

УДК 629.123.03

**TECHNICAL SOLUTION OF WIND AZIMUTH SENSOR****СХЕМОТЕХНІЧНЕ РІШЕННЯ АЗИМУТАЛЬНОГО ДАТЧИКА ВІТРУ**

**S. Zaichko**, *PhD, professor*, **A. Sandler**, *assistant professor*,  
**Y. Tsupko**, *PhD, professor*

**С. І. Заїчко**, *к.т.н., професор*, **А. К. Сандлер**, *доцент*,  
**Ю. М. Цюпко**, *к.т.н., професор*

*National University «Odessa Maritime Academy», Ukraine*  
*Национальный университет «Одесская морская академия», Украина*

**ABSTRACT**

The article presents the results of the development of a new circuit solution of wind azimuth sensor. The proposed schematic solution wherein no mechanical elements orientation sensor in the direction of movement of air pollution and immutability provided geometry measuring channels.

**Keywords:** fiber optic, wind, sensor.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними задачами**

Останні тридцять років з'явилася тенденція використання альтернативних нафти джерел енергії, особливо екологічно чистої енергії вітру і сонця, що обумовлено обмеженістю запасів нафти, їх неухильним виснаженням і постійним зростанням витрат на видобуток нафти. На флоті проблема скорочення споживання палива може бути вирішена шляхом використання енергії вітру для руху суден, що вимагає розробки і встановлення на транспортних судах вітрорушіїв різних типів.

Використання вітрорушіїв на судні веде до зміни характеристик його керованості і поведінки в умовах хвилювання. Відомо, що при роботі ветродвіжителей в режимі максимальної тяги максимум їх сили дрейфу припадає на курсові кути вітру в діапазоні 55 ... 65°. При небезпечному для судна курсовому куті 120° бічна сила від вітрил менше максимальної приблизно в 6 разів.

У цих умовах ефективність управліннями вітрорушіїв багато в чому обумовлена достовірністю вимірювання величини (модуля), кута напрямку (аеродинамічного кута) вектора швидкості та інших параметрів руху навколишнього повітряного середовища щодо судна [1, 2].

**Аналіз останніх досягнень та публікацій, в яких розпочато розв'язування даної проблеми та висвітлювання нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми**

У той же час, аналіз існуючих конструкцій датчиків контролю параметрів вітру показав, що можливості більшості використовуваних вимірювальних пристроїв не дозволяють реалізувати ефективний моніторинг повітряного середовища[3]. Для виявлення причин виниклого дисбалансу в задачах контролю повітряного середовища розглянуті конструкції найпоширеніших типів датчиків повітряної швидкості.

Відомий датчик повітряної швидкості, який складається з корпусу датчика, двоосного карданного підвісу, поворотної рами з приймачем повітряного тиску, флюгера, каліброваних пневмотрас повітряного тиску повного та статичного тиску, гнучких пневмоелементів, редуктора та п'єзоелектричних реєстраторів тиску (рис. 1) [4].

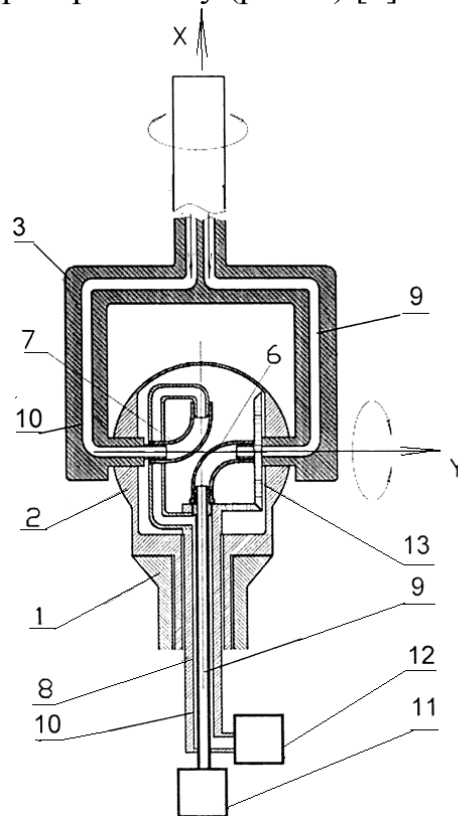


Рис. 1. Датчик повітряної швидкості: 1 - корпус датчика; 2 - двовісний карданний підвіс; 3 - поворотна рама; 4 - приймач повітряних тисків; 5 – флюгер; 6 - перший гнучкий трубчастий елемент; 7 - другий гнучкий трубчастий елемент; 8 - коаксіальний трубопровід; 9 - пневмотраса повного тиску; 10 - пневмотраса статичного тиску; 11 - перший електричний перетворювач тиску; 12 - другий електричний перетворювач тиску, 13 - редуктор

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням двоосного карданного підвісу, поворотної рами, та наявності гнучких пневмоелементів, редуктора та п'єзоелектричних реєстраторів тиску:

- необхідність постійної підтримки параметрів механічної системи орієнтації датчика в умовах впливу негативних експлуатаційних факторів;
- наявність елементів, виконаних з матеріалів з коефіцієнтами пружності та теплового поширення, що відрізняються один від одного;

- необхідність обробки поверхонь каліброваних пневмотрас з надзвичайно високою якістю для уникнення створення умов для появи похибок вимірювання;
- застосування п'єзоелектричних реєстраторів тиску, розташованих у зоні впливу негативних експлуатаційних факторів.

У меншій мірі експлуатаційні та конструктивні фактори впливають на характеристики датчика повітряної швидкості який складається з корпусу, двох клиновидних тіл з каліброваними каналами, встановлених на основах один над одним, тонких пластин – випрямлячів потоку та п'єзоелектричних реєстраторів тиску (рис. 2) [5].

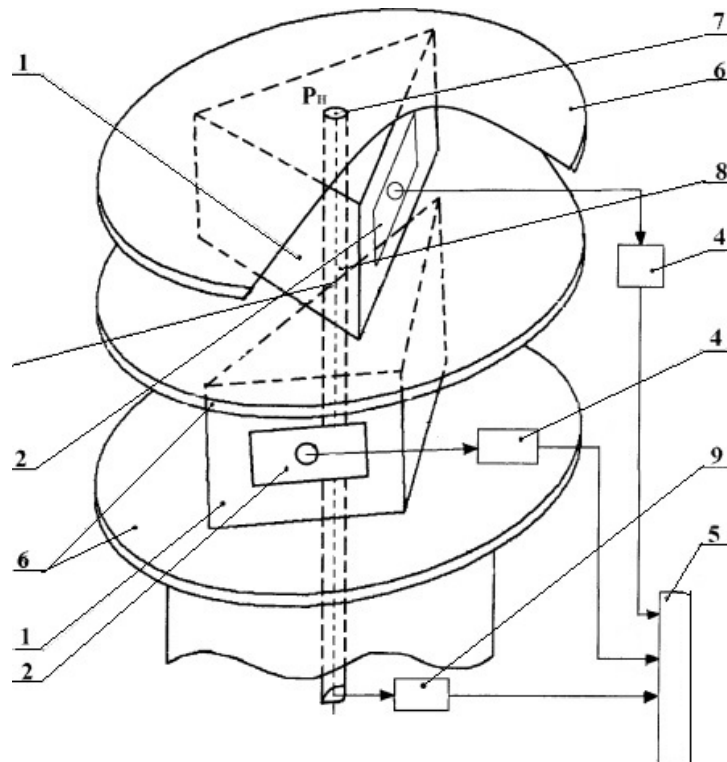


Рис. 2. Датчик повітряної швидкості: 1 - клиновидні тіла; 2 - приймач пульсацій тисків; 4 - пристрої реєстрації частот вихреутворення; 5 - пристрій обробки; 6 - випрямлячі; 7 - отвір-приймач статичного тиску набігаючого повітряного потоку; 8 – пневмопровід; 9 - пневмоелектричний перетворювач абсолютного тиску

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням клиновидних тіл, тонких пластин та каліброваних каналів:

необхідність постійної корекції неідентичності параметрів клиновидних тіл, тонких пластин – випрямлячів потоку та каліброваних каналів в умовах впливу негативних експлуатаційних факторів, та викликану цим різну швидкість деградаційних процесів у всіх елементах датчика при подальшій експлуатації;

необхідність додавання системи орієнтації при зміні напрямку повітряного потоку;

застосування п'єзоелектричних реєстраторів тиску, розташованих у зоні впливу негативних експлуатаційних факторів.

### Формулювання мети статі (постановка задачі)

В умовах, що склалися, доцільною стала розробка нового схмотехнічного рішення азимутального датчику вітру. Передбачалося, що конструктивне виконання на основі волоконно-оптичних елементів повинна забезпечити датчику:

відсутність необхідності корекційних дій з підтримки геометрії всіх елементів датчика;

відсутність механічної системи орієнтації та одночасну збереженість високого рівня чутливості та швидкодії пристроїв відомих типів.

Для розв'язування поставленої задачі запропонована схема азимутального датчику вітру.

### Виклад матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Суть запропонованого схмотехнічного рішення пояснюється кресленням (рис. 3), де зображені циліндрична основа 1, з верхньою 3 та нижньою 4 кришками. У вертикальній стінці основи створено 32 (за основними румбами – напрямками вітру) профільованих отвори 5. Напроти отворів знаходяться 32 профільованих чутливих скляних елемента 4, які плазменою зваркою закріплені на нижньої кришці. Кожен з чутливих елементів, у свою чергу, зварений зі первинним приймаюче-відвідним світловодом 8.

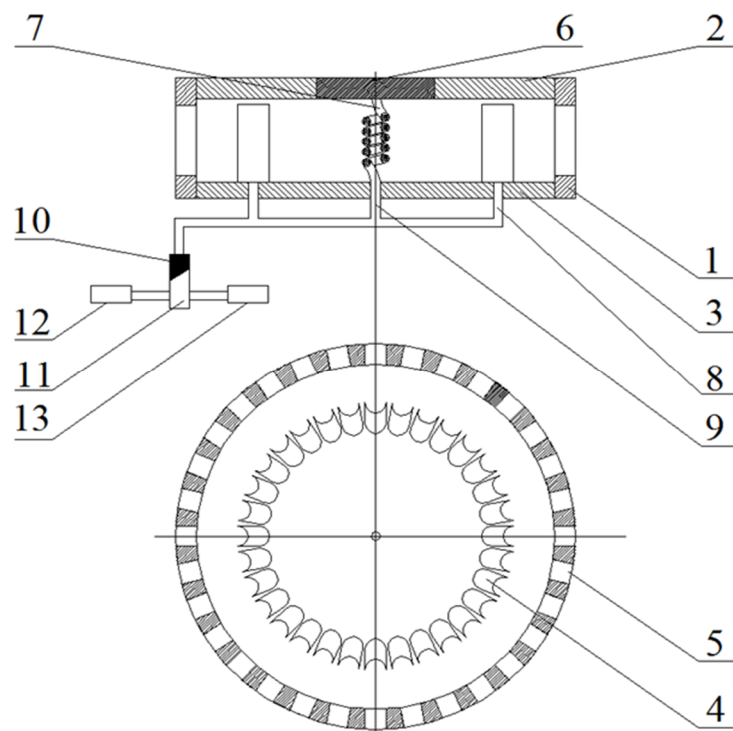


Рис. 3. Волоконно-оптичний азимутальний датчик повітряної швидкості: 1 – циліндрична основа; 2 – верхня кришка; 3 – нижня кришка; 4 – профільований чутливий скляний елемент; 5 – профільований отвір; 6 – мембрана зі сапфірового скла; 7 – вторинний спіральний світловод; 8 – первинний приймаюче-відвідний світловод; 9 – вторинний приймаюче-відвідний світловод; 10 – мультиплексор/демультиплексор; 11 – волоконний розгалужувач; 12 – джерело випромінювання; 13 – приймач випромінювання

У отвір верхньої кришці вварено гнучку скляну мембрану з сапфірового скла 6, яка скріплена з вторинним спіральним світловодом 7 та вторинним приймаюче-відвідним світловодом 9.

Випромінювання до мембрани та чутливих елементів у прямому (від джерела 12) та зворотному (до приймача 13) напрямках надходить крізь мультиплексор/демультиплексор 10 та волоконний розгалужувач 11. У статичному режимі, випромінювання від джерела у прямому напрямку надходить до розгалужувача та мультиплексора/демультиплексора. У останньому відбувається розподіл випромінювання за довжинами хвиль, кожна з яких відповідає певному чутливому елементу та мембрані повного тиску. Також у відсутності тиску повітряного середовища, у чутливих елементах, мембрані та спіральному світловоді, відбувається зменшення інтенсивності оптичного випромінювання, що проходить скрізь них, яке обумовлене тільки впливом затухання [6, 7, 8].

При впливі вітрового навантаження, що надходить крізь профільований отвір до чутливого елементу, в останньому відбувається порушення умов повного внутрішнього відбивання світла, яке виникає як відклик на деформацію згину та зміну коефіцієнта переломлення світла. Наслідком цих процесів є зменшення інтенсивності оптичного випромінювання, що проходить крізь чутливий елемент у прямому та зворотному напрямку. Статичний тиск повітряного середовища буде пропорційним до інтенсивності оптичного випромінювання, що надходить крізь первинний світловод, мультиплексор/демультиплексор та волоконний розгалужувач до приймача випромінювання. Для вимірювання повного тиску застосовується мембрана сполучена зі спіральним світловодом. Під впливом тиску повітряного середовища змінюється геометрія як мембрани, так і спірального світловода. Наслідком цих процесів є зменшення інтенсивності оптичного випромінювання, що проходить крізь мембрану та спіральний світловод у прямому та зворотному напрямку. Повний тиск повітряного середовища буде пропорційним до інтенсивності оптичного випромінювання, що надходить крізь вторинний світловод, мультиплексор/демультиплексор та волоконний розгалужувач до приймача випромінювання.

Інтенсивність зареєстрованої частки світла буде пропорційна величині вимірюваного тиску повітряного середовища, а величина довжини хвилі, на якій буде зареєстрована максимальна величина інтенсивності світла буде відповідати чутливому елементу, повітряний тиск на який є найбільший. Тобто буде визначений напрям з якого повітряний тиск є найбільший. Подальша обробка випромінювання, що надходить з демультиплексора, дозволить отримати електричний сигнал який буде пропорційний величині повного та статичного тисків.

### **Висновки та перспектива подальшої роботи за даним напрямком**

Запропоноване схемотехнічне рішення відрізняється тим, що відсутні механічні елементи орієнтації датчика за напрямом руху повітряного середовища та забезпечена незмінність геометрії вимірювальних каналів.

Таким чином, в розробленому датчику комбінація оптичних елементів забезпечить:

- більш адекватне перетворення параметрів повітряного середовища у зміни інформаційного сигналу;
- компенсацію впливу дестабілізуючих факторів на вимірювальний канал датчику;
- відсутність механічної системи орієнтації датчика;
- відсутність необхідності постійного корегування геометрії елементів датчика;
- підвищення якості функціонування за рахунок використання матеріалів з близьким коефіцієнтом гнучкості та теплового поширення.

Використання пропонуемого датчика дозволить адекватно и достовірно оцінювати кількісні показники повітряного середовища й забезпечить управління системами вітрорушіями на належному рівні.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Заичко С. И. Совершенствование методов управления судами с ветродвижителями: автореферат дис. канд. тех наук: 05.22.16/ Одесская национальная морская академия. – Одесса, - 2004. – 16 с.
2. Миусов М. В. Режимы работы и автоматизации пропульсивного комплекса теплохода с ветродвижителями. – Одесса: ОГМА, 1996. – 256 с.
3. Ключев Г.И. Измерители аэродинамических параметров летательных аппаратов / Г. И. Ключев, Н. Н. Макаров, В. М. Солдаткин, И. П. Ефимов/ Под ред. В.А. Мишина. Ульяновск: УГТУ, 2005. - 509 с.
4. Патент РФ на полезную модель № 135812, МПК G01P5. Датчик вектора воздушной скорости / В. Ф. Урюпин, А. А. Павловский, Н. Н. Макаров, В. И. Кожевников, Д. А. Истомина, В. П. Белов. Правообладатель ОАО "Ульяновское конструкторское бюро приборостроения"; заявл. 05.08.2013.; опубл. 20.12.2013, бюл. № 6.
5. Патент РФ на изобретение № 2506596, МПК G01P5/00. Вихревой датчик аэродинамического угла и истинной воздушной скорости / Солдаткин В.М., Солдаткина Е.С. Заявители и правообладатели Солдаткин В.М., Солдаткина Е.С.; заявл. 16.07.2012.; опубл. 10.02.2014. Бюл. № 4.
6. Аш Ж. Датчики измерительных систем. В 2 книгах. Кн.2. Пер. с франц. – М.: Мир, 1992. – 424 с.
7. Удд Э. Волоконно-оптические датчики. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.
8. Декларацийний патент України на корисну модель № 78611, МПК (2011) G01M 11/02 (2006.1). Волоконно-оптичний газоаналізатор/ Сандлер А.К., Цюпко Ю.М. Заявник та правовласники Сандлер А.К., Цюпко Ю.М.; заявл. 18.09.2012.; опубл. 25.03.2013, бюл. № 6.