

УДК 656.7076:63(045)

М.П. Матійчик, к.т.н., доц.
 Н.О. Суворова, асист.
 І.А. Качало, студ.

ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЦИКЛУ ВИКОНАННЯ АВІАЦІЙНО-ХІМІЧНИХ РОБІТ БЕЗПІЛОТНИМИ ТА НАДЛЕГКИМИ ЛІТАКАМИ

Національний авіаційний університет
 E-mail: oarp@a.ua

Показано відмінності безпілотних та надлегких пілотованих літаків для авіаційно-хімічних робіт. Проведено порівняльний розрахунок технологічних циклів виконання авіаційно-хімічних робіт.

Показаны отличия беспилотных и сверхлегких пилотируемых самолетов для авиационно-химических работ. Проведен сравнительный расчет технологических циклов выполнения авиационно-химических работ.

The peculiar features of UAVs and ultralight aircraft for agricultural aviation works are identified. The comparative computation of technological cycle of agricultural aviation works has been completed.

Постановка проблеми

Для виробництва авіаційно-хімічних робіт (АХР) на території України широко застосовують надлегкі літаки, зокрема НАРП-1 (рис. 1).

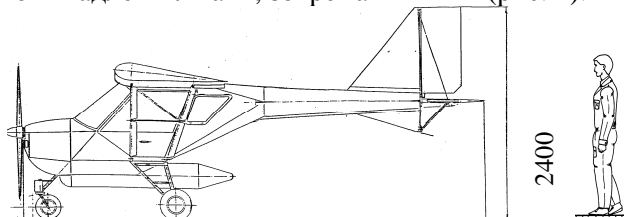


Рис. 1. Бокова проекція літака НАРП-1 порівняно з розмірами людини

Літак НАРП-1 за стартової маси 680 кг забезпечує підняття маси корисного навантаження (агрохімікату) біля 120 кг і внаслідок своїх технічних характеристик застосовується для розпилення агрохімікатів з нормою до 50 кг/га.

Проте сучасний стан техніки й технології дозволяє стверджувати, що значну конкуренцію вказаному типу повітряного судна в майбутньому становитимуть безпілотні літаки.

Відсутність людини на борту та робота в автоматичному режимі вдень і вночі дозволять з часом органічно інтегрувати їх у виробництво АХР [1; 2; 3].

Мета роботи – отримати кількісні та якісні показники ефективності безпілотних літаків порівняно з їх найближчими конкурентами – надлегкими літаками.

Вирішення завдання

Для порівняння взято запатентований в Україні літак М-12СХ (рис. 2), який знаходиться на стадії проектування.

Літак М-12СХ спроектований як низькоплан нормальної схеми з прямокутним крилом без стрілоподібності та фюзеляжем зі знімними панелями обшивання. Це потрібно для забезпечення спрощеного доступу у його внутрішні відсіки для технічного обслуговування та очищення від залишків хімічних речовин, що вносилися.

Літак М-12СХ складається з фюзеляжу, у носовій частині якого встановлена силова установка, оснащена повітряним гвинтом.

Фюзеляж матиме хребтову конструкцію з центральною трубою, до якої будуть прикріплені:

- силова установка;
- вузол кріплення крил;
- вузли кріплення хімічного бака;
- вузли кріплення паливного бака;
- вузли кріплення бортового радіоелектронного обладнання;
- вузли кріплення вертикального хвостового оперення з хвостовою опорою.

Зовнішня обшивка фюзеляжу являє собою знімні панелі, виконані з композиційних матеріалів.

Хвостова частина фюзеляжу є одночасно ложементам для кріплення горизонтального оперення, яке виконано в єдиному конструктивному вузлі та знімається у транспортному положенні.

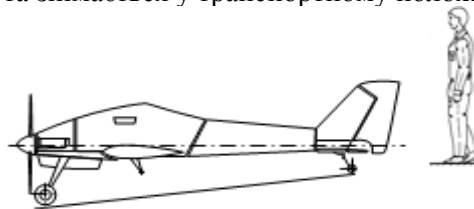


Рис. 2. Бокова проекція сільськогосподарського безпілотного літака М-12СХ порівняно з розмірами людини

Вертикальне оперення приєднане до хвостової частини фюзеляжу. Знімним є лише руль повороту.

Шасі тристоякового типу складається з передньої основної опори ресорного типу, виконаної з композитних матеріалів. Вона винесена вперед від центру ваги для забезпечення його стійкості від капотування на ґрунтових злітно-посадкових смуг (ЗПС). Хвостова опора керується синхронно з рулем повороту. Основна опора оснащена колесами розміром 200x60 мм з гальмами, а хвостова – 100x40 мм без гальм. Гальма основних коліс диференціального типу.

Під знімною панеллю встановлюється бак для хімічних препаратів місткістю близько 100 л. Заправлення хімічного бака виконується під час його стоянки через люк заливної горловини.

Під баком для хімічних препаратів закріплене крило, в якому застосовано профіль з відносною товщиною $c = 15\%$. Крило виконане без кута поперечного «V», оснащено односекційними елеронами вздовж розмаху, що можуть працювати в режимах «флапейронів» та аеродинамічних гальмівних поверхонь.

Сервоприводи елеронів розміщені на верхній поверхні крила в шахтах для їх захисту від впливу хімічних препаратів. Крило виконане роз'ємним. У транспортному положенні його половини демонтуються з фюзеляжу.

Робочі органи форсунового типу розміщено на знімній штанзі, яка встановлена на кронштейнах уздовж розмаху крила.

Літак М-12СХ керується в ручному та автоматичному режимах.

Режим ручного керування застосовується під час зльоту та посадки.

В автоматичному режимі підтримуються задані програмою параметри курсу, крену, тангажа, швидкості польоту та норми внесення хімічного препарату.

Бортовий комплект включає:

- приймач системи радіокерування;
- автопілот з GPS-приймачем;
- сервоприводи;
- лужні батареї електроживлення.

Конструкція планера М-12СХ – комбінована, має композитні матеріали та метали.

Двигун – поршневий, двоциліндровий, двотактний, оснащений трилопатеvim повітряним гвинтом.

Система живлення двигуна має паливний бак, фільтри та паливі насоси, які виконані разом з карбюраторами.

Вхідні пристрої карбюраторів оснащені повітряними фільтрами.

Випускний тракт двигуна оснащений ефективним глушником шуму випуску. Технічні характеристики літака М-12СХ такі [4]:

- стартова маса до 200 кг;
- маса корисного навантаження (діючої речовини) до 100 кг;
- розмах крила 5,5 м;
- максимальна швидкість 200 км/год;
- потужність двигуна 35 кВт;
- продуктивність обробки до 60 га/год;
- максимальне віддалення в ручному режимі 0,8 км;
- максимальне віддалення в автоматичному режимі 10 км;
- мінімальна висота польоту 1,5 м;
- спосіб старту: по-літаковому, катапультний;
- спосіб посадки: на шасі, рятувальний парашут або фінішер;
- тривалість польоту до 1,0 год;
- склад наземного екіпажу 2 особи.

У дослідженні враховували, що надлегкий літак НАРП-1 та літак М-12СХ обладнані сільськогосподарською апаратурою для обприскування від 0,5 до 6 л/га, що відповідає нормам витрати робочої рідини на 1 га для НАРП-1 [5].

Вважали, що літаки працюють за певними технологічними схемами. Так, технологічний процес проведення АХР за допомогою літака М-12СХ має 13 етапів, показаних на рис. 3 [6]:

- 1) отримання заявки та дозволу на політ;
- 2) транспортування автомобілем літака від місця базування до місця виконання АХР;
- 3) розвантаження, складання, заправка паливно-мастильними матеріалами та агрохімікатом;
- 4) проведення передпольотного огляду відповідно до регламенту;
- 5) задавання параметрів польоту в навігаційну систему;
- 6) запуск, зліт, набір висоти;
- 7) політ на АХР відповідно до встановленого профілю;
- 8) виконання розворотів;
- 9) посадка;
- 10) злив палива, розбирання, протирання та завантаження літака в автомобіль;
- 11) транспортування літака автомобілем від місця виконання АХР до місця базування;
- 12) здавання АХР замовникові відповідно до договору;
- 13) завершення процесу проведення АХР.

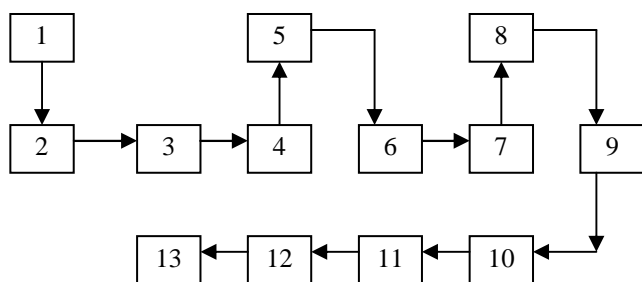


Рис. 3. Схема технологічного процесу проведення АХР літаком М-12СХ

Типовий технологічний процес проведення АХР за допомогою літака НАРП-1 складається з 13 етапів (рис. 4):

- 1) отримання заявки та дозволу на політ;
- 2) підготовка до польоту;
- 3) отримання завдання на політ;
- 4) вирулювання на ЗПС;
- 5) зліт;
- 6) переліт з бази на місце виконання АХР;
- 7) виконання польоту відповідно до встановленого профілю;
- 8) виконання розворотів;
- 9) повернення на місце базування;
- 10) посадка;
- 11) зарулювання з ЗПС на стоянку;
- 12) здавання АХР замовникові відповідно до договору;
- 13) завершення процесу проведення АХР.

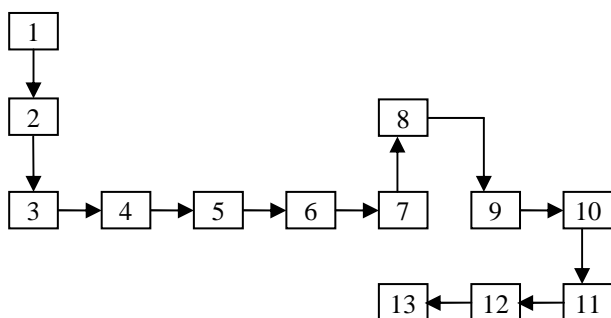


Рис. 4. Схема технологічного процесу проведення АХР літаком НАРП-1

Порівняння технологічного процесу проводили за умови, що літак М-12СХ і літак НАРП-1 виконують АХР з обприскування посівів озимої пшениці проти бур'янів. Для розрахунку використовувалися льотно-технічні характеристики обох літаків та технологічні норми застосування пестицидів [7; 8].

Ураховували, що літаки обладнані обприскувачами та вносять по 6 л/га пестицидів на площу 17 га. Для порівняння брали показники:

- час польоту-циклу;
 - час основної роботи літака над ділянкою;
 - час виконання розворотів;
 - час та швидкість польоту від ЗПС і назад;
 - час зльоту та посадки;
 - ширину робочого захвату;
 - робочу швидкість літака на гоні та довжину гону;
 - час одного розвороту літака;
 - час підльоту літака від ЗПС до ділянки.
- Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці.

Порівняння показників технологічного часу літака М-12 СХ та літака НАРП-1

Показник	Літак М-12СХ	Літак НАРП-1
Час польоту-циклу T_n , хв	14,58	18,74
Час основної роботи літака над ділянкою t_1 , хв	4,5	4,36
Час виконання розворотів t_2 , хв	8,38	7,33
Час польоту від ЗПС до ділянок і назад t_3 , хв	–	5,45
Час зльоту та посадки t_4 , хв (за встановленими нормативами)	1,1	1,6
Разове завантаження G , л.	100	120
Норма витрати робочої рідини, H л/га	6	6
Ширина робочого захвату $Ш$, м	11	25
Робоча швидкість літака над ділянкою, що обробляється V_p , км/год	200	110
Швидкість літака під час польоту від ЗПС до ділянки та назад V_n , км/год	–	110
Час одного розвороту літака, $t_{\text{разв}}$, хв (за встановленими нормативами)	0,7	1,1
Підліт від ЗПС до ділянки L , км	0	5
Довжина ділянки, що обробляється L_r , км	1,2	1,2

Розрахунок льотного часу, що витрачає літак М-12СХ за один виробничий політ під час виконання авіаційних робіт з обприскування посівів озимої пшениці від бур'янів, проводився за формулою

$$T_n = \frac{600G}{N_x \text{Ш} V_p} + \frac{10G t_{\text{разв}}}{N_x \text{Ш} L_t} \frac{120L}{V_p} + t_4; \quad (1)$$

$$T_n = \frac{600 \cdot 100}{6 \cdot 11 \cdot 200} + \frac{10 \cdot 100 \cdot 0,7}{6 \cdot 1,2 \cdot 11} + \frac{120}{200} + 1,1 = 4,5 + 8,38 + 0,6 + 1,1 = 14,58 \text{ хв.}$$

Льотний час, що витрачає надлегкий літак НАРП-1 за один виробничий політ під час виконання авіаційних робіт з обприскування посівів озимої пшениці від бур'янів, розраховували за формулою (1):

$$T_n = \frac{600 \cdot 120}{6 \cdot 25 \cdot 110} + \frac{10 \cdot 120 \cdot 1,1}{6 \cdot 1,2 \cdot 25} + \frac{120 \cdot 5}{110} + 1,6 = 4,36 + 7,33 + 5,45 + 1,6 = 18,74 \text{ хв.}$$

Розрахунок продуктивності польоту літака М-12СХ проводився відповідно до формули

$$\Pi = \frac{G60}{N_x T_n}, \quad (2)$$

$$\Pi = \frac{60 \cdot 100}{6 \cdot 14,58} = 68,59 \text{ га/год.}$$

Продуктивність польоту надлегкого літака НАРП-1 визначали за формулою (2):

$$\Pi = \frac{60 \cdot 120}{6 \cdot 18,74} = 64 \text{ га/год.}$$

Розподіл витрати часу впродовж польоту-циклу літака НАРП-1 та літака М-12СХ під час проведення АХР показано на рис. 5.

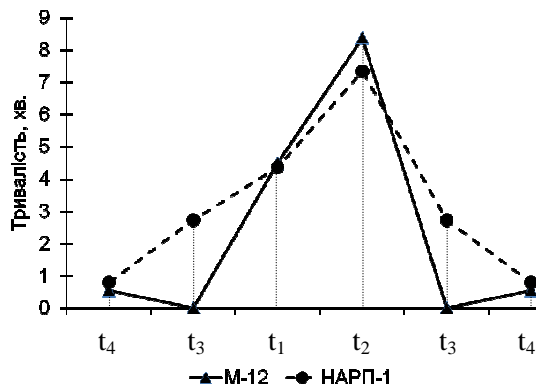


Рис. 5. Розподіл витрати часу літаком НАРП-1 та літаком М-12СХ

Висновки

1. Відсутність людини на борту безпілотних літаків та їх робота в автоматичному режимі вдень і вночі дозволять з часом органічно інтегрувати їх у виробництво АХР.

2. Продуктивність літака НАРП-1 становить 64 га/год, а літака М-12СХ – 68,59 га/год. Дана перевага отримана через підвищення робочої швидкості польоту літака М-12СХ до 200 км/год. Розрахунковий час польоту-циклу для літака НАРП-1 становить 18,74 хв, для літака М-12СХ – 14,58 хв.

3. Зменшення часу для літака М-12СХ на 4,16 хв отримано через відсутність складової – часу підльоту від ЗПС і назад. Унаслідок його підвищення льотно-технічних характеристик час розвороту знижений до 0,7 хв. Час основної роботи над ділянкою, зльоту, посадки також знижений.

Література

1. *Адамчук В.В.* Точное земледелие: существо и технические проблемы / В.В. Адамчук, В.К. Мойсеенко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – М., 2003. – № 8. – С. 20–26.

2. *Asia / Far East. Developing indigeons capabilities // UAV systems: The Global perspective.* – Design and print bu Fotodirekt, Ltd, England 012773563111. – 2005. – Р. 71–77.

3. *Макеев В.Е.* Радиоуправляемая авиамодельная техника – средство механизации биозащиты сельскохозяйственных растений от вредителей / В.Е. Макеев // Защита растений. – 1992. – №8. – С. 55.

4. Пат 47857 Україна. Одномоторний безпілотний літальний апарат для авіаційно-хімічних робіт / М.П. Матійчик, І.А. Качало. – №16010; заявл. 14.12.09. – К., 2010, Бюл. №4.

5. *Руководство по летной эксплуатации самолета НАРП – 1 (НАРП – 1 СХ).* – Николаев: НАРП, 2001. – 157 с.

6. *Матійчик М.П.* Аналіз виробничих процесів «малої авіації» за транспортною складовою / М.П. Матійчик, Г.М. Юн // Зб. наук. пр. Київського університету економіки і технологій транспорту. Сер. Економіка і управління. – 2008. – Вип.11. – С. 154–162.

7. *Матійчик М.П.* Ефективність використання радіокерованих літальних апаратів при біологічному захисті рослин / М.П. Матійчик // Зб. наук. пр. Національного університету. – К.: Києво-Могилянська академія, 1998. – С. 223–226.

8. *Штуцер З.И.* Оценка затрат на работу сельхозавиации. / З.И. Штуцер // Защита растений. – 1989. – №88. – С. 60–62.