

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

Приладобудівний
(повна назва факультету)

Приладобудування
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М.Д. Гераїмчук____
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.051003 Приладобудування

на тему: Ультразвуковий анемометр із захистом від обледеніння

Виконав (-ла): студент (-ка) __ IV __ курсу, групи __ ПІ-51_____
(шифр групи)

_____ Подбельський Матвій Миколайович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник Котляр Світлана Сергіївна _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

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

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

Київ – 2019 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ*

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДПБ ПП51. 09.000 ПЗ	Пояснювальна записка	63	
3	A1	ДПБ ПП51. 09.00.00 ТК	Ультразвуковий анемометр із захистом від обледеніння 3д модель	1	
4	A1	ДПБ ПП51. 09.01.00 ТК	Ультразвуковий анемометр із захистом від обледеніння Складальне креслення	1	
5	A1	ДПБ ПП51. 09.00.00 ТК	Структурна схема	1	
6	A1	ДПБ ПП51. 09.00.00 ТК	Електрична схема	1	
7	A3	ДПБ ПП51. 09.00.01 ТК	Корпус	1	
8	A4	ДПБ ПП51. 09.00.03 ТК	Кронштейн	1	
9	A4	ДПБ ПП51. 09.00.02 ТК	Хрестовик	1	
10	A4	ДПБ ПП51. 09.00.04 ТК	Кришка	1	
11	A4	ДПБ ПП51. 09.00.05 ТК	Корпус для плати	1	
12	A4	ДПБ ПП51. 09.00.06 ТК	Термoeлемент	1	
13	A4	ДПБ ПП51. 09.00.07 ТК	Плата датчика	1	

				ДП ХХХХ 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Подбельський			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Котляр С.С				1	1
Консульт.					КПП імені Ігоря Сікорського Каф. _____ Гр. _____	
Н/контр.						
Зав.каф.	Гераїмчук М.Д.					

* Відомість виконується згідно зі Стандартом відповідної галузі економіки

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Приладобудівний
(повна назва)

Кафедра Приладобудування
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.051003 Приладобудування
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Подбельському Матвію Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Ультразвуковий анемометр із захистом від обледеніння

керівник проекту к.т.н. Котляр Світлана Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 р. №1384-с

2. Термін подання студентом проекту 10 червня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту 3.1. Тип анемометра – ультразвуковий. 3.2. Точність виміру – 0,45-75м.с. 3.3. Мінімально нормальна температура – 3 градуси за Цельсієм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) Обґрунтування необхідності проектування на основі критичного огляду аналогів; Розробка структурної та схеми системи, Розрахунок основних елементів та характеристик анемометра; Технологічний розділ.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Складальний кресленик анемометра – 1 арк. ф. А1; 3-Д-модель – 1 арк. ф. А1; Структурна схема – 1 арк. ф. А1; Електрична схема – 1 арк. ф. А1

6. Консультанти розділів проекту (роботи)*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічний	Антонюк В.С., професор, д.т.н.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Розробка схем системи та її елементів	15 травня 2019 р.	
2.	Розробка графічної частини проекту	3 червня 2019 р.	
3.	Проведення розрахунків системи	5 червня 2019 р.	
4.	Виконання технологічного розділу проекту	6 червня 2019 р.	
5.	Оформлення пояснювальної записки	8 червня 2019 р.	
6.	Представлення дипломного проекту на перевірку керівникові проекту	9 червня 2019 р.	
7.	Передача матеріалів проекту на перевірку виявлення збігів/схожості текстів Unichesk	10 червня 2019 р.	
8.	Представлення проекту на рецензію	12 червня 2019 р.	
9.	Представлення проекту на затвердження завідувачу кафедри	13 червня 2019 р.	
10.	Передача електронної версії проекту до бібліотеки	14 червня 2019 р.	
11.	Представлення проекту до екзаменаційної комісії	19 червня 2019 р.	

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи)

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Ультразвуковий анемометр із захистом від обледеніння _____

Київ – 2019 року

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ANNOTATION	3
ВСТУП	4
1. ОГЛЯД АНАЛОГІВ ТА АНАЛІЗ ЇХ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ	6
1.1 Анемометр чашковий	6
1.2 Крильчасті анемометри	7
1.3 Теплові анемометри.....	8
1.4 Ультразвукові анемометри	9
1.5 Аналіз методів вимірювання основних параметрів вітру	12
2. ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	17
2.1 Основні вимоги до приладу «Ультразвуковий анемометр із захистом від обледеніння»	18
2.2 Розрахунок сил, що діють на ультразвукові датчики анемометра.....	19
2.3 Характеристика ультразвукових датчиків.....	23
2.4 Структурна схема ультразвукового анемометра	25
2.5 Електрична схема термоелементів.....	29
ВИСНОВОК	31
3. ТЕХНОЛОГІЯ	32
3.1 Вступ	33
3.2 Аналіз складальної одиниці	33
3.7 Оцінка рівня технологічності	35
3.8 Визначення основних показників технологічності	36
3.9 Визначення додаткових показників технологічності.....	37
3.9.1 Визначення технічних показників уніфікації конструкції	37
3.10 Визначення комплексного показника технологічності виробу.....	39
3.11 Схема складального складу	40

					ДПБ.ПІ51.09.000 ПЗ							
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка				Лім.		Лист	Листів
Розроб.		Подбельський										
Перевір.												
Реценз.									ПБФ, гр ПІ-51			
Н. Контр.												
Затверд.												

3.12	Технологічна схема складання	41
3.13	Опис конструкції.....	42
	ВИСНОВОК	44
	ВИСНОВКИ.....	45
	ЛІТЕРАТУРА	47

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

В дипломному проекті розроблено конструкцію та досліджено питання точності анемометра з системою захисту від обледеніння.

Графічну частину представлено на 4 аркушах А1: 3-d модель анемометра, структурна схеми анемометра, графіки перехідних характеристик, складальне креслення приладу і робочі креслення деталей.

Пояснювальна записка включає:

- Технічне завдання;
- Огляд і аналіз аналогів пристрою та існуючих методів вимірювання швидкості і напрямку приземного вітру;
- Проектно-конструкторський розділ, де структурну схему анемометра з системою захисту від обледеніння, проведено дослідження статичної, динамічної і частотних характеристик, проведено розрахунки основних елементів конструкції приладу, його точності і надійності;
- Технологічний розділ, де було оцінено рівень технологічної складності, розроблено технологічну схему та схему складального складу приладу;
- Додатки: специфікація складального креслення;
- Висновки та література.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ANNOTATION

The diploma project developed a design and investigated the accuracy of the anemometer with an anti-icing system.

The graphic part is presented on 4 sheets of A1: 3-d model of anemometer, anemometer structure diagram, charts of characteristics, assembly drawing of the device and working drawings of parts.

Explanatory note includes:

- Terms of Reference;
- Review and analysis of device analogs and existing methods for measuring the velocity and direction of surface wind;
- Design and construction section, where the structure diagram of the anemometer with an anti-icing system, conducted a study of static, dynamic and frequency characteristics, carried out calculations of the main elements of the design of the device, its accuracy and reliability;
- The technological section, where the level of technological complexity was estimated, developed the technological scheme and the scheme of the assembly of the device;
- Appendices: the specification of the assembly drawing;
- Conclusions and list of literature

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Анемометр - пристрій, що використовується для вимірювання швидкості вітру, і є загальним інструментом метеостанції, який використовується в метеорології або аеродинаміці. Перший відомий опис анемометра був дан Леоном Баттіста Альберті приблизно в 1450. Анемометри можуть бути розділені на два класи: ті, які вимірюють швидкість вітру і ті, які вимірюють тиск вітру; але є близький зв'язок між тиском і швидкістю, анемометр, розроблений для одного з показників, може дати інформацію про обидва показника. [1]

У 1846 Джон Томас Ромні Робінсон поліпшив дизайн за допомогою чотирьох напівсферичних чашок і механічних коліс. Пізніше, в 1926, Джон Паттерсон розробив три анемометра чашки, які були покращені Brevoort і Joiner в 1935. У 1991 Дерек Уестон додав здатність виявити напрямок вітру. Останній раз, в 1994, Доктор Ендрюс Пфліч розробив звуковий анемометр. [1]

Наразі прилад здатен виконувати безліч інших функцій серед яких:

- визначати напрямок вітру;
- вираховувати атмосферний тиск;
- температуру;
- об'ємна витрата;
- вологість повітря.

Зрештою, такий пристрій стає портативної метеорологічною станцією, зручною у використанні і транспортуванні. Під час вимірювань воно зчитує необхідну інформацію, проводить аналіз і видає отримані значення на дисплей. В якості основного засобу вимірювання швидкості руху повітря застосовуються анемометри, що розрізняються між собою за принципом дії і за технічними характеристиками.[1]

Їх робота заснована на різних способах вимірювання швидкості повітряного потоку за допомогою чутливого елемента і методі обробки

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отриманого від елемента сигналу. Прилади можуть мати в своїй конструкції рухливі елементи, які приходять в безперервне або періодичне рух під тиском вимірюваної рідини або газу і при цьому відмірюють певні обсяги або маси вимірюваного речовини. Такі вимірювальні пристрої можуть бути крильчасті і чашковими. Чутливий елемент може бути відкритий або закритий обтічником; обтічник зменшує чутливість приладу до просторових неоднорідностей. Швидкість обертання, виміряна відповідним тахометричним пристроєм, пропорційна швидкості повітряного потоку. Недоліком приладів цього ти-пу є виникнення пульсацій тиску і витрати внаслідок нерівномірного пере-мішування газу в межах одного обороту, що призводить до виникнення по-рівняно великий похибки і зменшує чутливість вимірювань. Цей недолік не дозволяє використовувати їх в якості зразкових засобів. [1]

Залежно від конструкції і принципу дії анемометри поділяють на механічні та електронні. До перших відносять чашкові і крильчасті прилади. Чашковий анемометр найбільш поширений і представляє собою ротор, на який симетрично насаджені напівсферичні чашки. Під дією вітру ротор обертається на вертикальній осі, а механічний лічильник записує кількість оборотів чашок за певний час. У крильчасті анемометри встановлено мініатюрне вітрове колесо, обертання якого передається на стрілку механічного лічильника. Його використовують переважно в трубопроводах і вентиляційних системах для розрахунку витрати повітря. Тепловий анемометр відноситься до електронних приладів і працює за допомогою електронної схеми, в яку включається дріт термодатчика. Суть функціонування приладу полягає в нагріванні нитки розжарювання з подальшим виміром її опору в залежності від навколишньої температури. [1]

Були прийняті зусилля по упорядкуванню та створенню класифікації різних анемометрів, що наразі доступні на ринку, і порівнянні їх ефективності в залежності від розмірів та форм.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ОГЛЯД АНАЛОГІВ ТА АНАЛІЗ ЇХ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ

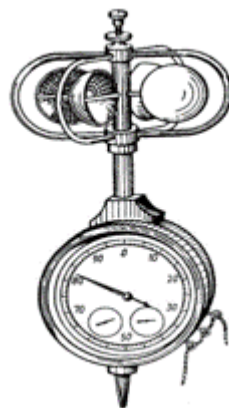
1.1 Анемометр чашковий

Анемометр чашковий – перший поширений і зручний вид механічних анемометрів. Розрізняють ручний або індукційний (електронний) типи пристроїв. [1]

Прилад застосовується в:

- метеорології – фахівці використовують у повсякденній праці;
- будівництві – для контролю сильних поривів вітру може встановлюватися на підйомні крани;
- промисловості – контроль ефективності систем кондиціонування, вентиляцій підземних шахт;
- спорт – вітрильний спорт та спортивна стрільба для визначення й урахування похибки вітру;
- сільському господарстві - під час обробки рослин хімічними препаратами;
- авіації – для перевірки стану авіаційних двигунів та вимірювання повітряних потоків може встановлюватися в аеропортах.

Під час використання ручного чашкового анемометра потрібно дотримуватися інструкції: засікати тривалість часу вимірювання, підраховують кількість обертів осі ,а після чого – відзначити на графіку відстань, яку пройшли потоки повітря. Кінцевий результат - є вказана відстань, поділена на час вимірювання. [1]



					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.1 - Чашковий анемометр

1.2 Крильчасті анемометри

Для вимірювання швидкостей потоків в трубах, вентиляційних каналах і шахтах, в системах кондиціонування, тобто у випадках, коли маємо справу з постійним напрямком руху потоку - використовується крильчастий анемометр. Цей тип анемометрів є більш чутливими і здатні вимірювати швидкості від 0,1 м / с. Приймаючий пристрій зроблено у вигляді крильчатки, яка приводиться в рух потоком газу. Крильчатка прикріплена до трубчастої осі, яка в свою чергу приєднана до механізму підрахунку оборотів за певний проміжок часу. У дорожчих моделях крильчатка під'єднана за допомогою гнучкого з'єднання для вимірювань у важкодоступних місцях. Крильчатка жорстко приєднана до вимірювального блоку в більш простих та дешевих моделях. [1]

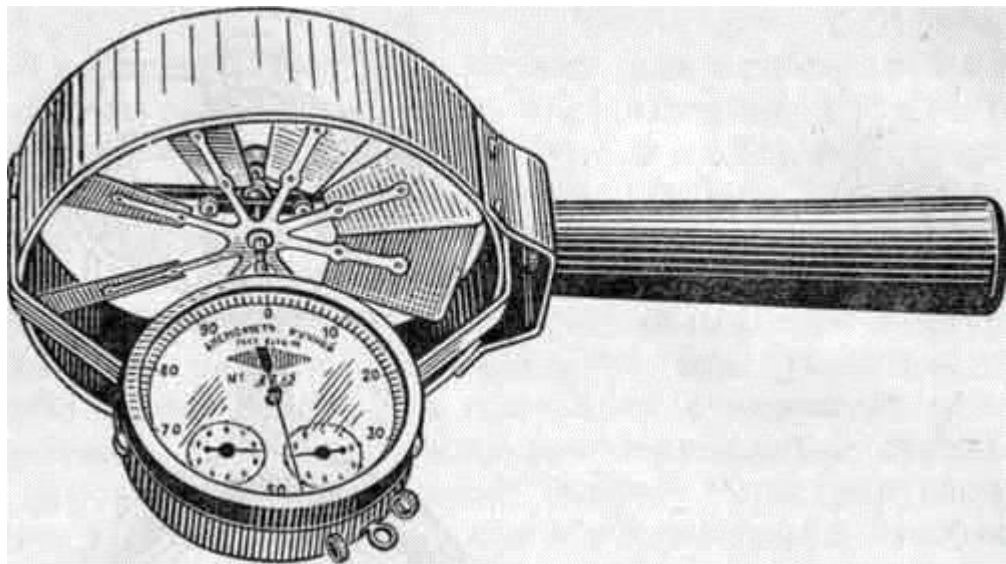


Рисунок 1.2 – Крильчастий анемометр

Приймачі вітру, який має анемометр крильчатий, захищений від механічних пошкоджень циліндром, що служить одночасно для обмеження перетину вимірюваного повітряного потоку. Механізм приладу закріплений в металевому корпусі, та забезпечений ручкою. Ручка виготовлена у вигляді трубки і використовується для установки приладу певну підставку.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Теплові анемометри

Теплові анемометри часто називають термоанемометрами, а їх принцип заснований на збільшенні тепловтрат нагрітого тіла, яке при збільшенні швидкості обдувається більш холодним газом. Це явище (зміна числа Нуссельта) характеризується на тому, що при незмінній температурі в вітряну погоду відчуття холоду сильніше при більшій швидкості вітру. Конструктивно тепловий анемометр являє собою відкриту тонку металеву нитку розжарення, яка нагрівається більше відносно температури навколишнього середовища за допомогою електричного струму. Для таких дротів підходить метал за позитивним коефіцієнтом температурного опору, тобто: ніхром, вольфрам, срібло, платина, і ним подібні...). Температура може певним чином залежати від щільності повітря, швидкості вітру, та його вологості. Таким чином, по опору нитки можна виміряти температуру, адже опір змінюється від змін температури. В якості датчика масової витрати повітря, практично у всіх сучасних автомобілях, використовується термоанемометр. Низька механічна міцність, так як застосовується дуже тонкий дріт, порушення калібрування через забруднення і окислення гарячого дроту є недоліками термоанемометрів, але, так як вони практично без інерційні, для вимірювання локальної турбулентності і пульсацій потоку, можуть широко застосовуватися в аеродинамічних експериментах. [1]



Рисунок 1.3 – Тепловий анемометр

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На пристрої встановлений довгий зонд, що служить для зняття показників у важкодоступних місцях з максимальною безпекою для оператора. Завдяки інноваційному датчику, анемометр відображає точні результати навіть при низькій швидкості вітру. Прилад має ергономічний корпус та вставки з гуми для зручного утримання його в руках оператора. Анемометр застосовується в багатьох видах промисловості. Так, наприклад, він може служити для зняття показників для інженера, що обслуговує, припливно-витяжну вентиляцію.

1.4 Ультразвукові анемометри

Вимірюванні швидкості звуку, яка змінюється в залежності від орієнтації вектору руху повітря, тобто, напрямку вітру, щодо шляху поширення звуку є принцип дії ультразвукового анемометра. [1]

Основною особливістю такого приладу є використання акустичного (ультразвукового) методу вимірювання параметрів вітру та температури повітря, що полягає у вимірюванні часу проходження ультразвукового імпульсу шляху X1 від випромінювача до приймача і в зворотному напрямку X2 через досліджувану повітряне середовище.

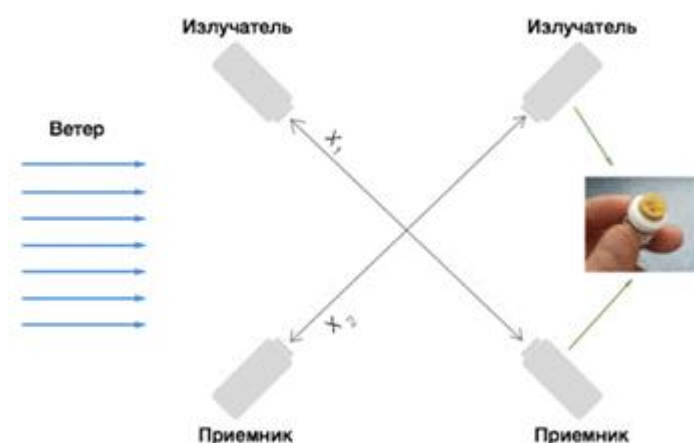


Рисунок 1.4 – Принцип дії ультразвукового анемометра

Ультразвукові анемометри існують:

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- двокомпонентні – вимірюють не тільки швидкість, а і напрямок вітру по частинах світу, тобто, напрямок горизонтального вітру;
- трикомпонентні – вимірювачі всіх трьох компонентів вектору швидкості повітря. [1]

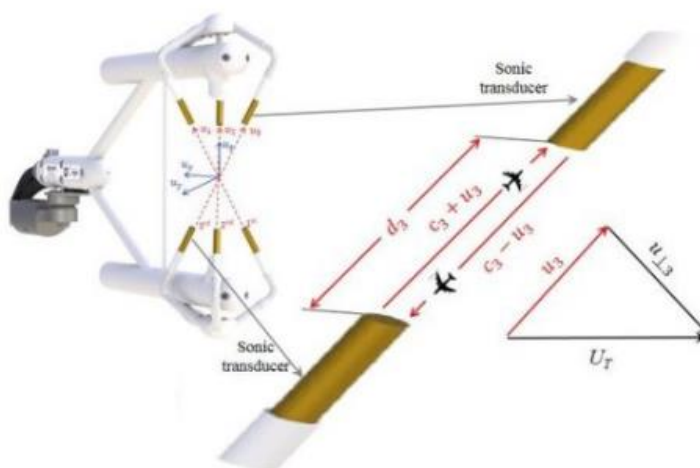


Рисунок 1.5 – Трьох компонентний (трьохосьовий) ультразвуковий анемометр

Ультразвуковий анемометр служить для двовимірного захоплення горизонтальних складових швидкості вітру та напрямку вітру, а також віртуальної температури. Через високу швидкість вимірювання цей пристрій дуже добре підходить для вимірювання поривів і вимірювання пікових значень без уповільнення. [1]

Доступна точність вимірювання температури повітря (віртуальна температура) частково перевершує класичні процедури, при яких вимірювальні щупи використовуються для захисту від атмосферних впливів і радіаційного захисту. Значення вимірювань надаються у вигляді сигналу на послідовний інтерфейс.

Всі датчики і корпус пристрою нагріваються при замерзанні, тому можливість утворення великої кількості льоду виключається. Отже, функціонування гарантується навіть при снігопаді і крижаному дощі.

В таких анемометрах швидкість звуку вимірюється часом, за який, ультразвуковий імпульс проходить між фіксованим відстанню від випромінювача до ультразвукового мікрофона, потім виміряні данні (час) перераховуються в дві або три компоненти, що впливають на швидкості руху повітря. Швидкість звуку в повітрі є пропорційною кореню квадратному з абсолютної температури, то в ультразвукових анемометр обов'язково є термометр, за показаннями якого вносяться поправки в обчислення швидкості вітру.

Особливості ультразвукового анемометра **RK126-02**, який був взятий в якості аналога:

- відсутність рухомих частин забезпечує тривалий термін служби;
- суцільнометалева масивна конструкція;
- за основу взято принцип прямого ультразвукового вимірювання;
- висока точність виміряних та оброблених даних. [2]

	Швидкість вітру	Напрямок вітру
Діапазон	0-60 м/с	0-360 °
Точність	0,1 м/с	0,1°
Похибка	менше 30 м/с становить 0. 30 м/с становить ± 3% 30 - 60 м/с становить ± 5%	±2°
Мінімальна чутливість	0,1 м/с	0,1 м/с
Максимальна чутливість	75М/с	75М/с

Таблиця 1.6 – Характеристики анемометра **RK126-02**

Пристрій використовується в суворих умовах, таких як і крижаний дощ, кріогеніка. У порівнянні з механічними датчиками вітру, ультразвуковий датчик швидкості вітру і напрямку не має зносу. Правильний нульовий прохід вимірювання фази призначається адаптивним цифровим фільтром, який

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порівнює прийнятий сигнал з опорним сигналом. Таки датчики мають тривалий термін служби, і не потребують калібрування.



Рисунок 1.7 – Ультразвуковий анемометр **RK126-02**

На базі подібного анемометра було розроблено 3d модель, конструкторську та технологічну документацію, структурну та електронну схеми для анемометра із захистом від обледеніння.

1.5 Аналіз методів вимірювання основних параметрів вітру

Вимір часу короткого звукового імпульсу з'являється знову і знову, фактично це вимір фази з пострегулярним призначенням абсолютної фази по часу. Фаза виражається виміром декількох нульових проходів сигналу прийому в області великої амплітуди після приходу сигналу. Стрімкий рух і можливе зміщення компаратора компенсуються усередненням позитивних і негативних нульових проходів.

Перелік чинників, завдяки яким утворюється повітряний потік:

- рух повітря від зони високого тиску до зони низького забезпечують градієнти тиску.
- гравітаційна сила прискорює рух повітря до величини g .
- сила тертя, що пропорційна швидкості вітру і має протилежний напрямок;

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дія вертикального градієнта тиску врівноважується гравітаційною силою;
- сила Коріоліса відхиляє напрямок руху повітря;
- відцентрова сила - за великих швидкостей і малих радіусів кривизни може значно перевищувати градієнтну силу. [3]

Отже, основними параметрами вітру є напрямок, швидкість і поривчастість. Для виміру швидкості вітру прийнято використовувати розмірність - м/сек., але часто для зручності вимірювання або підрахунків застосовуються такі одиниці як вузол або км /год. За допомогою шкали Бофорта (табл. 6.1) можна оцінити швидкість вітру. [4]

Бал	Характеристика	м/сек	вузол	км/год.
0	Безвітря	0,0...0,2	<1	<1
1	Легкий вітерець	0,3...1,5	1...3	1...5
2	Легкий бриз	1,6...3,3	4...6	6...11
3	М'який бриз	3,4...5,4	7...10	12...19
4	Помірний бриз	5,5...7,9	11...16	20...28
5	Свіжий бриз	8,0...10,7	17...21	29...38
6	Сильний бриз	10,8...13,8	22...27	39...49
7	Близький до штормового вітер	13,9...17,1	28...33	50...61
8	Штормовий вітер	17,2...20,7	34...40	62...74
9	Сильний штормовий вітер	20,8...24,4	41...47	75...88

10	Шторм	24,5...28,4	48...55	89...102
11	Надзвичайно сильний шторм	28,5...32,6	56...63	103...117
12	Ураган	>32,7	>64	>118

Таблиця 1.8 - Шкала Бофорта

Момент сили в буде дорівнює нулю, якщо сила, що діє на тіло, проходить уздовж лінії йде через вісь обертання тіла, або центр мас та якщо тіло не має осі обертання. Так як сила не буде викликати обертання тіла, а просто буде переміщати його поступально уздовж лінії. Момент сили, який викликає поворот тіла по годинниковій стрілці щодо точки спостереження прийнято вважати позитивним, а негативним відповідно той, що обертає проти неї. Вимірюється момент сили в Ньютона на метр. Один ньютонметрів це сила в 1 Ньютон діюча на плече в 1 метр. [4]

Напрямок вітру прийнято позначати відносно сторін світу:

- північний;
- північно-східний;
- східний;
- тощо...

або в поділках одна поділка містить залежно від необхідної точності вимірювань:

- 5о;
- 10о.

Поривчастість вітру - це стрибкоподібні підсилення і послаблення швидкості вітру. Фаза вирається виміром декількох нульових проходів сигналу прийому в області великої амплітуди після приходу сигналу.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повітряні потоки, що призводять зазвичай до фатальних наслідків та їх класифікація:

- смерч (оцінюється за шкалою Фудзі);

Категорія	Швидкість, (км/год)	Наслідки
F0 (легкий)	64...115	Руйнування телевізійних антен, труб, дерев, вікон
F1 (помірний)	116...179	Перевертання автомобілів, виривання дерев з корінням
F2 (значний)	180...251	Знесення дахів, перевертання рухомих будинків
F3(суворий)	252...330	Руйнування металевих будівель, зсування зовнішніх стін, повал лісів та вилягання угідь
F4 (спустошливий)	331...416	Падіння стін, перенесення металевих та бетонних конструкцій на велику відстань
F5 (неймовірний)	417...509	Перенесення будинків на велику відстань, руйнування шкіл, мотелів
F6(який важко уявити)	510...606	Автомобілі піднімає в повітря

Таблиця 1.9 – Шкала Фудзі

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ураган (оцінюється за шкалою Сафіра-Сімсона).

Категорія	Швидкість, (км/год)	Наслідки
1 (мінімальний)	119...153	Руйнування рухомих будинків, часткове затоплення прибережних районів
2 (помірний)	154...177	Суттєве пошкодження рослинності, виривання дерев, затоплення прибережних доріг
3 (великий)	178...279	Руйнування малих будинків, затоплення прибережної території на відстані до 13 км
4 (екстремальний)	210...249	Руйнування дахів, вікон, повне руйнування рухомих будинків, затоплення до 10 км
5 (катастрофічний)	>249	Руйнування будинків, промислових підприємств, потреба в евакуації населення в зоні 8...16 км

Таблиця 1.10 - Шкала Сафіра-Сімсона

Для дослідження швидкості вітру у багатьох кутках світу також використовують зонди, радіонавігації або стеження за зондом із застосуванням теодоліта або радара. Вимірювати доплеровській зрушення електромагнітного випромінювання, відбитого або розсіяного аерозольними частками здатні содар, доплеровские лідари та радари.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ПРОЕКТНО – КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1 Основні вимоги до приладу «Ультразвуковий анемометр із захистом від обледеніння»

Через високу швидкість вимірювання цей пристрій дуже добре підходить для вимірювання поривів і пікових значень без уповільнення. Доступна точність вимірювання температури повітря частково перевершує за складністю класичні процедури, при яких вимірювальні щупи використовуються для захисту від атмосферних впливів. Значення вимірювань надаються у вигляді сигналу на дисплей з послідовним інтерфейсом. Всі датчики і корпус пристрою нагріваються при замерзанні. Отже, функція також гарантується при снігопаді і крижаному дощі, а також можливість утворення льоду в значній мірі запобігається. [6]

Швидкість вітру	Границя виміру	0,45 м / с	75м/с
	Похибки	- 2%	+ 2%
	Крок	0,05 м / с	
Напрямок вітру	Границя виміру	0°	359 °
	Похибки	- 2,0 °	+ 2,0 °
	Крок	1 °	
Температура використання	Границя виміру	- 30 ° C - 22 ° F	+ 60 ° C +140 ° F
	Похибки	- 1 К	+ 1 К
	Крок	0,1 К	
Загальні данні	Захист	IP 54	
	Монтаж	на щогловій мачті 50 мм	
	Джерело живлення	Електроніка 13 ... 18 В пост. струму, нагрів 13 ... 18 В пост. струму, 7А	

Таблиця 2.1 – Вимоги до пристрою

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок сил, що діють на ультразвукові датчики анемометра

Цей ультразвуковий анемометр складається з чотирьох ультразвукових перетворювачів, що утворюють два напрямки виміру, ортогональних один одному. Розташовані на відстані близько 21 см один від одного, перетворювачі функціонують як звуковий передавач, а також як звуковий приймач. З початком вимірювання послідовність з чотирьох окремих замірів починається у всіх чотирьох напрямках вимірюваних відстаней. Напрямки вимірювання (напрямок поширення звуку) обертаються. З чотирьох окремих вимірювань в кожному напрямку формується один вектор вітру, який використовується для подальшого розрахунку. Необхідний час для послідовності вимірювань становить близько 10 мілісекунд. При вимірі часу основною проблемою є розпізнавання повільного наростання амплітуди. [5]

Однак ця амплітуда і її збільшення викликані турбулентністю в повітрі, яка постійно відбирає енергію, а не сигнал. Ця турбулентність викликана, серед іншого, самими перетворювачами звуку і є більш характерною при більш високій швидкості вітру.

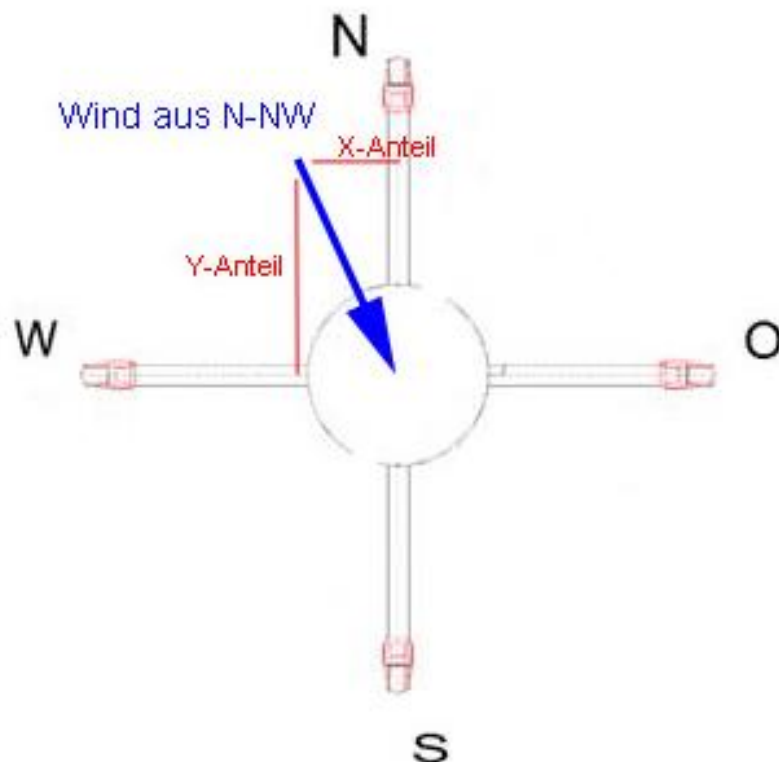


Рисунок 2.2 – Розташування ультразвукових перетворювачів

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На схемі розташування ультразвукових перетворювачів відносно напрямку потоку вітру (рис 2.2) зображені датчики для двовимірного захоплення горизонтальних складових швидкості вітру та напрямку вітру, а також віртуальної температури. Для перетворення різниці в часі, за який вітер проходить відстань між ультразвуковими датчиками, у сигнал, що інформує про відносну швидкість вітру, використовують оптоелектричні або ємнісні перетворювачі. Порогова чутливість ультразвукового анемометра становить від 75 м/с до 0,45м/с. Анемометри цього складніші за своєю конструкцією ніж чашкові анемометри, але можуть отримувати данні при відносно малій швидкості вітру. [7]

Крім того, вимірювань температури акустичними засобами та їх точність найкраща в умовах низької абсолютної вологості повітря, наприклад: на гірських ділянках. Тому деякі ультразвукові анемометри, що випробовувалися навіть при важких умовах обмерзання показали, що можуть бути майбутнім варіантом для вимірювання температури на автоматичних метеорологічних станціях.

Часто в швидкості горизонтального вітру можна виділити широтну u і меридіональну v компоненти. Інтенсивність турбулентності I_t і повна енергія флуктуацій швидкості вітру E_v визначаються за формулами 1 і 2 [8]

$$I_t = \sqrt{\sigma_u^2 + \sigma_v^2 + \sigma_w^2} \dot{\Gamma} \langle V \rangle \quad (1)$$

$$E_v = \left(\sigma_u^2 + \sigma_v^2 + \sigma_w^2 \right) \dot{\Gamma}^2 \quad (2)$$

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де σ^2 – дисперсії турбулентних пульсацій відповідних компонент вектора швидкості вітру, $\langle V \rangle$ - середнє значення швидкості вітру. [8]

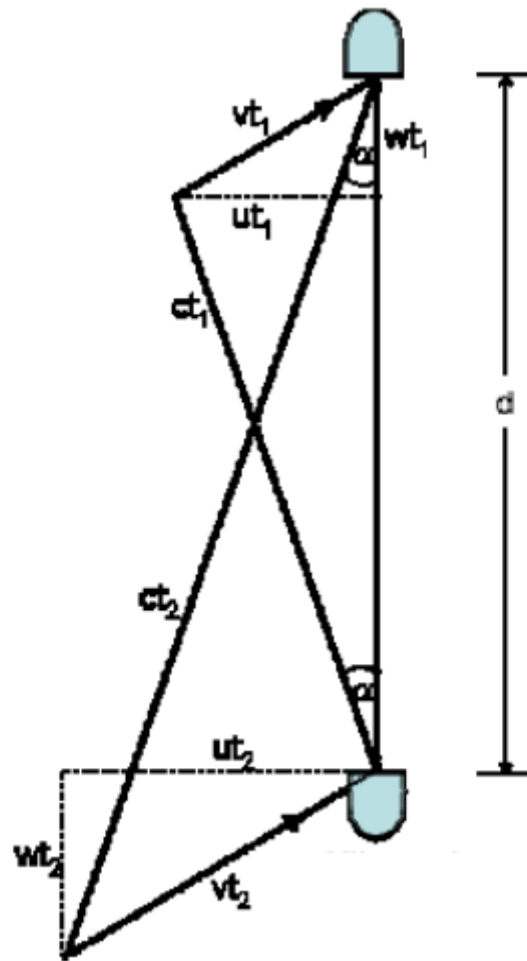


Рисунок 2.3 – Принцип роботи

Час, коли звукова хвиля повинна поширюватися від нижнього перетворювача до верхнього (рис 2.3) можна вирахувати за формулою 3 та 4.

$$t_1 = \frac{d}{c \cdot \cos(\alpha) + w},$$

(3)

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_2 = \frac{d}{c \cdot \cos(\alpha) - w}$$

(4)

Якщо додати зворотні вирази, в результаті отримуємо формулу 5:

$$\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} = \frac{2 \cdot c \cdot \cos(\alpha)}{d} = \frac{2}{d} \sqrt{c^2 - u^2}$$

(5)

u - складова вітру у цьому рівнянні, перпендикулярна вимірювальна секції між перетворювачами. Зводимо до виду формули 6:

$$T_{AV} = \frac{1}{\gamma_d R_d} \cdot \left[\left(\frac{d}{2} \right)^2 \left(\frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right)^2 + u^2 \right]$$

(6)

Вимір часу проходження t_1 і t_2 , в ультразвукових анемометр, проводиться шляхом підрахунку чисел n_1 і n_2 тактових циклів з тривалістю t_0 між передачею і прийомом звукового сигналу. Необхідно обраховувати такж декілька відліків зміщення, що визвані часом обробки даних n_0 , щоб, було дійсним рівняння: $t_1 = (n_1 + n_0) \cdot t_0$. [9]

Зводимо рівняння до остаточного вигляду, яке буде використовуватися в експериментах для розрахунку T_{av} з анемометрів (7):

$$T_{AV} = \frac{1}{\gamma_d R_d} \cdot \left[\left(\frac{d}{2} \right)^2 \left(\frac{1}{(n_2 + n_0)t_0} + \frac{1}{(n_1 + n_0)t_0} \right)^2 + u^2 \right]$$

(7)

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Характеристика ультразвукових датчиків

Для визначення часу поширення УЗ-хвилі між перетворювачами на малому шляху L сучасний ультразвуковий анемометр містить, як мінімум, вимірювальний ланцюг і пару перетворювачів (рис 2.4).

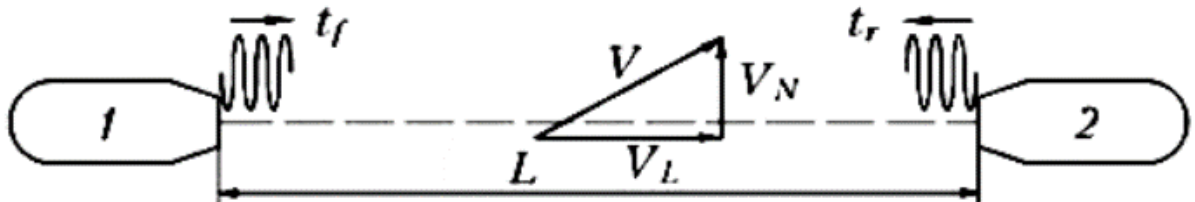


Рисунок 2.4 – Принцип роботи ультразвукового перетворювача [9]

В ультразвукових анемометрах найбільш широке застосування отримав імпульсний метод, коли перетворювачі 1 і 2 поперемінно приймають і випромінюють короткі імпульси з частотою 20 - 200 кГц [8]

Схема дозволяє визначити поздовжню складову швидкості V_L при вимірі часів поширення ультразвукової хвилі в прямому t_f , від випромінювача 1 до приймача 2, і зворотному, від випромінювача 2 до приймача 1, напрямках - t_r , уздовж шляху L . (8) [9]

$$V_L = L \left(\frac{1}{t_f} - \frac{1}{t_r} \right) \quad (9)$$

Час залежать від поширення поперечної компоненти до напрямку швидкості вітру V_N і швидкості поширення звуку в атмосфері (10).

$$t_f = L \left(\frac{1}{\sqrt{c^2 - v_N^2} + v_L} \right) \quad (10)$$

Визначити швидкість звуку в атмосфері можна додатково вимірявши компоненту V_N (11):

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$c = \sqrt{\left[(L \dot{r} - 2) \dot{r} \left(1 \dot{r} - t_f + 1 \dot{r} - t_r \right) \right]^2 + V_N^2} \quad (11)$$

На двох шляхах L1 і L2 поширення ультразвукових імпульсів в чотирьох напрямках зазвичай реалізується вимірювання горизонтальних компонент вітру (рис 2.4):

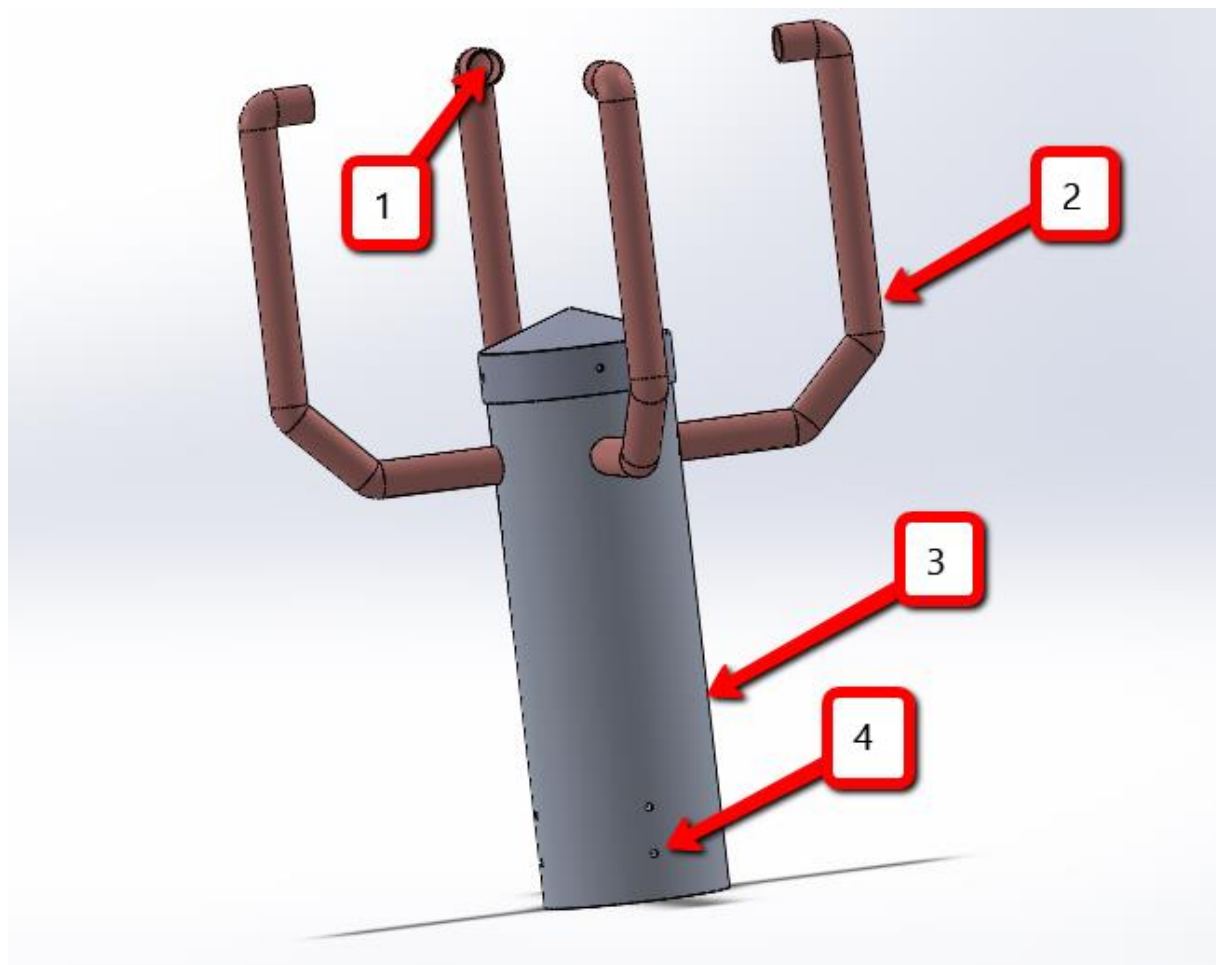


Рисунок 2.5 – Основні частини анемометра

1. Ультразвукові перетворювачі – перетворювачу випромінювання та отримання сигналів знаходяться напроти один одного – 4шт.;
2. Кронштейн для перетворювачів – тонкі тримачі, що необхідні для зменшення впливу вихорів та забезпечення захисту контактів – 4шт.;
3. Корпус приладу – служить основним захистом для приладу – 1шт.;
4. Виходи через які під'єднується допоміжне обладнання та для передачі даних на ПК – 2шт.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривимірна орієнтація шляхів поширення звукових хвиль так само використовується для вимірювання вертикальної компоненти.

2.4 Структурна схема ультразвукового анемометра

В основі лежить принцип анемометра з двома осями, який виробляє вимірювання напрямку в горизонтальній площині. Використовуються теоретичні формулювання виділення з отриманого сигналу інформації по температурі.

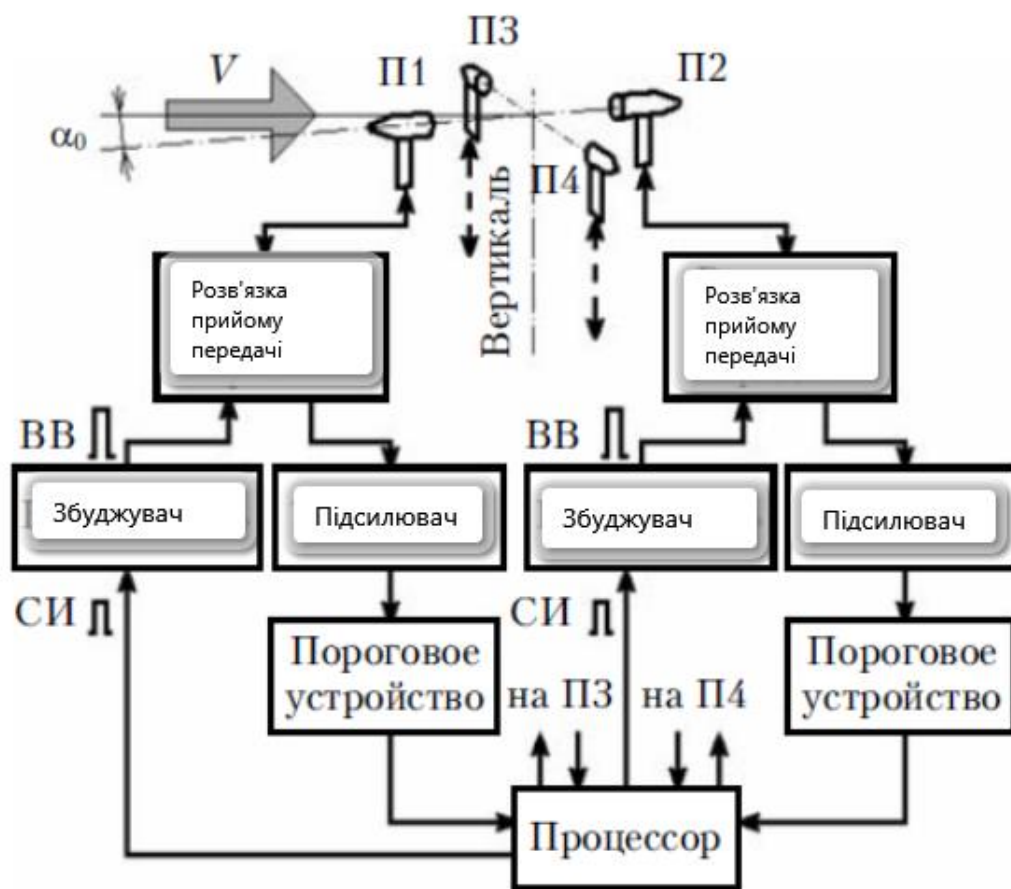


Рисунок 2.6 – Структурна схема ультразвукового анемометра для виміру горизонтальних вітрів

У першому блоці задаються параметри напрямку вітру і швидкості. Можна задати вручну, або вибрати випадкові значення. Щоб перевести отримане значення в частоту, далі заданий напрямок переводиться в радіани і перемножується з швидкістю. Візьмемо напрямок відносно трьох точок - 90, 225, 315, це необхідний мінімум в даному випадку. Отримаємо три сигнали з різною частотою, які моделюють вітер.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для прискорення роботи схеми, а відповідно, для її спрощення було використано прості логічні елементи з яких за формулами можна вирахувати необхідні частоти.

Крім того надійність приладу ще обумовлюється простотою його внутрішньої електроніки.

Напряв випромінювання віртуального анемометра сумується з опорним сигналом, що дозволяє говорити про отримані частоти, як про опорні. Потім опорні частоти проходять віртуальне середовище, де сигнал змінюється, для виявлення, на скільки саме змінився сигнал, він фільтрується, і визначається частота доплерівського зсуву.[10]

Доплерівське зрушення частоти пропорційне не тільки швидкості вітру, а й кутку між вектором швидкості і ультразвуковим променем, тому знання цього кута необхідно для обчислення швидкості по доплерівського зсуву. [10]

Основні фізичні причини нестійкості частоти є:

- електромагнітні перешкоди;
- шуми, що впливають на електронну схему синхронізації в електронних схемах приймача;
- змінення довжини шляху, включаючи в себе зміну швидкості поширення;
- доплерівські зсуви з мобільних термінальних пристроїв;
- нерегулярна та низька щільність хронологічної інформації.

Оскільки правки для доплерівського зсуву рідко вводяться в вигляді зрушень локальних осциляторів на антенах, ці правки повинні бути зроблені на кореляторі або після обробки аналізу отриманих даних.

Використаємо формулу для знаходження швидкості вітру (12):

$$f_{\text{доп}} = f(1 - v/u) \quad (12)$$

Знайдемо відношення швидкості звуку і різниці між ставленням опорної частоти і отриманої з одиницею. Підсумовуємо отримані результати і виводимо їх на екран. Оскільки значення повинні бути близькі, перевіримо

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кожне значення з різницею і сумою. Якщо значення потрапляють в діапазон, результати відразу йдуть на вихід.

Отримані результати підсумовуємо і знаходимо середнє значення, потім виводимо на екран.

За допомогою АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) проведено 28 вимірів в прямому та зворотному напрямках у стані спокою.

За допомогою АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) проведено 40 вимірів в усіх чотирьох напрямках зі швидкістю 18 м/с.

За допомогою АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) проведено 40 вимірів в усіх чотирьох напрямках зі швидкістю 27 м/с.

Як тільки вектор вітру приймає значну величину в порівнянні зі швидкістю звуку, це значною мірою впливає на вимірювання температури в. Звук повинен коливатися довше, в той час як в кожному випадку ортогональний вітер відхиляє звук. Це призводить до збільшення терміну і, відповідно, до зниження температури.

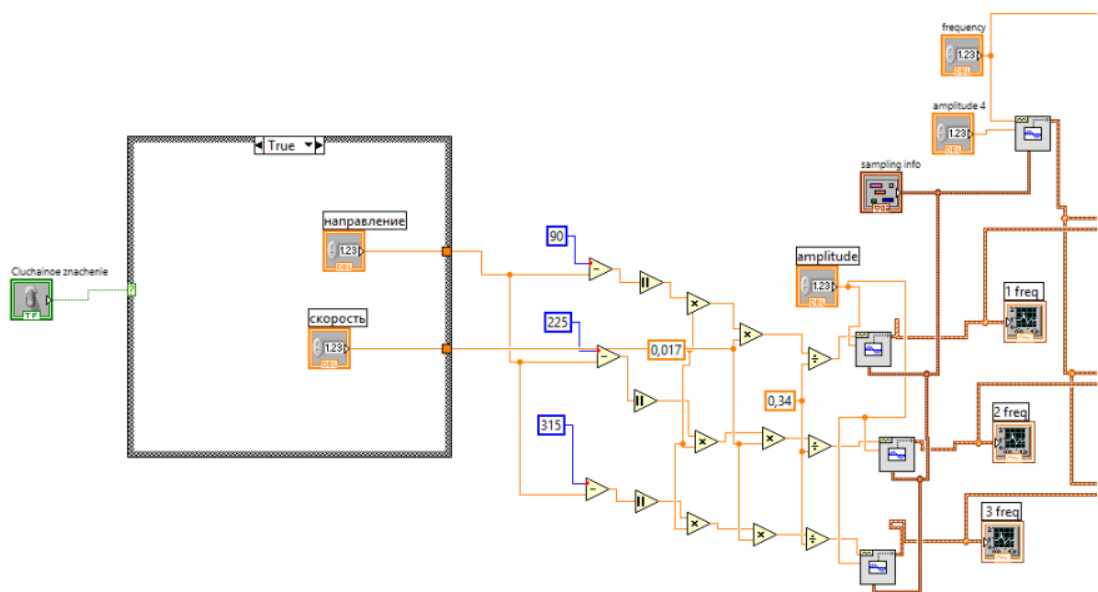


Рисунок 2.8 – Блок заповнення даних

Тут же використані елементи відображення для відстеження отриманих сигналів, всі сигнали, кожен окремо для зручності відстеження. Сигнали виводяться в спеціальне вікно на лицьовій панелі, з вкладками для кожного

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигналу. Тут так само присутній елемент задає частоту випромінювача, частоту можна змінювати в будь-яких межах, щоб знайти найкращі частоти передачі сигналу.

1. Значення, введені і отримані після обробки, свідчать про те, що створена схема працює правильно, а оператор також справедливий для випадкових величин.
2. Є можливість використовувати схему, при відповідній обробці результатів, з реальною моделлю, так як схема проста у використанні.
3. З деякими припущеннями схема показує результати і працює в ідеалізованих умовах.
4. В отриманих результатах є невелика похибка, яка пояснюється спрощенням моделювання.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Електрична схема термоелементів

В якості нагрівного елементу було вибрано терморезистор, який буде встановлено на хрестовику анемометра і підтримувати температуру самої плати, корпусу та датчиків з кронштейном.

Використовуючи рівняння Штейнхарта-Харта (13) можемо визначити залежність температури від опору резистора. [22]

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C(\ln(R))^3 \quad (13)$$

де R - опір терморезистора при температурі T (в Кельвінах).

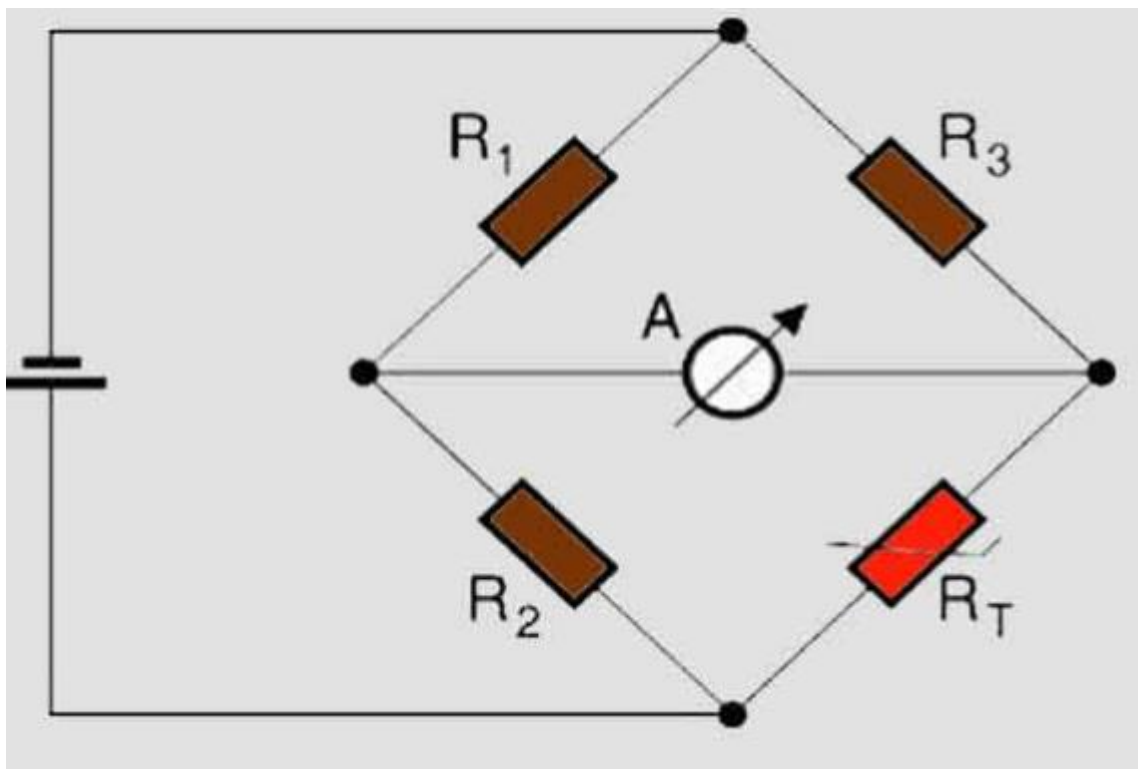


Рисунок 2.9 – Мостова схема

де R_1, R_2, R_3 – звичайні резистори

R_T – терморезистор.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо відносну зміну опору провідника при його нагріванні. Нехай спочатку провідник перебував при початковій температурі $P_{аз}$ мав опір $R_0 = Ce a T$. При нагріванні до температури T його опір $R_T = Ce a T$. Візьмемо ставлення R_T і R_0 :

$$R_T / R_0 = Ce^{aT} / (Ce^{aT_0}) = e^{a(T-T_0)} \quad (14)$$

Виражаємо опір при температурі T через початковий опір при T_0 :

$$R_T = R_0 [1 + a(T - T_0)] \quad (16)$$

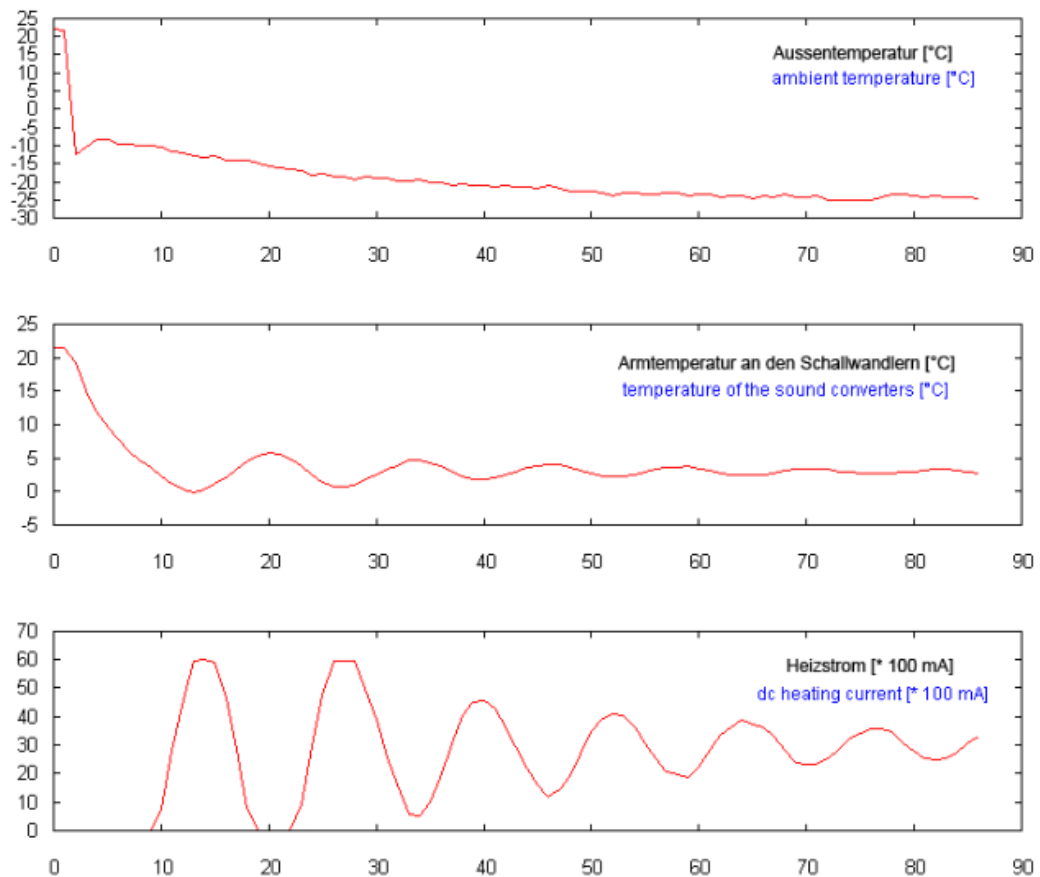


Рисунок 2.10 – Графіки залежності виділеної температури від опору

На показниках графіків видно що навіть при критичній температурі у – 30 градусів за Цельсієм термоелементи конструкції зможуть підтримувати температуру на чутливих елементах анемометра приблизно до 3х градусів за Цельсієм. Проте, обробка сигналу функціонує в усій області від -20 ° C до + 60 ° C.

ВИСНОВОК

У проектно – конструкторській частині дипломної роботі було розглянуто аналоги анемометрів, принцип їх роботи. На базі цих даних було сформульовано вимоги, яким має відповідати прилад.

Досліджено основні чинники впливу на чутливі елементи приладу, проаналізовано фактори що можуть вплинути на розрахунки приладу.

Було розроблено структурну схему приладу, його 3-Д-модель та розраховано електричну схему для термоелемента.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.ТЕХНОЛОГІЯ

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1 Вступ

Досконалість приладів характеризується їх надійністю роботи, зручністю, відповідністю своєму функціональному призначенню, а також тим, якою мірою використані та враховані можливості найбільш прогресивних методів і засобів контролю і виготовлення.

Критерієм технологічності є її економічна доцільність при заданій якості експлуатації, прийнятних умовах виробництва і ремонту.

Необхідно розглядати також чинники, що визначають технологічність конструкції. Конструкція буде технологічною, якщо у неї найкоротший цикл виробництва, вона володіє найменшою трудомісткістю виготовлення і найбільшою уніфікацією і нормалізацією деталей і складальних одиниць, можливістю автоматизації складання при найменшій кількості використаних матеріалів і устаткування. Для досягнення високих технічних характеристик приладу необхідно також використовувати резерви виробництва.

3.2 Аналіз складальної одиниці

Особливі вимоги, запропоновані до виготовлення і складання ультразвукового анемометра зазначені в кресленнях і його складальних одиницях, а також кресленнях деталей; у цих вимогах відбита точність складання деталей та їх виготовлення.

Вимірюванні швидкості звуку, яка змінюється в залежності від орієнтації вектору руху повітря, тобто, напрямку вітру, щодо шляху поширення звуку є принцип дії ультразвукового анемометра.

Зрештою, такий пристрій стає портативною метеорологічною станцією, зручною у використанні і транспортуванні. Під час вимірювань воно зчитує необхідну інформацію, проводить аналіз і видає отримані значення на дисплей.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

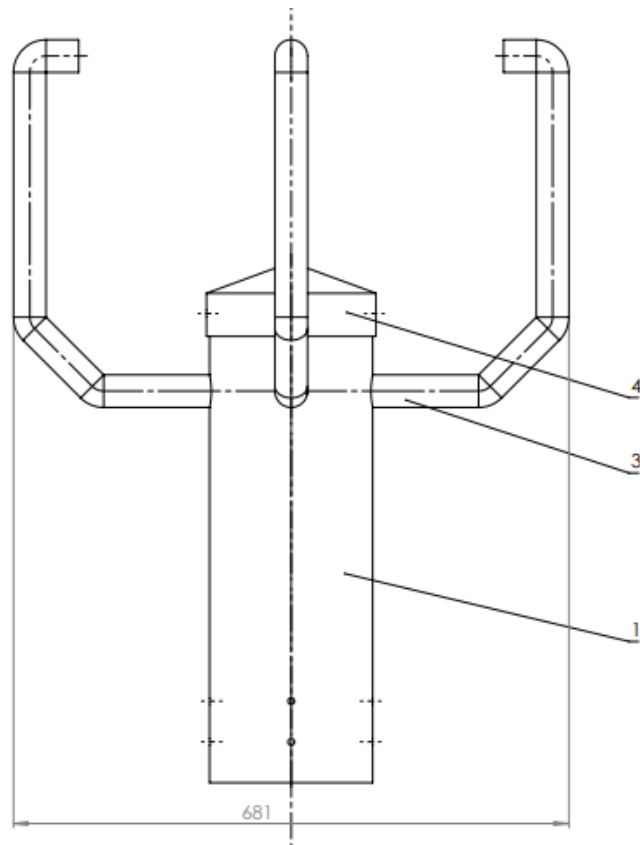


Рисунок 3.1 – Складальне креслення анемометра

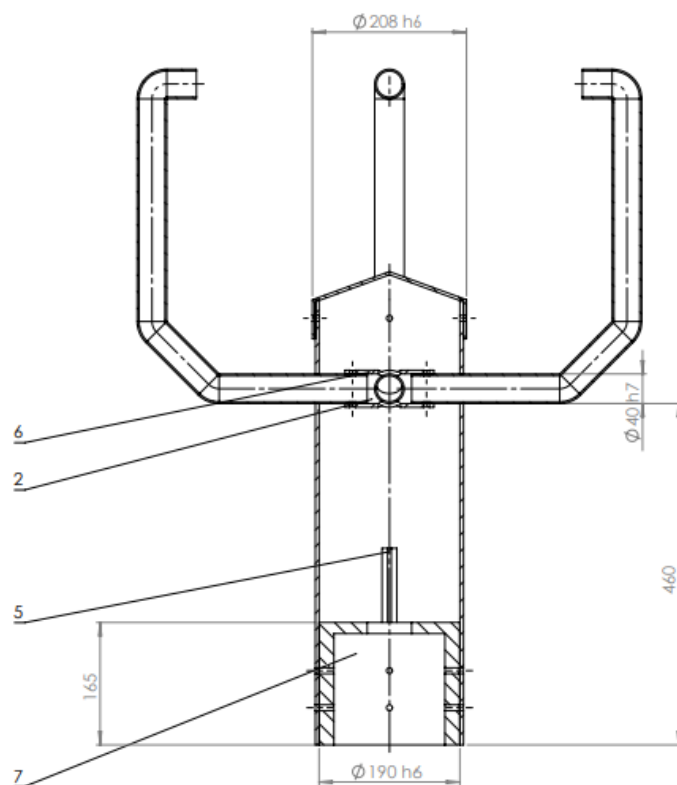


Рисунок 3.2 – Складальне креслення анемометра

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опис деталі:

1. Корпус;
2. Хрестовик;
3. Кронштейн;
4. Кришка;
5. Плата датчика;
6. Термoeлемент;
7. Корпус плати.

Опис приладу:

Чутливим елементом анемометра служить чотири ультразвукових датчик, що насаджені на кронштейн 3. Кронштейн 3 разом із хрестовик 3 встановлюється у корпус 1. Зверху на хрестовик 3 кріпиться термoeлемент 6, тобто плата з чотирма терморезисторами. Плата датчика 5 закріплюється на корпус плати 7, та встановлюється в корпус 1. Кришка 4 встановлюється на корпус 1.

3.7 Оцінка рівня технологічності

Технологічністю конструкції називається така властивість окремих деталей, складальних одиниць і приладів у цілому, при якому для даних умов, даного масштабу випуску і даних технічних вимог до приладу забезпечується найбільше швидке і економічне освоєння його виробництва, а також найбільше раціональне його виготовлення.

Конструкція технологічна, якщо вона має найбільшу уніфікацію і нормалізацію складальних одиниць і деталей, широкі можливості застосування найбільш простих і раціональних операцій, найменшу трудомісткість, а також можливість автоматизації устаткування.

Для усіх виробів при відпрацюванні конструкції на технологічність ставляться такі задачі:

- зниження трудомісткості виготовлення;

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосування стандартних складових частин;
- використання уніфікованих складових частин;
- використання уніфікованих деталей;
- застосування типових технологічних процесів.

Для складальних одиниць задачами відпрацювання на технологічність є забезпечити технологічне компонування складальної одиниці, забезпечення технологічності принциповою і конструктивною схемами, забезпечення раціональних і правильних настановних баз, забезпечення раціонального членування на складові частини, забезпечення умов для застосування високопродуктивних технологічних процесів, забезпечення умов регулювання, іспитів й контролю, скорочення номенклатури застосованих матеріалів.

3.8 Визначення основних показників технологічності

Абсолютний техніко-економічний показник трудомісткості виготовлення $T_{\text{и}}$ можна виразити сумою нормо-годин, що затрачені на виготовлення виробу:

$$T_{\text{и}} = \sum T_{\text{и}}, \quad (2)$$

де $T_{\text{и}}$ - трудомісткість виготовлення і іспитів складової частини виробу, яка в свою чергу вимірюється в нормо-часах.

У складальну одиницю “Ультразвуковий анемометр” входять 30 деталей. На їхнє виготовлення витрачено в сумі 10 нормо-годин. ($T_{\text{и}}=30$ нормо-годин).

Рівень технологічності конструкції по трудомісткості виготовлення $K_{\text{у.т.}}$ визначається як відношення досягнутої трудомісткості виготовлення виробу $T_{\text{и}}$ до базового показника трудомісткості виготовлення $T_{\text{б.і.}}$ ($T_{\text{б.і.}}=40$ нормо-годин):

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{y.T} = T_{и} / T_{б.и}, \quad (3)$$

$$K_{y.T} = 30/40 = 0,75.$$

C_T - технологічна собівартість виробу визначається, як сума витрат на одиницю виробу:

$$C_T = C_M + C_3 + C_{ц.р}, \quad (4),$$

де C_M - вартість матеріалів, витрачених на одиницю виробу (грн.);

C_3 - заробітна плата виробничих робітників з нарахуванням (грн.);

$C_{ц.р}$ - цехові витрати (електроенергія, ремонт і амортизація устаткування і т.п.).

По кошторисах: $C_M = 150$ грн.; $C_3 = 1500$ грн.; $C_{ц.р} = 70$ грн., тоді технологічна собівартість складе:

$$C_T = 150 + 1500 + 70 = 1720 \text{ грн.}$$

Рівень технологічності конструкції по технологічній собівартості визначається як відношення досягнутої собівартості C_T до технологічної собівартості базового виробу $C_{б.Т}$ ($C_{б.Т} = 1800$ грн.).

$$K_{y.c} = C_T / C_{б.Т}, \quad (5)$$

$$K_{y.c} = 1720/1800 = 0.95.$$

3.9 Визначення додаткових показників технологічності

3.9.1 Визначення технічних показників уніфікації конструкції

Коефіцієнт уніфікації виробу K_y визначається по формулі:

$$K_y = (E_y + D_y) / (E + D), \quad (6)$$

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де E_y і E - відповідно кількість уніфікованих складальних одиниць, і загальне число складальних одиниць у виробі;

D_y і D - відповідно кількість уніфікованих деталей і загальне число деталей у виробі (без урахування кріплення).

У спроектованому рахунковому механізмі є уніфіковані складальні одиниці $E_y=0$, $E=3$, $D_y=5$, $D=25$.

$$K_y=(0+5)/(3+25)=0,18.$$

Коефіцієнт уніфікації деталей виробу $K_{уд.і}$ є відношення кількості уніфікованих деталей до загального числа деталей у виробі:

$$K_{уд.і}=D_y/D, \quad (7)$$

$$K_{уд.і}=5/25=0,2.$$

Коефіцієнт стандартизації виробу $K_{ст}$ визначається формулою:

$$K_{ст}=(E_{ст}+D_{ст})/(E+D), \quad (8)$$

де $E_{ст}$ і $D_{ст}$ - відповідно число деталей і стандартних складальних одиниць ($E_{ст}=0$, $D_{ст}=6$).

$$K_{ст}=(0+6)/(3+25)=0,214.$$

Коефіцієнт стандартизації деталей $K_{стд}$ є відношення числа стандартних деталей до загального числа деталей:

$$K_{стд}=D_{ст}/D, \quad (9)$$

$$K_{стд}=6/25=0,24.$$

Коефіцієнт стандартизації складальних одиниць $K_{ст.е}$ визначається за формулою:

$$K_{ст.е}=E_{ст}/E, \quad (10)$$

$$K_{ст.е}=0/3=0.$$

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{\text{повт}}$ формула для визначення коефіцієнту повторення деталей :

$$K_{\text{повт}} = 1 - Q / (E + D), \quad (11)$$

число найменувань складових частин ($Q=32$).

$$K_{\text{повт}} = 1 - 22 / (3 + 25) = 0,214.$$

3.10 Визначення комплексного показника технологічності виробу

Комплексний показник технологічності конструкції характеризує не окремі приватні ознаки технологічності, а визначену групу ознак технологічності конструкції.

Методика визначення комплексного показника враховує різноманітну економічну ефективність вхідних приватних показників шляхом введення коефіцієнтів економічної ефективності K_e приватних показників технологічності виробу. Цей коефіцієнт обмежимо границями $0 < K_e \leq 1$. При цьому коефіцієнти економічної ефективності визначаються з умови $\sum K_e \leq 1$.

Комплексний показник технологічності виражається залежністю:

$$K = (K_1 K_{1e} + K_2 K_{2e} + \dots + K_i K_{ie}) / (K_{1e} + K_{2e} + \dots + K_{ie}) = (\sum K_i K_{ie}) / \sum K_{ie}. \quad (12)$$

Розрахунок комплексного показника технологічності зведений у табл.3.3

Показник K_i	Коефіцієнт економічної ефективності K_{ie}	$K_i K_{ie}$
$K_{yT} = 0,7$	0,35	0,245
$K_{yc} = 0,93$	0,25	0,2325

$K_y=0,44$	0,1	0,044
$K_{y,d,i}=0,43$	0,05	0,0215
$K_{ст}=0,13$	0,05	0,0065
$K_{ст,д}=0,15$	0,05	0,0075
$K_{ст,е}=0$	0,1	0
$K_{повт}=0,28$	0,01	0,0028
$K_{им}=0,63$	0,04	0,0252
	$\sum K_{ie}=1$	$K=0,585$

Таблиця 3.3 - Комплексний показник технологічності

$$K = \frac{0.7 \cdot 0.35 + 0.93 \cdot 0.25 + 0.44 \cdot 0.1 + 0.43 \cdot 0.05 + 0.13 \cdot 0.05 + 0.15 \cdot 0.05 + 0 \cdot 0.1 + 0.28 \cdot 0.01 + 0.63 \cdot 0.04}{0.35 + 0.25 + 0.1 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.1 + 0.01 + 0.01 + 0.04} = 0.585$$

Оскільки $K=0,585$ що $>0,5$, то виріб є технологічним і придатним для виробництва.

3.11 Схема складального складу

Упорядкування схеми складального складу є першим етапом на шляху створення технології складання, що показує структурну схему приладу, найменування і число деталей, число складальних одиниць, служить комплектуючою картою при складанні.

Проте схема складального складу не дає уявлення про послідовність складання і засобі забезпечення з'єднань.

Під поєднанням приладу та процесу монтажу необхідно розуміти правила побудови пристрою з його компонентів та його функціонування та процес складання його деталей.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вся конструкція виробу поділяється на окремі елементи, які групуються в структурні одиниці. Виріб складається з 8 деталей.

Першим кроком у створенні техніки складання є спрощення конструкції збірки. Схема складального складу зображена на рис.3.2.

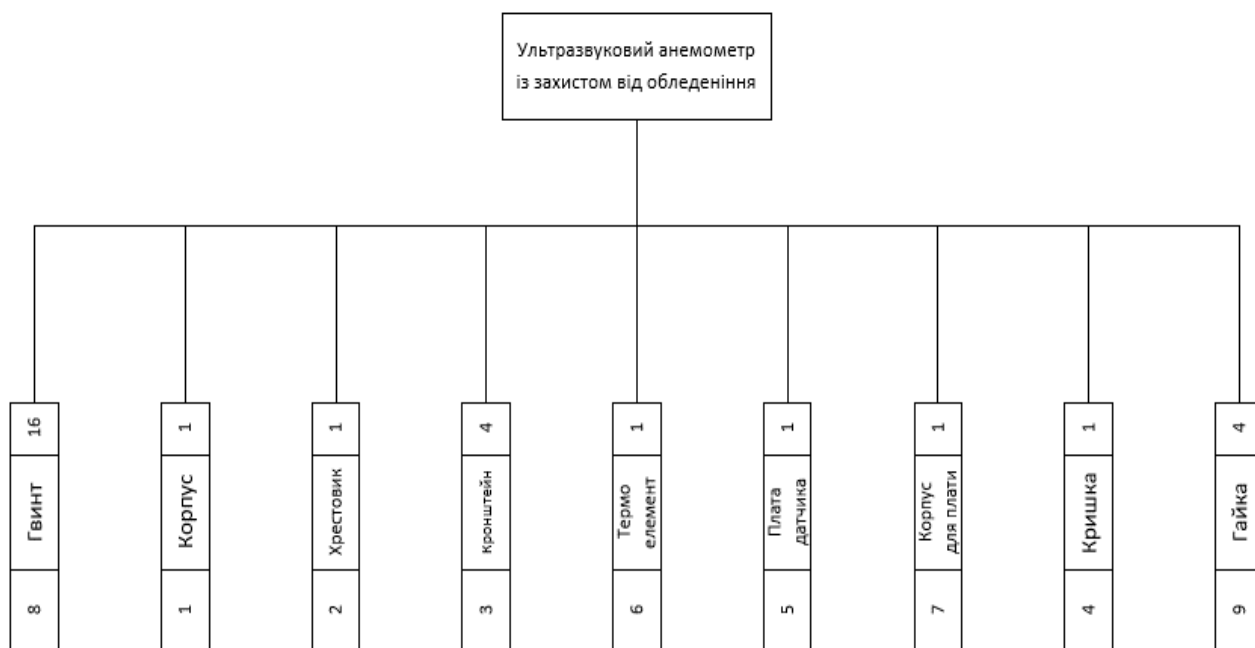


Рисунок 3.4 – Схема складального складу

3.12 Технологічна схема складання

Технологічна схема складання створена для повного уявлення про послідовність складання, засоби для забезпечення з'єднань, про періодичність і утримання процесу регулювання, іспитів і контролю.

Технологічна схема складання – це схема, на якій показана необхідна послідовність операцій і комплектуючих їх складальних елементів, вказуються можливі методи з'єднань, місця контролю правильності складання.

Вона дається технологом-складальником, що призначає базову деталь, із яким починається процес загального складання.

Відповідно до обраного порядку подачі деталей і складальних одиниць на складання призначаються операції технологічного процесу.

Тим самим формується технологічний процес.

На рис. 3.5 зображена технологічна схема складальної одиниці “Ультразвукового анемометра із захистом від обледеніння”.

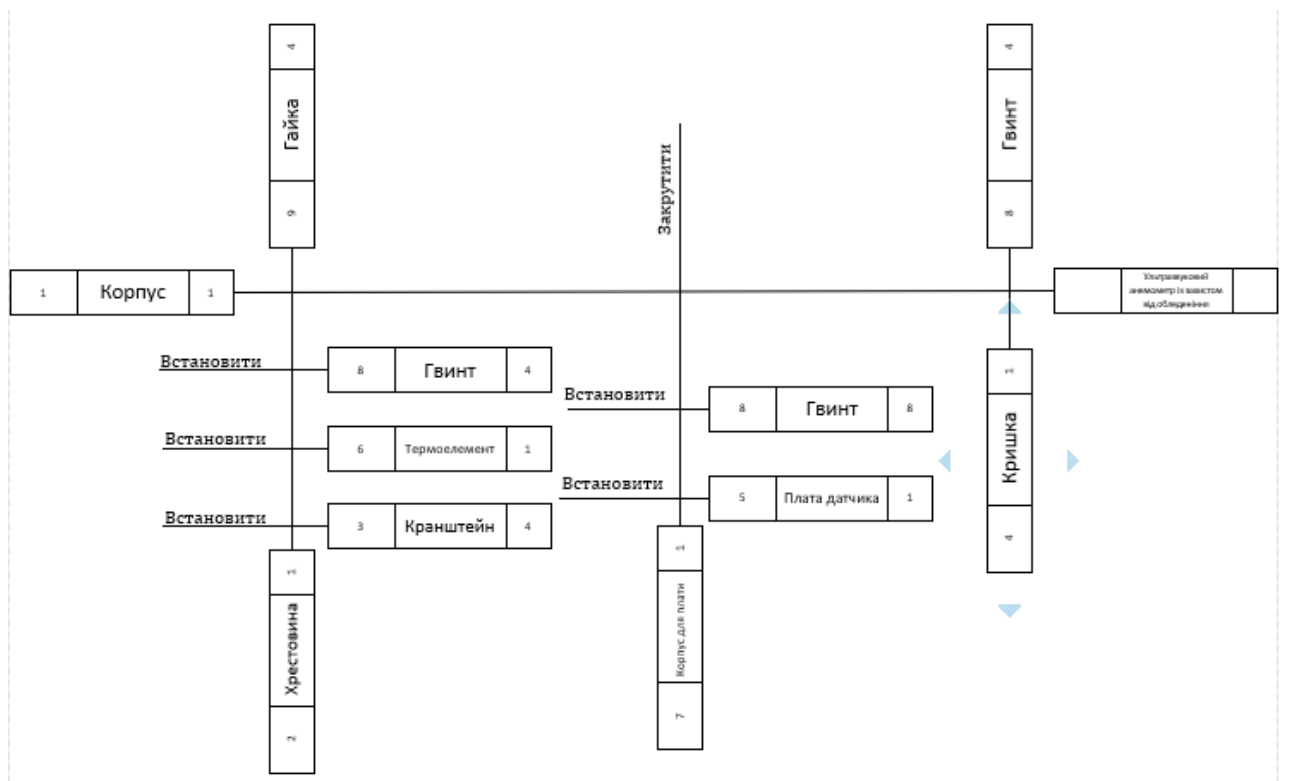


Рисунок 3.5 – Технологічна схема складання

3.13 Опис конструкції

Пристосування, зображене на кресленні ДПБ.ПІ5.09.01.00, призначеного для дослідження та виміру швидкості та напрямку вітру.

Конструкція приладу, в корпус приладу 1, що є несущою конструкцією приладу, монтується хрестовик 2 до якого по черзі під'єднані чотири кронштейни 3, що закріплюються за допомогою чотирьох гвинтів 8 із гайками 9. На вмонтований в корпус хрестовик з закріпленими на ньому кронштейнами приєднуємо термоелемент 6. В корпус для датчика 7 закріплюємо плату

датчика 5. За допомогою чотирьох гвинтів 8 кріпимо корпус для датчика 7 до корпус 1. Кришка 4 закріплюється на корпус 1 за допомогою чотирьох гвинтів 8.

Вищеописане пристрій дозволяє точно визначити швидкість і напрямок вітру в умовах низької температури навколишнього середовища.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Оцінка рівня технологічності складальної одиниці “Ультразвуковий анемометр із системою захисту від обледеніння”, яку було проведено в даному розділі, показала, що складальна одиниця є технологічною і придатна для запуску в масове виробництво.

У ході даного розділу був також розроблений технологічну та схему складального складу і розроблено технологічних прилад.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Підводячи підсумки, можна сказати, що в області метеорологічних досліджень за ультразвуковими анемометрами - майбутнє. Оскільки дані з них, зручніше отримувати і візуалізувати, вони точніші, є можливість використовувати різні індикатори з одного пристрою, і завдяки своїй міцності і надійності вони набагато вигідніші в довгостроковому використанні. Крім того, пристрій постійно покращується.

При цьому ультразвуковий анемометр є оптимальним майже для будь-якого середовища, оскільки при вимірюванні ультразвуковий анемометр зазвичай визначає певні чинники одночасно, використовуючи додаткові показники, наприклад, температуру. Згодом значення температури можна використовувати для калібрування вимірювань. Також, діапазон максимальної і мінімальної сили вітру, що може сприйняти ультразвуковий анемометр, значно ширше, ніж у механічного анемометра.

Таким чином, переваги звукових анемометрів відображаються на діапазоні, кількості вимірюваних факторів, точності і універсальності.

Ці переваги можуть бути використані для модернізації та оновлення таких об'єктів, як вентиляційні споруди та працюючі шахти. В порівнянні з лопатевими приладами, ультразвукові вимірювачі швидкості вітру забезпечують безперервність отримання даних, більш чутливе вимір, а також метод, що дозволяє визначати температуру і вологість під час вимірювання швидкості. Дозволяють відслідковувати зміни в накопиченні газів і будь-які зміни температури.

Узагальнюючи результати, можна виділити кілька ключових моментів:

1. Досліджено фізичні показники впливу вітру та вивчення методів вимірювання його швидкостей, напрямку, температури.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Проаналізовано та вивчено декілька аналогічних пристроїв, розібрано їх принцип роботи, та недоліки.
3. Розроблена конструкція приладу «Анемометр із системою захисту від обледеніння» на базі аналогічних пристроїв, тобто ультразвукових анемометрів.
4. Розроблена технологія для виготовлення приладу, так запуску його у масове виробництво.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛИТЕРАТУРА

1. https://pidruchniki.com/13761025/bzhd/viznachennya_shvidkosti_povitryanih_potokiv_robochomu_mistsitriyanih
2. <http://sfera.com.ua/prylady-laboratorni/anemometry>
3. http://ecounit.com.ua/artikle_102.html
4. https://pidruchniki.com/80320/ekologiya/vimiryuvannya_parametriv_vggru
5. <http://www.meteo-station.ru/goods/aerotema-bm816a.html>
6. Ю.Н. Ульянов, С.В. Бутакова, «Звуковые антенны для акустического и радиоакустического зондирования.» Харьков: Национальный Университет Украины «ХПИ», 2003. С. 2-6
7. А.А.Тихомиров, «Ультразвуковые анемометры и термометры для измерения пульсации скорости и воздушных потоков. Обзор.» Томск: Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 2010. с. 585-588
8. Основы электроакустического расчета // Escortpro. URL: <http://www.escortpro.ru/page/article/article86.htm>
9. E. Lanzinger, H. Langmack, Measuring air temperature by using an ultrasonic anemometer. Hamburg: University of Hamburg. 2010. p. 1-2
10. M. Samer, W. Berg, K. Bobruzski, A computer program for monitoring and controlling ultrasonic anemometers for aerodynamic measurements in animal housing. Research Gate. 2011. p. 2-3
11. Ультразвук. Основы теории распространения ультразвуковых волн // URL: <http://engineering-solutions.ru/ultrasound/theory/>
12. A.Anjan, M.Ranalkar, B. Amudha, R. Pratap, Comparison of wind data ultrasonic wind sensor with dyne tube pressure anemograph wind sensor and its performances in Indian subcontinent, Shivaji Nagar: india meteorological department. 2012. p.2-3

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Z. Yufeng, W. Yan, To measure wind speed using the theory of one-dimensional ultrasonic anemometer, University of Gavle. 2011. p. 3-7
14. Ultrasonic Anemometer (Wind speed and direction) // URL: <http://www.dl1glh.de/ultrasonic-anemometer.html>
15. А. Галахов, О. Ахметов, Ультразвуковой анемометр на программируемых аналоговых ИС Anadigm, Практическая электроника. 2009. с 3-4
16. Ультразвуковой датчик ветра WMT700 WINDCAP // VAISALA URL: <http://www.vaisala.ru/Vaisala%20Documents/Brochures%20and%20Datasheets/METWRG-G-WMT700-Datasheet-B210917RU-G-LOW-v1.pdf>
17. A.Wieser, F. Fielder, U. Corsmeier, The influence of design on wind measurements with sonic anemometer systems. Oceanic Technol. 2001. p. 1585-1607
18. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. М.: Стандартиформ, 2010.
19. .ГОСТ 16962.1-89. Изделия электротехнические. Методы испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам. М.: Стандартиформ, 2010.
20. ГОСТ 14254-96. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP). М.: Стандартиформ, 2010.
21. А.А. Азбукин, А.Я. Богушевич, В.А. Корольков, А.А. Тихомиров, В.Д. Шелевой, Полевой вариант метеорологического комплекса АМК-03 // Метеорол. и гидрол. 2009. с. 100-105
22. Шефтель И. Т. Терморезисторы.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы:
Учебник для вузов. — 4-е перераб. и доп. изд. — М.: Высшая
школа, 1987. — С. 401—407. — 479 с. — 50 000 экз.
24. Шашков А. Г. Терморезисторы и их применение.

					ДПБ.ПІ51.09.000.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		