

**ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ВІТРУ НА ПОЛІТ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ЗА
НАВІГАЦІЙНИМ ТРИКУТНИКОМ ШВИДКОСТЕЙ**

Александра Лівенцева, Вікторія Хацер, Тетяна Пешкова

Національний авіаційний університет, Київ

Науковий керівник – Іван Остроумов, д.т.н., проф.

Ключові слова: навігаційний трикутник швидкостей, рівняння трикутника вітру, політ

Вітер має значний вплив на політ літальних апаратів [1, 2]. Швидкість та напрямок вітру мають вирішальне значення для розуміння потенційного впливу на злітно-посадкові характеристики літака та на його горизонтальний політ. Для того, щоб екіпаж міг визначити необхідні дані для здійснення заданої траєкторії польоту, використовують навігаційний трикутник швидкостей.

В аеронавігації навігаційний трикутник швидкостей це сума векторів швидкостей літального апарату та вітру, що графічно ілюструє зв'язок між рухом літака та вітром. Він складається з трьох векторів:

- Вектор повітряної швидкості — вектор, який представляє рух літака відносно повітря. Він характеризується «істинною повітряною швидкістю» літака, позначеною як TAS (true airspeed), тоді як напрямок за компасом відомий як «істинний курс» літака ψ .
- Вектор вітру ілюструє рух повітряної маси відносно до поверхні. Цей вектор описується «швидкістю вітру» літака, позначеною як WS (wind speed), кут напрямку вітру позначається як φ .
- Вектор шляхової швидкості є результуючою двох раніше описаних векторів. Він з'єднує початкову точку вектора повітряної швидкості та кінцеву точку вектора вітру. Вектор шляху вказує на швидкість і рух літака відносно Землі GS (ground speed).

Рівняння трикутника швидкостей може бути виражене у векторній формі [3, 4]:

$$GS \times (\sin \theta, \cos \theta) = TAS \times (\sin \psi, \cos \psi) - WS \times (\sin \varphi, \cos \varphi).$$

Існують три види задач [5 - 7]:

1. Знайти вектор шляхової швидкості, знаючи вектор повітряної швидкості та вектор вітру.
2. Знайти вектор вітру, знаючи вектор повітряної швидкості та вектор шляху.
3. Знайти шляхову швидкість та істинний курс (ψ), знаючи істину повітряну швидкість, горизонтальну проекцію траєкторії та вектор вітру.

Загалом є три методи розв'язку таких задач: графічно, за допомогою навігаційної лінійки та наближено усним обчисленням.

Як було зазначено, польоти значною мірою залежать від характеристик вітру. Їх виконання може опинитися під загрозою навіть за умови його помірною впливу. Вектори вітру мають негативний вплив на експлуатацію, економіку, безпеку та розклад польотів. Саме тому знання вітру та його врахування є обов'язковими умовами для виконання необхідного маршруту та досягнення пункту призначення літака.

Варто також зауважити, що інформація про вітер має застосування не лише на рівні польоту, але також використовується для вводу в бортові комп'ютери та навігаційне обладнання.

Список використаних джерел:

1. Харченко В.П., Остроумов І.В. *Авіоніка*. Київ: НАУ, 2013. 281с. ISBN: 978-966-598-573-0.
2. Air Navigation. Department of the Air Force. 1 December 1989. AFM 51-40.
3. Nihad E. General solution of the wind triangle problem and the critical tailwind angle. *International Journal of Aviation Sciences (IJAS)*. vol. 1. 2016.
4. Huang, L.T., Cummings, L.I. A Mathematical Analysis of the Wind Triangle Problem and an Inquiry of True Airspeed Calculations in Supersonic Flight. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 8(4). 2021.
5. Ostroumov I.V., Galabir T., Hryshchenko O. Airplane Trajectory Analysis for Round-Trip Flights with ADS-B Data. 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Athens, Greece. 2023. P. 1-5. <https://doi.org/10.1109/DESSERT61349.2023.10416505>.
6. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. *Авіаційна метеорологія: Конспект лекцій – Дніпропетровськ: ПБП «Економіка», 2006.*
7. Ostroumov I.V. Recovery of airplane trajectory data by orientation angles and velocity information. 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine. 2023. P. 1-4. <https://doi.org/10.1109/CSIT61576.2023.10324036>.