

к.т.н. Швець В.А. (НАУ)  
д.т.н. Приставка П.О. (НАУ)  
Кондратюк В.М. (НАУ)  
к.т.н. Ясенко С.А. (НАУ)  
к.т.н. Ільницька С.І. (НАУ)  
Куценко О.В. (НАУ)

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ НАВІГАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Одним із головних чинників які визначають необхідність та тенденції щодо комплексування різних навігаційних систем є потреба забезпечення виконання поставлених задач в складних умовах застосування, включно з забезпеченням роботоспроможності за умов дії засобів РЕБ. В процесі оцінювання потреб та планування заходів з науково-технічної підтримки рішень щодо формування вимог до перспективних зразків техніки необхідно враховувати тенденції щодо розвитку цільових та споріднених технологічних рішень.

Метою даної роботи є окреслення тенденцій щодо розвитку навігаційних засобів для безпілотних авіаційних систем поширених в Україні.

Навігаційні технології для авіаційних систем на сьогодні є достатньо розвинутими. Засоби діляться за кількома ознаками на групи: забезпечення візуального керування польотом та керування за приладами; автономні і неавтономні; активні та пасивні тощо. Приклади навігаційних систем: система супутникової навігації, інерціальна система навігації, висотоміри (баровисотомір, радіовисотомір, лазерний далекомір), доплерівський вимірвач швидкості та кута знесення, метеонавігаційна радіолокаційна станція, автоматичний радіокомпас, радіотехнічна система ближньої навігації, система посадки, система попередження від зіткнень, візуальна система навігації, система астронавігації тощо.

Застосування навігаційних технологій щодо безпілотних авіаційних систем (БАС) значно залежить від особливостей (класів) таких систем, а також, умов/тактики застосування. Застосування БАС в зоні бойових дій часто є можливим за більшого рівня комплексування різних джерел навігаційної інформації. Основними навігаційними засобами БАС поширених в Україні є: інерційно-супутникова система, баровисотомір, магнітний компас. Крім того зустрічаються: лазерний далекомір в якості висотоміра, радіовисотомір, окремі реалізації телевізійних систем в режимі визначення координат об'єктів спостереження/характерних точок та, відповідно, в режимі локальної навігаційної системи. Окремо слід виділити режим керування БПЛА за даними бортової телевізійної системи.

Найбільш очікуваною навігаційною технологією в умовах гібридної агресії Росії на ринку БАС України є автономна навігаційна телевізійна система з доступними вартісними, масогабаритними характеристиками. Але окрім цього, слід виділити вдосконалення технології автоматизованих радіокомпасів шляхом реалізації малогабаритних пеленгаторів, здатних використовувати окрім типових авіаційних радіомаяків будь-які джерела радіовипромінювання на основі адаптивних антенних решіток, що може формувати пеленг ширококутових сигналів без апріорної інформації і без опорного сигналу на основі розрахунків рівняння Віннера-Хопфа, перевага методу пеленгації – можна здійснювати пеленг  $N-1$  джерела сигналів, де  $N$  – кількість випромінювачів в антенно решітці, а застосування логарифмічної діаграми спрямованості дозволить забезпечити точність пеленгу до  $1^\circ$ . Щодо очікувань в сфері інерційно-супутникових систем, то слід визнати такі напрямки: створення інерційних датчиків з точністю лазерних гіроскопів та вартістю і масогабаритами MEMS-датчиків; подальший розвиток супутникових мультисистемних рішень, а саме: комплексна обробка сигналів від різних сузір'їв супутників (GPS, ГЛОНАСС, Be-Dou, Galileo), використання різних діапазонів з доступних; антенні системи з керованою діаграмою спрямованості/чутливості; застосування супутникового зв'язку для

трекінгу/телеметрії та керування безпілотниками, наприклад: забезпечення передачі ADS-B повідомлень через супутникову систему зв'язку Iridium.

Окремим напрямком слід визнати „уніфікацію базових програмно-апаратних засобів”, коли призначеність системи визначено вирішуваною задачею, наприклад: радіопеленгатор – радіокомпас, телевізійна система спостереження земної поверхні – телевізійна навігаційна система, застосування „програмно-визначених радіосистем” (SDR).

Таким чином, слід очікувати більш широкого застосування в БАС: технологічних рішень подібних до авіаційних навігаційних систем пілотованої авіації (радіокомпаси, радіовисотоміри, пеленгатори, багатосистемні супутникові навігаційні системи), комплексування навігаційних систем на основі „традиційних” принципів з іншими системами для забезпечення рівня роботоспроможності в умовах бойових дій (супутниково-інерційні системи, телевізійно-навігаційні системи, розвідувально-навігаційні системи), початок застосування раніше нереалізованих технологічних рішень (SDR, картування магнітного поля, широке застосування супутникових каналів зв'язку в задачах контролю та управління БПЛА).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Швець В.А. Адаптивные системы пеленгования [Текст] / В.А. Швець, А.И. Клитовченко // Збірник наукових праць НАУ „Защита информации”. – Вип.14. – К.: НАУ, 2007. – С.118 – 121.

2. Швець В.А. Застосування трикутної схеми розташування випромінювачів в вимірювальних антенних решітках супутникових аеронавігаційних систем [Текст] / В.П. Харченко, В.А. Швець // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. №1. С. 255 – 261.

3. V.P. Kharchenko V.M. Kondratyuk, S.I. Pnytska, O.V. Kutsenko, V.B. Larin Urgent problems of UAV navigation system development and practical implementation. 2013 IEEE 2nd International Conference on Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments, APUAVD 2013 – Proceedings 6705313, с. 157 – 160.

4. Pristavka Ph., Nichikov E. Video Stabilization Informational Technology for Unmanned Aerial Vehicle // Proceedings of the National Aviation University. – 2014.– №4 (61). – С. 121 – 127.

5. Grekhov A.M. Modeling the Satellite Communication Links with Orthogonal Frequency-Division Multiplexing / Kharchenko V.P., Grekhov A.M., Wang Bo, Leschenko A.M. // Transport. – 2016. – V.31. – №1. – P.22 – 28.

6. A.A. Tunik, M.M. Komnatska Robust Optimization of the UAV Path Following Guidance Systems // Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC): IEEE 4-th International Conference, October 18–20, 2016: Proceedings. – К., 2016.– P. 25 – 30.

7. G.T. Schmidt, „INS/GPS Technology Trends”, NATO RTO Lecture Series, RTO-SET-116, Low-Cost Navigation Sensors and Integration Technology, Publ., Kiev. – September 2011.– P.1 – 1, 1 – 18.

8. G.T. Schmidt, R.E. Phillips, „INS/GPS Integration Architecture Performance Comparison”, NATO RTO Lecture Series, RTO-SET-116, Low-Cost Navigation Sensors and Integration Technology, Publ., Kiev.– September 2011.– P. 5 – 1, 5 – 18.

9. „STANAG 4671 (Edition 1) – Unmanned Aerial Vehicles Systems Airworthiness Requirements (USAR),” North Atlantic Treaty Organization Standardization Agreements, URL:[http://www.nato.int/docu/stanag/4671/4671\\_ed1\\_e.pdf](http://www.nato.int/docu/stanag/4671/4671_ed1_e.pdf) [cited 03 March 2010].

10. „STANAG 7085 (Edition 2) – Interoperable Data Links for Imaging Systems”, North Atlantic Treaty Organization Standardization Agreements, 2004.

11. „STANAG 4586 (Edition 2) – Standard Interfaces of UAV Control System (UCS) for NATO UAV Interoperability”, North Atlantic Treaty Organization Standardization Agreements, 2005.