

РЕТРОСПЕКТИВИ ТА СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ РАДІОКЕРОВАНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (МРЛА) З ГОСПОДАРСЬКОЮ МЕТОЮ

Розглядаються конкретні приклади дослідження ефективності застосування МРЛА у різних господарських сферах, і робиться висновок про високу ефективність застосування МРЛА у дистанційному моніторингу, патрулюванні лісів, проведенні робіт з повітря у сільському господарстві. Робиться припущення, що МРЛА сьогодні переживають початковий етап у їх господарському застосуванні, і наводиться характеристика етапу. Аналізуються елементи висотних та невисотних технологічних процесів.

Даний клас літальних апаратів (ЛА) сьогодні відомий як повноправний учасник сучасних військових систем. Сюди відносять крилаті і безкрилі ЛА, покликані вирішувати цілий ряд задач. Серед найважливіших можна назвати проведення різних видів повітряної розвідки, участь у проведенні радіоелектронної боротьби, нанесення бойових ударів та інші. Вперше подібні ЛА стали широко відомі під час Другої світової війни, наприклад, як крилаті ракети Hs239A. Відтоді військові МРЛА постійно удосконалюються, з'являються їх нові види, розширюються сфери застосування [1].

Крилаті військові МРЛА R4E40 та R4E50, які сьогодні серійно продукуються у США, при стартовій масі близько 300 кг здатні перебувати у повітрі 6—7 год. на висотах 4500—6000 м. Під час польоту вони проводять, наприклад, радіоелектронну розвідку 250—300 об'єктів на землі, які можуть облітати як в автоматичному, так і в директорному режимах на віддалі близько 200 км. Відомо також, що велика увага надається цьому питанню такими провідними країнами в галузі авіаційних технологій, як Німеччина, Ізраїль (проект “Піонер”), Чехія (проект “Сойка”), Росія (проекти “Стерх” і “Джміль”) та іншими [2, 3, 4].

Високий інтерес до МРЛА спричинений цілим рядом факторів. Насамперед, ідея перенесення людини з борту ЛА на землю привела до вилучення з його складу обладнання, покликано-го обслуговувати і захищати людину в польоті. В результаті було досягнуто зниження політної маси ЛА, що відбилось на матеріаломісткості конструкції і її вартості. Для МРЛА застосову-

ються двигуни з меншими вимогами до потужності, що дозволяє різко зекономити паливно-мастильні матеріали.

Іншим джерелом ефективності військових МРЛА є зниження рівня психологічного навантаження на людину в екстремальних ситуаціях та відсутність втрат льотного особового складу, що є чи не найважливішим у процесі проведення військових операцій.

На думку відомого спеціаліста в галузі МРЛА, головного конструктора В. Д. Білого (Україна), одна з головних їх переваг полягає у тому, що при відповідному рівні автоматизації вони можуть тривалий час виконувати однамнітну “чорну” роботу, не втомлюючись, що, звичайно, впливає на якість її проведення.

Можна назвати також і невелику відбивну здатність поверхні МРЛА, що дозволяє досягнути “радіопрозорості” для радіолокаційних станцій, незалежність старту і посадки від наявності злітних смуг тощо.

Навіть поверховий аналіз джерел ефективності МРЛА військового призначення показує, що було б доцільно використати ці переваги у господарській сфері з метою підвищення ефективності виробничих і технологічних процесів там, де МРЛА можуть бути використані.

Повідомлення про застосування МРЛА з метою, не пов'язану з проведенням військових операцій, яку узагальнено можна назвати господарською, почали з'являтися ще у середині 60-х років. Поштовхом до цього була поява портативних систем дистанційного управління (СДУ), які дозволяли з високою надійністю керувати великими авіаційними моделями з дозволеною

стартовою масою до 5 кг. Вже тоді СДУ відзначалися високими масогабаритними показниками (вага бортового комплексу складала 0,45—0,5 кг), пропорційним відслідковуванням відхилень важелів управління і рульових поверхонь, помірною вартістю (у 1973 році європейська ціна на СДУ “Варіопрот-12” складала 1670 німецьких марок) [5].

Одночасно були розпочаті дослідження ефективності застосування МРЛА з господарською метою.

Досліджувалися ефективність МРЛА при проведенні дистанційного моніторингу земної і водної поверхонь, патрулювання лісових масивів з метою раннього виявлення пожеж, пошкоджень ліній електропередач і трубопроводів, проведення робіт з повітря у сільськогосподарському виробництві на полях і садах, передачі телезображення.

У середині 70-х років Московським авіаційним інститутом розпочато дослідження ефективності застосування МРЛА в галузі картографування земної поверхні та біологічного захисту сільськогосподарських рослин. Відомий дослідник МРЛА В. Макеєв робить висновок про високу ефективність застосування МРЛА у картографуванні та аерофотозйомці. Він, однак, вказує, що при проведенні сільськогосподарських робіт ефективність МРЛА висока, коли вони використовуються для обробки невеликих за площею і важкодоступних для “великої авіації” полів, садів та виноградників [6].

У 1983 році у Москві та Курську відбувся міжнародний семінар з проблем застосування МРЛА у програмі “Інтеркосмос”. На семінарі було оголошено сім офіційних рефератів про ефективність МРЛА в аерофотозйомці та застосуванню різних СДУ в керуванні МРЛА. Тоді ж відбулись практичні покази деяких робіт. Серед них МРЛА Варшавського інституту геодезії і картографії, яку представляв доктор А. Новосельський. МРЛА був оснащений м’яким крилом, поршневым двигуном ST G.71 (робочий об’єм 12 см³) та мультиспектральною фотокамерою НАС MB470 з чотирма об’єктивами. Також відбувся показ МРЛА “Sky Eyes” каліфорнійської фірми “Developmental Sciences Inc.” (США) під індексом R4E(D) [7].

Цей перелік можна було б продовжити. Однак, як свідчить практика сучасного виробництва, глибокого “входження” МРЛА у реальні технологічні процеси сьогодні не спостерігається, за винятком таких невиробничих галузей, як наукові дослідження, кіно, спорт, індустрія розваг. Тобто, господарські МРЛА ще не склалися як клас технологічних машин.

Відомо, що кожна технічна система у процесі свого генезису переживає різні фази. Можна

припустити, що застосування господарських МРЛА перебуває сьогодні у своїй початковій фазі. Вона характеризується значними напрацюваннями аналогів господарських МРЛА та їх елементів (СДУ, двигунів, конструкційних матеріалів, технічних рішень), з одного боку, та відсутністю шляхів реального входження МРЛА у сучасні технології, з іншого.

Вирішення цього протиріччя вимагає розв’язання великої кількості різнопланових задач, в тому числі концептуальних, технічних, технологічних, методичних, організаційних та юридичних.

Думається, що стрижневим при формуванні образу нової технічної системи є добір критеріїв, за якими можна оцінити або порівняти сучасні можливості МРЛА з вимогами технологій, у яких МРЛА передбачається застосовувати. Правильний вибір критеріїв дасть змогу відповісти на корінне питання господарських МРЛА: адаптувати МРЛА в діючий технологічний процес, чи змінювати процес, у цілому або по частинах, внаслідок введення в нього МРЛА? Тут можливий третій шлях, пов’язаний з побудовою нових технологічних процесів на базі виключно застосування МРЛА.

Першопочатковою задачею в цьому напрямку можна вважати формування переліку тих технологічних процесів, де може з’явитись найменша можливість застосування МРЛА. Це дасть змогу провести систематизацію напрямків, визначити пріоритети, встановити технологічні паралелі між процесами, навіть якщо вони належать до різних напрямків господарювання. Крім того, цей перелік може служити стимулятором діяльності конструкторів МРЛА, допоможе їм точніше визначитися при доборі конструктивних, технологічних та експлуатаційних параметрів МРЛА. Суттєву корекцію майбутнього переліку зробить практика. Тому необхідно уважно вивчати всі повідомлення про практичне застосування МРЛА.

Одним з перших критеріїв, які можна висунути на етапі формування технічного завдання на розробку МРЛА, є критерій його використання в межах оптичної видимості або поза нею (польоти на велику відстань, аж до загоризонтних). За цим критерієм можна попередньо оцінити максимальну віддаленість МРЛА від пілота, висоту і траєкторію польоту, часові рамки технологічного процесу, реальні швидкості його переміщення, підібрати прийоми пілотування, визначити допустимі метеорологічні межі проведення технологічного процесу, склад СДУ тощо.

Аналогом пілотування МРЛА в межах оптичної видимості є пілотування спортсменами-моделістами радіокерованих авіамоделей. Користуючись для контролю за моделлю зором і слу-

хом, вони з високою майстерністю змушують її виконувати найскладніші фігури вищого пілотажу, інколи такі, які не може виконати спортивний літак з людиною на борту. Проте, якщо на висотах у 30—200 м моделіст однозначно здатний оцінити положення моделі у просторі на відстанях до 500—600 м, тобто на базі 1000—1200 м, то із зменшенням висоти до 5—10 м віддалі надійного контролю скорочуються до 150—200 м, відповідно база зменшується до 300—400 м. За швидкості моделі близько 25 м/с тривалість польоту на базі буде 12—16 с, що дуже швидко приводить до перевтомлюваності пілота і втрати контролю над МРЛА. Висновки підтверджуються вченими аграрного університету м. Хохенхейм (Німеччина). Вони також зробили висновок про доцільність введення до складу СДУ автомата підтримання заданої висоти польоту, що збільшує базу надійного оптичного контролю [8].

Критерії швидкості та висоти польоту є одними з найвпливовіших на майбутній образ господарського МРЛА. Для прикладу, типовий технологічний процес аерофотографування (картографування) може відбуватись на швидкостях, близьких до звукових ($M \approx 0,9$) та на висотах від сотень до декількох тисяч метрів. Звичайно, це матиме вирішальний вплив на конструктивні (аеродинамічна схема ЛА, профіль крила тощо) та експлуатаційні (висотний двигун з відповідними характеристиками) параметри МРЛА.

Низьковисотні та малошвидкісні процеси продукують інші параметри МРЛА.

Типовий технологічний процес внесення біо-та хімпрепаратів вимагає роботи МРЛА на ультрамалих висотах (3—5 м) за робочих швидкостей $M \approx 0,14—0,15$. Тому може бути використаний значно дешевший, невисотний двигун. На вибір конструктивних параметрів за цих умов суттєвий вплив матимуть критерії стійкості, керованості та маневреності, що особливо важливо для обмежених ділянок поля. Ймовірно, що МРЛА заповнять цю технологічну “нішу” на малих за розмірами та важкодоступних для “великої” авіації полях.

МРЛА можуть за рахунок підвищення їх допустимих експлуатаційних перевантажень повніше обробляти поля, закриті з боків лісонасадженнями. Це може бути реалізовано шляхом використання нетрадиційних маневрів для виходу на зустрічний прохід. Як варіант можна запропонувати поєднання вертикального набору висоти, перевороту через крило, пікірування під кутом 90° та виходу на новий прохід. Звичайно, це можливо за умови енергоозброєності МРЛА на рівні 1—2 кВт на 1 кг його політної ваги. З урахуванням цих вимог в лабораторії малога-

баритних літальних апаратів Тернопільського державного педагогічного університету розроблено МРЛА за кодовим проектом М-3 (рис. 1).

Стійкість, керованість, маневреність та енергоозброєність у цьому випадку відіграють вирішальну роль, хоча відомо, як важко досягнути між цими параметрами компромісу.

Продовжуючи тему невисотних технологічних процесів, слід зауважити, що особливо важливим для ультрамалих висот є параметр точності роботи МРЛА.

Відомо, що агротехнічні вимоги до обробки полів з повітря допускають відхилення від норми до 10—15 %. Для їх задоволення, наприклад, МРЛА з розмахом крила 5 м не повинен відхилятися по висоті та курсу не більше, як $\pm 0,25—0,3$ м [9]. Значна турбулентність атмосфери у приземних шарах може мати великий вплив на параметри точності дотримання маршруту, а відповідно і на якість обробки полів.

Питання добору функціонального складу СДУ є чи не найважливішим у майбутньому господарських МРЛА. Значний діапазон задач вимагатиме самих різнопланових підходів у виборі класу і виду СДУ.

Загальний підхід до цієї проблеми має два крайніх рівні. *Перший* — це повністю автоматизований політ, де людина лише задає вхідні параметри системи. *Другий* — повністю директорне керування, коли МРЛА перебуває в межах оптичної видимості.

Не вдаючись у подробиці сучасних автоматизованих систем управління, слід зауважити, що системна похибка у них зростає пропорційно квадратові швидкості. Таким чином, надійне проведення МРЛА за маршрутом можливе за умови постійної корекції та контролю положення МРЛА такими сучасними засобами як бортові та наземні комп’ютерні системи, різноманітні датчики кореляційних, оптичних, гравітаційних та інших систем наведення, аж до глобальних супутникових систем типу НАВСТАР, ЛОРАН-М та інших. Аналогічно виглядає, наприклад, СДУ крилатих ракет “Томагавк” і “Гарпун” морського базування [10].

Зважаючи на значну вартість та малодоступність подібних СДУ, неважко дійти висновку, що господарські МРЛА на їхній базі знайдуть своє застосування у проектах, де значні затрати можуть бути виправдані, наприклад, при спостереженні цілісності нафто- і газопроводів, ліній електропередач тощо.

Повністю директорне керування може бути застосовано в умовах короткотривалого технологічного процесу, де МРЛА не виходить із зони оптичної видимості.

Відомі роботи Московського авіаційного інституту, коли легкі МРЛА (3—5 кг) використовувались для відбору проб повітря над димовими трубами підприємств [5]. Процес характерний простим маршрутом польоту, нетривалістю (декілька хвилин) та оперативністю.

Проміжні положення між крайніми рівнями СДУ диктуватимуться тими задачами, які вирішуватимуться за допомогою МРЛА.

Забезпечення невеликих сільськогосподарських підприємств МРЛА у найближчий час можливе на основі використання комбінованих СДУ. При цьому дальність польоту збільшується за рахунок використання телевізійних систем (метод “небесного ока”), а основний режим управління директорний з можливістю переходу на елементи автоматичного управління для підтримання заданої висоти і курсу або виконання конкретного стандартного маневру. Такий підхід зумовить порівняно невисоку вартість СДУ. Надійність проведення процесу у великій мірі залежатиме від професіоналізму пілота-оператора.

Надійність проведення технологічного процесу з застосуванням МРЛА відіграватиме вирішальну роль у сприйнятті їх виробничниками. Відомо, що авіаційні системи значно дорожчі за наземні у зв’язку з забезпеченням їхньої надійності складними технічними засобами.

Шляхи підвищення надійності застосування МРЛА бачаться як загальноприйняті в авіації

(багаторазове резервування та дублювання основних систем МРЛА), так і нетрадиційні, як, наприклад, широке використання гальмівних парашутів, роздільний парашутний спуск частин МРЛА, використання специфічних режимів польоту (наприклад, парашутування) за невисокого питомого навантаження на одиницю несучої площі тощо.

У комплексі з цим необхідно розв’язувати проблему стартів і посадок МРЛА у безаеродромних умовах. Безперечно, тут мають знайти своє відображення такі способи, які б дозволили мінімізувати вплив грубих посадок на ресурс конструкції МРЛА. Ймовірно є застосування, наприклад, зміни напрямку вектора тяги гвинтомоторної установки, статичної повітряної подушки, посадок у вловлювальну сітку.

Думається, що в залежності від політної ваги старту можуть здійснюватися від старту по-модельному (з руки), аж до додаткового розгону катапультною чи прискорювачем. Перспективним для МРЛА може бути спосіб старту з використанням гравітаційних сил.

В ТДПУ розроблено схему застосування МРЛА при біохімічному (хімічному ультрамалооб’ємному і біологічному з використанням трихограми) захисті рослин (рис. 2). Лабораторно-польові випробування такої схеми при розселенні паразитованих трихограмою яєць зернової молі підтвердили її працездатність і високу ефективність.

1. David Donald. Německá letadla ve II. světové válce. — CESTY.: Praha, 1997, 111 s.

2. Сегодня на стенде “беспилотки” // Крылья Родины. — 1991. — № 5. — С. 19—21.

3. K. Heřmánek. SOJKA — bezpilotní průzkumný komplet // HPM, № 5, 1995, s. 2—7.

4. Brian Wanstall. Thinking big in RPVs. An affordable giant among the minis // “Interavia”, № 1, 1988, s. 53—59.

5. Schier W. Miniature lotnictwo. — WKL.: Warszawa, 1973.

6. Макеев В. Маленький самолет — большие возможности // Моделист-конструктор. — 1980. — № 6. — С. 15—16.

7. Jiří Trnka. Modely a INTERKOSMOS // Modelář. — № 1, 1983.

8. Roger Groves. Aerial Video // Model Aviation. — № 1. — 1997.

9. Матійчик М. П. Обґрунтування параметрів пристрою і технології механізованого розселення трихограми. — Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Глеваха, 1994. — 18 с.

10. Пирумов В. Г., Червинский Р. А. Радиоэлектроника в войне на море. — М.: Воениздат, 1987.

Matiychyk M. P., Bogoluybov V. M.

**RETROSPECTIVE AND MODERN PROBLEMS OF
USING
MINI RADIOCONTROLLED AIRCRAFT (MRA) IN
ECONOMICAL DEVELOPMENT**

The authors examines concrete examples of investigation of effectiveness of using MRA in different economical spheres and concludes that MRA is effective used in air works in agriculture, in of forests. He assumes that MRA outlive their initial stage in economical using today and characterizes this stage. He analyzes the elements of high and not high technological per-cent.