

УДК 656.7[629.735.014:63]:519.6(045)

*Г. М. Михайлов,**доцент, заступник директора з наукової та навчальної роботи інституту повітряного транспорту, Національний авіаційний університет, м. Кривий Ріг**К. В. Марінцева,**к. е. н., доцент кафедри організації авіаційних перевезень факультету авіаційних транспортних технологій інституту економіки та менеджменту, Національний авіаційний університет, м. Київ*

ЧИСЛОВА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ПАРКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Викладено методикку оптимізації формування парку сільськогосподарських літальних апаратів. Представлені та проаналізовані результати чисельної реалізації розробленої економіко-математичної моделі.

It is proposed the method of agricultural airplanes fleet optimization. The results of economical model numerical implementation are also submitted and analyzed.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Підвищення ефективності виробничо-господарської діяльності авіапідприємств, що виконують авіаційні хімічні роботи (АХР), пов'язано насамперед з поліпшенням використання парку літальних апаратів (ЛА). Задача формування парку сільськогосподарських ЛА є основною для розробки оптимального плану розвитку авіапідприємств, що надають послуги з АХР. Формування та оновлення парку ЛА будемо розглядати з точки зору оптимізації закріплення ЛА за видами та районами виконання АХР. Результатами розв'язання даної задачі обґрунтовується потрібна кількість перспективних ЛА на рік (сезон), призначення на види робіт, виділення додаткових капітальних вкладень. Цей вибір має здійснюватися таким чином, щоб виконати прогнозовані об'єми АХР кожного виду з ціллю максимізувати прибуток авіапідприємства. Передбачається, що парк ЛА авіапідприємств складається із вже існуючого парку та додаткових ЛА, які авіапідприємство бере в лізинг чи купує. Число таких ЛА по кожному типу необхідно визначити із рішення задачі.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

З точки зору теорії дослідження операцій, задача формування парку сільськогосподарських ЛА може бути віднесена до класу задач оптимального розподілу ресурсів. В різних галузях національного господарства виконані чисельні дослідження щодо розв'язання такого типу задач, наприклад [1, 2]. Дослідження в сфері оптимізації формування, розвитку, розподілу парку ЛА для виконання АХР виконувалися в умовах планової економіки [3, 4]. Функціонування авіапідприємств, що виконують АХР в ринкових умовах, впровадження нових технологій виконання АХР із застосуванням безпілотних літальних апаратів (БЛА), потребують нових методичних розробок з оптимізації їх виробничо-господарської діяльності.

Метою статті є викладення методики оптимізації формування парку ЛА авіапідприємства, що виконує АХР, з точки зору економічних критеріїв, та результатів проектних розрахунків для авіапідприємства "Конкордавіа".

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для формалізації задачі формування парку сільськогосподарських ЛА введемо такі позначення: i — тип ЛА, $i = \overline{1, m}$; j — вид АХР, $j = \overline{1, n}$; r — район виконання АХР, $r = \overline{1, R}$; τ_j — тариф за обробку 1 га, грош.од./га; P_{ijr} — продуктивність ЛА, га/рік; X_{ijr} — кількість ЛА; Y_i — кількість придбаних чи взятих у лізинг ЛА; a_i — кількість ЛА в складі парку на початок планового періоду; C_i — інвестиційні витрати на ЛА, грош.од./рік; c_{ijr} — планові витрати на виконання АХР, грош.од./рік; d_{jr} — попит на АХР, га/рік.

Прогнозований об'єм АХР кожного виду має бути виконаний таким чином, щоб максимізувати прибуток авіапідприємства:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^R [(\tau_j P_{ijr} - c_{ijr}) X_{ijr} - C_i Y_i] \rightarrow \max \quad (1),$$

при обмеженнях

$$\sum_{i=1}^m P_{ijr} X_{ijr} \leq d_{jr}, \quad j = \overline{1, n}, \quad r = \overline{1, R} \quad (2);$$

$$\sum_{i=1}^m P_{ijr} X_{ijr} = d_{jr}, \quad j \in J_0 \quad (3);$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ijr} \leq a_i + Y_i, \quad i = \overline{1, m} \quad (4);$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ijr} = a_i, \quad i \in I_0 \quad (5);$$

$$X_{ijr} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad r = \overline{1, R}; \quad (6)$$

$$Y_i \geq 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad (7)$$

$$X_{ijr}, Y_i - \text{цїле}, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad r = \overline{1, R} \quad (8)$$

Економічна інтерпретація обмежень наступна: (2) — продуктивність парку ЛА авіапідприємства має бути не більше заданого об'єму АХР; (3) — деякі види АХР мають бути виконані обов'язково; (4) — число ЛА кожного типу, що експлуатується, має бути не більше сумарної кількості ЛА даного типу тих, що залишилися від начального парку та кількості придбаних або взятих у лізинг; (5) — деякі типи ЛА мають бути включені в оптимальне рішення

Таблиця 1. Дані авіапідприємства щодо попиту (га/рік) та тарифів на АХР

r	Вид АХР Район	Внесення стимуляторів росту	Боротьба зі шкідниками	Хімічне прополювання	Боротьба із хворобами
1	Автономна республіка Крим	340000	270000	240000	190000
2	Одеський	200000	70000	200000	70000
3	Херсонський	70000	50000	70000	50000
4	Запорізький	200000	70000	200000	70000
Тарифи на АХР, грош. од./га		15	12	13	12

ня обов'язково (наприклад, для вироблення оптимального ресурсу ЛА); (6—8) — виходячи із фізичного змісту, змінні мають бути додатними та цілими.

Для визначення адекватності моделі (1—8) були проведені проектні розрахунки для авіапідприємства "Конкордавіа". Необхідний масив вхідних даних наведено у таблицях 1, 2.

Як показує аналіз, сучасний парк сільськогосподарських ЛА України складається в основному з Ан-2, Мі-2, Ка-26. У світі з 90-х років для виконання АХР починають використовувати БЛА. На сьогодні і в Україні, і в Росії вже є розробки технологій застосування БЛА в сільському господарстві. Отже, для проектних розрахунків були визначені такі типи ЛА:

1) вертолітний БЛА "Flying jerrican", країна виробництва — Україна, виробник — "ІПТ НАУ", системи керування — GPS/Глонасс/GSM, початкова балансова вартість — 8000 дол. США, ($a_1=5$);

2) вертолітний БЛА "Huski", країна виробництва — Росія, виробник — KVAND, системи керування — GPS/Глонасс/GSM; початкова балансова вартість — 34000 дол. США, ($a_2=5$)

3) Ан-2, балансова вартість — 145000 дол. США, ($a_3=1$);

4) Мі-2, балансова вартість — 175000 дол. США, ($a_4=1$);

5) Ка-26, балансова вартість — 115000 дол. США, ($a_5=1$).

У залежності від виду АХР поділені на такі:

1) внесення стимуляторів росту;

2) боротьба зі шкідниками (обробка інсектицидами);

3) хімічне прополювання (обробка гербіцидами);

4) боротьба із хворобами (обробка фунгіцидами).

Згідно з [5] джерелом інформації для визначення районів потенційних замовників АХР можуть бути — обласні та районні управління сільського господарства, станції захисту рослин, а також безпосередньо суб'єкти сільськогосподарської діяльності. Прогноз об'єму АХР ґрунтується на технології вирощування рослин, прогнозах засмічення сільськогосподарських угідь та розвитку хвороб рослин.

Тарифи на виконання АХР залежать від собівартості робіт, рівня запланованої рентабельності авіапідприємства та ринкової ціни на дані послуги.

Таблиця 2. Значення коефіцієнтів цільової функції АХР

Тип ЛА	внесення стимуляторів росту				боротьба зі шкідниками			
	r				r			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Flying jerrican	210604	210504	210370	210044	152104	152004	151870	151544
Huski	249175	249075	248941	248615	179839	179739	179605	179279
Ан-2	294707	294607	294473	294147	148907	148807	148673	148347
Mi-2	36644	36544	36410	36084	-44357	-44457	-44591	-44917
Ка-26	100619	100519	100385	100059	10619	10519	10385	10059
Тип ЛА	хімічне прополовання				боротьба із хворобами			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Flying jerrican	171604	171504	171370	171044	152104	152004	151870	151544
Huski	202951	202851	202717	202391	179839	179739	179605	179279
Ан-2	197407	197407	197273	196947	148907	148807	148673	148347
Mi-2	-17357	-17457	-17591	-17917	-44357	-44457	-44591	-44917
Ка-26	40619	40519	40385	40059	10619	10519	10385	10059

Для отримання оптимального рішення за побудованою моделлю (1-8) було використано спеціалізовану програму LINDO [6]. Оптимальне рішення в даній програмі було отримано за 2 секунди, кількість виконаних ітерацій — 43.

ВИСНОВКИ

У результаті розв'язання задачі за заданими вхідними даними авіапідприємству було рекомендовано:

1) для виконання робіт по внесенню стимуляторів росту експлуатувати ЛА типу Flying jerrican ЛА в кількості: Автономна республіка Крим — 17; Одеський регіон — 10; Херсонський регіон — 3; Запорізький регіон — 2, та 5 ЛА типу Huski, 1 ЛА типу Ка-26 для Запорізького регіону;

2) для виконання робіт по боротьбі зі шкідниками експлуатувати ЛА типу Flying jerrican ЛА в кількості: Автономна республіка Крим — 13; Одеський регіон — 3; Херсонський регіон — 2; Запорізький регіон — 2, та 1 ЛА типу Mi-2 для Запорізького регіону;

3) для виконання робіт з хімічного прополовання експлуатувати ЛА типу Flying jerrican ЛА в кількості: Автономна республіка Крим — 12; Одеський регіон — 10; Херсонський регіон — 3; Запорізький регіон — 7, та 1 ЛА типу Ан-2 для Запорізького регіону;

4) для виконання робіт по боротьбі із хворобами експлуатувати ЛА типу Flying jerrican ЛА в кількості: Автономна республіка Крим — 9; Одеський регіон — 3; Херсонський регіон — 2; Запорізький регіон — 3.

За отриманим рішенням інвестиції вигідно вкладати у БЛА типу Flying jerrican. Для задоволення прогнозованого попиту авіакомпанії необхідно додатково придбати 96 БЛА даного типу.

Вибір програмою БЛА Flying jerrican можна пояснити мінімальною вартістю цього літального апарату, мінімальною собівартістю виконання АХР та достатньою продуктивністю. ЛА типу Ан-2, Ка-26, Mi-2 потрапили в оптимальне рішення завдяки обмеженню (5).

Прогнозований прибуток авіапідприємства (значення цільової функції) склав 19 346

332 грош. од.

Програма LINDO дозволяє виконати аналіз чутливості оптимального рішення моделі. Для кожної змінної було отримано границі зміни коефіцієнта цільової функції, в межах яких рішення є сталим. Так, наприклад, зниження прибутку авіапідприємства від виконання АХР у Автономній республіці Крим при експлуатації БЛА Flying jerrican на 0,04% чи експлуатації Ан-2 на 0,28% не вплине на оптимальне рішення даної задачі.

Література:

1. Модели и методы распределения ресурсов в управлении проектами / С. А. Баркалов [и др.]. — М.: Ин-т проблем упр. им. В. А. Трапезникова, 2004. — 85 с.

2. Афраймович Л. Г. Распределение ограниченных ресурсов в иерархических системах транспортного типа: дисс ... кандидата физико-математических наук: 05.13.18. — Нижний Новгород, 2006. — 134 с.

3. Пак С. В. Оптимизация базирования самолетов народнохозяйственного применения: Дис.. канд. техн. наук / Всесоюзный научно-исследовательский институт применения гражданской авиации в народном хозяйстве. — Краснодар, 1978. — 188 с.

4. Сапарбаев А. Д. Методы оптимизации регионального планирования авиационных работ в сельском хозяйстве: Дисс... канд. экон. наук: 08.0013 / Академия наук Украинской ССР ордена Ленина Инст. Кибернетики им. В. М. Глушкова. — К., 1988. — 155 с.

5. Правила організації та виконання авіаційних робіт у сільському та лісовому господарстві. Затверджено Наказом Мінтрансв'язку України 22.12.2006 № 1179.

6. <http://www.lindo.com/>

Стаття надійшла до редакції 17.03.2009 р.