

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

Приладобудівний факультет

Кафедра приладобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Киричук Ю.В.
(підпис)

“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності

на тему *Дослідження методів вимірювання витрати аміаку*

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи ПІ-81мп
(шифр групи)

Павлов Віктор Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник Згуровська Л.П., к.т.н., доцент

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

(підпис)

Консультант Стартап Бояринова К.О., д.е.н., доцент

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

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

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

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

АНОТАЦІЯ

В часи швидкого розвитку технологій, постало питання заощадження та раціонального використання паливно енергетичних ресурсів. На сьогодні актуальним стало створити нові системи для контролю і діагностики різних речовин. Так для дослідження аміаку доцільним буде використовувати метод заснований на ефекті коріоліса. Даний метод дозволяє адекватно оцінювати досліджувану речовину, та має гарні метрологічні властивості.

Для розробки було вибрано U-подібні вимірювальні канали, що мають ряд переваг відносно прямого каналу. Під час розробки було враховано всі конструктивні особливості, та досліджено метрологічні властивості, та на основі отриманих результатів розроблено вимірювальну систему аміаку.

На сьогодні існує безліч вимірювальних перетворювачів, але є потреба у створенні сучасних систем, що будуть відповідати сучасним вимогам. Задача розробки полягає у створенні нової, сучасної системи із підвищеною метрологічною точністю. Таким чином в наш час є актуальним розробка вимірювальної системи для дослідження аміаку.

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

SUMMARY

In times of rapid development of technologies the question of economy and rational use of fuel and energy resources arose. Today it is necessary to urgently create new systems of control and diagnostics of various substances. Therefore, for the study of ammonia it would be advisable to use a method based on the action of coriolis. This method makes it possible to adequately evaluate the test substance and has good metrological properties.

U-shaped measuring channels were selected for development, with several advantages over the direct channel. All design features were considered during the development, metrological properties were investigated and ammonia measurement system was developed based on the obtained results.

Many measuring transducers are available today, but there is a need to create modern systems that meet modern requirements. The purpose of the development is to create a new modern system with improved metrological accuracy. Therefore, the development of a measurement system for ammonia research is relevant today.

					МД П/4 1.08.000.00	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ РІДИНИ І МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ АМІАКУ	9
1.1 Класифікація витратомірів.....	10
1.2 Масові витратоміри	11
1.3 Витратоміри за режимом плинущ рещовини.....	14
1.4 Конструкції витратомірів.....	16
1.5 З'єднання витратомірів	19
1.6 Витратоміри змінного та постійного вимірюваного тиску	21
1.7 Витратоміри за компоновкою.....	25
1.8 Висновки до розділу 1	26
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА КОРІОЛІСОВОГО ВИТРАТОМІРУ	27
2.1 Розробка схем КВПВ	27
2.1.1 Розробка структурної схеми КВПВ	27
2.1.2 Розробка принципової схеми КВПВ.....	29
2.2 Математичне моделювання та метрологічні характеристики	
приладу	30
2.2.1 Математичне моделювання вимірювальної системи	30
2.2.2 Математичне моделювання вимірювальної рещовини.....	33
2.3 Розробка коріолісового лічильника	37
2.3.1 Розробка та розрахунок параметрів вимірювального каналу зігнутого типу.....	46
2.3.2 Розробка корпусу КВПВ	53

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

2.3.3 Вибір та дослідження ущільнювального матеріалу	55
2.4 Розробка та дослідження методів протидії зовнішніх факторів впливу	60
2.4.1 Захист системи реєстрації показань від механічного впливу	60
2.4.2 Захисне покриття елементів системи	62
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ АМІАКУ»	65
3.1 Опис ідеї проекту	65
3.2 Технологічний аудит ідеї проекту	68
3.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту	70
3.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	79
3.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	82
3.6 Висновки до розділу стартап-проекту	87
ВИСНОВКИ	89
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	91
ДОДАТКИ	

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

DN – умовний прохід, мм;

Q_M – масова витрата, $m^3/год$;

Q_V – об'ємна витрата, $m^3/год$;

Q – вимірювана витрата, $m^3/год$;

v – швидкість плину рідини, м/с;

d – діаметр каналу, мм;

l – довжина каналу, мм;

C_p – питома теплоємність,

ΔT – різниця часу, с;

p_{max} – максимальний тиск, МПа;

t_{max} – максимальна температура, °С;

t_{min} – мінімальна температура, °С;

φ – зсув фаз;

U – напруга, В;

I – сила струму, А;

R – опір, Ом;

x, y, z – просторові координати;

ЧЕ - чутливий елемент;

ВБ – вимірювальний блок;

ОБ – обчислювальний блок;

КВПВ – коріолісовий вимірювальний перетворювач витрати;

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси;

УЗ – ультразвукові;

ПК – пароніт кислотостійкий.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

На сьогодні в часи різноманітної кількості паливно енергетичних ресурсів (ПЕР) постало актуальним їхнього заощадження та використання. ПЕР використовуються в різних галузях людського життя, але мою увагу привернуло дослідження, рідкого аміаку в магістралях.

Існуюча методика, що використовується нині, не дозволяє адекватно оцінювати баланс вхідної-вихідної сировини, та робити аналіз втрати аміаку в магістралях, що були змонтовані декілька десятків років тому. Застаріла методика не дозволяє адекватно оцінювати систему, розробляти та досліджувати баланс роботи системи, враховуючи енергоефективність, та не дає адекватно встановлювати зміну пропускну здатності системи.

Врегулювання та відносини у сфері енергозбереження визначені та захищені у Законі України «Про енергозбереження» №74-94-ВР [1].

Функції, що забезпечують контроль, та підвищення ефективності ПЕР реалізовані у «Комплексній державній програмі про енергозбереження» і включають [2]:

- облік та його можливе удосконалення;
- використання вторинних ПЕР;
- впровадження та стимулювання економії ресурсів;
- автоматизація та контроль процесів;
- заміна чи вдосконалення застарілих приладів на більш економічні;
- розробка та введення нових технологічних процесів;
- упровадження сучасних технологій.

Кожного року виробництво аміаку скорочується, а імпорт збільшується, так в 2017 році Україна імпортувала аміаку на 123 мільйони доларів.

Тому гостро постала необхідність заміни застарілої системи дослідження та вимірювання аміаку. Та необхідним створити систему, що дає

					МД П/41.08.000.00	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оцінювати баланс вхідної-вихідної сировини, та на її основі раціонально та економічно використовувати аміак як ПЕР.

Дана робота має в складі розробку, узгодження та затвердження на відповідному рівні комплексу для визначення балансу рідкого аміаку в магістральному аміакопроводі.

Мета: Покращення методу та засобів дозування аміаку. Правильний розрахунок витрати аміаку . Транспортування та використання аміаку.

Завдання: Змінити застарілу систему, та метод розрахунку витрати аміаку.

Об'єктом дослідження є процес вимірювання витрати аміаку.

Предметом дослідження є Коріолісовий лічильник та система в цілому для вимірювання витрати аміаку.

Метою є розробка лічильника і підвищення точності коріолісової системи.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ РІДИНИ І МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ АМІАКУ

В наш час постало питання раціонального використання та заощадження ПЕР, що знайшли своє застосування у різних сферах життя. Так як речовини можуть бути в різному агрегатному стані, то постає необхідність у великій кількості засобів та методів вимірювання. Тому різні виробники намагаються розробляти та модифікувати прилади, що задовільнили умови використання за певних умов.

Нормальні умови – стандарт величин, який був взятий за прийнятний, для дослідження впливу зовнішніх чинників на прилад.

Лічильник – суматор, прилад який показує загальну кількість спожитого ресурсу за весь час вимірювання.

Витратомір – прилад, що дозволяє робити вимірювання об'ємної чи масової витрати речовини за певну кількість часу [3].

Витрата – це кількісна характеристика певної спожитої речовини, що мала плин у поперечному перерізі за одиницю вимірюваного часу.

Об'ємна витрата – це кількість-об'єм вимірюваної речовини, що має плин відносно перерізу за певну одиницю часу (кг/с).

Масова витрата – це кількість вимірюваної речовини, що визначається в одиницях маси відносно певного вимірюваного часу ($\text{м}^3/\text{с}$).

На сьогодні в Україні є велика сучасна технічна база, та велика кількість виробників лічильників. Але застаріла система вимірювання та методика, не дає економічно та ефективно видобувати, та використовувати аміак як вагомий ресурс.

Зовнішній вигляд – безбарвний газ із характерним запахом [4].

Головна галузь застосування – виробництво кислот, добрив, хімічних продуктів. Водний розчин використовується в медицині.

					МД П/4.1.08.000.00	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Класифікація витратомірів

Велика кількість приладів, а саме витратомірів спонукала їх до класифікації за певними параметрами [5] :

а) за принципом:

- масові;
- електромагнітні;
- вихрові;
- ультразвукові.

б) за режимом плин речовини:

- турбулентні;
- ламінарні.

в) за типом витрати:

- об'ємна;
- масова.

г) за конструкцією виробу:

- проточні;
- погружні;
- накладні;

г) за типом з'єднання виробу:

- фланцеве;
- сендвіч.

д) за типом вимірюваного тиску:

- змінного тиску;
- постійного тиску.

е) за компоновкою виробу:

- інтегральні;
- рознесені.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Масові витратоміри

Масові витратоміри, що базуються на фізичному змісті закону Коріоліса використовуються в широкому діапазоні різних галузей промисловості, а саме хімічні речовини, нафтохімічні речовини, нафта і газ, медицина. Коріолісові витратоміри можуть вимірювати практично всі рідини: агресивні речовини, як розчинники чи миючі засоби, паливо, рослинну олію, тваринні жири, спирт, харчові рідкі продукти, латекс, кремнієві олії, , фруктові розчини, зубну пасту, гази або скраплені гази [6].

Коріолісові витратоміри, вимірюють масову витрату речовин. Використання таких витратомірів при вимірюванні не змінної маси речовини, дозволяє обходитись без додаткових коректорів для корекції речовини, та немає залежності від температури чи тиску. Тому такі витратоміри зазвичай використовують для вимірювання неоднорідних за густиною речовин [7].

Щоб зрозуміти природу сили Коріоліса, необхідно представити тіло, що рухається від центру диска, що крутиться. Для того, щоб на тіло діяла сила Коріоліса, необхідно до тіла прикласти силу, рівняння 1.1:

$$F = ma, \quad 1.1$$

відповідно, отримуємо третій закон Ньютона, рівняння 1.2:

$$F_k = -ma. \quad 1.2$$

Сила, що буде діяти на тіло збоку, це і є сила Коріоліса. Тобто, для переміщення тіла вздовж, та щоб воно залишалось на одному радіусі під час руху, необхідно, щоб тіло збільшувало швидкість. Тому силу Коріоліса досліджують у системах, в яких речовина має плин вздовж вимірюваної осі, що коливається [8].

Витратоміри, що базуються на даному законі вимірювання мають, один чи два канали вимірювання. На ці канали діє електромагніт, що створює

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

резонанс в системі, тобто трубопровід коливається із заданою частотою. Так коріолісова сила, що діє на канали, викликає не велику деформацію, що є пропорційною масовій витраті. Так на коливання трубопроводу впливає природа вимірюваної речовини, тому відбувається постійний моніторинг та корекція.

Істотна перевага полягає в тому, що даний тип витратомірів дозволяє вимірювати як рідини так і гази, тобто самі ЧЕ не контактують із вимірюваним середовищем.

До переваг можна віднести:

- вимірювання різних за природою речовин;
- висока точність вимірювання;
- вимірювання прямих і зворотних потоків;
- не потребує прямих ділянок вимірювання;
- легкий монтаж, та обслуговування;
- відсутні рухомі механічні елементи;
- не потребує додаткового обслуговування;
- великий термін напрацювання;
- використання різного виду джерел живлення;
- вимірювання агресивних, густих речовин;
- не контактують і не змінюють структуру вимірюваної речовини, є стерильними.

Недоліки масових витратомірів:

- об'ємні конструкції;
- дорогі компоненти;
- залежність від вібрацій
- залежність від магнітних та електричних полів.

Приклад: Коріолісовий витратомір Endress+Hauser Promass 80F50 DN50 2"
рис. 1.1, призначений для вимірювання рідин і газів. Характеристики

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коріолісового витратоміру Endress+Hauser Promass 80F50 наведено в таблиці 1.1 [9].



Рисунок 1.1 Коріолісовий витратомір Endress+Hauser Promass 80F50

Таблиця 1.1

Характеристики витратоміру Endress+Hauser Promass 80F50

Область застосування	Облік рідин і газу
1	2
Температура навколишнього середовища	-20 ... + 65 ° C
Робоча температура	-50 ... + 350 ° C
Робочий тиск абс.	PN 16 ... 100 Cl 150 ... 600 JIS 10 ... 63K
Вихідний сигнал	Імпульсно-частотний 4 ... 20mA

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1	2
Діапазон номінальних діаметрів	DN 8...250
Вимірювані параметри	Масова витрата, густина, температура, об'ємна витрата, скоригована об'ємна витрата, еталонна густина
Макс. похибка вимірювання	<ul style="list-style-type: none"> – Масова витрата (рідина): $\pm 0,15$ (стандартний варіант), 0,1% (опція) – Об'ємна витрата (рідина): $\pm 0,15\%$ – Масова витрата (газ): $\pm 0,35\%$ – Щільність (рідина): $\pm 0,0005 \text{ г / см}^3$
Макс. робочий тиск	PN 100, клас 600, 63K
Ступінь захисту	IP67, захисна оболонка типу 4X. Перетворювач в роздільному виконанні: IP67, захисна оболонка типу 4X

1.3 Витратоміри за режимом плин речовини

Під час вибору витратоміру необхідно уявляти при яких режимах він буде працювати.

Так існують наступні режими:

- турбулентний;
- ламінарний.

Ламінарний режим – характеризується впорядкованим рухом частинок в трубопроводі. Такий режим наявний там, де є невелика швидкість плин

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

речовини. Із збільшенням потоку, ламінарний режим переходить до турбулентного рисунок 1.2.

Турбулентний режим – тривимірний рух, що характеризується хаотичним процесом плинущ, частинок речовини.

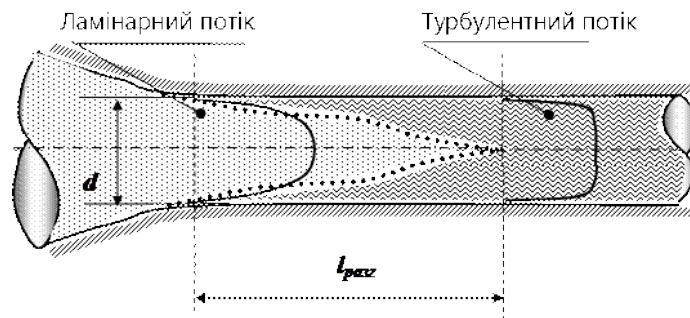


Рисунок 1.2 Режими плинущ потоку

Умовою переходу ламінарного режиму в турбулентний визначається критичним значенням Рейнольдса - Re . Так кожен потік характеризується критичним значенням $Re_{кр}$, для круглої труби воно становить $Re_{кр}=2200$, так умова ламінарного буде $Re < Re_{кр}(2200)$, для турбулентного $Re > Re_{кр}(2200)$ [10].

Так правильний вибір витратоміру за режимом, дозволить точно і правильно досліджувати необхідну речовину. Для вихрових витратомірів необхідною є умова створення завихрення за тілом обтікання, отже режим турбулентний рисунок 1.3.

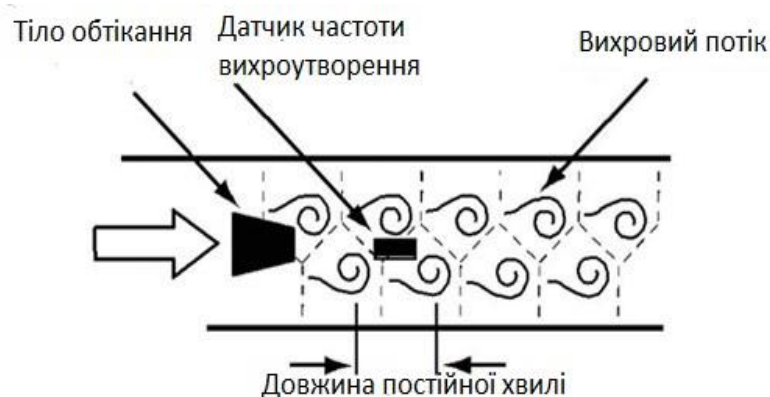


Рисунок 1.3 Принцип вимірювання вихрового потоку

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Для коректної реєстрації ультразвукового витратоміра необхідним є чисте вимірюване середовище. Режим за якого відбувається плин речовини впливає на метрологічні показники рисунок 1.4.

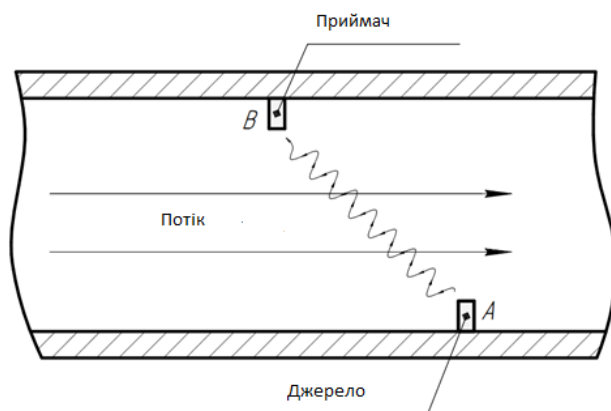


Рисунок 1.4 Принцип вимірювання потоку, ультразвуковим методом

Хоча є витратоміри які себе зарекомендували як стійкі до режиму плину речовини , наприклад електромагнітні.

Отже режим плину вимірюваної речовини, може суттєво чинити вплив на метрологічні показники вимірювання.

1.4 Конструкції витратомірів

Під час моделювання, та розробки приладів необхідним є вивчення будови та конструкції. Конструктивно витратоміри можна поділити на [11] :

- проточні;
- погрузні:
- накладні.

Проточна конструкція зазвичай складається із проточних імпульсних датчиків, або механічних лічильників. Суттєвою особливістю є можливість вимірювання речовини під час прямого і зворотного плину. Напрямок вимірюваного плину залежить від монтування чутливого елементу.

Проточний тип Монтування проточного типу витратомірів відбувається за допомогою фланців безпосередньо в ділянку трубопроводу рисунок 1.5.



Рисунок 1.5 Проточна конструкція витратомірів

Перевагами таких систем є:

- точність вимірювання;
- проста реєстрація даних;
- простота будови;
- легкий монтаж.

Недоліки проточних систем:

- вибагливі до чистоти вимірюваного середовища;
- потребують додаткового захисту від скручування показань;
- потребують постійного обслуговування, заміну фільтрів.

Погружний тип витратомірів базується на вимірюванні в одній чи декількох частинах трубопроводу з розрахунком витрати, за відомим значенням площі поперечного перерізу. Монтування відбувається шляхом занурення вимірювальної частини приладу, в технічний отвір трубопроводу рисунок 1.6. Для розрахунку витрати застосовується метод «площа - швидкість» та точковий [12].

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



Рисунок 1.6 Погружний тип витратомірів

До переваг погрузного типу витратомірів можна віднести:

- висока точність вимірювання;
- широкий динамічний діапазон;
- гарне енергозбереження;
- можливе монтування на невеликих прямих ділянках трубопроводу;
- монтаж та демонтаж без зупинки потоку вимірювальної речовини;
- простий та легкий монтаж.

Недоліки погрузних витратомірів:

- не можливий монтаж на трубопроводі із малим діаметром;
- вибагливі до зміни профілю потоку вимірюваного середовища;
- вибагливі до правильності та місця монтажу.

Накладні витратоміри базуються на вимірюванні шляхом установки чутливого елементу витратоміру на поверхні трубопроводу. Зазвичай їхній вибір аргументується в тих місцях де необхідний оперативний облік, в невідповідальних технічних процесах, де похибка може складати $\pm 1-3\%$ від шкали приладу, чи неможливий монтаж проточних витратомірів рисунок 1.7 [13].

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.7 Накладний тип витратомірів

До переваг накладних витратомірів можна віднести:

- простий монтаж;
- оперативність обліку;
- не потребують монтування додаткових систем очищення;
- не вибагливі до чистоти вимірюваного середовища;
- довгий термін на напрацювання.

Недоліки накладних витратомірів:

- велика похибка, яка може складати $\pm 1-3\%$ від шкали приладу;
- не можна використовувати в якості еталонних;
- вибагливі до правильності та місця монтажу;
- потребують захисту від магнітних та електричних полів.

1.5 З'єднання витратомірів

Під час монтування вимірювальних установок, доцільно розглянути методи з'єднань витратомірів. Так до основних видів належать з'єднання: фланцеве та типу сендвіч, що являється його підвидом [14].

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Фланцеве з'єднання рисунок 1.8, являє собою метод, при якому потокова частина витратоміру має фланці, які за допомогою болтів чи шпильок з'єднуються із фланцями на трубопроводі.

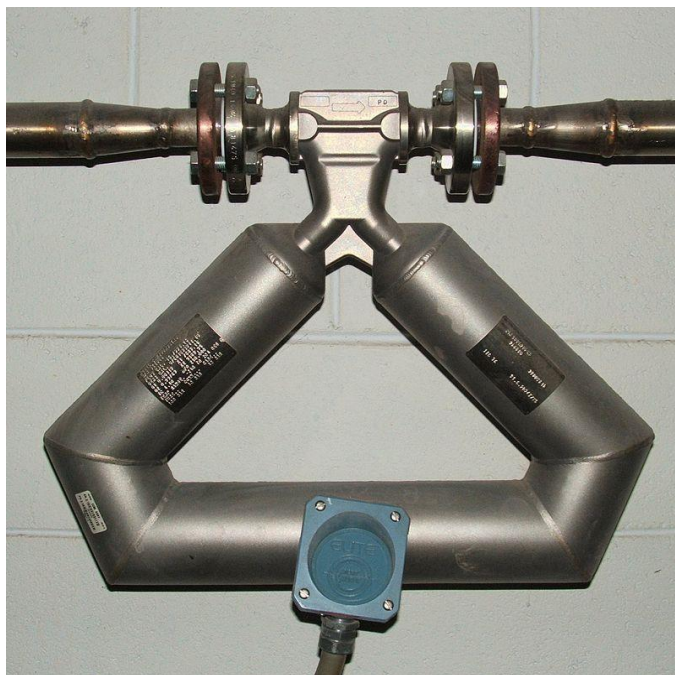


Рисунок 1.8 Коріолісовий витратомір із фланцевим з'єднанням

З'єднання методом сендвічу рисунок 1.9, являє собою потокову частину витратоміру без фланців, що вмонтовується між фланцями трубопроводу, які затискають витратомір між собою за допомогою шпильок.



Рисунок 1.9 З'єднання методом сендвічу

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Обидва з'єднання надійні, але метод сендвічу вимагає додаткової уваги під час монтування та виконання різного виду зварних, слюсарних робіт. Хоча через те, що фланці на витратомірі відсутні, прилад буде компактним, та дешевшим відносно звичайного фланцевого витратоміру.

Тому доречно під час розробки приладу, вибрати той вид з'єднання, що задовільнить умови установки, де він буде використовуватись.

1.6 Витратоміри змінного та постійного вимірюваного тиску

Витратоміри можуть поділятися за типом вимірюваного тиску. Найчастіше використовують витратоміри, засновані на вимірюванні змінного тиску. В основі таких витратомірів лежить вимірювання перепаду тиску, що створюється при плинні вимірюваної речовини, через звужуючий пристрій, який вмонтований в трубопроводі, рисунок 1.10 [15].

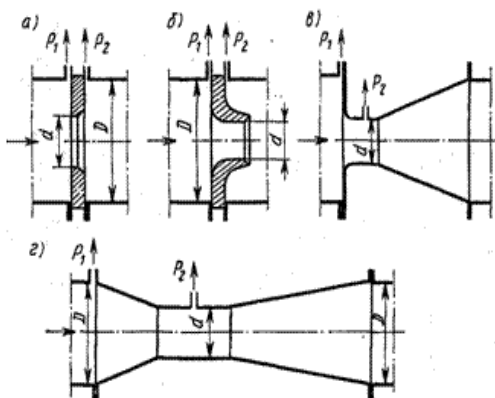


Рисунок 1.10 Схеми стандартних звужуючих пристроїв

Найпростіша схема із звужуючим пристроєм, включає в себе звужуючий елемент в трубопроводі, трубки відбору тиску, що вмонтовані по обидва боки звужуючого елемента, манометр рисунок 1.11. Найчастіше манометр має в складі перетворювач перепаду тиску, що пропорційний до тиску, чи напруги. Фізика вимірювання заснована на тому, що чим більше швидкість потоку, тим більшим буде перепад тиску, відповідно і більшою буде витрата. Тому звужуючий пристрій є мірилом витрати речовини через трубопровід.

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



Рисунок 1.11 Витратомір із звужуючим пристроєм

Переваги таких витратомірів [15]:

- універсальність використання;
- вимірювання в однофазних і багатофазних середовищах;
- вимірювання за різноманітною температурою та тиском;
- зручні для виготовлення в масовому виробництві;
- серійне виготовлення запчастин.

Недоліки витратомірів із звужуючим пристроєм:

- квадратична залежність між витратою та перепадом тиску;
- не можливе вимірювання витрати, що змінює величину в широких межах вимірювання;
- обмежена точність;
- залежність вимірювання від стану звужуючого пристрою, діаметру трубопроводу, сталого тиску і температури.

Витратоміри із змінним перепадом тиску, в залежності від перетворювача витрати поділяються на:

- із звужуючим пристроєм;
- центробіжні;
- із напірними пристроями;
- струменеві;
- із гідравлічним опором.

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Витратоміри постійного тиску засновані на переміщенні тіла-поплавка 2, на який чинить вплив динамічний тиск потоку, від витрати речовини, де площа трубки 1 змінюється таким чином, щоб перепад тиску залишався не змінним (рис. 1.12) [16] .

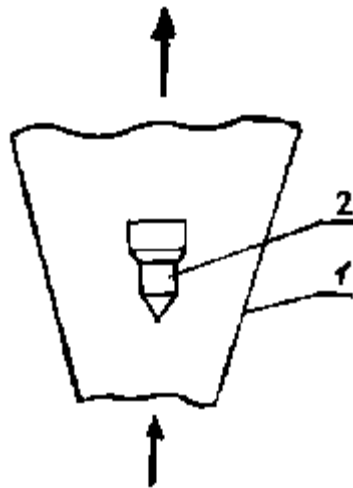


Рисунок 1.12 Схематичне зображення витратоміру постійного тиску

Найчастіше такі витратоміри використовують для вимірювання чистих, слабо забруднених речовин, що плинуть в трубопроводі.

Витратоміри постійного тиску можна класифікувати наступним чином:

- ротаметри;
- поплавкові витратоміри;
- поршневі витратоміри.

Схема, що відображає будову промислового зразка витратоміру постійного тиску, зображено на рисунку 1.13. Даний витратомір - це ротаметр, що включає конічну трубку 2, шкалу приладу 3, шпильки 4, та металеві фланці-затискачі 5.

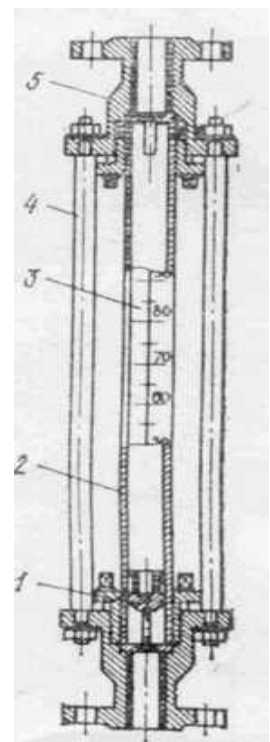


Рисунок 1.13 Витратомір постійного тиску, ротаметр

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Графік залежності висоти поплавка від вимірюваної витрати зображено на рис. 1.14.

Для визначення витрати рідини в трубопроводі за показом поплавка, необхідно використати тарувальний графік рисунок 1.8, та рівняння 1.1.

$$Q = (0,15 + 0,042 \cdot N) \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad (1.3)$$

де Q – витрата; N - ціна поділки.

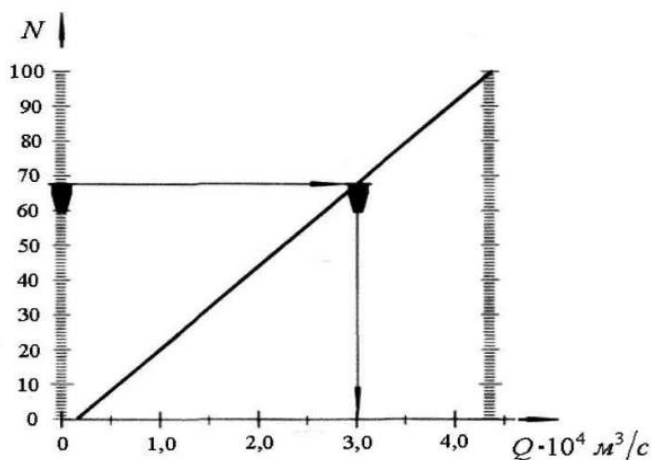


Рисунок 1.14 Залежність висоти поплавка від витрати рідини

Переваги витратомірів постійного тиску:

- простота конструкції;
- надійність;
- широкий діапазон вимірювання.

Недоліки:

- вертикальне розміщення приладу;
- залежність від густини та в'язкості середовища;
- залежність від візуального зчитування інформації;
- оптичне, автоматизоване зчитування тільки для прозорих рідин.

1.7 Витратоміри за компоновкою

Витратоміри за компоновкою можуть бути: інтегральні, та рознесені. Під час монтування доречно врахувати всі фактори, що можуть впливати на прилад [17].

Так інтегральні витратоміри рисунок 1.15 (а), мають вторинний перетворювач, що монтується на первинному перетворювачі, що робить систему надійною, та простою у виготовленні і використанні та дешевшою за рознесену.



а)



б)

Рисунок 1.15 Витратомір із а - інтегральною, та б – рознесеною компоновкою

Рознесені витратоміри рисунок 1.15 (б) мають вторинний перетворювач, який монтується на відстані відносно первинного перетворювача. Такі системи мають ряд переваг [17]:

- монтування системи у приміщеннях з високою температурою;
- вимірювання середовища із високою температурою;
- вимірювання де можлива вібрація трубопроводу;
- вимірювання де можливе затоплення витратоміру;
- вимірювання у складних ділянках, або мають ускладнений доступ.

Тому при необхідності відокремити вторинний перетворювач доречно робити вибір в сторону із рознесеною компоновкою.

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

1.8 Висновки до розділу 1

Дослідивши та проаналізувавши базу існуючих лічильників та приладів в Україні, можна дійти висновку, що на сьогодні існує безліч вимірювальних систем, що дозволяє контролювати та досліджувати різні речовини, як рідини так і газ.

Перед вибором приладу, необхідно дослідити умови за яких вони будуть працювати. Так умови, компоновка, режим, та конструкція лічильника може суттєво впливати на адекватність результатів вимірювання. Тому користувачеві перед вибором, необхідно правильно вибрати лічильник, а виробникові – надати достовірну інформацію та технічну документацію.

На сьогодні Україна переходить на нові системи обліку, та відмовляється від застарілих методів вимірювань. Так методи вимірювання аміаку, не дозволяють зводити баланс вхідної-вихідної сировини, та робити аналіз втрати аміаку в магістралях, що були змонтовані декілька десятків років тому.

Тому я вважаю, за необхідним є вивчення і створення сучасної методики, та системи вимірювання аміаку в цілому. Так створення сучасної системи, дозволить економічно та ефективно видобувати, та використовувати аміак як вагомий ресурс.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА КОРІЮЛІСОВОГО ВИТРАТОМІРУ

2.1 Розробка схем КВПВ

Під час проектування нової, сучасної та нової системи вимірювання, необхідним та важливим є проектування структурної та принципової схеми вимірювання. Структурна схема – адекватно описує зв'язок між компонентами приладу, та відображає фізичну залежність виходу відносно входу, на кожному компоненті та дозволяє описати систему у вигляді математичного запису. Принципова схема – дозволяє уявити систему наглядно, та відображає компоненти, з яких складається система, та їхні зв'язки між собою.

2.1.1 Розробка структурної схеми КВПВ

Структурна схема, дозволяє дослідити фізичну залежність компонентів, тому необхідно правильно вибрати компоненти, що будуть в складі системи КВПВ. Перед тим як перейти до вибору компонентів, та створення структурної схеми необхідно:

- визначити принцип роботи системи;
- визначити кількість компонентів системи;
- визначити фізичні взаємодії;
- розрахувати математичну модель;
- оцінити зовнішній вплив на систему.

Дана система повинна мати такі основні компоненти, що необхідні для створення схеми, та правильної роботи елементів:

- задаючий генератор (катушка збудження);
- вимірювальний канал в якому буде відбуватись плин аміаку
- вимірювальний блок, який складається із вхідного і вихідного детекторів;
- підсилювач;
- фільтр, для коректної роботи мережі;

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– обчислювач.

Структурна схема наведена нижче на рис 2.1.

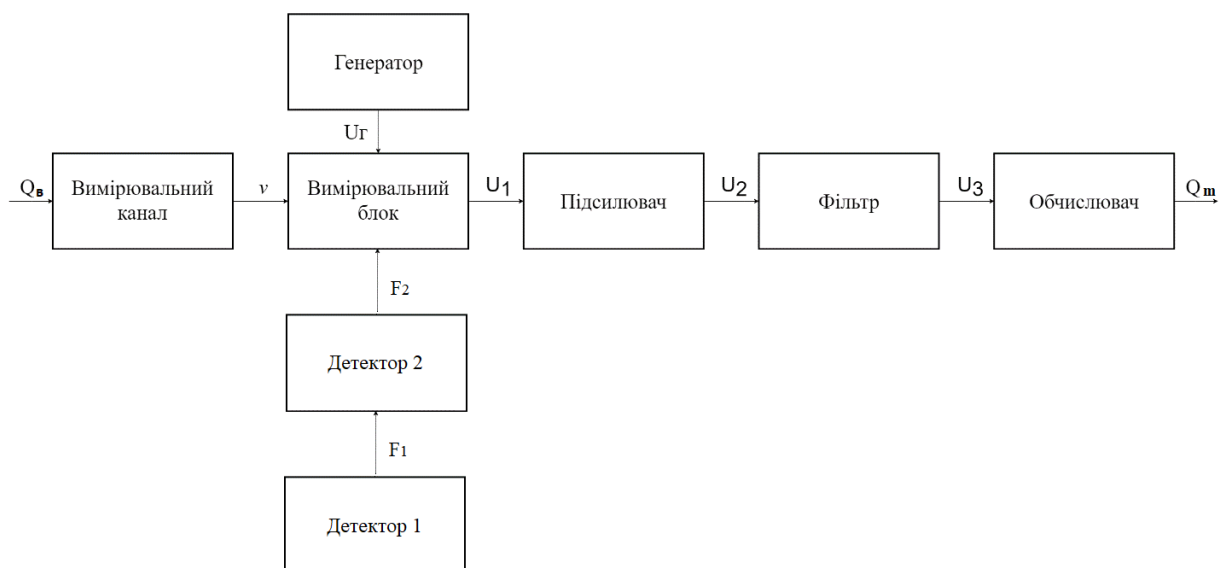


Рисунок 2.1 Структурна схема

Q_v – витрата на вході системи;

v – швидкість з якою плине аміак в вимірювальному каналі;

F_1 – створювана Коріолісова сила на вході системи;

F_2 – створювана Коріолісова сила на виході системи

U_{Γ} – напруга, що знімається на виході з клем генератора;

U_1 – напруга, що знімається з ВБ, та подається на вхід підсилювача;

U_2 – напруга, що знімається на виході з підсилювача, та подається на вхід фільтру;

U_3 – напруга, що надходить після фільтрації, та подається на вхід обчислювача;

Q_m – обчислена масова витрата, на виході системи.

Тобто на вхід системи КВПВ надходить деяка витрата Q , швидкість v визначається в ВБ. З генератора, що під'єднаний, до ВБ, надходить напруга U_{Γ} . Так генератора, створює вібрацію, тобто коливання вимірювальної трубки. Витрата маси визначається за дією рідини на вібруючі трубки. При русі рідини від входу до виходу, діє вібраційне прискорення, що весь час змінює свій

					МД П/4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

напрямок. Оскільки потоки рідини на вході і виході трубки мають протилежні напрямки, то і виникають там сили Коріоліса, що будуть спрямовані в різні боки. В результаті чого під дією результуючої сили дві частини трубки зміщуються один відносно одного відповідно до циклу вібрацій [18]. Для отримання значення масової витрати Q_m , напруга вимірювального блоку проходить від підсилювача до фільтру, та надходить на обчислювач.

2.1.2 Розробка принципової схеми КВПВ

Для наглядного розуміння системи, зв'язку компонентів між собою та адекватної оцінки КВПВ, необхідним є навести принципову схему, рисунок 2.2:

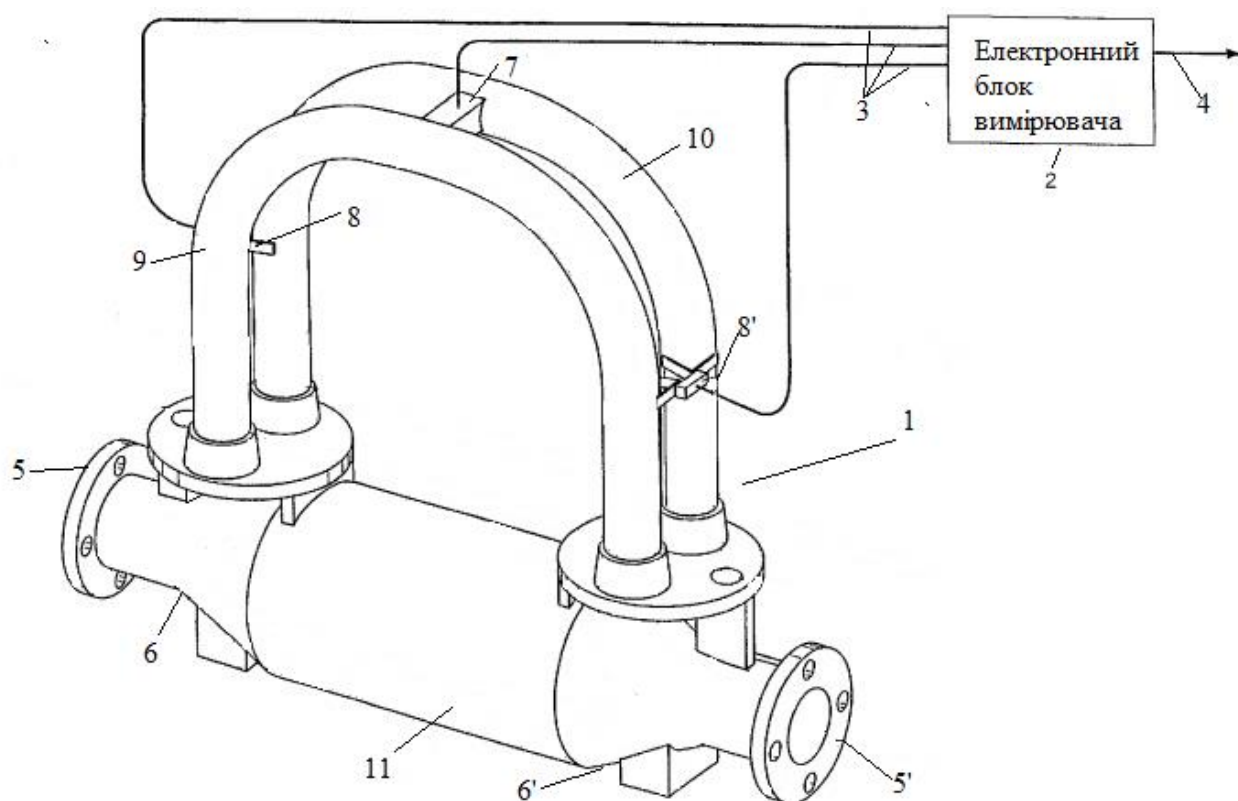


Рисунок 2.2 Принципова схема КВПВ

1 – Коріолісовий витратомір; 2 – електронний блок; 3 – провідники; 4 – вимірювальний канал; 5, 5' – фланці; 6, 6' – колектори; 7 – збуджувач; 8, 8' – датчики; 9, 10 – вимірювальні трубки; 11 -корпус;

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Принцип системи заснований на зсуві фаз і прямому вимірі того, скільки рідини, або газу переміщається по трубі в даний момент. Речовина в трубопроводі, що подається на вхід Коріолісового витратоміру, поділяється на два потоки у трубках КВПВ. Трубки розташовані всередині корпусу витратоміра. Вібратор змушує трубки постійно вібрувати. При відсутності потоку, вимірювальні трубки вібрують рівномірно. Сенсори, розташовані на вході і виході з точністю визначають коливання. Як тільки рідина починає переміщатися по вимірювальній трубі, на наявну вібрацію накладається додаткове коливання в результаті інерції рідини, так за різницею фаз оцінюють витрату.

Таким чином, структурна схема описує зв'язок та фізичну залежність виходу відносно входу. Принципова, дає адекватно та наглядно уявити будову системи. Так даний вид схем є необхідним під час будови КВПВ. Ці схеми є гарним помічником під час вибору компонентів та моделювання системи.

2.2 Математичне моделювання та метрологічні характеристики приладу

Під час розробки КВПВ необхідним є створити математичну модель. Так математична модель, дозволяє оцінити вплив різних компонентів системи, та різного виду зовнішніх чинників у вигляді математичного запису. Тому дана модель дасть адекватно оцінити систему у вигляді математичного запису. Керуючись математичним записом, можна буде дослідити метрологічні характеристики, та правильність вибору елементів системи.

2.2.1 Математичне моделювання вимірювальної системи

Для побудови математичної моделі необхідно розглянути коливання труб, що знаходяться в конструкції КВПВ. Для вирішення диференційного рівняння, що описує коливання системи КВПВ, необхідно подолати декілька кроків:

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перший крок – постає у вирішенні вільних резонансних коливань каналу, в даному кроці знаходяться форми і частота власних коливань.

Другий крок - дослідження впливу сил Коріоліса. Сили які діють на систему розглядають як рівномірно розподілені, на об'єкт дослідження.

Третім крок – дослідження сили збудження, в результаті отримуємо рівняння, яка відображає вплив зовнішніх чинників і параметрів системи «речовина (аміак)-трубопровід», що впливають на коливальний процес даної системи, тобто математичну модель системи «аміак –трубопровід». Та отримуємо вираз, що має наступний вид [19]:

$$y(x, t) = \frac{\varphi_3(x)\mu_{ж}v(\sin w_3t - t \cos w_3t)}{(\mu_m + \mu_{ж})} \int_0^l \varphi'_3(x) \varphi_3(x) dx + \frac{\varphi_3(x)\varphi_3\left(\frac{l}{2}\right)A}{2w_3(\mu_m + \mu_{ж})} t \sin w_3t \quad 2.1$$

де, μ_m - маса каналу;

$\mu_{ж}$ - погонна маса рідини;

v - швидкість потоку рідини;

$\varphi_3(x)$ - рівняння третьої моди коливань;

ω_3 - власна частота третьої моди коливань;

A - амплітуда збуджуючих коливань.

Для побудови моделі, необхідно врахувати параметри встановлених датчиків КВПВ. Тому необхідно змодельовати ділянку вимірюваного каналу
 рисунок 2.2 [19].

На рисунку 2.2 представлений вимірювальний канал, на яку діє сила збурення, що діє за гармонійним законом:

$$P(t) = A_0 \cdot \cos(wt),$$

де, A_0 – амплітуда сили збурення, w – частота збурень.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

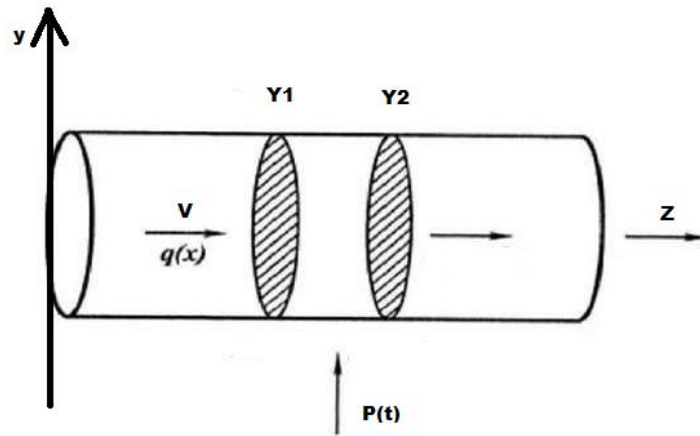


Рисунок 2.3 Вимірювальний канал

Датчики змонтовані симетрично до каналу на ділянках Y1 та Y2 (рис. 2.3).

Математична модель, що визначає вплив параметрів датчиків, може бути представлена вхідним вектором, та матрицею аффінора, що характеризує їх взаємодію, та визначає ступінь впливу на систему[20].

Вхідні координати вектора є: густина, витрата, температура речовини, модуль пружності. Та параметри трубопроводу: діаметр, довжина, густина матеріалу трубопроводу, жорсткість, інерційні маси, ступінь заспокоєння та збудження датчиків, температура навколишнього середовища.

Матриця впливу аффінора, або взаємодії параметрів [20]:

$$a_{ij} = \frac{\partial Z_y}{\partial Z_{xi}} \frac{\partial Z_{xi}}{\partial Z_{xj}}, \quad 2.2$$

де, z_y - характеристика вихідної величини, z_{xi} і z_{xj} - характеристики вхідних величин.

Характеристики величин – це систематичні, або випадкові їх зміни у системі. Елемент матриці, характеризує вплив i -ой вихідної величини відносно j -ої вхідної величини, враховуючи взаємозалежність всіх вхідних величин. Взагалом елемент матриці аффінора характеризує вплив j -ой вхідної величини

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

на i -ую і далі на вихідну, враховуючи залежність всіх вхідних величин між собою.

Надалі модель 2.1, та 2.2, можна використати як базові для дослідження лічильників типу КВПВ.

2.2.2 Математичне моделювання вимірювальної речовини

Під час моделювання КВПВ, необхідно дослідити речовину вимірювання. Так математичне моделювання аміаку, дасть точно розуміти з якими параметрами необхідно буде працювати, та на що звернути увагу під час конструювання КВПВ.

Аміак (NH_3)— безбарвний газ із різким запахом. Неорганічна сполука, що легша за повітря, та гарно розчиняється у воді. Вважається реакційною речовиною, що вступає в реакції приєднання, окислення, заміщення [21].

Фізико-хімічні властивості наведені в таблиці 2.1 [22].

Таблиця 2.1

Фізико-хімічні властивості аміаку

Температура кипіння	239,8 К
Температура плавлення	239,8 К
Критична температура	405,4 К
Критичний тиск	10,78 МПа
Об'єм у моль	22,081
Густина	0,771 г/см ³

У воді аміак дуже гарно розчиняється, так при температурі від 300 до 315 К та за атмосферного тиску, в 1 л води розчиняється приблизно 745-755 л газоподібного аміаку. Властивості аміаку в стані сухого насиченого пару наведені в таблиці 2.2 [23].

При звичайній температурі, аміак стійка сполука. При температурі 145 К і вище, та за газового стану помітна дисоціація аміаку на N_2 та H_2 . Дисоціація при наявності каталізатора відбувається за температури 572 К.

За рідкого стану аміак, стає стійкішим до температури, але динамічна в'язкість суттєво знижується при підвищенні температури. В стані насичення властивості наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2

Властивості аміаку в стані сухого насиченого пару

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{МПа}$	$\rho', \text{кг/м}^3$	$r, \text{кДж/кг}$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{К)}$	$\lambda \cdot 10^4, \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	$\alpha \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\mu \cdot 10^5, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Pr
-70	0,01092	0,1108	1469,3	2,028	150	66,8	-	-	-
-60	0,02187	0,2123	1443,5	2,066	160	36,5	-	-	-
-50	0,04082	0,3804	1416,8	2,118	170	21,1	0,785	20,636	0,98
-40	0,07169	0,6439	1388,9	2,184	180	12,8	0,807	12,533	0,98
-30	0,1194	1,038	1359,6	2,267	191	8,12	0,830	7,996	0,98
-20	0,1901	1,605	1328,7	2,368	203	5,34	0,854	5,321	1,00
-10	0,2908	2,393	1296,1	2,486	217	3,65	0,880	3,677	1,01
0	0,4296	3,460	1261,5	2,624	233	2,57	0,907	2,621	1,02
10	0,6153	4,872	1224,8	2,783	250	1,84	1,936	1,921	1,04
20	0,8578	6,706	1185,8	2,966	269	1,35	0,968	1,443	1,07
30	1,1675	9,054	1144,0	3,177	291	1,01	1,000	1,104	1,09
40	1,5556	12,029	1099,1	3,424	315	0,765	1,035	0,860	1,13
50	2,0337	15,770	1050,5	3,719	343	0,585	1,072	0,680	1,16
60	2,6147	20,46	997,6	4,081	375	0,449	1,114	0,544	1,21

Теплопровідність аміаку при нагріванні за рідкого стану знижується, а за газоподібного стану збільшується. Підвищення тиску, збільшує значення теплопровідності для рідкого і газоподібного стану.

Таблиця 2.1

Властивості аміаку в стані насичення

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{МПа}$	$\rho', \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\alpha \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\mu \cdot 10^5, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\sigma \cdot 10^2, \text{Н/м}$	Pr
-70	0,01092	725,3	4,359	—	—	—	—	5,49	—
-60	0,02187	713,9	4,378	0,600	0,192	—	—	5,14	—
-50	0,04082	702,2	4,404	0,585	0,189	31,5	0,449	4,81	2,37
-40	0,07169	690,2	4,434	0,570	0,186	27,6	0,400	4,48	2,15
-30	0,1194	677,9	4,468	0,554	0,183	24,3	0,358	4,16	1,96
-20	0,1901	665,1	4,506	0,538	0,180	21,6	0,325	3,84	1,81
-10	0,2908	652,0	4,549	0,522	0,176	19,4	0,298	3,53	1,69
0	0,4296	638,5	4,599	0,506	0,172	17,5	0,274	3,23	1,59
10	0,6153	624,6	4,659	0,490	0,168	15,9	0,255	2,93	1,51
20	0,8578	610,2	4,731	0,472	0,164	14,5	0,238	2,64	1,45
30	1,1675	595,1	4,821	0,455	0,159	13,2	0,223	2,34	1,40
40	1,5556	579,4	4,931	0,436	0,153	12,1	0,209	2,06	1,37
50	2,0337	562,8	5,070	0,417	0,146	11,0	0,195	1,77	1,34
60	2,6147	545,2	5,246	0,398	0,139	10,0	0,183	1,49	1,32

Теплопровідність аміаку, за низьких температур, та атмосферному тиску наведено в таблиці 2.4 [23].

Таблиця 2.4

Теплопровідність аміаку, за низьких температур, та атмосферному тиску

T, K	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
$\lambda \cdot 10^3, \text{Вт/м}\cdot\text{град}$	15,3	16,2	17,0	17,8	18,6	19,6	20,6	21,6	22,6	23,6	24,7

Математичну модель можна представити у вигляді поліному – ряду Тейлора [24]:

$$y = \beta_0 + \sum_{z=1}^k \beta_z x_z + \sum_{u,z=1}^k \beta_{uz} x_u x_z + \sum_{z=1}^k \beta_{zz} x_z^2 + \dots \quad (2.3)$$

$$\text{де, } \beta_z = \left. \frac{\partial \phi}{\partial x_z} \right|_{x \rightarrow 0} \quad \beta_{uz} = \left. \frac{\partial^2 \phi}{\partial x_u \partial x_z} \right|_{x \rightarrow 0} \quad \beta_{zz} = \left. \frac{\partial^2 \phi}{\partial x_z^2} \right|_{x \rightarrow 0}.$$

Але під час реальних вимірювань, на систему та речовину впливають зовнішні чинники, тобто неконтрольовані параметри. Тому при обробці даних, використовують вибіркові параметри регресії, b_0 , b_i , b_{uz} , b_{zz} . Ці параметри є оцінкою теоретичних значень β_0 , β_z , β_{uz} , β_{zz} .

Рівняння регресії матиме наступний вигляд [24]:

$$y' = b_0 + \sum_{z=1}^k b_z x_z + \sum_{\substack{u,z=1 \\ u \neq z}}^k b_{uz} x_u x_z + \sum_{z=1}^k b_{zz} x_z^2 + \dots, \quad (2.4)$$

де, b_0 – вільний член регресії;

b_i , - лінійні ефекти;

b_{zz} – квадратичні ефекти;

b_{uz} – ефекти взаємодії.

Коефіцієнти в рівнянні 2.3 визначаються за допомогою МНК, з умови:

$$s = \sum_{i=1}^K (x_i - y')^2 = \min \quad (2.5)$$

де, K – вибірка із всієї кількості значень дослідних параметрів. Різницю між вибіркою K , та кількістю накладених зв'язків l , визначає ступінь свободи f :

$$f = K - l. \quad (2.6)$$

При недостатніх обсягах вибірки K , та збільшення порядку поліному, призводить до залишкової дисперсії. Далі необхідно використати трансцендентну регресію, щоб зменшити кількість невизначених коефіцієнтів [24].

Щоб спростити систему рівнянь, необхідно зробити заміну її параметрів. Обчислення коефіцієнтів трансцендентної регресії може виявитися досить трудомістким внаслідок необхідності вирішувати систему нелінійних рівнянь. Обчислення спрощується, якщо провести заміну змінних. Наприклад [24]:

$$y = b_0 b_1^x \quad y = b_0 x^{b_1},$$

лінеаризація відбувається шляхом логарифмування,

$$\lg y = \lg b_0 + x \lg b_1 \quad \lg y = \lg b_0 + b_1 \lg x. \quad 2.7$$

					МД П/4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Для спрощення вигляду, та розрахунків виконується заміна [24]:

$$\begin{aligned} \lg y &= z & \lg b_0 &= a \\ \lg b_1 &= a_1 & \lg x &= t \end{aligned}$$

так рівняння 2.7 набуде лінійного вигляду:

$$z = a_0 + a_1 x \quad z = a_0 + b_1 t \quad 2.8$$

де, a_0, b_1, a_1 визначаються за допомогою МНК. Коефіцієнти b_0 та b_1 визначаються по визначеним a_0 та a_1 .

Отже із рівнянь 2.1, та 2.8 отримуємо математичну модель КВПВ

$$q(x, t) = (a_0 + a_1 \frac{\mu_{ж} v}{(\mu_m + \mu_{ж})}) + (a_0 + \frac{b_1}{2(\mu_m + \mu_{ж})}). \quad 2.9$$

Для побудови адекватної математичної моделі необхідно зробити моделювання як і досліджуваної речовини так і системи. Математична модель дає розробнику оцінити вплив як і елементів з яких складається система так і зовнішніх чинників. Побудувавши модель, можна аналізувати та прогнозувати випадкові зміни, що можуть чинити вплив на систему. Так модель полегшує розробку, бо вона є алгоритмом дії системи, та дозволяє оцінити можливі впливи на систему, та реакцію на них.

2.3 Розробка коріолісового лічильника

Під час розробки КВПВ були використані наступні параметри, що наведені в таблиці 2.5.

Допустима похибка вимірювання не більше $\pm 1\%$.

Технологічні характеристики:

- середній термін напрацювання не менше 10 років;
- антикорозійне покриття;
- цифрова індикація;

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- інтерфейсний вихід;
- бездротове підключення до обчислювального блоку.

Таблиця 2.5

Параметри Коріолісового лічильника

Модифікація витратоміру	Умовний прохід DN, мм	Середовище вимірювання	Витрата, м³/год	
			Qmin	Qmax
Масовий (Коріолісовий)	100	Аміак	0,01	600

В основу побудови КВПВ покладено конструкцію розбірного типу, тобто складається з розбірних вузлів рисунок 2.4, 2.5. На сьогодні більша кількість аналогів КВПВ мають не досконалу будову, без можливості ремонту чи заміни елементу.

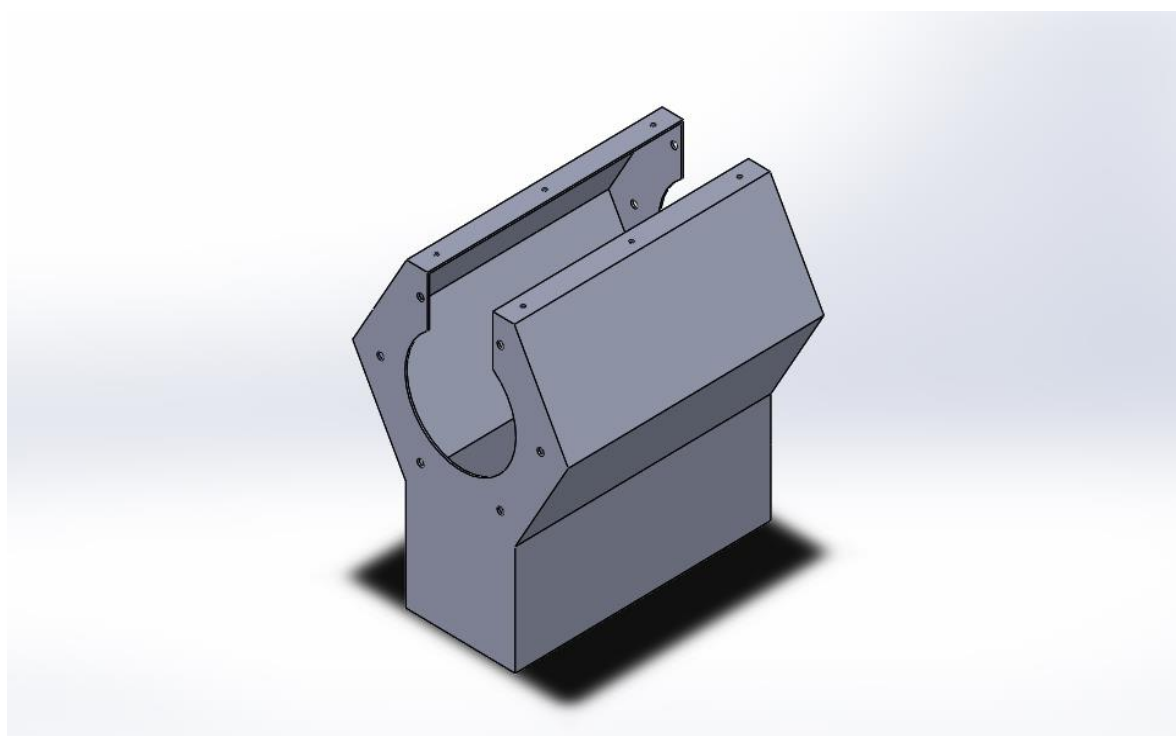


Рисунок 2.4 Корпус КВПВ

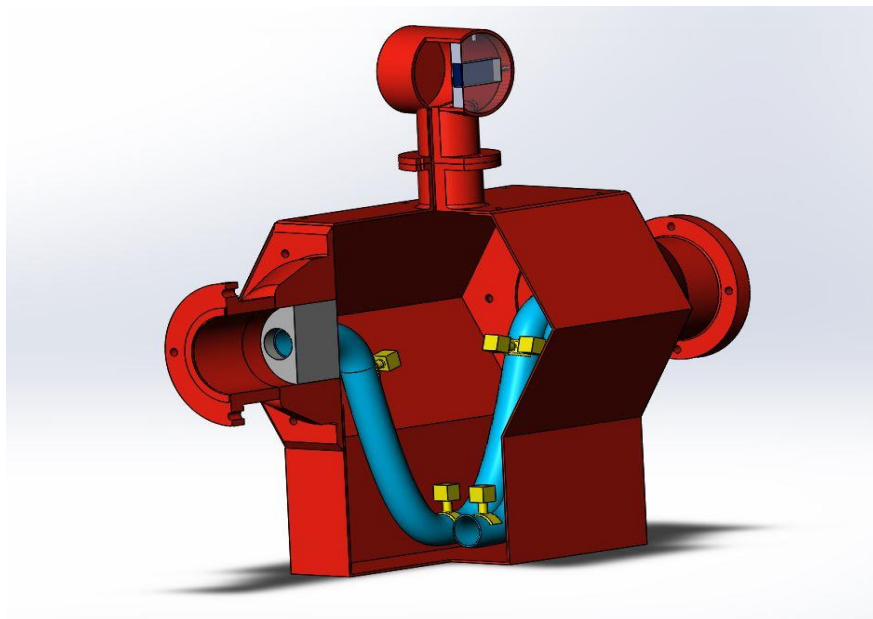


Рисунок 2.5 КВПВ в розрізі

КВПВ має в своєму складі, дві трубки по якій відбувається плин аміаку. На трубки монтується детектори. Трубки з детекторами монтуються в спеціальні закріплюючі втулки, та встановлюються на лічильник. Монтування витратоміру відбувається за допомогою фланцевого з'єднання. Сам корпус побудований таким чином, що його можна використовувати для складання інших схожих за параметрами КВПВ (рис.2.6).

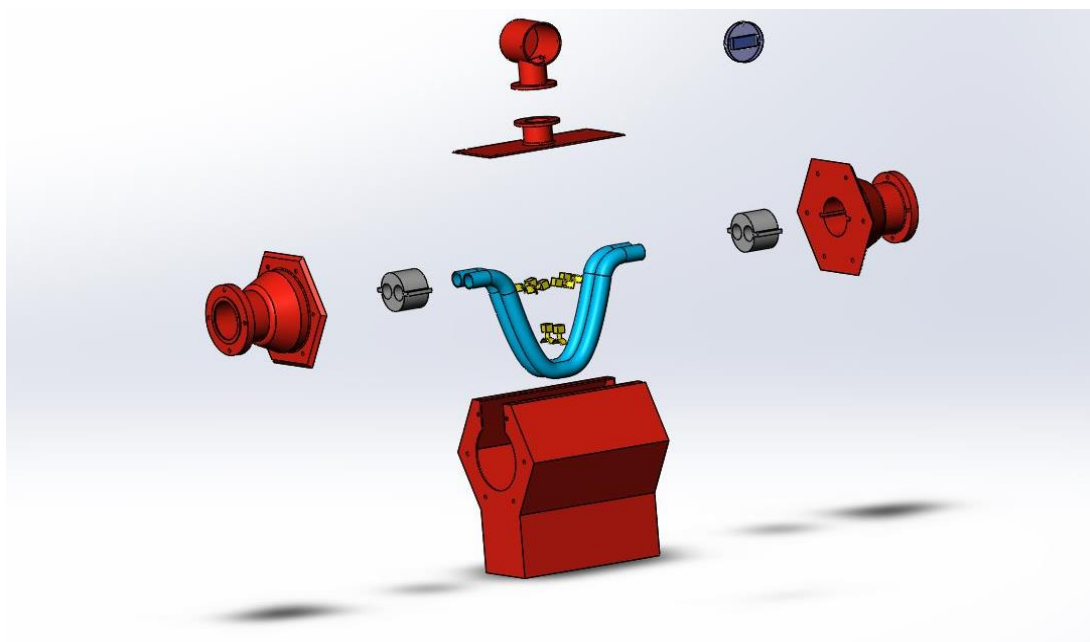


Рисунок 2.6 КВПВ в рознесеному вигляді

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Статична характеристика - це відношення отриманого вихідного сигналу відносно від вхідного:

$$y = f(x). \quad (2.10)$$

Статичну характеристика КВПВ, а саме залежність напруги від витрати можна визначити наступним чином:

$$M = f(\Delta T). \quad (2.11)$$

Де M - масова витрата, ΔT – різниця в часі між сигналами.

Масова витрата може бути обчислена через густину речовини, площу перетину потоку і середню швидкість потоку у цьому перетині:

$$Q_m = \rho VS, \quad (2.12)$$

де, Q_m - масова витрата, ρ – густина, V – об'єм, S – площа перетину потоку.

Також масову витрату можна виразити через об'ємну витрату:

$$Q_m = \rho Qv. \quad (2.13)$$

Так детектори, які вимірюють коливання, базуються на тому, що чим більше ΔT , тим більше масова витрата рисунок 2.7.

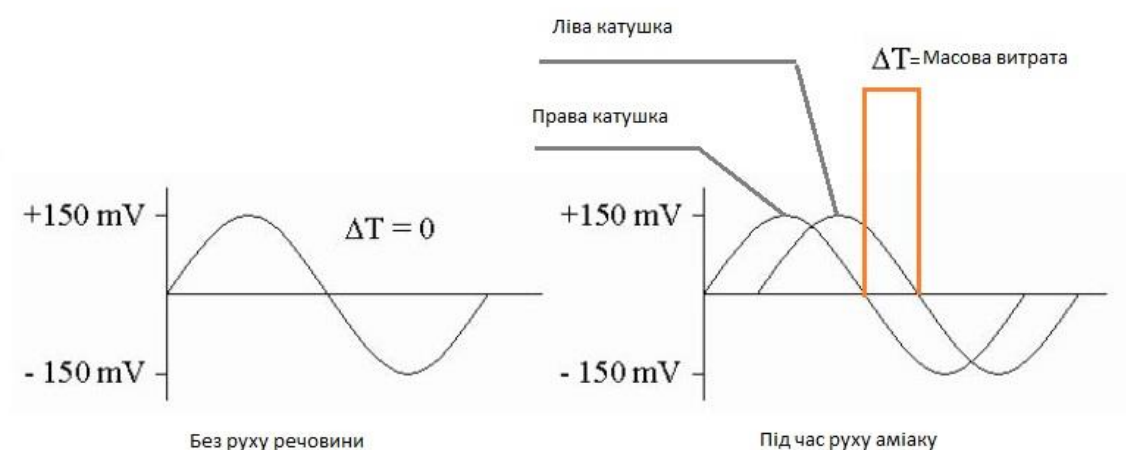


Рисунок 2.7 Сигнали детекторів

Значення розрахованих параметрів (витрати та напруги), для визначення статичної характеристики, наведено в таблиці 2.6:

Таблиця 2.6

Значення витрат та напруги

Q, м ³ /год	U, В
30	0,657
45	1,478
60	2,628
75	4,106
90	5,913
105	8,048
120	10,512
135	13,304
150	16,425
165	19,874
180	23,652
195	27,758
210	32,193
225	36,956
240	42,048
255	47,468
270	53,217

Графік статичної характеристики, що зображений на рис. 2.8 демонструє лінійну залежність. Графік системи (рис. 2.8) відображає реакцію системи відносно вхідного впливу, а так як вона лінійна, то в даному випадку відгуки

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

пропорційні вхідному впливу на систему. Тому дана система показує себе як стійка.

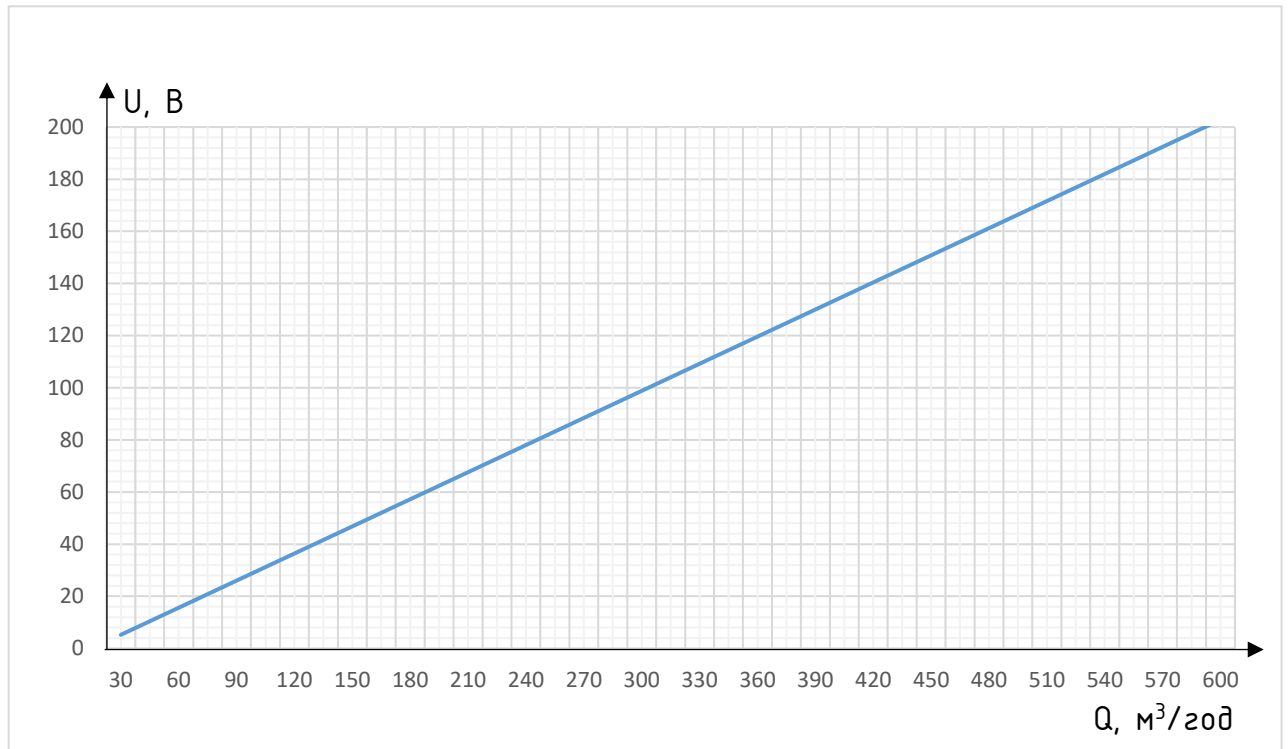


Рисунок 2.8 Статична характеристика КВПВ

Покази, що відображає обчислювач $Q_{об}$ (табл. 2.7), визначаються наступним виразом [24]:

$$Q_f = 1.0054 \cdot Q - Q_{min}, \quad (2.14)$$

де, Q_{min} – мінімальне значення вимірюваної витрати (0,01 м³/год).

Таблиця 2.7

Розрахункові випробування коріолісового лічильника

Витрата Q, м³/год	Покази на обчислювальному блоці $Q_{об}$, м³/год
1	2
135	135,7
150	150,8

Продовження таблиці 2.7

1	2
165	165,8
195	196,0
225	226,2
240	241,2
255	256,3
270	271,4
285	286,5
300	301,6
315	316,6
330	331,7
345	346,8
360	361,9
390	392,0
405	407,1
420	422,2
450	452,4
465	467,5
480	482,5
495	497,6
510	512,7
525	527,8
555	557,9
570	573,0
600	603,2

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Обчислення похибок за значеннями із таблиці 2.7 [24] :

$$\gamma = \frac{Q_{об} - Q}{Q_{max}}$$

$$\delta = \frac{Q_{об} - Q}{Q} \cdot 100\%,$$

де, $Q_{об}$ - покази витрати на обчислювачі,

Q_{max} – максимальна витрата (600 м³/год).

Результати обчислення похибок наведені в таблиці 2.8, та побудовані графіки рисунок 2.9, рисунок 2.10:

Таблиця 2.8

Результати похибок за витратою

Q м ³ /год	Похибка γ_{min} , %	Похибка δ_{max} , %
135	0,0011	0,532
150	0,0013	0,533
165	0,0014	0,533
180	0,0016	0,534
195	0,0017	0,534
210	0,0018	0,535
225	0,0020	0,535
240	0,0021	0,535
255	0,0022	0,536

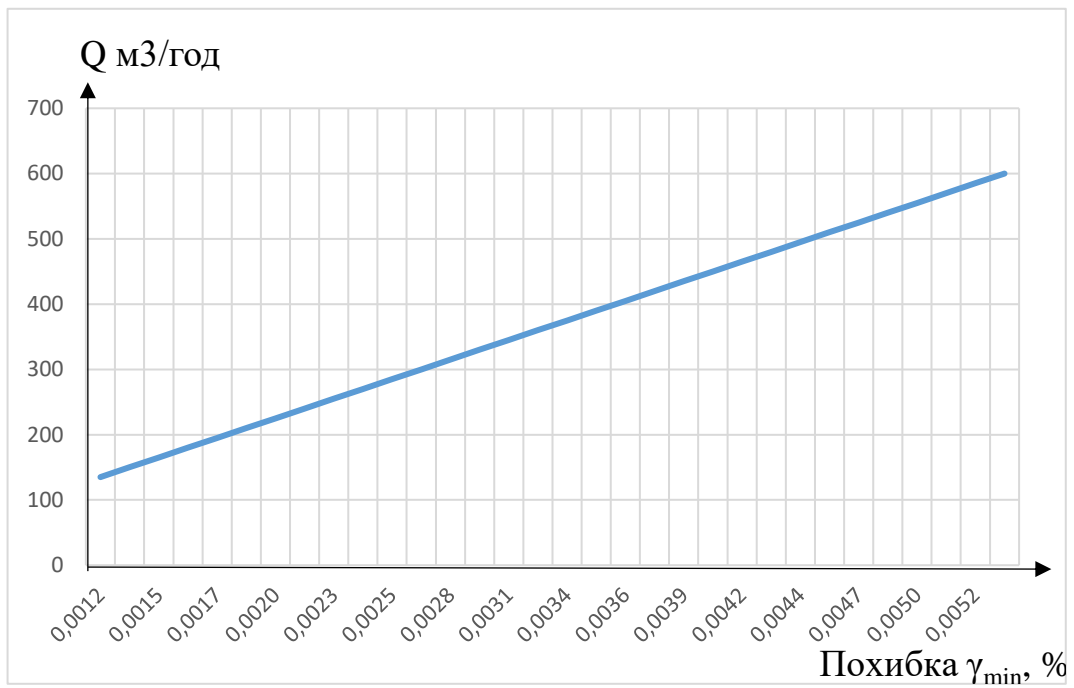


Рисунок 2.9 Графік зміни мінімальної похибки відносно витрати

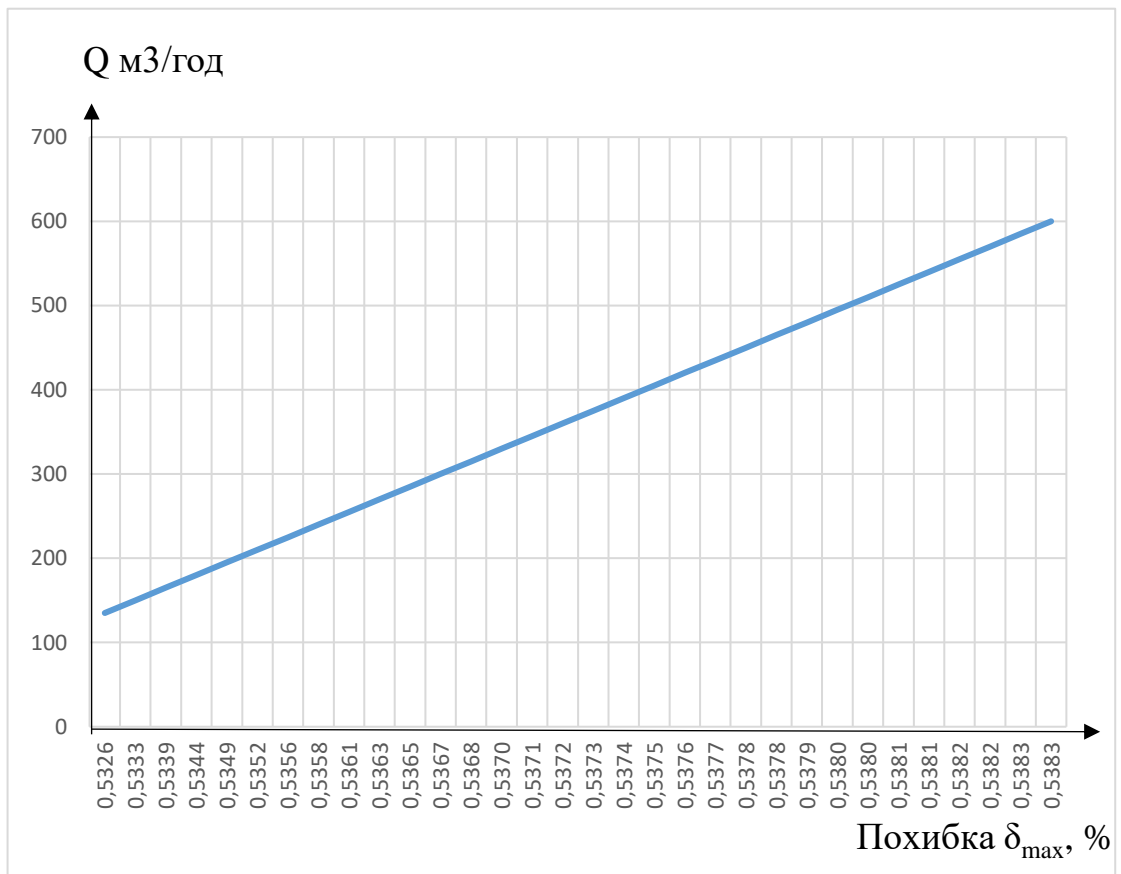


Рисунок 2.10 Графік зміни максимальної похибки відносно витрати

2.3.1 Розробка та розрахунок параметрів вимірювального каналу зігнутого типу

Під час розробки необхідним є вивчити досліджувану речовину, та правильно вибрати матеріали вимірювального каналу. Канали КВПВ виготовляються із хромистої нержавіючої сталі марки Ж4 - 40X13 (4X13). Дана марка відноситься до спеціального класу, використовується в термічно загартованому виді у приладобудуванні для деталей, що працюють в агресивних, корозійних, високих механічних середовищах, має допуск для використання у медичних приладах [25].

Хімічний склад та температурні властивості сталі наведено в таблиці 2.9:

Таблиця 2.9

Хімічні та температурні властивості 40X13

Хімічний склад					
C	Si	Mn	S	P	Cr
0,36-0,45	≤0,8	≤0,8	≤0,025	≤0,030	12,0-14,0
Температура критичних точок					
Ac 1	Ac 3	Ar 1	Ar 3	Ac 1	Ac 3
820	870	780	-	820	870

Основним критерієм вибору матеріалу 40X13, було забезпечити безпечне використання для біологічних речовин та корозійну стійкість, таблиця 2.10.

Корозійні властивості

Вид корозії	Середовище	t, °C	Тривалість, ч.	бал стійкості
Загальний	Концентрована H ₂ SO ₄	20	720	1
	63% H ₂ SO ₄	40	24	4
	24% аміак	20	720	1
Корозійні властивості	Концентрована H ₂ SO ₄	Для підвищення корозійної стійкості рекомендується проводити загартування і відпустку при температурі 250-300 °C.		

Вимірювальні канали КВПВ побудовані у вигляді зігнутого типу, рисунок 2.11.

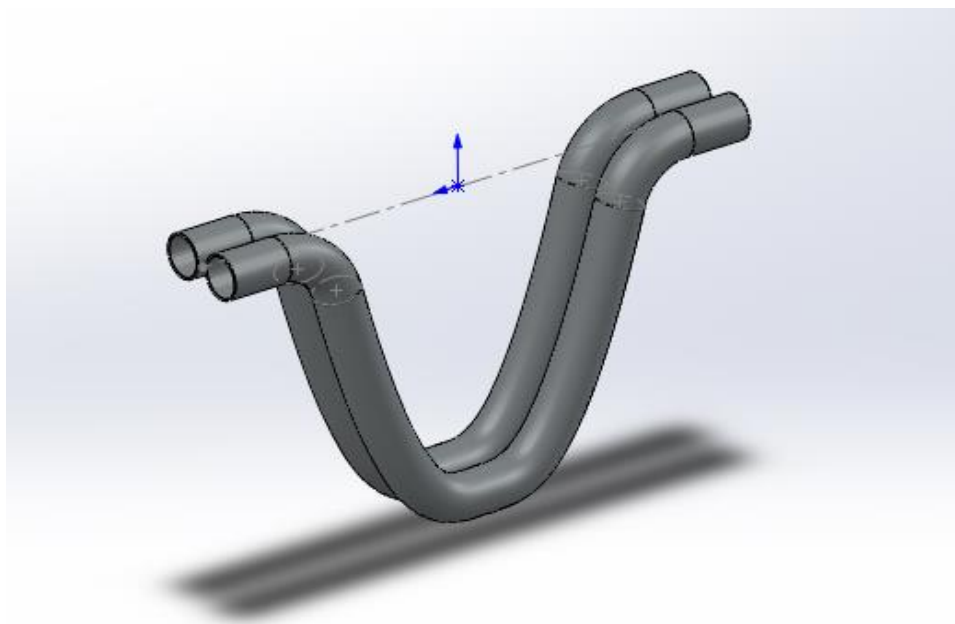


Рисунок 2.11 Вимірювальні канали КВПВ

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зазвичай під час побудови вимірювальних приладів, використовують вуглецеву сталь чи її види, але даний тип ВПВ схильний до пітингової корозії, рисунок 2.12 [26].

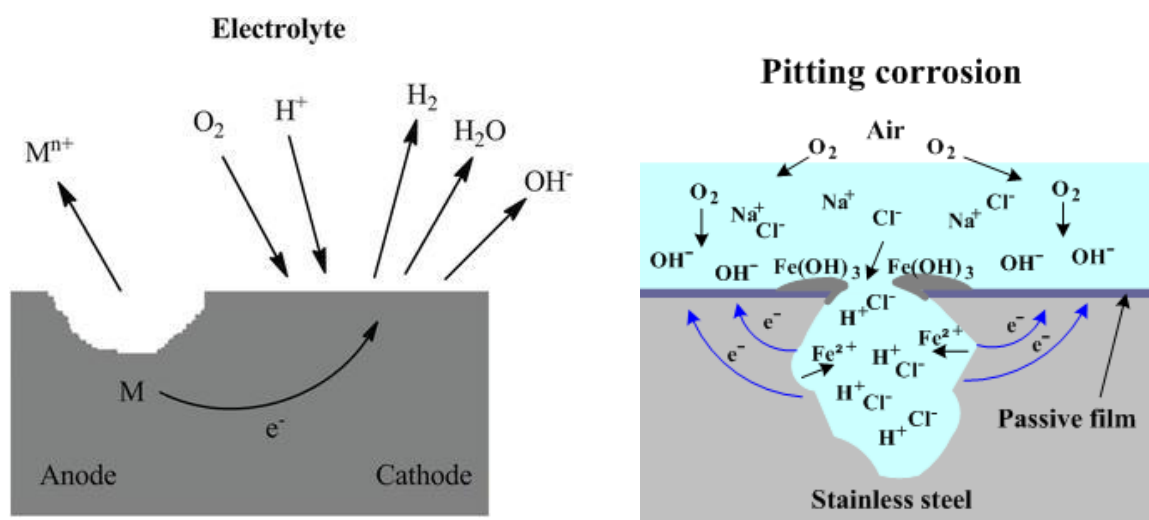


Рисунок 2.12 Механізм виникнення пітингової корозії

Пітингова корозія являє собою утворення порожнин на стінках трубопроводу, що є не допустимим для КВПВ. Так стінки трубопроводу мають товщину достатню для використання простіших марок сталей, але канали ВПВ мають товщину на багато разів меншу, тобто стають вразливими до різного виду корозійних явищ.

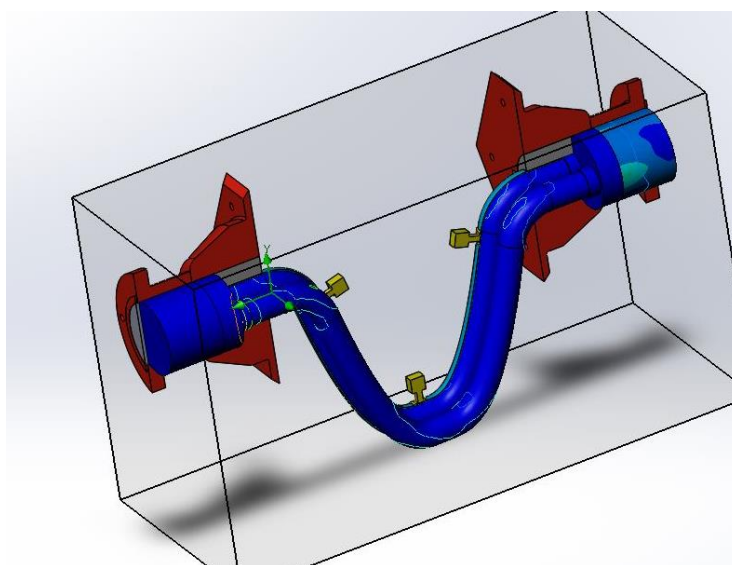


Рисунок 2.13 Рисунок на поверхні

Під час розробки вимірювального каналу необхідно звернути увагу на механічні властивості трубки, та матеріалу з якого вона виготовлена рисунок 2.13. Матеріал каналу повинен бути стійким до корозії, та агресивного середовища вимірювання. Так резонансна частота каналу залежить від багатьох параметрів, таких як геометрія, матеріал, маса. Такий параметр як маса каналу, залишається постійним, тобто не змінним, та використовується для обчислення у вимірювальному блоці. Для частотного режиму моделювання, було зроблено дослідження в системі SolidWorks Simulation, та використані параметри, що наведені в таблиці 2.11. Отримані результати частотного режиму моделювання наведені на рисунку 2.14. Так даний режим дозволяє адекватно оцінити резонансні коливання каналів КВПВ, що дозволить оцінити вплив зовнішніх чинників на канали, та адекватно вибрати місце інсталяції датчиків реєстрації коливань.

Таблиця 2.11

Властивості досліджуваного матеріалу

Характеристика	Значення
1	2
Модуль пружності	2e+11
Коефіцієнт Пуассона	0.28
Модуль зсуву	7.7e+10
Масова густина	7800
Межа міцності при розтягуванні	413613000

1	2
Межа плинності	172339000
Коефіцієнт теплового розширення	1.1e-05
Теплопровідність	2e+11
Питома теплоємність	0.28

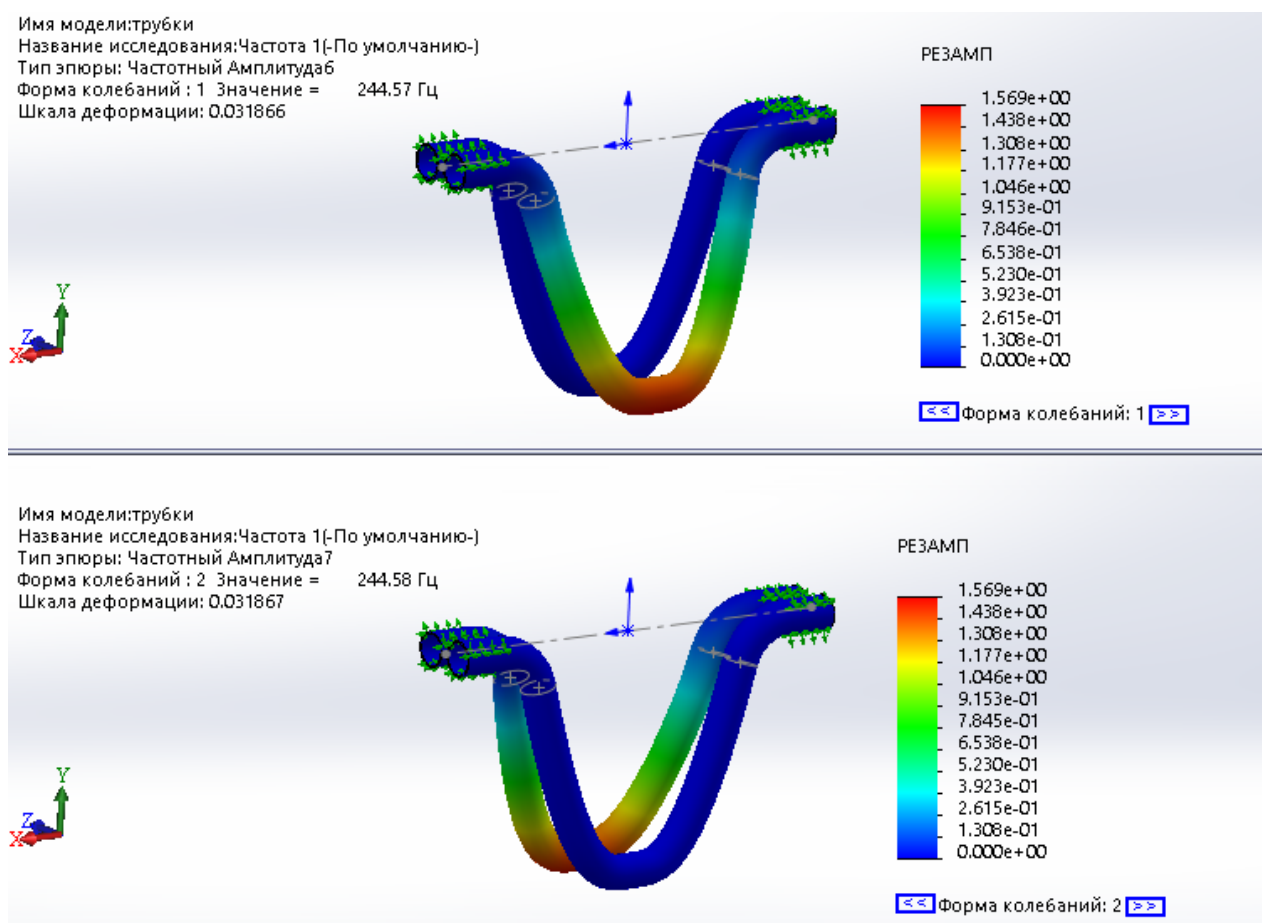


Рисунок 2.14 Частотный режим моделирования

Так частотний режим моделювання демонструє всі особливості каналу зігнутого типу. Найбільшого резонансу піддана нижня частина каналу. На вході та виході каналу резонанс відсутній, що дозволить захистити з'єднання «канал - розгалужувальна втулка» від зносу.

Для дослідження дії швидкостей в системі та траєкторію потоку, було зроблено моделювання у пакеті SolidWorks Flow Simulation рисунок 2.15. Моделювання в режимі дослідження потоків і швидкостей, дозволило оцінити адекватність конструкції «канал - розгалужувальна втулка». Досліджувана речовина подається на вхід вимірювальної системи, та за допомогою розгалужувальної втулки аміак поділяється на два потоки рисунок 2.15 та рисунок 2.16.

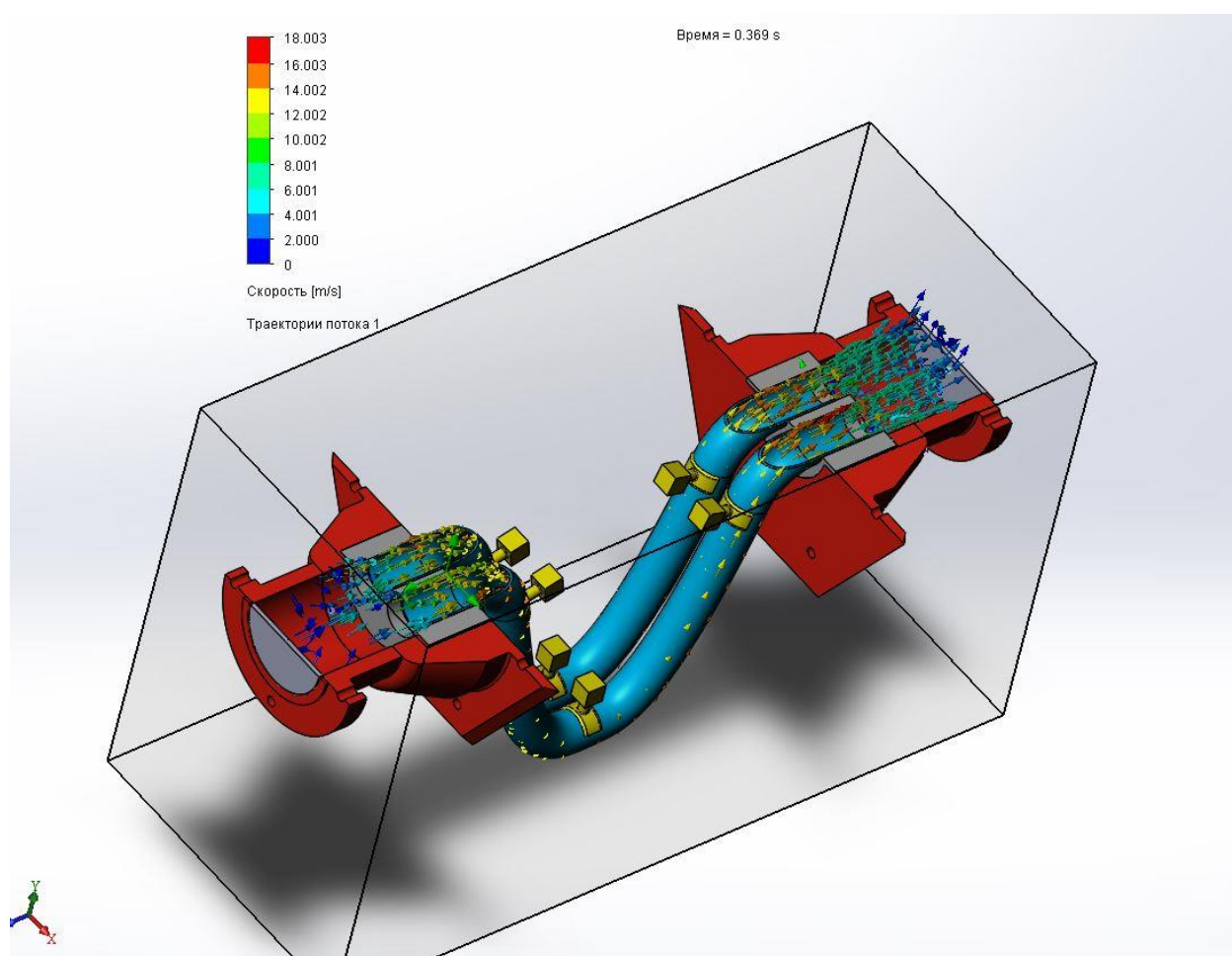


Рисунок 2.15 Дія швидкостей в системі, вид зверху

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

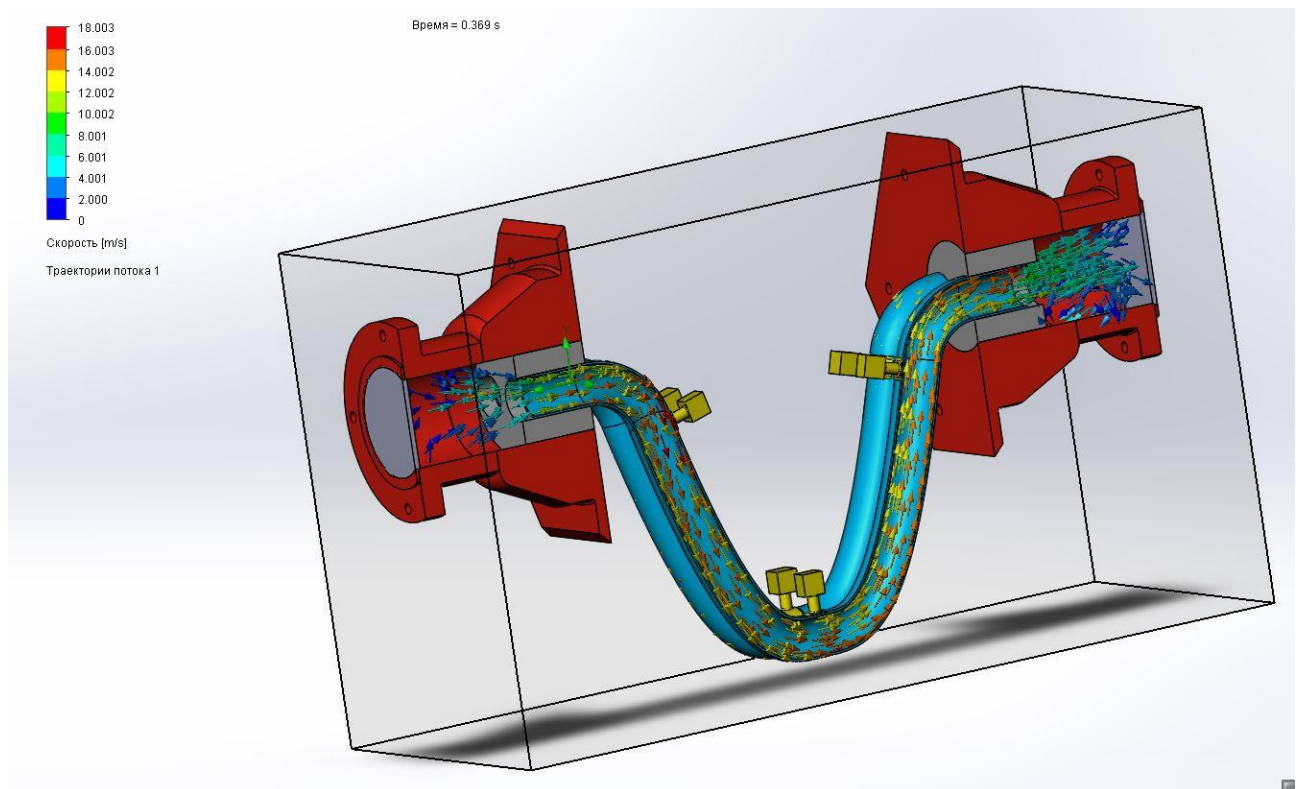


Рисунок 2.16 Дія швидкостей в системі, вид збоку

Результат моделювання траєкторії потоку наведений на рисунку 2.17:

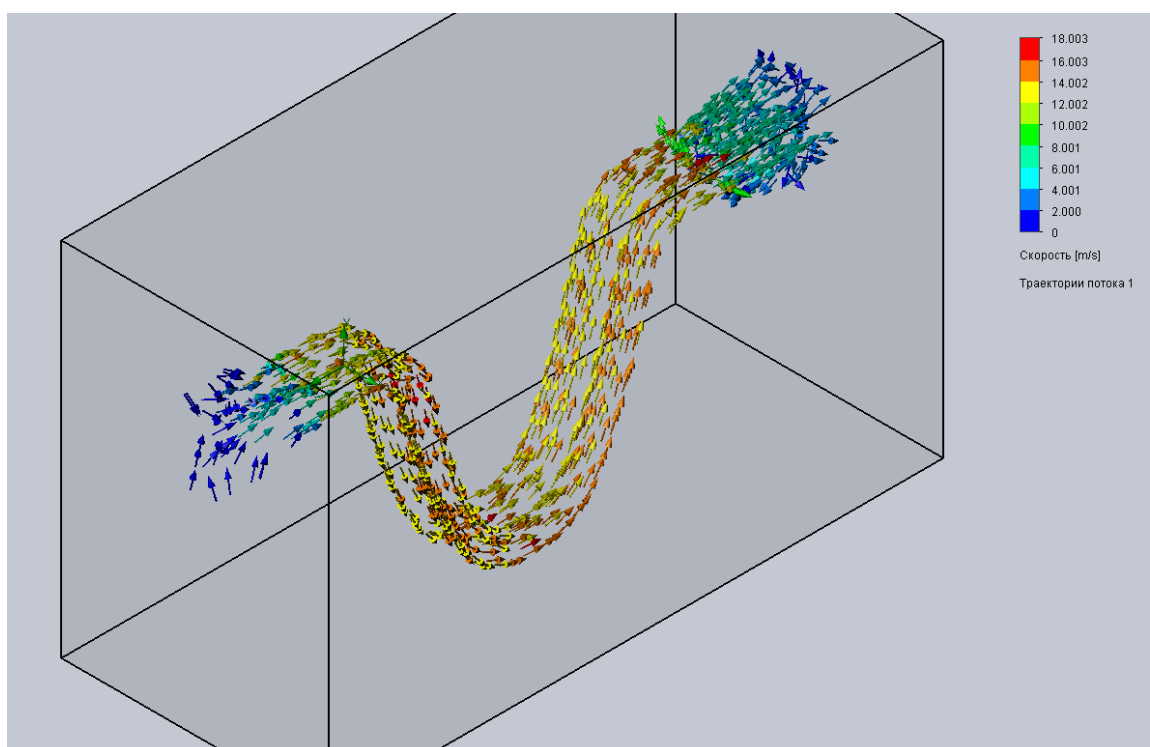


Рисунок 2.17 Моделювання траєкторії потоку

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

За допомогою програмного додатка Flow Simulation для Solid Works, було досліджено траєкторію та дію швидкостей на канали зігнутого типу, що дозволить оцінити плин аміаку, та геометричні особливості вимірювального каналу.

2.3.2 Розробка корпусу КВПВ

Під час дослідження аналогів типу КВПВ, були відмічені недоліки конструкцій:

- недостатній захист від корозії;
- не розбірність конструкцій;
- відсутність уніфікованих конструкцій;
- ускладнена реєстрація в небезпечних так важкодоступних місцях.

Тому в цій магістерській роботі я пропоную наступну конструкцію, рисунок 2.18.

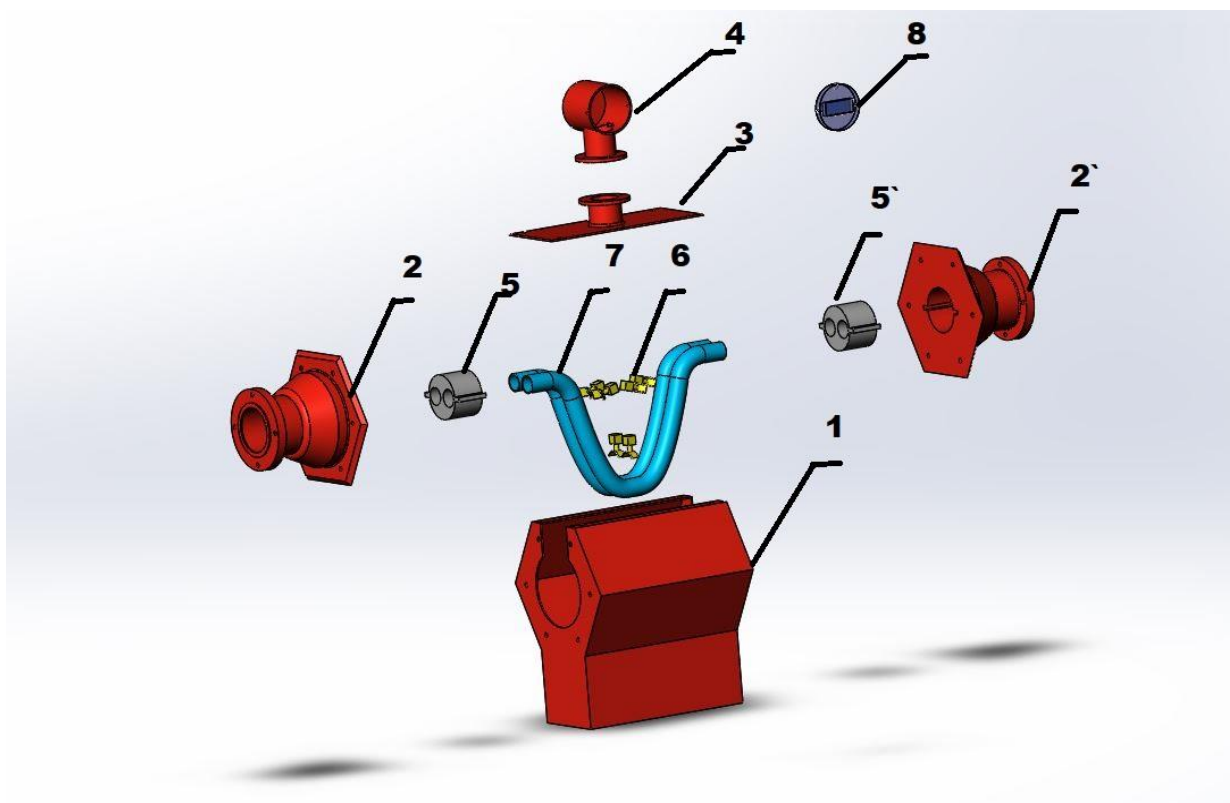


Рисунок 2.18 КВПВ в рознесеному вигляді

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

- Де, 1 – корпус
 2, 2` – фланці;
 3 – кришка;
 4 – обчислювач;
 5, 5` – втулки-дільники потоку;
 6 – датчики реєстрації, збурення;
 7 – вимірювальні канали;
 8 захисне скло.

Унікальність цього КВПВ полягає в тому, що на базі цього корпусу можна скласти різні модифікації витратоміру. Корпус 1 побудований так, щоб до нього можна було приєднувати фланці 2,2` різної модифікації. Та змінюючи втулки-дільники, можна встановлювати канали різного типу. Таким чином, на одному корпусі можна скласти конструкції для вимірювання витрати, при різних умовних діаметрах. Тобто не потрібно створювати додаткових ліній для виготовлення корпусів КВПВ із схожими параметрами. Встановлюючи необхідні фланці 2,2` рисунок 2.19, та відповідні компоненти, можна в одному корпусі мати різні модифікації КВПВ рисунок 2.20. Для дуже великих чи малих вимірювальних каналів, можна створити корпус в іншому масштабі.

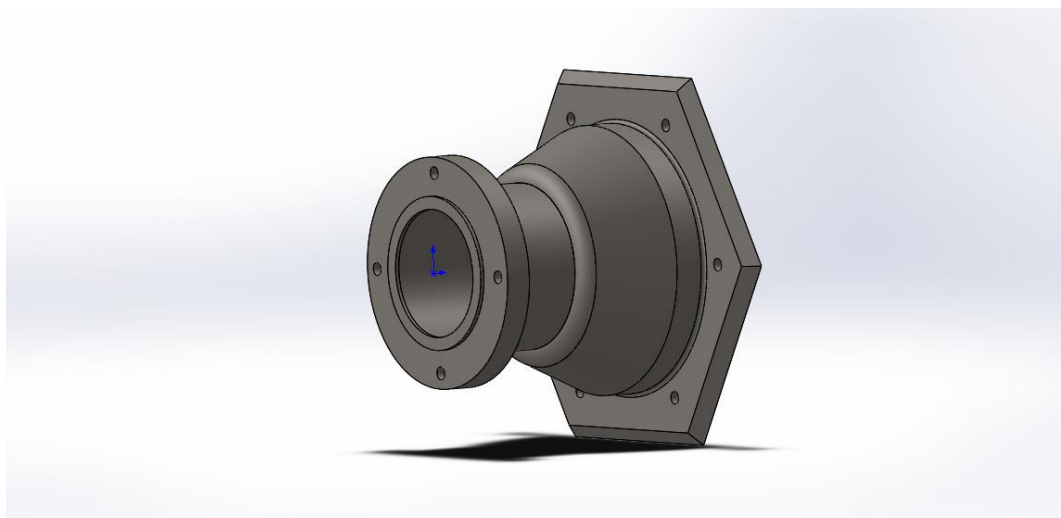


Рисунок 2.19 Фланець

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

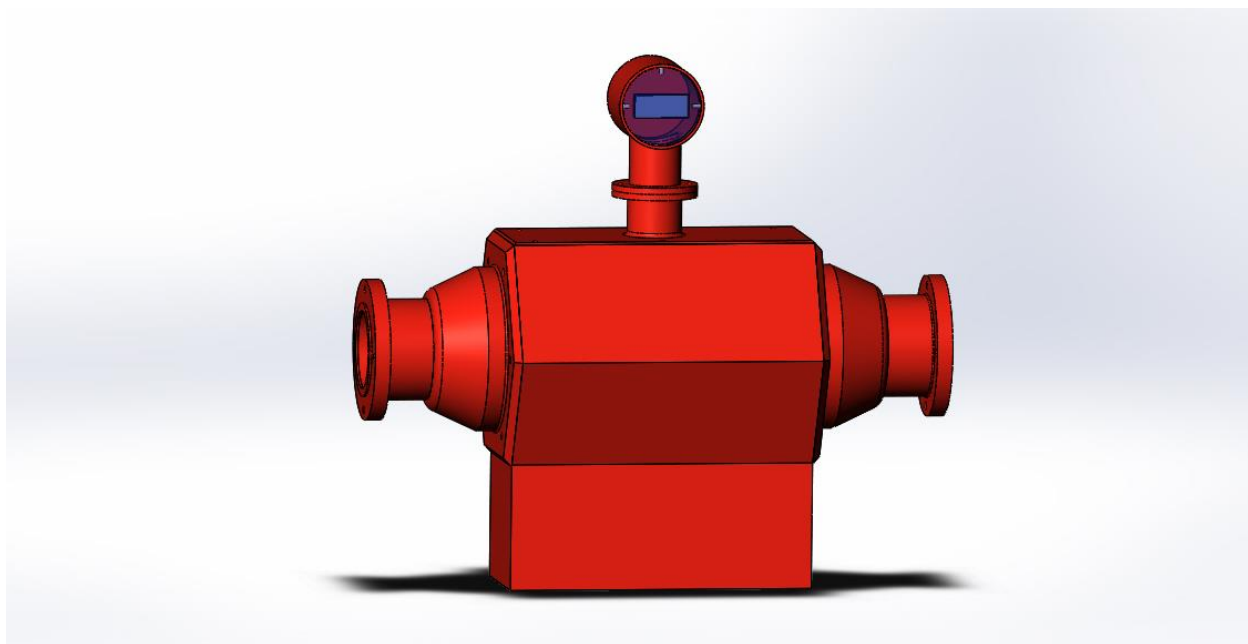


Рисунок 2.20 КВПВ в складеному вигляді

Таким чином переваги розробленого корпусу наступні:

- уніфікація деталей;
- розбірна конструкція;
- потребує менше виробничих ліній для виготовлення;
- можливість монтувати прилад на фланцях різної модифікації;
- сучасний дизайн, що зацікавить споживача;
- можлива модифікація виробу.

2.3.3 Вибір та дослідження ущільнювального матеріалу

Під час розробки КВПВ необхідно правильно вибрати ущільнювальний матеріал. Для ущільнювачів, що використовуються у витратомірах висуваються вимоги:

- доступність;
- дешевизна;
- еластичність;
- корозійна стійкість;

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- стійкість до високих температур;
- стійкість до високого тиску;
- механічна стійкість.

Для КВПВ був вибраний матеріал пароніт кислотостійкий (ПК). ПК (рис 2.21), може використовуватися в приладах, що працюють в середовищі лугів, окислювачів, органічних розчинників, агресивних речовин, нітрозних і інших агресивних газів [27].



Рисунок 2.21 Фланцевий паронітовий ущільнювач

Характеристики ПК наведені в таблиці 2.12 [28].

Таблиця 2.12

Технічні характеристики кислотостійкого пароніту

Марка	Середовище	Максимальний тиск, МПа	Максимальна температура °С	Тип з'єднання
1	2	3	4	5

1	2	3	4	5
Пароніт кислотостійкий (ПК)	органічні розчинники	1,0	150	Для нерухомих з'єднань, судин, апаратів, насосів, арматури, трубопроводів, компресорів та інших приладів. В спірально навитих прокладках.
	Кислоти, луги, окислювачі, нітрозні і інші агресивні гази -	2,5	250	

До паронітових прокладок в КВПВ висунуто наступні вимоги:

- розміри пароніта визначено за ГОСТ 24039-80;
- розміри прокладок визначено за креслениками;
- з кожного листа відібрати зразок для випробування;
- відстань до краю листа не менше 30 мм;
- густина пароніта за ГОСТ 24039-80, відхилення не більше 10%;
- умовна міцність при розриві (G) визначається за формулою 2.3.1:

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$G = \frac{P}{S} \quad 2.15$$

де, P - навантаження, що діє на зразок, Н (кгс);

S - площа поперечного перерізу зразка перед випробуванням (м^2).

- відновлювальні властивості та стисливість ПК визначати за ГОСТ 24038-90.

Сертифікат якості ПК виданий ЗАТ «ВАТИ-АВТО», наведено на рисунку 2.22.

Критична температура плавлення пароніту становить 440-460 °С. За технічним регламентом, матеріал повинен витримати таку температуру не менше ніж 30 хвилин. При 700 °С ПК перетворюється в порошок, а саме в кристали форстериту. Критична температура перевищує робочу КВПВ в 7,5 разів, тобто ПК має гарний запас по температурі.

ПК вважається не горючим матеріалом, бо температура займання в 40 разів вище за гумовий аналог Н-10 [29], в газоподібному і в 1000 в рідкому стані. Такі значення не можуть бути досягнуті за реальних умов, тому ПК вважається вогнетривким.

Таким чином керуючись випробуваннями, які вказані в сертифікаті, та технічними характеристиками, можна зробити висновки, що ПК придатний для використання в середовищі вимірювання аміаку, та задовільняє умови КВПВ. Отже були розроблені та досліджені елементи конструкції КВПВ. Розраховані та досліджені параметри вимірювального каналу, аргументований вибір матеріалу.

Розроблений корпус нового типу, що дозволяє використовувати його як базу, для створення подібних КВПВ. Для зручного монтування розроблені спеціальні фланці, що можна змінювати відносно системи, на якій буде змонтований витратомір. Для розробленого приладу, який працює в агресивному середовищі було досліджено, та вибрано ущільнювач із стійкого матеріалу.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАО «ВАТИ-ПРОМ»
г. Вышний Волочек

СЕРТИФИКАТ КАЧЕСТВА

Паронит марки ПК

Размер листов: 7. 3. 0

Номер партии: 65

Дата изготовления: 20.08.18

Масса нетто: _____

Количество мест: _____

ТУ 2575-295-00149363-2008

ЗАО «ВАТИ-АВТО»
г. Вышний Волочек

СЕРТИФИКАТ КАЧЕСТВА

Паронит марки ПК

Размер листов: 2.0

Номер партии: 157

Дата изготовления: 21.08.18

Масса нетто: _____

Количество мест: _____

ГОСТ 481-80

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

№	Наименование показателя	Нормы	Факт
1	Плотность, г/см³	2,0-2,5	2,40
2	Условная прочность при разрыве в поперечном направлении, МПа (кгс/см²), не менее	10 (100)	23,7
3	Упругие свойства в жидких средах, %, не более:		
	- в масле МК-8 при температуре 100°C в течение 5 ч	13	5,8
	- в топливе ТС-1 при температуре 200°C в течение 5 ч	12	4,1
4	Уменьшение массы в жидких средах, %, не более:		
	- в масле МК-8 при температуре 100°C в течение 5 ч	30	11,7
	- в топливе ТС-1 при температуре 200°C в течение 5 ч	30	9,2
	- 10% ней азотной кислоты по ГОСТ 4461-77 при температуре 100±5°C в течение 5 ч	30	9,3
	- 10% ней азотной кислоты по ГОСТ 4461-77 при температуре 100±5°C в течение 5 ч	30	9,3
5	Стойкость при давлении 3,5 МПа (350 кгс/см²), %	30	4,6
6	Восстановившаяся после снятия давления 3,5 МПа (350 кгс/см²), %	30	4,6
7	Устойчивость на изгиб	Допустимо без трещин и разрывов	удов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

№	Наименование показателя	Нормы	Факт
1	Плотность, г/см³	2,0-2,5	2,22
2	Условная прочность при разрыве в поперечном направлении, МПа (кгс/см²), не менее	10 (100)	29,4
3	Стойкость при давлении 3,5 МПа, %	30	10,0
4	Восстановившаяся после снятия давления 3,5 МПа, %	30	41,4
5	Упругие свойства в жидких средах, при указанной температуре, %, не более:		
	- в масле МК-20 при 100±5°C в течение (5 ± 0,25) часов	13	2,6
	- в топливе ТС-1 при 200±5°C в течение (5 ± 0,25) часов	13	5,5
6	Уменьшение массы в жидких средах, %, не более:		
	- в масле МК-20 при 100±5°C в течение (5 ± 0,25) часов	30	7,4
	- в топливе ТС-1 при 200±5°C в течение (5 ± 0,25) часов	30	2,7
7	Устойчивость на изгиб	Допустимо без трещин и разрывов	удов.

Заключение: качество продукции по физико-механическим показателям, внешнему виду, геометрическим размерам, маркировке соответствует ГОСТ 481-80

Контролер КПП и ТП: М.В. Сидорова

ЗАО «ВАТИ-ПРОМ»

Заключение: качество продукции по физико-механическим показателям, внешнему виду, геометрическим размерам, маркировке соответствует ГОСТ 481-80

Контролер КПП и ТП: М.В. Сидорова

ЗАО «ВАТИ-АВТО»

2.4 Розробка та дослідження методів протидії зовнішніх факторів впливу

Під час експлуатації різного класу приладів, виникає потреба в захисті від зовнішніх факторів впливу на вимірювальну систему. Тому для КВПВ були розроблені заходи захисту системи.

2.4.1 Захист системи реєстрації показань від механічного впливу

Вимірювальна система аміаку може піддаватись механічному впливу як під час експлуатації так і під час експлуатації. Тому обчислювач, а саме фронтальну частину, на якій реєструють показання приладу, необхідно захистити на максимальний термін.

Для налагодження та керування КВПВ в обчислювач вмонтований інтерфейсний роз'єм RS232, та з'ємний обчислювальний блок рисунок 2.23, 2.24. При необхідності, систему можливо оснастити Bluetooth та Wi-Fi модулем. В обчислювач вмонтовані сенсорні кнопки, та відсутні рухомі механічні частини, тобто обчислювач захищений від попадання вологи, що робить його надійнішим за аналоги інших виробників.

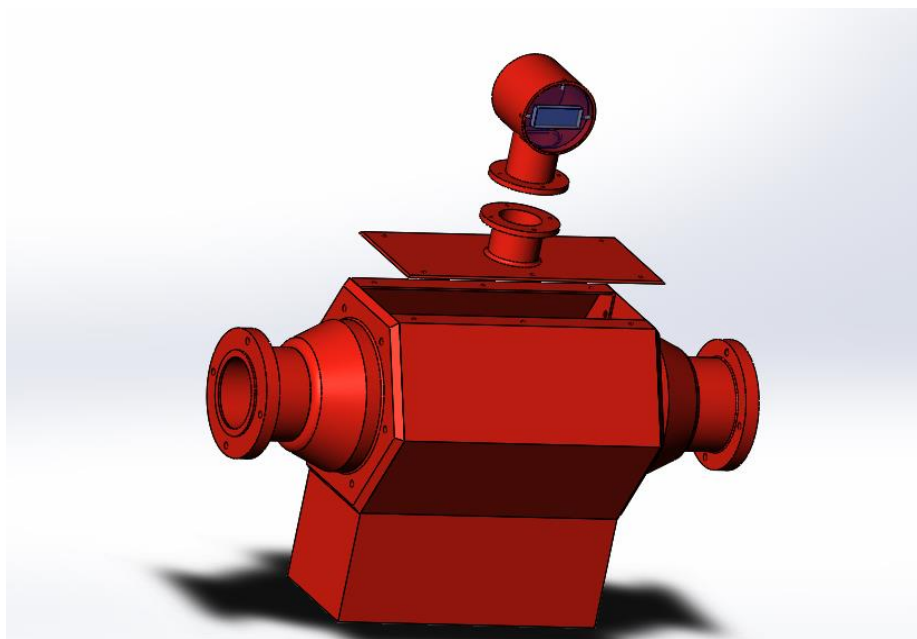


Рисунок 2.23 З'ємна конструкція обчислювального блоку

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Для захисту від механічних ушкоджень дисплей обчислювача захищений склом «Gorilla Glass» рисунок 2.24. Що дозволить захистити фронтальну частину обчислювача від подряпин, та окалини.

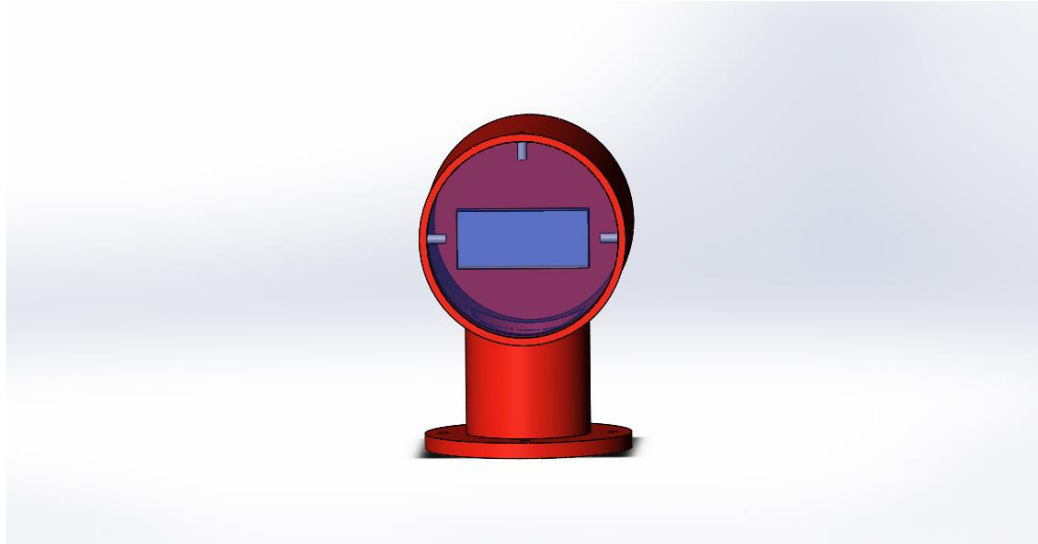


Рисунок 2.24 Обчислювач КВПВ

Скло «Gorilla Glass» рисунок 2.25 [30] має високу стійкість до падінь, що дозволить захистити обчислювач у разі надзвичайних ситуацій. В лабораторних умовах компанії Corning було досліджено, що скло залишається цілим при падінні з висоти півтори метри. Дане скло в три рази міцніше

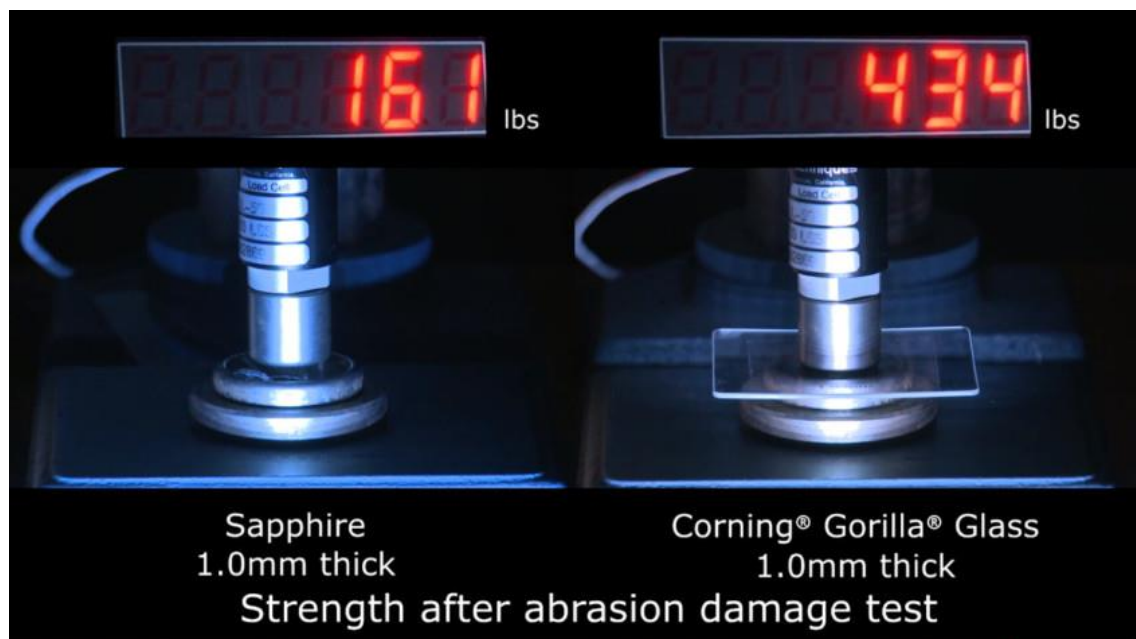


Рисунок 2.25 Тестування скла на пружність

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

натрієво-кальцієвого скла, що досягнуто методом хімічної обробки, а саме іонного обміну. Процес іонного обміну полягає в заміщенні іонів натрію в склі на іони калію. Компанія FORD навіть на свою спортивну версію автомобіля GT встановили даний вид скла в якості лобового, що є гарним аргументом міцності матеріалу.

Даний вид скла дозволяє витримувати в 4 рази більше навантаження на згинання ніж сапфірове скло рисунок 2.25.

2.4.2 Захисне покриття елементів системи

КВПВ для вимірювання плинуща аміаку необхідно захистити від корозії, та інших можливих чинників, що спричиняють окислення, та негативно впливають на систему вимірювання під час експлуатації.

Щоб захистити прилад від зовнішніх негативних чинників треба нанести захисний шар на елементи системи. Для КВПВ було застосовано гальванічне покриття деталей. Принцип полягає в тому, що необхідну деталь занурюють в розчин, та підключають до блоку живлення в якості катоду, тобто відбувається електроліз. Анодом виступає цинкова пластина. Тобто на деталях осідає тонка плівка із цинку.

Цинковий захист, захищає від корозії, та додає блиск деталям. Цинкова гальваніка складається із наступних етапів:

- Підготовка поверхні деталі. Необхідно очистити деталь від окислу, та різного виду забруднення, та знежирити поверхню;
- Зупинити процес окислення поверхні спеціальними засобами;
- Підключення до гальванічної системи;
- Обробка покритої цинком деталі;
- Тестування виробу.

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Було проведено експеримент із електролізу дослідних зразків рисунок 2.26.



Рисунок 2.26 Електроліз дослідних зразків

На рисунку 2.27 видно, що реакція електролізу відбувається із виділенням газу. У процесі електролізу, піддослідна пластина розчиняється, та її іони осідають на поверхні деталі, що створюють захисне гальванічне покриття, яке може бути товщиною до 20 мкм.



Рисунок 2.27 Виділення газу під час електролізу

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Після електролізу, деталі мають захисне покриття рисунок 2.28.



Рисунок 2.28 Деталі після електролізу

Отже після електролізу деталі можна використовувати в агресивних середовищах. Таким чином, щоб не використовувати дорогі метали для виготовлення деталей, можна покривати їх захисним шаром. Таким чином і знижується вартість, та полегшується обробка деталей КВПВ.

Отже під час експлуатації КВПВ, виникає потреба в захисті від зовнішніх факторів впливу на вимірювальну систему. Тому для КВПВ були розроблені заходи захисту системи під час звичайного режиму, та надзвичайних ситуацій. Так як система може задаватись впливу різного виду окислень та корозійних процесів, було розроблено покриття, що осаджується за допомогою електролізу. Тому різні заходи захисту приладу є актуальними під час розробки.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ АМІАКУ»

3.1 Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах методи та системи вимірювання витрати аміаку, було розроблено нову систему та методику для дослідження плинну аміаку в магістральному аміакопроводі. В даному розділі буде досліджено актуальність, конкурентоспроможність, та ринок альтернативної продукції.

У таблиці 3.1 описано зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 3.1

Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка системи для розрахунку витрати аміаку	Аудит робочих місць	Прискорення розрахунків
	Контроль витрати аміаку в аміакопроводі	Зручна інтелектуальна система моніторингу, зменшення похибок при вимірюванні.
	Використання організаціями на своїх підприємствах	

Отже, пропонується новий спосіб вимірювання витрати аміаку, узгодження та затвердження на відповідному рівні комплексу для визначення балансу рідкого аміаку в магістральному аміакопроводі. Зміна методики розрахунку фізичних, термодинамічних властивостей аміаку відповідно сучасним вимогам. Визначення втрат та витрат аміаку, під час транспортування магістралями. Повірка обладнання для обліку рідкого аміку. облік рідкого аміаку.

					МД П/4 1.08.000.00	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використавши морфологічну карту рисунок 3.1, проводимо аналіз системи вимірювання аміаку.

Морфологічна карта					
Основні параметри	Проміжні рішення				
	1-ше	2-ше	3-ше	4-ше	5-ше
Прийнятна температура отримання	400°C	450°C	500°C	550°C	Інші
Прийнятний тиск	100	350	1000	1500	Вище
Транспортування	В сталевих трубопроводах і ємностях	В трубопроводах і ємностях із пластику	В трубопроводах і ємностях із композитного матеріалу	інше	
Захист від корозії	В захисних ємностях	Термозахист	Захист от атмосферних осадків	Автоматизація процесу	Інше
Спосіб введення	За розрахованою методикою	Опосередковане значення	Інше		
Установки для введення	Капельний	Барботажний	Дозаторного типу	Закордонні установки	Автоматизовані

Рисунок 3.1 Морфологічна карта КВПВ

Переваги інноваційної розробки системи дозування аміаку:

- використання автоматизованої системи;
- не потребує додаткового втручання після монтажування;
- не потрібні додаткові фахівці та персонал після монтажування;
- безпечність установки;
- економія споживача за рахунок упосередкованих значень в системі;
- досконала і новітня система;
- система направлена на європейські стандарти.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та

					МД П/4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

– проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характерис- тики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторон а)	N (нейтра- льна сторона	S (сильн а сторон а)
		Intellectual Dosing System «IDS»	ЭЛМЕТ РО	КРОНЕ	Br on k hor st			
1.	Вартість програмно го забезпеченн я	2500	3000	3400	50 00	-	-	+
2.	Швидкість встановлен ня	11	8	10	10	-	-	+
3.	Вартість обслуговува ння	1000	1500	1200	25 00	-	-	+
4.	Відсоток браку	10	20	10	10	-	+	-
5.	Затрати на виробництв о	Низькі	Середні	Середні	Се ред ні	-	-	+

6.	Відносини з органами державної влади	Дуже добрі	Погані	Погані	Добрі	-	-	+
7.	Торгова марка	Немає	Є	Є	Є	+	-	-

Отже було зроблено порівняння свого проекту із аналогами інших виробників. Був проведений аналіз та порівняння свого проекту із конкурентами, та визначений перелік слабких, сильних та нейтральних сторін та властивостей потенційного товару, що є гарним підґрунтям для оцінки та конкурентоспроможності під час формування проекту.

3.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології (дозування аміаку), за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 3.3. Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Створення інтелектуальної системи вимірювання витрати аміаку на базі коріюлісового витратоміру.

Система на базі вихрового не задовільняє умови вимірювання аміаку із умовним проходом 100мм, так як такі системи мають мінімальний DN 150мм, та мають чутливість до вібрацій і просадку за тиском.

Система на базі ультразвукового не задовільняє, так як для вимірювання необхідно мати чисте середовище, та має чутливість до вібрацій і перекосу потоків.

					МД П/4.1.08.000.00			Арк.
								68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

На сьогодні в Україні доступні коріолісова і вихрова система, але задані умови вимірювання задовільнить система на базі коріолісового витратоміру.

Таблиця 3.3

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проєк- ту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність техно- логій
1.	Розробка системи вимірювання аміаку для розрахунку витрати речовини	Створення інтелектуальної системи на базі коріолісового витратоміру	Система вимірювання вже розроблена і є в наявності	Дана система доступна
		Створення інтелектуальної системи на базі вихрового витратоміру	Система вимірювання вже розроблена і є в наявності	Дана система доступна
		Створення інтелектуальної системи на базі ультразвукового витратоміру	Система вимірювання вже розроблена і є в наявності	Дана система недоступна
Обрана технологія реалізації ідеї проєкту: Створення інтелектуальної системи вимірювання витрати аміаку на базі коріолісового витратоміру				

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що даний проєкт можна реалізувати на базі різних вимірювальних систем, які доступні на даний момент, але серед доступних обрано коріолісову систему вимірювання. Дана система задовільняє задані умови вимірювання, та дозволить адекватно вимірювати витрату аміаку. Отже технологія реалізації ідеї проєкту: Створення інтелектуальної системи на базі коріолісового витратоміру.

3.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє прогнозувати загрози під час впровадження проекту, спланувати розвиток проекту, врахувати стан ринку, та його потреби. Оцінити попит клієнтів, та пропозицій конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 3.4). Та зробимо оцінку планових потреб (табл. 3.5).

Таблиця 3.4

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	150000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги до ГОСТУ
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	75%

Так як ринок має хороший попит, а саме потребує новітні системи, щоб працювали відповідно до сучасних стандартів і має зростаючу динаміку. Можна зробити висновок за попереднім оцінюванням, що ринок має попит на запропонований продукт, та є привабливим для входження.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Таблиця 3.5

Планова потреба у виробничому обладнанні та устаткуванні

№ з/п	Вид обладнання (устаткування, пристрою)	Тип (модель)	Виробник обладнання (устаткування, пристрою)	Терміни постачання	Вартість, тис. грн.
1.	Інформаційні ресурси	Десертації, наукові статті, патенти, тощо		5 місяців	15 тис. грн.
2.	ПК (4 шт.)		Asus	15 днів	120 тис. грн.
3.	Програмне забезпечення	Windows 10; пакет Office; Solidworks, AutoCAD, Ansis. ABBY PDF Reader.	Microsoft; Microsoft; Dassault Systems, Ansys Inc., ABBY	20 днів	45 тис. грн.
4.	Біологічні зразки			---	15 тис. грн.
5.	Функціональні частини	3D друк		3 місяці	10 тис. грн.
Разом:		—	—	—	205 тис. грн.

Дали визначаємо обсяг витрат на залучення нематеріальних активів, необхідних для реалізації стартап-проекту за формою, наведеною в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Планова вартість нематеріальних активів

№ з/п	Вид активів	Активи, що можуть бути віднесені до даного виду	Вартість, тис. грн.
1.	Права користування природними ресурсами	(право користування надрами, іншими ресурсами природного середовища, геологічною та іншою інформацією про природне середовище)	---
2.	Права користування майном	(право користування земельною ділянкою відповідно до земельного законодавства, право користування будівлею, право на оренду приміщень тощо)	30 тис. грн.
3.	Права на комерційні позначення	(права на торговельні марки (знаки для товарів і послуг), комерційні (фірмові) найменування тощо)	---

Продовження таблиці 3.6

4.	Права на об'єкти промислової власності	(право на винаходи, корисні моделі, промислові зразки, компонування інтегральних мікросхем, комерційні таємниці, у тому числі ноу-хау, захист від недобросовісної конкуренції)	100 тис. грн.
5.	Авторське право та суміжні з ним права	(право на літературні, художні, музичні твори, комп'ютерні програми, фонограми, відеограми, передачі (програми) тощо)	20 тис. грн.
6.	Інші активи	(право на провадження діяльності, використання економічних та інших привілеїв тощо)	---

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Вимірювальний комплекс. Вирішуємо проблеми із вимірюванням витрати аміаку в аміакопроводі. А також зміна застарілих методів розрахунку витрати.	Нафтогазові компанії, лабораторії.	Фінансові можливості. Технічні стандарти які встановлюються на підприємствах.	Висока якість, своєчасне виконання, індивідуальний підхід, можливість удосконалення системи.

В даній таблиці визначено ринок, а саме його сегменти, на якому буде впроваджуватись продукт. Досліджені фактори, що формують поведінку та попит клієнтів, що до продукту, та їх потреби з вимогами.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. Для запобігання подібних ситуацій необхідно оцінити ризики з боку конкурентів, та мати гарне технічне обладнання на якому буде працювати кваліфікований

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

персонал. Для підтримки продукту необхідна своєчасна діагностика та обслуговування (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Висока конкурентність	Зменшення продажу	Удосконалення комплектації, розробка більш інтелектуального ПО для користувача.
2	Криза	Зменшення продажу	Спрощення комплектації системи. Залишаються тільки необхідні датчики та прилади для основного контролю та моніторингу.
3	Постачання комплектуючих	Проблема із складанням технічних вузлів	Пошук замінників, утворення нових зв'язків та угод із виробниками комплектуючих
4	Технічний	Проблеми із налаштуванням під час монтажу	Створення спрощеного алгоритму монтування, заміна обчислювальної техніки на більш потужну для технічного персоналу
5	Транспортна логістика	Проблема із відправкою товару замовникам	Договір із надання послуг із логістичною компанією, створення підрозділу транспортування для доставки товару

В таблиці 3.8 визначено фактори загроз які можуть становити загрозу для проекту під час впровадження і входу на ринок, та відповідну реакцію на фактор загрози, щоб мінімізувати наслідки негативного впливу.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Високий попит на продукцію	Доцільно збільшити виробництво товару та товарообіг	Збільшення одиниць товару, впровадження модифікацій товару.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2	Потреба в доступній методиці	Актуальна розробка з низькою собівартістю	Залучення іноземних інвестицій.
3	Відсутність аналогів на ринку	Можливість монополії в даному сегменту ринку	Стійка позиція на ринку.
4	Впровадження нових технологій	Якісне покращення основних параметрів продукту	Підвищення попиту та продажу.
5	Зростання рівня доходів споживача	Збільшення кількості продажів, підвищення ціни	Збільшення одиниць товару, підвищення ціни.

В таблиці 3.9 було визначено фактори можливостей які будуть сприяти ринковому входженню та впровадженню проекту, та відповідні реакції. Таким чином можна прогнозувати вигоди які компанія може отримати відносно певного фактору.

Наступним кроком буде проведення ступеневого аналізу конкуренції на ринку. Оцінка конкурентного середовища, прояви та впливи на діяльність підприємства, та дії самої компанії (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Окремі покупці і продавці не можуть впливати на ціну.	Концентрація діяльності підприємства на якості товару та доступності товару.
2. Національна конкуренція	Між компаніями всередині країни.	Співпраця з нафтогазовими компаніями.

3. Внутрішньогалузева конкуренція	Конкурентна боротьба між підприємствами в межах однієї галузі.	Формування ринкової вартості товару.
4. Товарно-видова конкуренція	Конкуренція між товарами одного виду.	Унікальність системи відносно до кожного об'єкту; створення модифікацій з розширеним функціоналом
5. Нецінова конкуренція	Вдосконалення якості продукції та умов її продажу.	Зміни у виробництві; додаткові витрати; підвищення рівня довіри клієнтів; залучення інших заводів до виробництва елементів системи.
6. Марочна конкуренція	Конкурентні компанії пропонують подібний продукт.	Зниження ціни на товар; концентрація діяльності на якісну зміну продукту.

В таблиці 3.10 було зроблено аналіз ринок збуту продукту і визначено загальні особливості конкуренції на ньому.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (табл. 3.11).

Таблиця 3.11

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	ДП Укргазтех	Високий бар'єр входження в ринок	Невелика собівартість	Невелика собівартість	Фактори загроз з боку замінників
Висновки:	Інтенсивне	Є можливість входу в ринок, є українські та закордонні потенційні конкуренти та	Збільшення співвідношення ціни та якості.	Збільшення співвідношення ціни, якості та комплектації	Відсутнє, але можлива поява з часом.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Проаналізувавши таблицю 3.11 можна зробити висновок, що конкуренція на ринку присутня, та можлива в різних сферах входження. Визначено ряд вагомих характеристик, які повинен мати проект, щоб протистояти активній конкуренції, та була конкурентоспроможною на ринку.

Після проведення аналізу ринку вище, можна визначити та обґрунтувати конкурентоспроможність продукту. Але так як проект ще не впроваджено, можна зробити узагальнюючі висновки, а саме: продукт буде конкурентоспроможним, завдяки інтелектуальній системі, та методу зведеному до сучасних стандартів. Таким чином можна дати лише попередню оцінку конкурентоспроможності (табл. 3.12).

Таблиця 3.11

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Універсальність розрахунку	Універсальна, та висока достовірність отриманих результатів, яка підтверджується якісними математичними розрахунками.
2	Можливість аналізу результатів	Дає можливість аналізувати отримані результати за допомогою комп'ютерного ПО, що дає можливість порівнювати та досліджувати отримані данні.
3	Доступність	Дає можливість використовувати на різних магістралях аміаку, без додаткового втручання, та індивідуального налагоджування.
4	Простота реалізації	Можливість установки замість застарілої системи, без додаткових змін магістральних трубопроводів.
5	Універсальність	Може використовуватися як на прикордонних магістралях так і на обласних мережах.

Продовження таблиці 3.12

6	Технічне обслуговування	Величина значення напрацювання на відмову, вище відносно застарілої системи.
---	-------------------------	--

В таблиці 3.12 на основі аналізу конкуренції, що проведений в таблиці 3.9 визначено та обгрунтовано фактори конкурентоспроможності проекту.

Для оцінки сильних і слабких сторін було досліджено аналоги українських і закордонних виробників, таблиця 3.13.

Таблиця 3.13

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Coriolis_A1»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «IDS»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Простота реалізації	15					+		
2	Оптимальне співвідношення ціни і якості	16				+			
3	Індивідуальний підхід, доступність та простота	20							+
4	Універсальність розрахунку, та його аналіз	18						+	
5	Технічне обслуговування	18					+		

Зробивши аналіз таблиць 3.12 та 3.13 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні нової вимірювальної системи для розрахунку витрати аміаку. Основною перевагою та головним досягненням є якість та уніфікація компонентів продукту та технічна підтримка протягом всього терміну експлуатації.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони :</p> <p>Вартість програмного забезпечення, швидкість встановлення, вартість обслуговування, затрати на виробництво, відносини з органами державної влади</p>	<p>Слабкі сторони:</p> <p>Відсоток браку, торгова марка</p>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Високий попит на продукцію 2. Доступна методика 3. Відсутність аналогів на ринку 4. Впровадження нових технологій 5. Зростання рівня доходів споживача 	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Висока конкурентність 2. Криза 3. Проблема із постачанням комплектуючих 4. Технічний (проблема монтажу, налаштування) 5. Транспортна логістика

В таблиці 3.14 проведено аналіз сильних та слабких сторін проекту. А також можливих ринкових загроз та можливостей. Даний аналіз був складений на основі факторів загроз і можливостей, що було розглянуто вище. Ринкові загрози та можливості на даний момент не реалізовані, та мають певну закономірність здійснення, тому необхідним буде розглянути альтернативи ринкового впровадження (табл. 3.15).

На основі SWOT-аналізу досліджуємо ринкову поведінку для впровадження стартап-проекту на ринок, та прогнозуємо оптимальні строки реалізації з огляду на виведення на ринок нових конкурентів.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Зростання	Велика	1-3 роки
2	Стратегія виходу з ринку	Низька	

Проаналізувавши розроблені альтернативи ринкового впровадження, обираємо поведінку яка найбільше задовільняє наші умови, та має найбільшу ймовірність отримання ресурсів. Отже поведінка зростання задовільняє стартап наявними ринковими можливостями.

3.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії, першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Ринкова стратегія необхідна під час впровадження товару на ринок, так дана стратегія, це необхідна ланка, що допомагає створити ряд дій з метою отримання необхідної цілі, та унікальних результатів.

Вибір стратегії та її впровадження базується на наступних трьох рівнях:

- ділова стратегія,
- корпоративна стратегія,
- функціональна стратегія.

Для оцінки цільових груп потенційних споживачів побудовано таблицю 3.16.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
	Нафтогазові компанії, лабораторії	Готові	Високий	Висока	+
	Інститути, вчені які проводять дослідження вимірювання витрати аміаку	Готові	Високий	Середня	+
	Підприємства із виробництва добрив	Готовий	Середній	Середня	-
Які цільові групи обрано: нафтогазові компанії, лабораторії					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів обрано нафтогазові компанії та лабораторії, для яких будемо пропонувати свою програму для вимірювання витрати аміаку. Визначено стратегію охоплення ринку: стратегію диференційованого маркетингу, так план роботи із конкретним сегментом. Цільова група, тобто потенційні споживачі на яких буде плануватись вихід на ринок, це – нафтогазові компанії та лабораторії.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Таблиця 3.17

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Залучення закордонних виробників	Робить ставку на універсальність виробу, та інтелектуальність системи.	Оптимальне співвідношення ціни та функціоналу	Удосконалення

В таблиці 3.17 обрано альтернативу розвитку проекту на ринку, стратегії, ключові позиції.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Частково продукція є першопрохідцем на ринку.	Буде забирати та шукати нових споживачів.	Компанія буде копіювати характеристики товару закордонного конкурента. Програмне забезпечення.	Позиційна оборона частково напад.

В таблиці 3.18 аналізовано поведінку в конкурентній боротьбі на ринку і в залежності від загрози та відповідно прийнятих до них рішень, обираємо стратегію поведінки.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект

Таблиця 3.19

Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	Висока точність виробу, універсальність системи	Удосконалення	Оптимальне співвідношення ціни та функціоналу	Висока якість, своєчасне виконання, індивідуальний підхід до клієнта, можливість удосконалення на прохання клієнта.

В даній таблиці сформульовано комплекс асоціацій, за яким будуть порівнювати та ідентифікувати проект.

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку

3.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка ключових маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 3.20 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності розробленого товару. Основні потреби – це точність, доступність та універсальність. Ключовими перевагами є орієнтація системи на український ринок, та методика розрахунку відповідно до ДСТУ.

					МД П/4.1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Таблиця 3.20

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Точність	Забезпечує високу точність виміру основного параметру	Розрахунки та орієнтація системи на український ринок, та українські умови транспортування. Відповідно до українських кліматичних умов.
2	Доступність	Доступність кожному газорозподільчому пункту.	Відповідно до українських стандартів та умов.
3	Універсальність	Зручна та універсальна система.	Універсальність конструкції та системи.

Результатом аналізу таблиці 3.20, було наведено ключові переваги перед конкурентами, та переваги які потрібно створити.

Таблиця 3.21

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Дозування, діагностика, наукові дослідження.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Газове вприскування;	Нм	Тх
	2. Хімічна структура;	Нм	Тл
	3. Уніфікована будова;	М	Е
	4. Антикорозійний захист;	М	Тл
	5. Програмне забезпечення.	Нм	Тх
	Якість: патент на математичну модель, технічний регламент щодо дозування одорантів.		
Пакування: Обрешітка та коробки с гофрокартону.			
Марка: Intellectual Dosing System			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: можливість аналізу та виключення хибних результатів вимірювання, аналіз додаткових параметрів.		
	Після продажу: можливість створення модифікації на базі існуючих систем.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: відповідно до державного та правового законодавства, за рахунок патентів.			

В таблиці 3.21 побудовано трьохрівневу модель нашого товару, що включає задум товару, виконання, підкріплення. Вигоди та основі характеристики товару, пакування і захист від плагіату та підробки.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 3.22). Для визначення цін на аналоги, було досліджено наявну базу із витратомірами, та тендери із закупівлі даних приладів, таким чином було виявлено ціну 35 000 грн. Верхню та нижню межу знайдено після підрахунку на закупівлю компонентів, виробництво, налагодження і пакування. Тобто нижня ціна 29 000 грн, в яку входить собівартість 25 000 грн. З яких компонентів на 10 000 грн, виробництво 5 000 грн, налагодження із програмним забезпеченням 5 000 грн, захист системи від зовнішніх чинників 3000 грн, та 2000 грн на інші витрати.

Таблиця 3.22

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	Флоутек	35 000 грн.	3,6 млрд грн	29 000 грн. – 200 000 грн.

В таблиці 3.22 зроблено аналіз аналогів та замінників, середній рівень доходів споживачів. Таким чином було досліджено ринок та встановлено верхню та нижню межі на вимірювальну систему аміаку, з урахуванням цін на компоненти, виробництво та інші витрати, що складають ціну собівартості продукту, та створено таблицю 3.23 формування системи збуту.

					МД П/4 1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Таблиця 3.23

Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтація на регулярні поставки	Встановлення контактів із споживачами та підтримка їх. Формування попиту. Дослідницька в області маркетингу.	0 (без посередників)	Серед нафтогазових компаній, газотранспортних компаній, газових лабораторій тощо.

Далі необхідно дослідити концепцію маркетингових комунікацій

таблиця 3.24. В нашому випадку це робота по формальним та неформальним каналам комунікацій. Реалізація продукції через сайт та магазини. Було вибрано ключові позиції, щодо позиціонування, розроблено завдання та концепцію реклами.

Результатом даного підпункту є аналіз та чіткий план дій із впровадженням та виходом на ринок вимірювальної системи ам'яку. Даний план включає аналіз ринку, концепцію збуту, просування, реклами, та аналізу ціноутворення. План відображає те як залежить товару від потреб потенційних клієнтів. Розглянуто різні ідеї та методи, що покращують просування та допомагають зайняти стійкий стан на ринку, на якому буде впроваджено проект. Досліджено динаміку проекту, та альтернативну поведінку на ринку.

Таблица 3.24

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфік а поведінки цілових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цілові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	2	3	4	5	6

					МД П/41.08.000.00	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.24

1	2	3	4	5	6
1	Орієнтація на регулярні поставки	Формальні/неформальні канали комунікацій	Комплексний підхід; Доступність клієнтам; Точність вимірів; Універсальність; Можливість додаткового оснащення.	Інформування споживачів; Інформування в засобах масової інформації Стимулювання продажу; Пошук партнерів; Встановлення дипломатичних зв'язків із закордонними конкурентами	Даний продукт є інноваційним, інтелектуальним, унікальним

Під час впровадження продукту є необхідним визначити потребу та обсяг витрат на залучення адміністративного та промислово-виробничого персоналу, необхідного для реалізації проекту за формою, наведеною в таблиці 3.25.

Таблиця 3.25

Планова потреба та витрати на персонал

№ з/п	Категорія персоналу	Чисельність	Заробітна плата, тис грн. на місяць	Відрахування на соціальні заходи, тис грн. на місяць	Витрати на оплату праці за період, тис. грн.		
					1-й рік	2-й рік	3-й рік
1.	Інженер дослідник	1	12	2,28	144	144	144
2.	Інженер конструктор	1	15	2,85	180	180	180
3.	Інженер спеціаліст	1	13	2,47	156	156	156
4.	Дипломат	1	15	2,85	180	180	180
Разом:			55	10,45	660	660	660

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

З урахуванням даних, що розраховані у формах вище, необхідним є визначити обсяг загальних початкових витрат, необхідних для реалізації проекту (витрат, що мають бути понесені до початку основної діяльності в 0-й рік реалізації проекту) за формою, наведеною в таблиці 3.26.

Таблиця 3.26

Загальні початкові витрати проекту

№ з/п	Стаття витрат	Обсяги витрат в 0-й рік, тис. грн.
1.	Проведення НДДКР	10
2.	Розробка проектних матеріалів і ТЕО	11
3.	Робоче проектування і прив'язка проекту	11
4.	Витрати на придбання й оренду земельних ділянок, будівель, приміщень, споруд	350
5.	Витрати на придбання обладнання та устаткування та пристроїв	220
6.	Витрати на приймально-здавальні випробування	9
7.	Витрати на пусконаладжувальні роботи	10
8.	Комплексне освоєння проектних потужностей	8
9.	Витрати на придбання нематеріальних активів	150
10.	Одноразові виплати, зокрема гарантуючим і страховим організаціям	55
11.	Витрати на створення оборотного капіталу, необхідного для початку операційної діяльності (створення виробничих запасів, передоплата сировини, матеріалів і комплектуючих виробів, які мають бути поставлені на початку операційної діяльності)	50
12.	Податкові платежі (земельний, комунальний та інші), здійснені до початку операційної діяльності	40
13.	Оплата юридичних послуг	35
14.	Витрати на передвиробничі маркетингові дослідження і створення збутової мережі	25
15.	Витрати, пов'язані з діяльністю персоналу	665
Разом		1649

3.6 Висновки до розділу стартап-проекту

Після проведеного аналізу стартап-проекту, можна зробити висновок, що даний розділ є потрібним під час розробки та впровадження проекту а

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ринок. Даний розділ відображає можливих конкурентів, та методи боротьби із ними.

Було досліджено ринок, та аналоги від інших виробників. Зроблено оцінку сучасного стану, досліджено попит споживачів. Даний проект, має хорошу конкурентну спроможність.

Актуальність даного проекту на сьогодні полягає в великому попиті на сучасні та інтелектуальні системи. Так як застарілі методики та системи вимірювання не дають зводити баланс вихідної речовини відносно вхідної, тобто є потреба у заміні системи на нові, можна зробити висновок, до даний продукт має гарну ринкову комерціалізацію. З огляду на потенційного споживача, та оцінкою загроз, що можуть виникнути є перспектива виходу на ринок. Оцінивши позитивні сторони та негативні, та зробивши аналіз дій, можна твердити, що перспективи впровадження проекту є дуже високими.

Для просування на ринку та залучення споживача необхідно: залучити гарних постачальників комплектуючих, створити правильну рекламну компанію, залучити логістичну компанію до співпраці. Для вивчення даного продукту, та оцінки приладу, вважаю за необхідне надати декілька зразків продукту інститутам та компаніям для ознайомлення. Таким чином залучати інвесторів, створити гарний зворотній зв'язок.

Також для виходу на ринок необхідно шукати партнерів як серед виробників, так і серед інвесторів. Залучати то співпраці інститути та державні підприємства.

Отже даний розділ дозволяє оцінити перспективи виходу на ринок, максимально врахувати як позитивні так і негативні чинники, та допомагає адекватно побудувати план дій в разі виникнення питань.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі було розроблено коріолісовий вимірювальний перетворювач витрати аміаку. Дана система вимірювання є актуальною, бо методика розрахунку і вимірювальні системи, що використовуються є застарілими. Через це на сьогодні, вимірювальні системи, що змонтовані на аміакопроводах не дають адекватної оцінки вимірювання, та роблять не можливим зводити баланс виходу речовини відносно входу.

В даній роботі було розроблено сучасну систему вимірювання витрати аміаку. Були розроблені принципові та структурні схеми, що допомагають як під час розробки і моделювання. Представлено математичну модель, що складається із моделей системи та досліджуваної речовини. Математичне моделювання дає основну під час розробки самої системи. Так було розраховані різного виду параметри, та досліджено канал зігнутого типу. Для вимірювального каналу було зроблено комп'ютерне моделювання, що дає адекватно оцінити систему.

Під час розробки було досліджено різні аналоги інших виробників. Було досліджено та враховані їхні недоліки під час розробки. Тому в даній роботі представлена модель нового типу, що дозволяє монтувати різні за умовним проходом, та з'єднанням КВПВ. За рахунок уніфікації корпусу та елементів, можна економити під час виробництва, та скоротити кількість виробничих ліній.

Через те, що система працює а агресивних умовах та може піддаватись впливу різних негативних процесів, як окислення та корозія, було вжито ряд заходів. Для монтування та складання системи вибрано кислотостійкий пароніт. Елементи вимірювальної системи, що знаходяться під впливом зовнішніх чинників, було захищено цинковим покриттям, за допомогою електролізу. Обчислювальний блок захищений склом «Gorilla Glass».

					МД ПІ4.1.08.000.00	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час розробки і впровадження системи, є необхідним оцінити ринок, та конкурентів, так в розділі 3 «Розробка стартап проекту» було досліджено саму систему у якості продукту.

Після проведеного аналізу стартап-проекту, можливо передбачити майбутніх конкурентів, та методи боротьби із ними. Стартап проект дає можливість оцінити ринок під час входу на нього. Було зроблено оцінку сучасного стану, досліджено попит споживачів, та визначено, що даний проект, має хорошу конкурентну спроможність.

На сьогодні є великий попит на сучасні та інтелектуальні системи. Застарілі методики та системи вимірювання не дають зводити баланс виходу речовини відносно входу, тобто є потреба у заміні системи на нові сучасні. Тому можна зробити висновок, до даний продукт має гарну ринкову комерціалізацію, та перспективу введення в якості сучасної вимірювальної системи.

Вимірювальні системи є актуальними в Україні, та необхідні для подальшого вивчення. Даний виріб може замінити застарілі системи, та надасть перспективу розвитку вимірювальним приладам, за рахунок нововведень.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Про енергозбереження. Закон України від 01.07.1994 № 74/94–ВР. Редакція станом на 23.07.2017 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-vp/stru>
2. Про Комплексну державну програму енергозбереження України. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.02.1997 р. № 148 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0292-99>
3. Витратомір [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wikiinfo.mdpu.org.ua/index.php?title=Витратомір>
4. Уманська РДА [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uman-rda.gov.ua/oberezhno-amiak-pamyatka-naselennju-13-14-19-25-10-2017/>
5. Классификация расходомерных устройств и выбор устройства [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/724118/>
6. Об’ємні методи вимірювання витрат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/3907254/page:2/>
7. Контеч Систем [Електронний ресурс]. – <http://kontech-system.com.ua/articles/printsip-dejstvija-koriolisovyh-rashodomerov-i-plotnomerov/>
8. Коріолісовий масовий витратомір [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.testrite.com.ua/coriolis.html>
9. Corinelis Proline Promass 83F [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/flow-measurement-product-overview/Product-Coriolis-flowmeter-Proline-Promass-83F>
10. Ультразвукові витратоміри [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://polka-knig.com.ua/article.php?book=291&article=16346>
11. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества веществ / П. П. Кремлевский. – СПб: Политехник, 2002. – 409 с.
12. Загавура Ф.Я., Безвесільна О.М., Витратометрія. – К. : Либідь, 1996.

					МД П/4 1.08.000.00	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. ПРОМПРИБОР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prompribor.com.ua/userfiles/Honeywell/1115.pdf>
14. ЭТАЛОН-ПРИБОР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.etalon-chel.ru/print/techelp/?id=24&top=54&helpitem=24>
15. ГБОУ СПО "Салаватский индустриальный колледж" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://salinc.ru:65082/si/DD.html>
16. Лічильники нафтопродуктів [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energonic.ru/index.php?productID=1435>
17. ЭТАЛОН-ПРИБОР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.etalon-chel.ru/catalog/?top=54>
18. Flowmeters [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.omega.co.uk/prodinfo/flowmeters.html>
19. Valery Mazin and Vladik Kreinovich, "A Universal Sensor Model", Proceedings of the 12th International Conference Sensor'2005, Nuremberg, Germany, May 10-12, 2005, pp. 317-322.
20. G. Samer, S.C. Fan, Modeling of Coriolis mass flow meter of a general plane-shape pipe, Elsevier, Vol. 21, No. 1, pp. 40-47., Amsterdam, Netherlands, 2010.
21. Аммиак [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/AMMIAK.html
22. Аммиак температура [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chem21.info/info/291718/>
23. Thermalinfo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thermalinfo.ru/svoystva-gazov/neorganicheskie-gazy/svoystva-ammiaka-plotnost-teploemkost-teploprovodnost>
24. Разработка математической модели и оптимизации процесса производства аммиака [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studbooks.net/2295241/matematika_himiya_fizika/razrabotka_matematicheskoy_modeli_protsesta

					МД П/4 1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

25. Сталь марки 40X13 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stn/40X13
26. Pitting Corrosion [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.nace.org/resources/general-resources/corrosion-basics/group-1/pitting-corrosion>
27. Промресурссервис [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.promresurs.ru/articles/10210/>
28. ГОСТ 481-80 Паронит и прокладки из него. Технические условия [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://dikipedia.ru/document/5144117>
29. ИНЖЕНЕРНАЯ КОМПАНИЯ ПОЛИТЕХ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gasket.net.ua/materials/paronit/>
30. Covorg [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://covorg.com/useful/corning-sapfirovie-displei-huzhe-gorilla-glass>
31. Словопедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://slovopedia.org.ua/32/53394/30377.html>
32. Використання коріолісових витратомірів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ker-products.ru/uchet-rashoda-gaza/464-uchitivaem-rashod-gaza-koriolisovim-rashodomerom.html>
33. Калориметричні датчики потоку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://um.co.ua/8/8-10/8-102885.html>
34. Лічильники нафтопродуктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://energonic.ru/index.php?productID=1435>
35. Витратомір калориметричний комбінований DVK [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pkimpex.ru/opisanie/raskhodomer-kalorimetriceskiy-kombinirovannyu-dvk>
36. Расход [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.ru.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation/Flow-measurement-product-overview>

					МД П/4 1.08.000.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

37. Thermalinfo [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://thermalinfo.ru/svojstva-gazov/neorganicheskie-gazy/svojstva-ammiaka-plotnost-teploemkost-teploprovodnost>

38. Баландин Е. А., Баландина Т. Н. Разработка чувствительного элемента кориолисового расходомера. - Томский политехнический университет - Вестник науки Сибири. 2013. № 2 (8).

39. Билинский И. И., Стасюк М. А., Гладышевский М. В. Анализ методов и средств контроля расхода жидких и газообразных сред и их классификация. – В. : Научные труды Винницкого национального технического университета, 2015.

40. Диференційний витратомір [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://technoton.spb.ru/catalog/rashodomery-topлива/differentcialnye-rashodomery-topлива/137>

41. Богуш М.В., Проектирование пьезоэлектрических датчиков на основе пространственных электротермоупругих элементов. – М. : Техносфера, 2014.

42. Рівномірний рух рідини в трубах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://posibnyky.vntu.edu.ua/gidro_gazo_dunamika/page49.html

43. Федорович В.О., Конспект лекцій з дисципліни - Метрологічне забезпечення якості. – Х. : Міністерство освіти і науки України НТУУ «ХП», Харків.

					МД ПІ41.08.000.00	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		