6. Стенд для перевірки герметичності Carmec PTR-1600XLH | Оптові ціни від офіційного дистриб'ютора ≡ Lunar Group®. Постачання та обслуговування обладнання для ремонту ДВС. URL: <https://lg.net.ua/product/stend-dlia-proverki-germetichnosti-carmec-ptr1600xlh/> (дата звернення: 12.09.2024).
7. Air tightness testing device : patent CN219038300U China : G01M3/08. Applied on 12.01.2023 ; published on 16.05.2023.
8. Airtightness testing device : patent CN210981677U China : G01M3/24. Applied on 17.01.2020 ; published on 10.07.2020.
9. Air tightness testing device for hole : patent CN210347027U China : G01M3/26. Applied on 18.09.2019 ; published on 17.04.2020.
10. Air tightness testing device : patent CN213579960U China : G01M3/12. Applied on 24.11.2020 ; published on 29.06.2021.

11. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів : від 23.11.2015 № 156.
Url: https://dnaop.com/html/61585/doc-дсту_1.5_2015
(дата звернення: 20.10.2024).
12. Autodesk Inventor Professional 2024. URL: <https://www.autodesk.com>
(дата звернення: 20.10.2024).
13. "Mechanics of Materials" by Ferdinand Beer, E. Russell Johnston, John DeWolf, David Mazurek: Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2015). Mechanics of Materials (7th ed.). McGraw-Hill Education.
14. Про затвердження Правил охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0327-14#Text> (дата звернення: 05.11.2024).
15. MarketsandMarkets. MarketsandMarkets - Revenue Impact & Advisory Company | Market Research Reports | Business Research Insights. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/report-search-page.asp?rpt=leak-test-equipment-market> (дата звернення: 10.11.2024).
16. Магістерська дисертація. Організаційні питання. навч. посіб. / В.А.Пасічник, В.І.Солодкий, О.В. Глоба – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017, – 73 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/c9739e0c-d195-4d3d-9663-746664176986/content>
17. Основи системної інженерії [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. Спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Г. О. Кривов, С. Г. Кривова, К. О. Зворикін, О. Є. Зубаньов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 17 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 322 с. URL: <https://ela.kpi.ua/items/6e358216-9d72-43a2-ac62-7b1aa8b08d17>.
18. Управління проектами в механічній інженерії: практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. Г. Кривова, С. І. Трубачев. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,54 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 98 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38184>.

19. Кривов, Г. О. Управління проектами у наукоємному машинобудуванні. Вступний курс проектного менеджменту [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Г. О. Кривов, К. О. Зворикін, С. Г. Кривова. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,54 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 204 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30053>.

ДОДАТКИ

Аналіз існуючих пристроїв для випробування на герметичність

SSA-ECO Secure Seal Analyzer



Спеціалізоване обладнання, призначене для випробування герметичності різних типів тари, таких як пляшки, банки.

Переваги:

- Висока точність
- Висока швидкість перевірки
- Захист та надійність

Недоліки:

- Мобільність (важкий та габаритний)
- Велика вартість, недоцільно для невеликих підприємств або лабораторій
- Обмежене застосування, тільки пляшки та банки

Вакуумна камера для випробування упаковки на герметичність МАТЕО



Призначена для перевірки на герметичність гнучких упаковок шляхом занурення її у воду та створення залишкового тиску в камері.

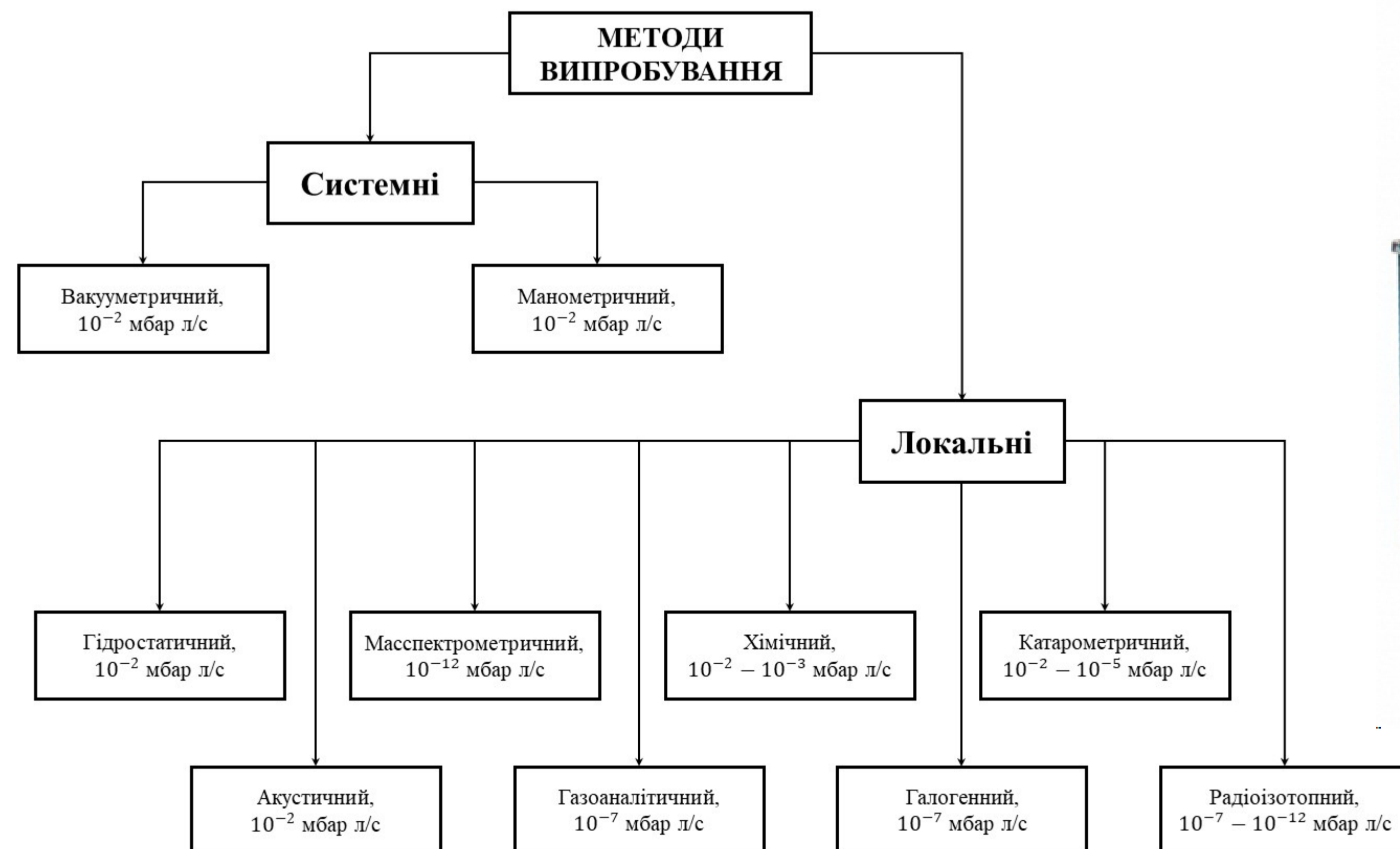
Переваги:

- Простота монтажування, а саме не складна конструкція та швидка збірка
- Варіативність, можливість збирання різних габаритних розмірів
- Матеріал є оргскло, яке дозволяє бачити процес

Недоліки:

- Малий тиск, для не великих випробувань до 1 Бар
- Потреба в додатковому обладнанні
- Обмежене застосування, лише упаковки

Аналіз існуючих методів випробування на герметичність



Стенд для перевірки герметичності Carmec PTR 1600XLH



Призначений для виявлення мікротріщин у виробках. Застосовується для тестування внутрішніх порожнин на наявність та місце розташування тріщин. Максимальний розмір деталі – 1350x460x410 мм. Максимальна вага деталі – 300 кг.

Переваги:

- Важкі та габаритні деталі
- Гарна точність
- Високий тиск для перевірки

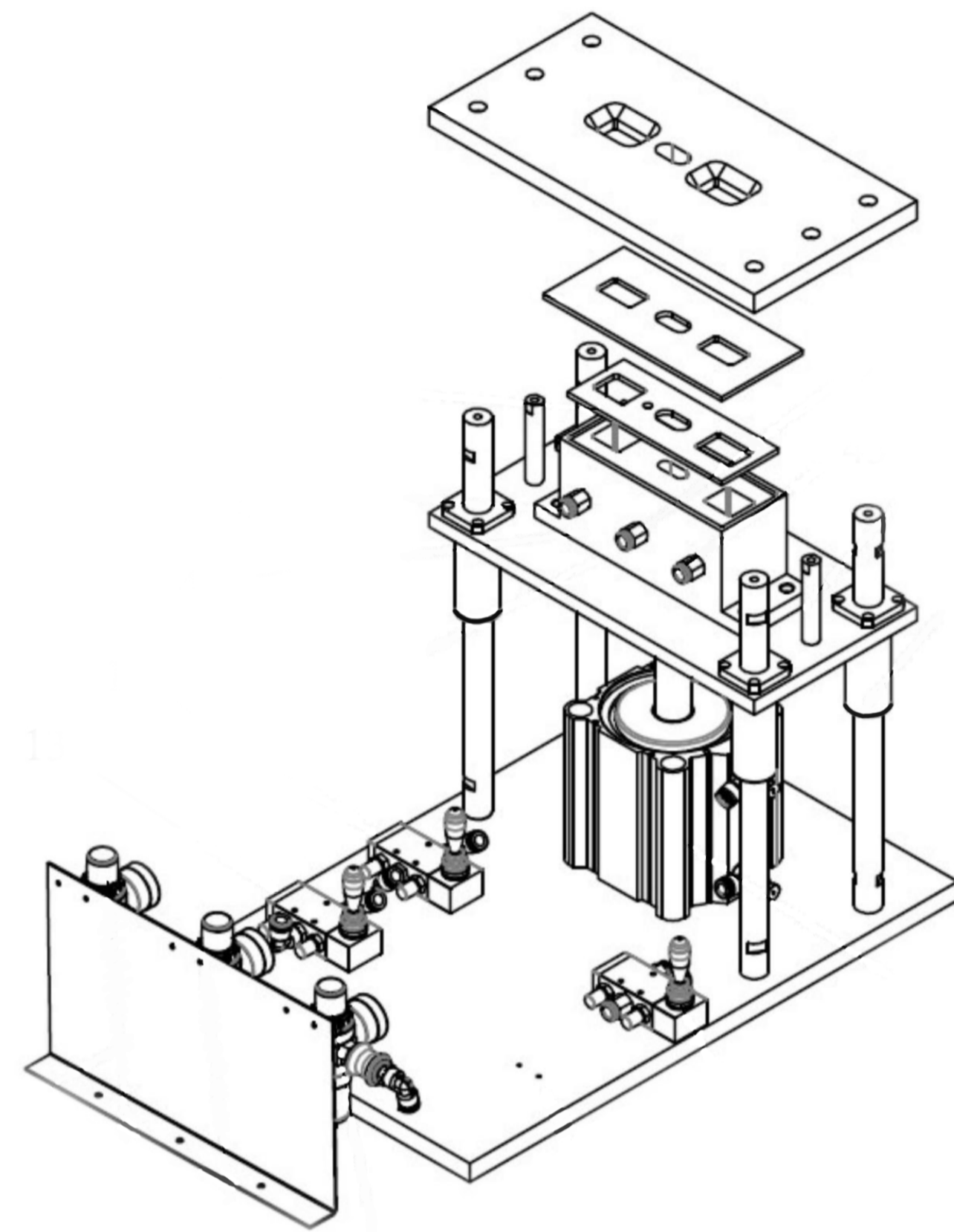
Недоліки:

- Важкий, габаритний та стаціонарний
- Велика вартість, лише для підприємств
- Складність обладнання

Керівник _____ Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

Виконав _____ Денис КАЗАРІН

Патентний пошук існуючих пристроїв для випробування на герметичність



Публікація: CN219038300U
Номер заявки: CN202320080752U
Назва: Пристрій для перевірки герметичності
Дата публікації: 2023-05-16
Заявники: GREE TITANIUM NEW ENERGY CO LTD
Винахідник: LI XIANLONG

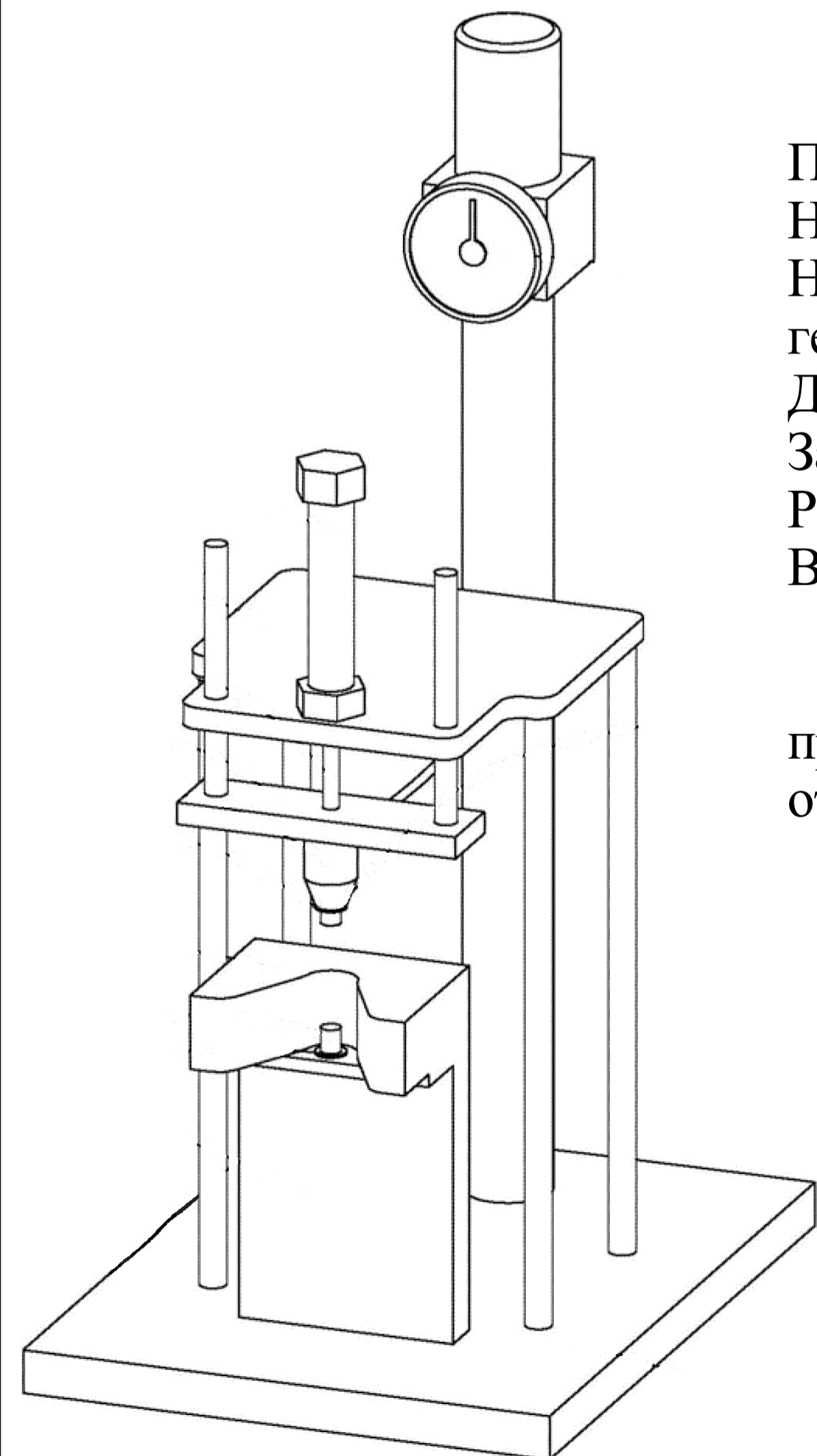
Пристрій слугає для перевірки герметичності кришок, шляхом вприску повітря через газові клапани.

Переваги:

- Точність регулювання тиску
- Низькокваліфікований робітник

Недоліки:

- Перевірка лише кришок
- Висока вартість



Публікація: CN210347027U
Номер заявки: CN201921549762U
Назва: Пристрій для перевірки герметичності
Дата публікації: 2020-04-17
Заявники: DONGGUAN SUN ON PLASTIC MOULDING LTD
Винахідник: ZHANG ZHI'AN

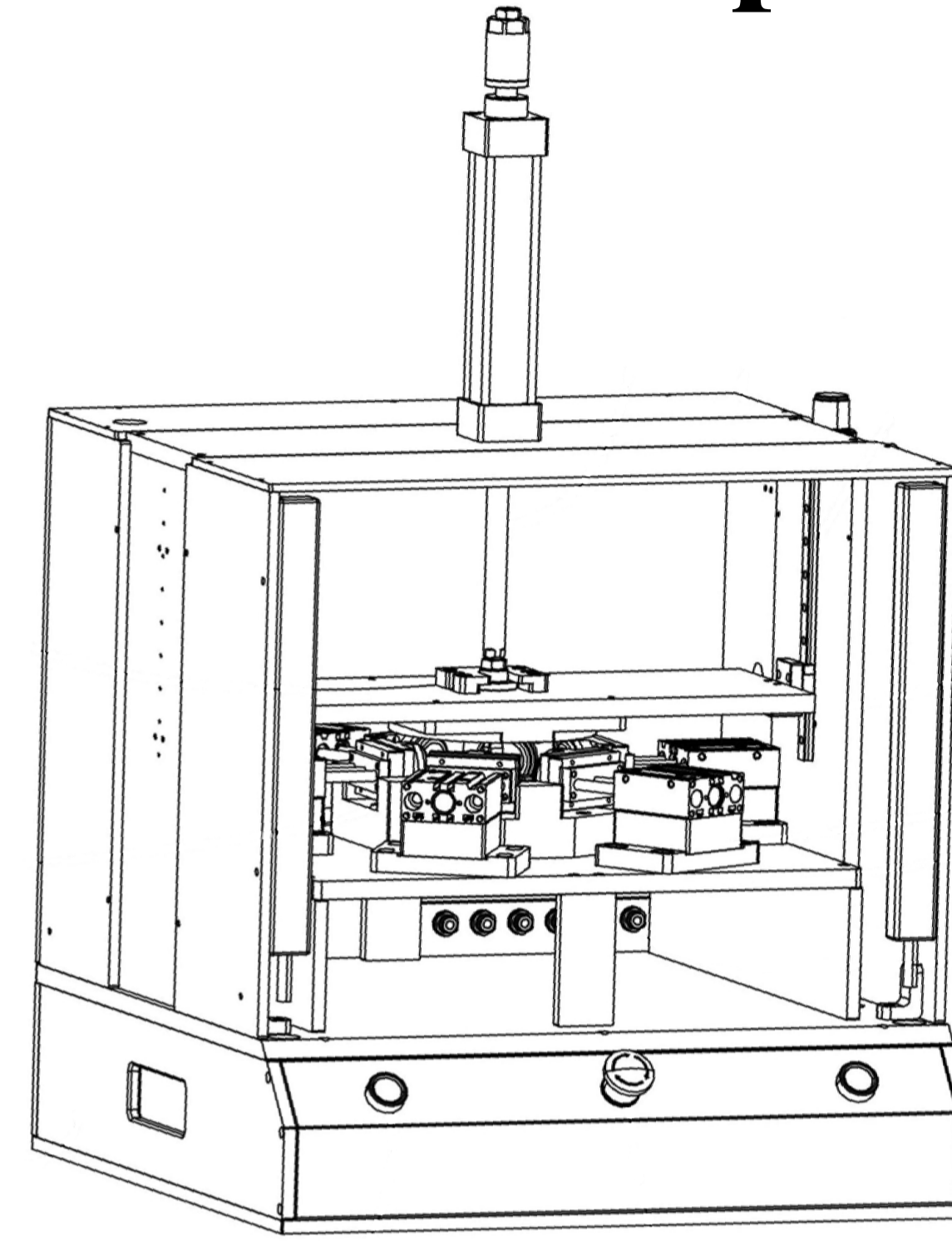
Корисна модель відноситься до пристрою для перевірки герметичності отворів тонкостінних валів.

Переваги:

- Простота експлуатації
- Стабільність роботи
- Невелика вартість

Недоліки:

- Обмеженість розмірів
- Габаритність та важко транспортувати
- Невеликий тиск перевірки



Публікація: CN210981677U
Номер заявки: CN202020102643U
Назва: Пристрій для перевірки герметичності
Дата публікації: 2020-07-10
Заявники: HUIZHOU XINGFENG IND CO LTD
Винахідник: YANG SHENGHANG

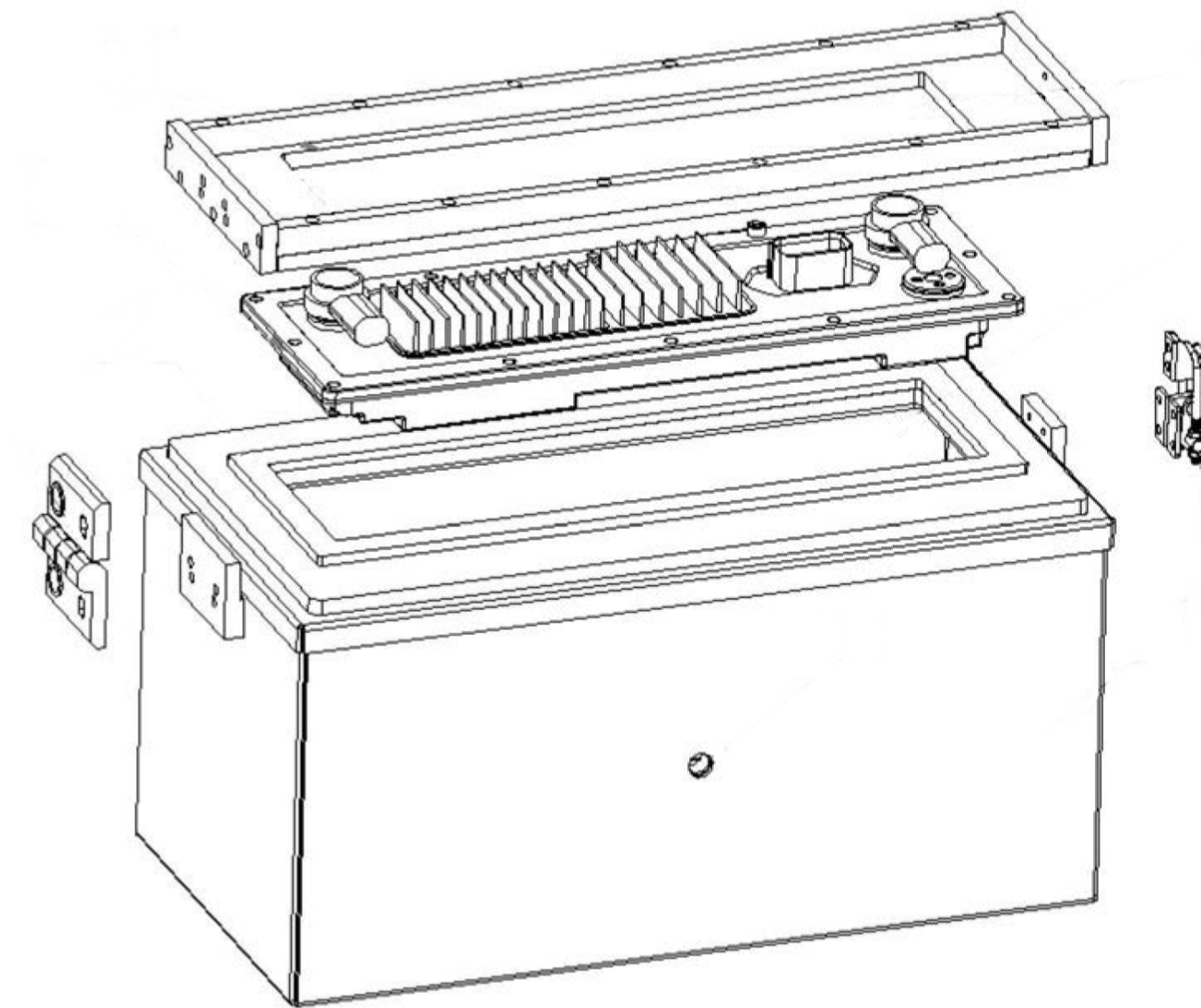
Пристрій слугає для перевірки герметичності різнотипних об'єктів, шляхом подачі стиснутого повітря через повітряний циліндр.

Переваги:

- Точність регулювання тиску
- Висока швидкість встановлення
- Зручний в управлінні

Недоліки:

- Складність у виробництві
- Висока вартість
- Необхідність ретельного обслуговування



Публікація: CN213579960U
Номер заявки: CN202022749152U
Назва: Пристрій для перевірки герметичності
Дата публікації: 2021-06-29
Заявники: SUZHOU JINGKONG ENERGY TECH CO LTD
Винахідник: SHI MINJIE

Корисна модель відноситься до пристрою для перевірки герметичності BMS плат.

Переваги:

- Проста конструкція
- Дешеві компоненти
- Зручний в управлінні

Недоліки:

- Підходить виключно під конкретний вид плати
- Необхідність обслуговування

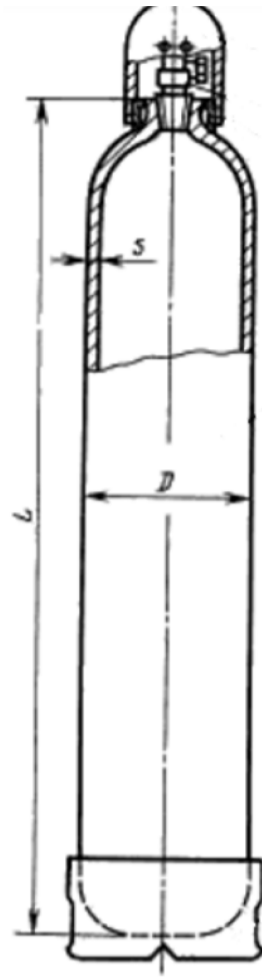
Керівник _____ Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

Виконав _____ Денис КАЗАРІН

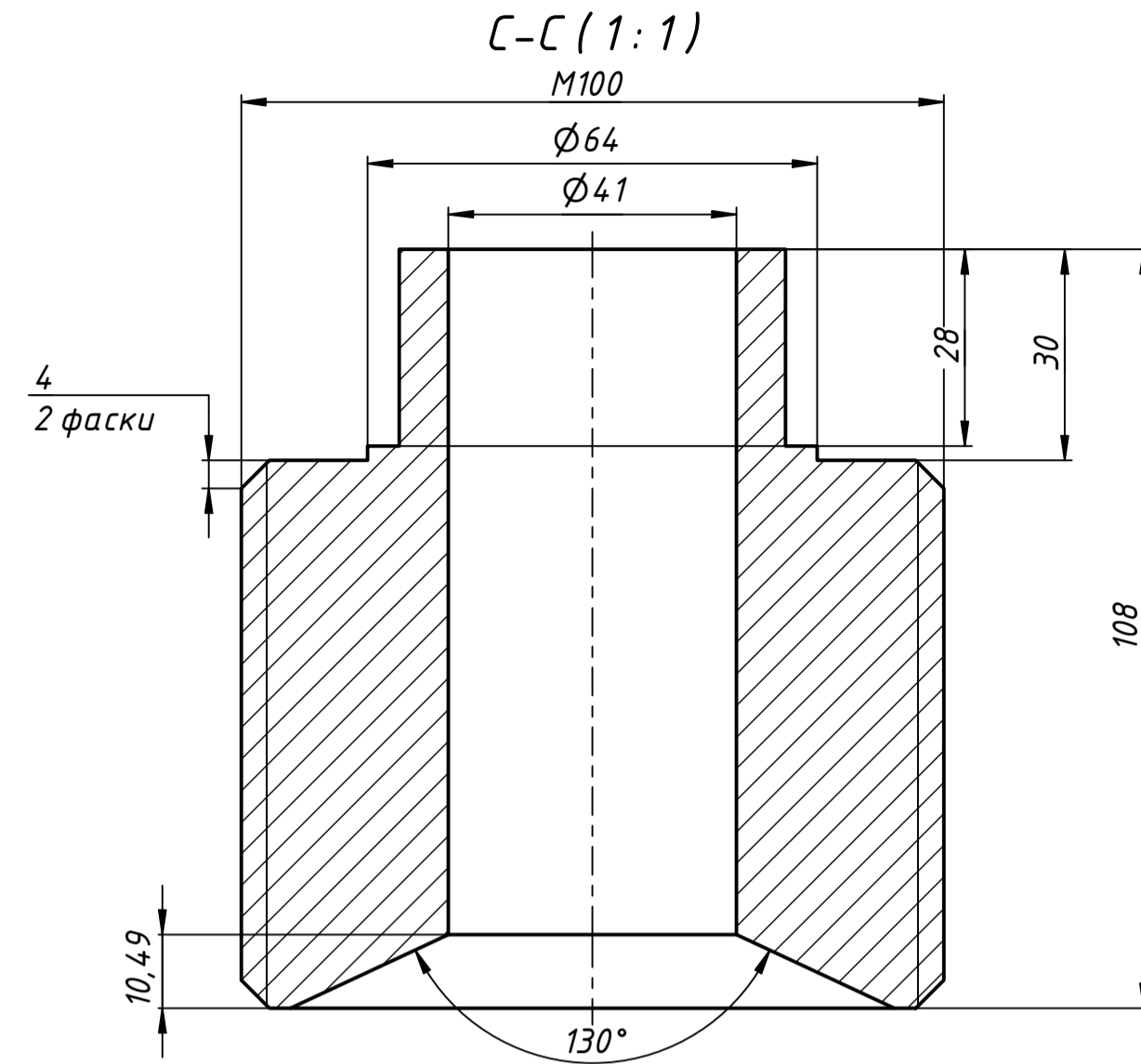
Вихідні дані для розробки "Пристрій для випробування на герметичність"

Матеріал балону - сталь
 $\sigma_T = 250 \text{ МПа}$

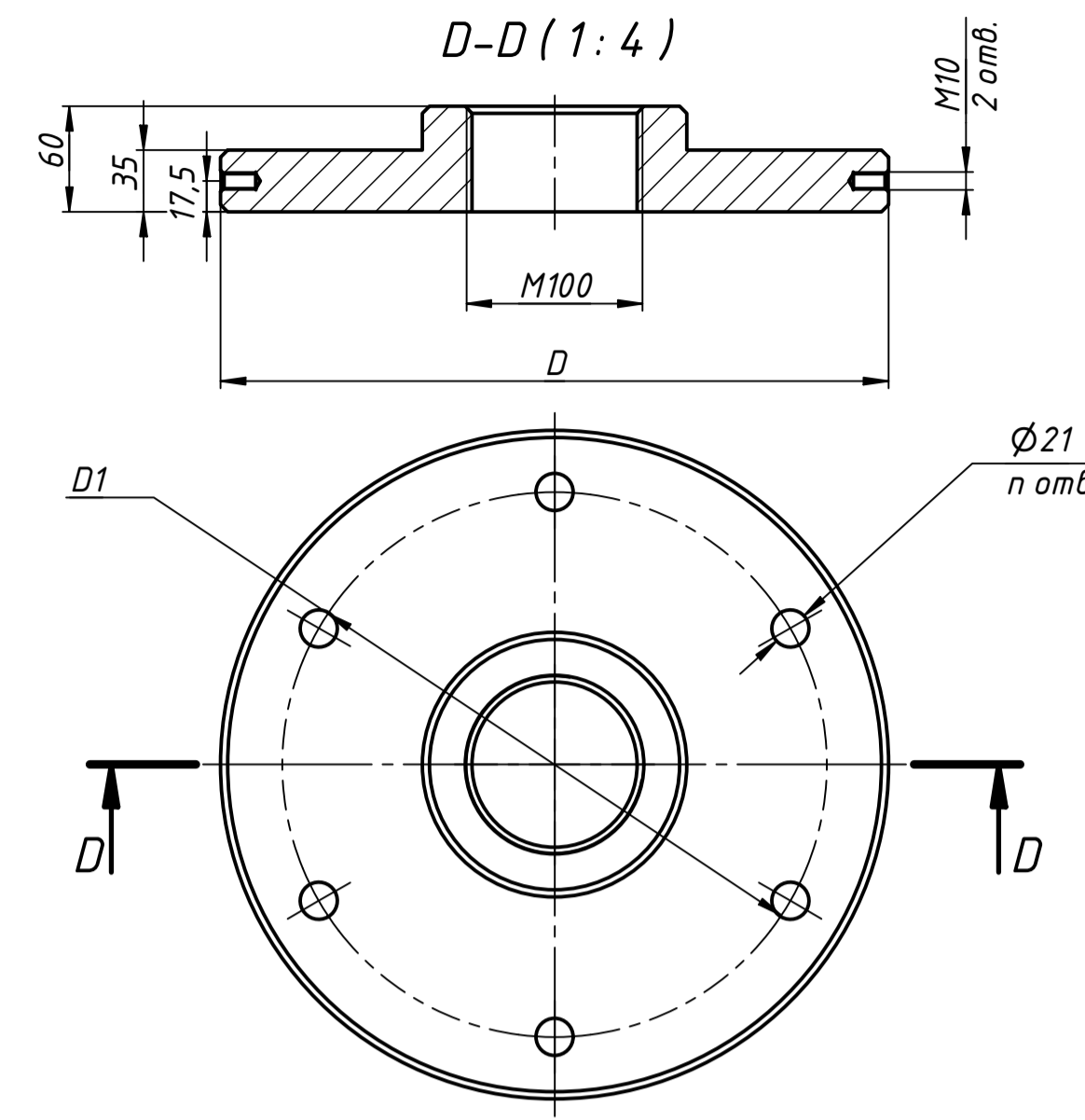
Об'єм балона, V (л)	Товщина стінок, S (мм)	Діаметр балона, D (мм)	Довжина балона, L (мм)	Діаметр горла балона, D (мм)
2	2.4	108	320	85
3	2.4	108	445	85
5	4.4	140	475	85
6	4.4	140	555	85
7	4.4	140	630	85
20	8.9	219	770	85
25	8.9	219	935	85



Прижим

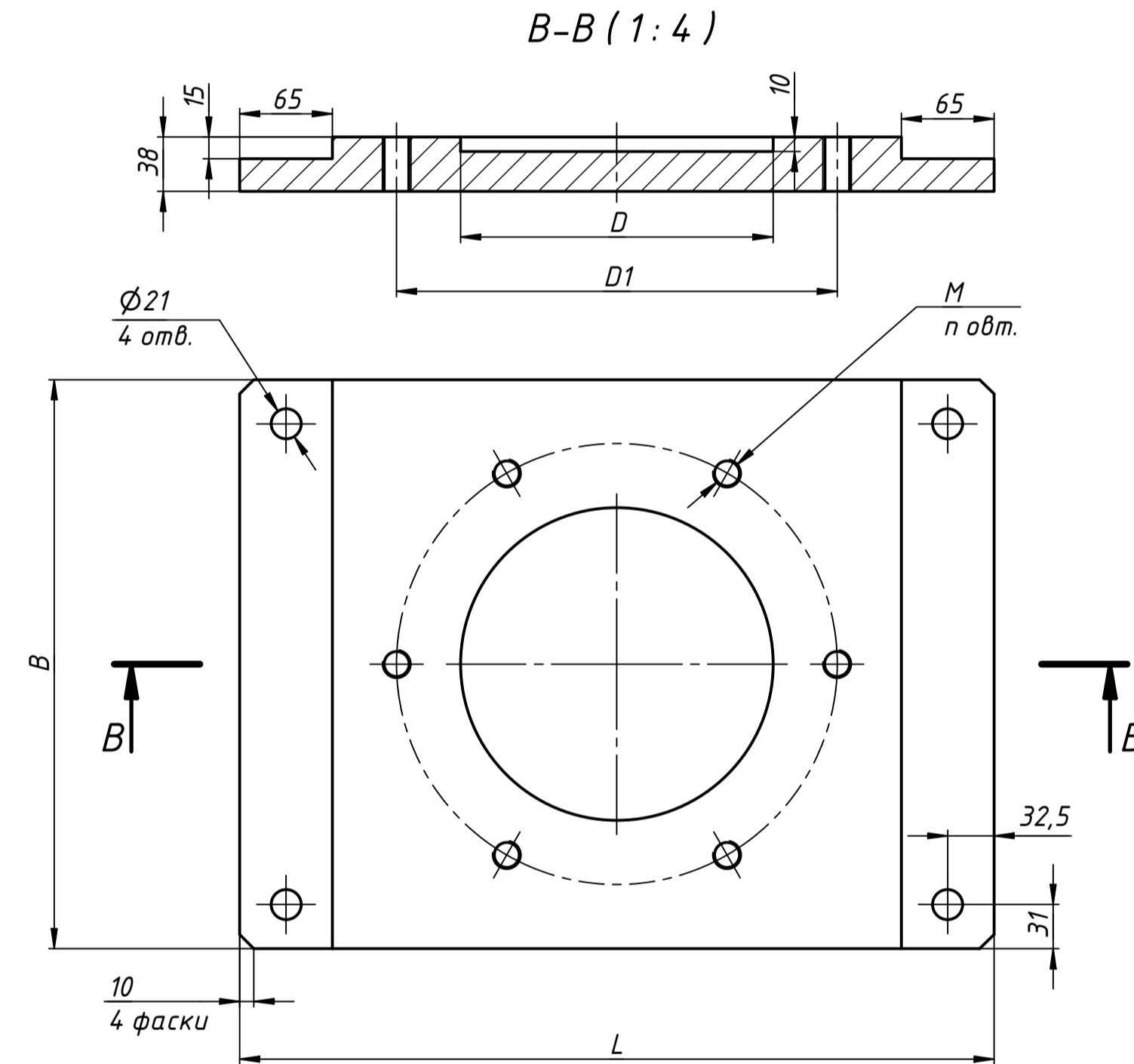


Плита верхня



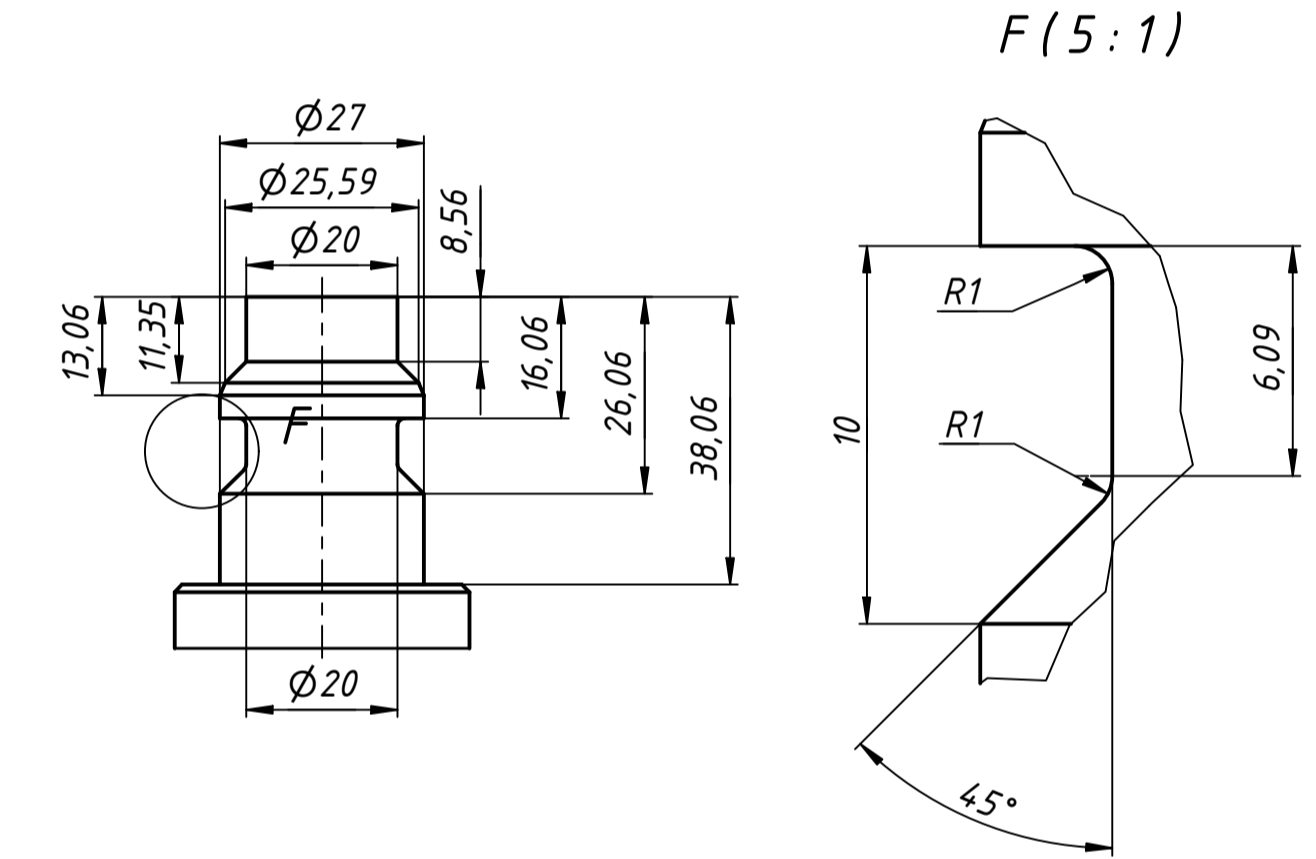
Діаметр плити верхньої, D (мм)	Міжосьова відстань, D1 (мм)	Діаметр отворів, D2 (мм)	Кількість отворів, n (шт)
300	230	21	4
300	230	21	4
300	230	21	4
300	230	21	4
300	230	21	4
379	309	37	6
379	309	37	6

Плита опорна

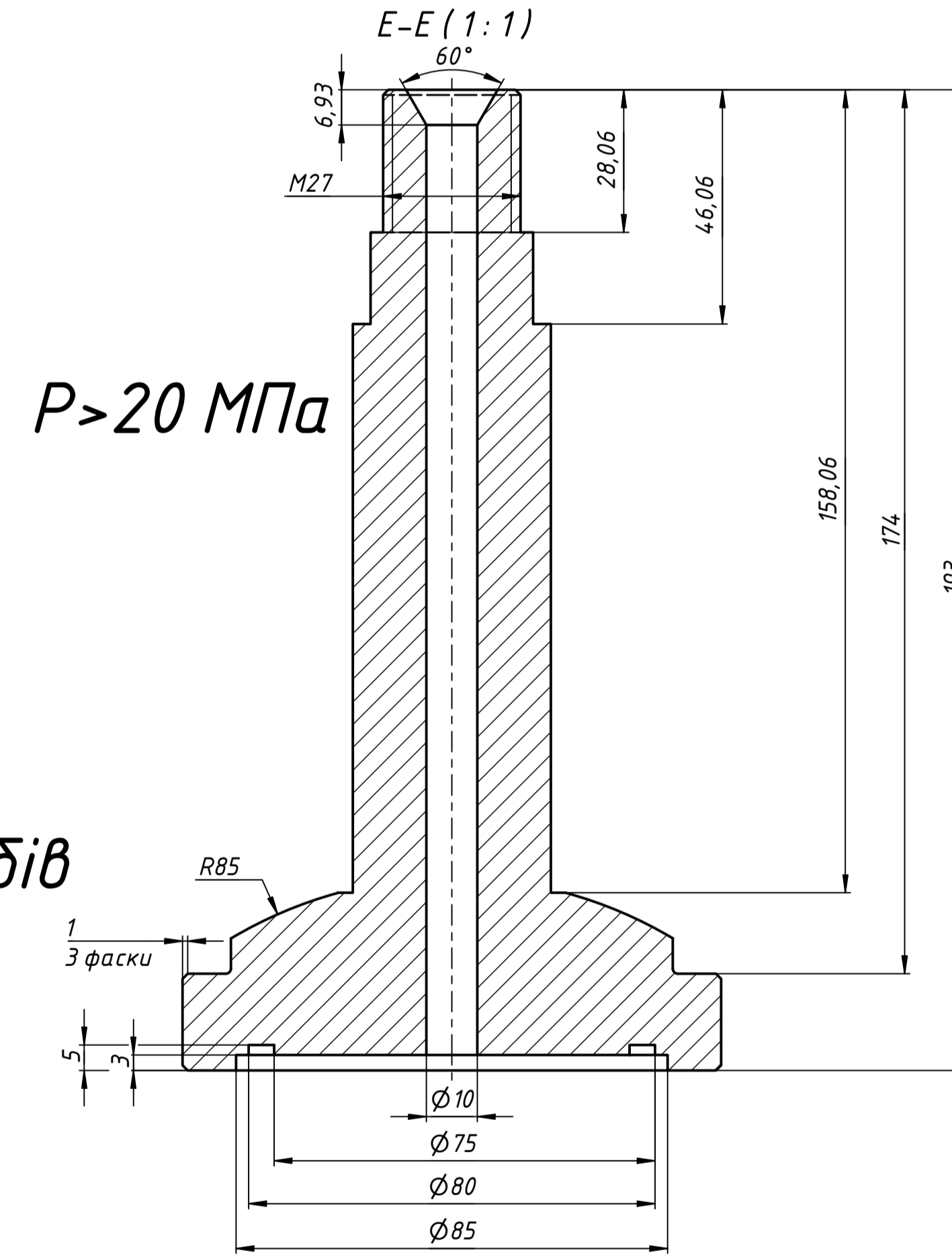


Кришка

P < 20 МПа



P > 20 МПа



Використання стандартних виробів

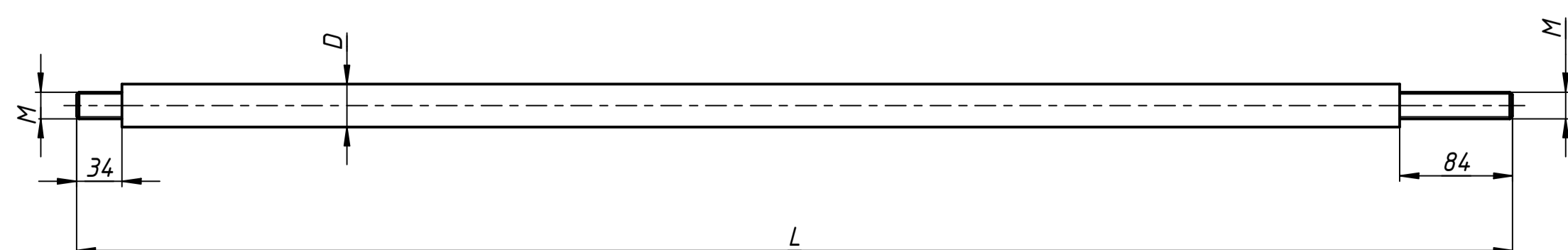
При P > 20 МПа:
 Ущільнююче кільце - DIN 7603 A A 75x84 - 1 шт.
 Рим-болт - CNS 44.91 M10x17 - 2 шт.
 Гайка - As 1252 x M36 - 6 шт.
 Шайба - As 1237x M36 - 6 шт.
 При P < 20 МПа:
 Ущільнююче кільце - DIN 7603 A A 75x84 - 1 шт.
 Рим-болт - CNS 44.91 M10x17 - 2 шт.
 Гайка - As 1252 x M20 - 4 шт.
 Шайба - As 1237x M20 - 4 шт.

Формула Ламе:

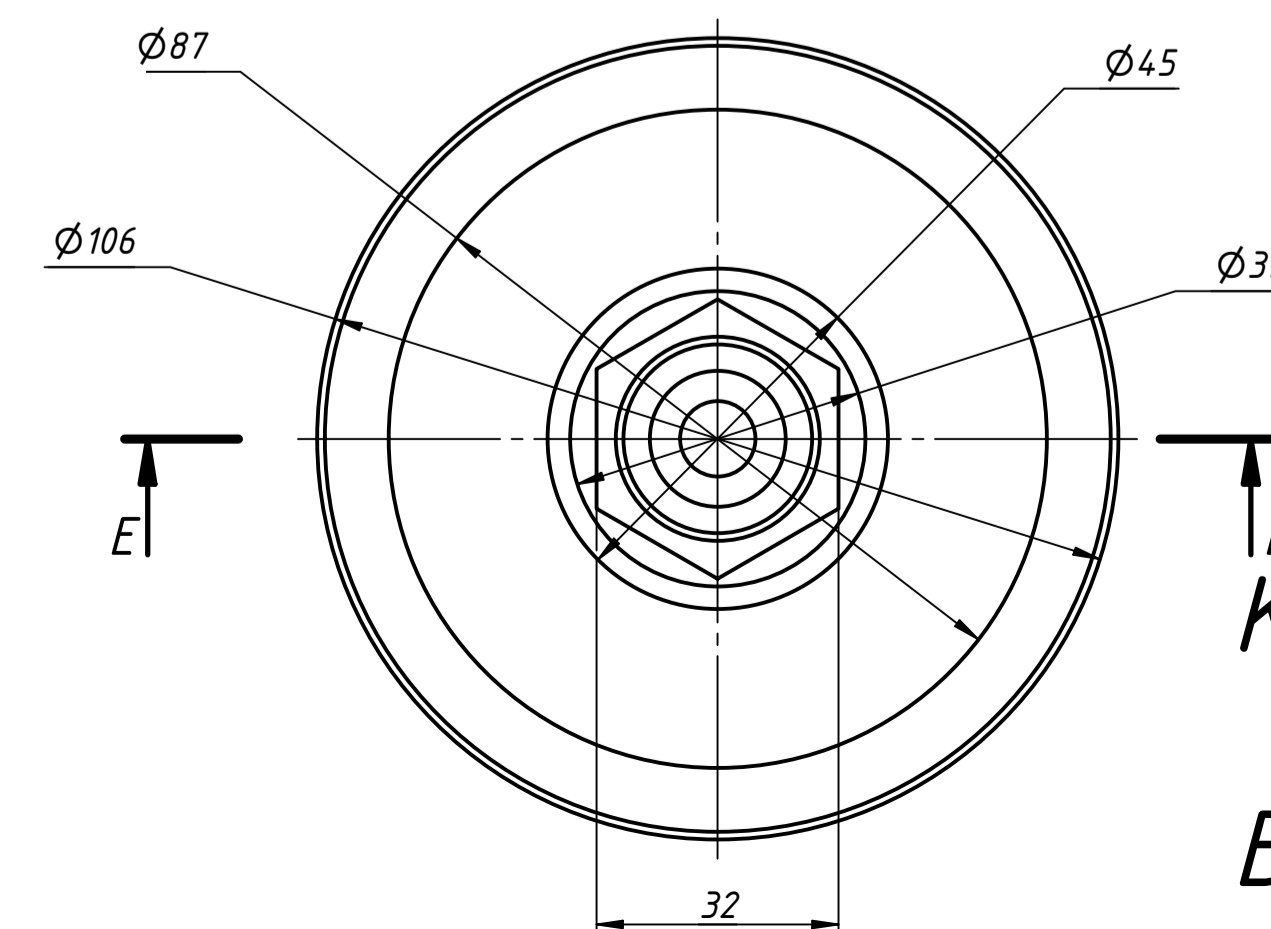
$$P = \frac{2 \cdot \sigma_T \cdot S}{d}$$

При P > 20 МПа:
 Використовується кришка;
 Кількість стійок - 6 шт;
 Гайок M36 - 6 шт;
 Шайб - 6 шт;
 При P < 20 МПа:
 Використовується кришка-швидкознімач;
 Кількість стійок - 4 шт;
 Гайок M20 - 4 шт;
 Шайб - 4 шт;

Стійка



Діаметр стійки, D (мм)	Довжина стійки, L (мм)	Діаметр різі, M
32	455	20
32	580	20
32	610	20
32	690	20
32	765	20
42	905	36
42	1070	36

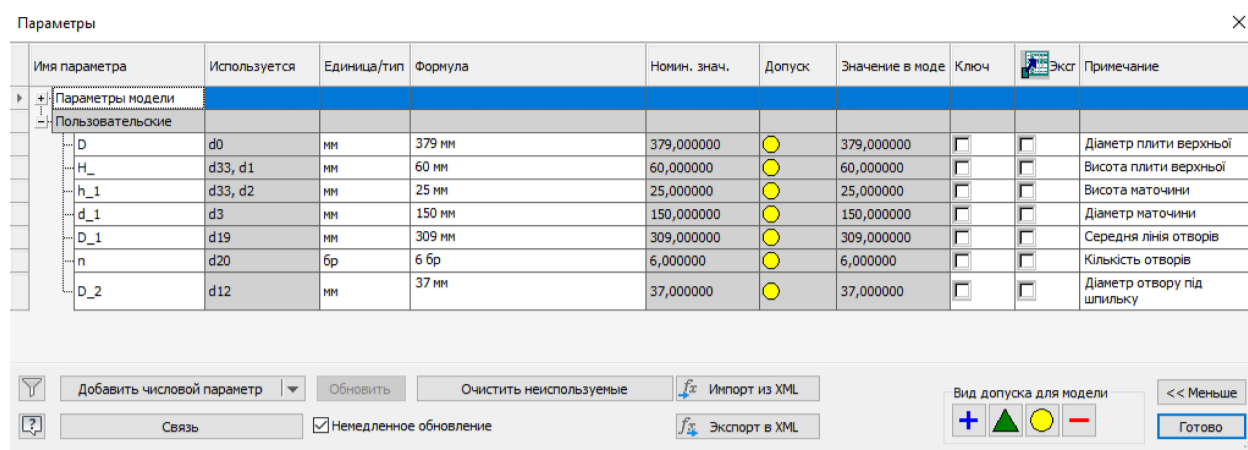


Керівник Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

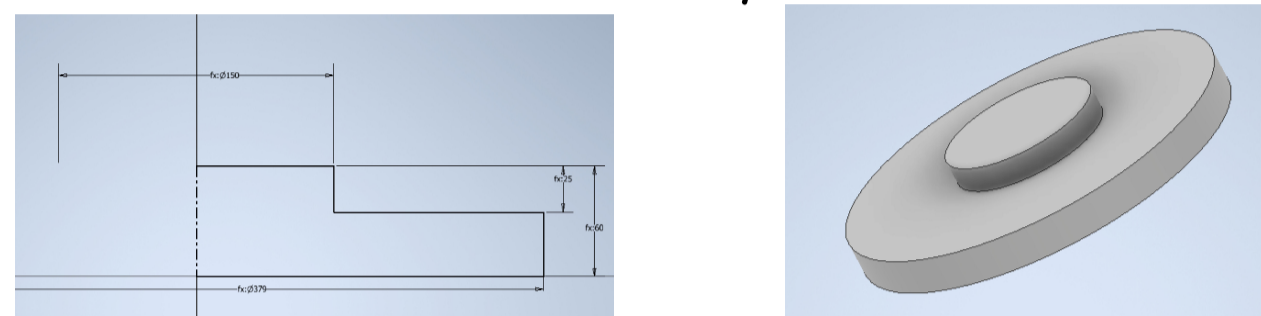
Виконав Денис КАЗАРІН

Порядок створення моделі "Плита верхня"

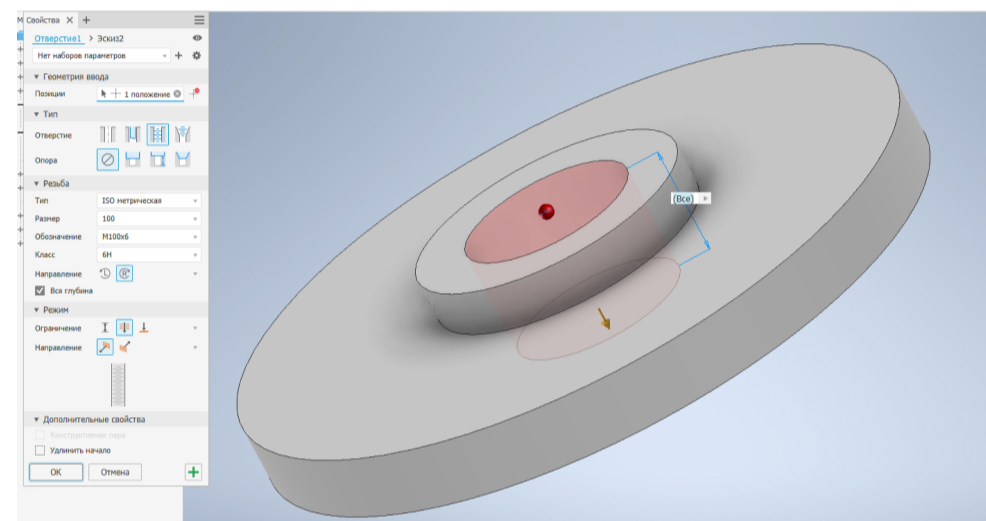
1. Створюємо таблицю параметрів



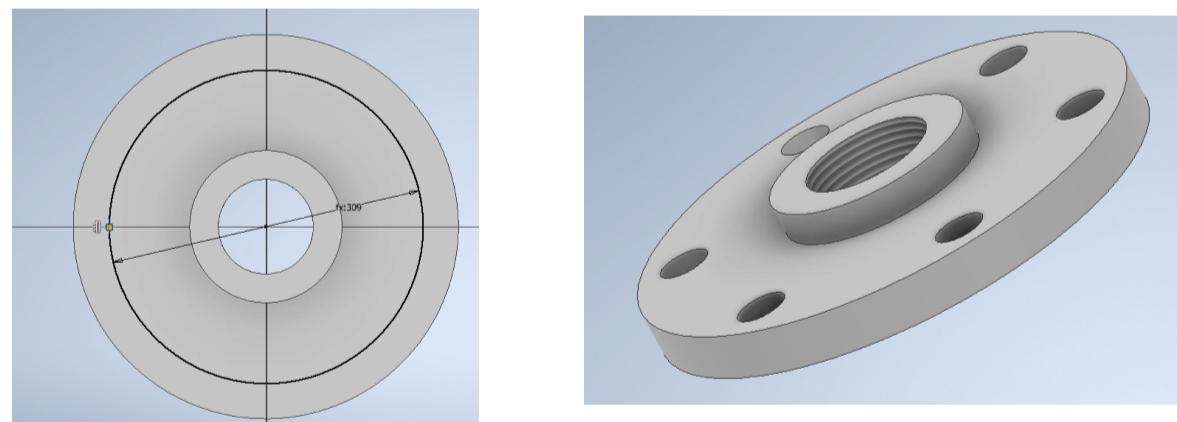
2. Виконуємо побудову форми деталі "Плита верхня"



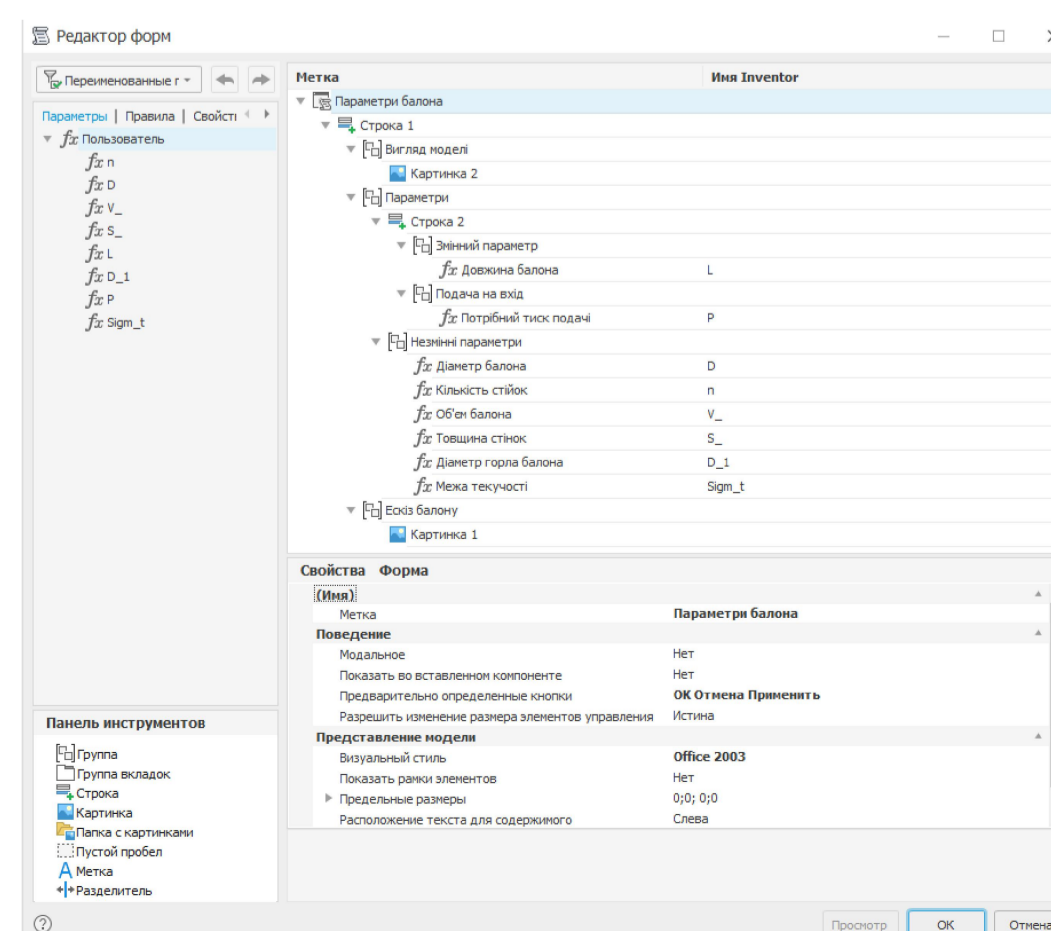
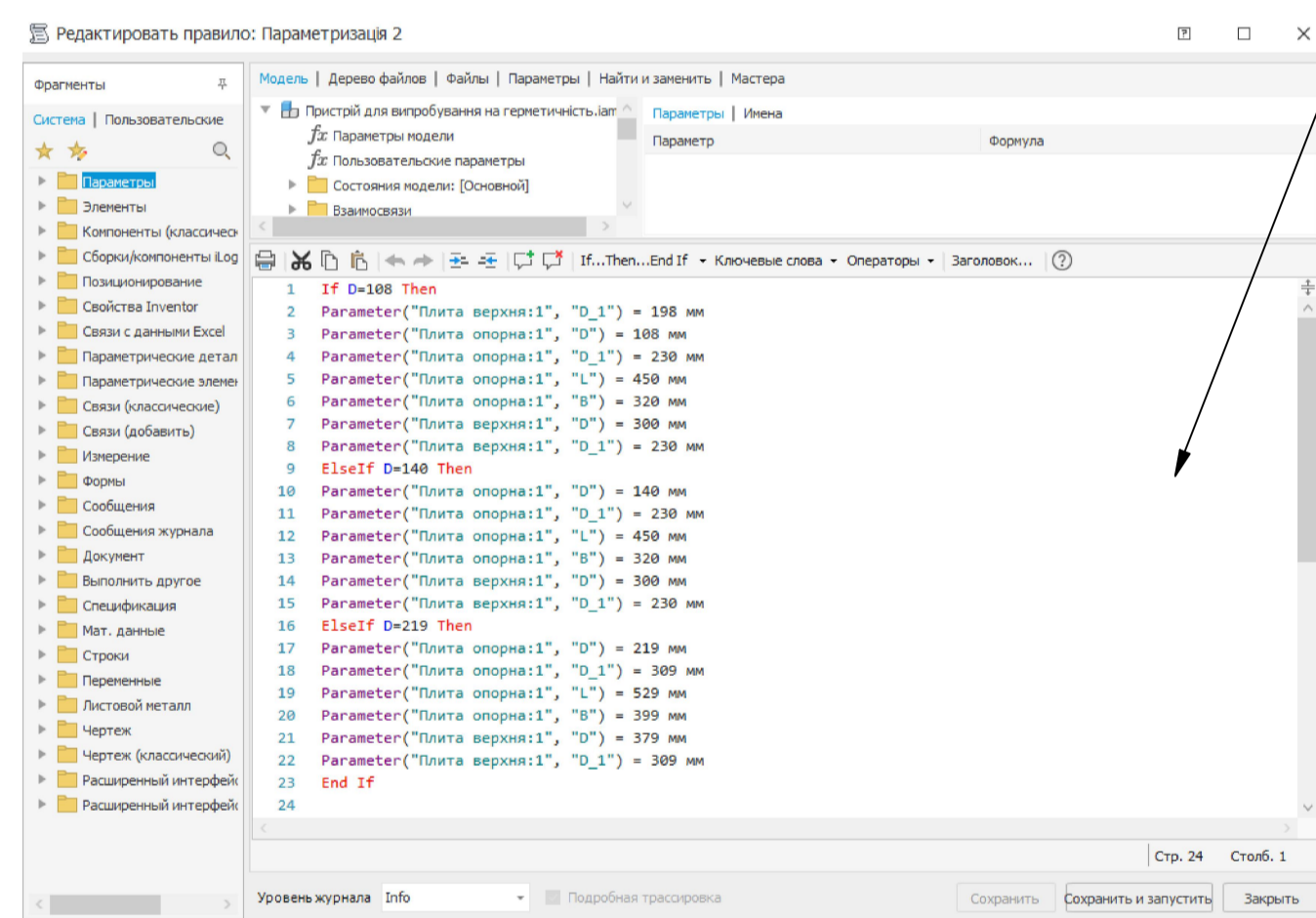
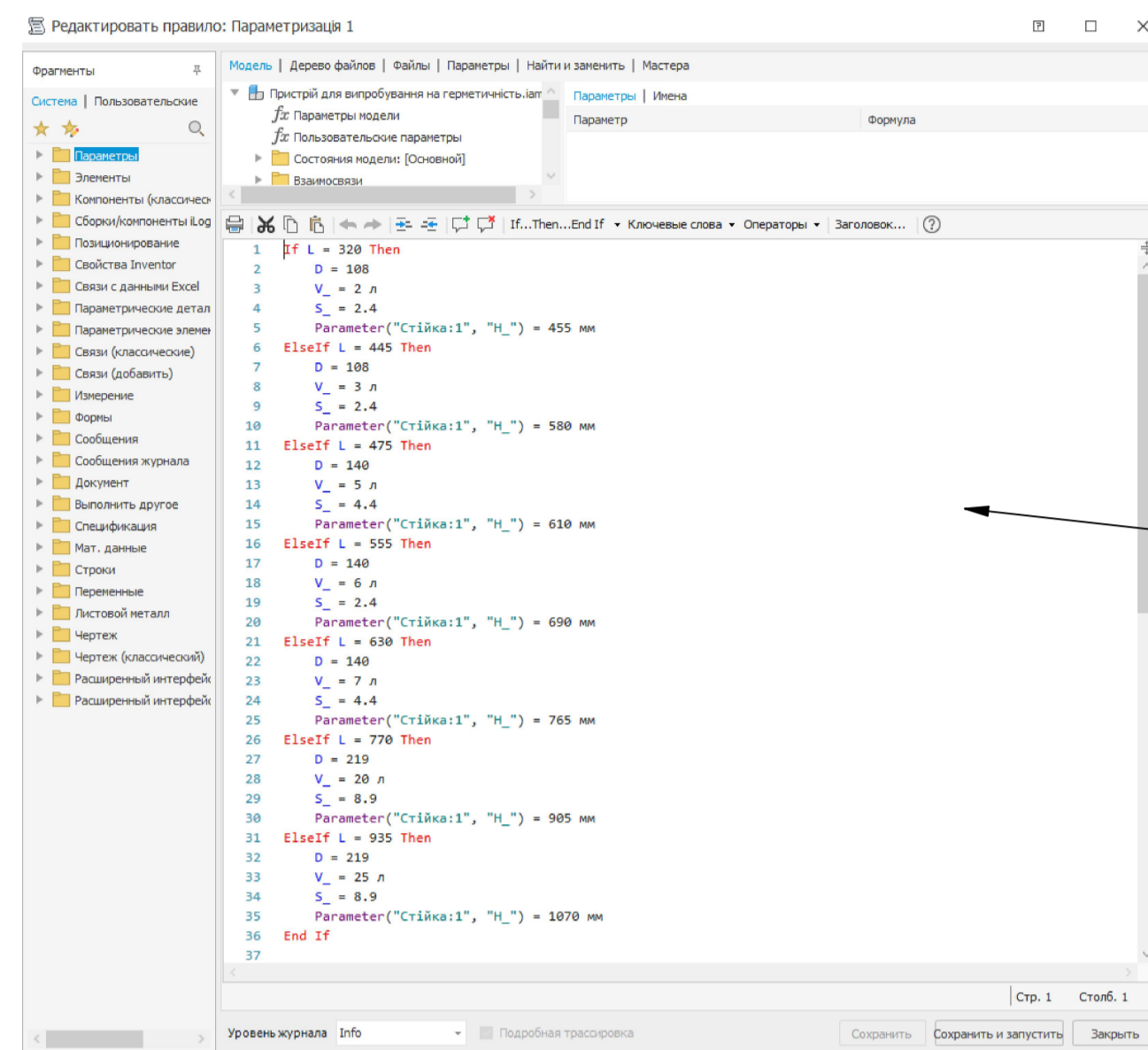
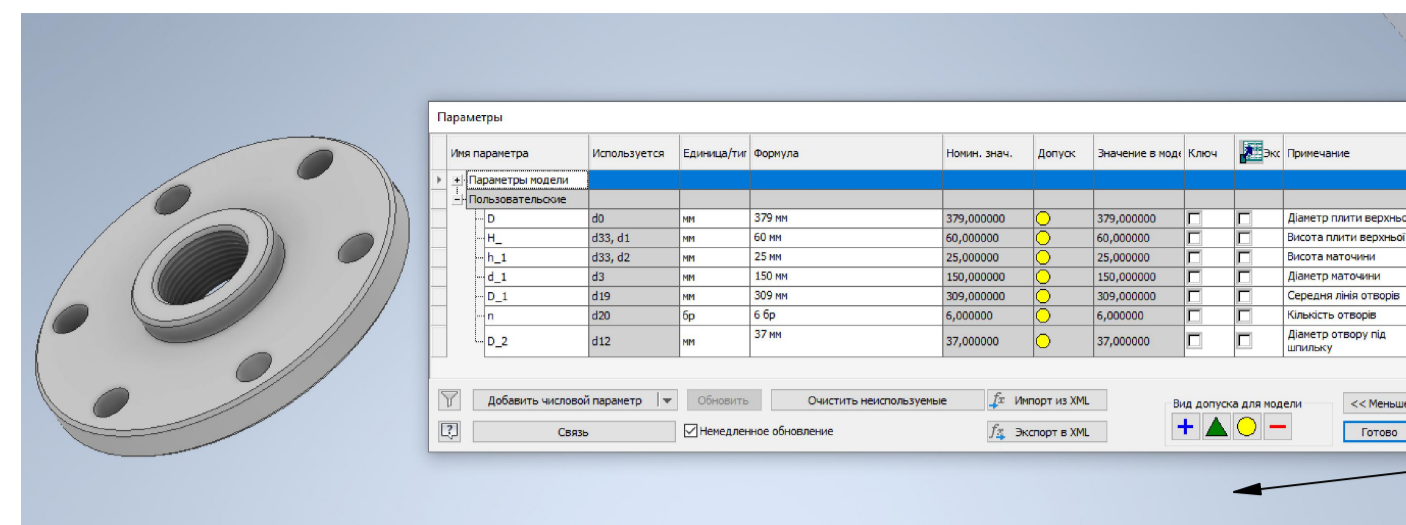
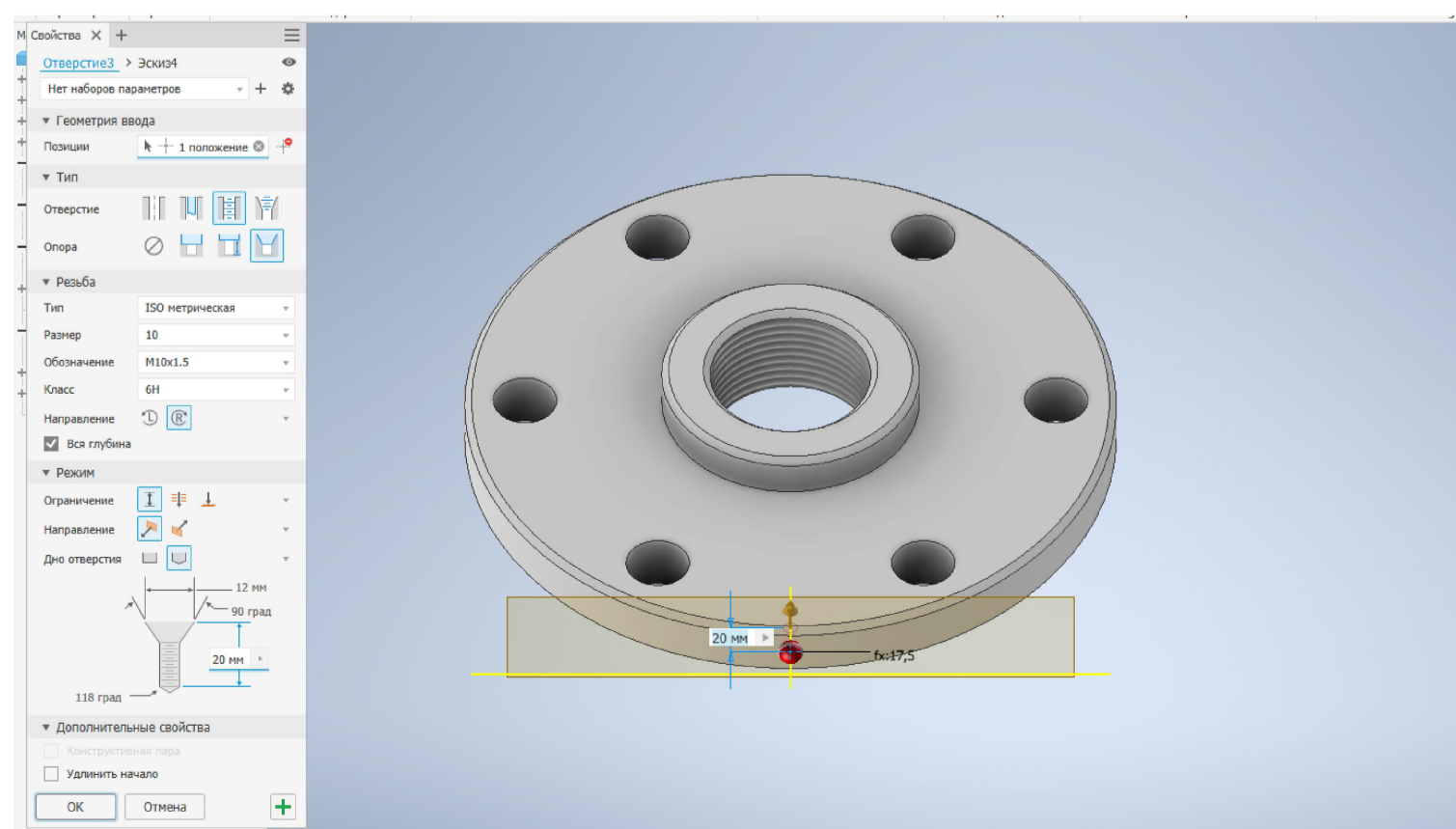
3. Створюємо різьбовий отвір



4. Створюємо отвір під кріплення деталі "Стійка". І за допомогою команди "Круговий масив" розмножуємо їх по колу



5. Створюємо додаткову дотичну площину. На якій розміщуємо отвір під рим-болт. І командою "Круговий масив" розмножуємо по колу. І створюємо технологічні фаски.



1. Створення та параметризація моделей деталей

2. Складання деталей та створення користувацьких параметрів збірки

3. Створення правила для прив'язки параметрів деталі в збірку "Параметризація 1"

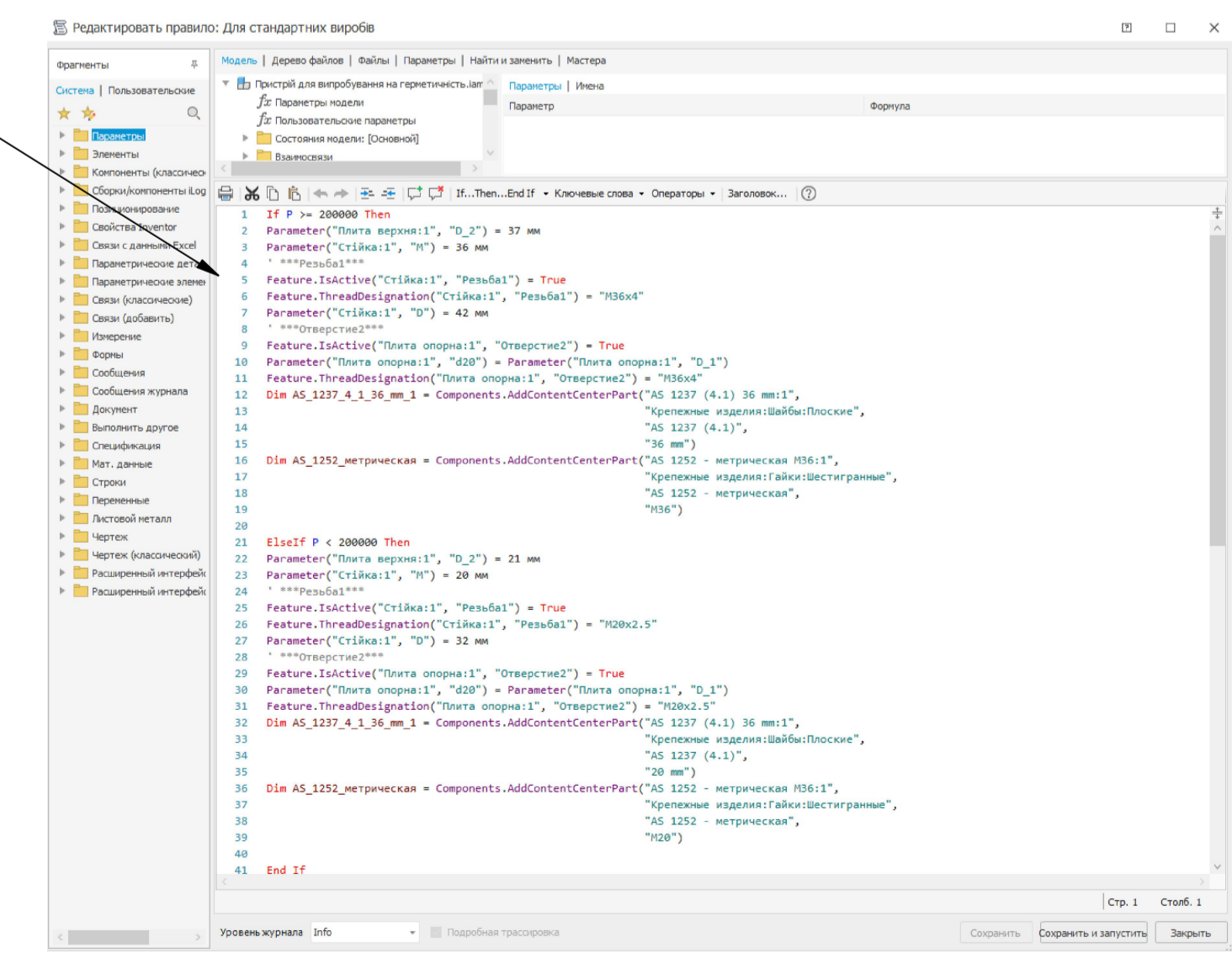
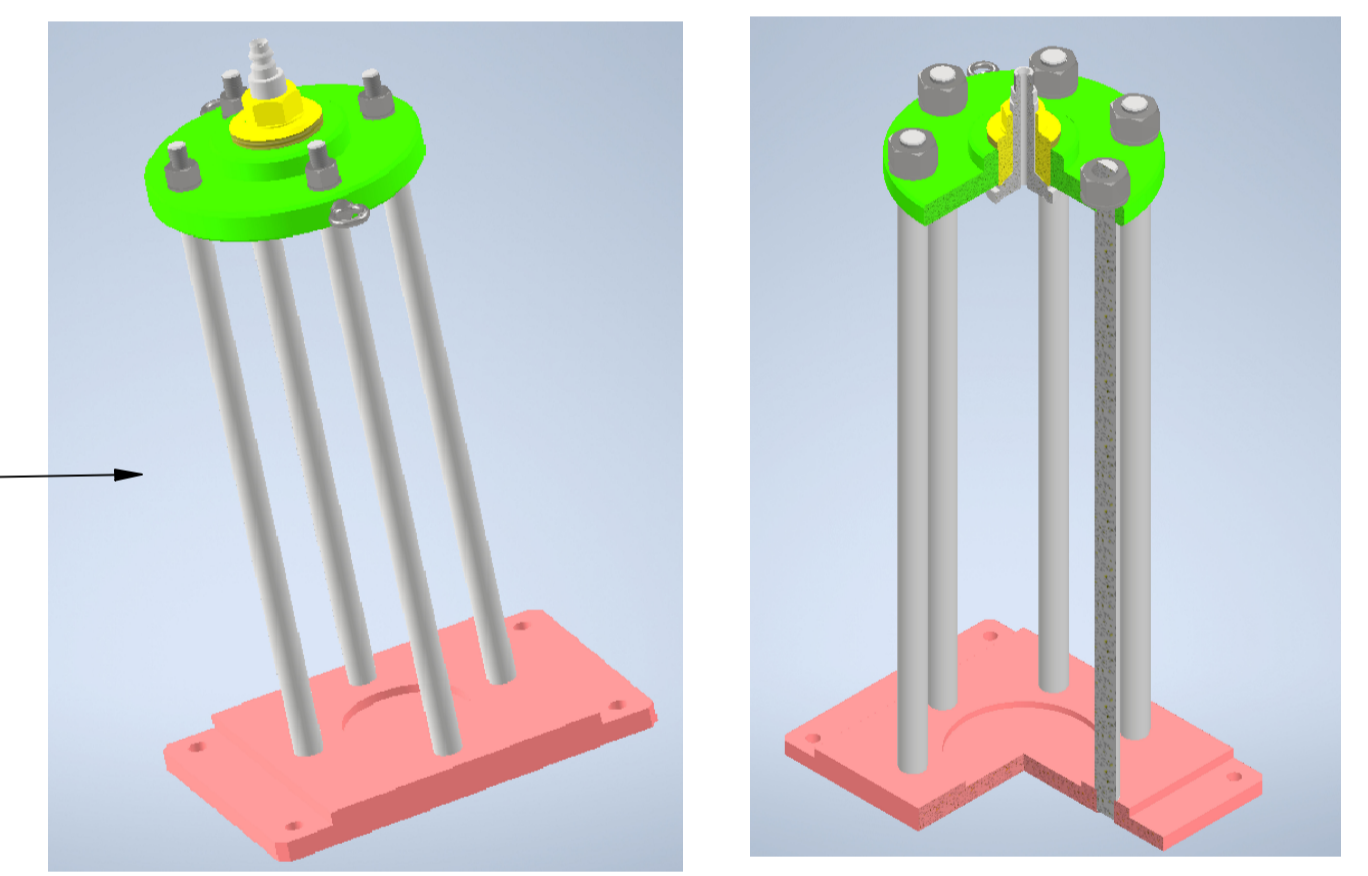
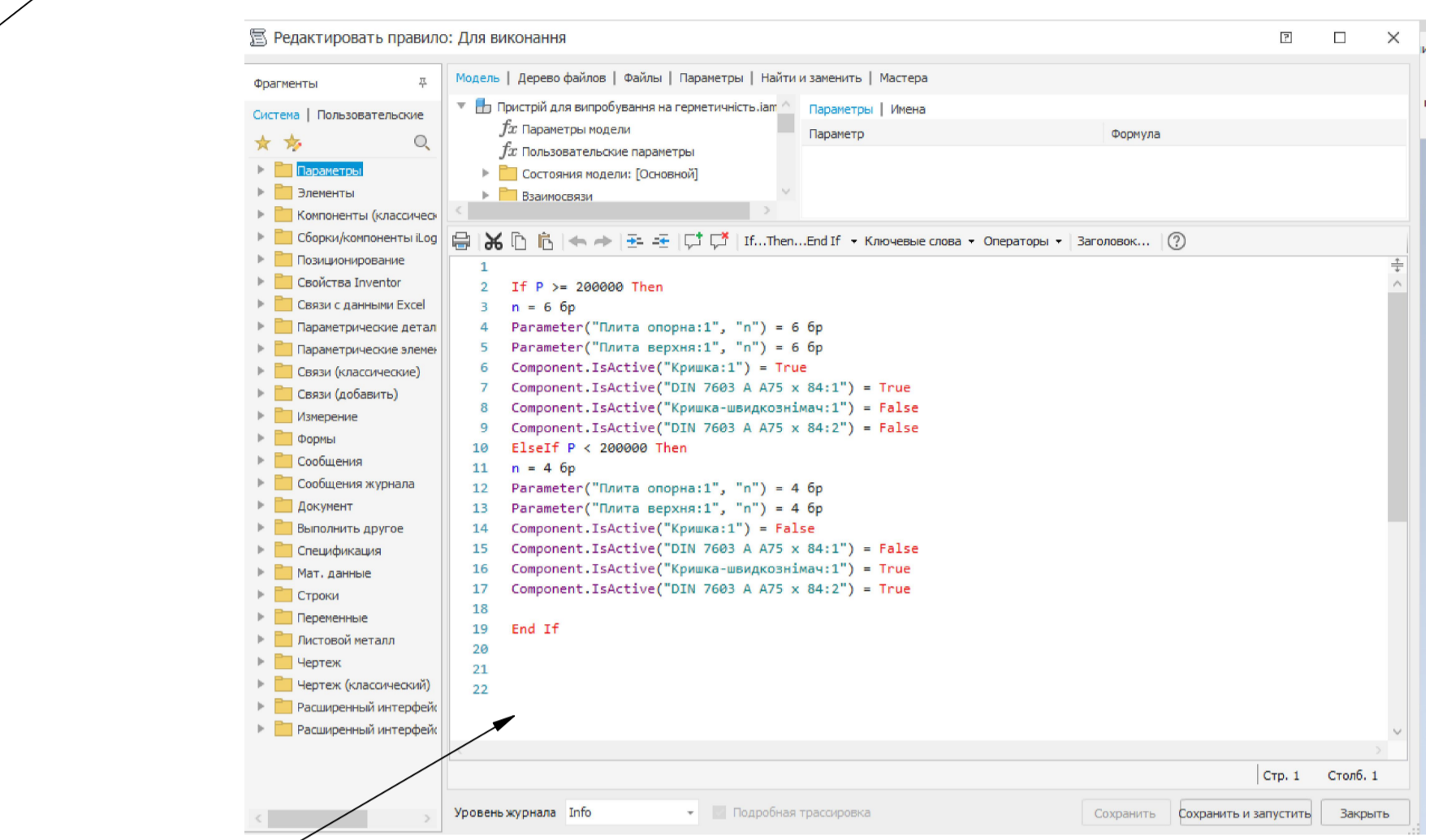
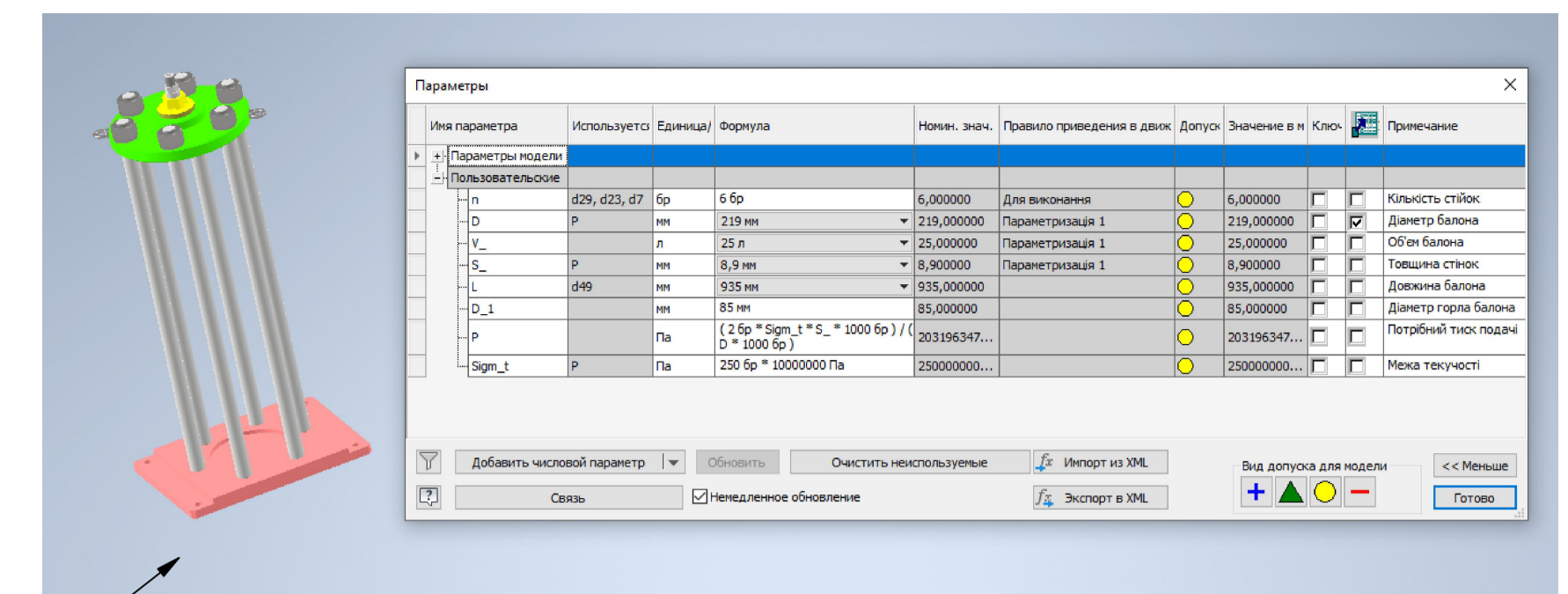
4. Створення правила для прив'язки параметрів деталі в збірку "Параметризація 2"

5. Створення правила для різних виконань

6. Врахування типу та виконання пристрою в збірці

7. Створення правила для перебудови стандартних виробів

8. Створення форми користувача та її візуалізація



Керівник Юрій БЕСАРАБЕЦЬ
 Виконав Денис КАЗАРІН

B

B

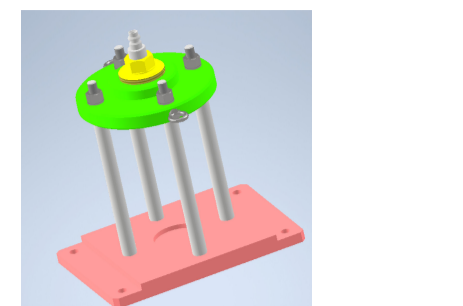
A

A

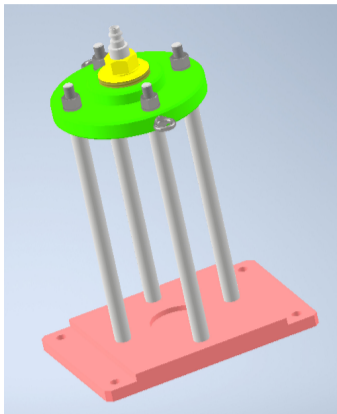
Отримані параметричні варіанти і виконання пристрою для випробування на герметичність

Виконання 1:

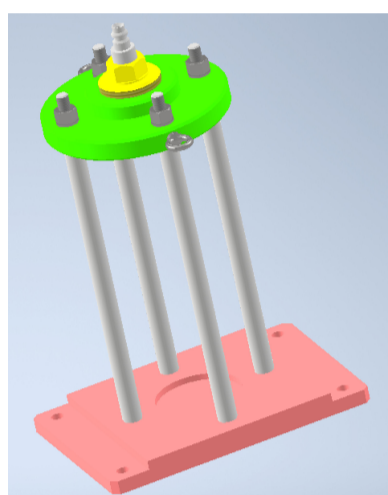
Використання кришки-швидкознімач
Кількість стійок - 4



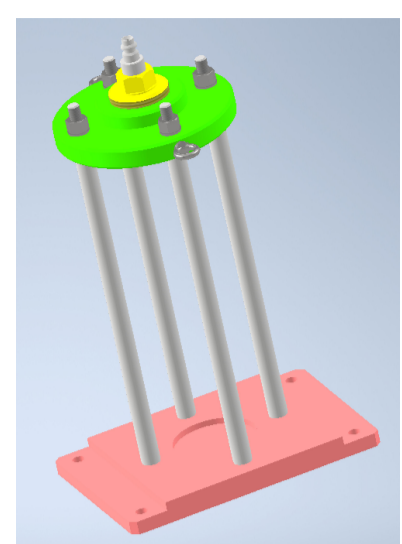
Параметрична модель 1 (2 л)



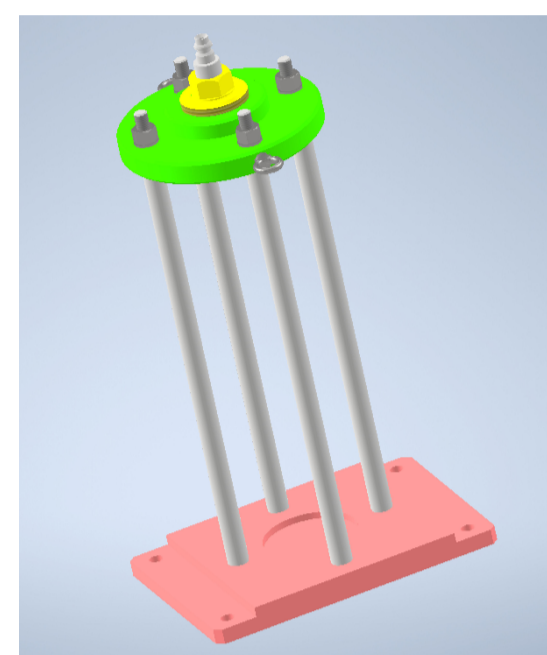
Параметрична модель 2 (3 л)



Параметрична модель 3 (5 л)



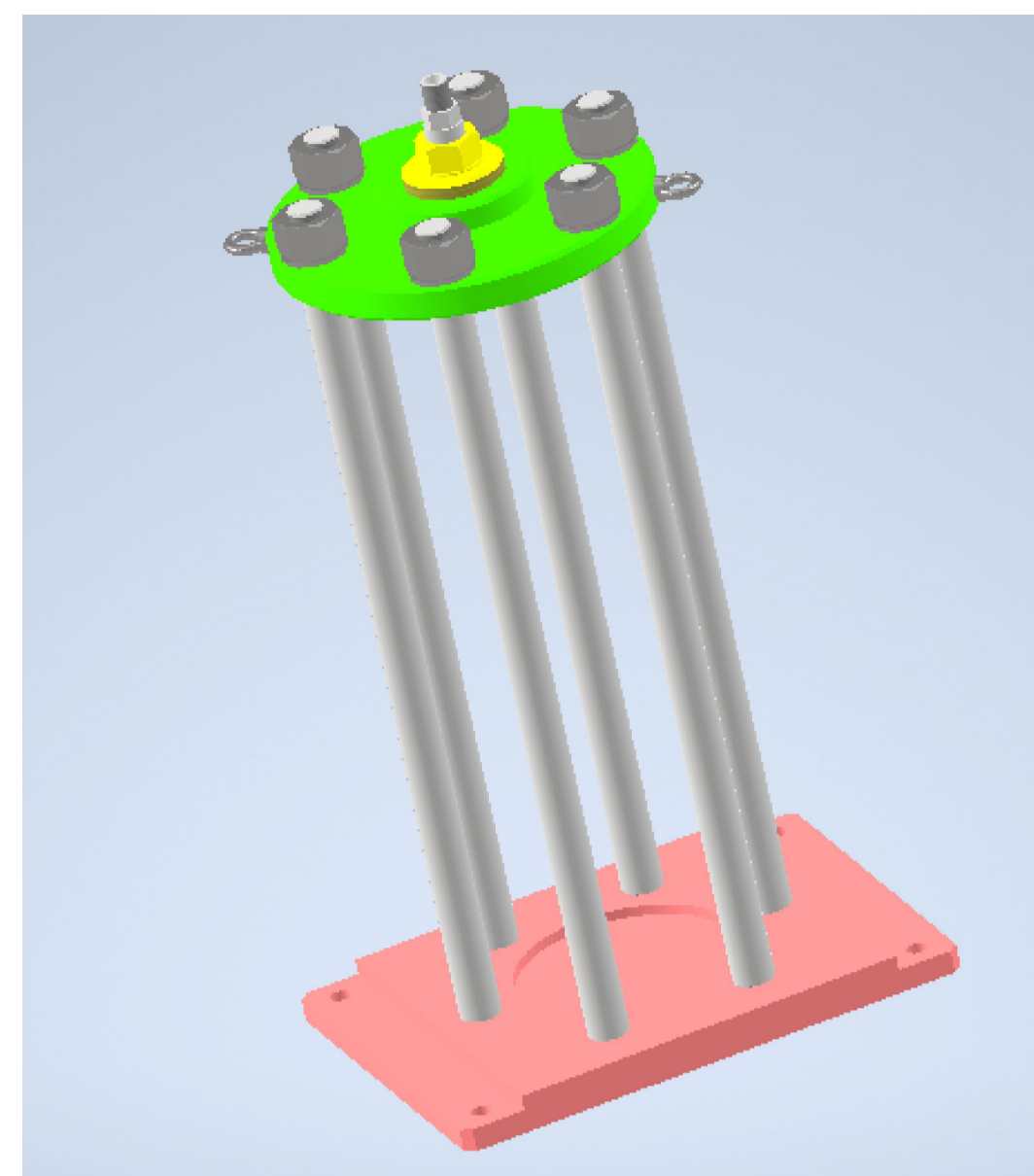
Параметрична модель 4 (6 л)



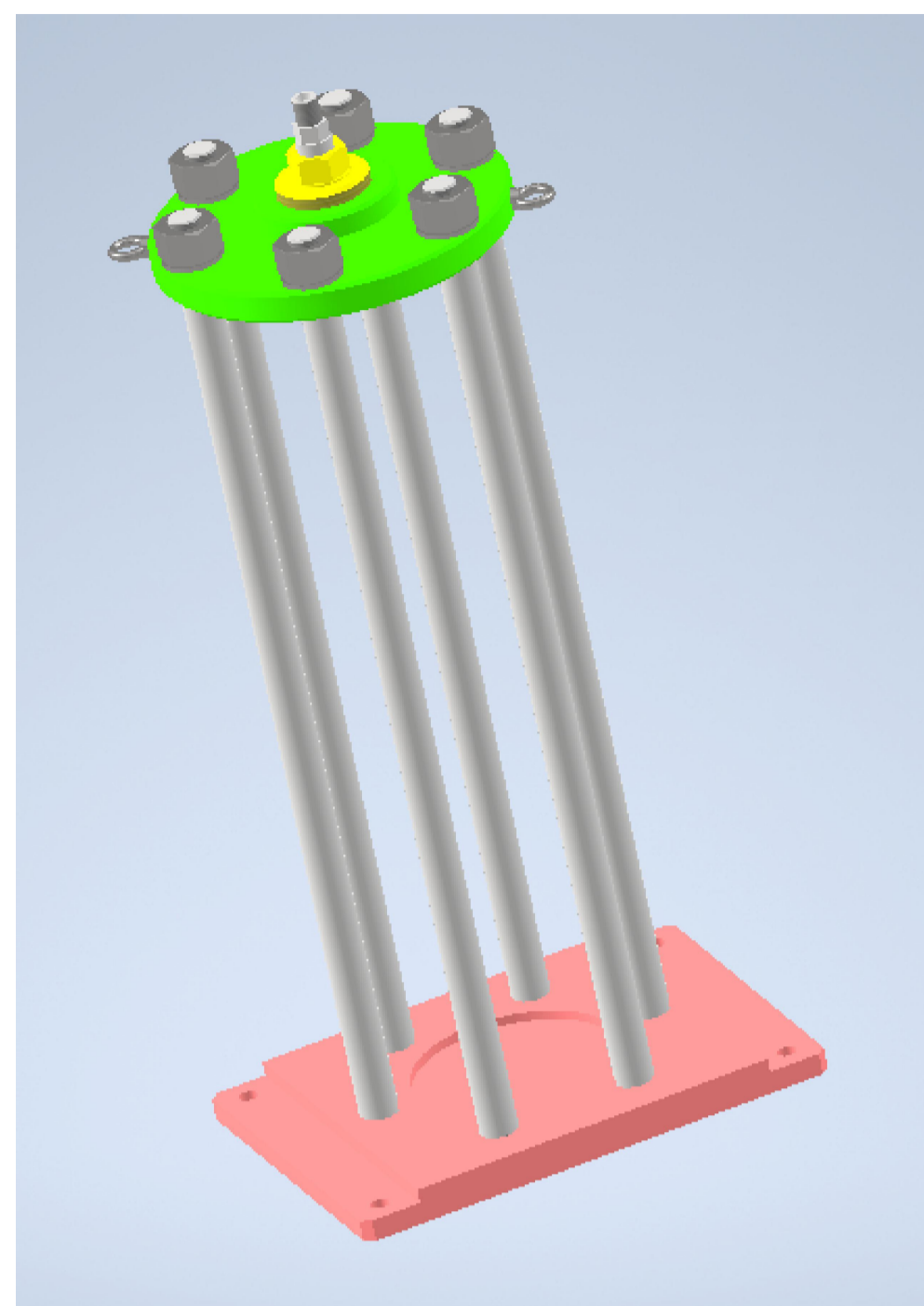
Параметрична модель 5 (7 л)

Виконання 2:

Використання кришки
Кількість стійок - 6



Параметрична модель 6 (20 л)



Параметрична модель 7 (25 л)

Форма користувача

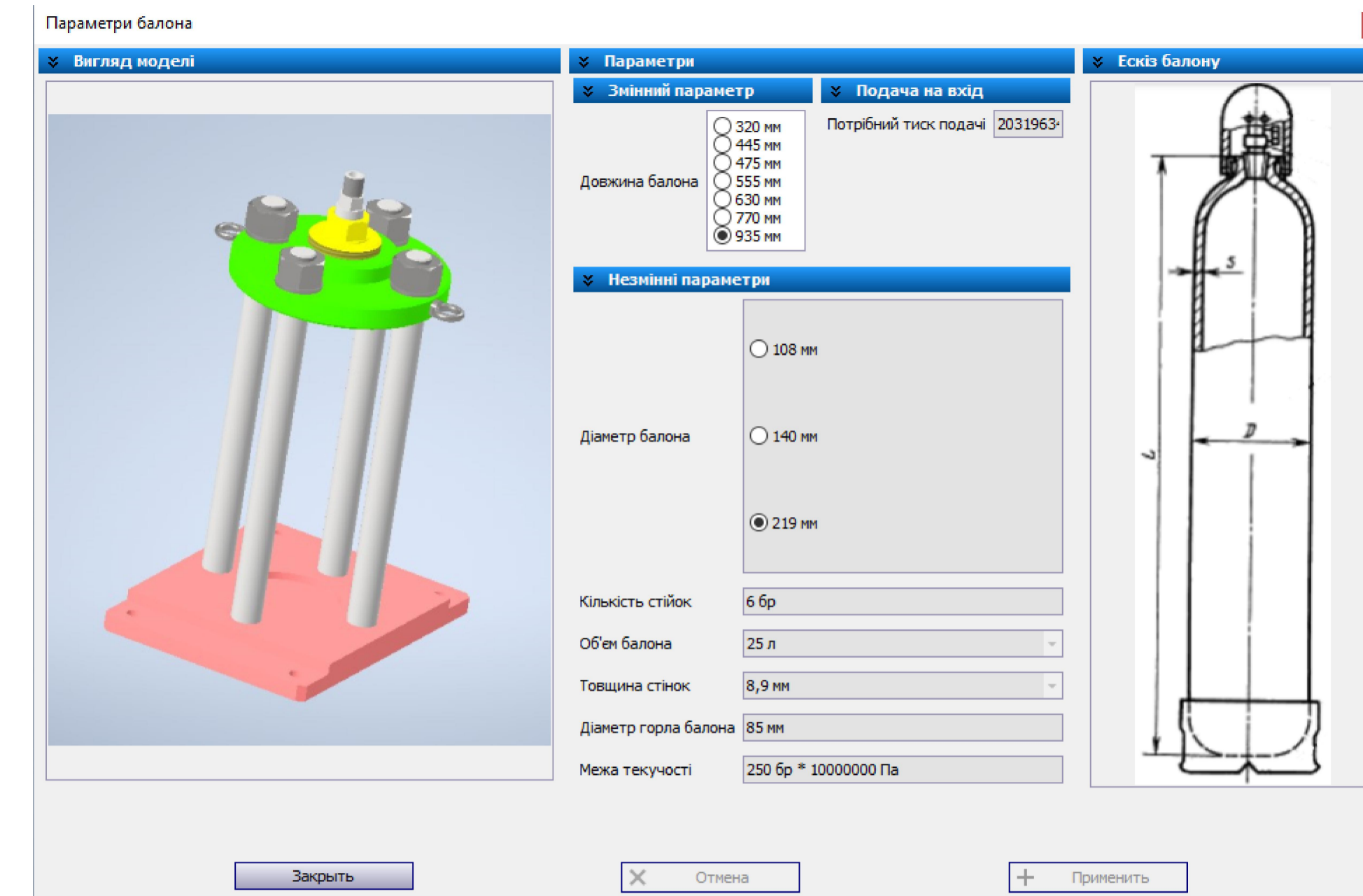
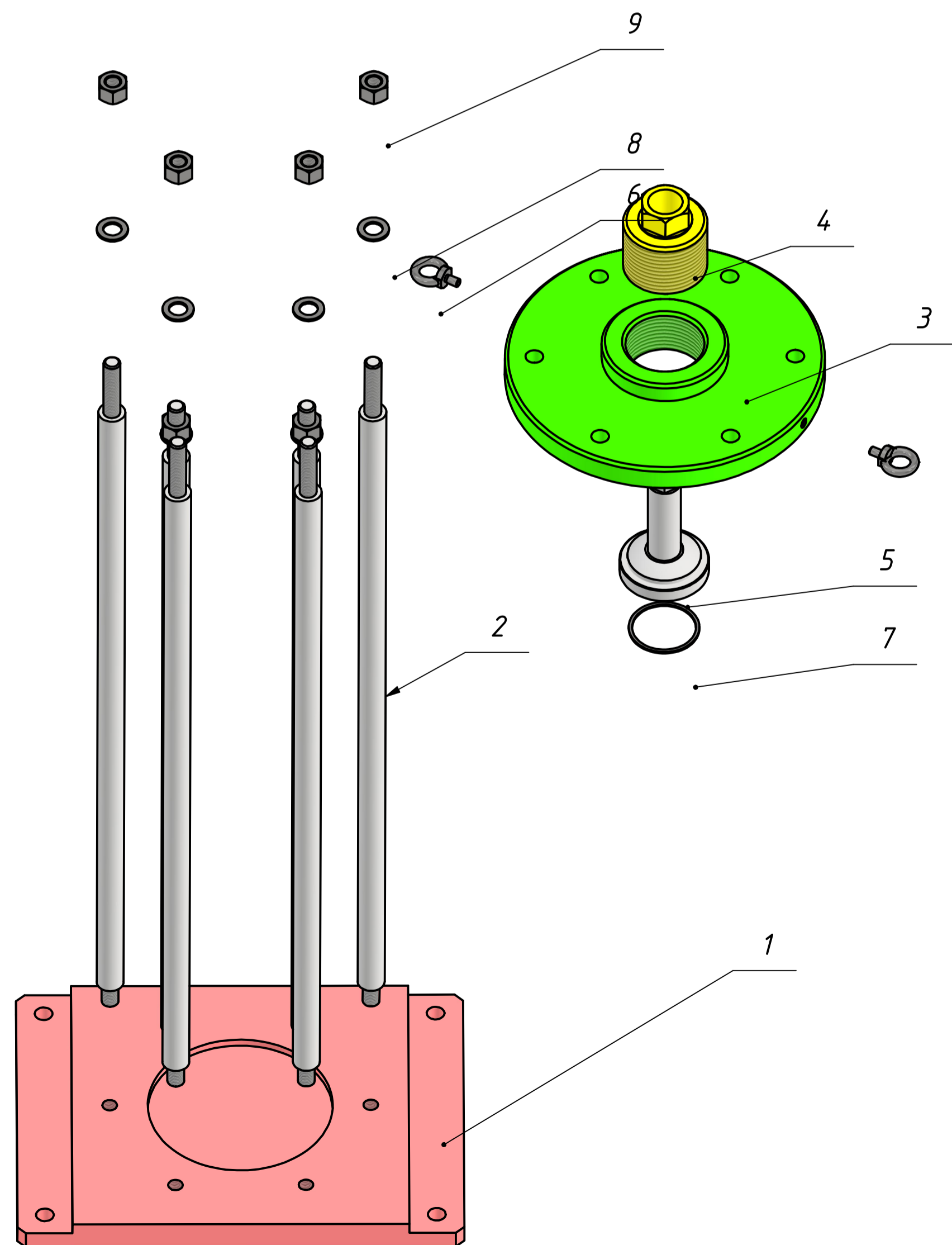


Схема складання пристрою для випробування на герметичність



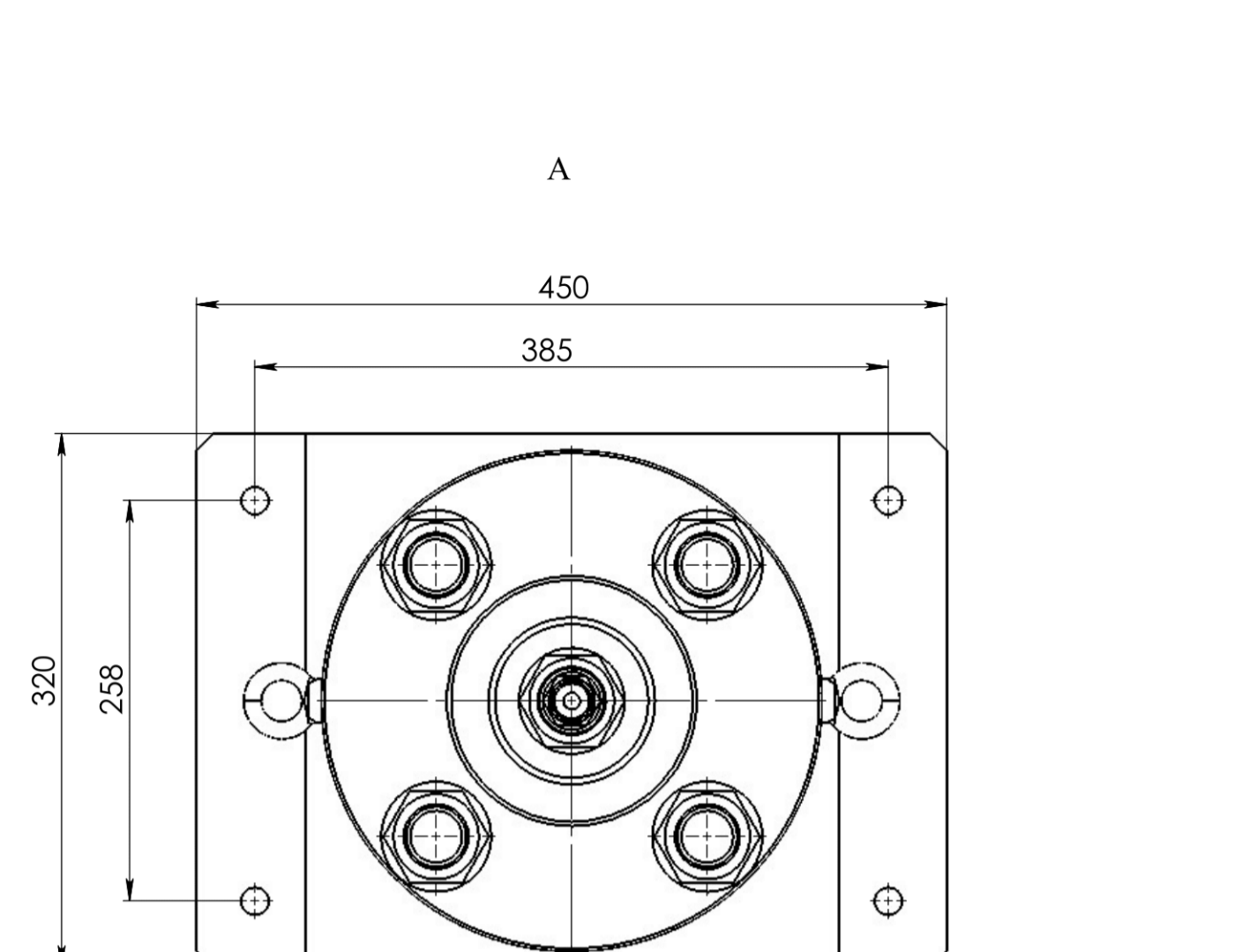
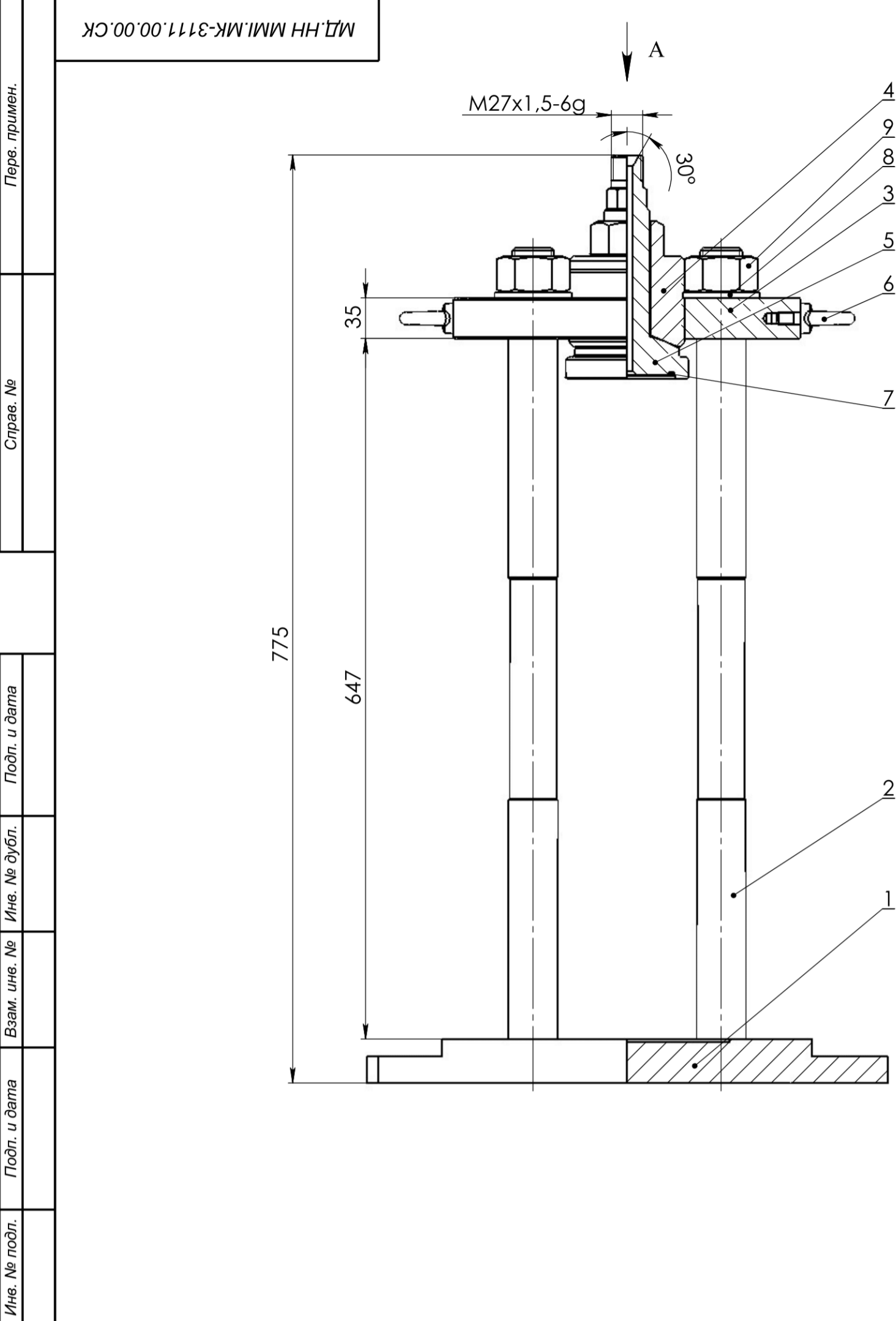
Складальний кресленик разом із специфікацією

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Документация						
			Пристрій для випробування на герметичність	Сборочный чертеж	1	
Детали						
		1	Плита опорна		1	
		2	Стіжка		6	
		3	Плита верхня		1	
		4	Пружин		1	
		5	Кришка		1	
Стандартные изделия						
		6		CNS 4491 - M10 x 17	2	
		7		DIN 7603 - A75 x 84	1	
		8		AS 1237 - 20 mm	6	
		9		AS 1252 - M20	6	

1. * Розміри для справок
2. Випробувати гідравлічним тиском у відповідності до розрахункового значення у формі користувача
3. ДСТУ ISO 2768-тк
4. Маркувати: об'єм, висоту та діаметр балону

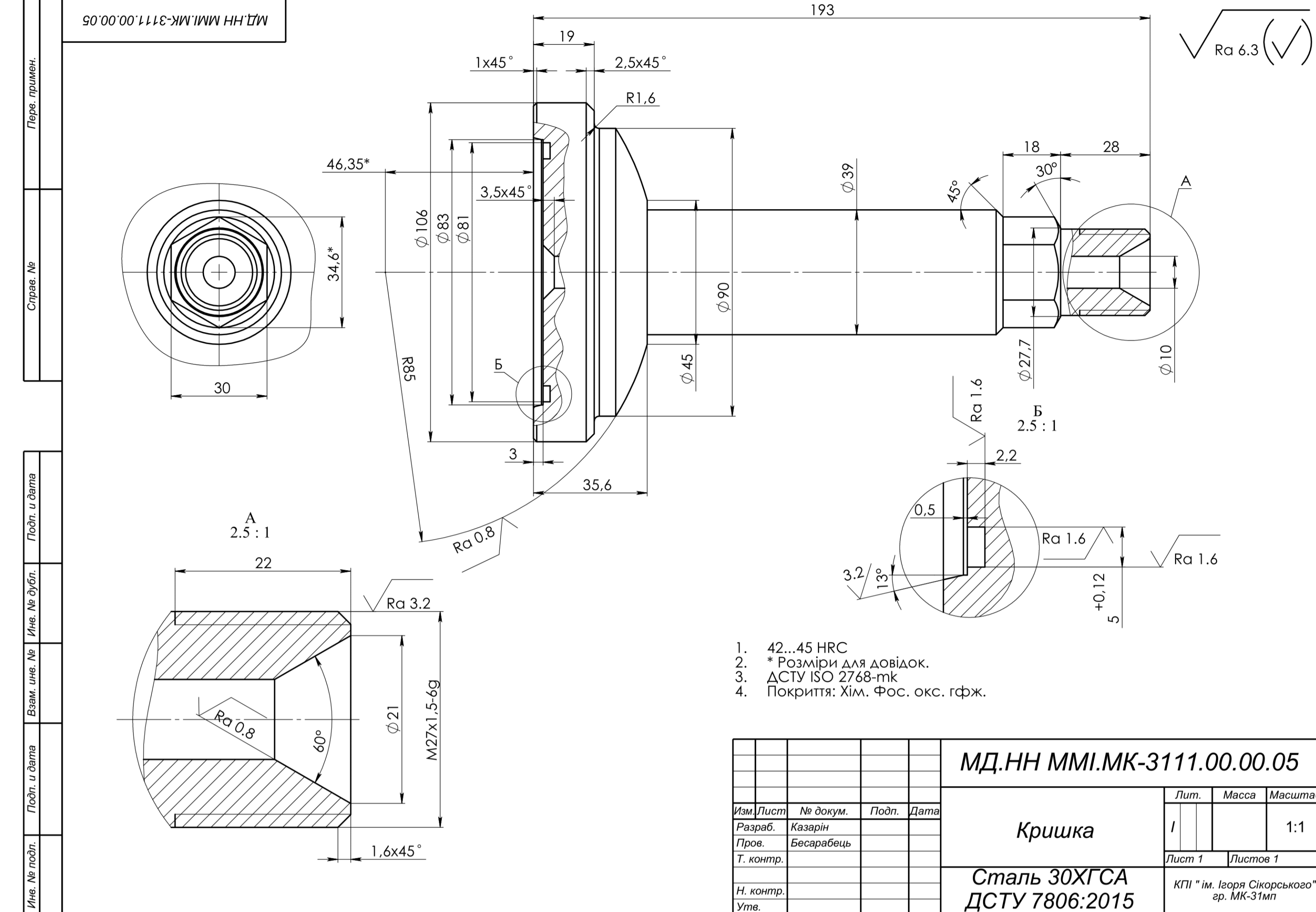
				МД.НН ММІ.МК-3111.00.00.СК		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Казарин				17,3	1: 10
Проб.	Бесарабев					
Т. контр.					Лист	Листов 1
Нач. отд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського "Гр. МК-3111"	
Н. контр.						
Утв.						

1 Копирвал
1
Формат А3
Формат А1



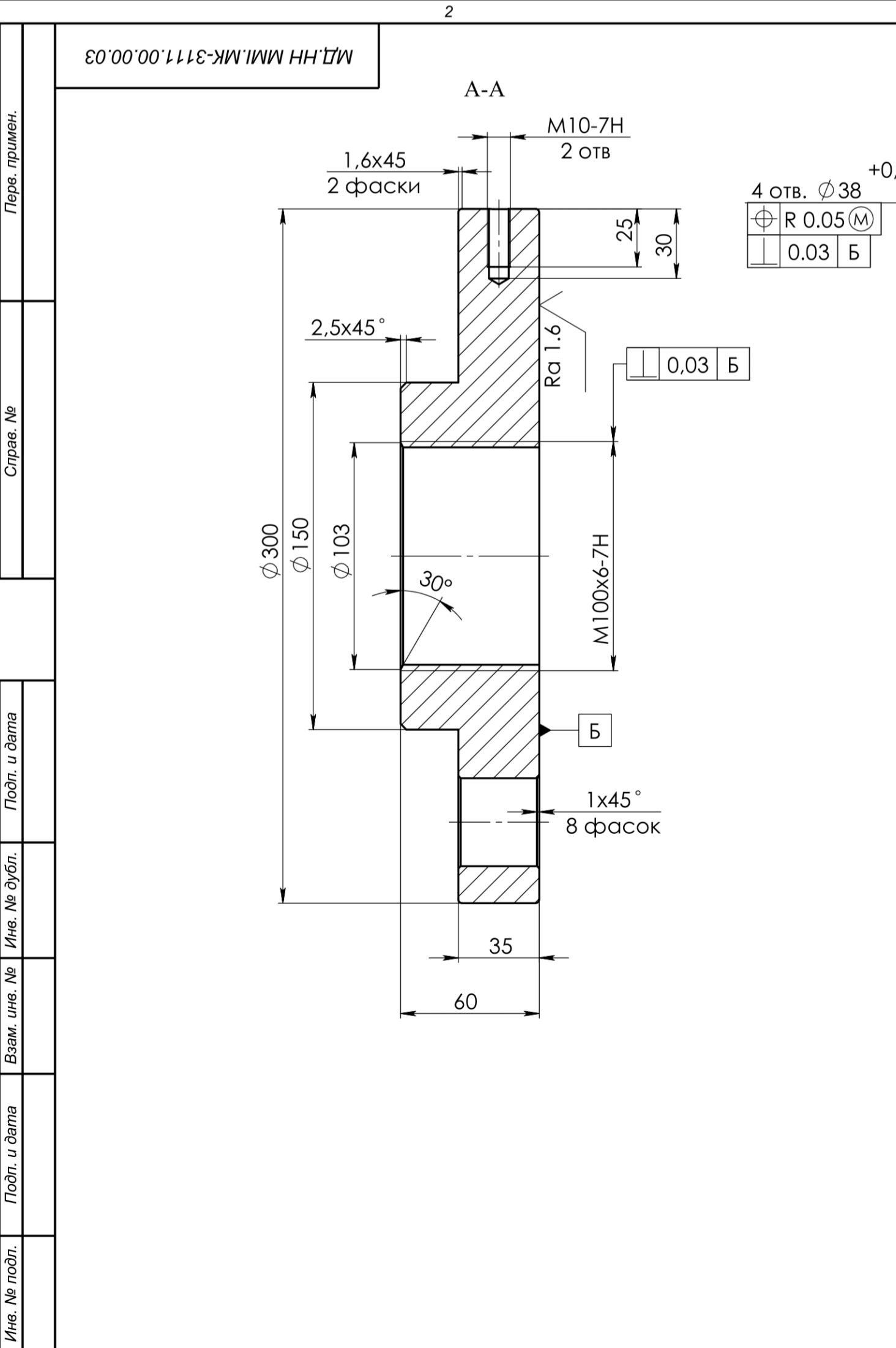
1. Розміри для довідок
2. Випробувати гідравлічним тиском у відповідності до розрахункового значення у формі користувача.
3. ДСТУ ISO 2768-мк
4. Маркувати: об'єм, висоту, та діаметр балону

МД.НН ММІ.МК-3111.00.00.СК				Лит.	Маса	Масштаб
Пристрій для випробування на герметичність				i		1:4
Складальний кресленок				Лист 1	Листов 1	
КПІ "Ім. Ігоря Сікорського" гр. МК-31мп						



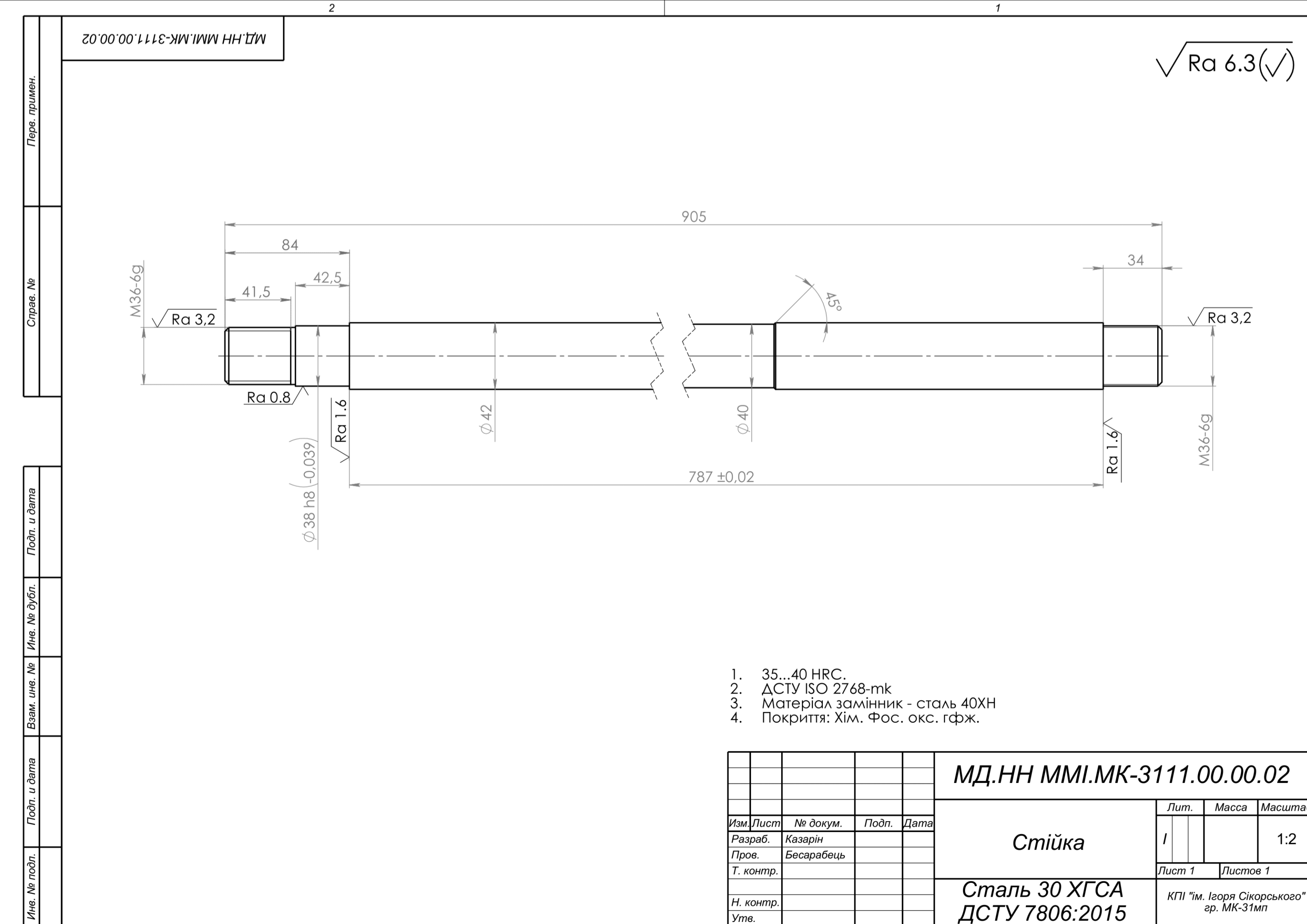
1. 42...45 HRC
2. * Розміри для довідок.
3. ДСТУ ISO 2768-мк
4. Покриття: Хім. Фос. окс. гфж.

МД.НН ММІ.МК-3111.00.00.05				Лит.	Маса	Масштаб
Кришка				l		1:1
Сталь 30ХГСА ДСТУ 7806:2015				Лист 1	Листов 1	
КПІ "Ім. Ігоря Сікорського" гр. МК-31мп						



1. 35...40 HRC
2. ДСТУ ISO 2768-мк
3. Покриття: Хім. Фос. окс. гфж

МД.НН ММІ.МК-3111.00.00.03				Лит.	Маса	Масштаб
Плита верхня				l		1:2
Сталь 30 ХГСА ДСТУ 7806:2015				Лист 1	Листов 1	
КПІ "Ім. Ігоря Сікорського" гр. МК-31мп						



1. 35...40 HRC.
2. ДСТУ ISO 2768-мк
3. Матеріал замітник - сталь 40ХН
4. Покриття: Хім. Фос. окс. гфж.

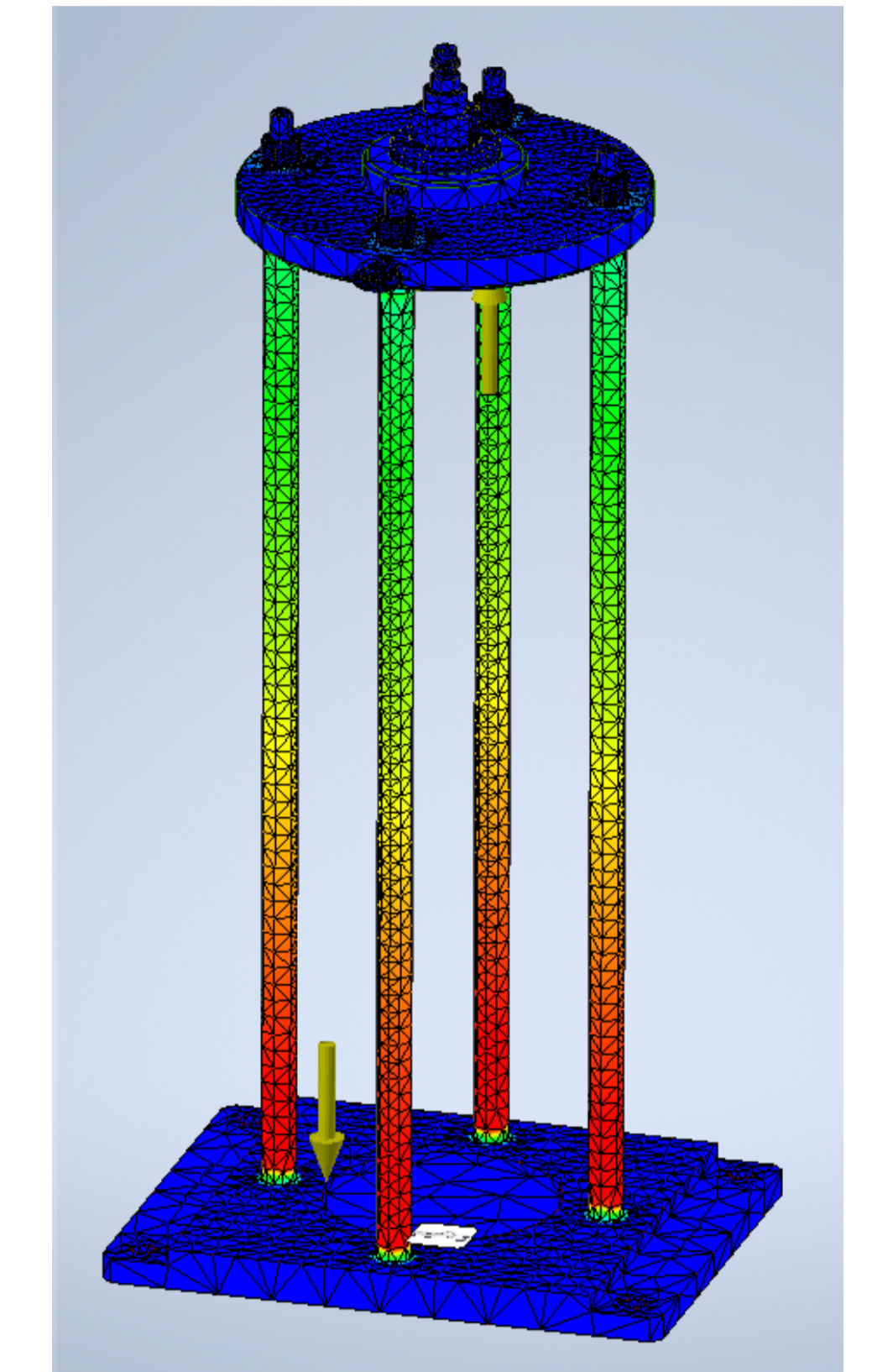
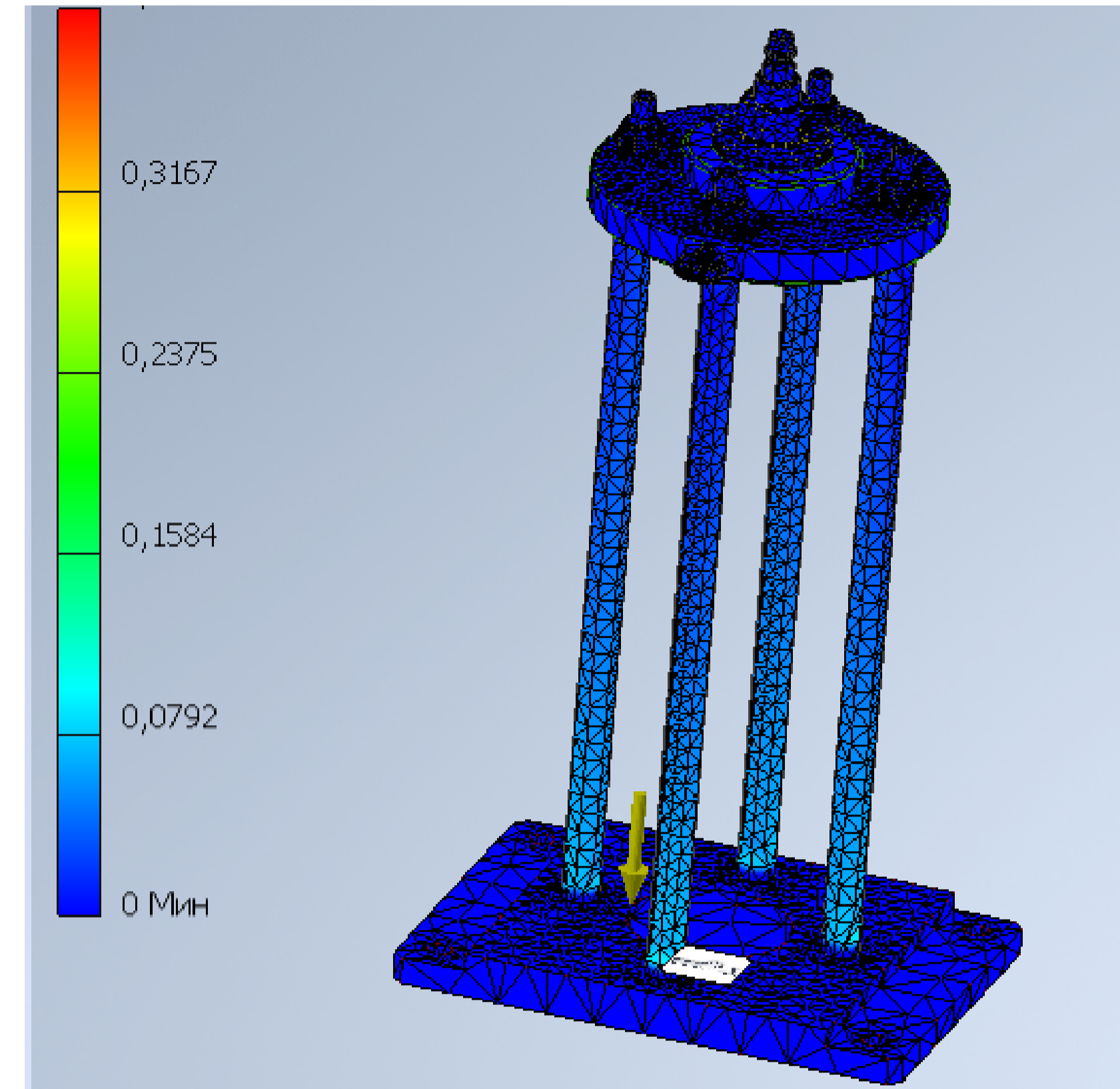
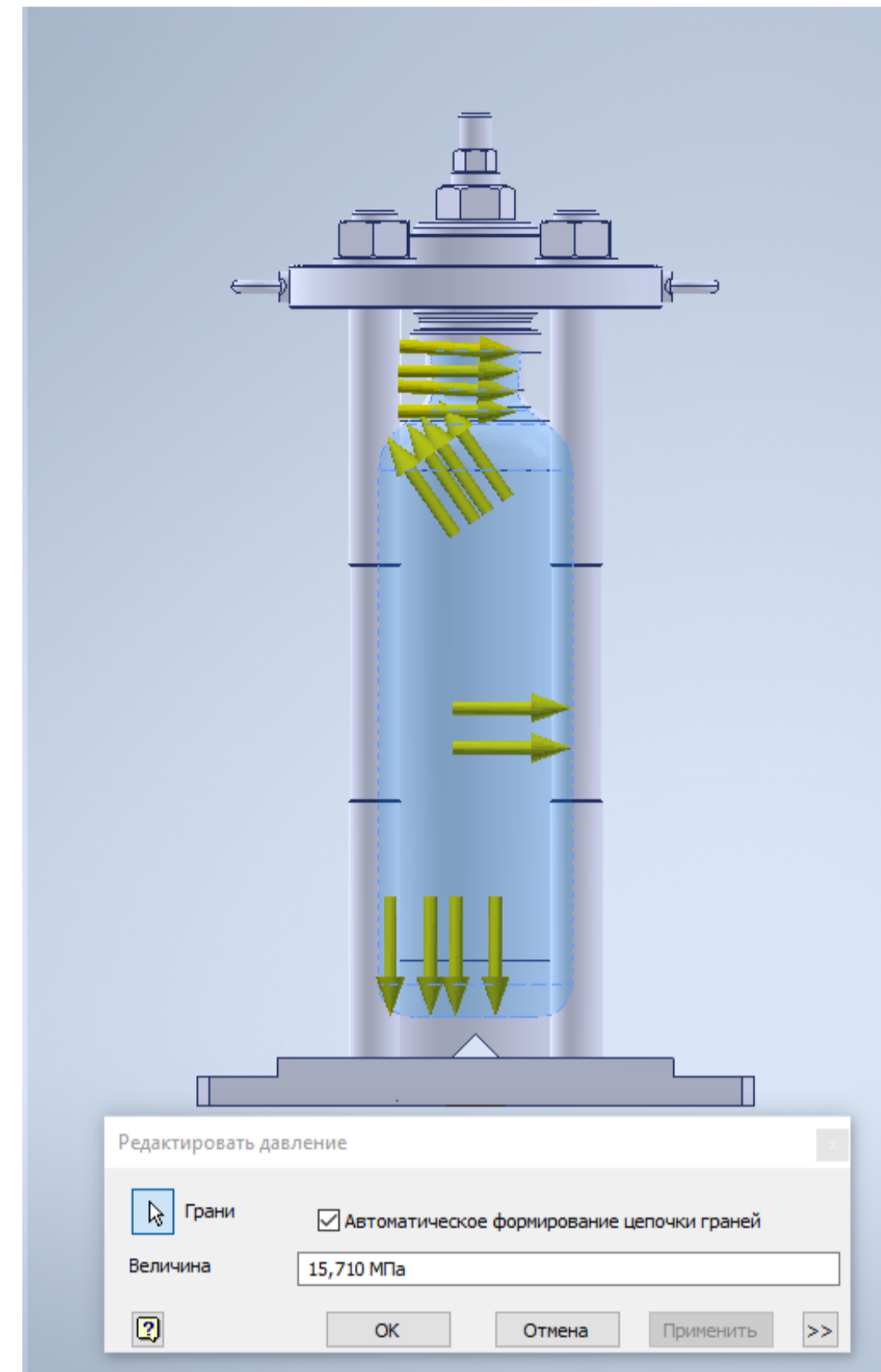
МД.НН ММІ.МК-3111.00.00.02				Лит.	Маса	Масштаб
Стійка				l		1:2
Сталь 30 ХГСА ДСТУ 7806:2015				Лист 1	Листов 1	
КПІ "Ім. Ігоря Сікорського" гр. МК-31мп						

Дослідження внутрішніх напружень по Мізесу виконуємо в Autodesk Inventor 2024

Виконаємо перевірочний розрахунок для балону об'ємом 7 л

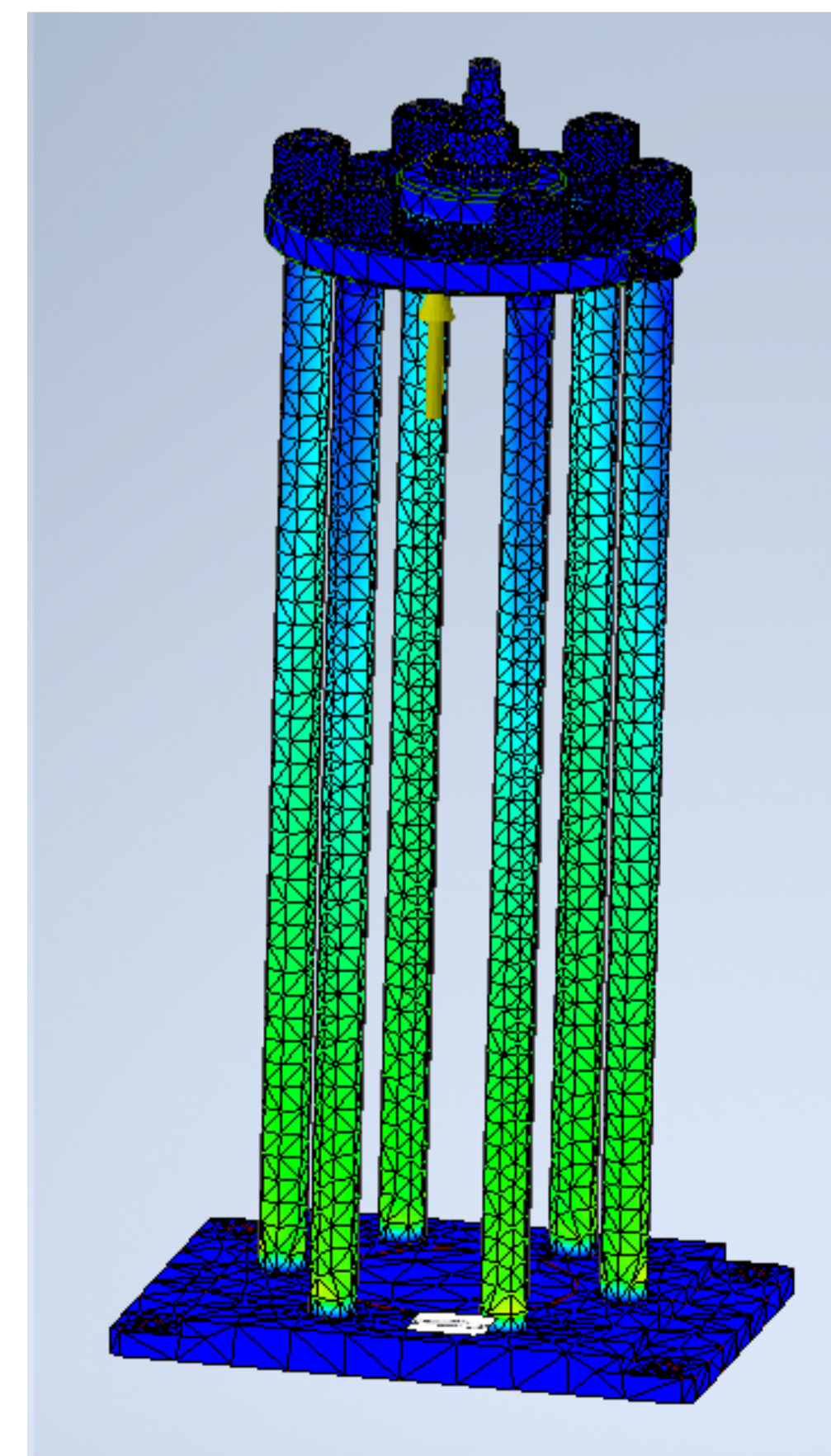
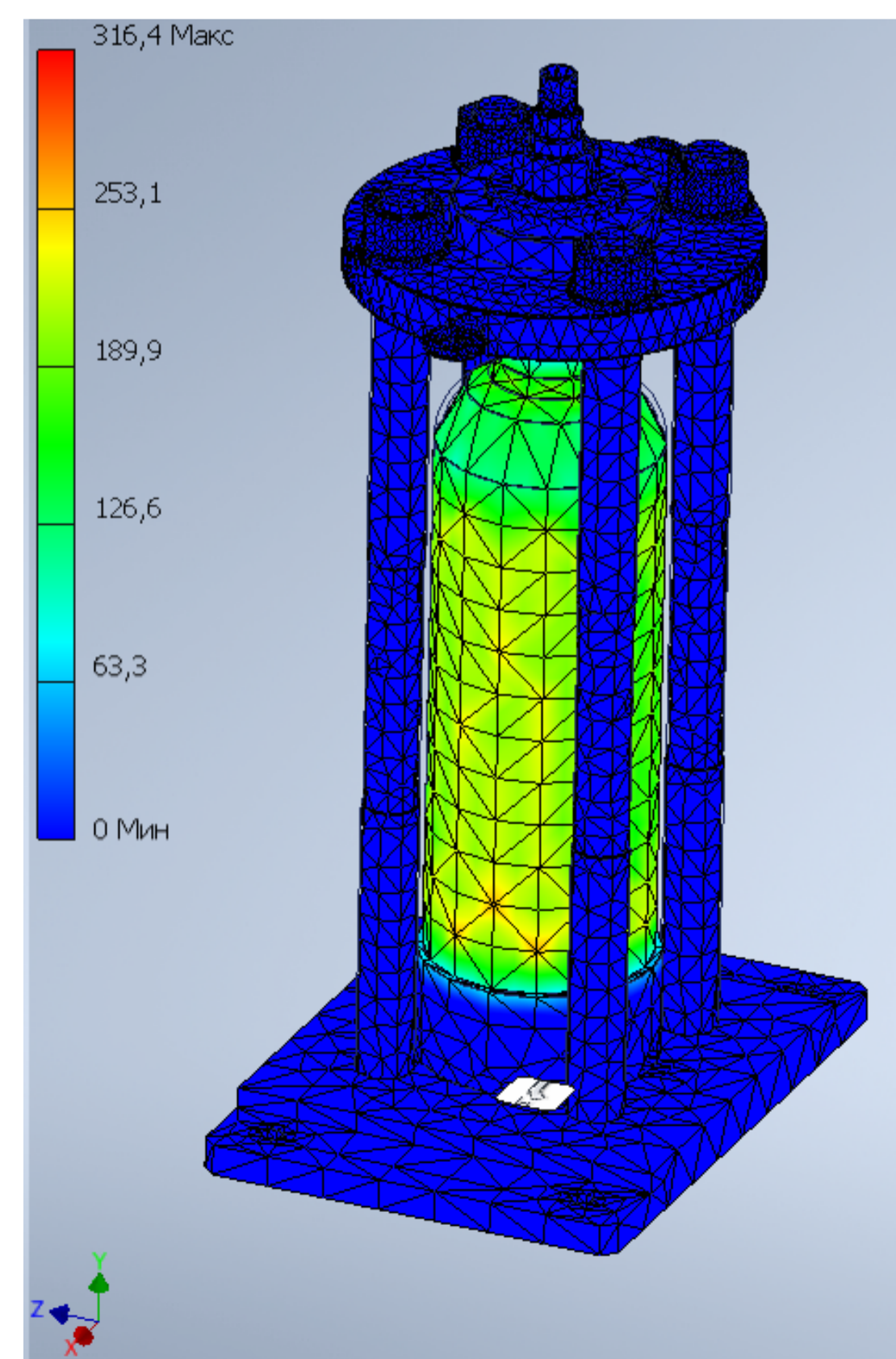
Напруження при тиску до 16 МПа та діаметрі стійок 32 мм.

Напруження при тиску 20 МПа та діаметрі стійок 32 мм



Розрахунок тиску подачі в середину виконано вірно і знаходить в допустимих межах

Напруження при тиску при 20 МПа, але з кількістю стійок 6 та при збільшенні їх діаметру до 42 мм.



Згідно розрахунків в формі iLogic, отримані наступні параметри потрібного тиску навантаження:

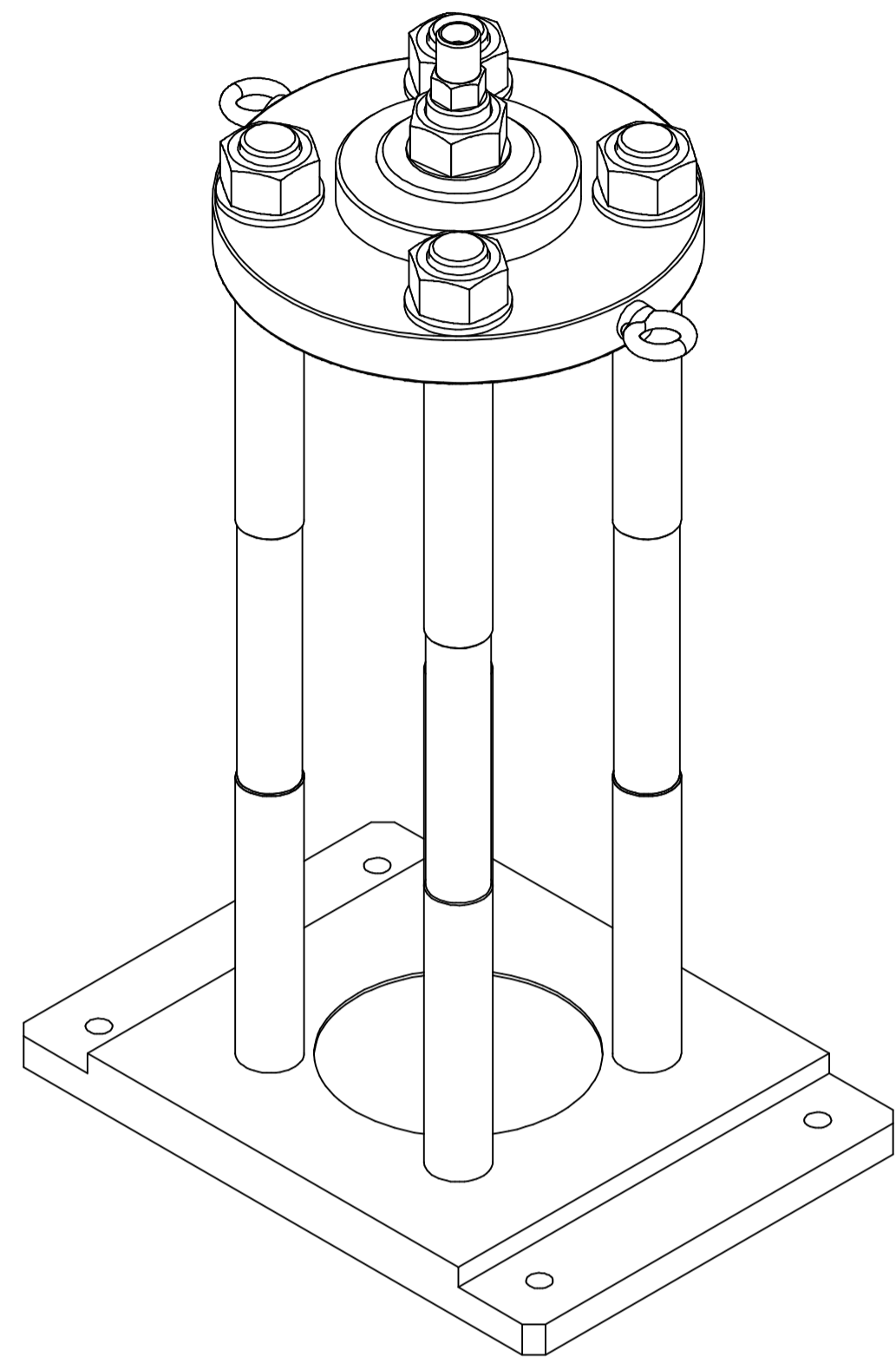
- Для балону об'ємом 2 л - 11,1 МПа
- Для балону об'ємом 3 л - 11,1 МПа
- Для балону об'ємом 5 л - 15,71 МПа
- Для балону об'ємом 6 л - 8,57 МПа
- Для балону об'ємом 7 л - 15,71 МПа
- Для балону об'ємом 20 л - 20,32 МПа
- Для балону об'ємом 25л - 20,33 МПа

Керівник _____ Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

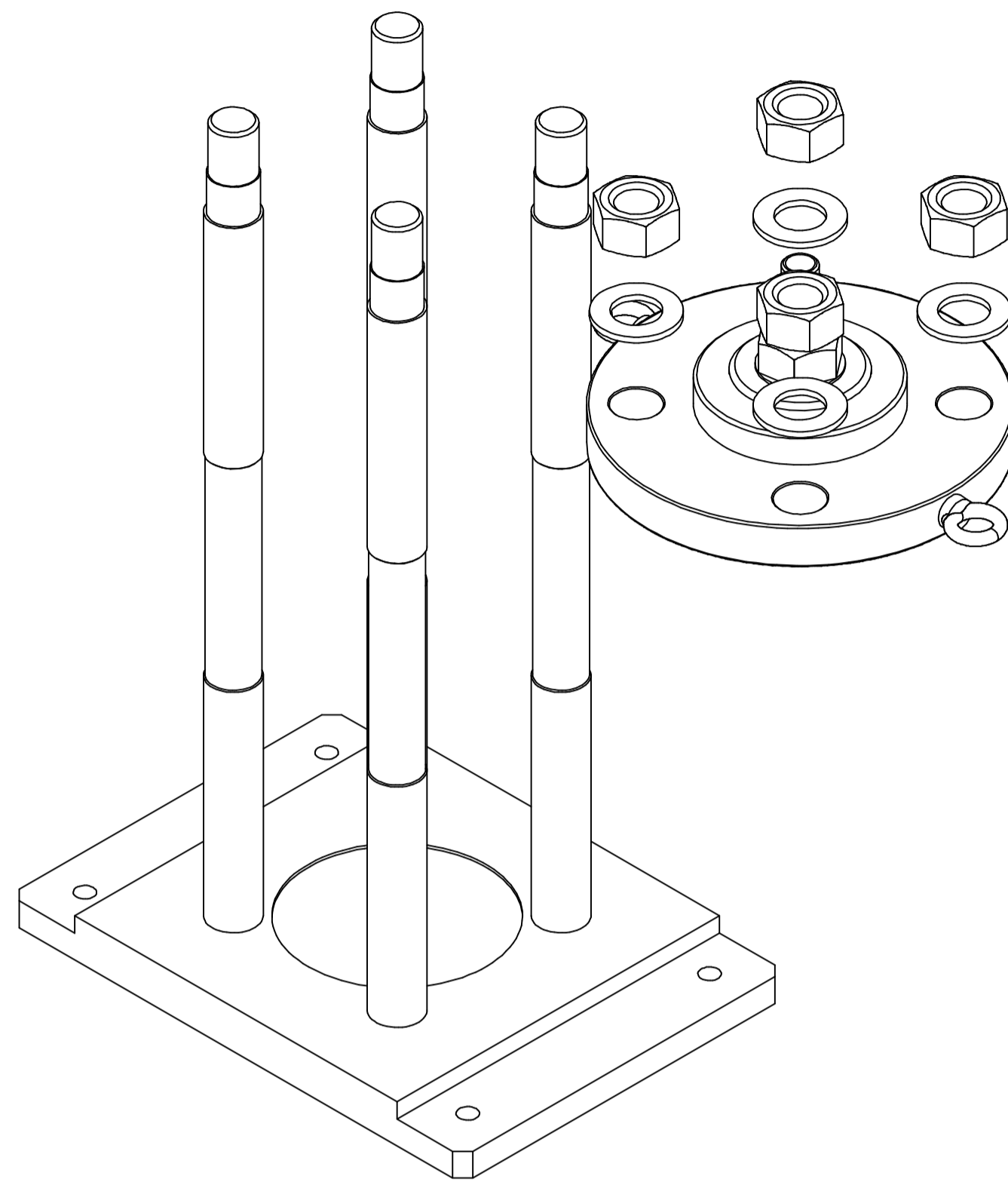
Виконав _____ Денис КАЗАРІН

Схема проведення випробування на герметичність

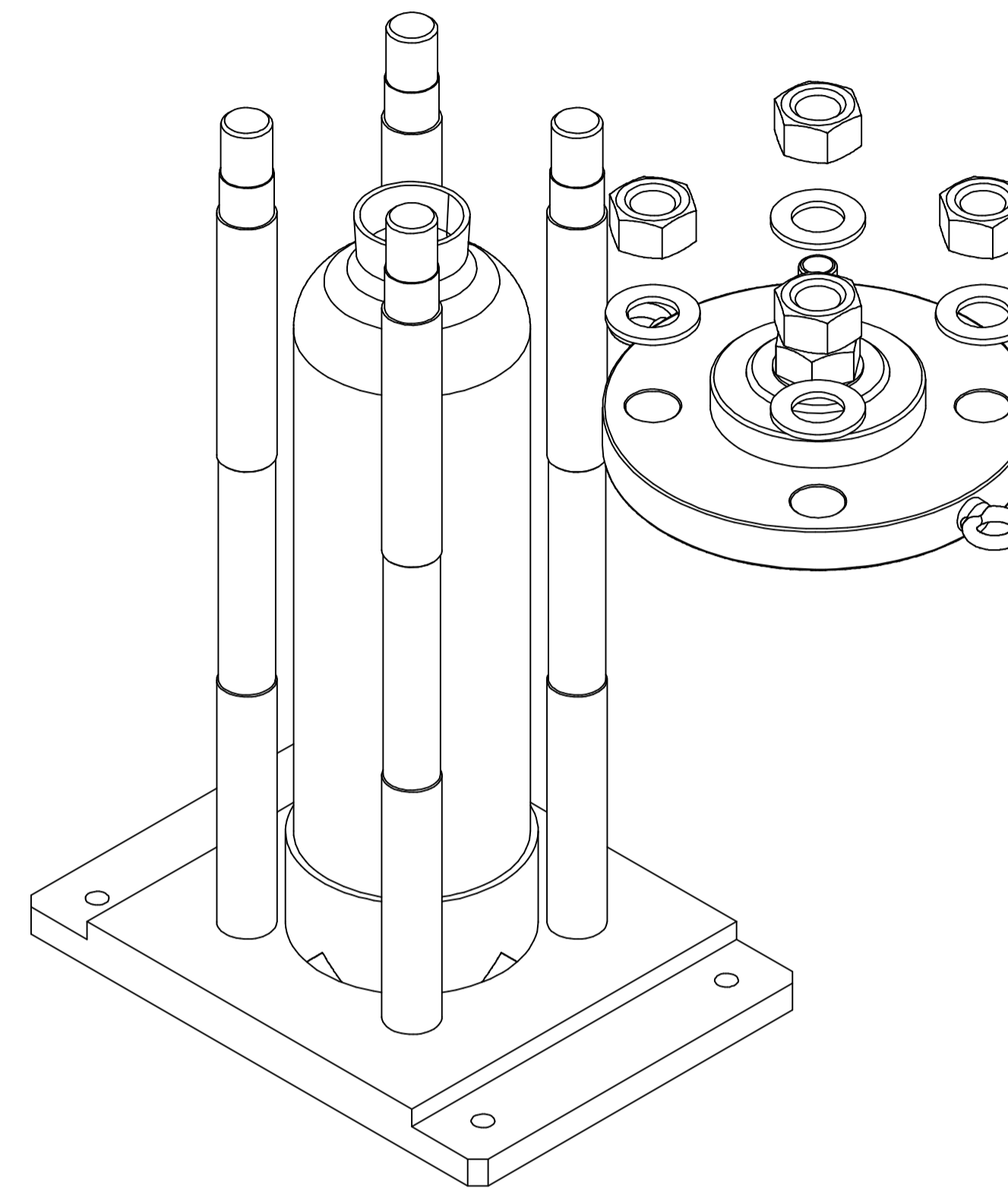
1. Загальний вигляд пристрою для випробування на герметичність



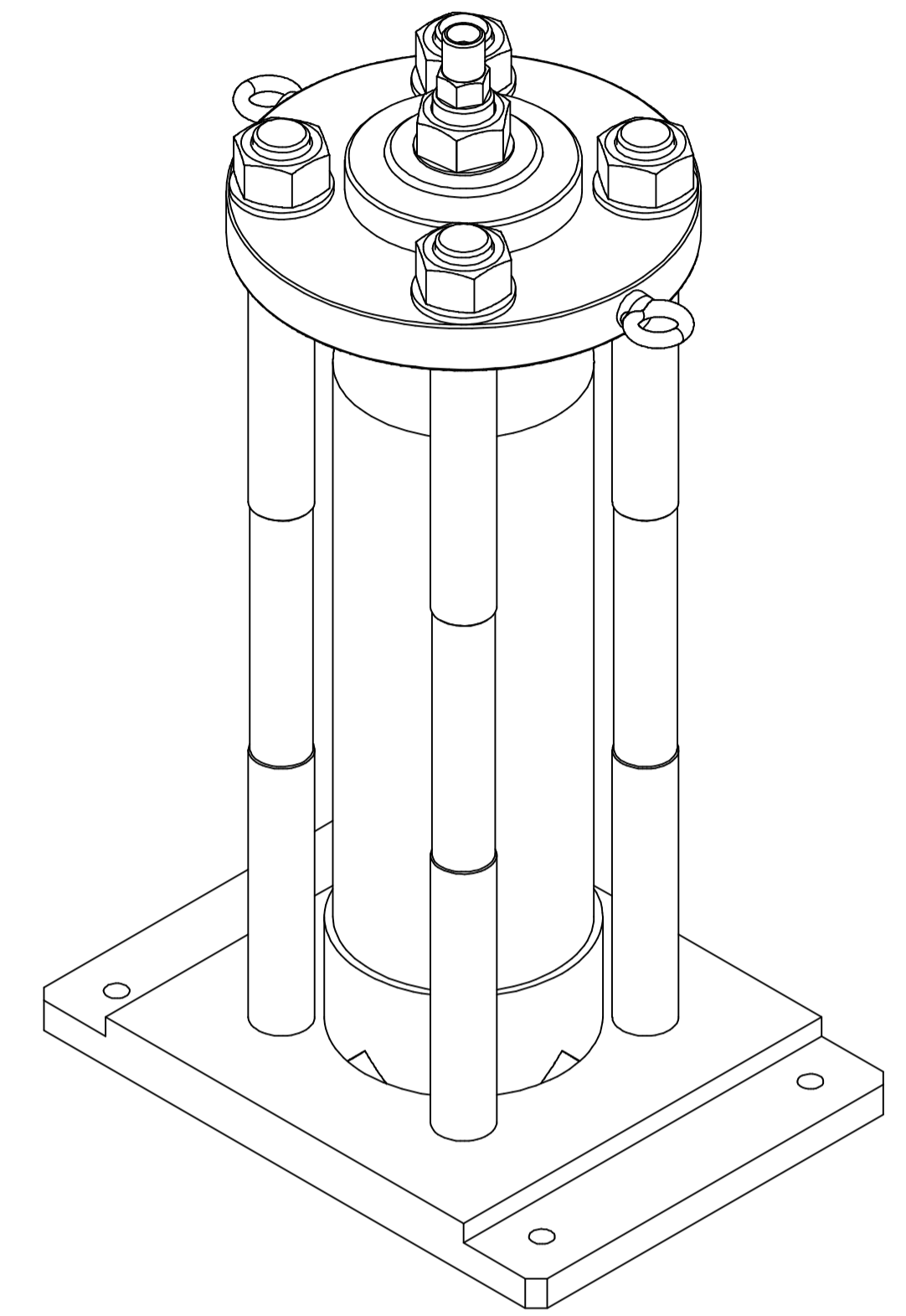
2. Знімаємо гайки, шайби та весь вузол верхньої плити



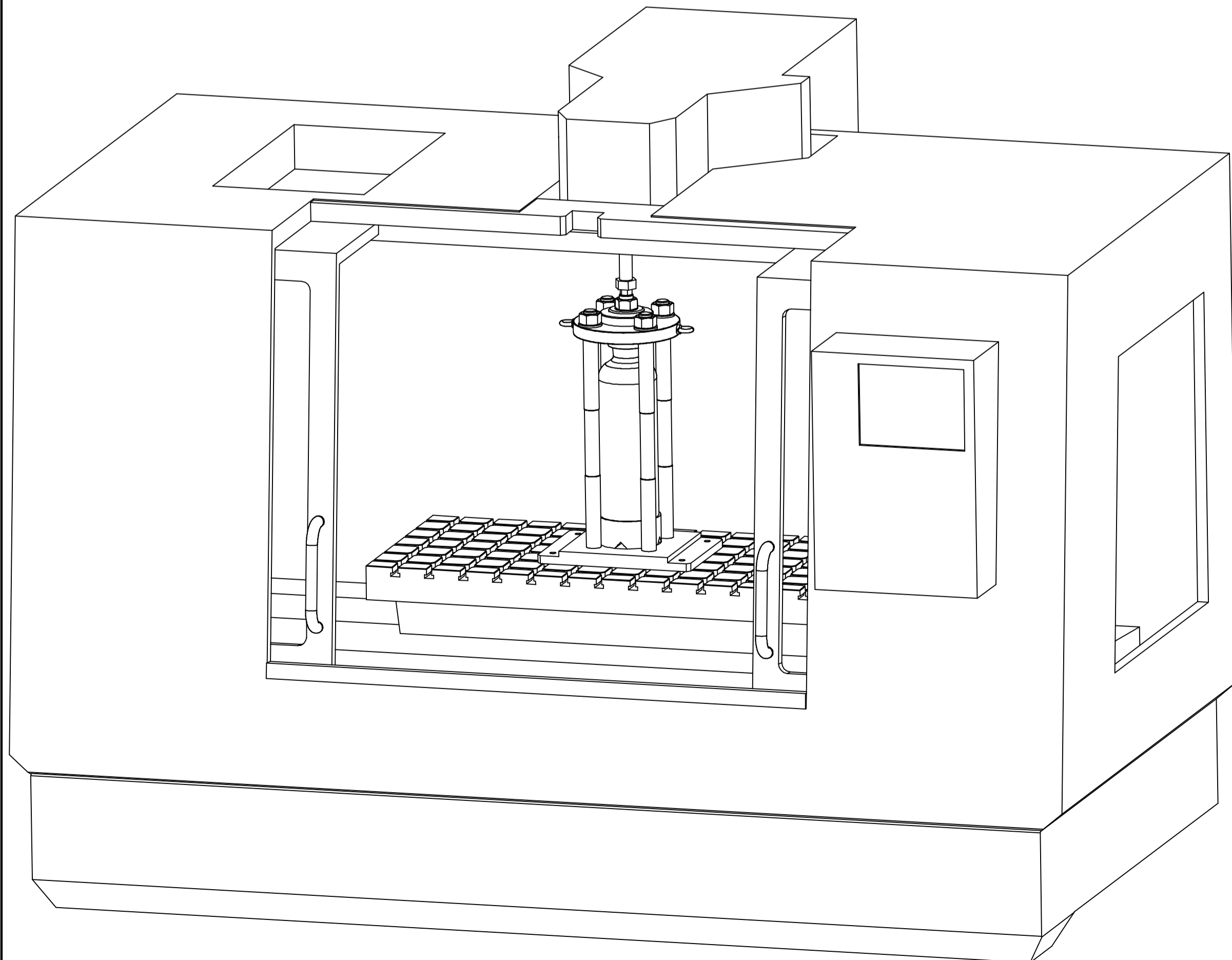
3. Встановлюємо балон в пристрій



4. Повертаємо і закріплюємо вузол верхньої плити



Встановлення пристрою для випробування на герметичність у випробувальний стенд

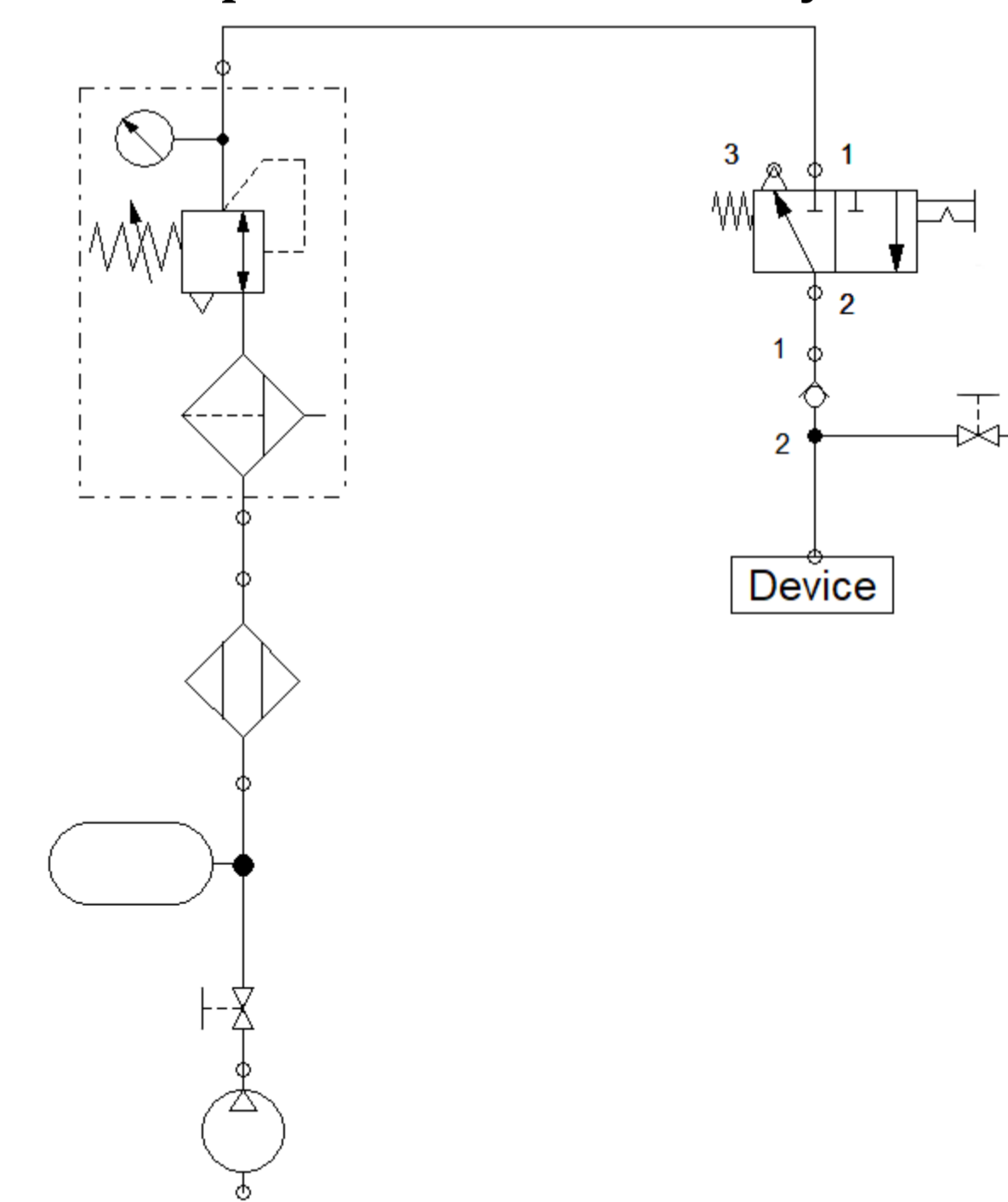


Робочий тиск у відповідності до розмірів балону
Тиск витримувати протягом 10 хв.

Таблиця допустимого відхилення показів на манометрі

Об'єм балону, л	Розрахунковий тиск випробування, МПа	Відхилення, МПа	Поточні покази манометра, МПа
2	11,1	±0.111	10.989 – 11.211
3	11,1	±0.111	10.989 – 11.211
5	15,71	±0.157	15.553 – 15.867
6	8,57	±0.086	8.484 – 8.656
7	15,71	±0.157	15.553 – 15.867
20	20,32	±0.203	20.117 – 20.523
25	20,33	±0.203	20.117 – 20.523

Пневматична схема роботи вимірювального стенду



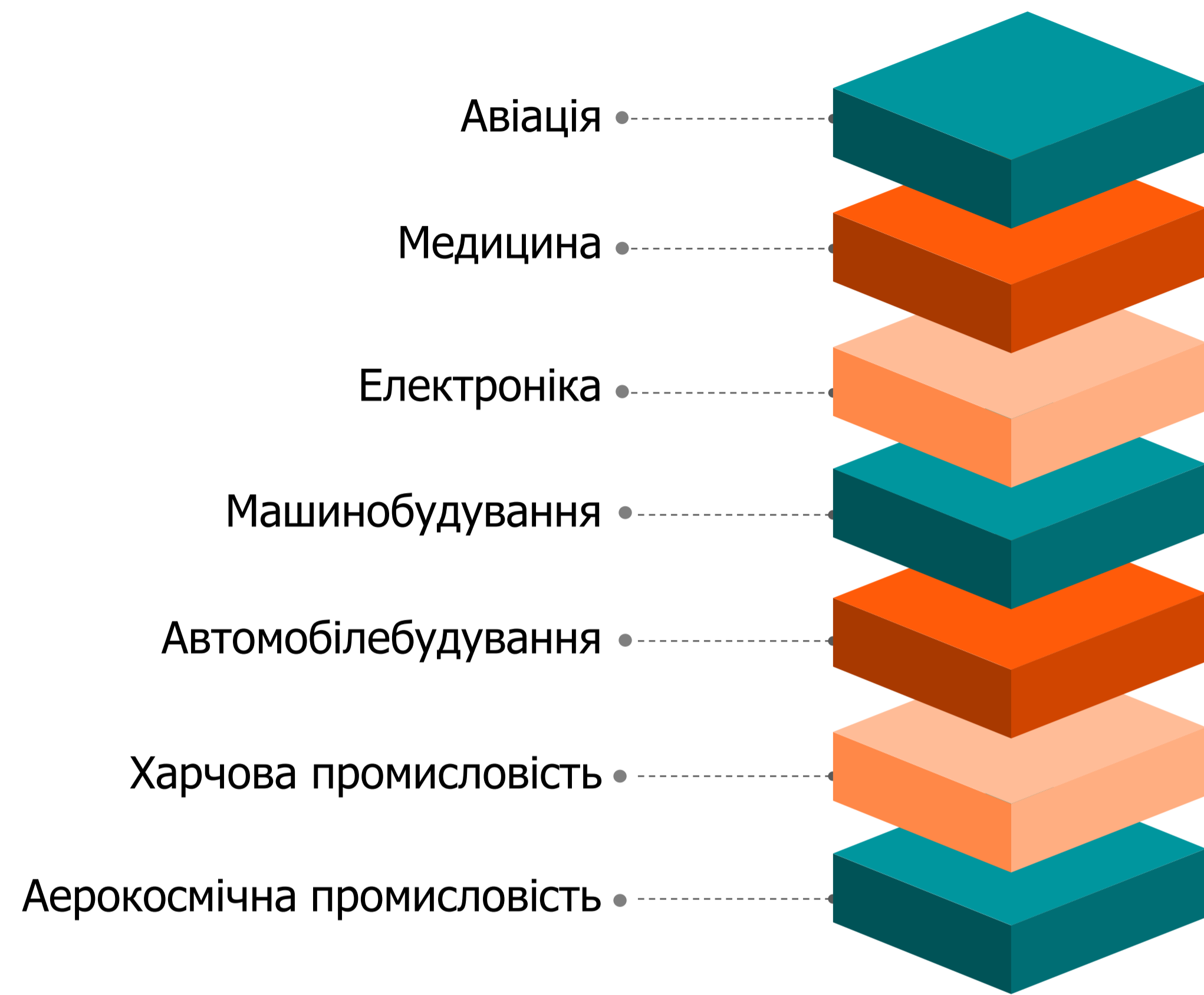
Керівник _____ Юрій БЕСАРАБЕЦЬ

Виконав _____ Денис КАЗАРІН

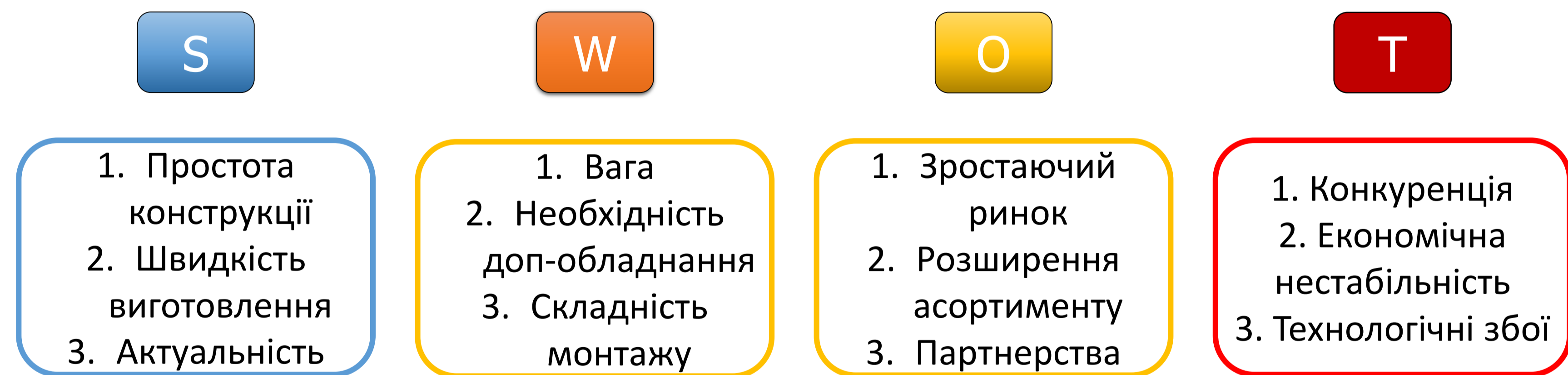
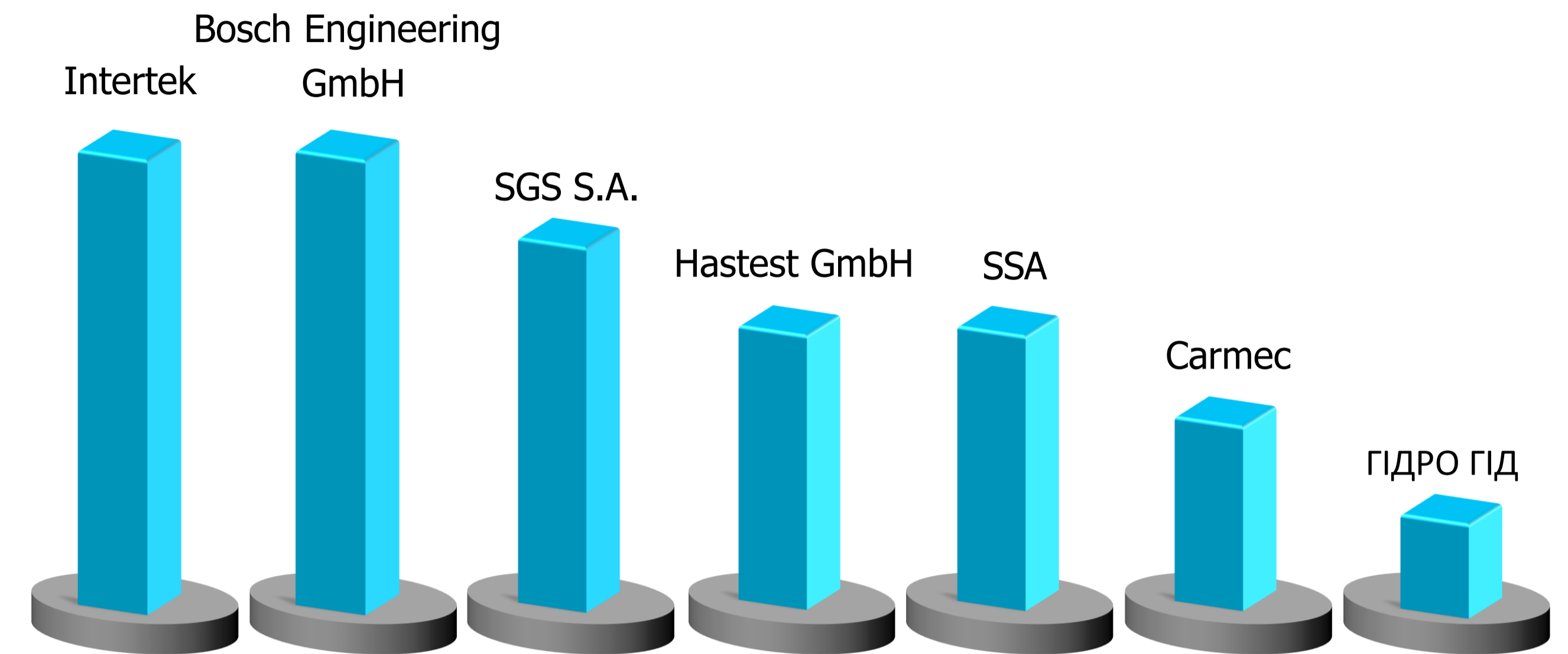
Стартап-проект

Пристрій для випробування на герметичність

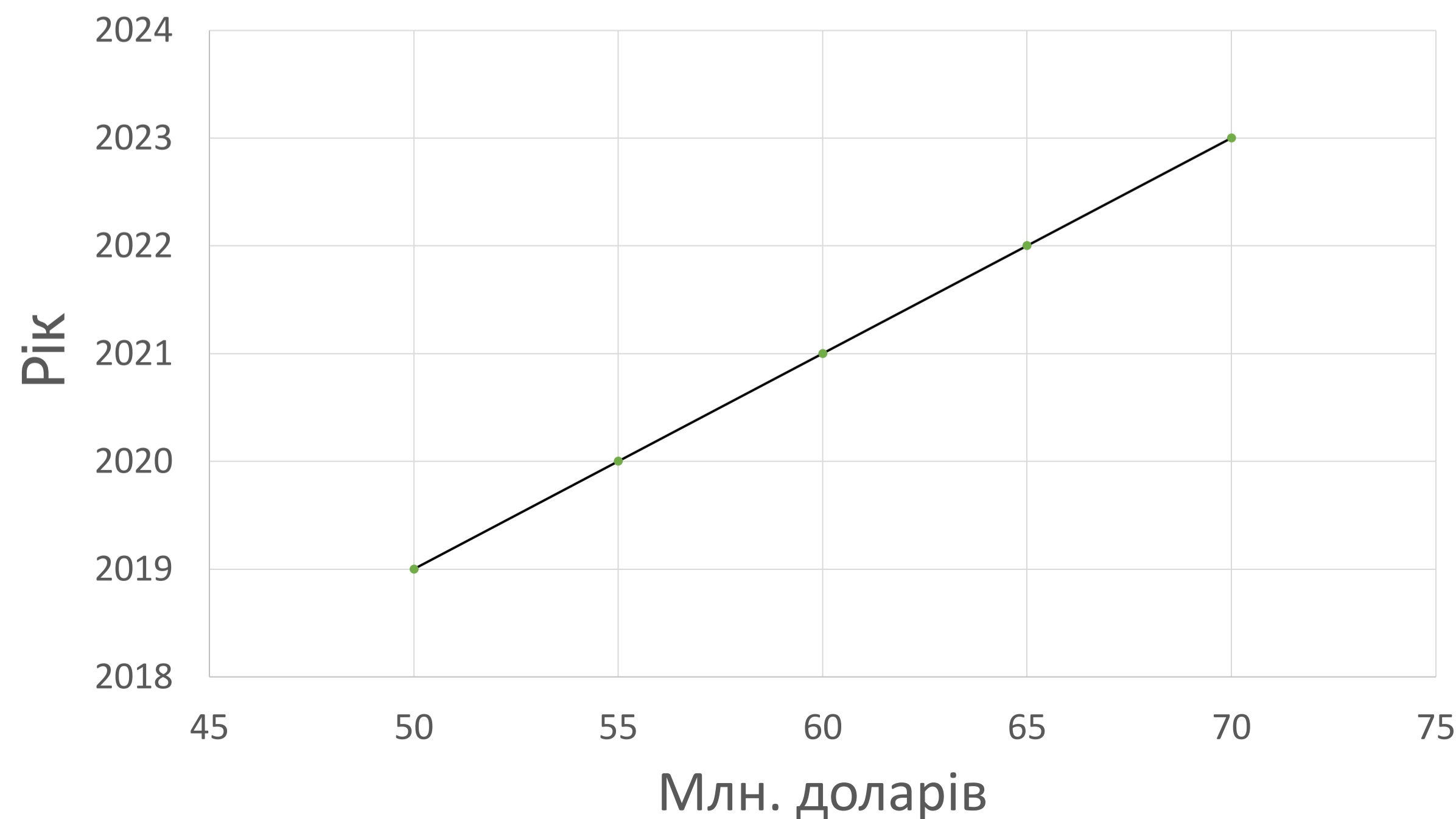
Сфери використання



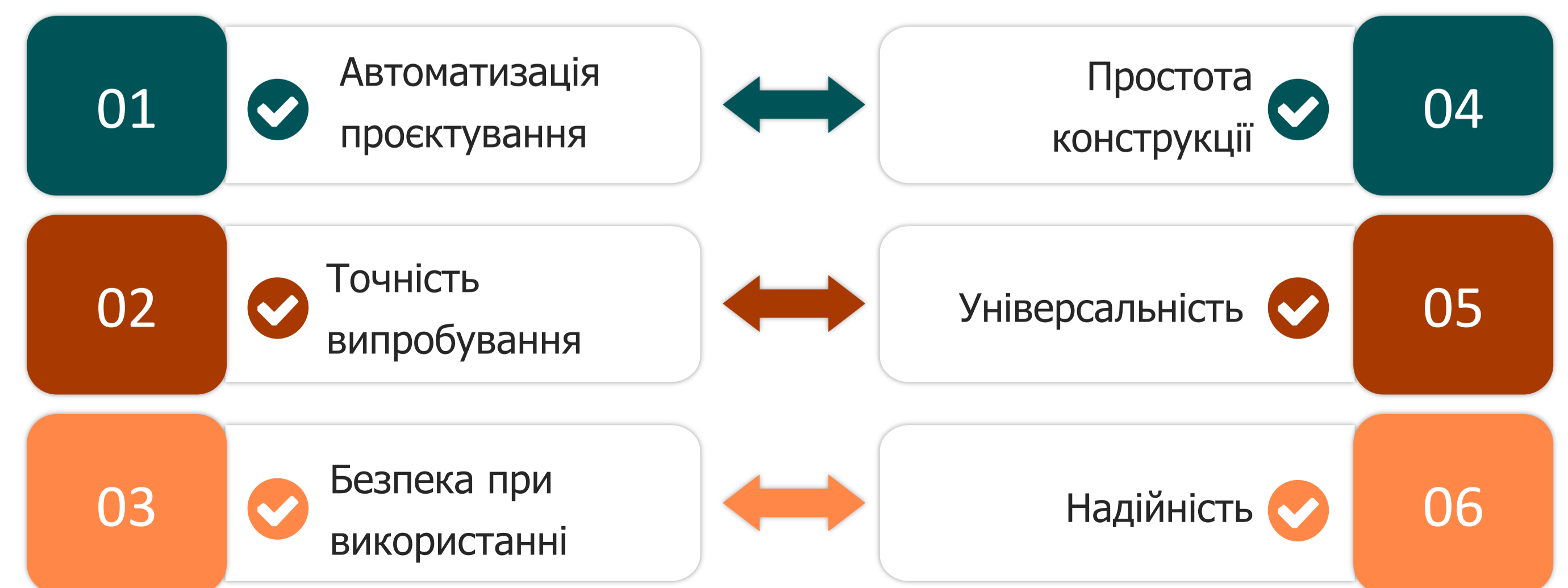
Конкуренти та їх вплив на ринку

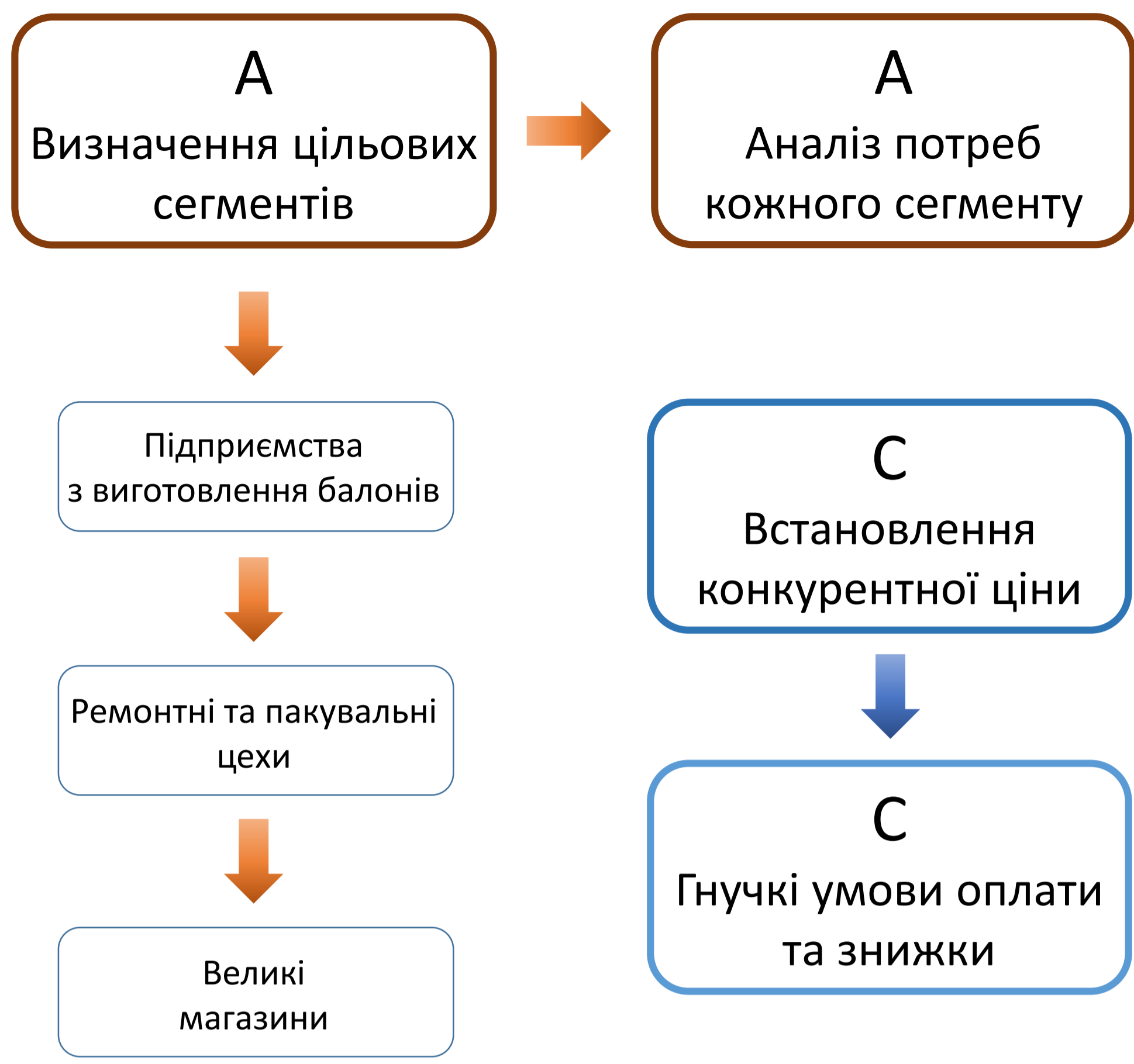


Графік попиту у світі на основі ринкового дослідження «MarketsandMarkets»

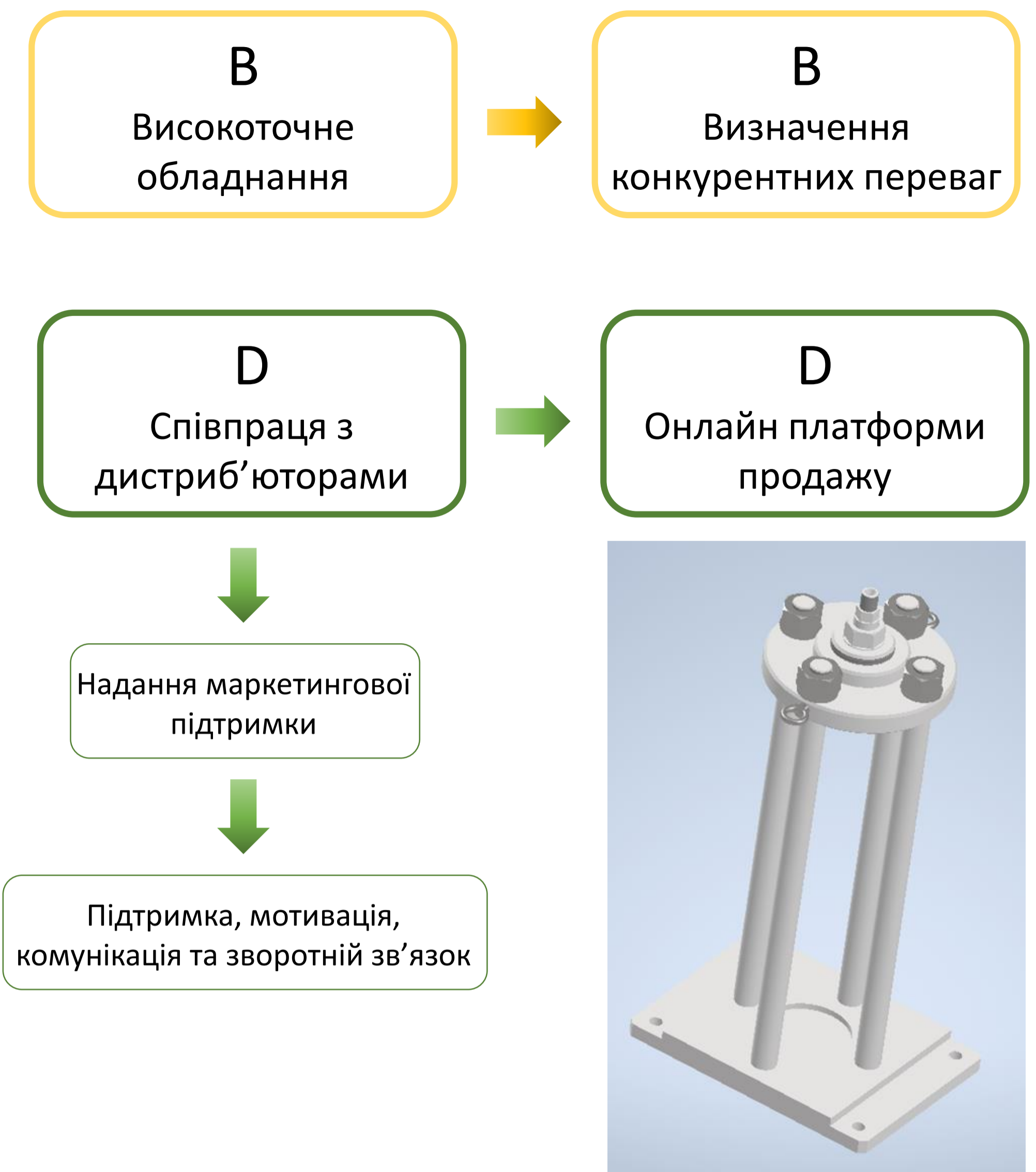
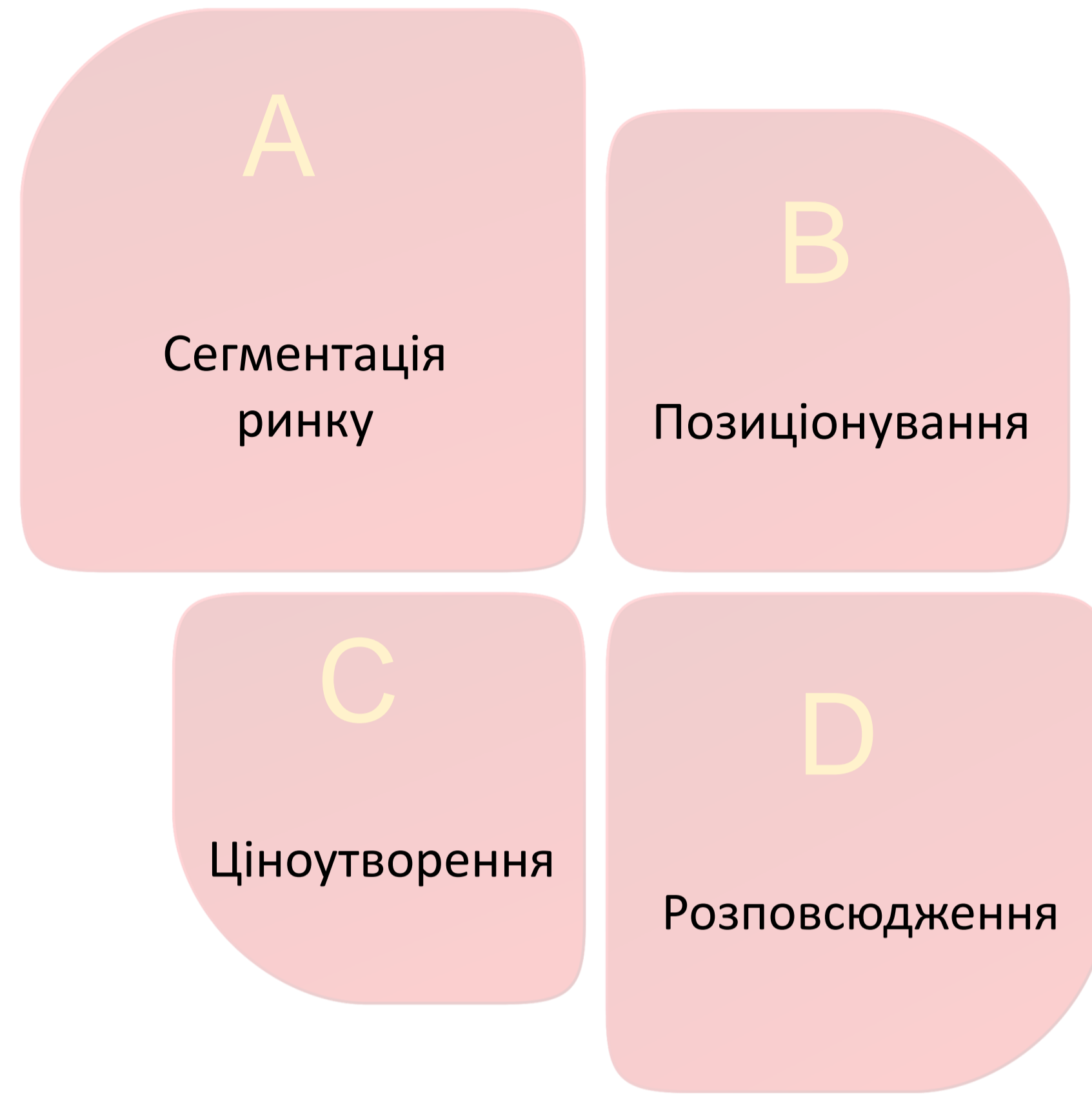


Переваги проекту



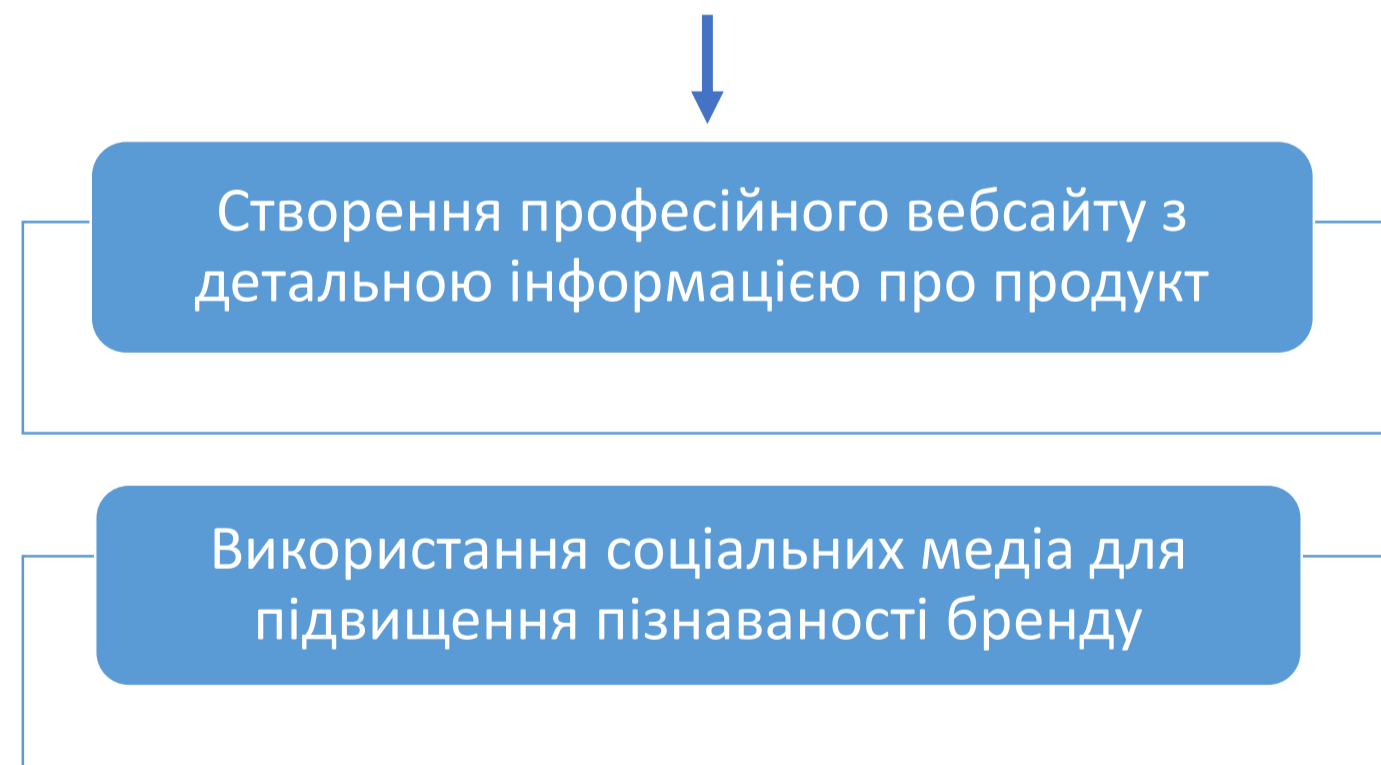


Ринкова стратегія

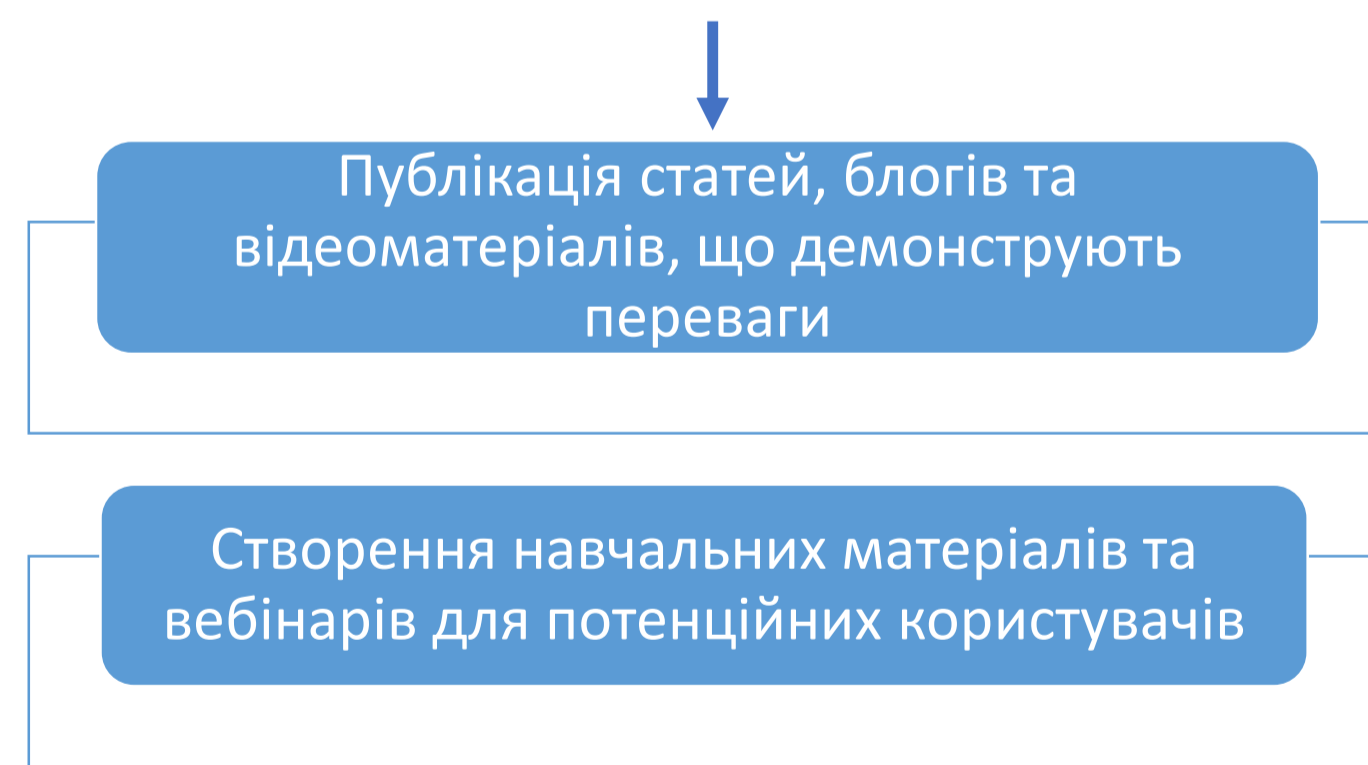


Маркетингова стратегія

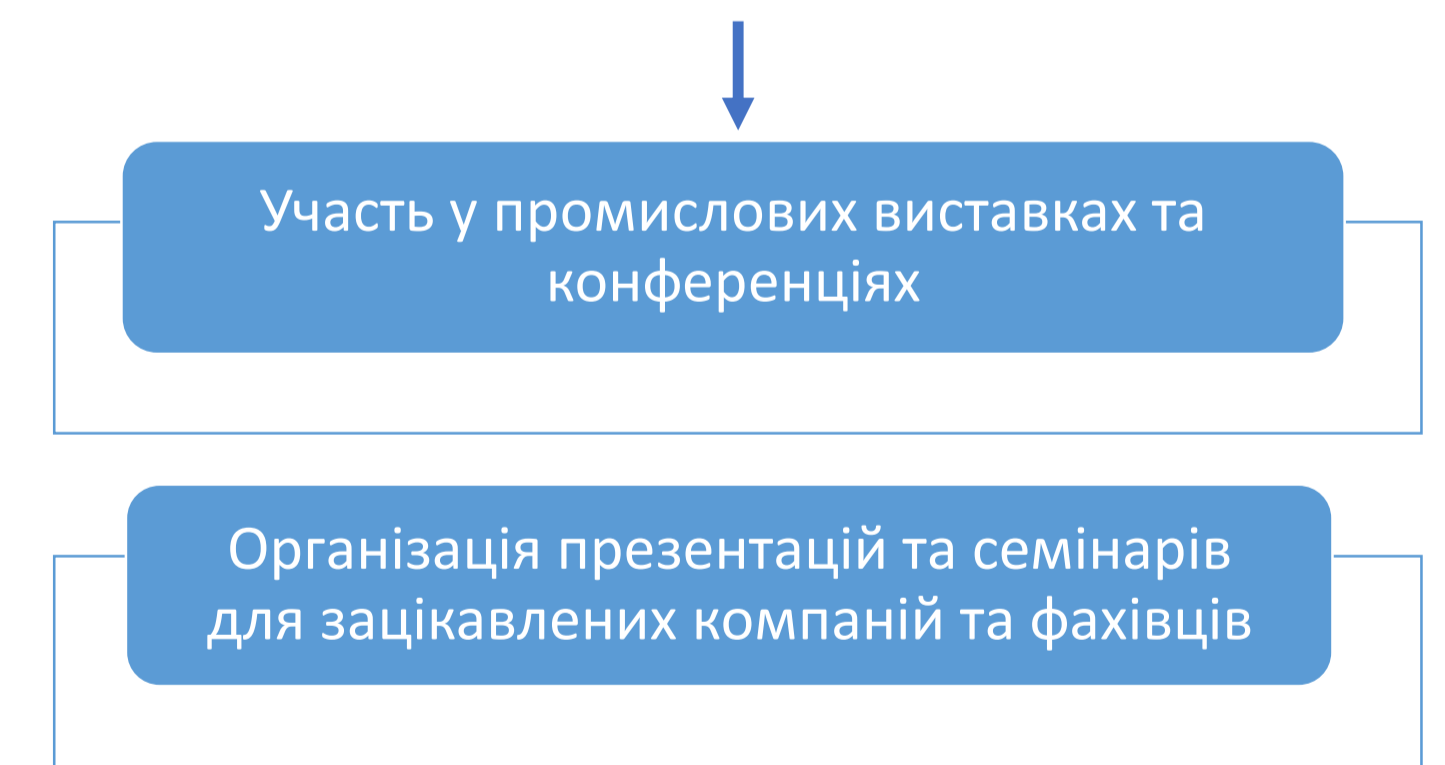
1. Цифровий маркетинг



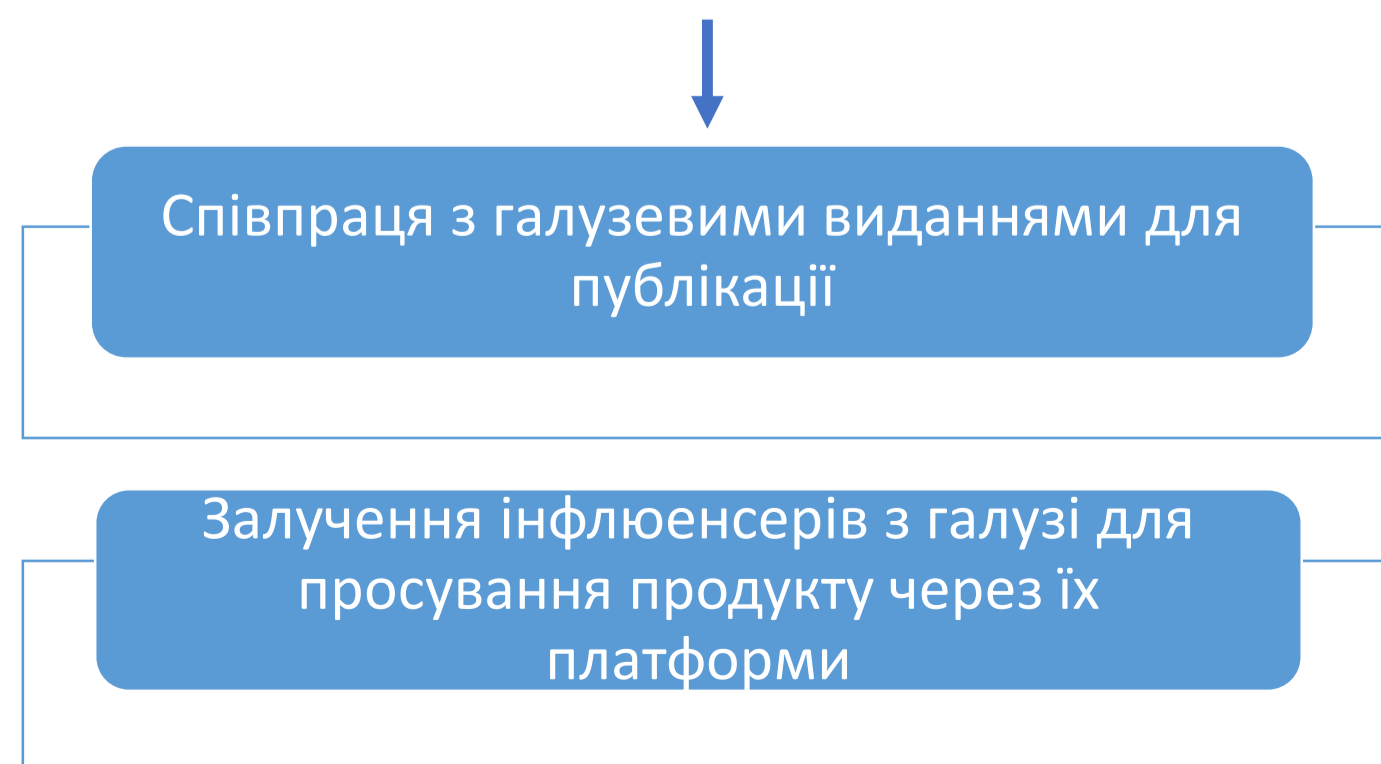
2. Контент-маркетинг



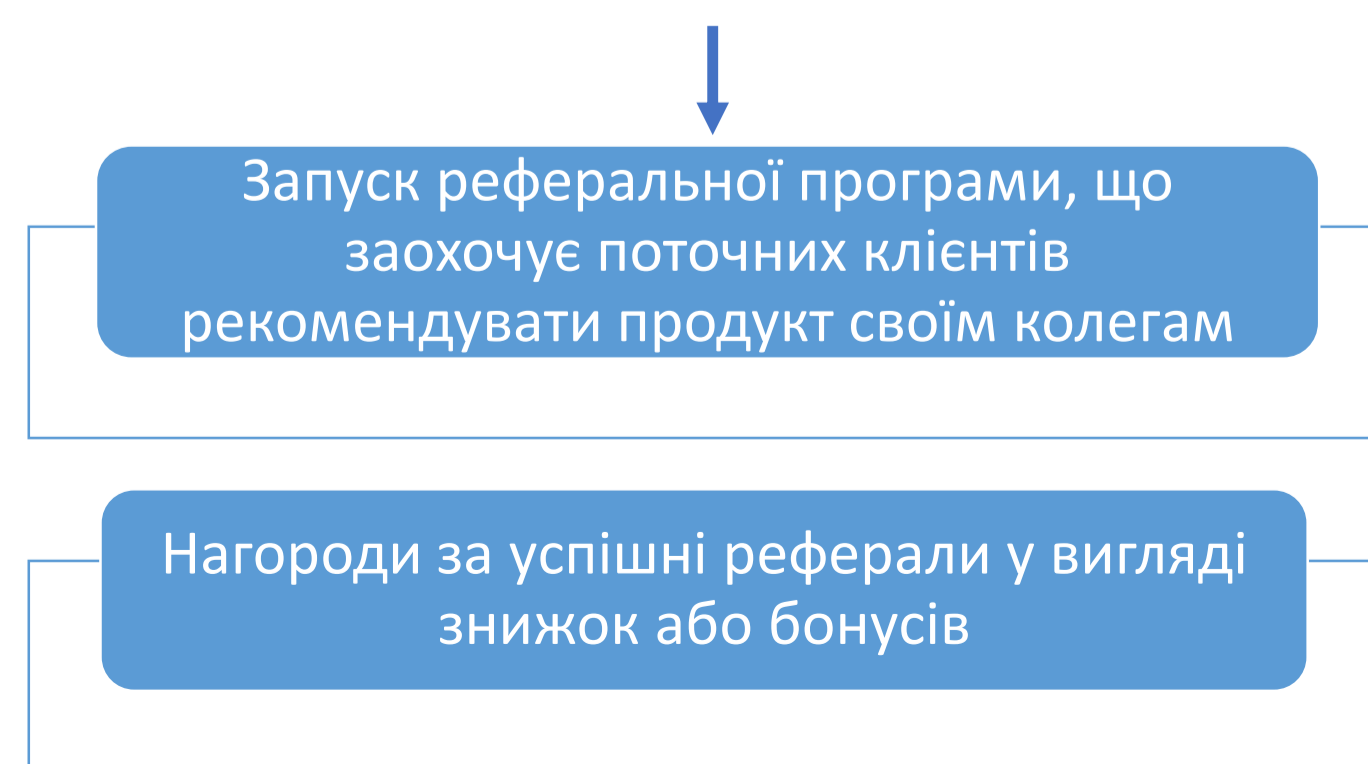
3. Публічні виступи та виставки



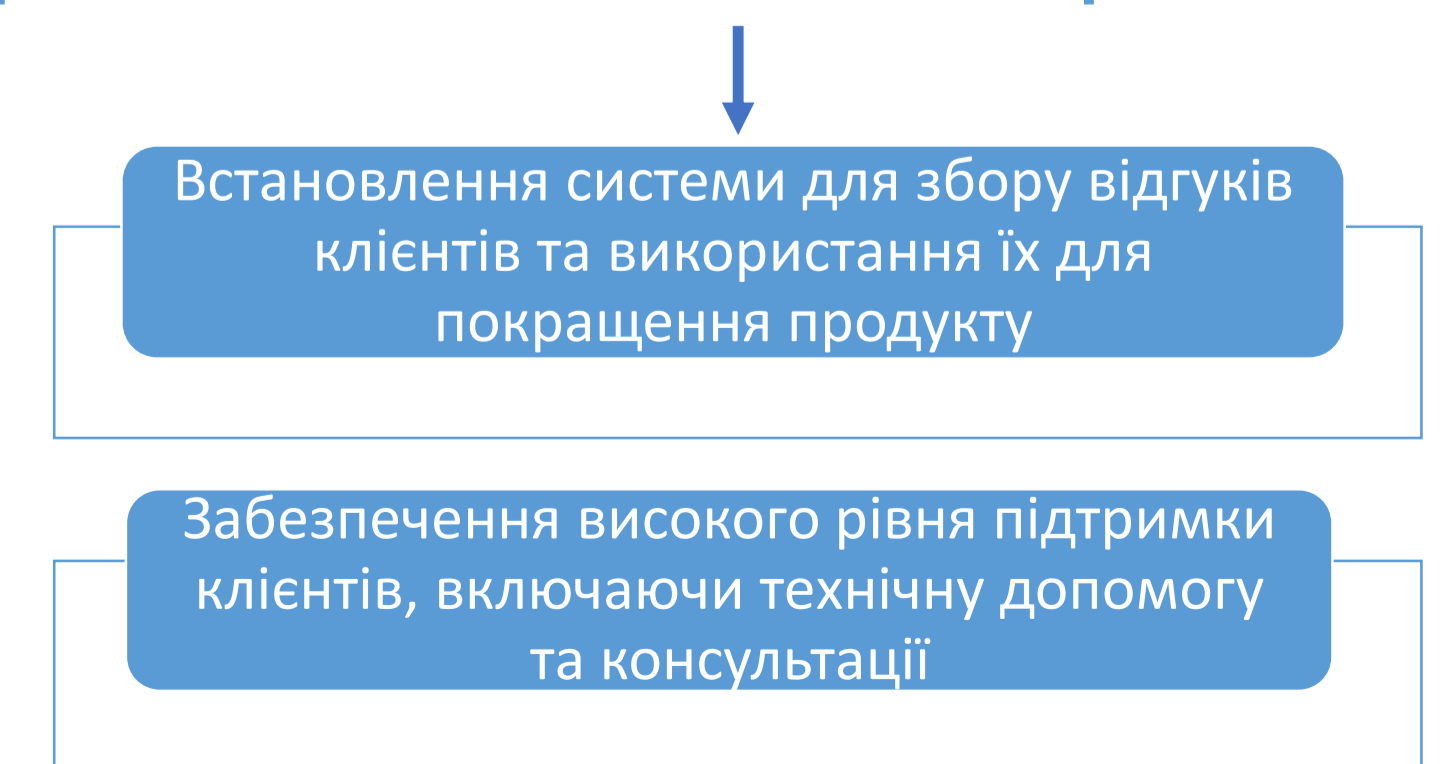
4. Співпраця з медіа та інфлюенсерами



5. Реферальна програма

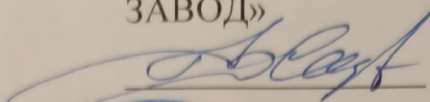


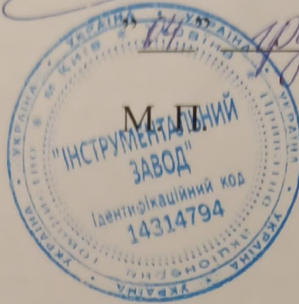
6. Зворотний зв'язок та підтримка клієнтів



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ПРАТ «ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ
ЗАВОД»

 (Бурсук Юліан Якович)



14 грудня 2024 р.

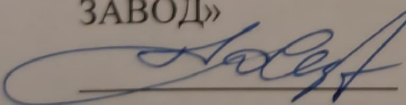
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

проектно-конструкторську роботу

«ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ»

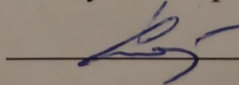
Замовник:

Директор
ПРАТ «ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ
ЗАВОД»

 Бурсук Ю. Я.

Виконавець:

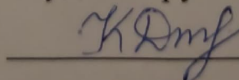
Завідувач кафедри КМ

 Данильченко Ю. М.

Доцент, ктн кафедри КМ

_____ Бесарабець Ю. Й.

Студент групи МК-31мп

 Казарін Д. В.

Київ 2024

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Повна назва розробки та її умовне позначення

«Пристрій для випробування на герметичність»

1.2 Назви підприємств розробника та замовника системи та їх реквізити

Замовник:

ПРАТ «ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ
ЗАВОД»

адреса: 04050, м. Київ,
вул. Юрія Ілленка, 2/10

Виконавець:

Кафедра конструювання машин
КПІ ім. Ігоря Сікорського

адреса: 03056, м. Київ,
Берестейський проспект, 37,
корпус 1, кімната 232

1.3 Порядок оформлення та пред'явлення замовникові результатів робіт

По закінченню роботи передається: складальний кресленик пристрою для випробування на герметичність, робочі кресленики деталювань, та 3D-модель пристрою для випробування на герметичність. Методику випробування.

1. МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ

2.1 Мета створення розробки

Розробити пристрій для випробування на герметичність.

2.2. Вихідні дані:

– Балони об'ємом –	2 л
	3 л
	5 л
	6 л
	7 л
	20 л
	25 л

– Матеріал балонів – сталь;

2. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Середовище розробки 3D моделей та креслеників – Autodesk Inventor, SOLIDWORKS, Creo parametric, AutoCAD, Fusion 360.

Кресленики виконати згідно технічних вимог підприємства.

3. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Етап та його зміст	Термін виконання	Результат
1. Аналіз існуючих методів та пристроїв для випробування на герметичність	25.09.2024 р.	Плакати аналізів пристроїв
2. Розроблення та проєктування пристрою для випробування на герметичність	11.10.2024 р.	Робочі кресленики, та 3д моделі
3. Автоматизація побудови збірки та методика випробування	20.11.2024 р.	Плакати автоматизації та параметричні 3д моделі, Плакат методики випробування
4. Розробка стартапу проєкту	05.12.2024 р.	Плакат стартапу

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

- Автоматизація перебудови збірки.
- Дослідження впливу тиску на пристосування та балон.
- Покращення та полегшення випробування на герметичність.

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО НАДАЮТЬСЯ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ

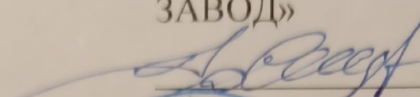
- Складальний та робочі кресленики пристрою для випробування на герметичність.
- Дослідження впливу тиску.
- Складальний кресленик та 3D-модель пристрою для випробування на герметичність.
- Методика проведення випробування.

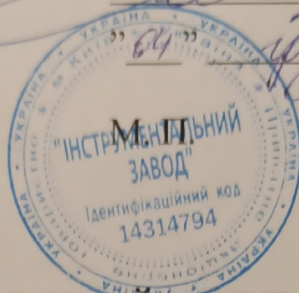
6. ПОРЯДОК РОЗГЛЯДУ ТА ПРИЙМАННЯ РОБОТИ

Результати роботи передаються по акту приймання робіт.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ПРАТ «ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ
ЗАВОД»

 (Бурсук Юліан Якович)



2024 р.

АКТ ПРИЙМАННЯ

проектно-конструкторської роботи

«ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ»

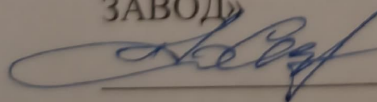
В результаті виконання робіт з розробки конструкції пристрою, методу випробування на герметичність, виконавець надав:

- Складальний та робочі кресленики пристрою для випробування на герметичність.
- Дослідження впливу тиску.
- Складальний кресленик та 3D-модель пристрою для випробування на герметичність.
- Методика проведення випробування.

Результати роботи планується реалізувати для перевірки балонів в пристрої для випробування на герметичність на підприємстві.

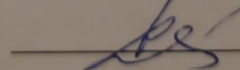
Замовник:

Директор
ПРАТ «ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ
ЗАВОД»


 Бурсук Ю. Я.

Виконавець:

Завідувач кафедри КМ

 Данильченко Ю. М.

Доцент, ктн кафедри КМ

 Бесарабець Ю. Й.

Студент групи МК-31мп

 Казарін Д. В.