

механізмом в основі якого лежить лінгвістична модель, як комплексне поняття зі складною структурою і великою типологією.

### **Список використаних джерел:**

1. Лосев А. Ф. Введение в общую теорию языковых моделей / под ред. И. А. Василенко. – 3-е. изд. – М.: Эдиториал УРСС, 2010. – 296 с.
2. Корпусна лінгвістика: монографія / В. А. Широков, О. В. Бугаков, Т. О. Грязнухіна, О. М. Костишин, М. Ю. Кригін; НАН України, Укр. мов.-інформ. фонд. – К.: Довіра, 2005. – 472 с.
3. Каменская О. Л. Текст и коммуникация. М.: Высшая школа, 1990. – 152 с.
4. Yorick Wilks. Machine Translation: Its Scope and Limits. – Springer, 2008 – 254 p.
5. Новик И. Б. Вопросы стиля мышления в естествознании. М.: Политиздат, 1975. – 144 с.
6. Машинный перевод и прикладная лингвистика М.: МГПИИЯ, 1964. – Вып. 8. – 252 с.

**Пікенін О.О.**

*аспірант;*

**Мариношенко О.П.**

*кандидат технічних наук;*

**Прохорчук О.В.**

*кандидат технічних наук,*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

## **РЕАЛІЗАЦІЯ ПОЛЬОТУ**

### **ГРУПИ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

В даний час одним з важливих завдань для використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є забезпечення польоту БЛА в групі (полі формації безпілотних літальних апаратів). При вирішенні цієї задачі, виникає ряд істотних технічних проблем, дослідженням яких займаються в розвинених країнах світу.

Сучасні організації, які займаються практичними та науковими дослідженнями і розробками в сфері керування пілотажною групою літаків в основному зосереджені на великих літаках, які рухаються з великими інтервалами та дистанціями між ними, але для безпілотних літальних апаратів ставляться інші вимоги – здійснення польоту в формації як на значних віддальях так і з невеликими інтервалами від кількох до десятків метрів.

Отже, технічно актуальною і важливою задачею сьогодні є розробка недорогих, точних систем керування польотом безпілотних літальних апаратів у формації, що, в свою чергу, призведе до економічно ефективних і відмовостійких систем. Досягнення в області авіоніки, навігації на основі датчиків *MEMS/GPS*, нові методи керування польотом і дешева електроніка надають змогу широкого

застосування безпілотних літальних апаратів для комерційних та військових цілей. Майбутні БПЛА будуть більш автономним, ніж дистанційно пілотовані розвідувальні платформи, що використовуються сьогодні.

Формування керування польотом кількох безпілотних літальних апаратів є важливою частиною багатьох досліджень [1-4], з великою кількістю практичних застосувань: розвідки, зв'язку, пошуково-рятувальних робіт.

На даний час є багато запропонованих методів дослідження для реалізації керування групою БПЛА, особливо для утворення формації (групи) БПЛА, такі як слідування за ведучим лідером [1], режим формування групи, що базується на зближенні з ведучим лідером [3], та слідування за віртуальним лідером [4]. У всіх цих методах найбільш важливою частиною є отримання даних щодо поведінки ведучого лідера.

Найбільшою проблемою в керуванні утвореною групою БПЛА є питання в створенні надійного зв'язку та синхронізації дій між сусідніми БПЛА в польотному строю. На сьогодні добре відомі методи для зв'язку і синхронізації дій всередині групи безпілотних літальних апаратів є методи основані на використанні засобів технічного зору [2], а також методи основані на передачі даних по радіоканалу [5].

Необхідність розробки технології контролю польоту групи безпілотних літальних апаратів відкриває дуже важливу область: створення малогабаритної міжбортової безпілотної навігаційної системи для БПЛА.

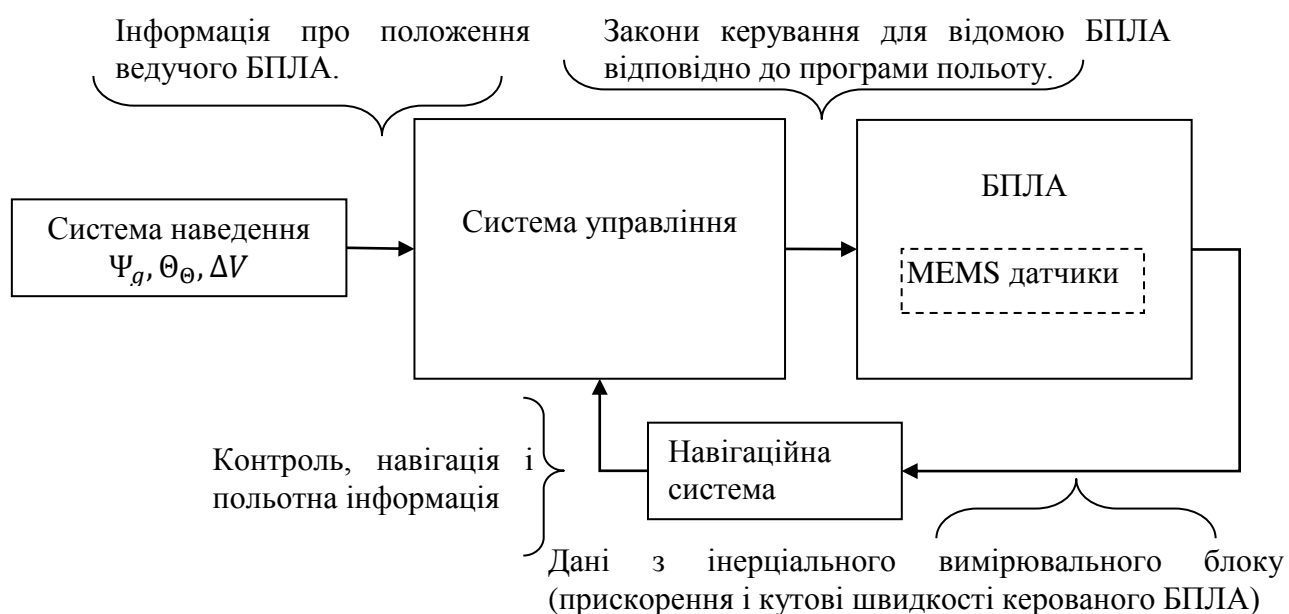
Потреба в цьому визначається тим фактом, що відсутність міжбортової безпілотної навігаційної системи суттєво обмежує можливості БПЛА через їх неузгоджене поодинокі використання.

Розробка міжбортової безпілотної навігаційної системи (МБНС) може реалізовуватись двома способами: створення повністю автономних МБНС, які не використовують наземних станцій наведення, та систем які використовують наземні радіо маяки [5]. Кожен з цих способів має свої переваги та недоліки. Автономна система керування дозволяє вирішувати завдання польоту групою без обмежень, що накладаються каналами зв'язку з наземним пунктом управління, а також в умовах радіопротидії.

В основу системи керування груповим польотом, зображена на рисунку, покладена система, що складається з наступних модулів-блоків 1: (1) – система наведення в склад якої входить системи технічного зору (наприклад відео камера) та система розпізнавання образів (для формування контрольної інформації щодо положення ведучого БПЛА); (2) – система керування польотом веденого БПЛА в основу якої покладені закони керування для витримання веденим БПЛА заданого програмного польоту – положення в групі літаків; (3) – навігаційна система для забезпечення контурів керування необхідною польотною інформацією.

Система технічного зору, які встановлені на борту кожного з БПЛА, а також алгоритми розпізнавання образів утворюють систему наведення. Данна система, відповідно до схеми наведеної на рис. 1 обчислює дані просторового положення ведучого БПЛА. Дані перетворюються в командні сигнали, що характеризують зміну відстаней до ведучого БПЛА, його вертикальні та

горизонтальні переміщення. Приклад таких сигналів наведений на рис. 2. Система керування генерує команди на контури керування БПЛА для зміни кутів орієнтації та контролює відстані між літаками. До таких сигналів керування також включені польотні команди для витримування порядку в формації (польотного строю) для кожного безпілотного літального апарату в групі. Система керування (автопілот) подає команди на керуючі поверхні (керма висоти, елерони) безпілотного літального апарату. В той самий час автопілот включає в себе керування та стабілізацію не тільки по лінійним і кутовим переміщенням, а також по швидкостями та прискореннями БПЛА. Досягнення необхідних параметрів для перехідних процесів (перерегулювання, час згасання, зменшення похибок) реалізовані в нашій системі за допомогою ПІ та ПІД-регуляторів для поздовжнього та бічного каналів руху.



**Рис. 1. Система керування польоту БПЛА в групі**

Для моделювання системи що пропонується, було обрано БПЛА ZAGI, геометричні та повний список аеродинамічних характеристик цього БПЛА наведено в [6]. До складу системи, зображеної на попередньому рисунку 2, додано блоки, що математично моделюють нелінійну поведінку БПЛА, включаючи аеродинамічні навантаження що діють на нього.

Крім того, для уніфікації системи керування можна додати до її структурного складу блок ідентифікації параметрів об'єкту керування, що особливо стосується визначення його аеродинамічних похідних, оскільки ці параметри є індивідуальними для кожного окремо взятого літака.

В якості даних для створення робочого алгоритму наведення використано рівняння (1) і (2), які описують віддаль до ведучого БПЛА, кути нахилу траєкторії та азимутальний курс до ведучого БПЛА. Система автоматичного керування (автопілот) включає в себе контури керування з витримуванням заданих команд польотного завдання (швидкість, висота, курсовий напрямок польоту групи), та додаткових команд керування стосовно формування польотного порядку групи БПЛА.

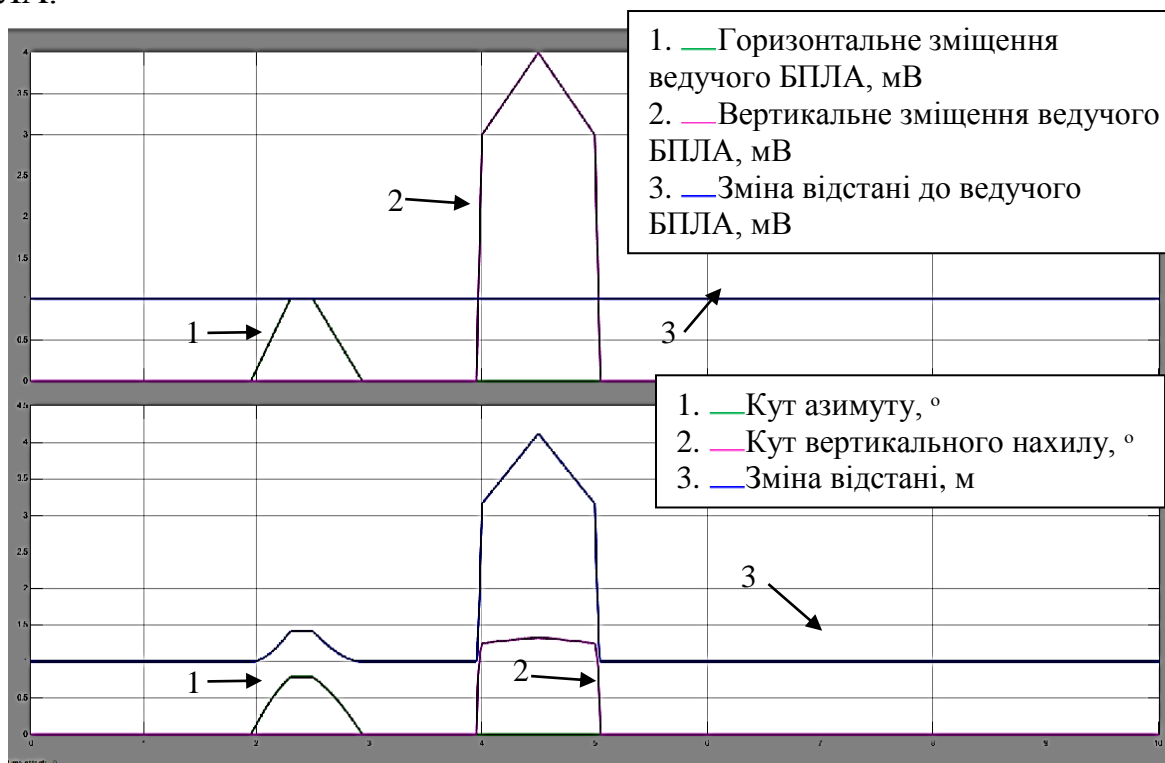
$$\Theta_{gc} = \tan^{-1}\left(\frac{l_y}{l_x}\right), \Psi_{gc} = \sin^{-1}(-l_z). \quad (1)$$

Сформовані команди для сервоприводів є рівняння (2):

$$\begin{aligned} \delta_e &= K_e(\Theta_{gc} - \Theta_g) = K_e \left[ \tan^{-1}\left(\frac{l_y}{l_x}\right) - \Theta_g \right], \\ \delta_r &= K_r(\Psi_{gc} - \Psi_g) = K_r \left[ \sin^{-1}(-l_z) - \Psi_g \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

Для моделювання системи наведення і формування наступних команд для керування польотом БПЛА була використана модель системи коли моделювання проводилося зі зміною параметрів горизонтального польоту ведучого БПЛА. Горизонтальне та вертикальне зміщення ведучого БПЛА і відповідна зміна відстані між парою БПЛА мали місце на другій і четвертій секундах моделювання. Ці сигнали при віддалі між БПЛА рівній ста метрам відповідають горизонтальному і вертикальному зміщенню ведучого БПЛА відповідно на 2 та 1 метри.

На наведеному нижче рисунку 2 представлені командні виходи систем наведення, які характеризують вертикальне і горизонтальне зміщення ведучого БПЛА.



**Рис. 2. Вихідні команди з системи наведення**

В даній роботі, була представлена та реалізована методика керування кількома БПЛА, при використанні ведучий – ведений БПЛА.

Для створення зв'язку та синхронізації між двома сусідніми БПЛА при їх польоті в формації був запропонований та реалізований алгоритм, який використовує електромеханічні оптичні або інфрачервоні камери та алгоритми розпізнавання образів. Крім того, приведено підхід до реалізації такої системи керування, а також алгоритм та принцип роботи системи на основі відповідних отриманих математичних моделей.

На основі отриманих алгоритмів, результатів моделювання, та враховуючи сучасні вимоги щодо використання групи БПЛА (надійність живучість формації БПЛА як системи вцілому) найбільш підходящим методом для реалізації керування групою БПЛА є метод віртуального лідера; алгоритм роботи такого методу буде розроблено та досліджено в наступних роботах авторів.

### Список використаних джерел:

1. Soleymani T., Saghafi F. «Behavior-Based Acceleration Commanded Formation Flight Control» International Conference on Control, Automation and Systems 2010 Oct. 27-30, in KINTEX, Gyeonggi-do, Korea. 2010.
2. Das A.K., Fierro R., Kumar V., Ostrowski J.P., Spletzer J. and Taylor C.J. «A Vision-Based Formation Control Framework», IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 18, № 5, 2002.
3. Hammer J., Piper G., Thorp O. and Watkins J. «Investigating Virtual Structure Based Control Strategies for Spacecraft Formation Maneuvers», AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit, Providence, Rhode Island, 2004.
4. Gosiewski Z., Ambroziak L. «UAV Autonomous Formation Flight Experiment with Virtual Leader Control Structure», Solid State Phenomena, Vol. 198, pp. 254-259, 2013.
5. Paul T., Krogstad T.R. and Gravdahl J.T. «Modelling of UAV Formation Flight Using 3D Potential Field», Simulation Modelling Practice and Theory, vol. 16, № 9, pp. 1453–1462, Oct. 2008.
6. Randal W. Beard, Timothy W. McLain «Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice» by Princeton University Press, 2012.

**Пулик М.І., Петросаняк Т.П.**

*студенти,*

*Науковий керівник: Вовк Р.Б.*

*кандидат технічних наук, доцент,*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

## АНАЛІЗ ТА УСУНЕННЯ РИЗИКІВ ПРИ УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

У сучасному світі галузь інформаційних технологій набула глобального поширення у людському житті, тому її розвиток посідає визначальне місце в усіх сферах суспільної діяльності. Важливим аспектом є правильна організація управління розробкою програмного продукту, адже допущення невизначеностей і неоднозначностей може спричинити низькі показники успішності проекту.

Вибір певної моделі життєвого циклу забезпечує вдале керівництво процесом створення програмного продукту, як і врахування можливих наслідків, зумовлених ризиками. Останнім часом популярною стала технологія управління проектами Scrum, яка ставить на перше місце регулярне узгодження вимог за допомогою спілкування між виконавцем та замовником. Від вдалої ідентифікації, виявлення та знешкодження загроз коректній роботі кінцевого