

УДК 65.012.123(045)

АЛГОРИТМИ ПОБУДОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ГРАФІКІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА РУХОМИХ АЕРОДРОМАХ

О. Є. Литвиненко, д-р техн. наук, проф., А. С. Шевченко, Т. О. Слухай

Національний авіаційний університет

litvinen@nau.edu.ua; toliksheva@mail.ru; spy-fox-girl@meta.ua

Наведено алгоритми формування підмножин раціональних технологічних маршрутів пересування літальних апаратів, що базуються на рухомих аеродромах, у процесі технічного обслуговування. Описано процедуру розрахунку часових характеристик указанного процесу.

Ключові слова: літальні апарати, технічне обслуговування, технологічні графіки, алгоритми планування.

Described algorithms for the formation of subsets of rational technological routes movements of aircraft, which based on moveable airfields, in the process of maintenance. Described procedure of calculating the time characteristics of the given process.

Keywords: aircraft, maintenance, engineering graphics, planning algorithms.

Вступ

Технологічні процеси технічного обслуговування (ТО) літальних апаратів (ЛА) на рухомих аеродромах мають ряд особливостей, які з одного боку, потребують застосування до оперативного планування цих процесів комп'ютерних технологій, а з іншого, — не дають змогу використовувати для цього математичний апарат, розроблений для вирішення подібних завдань у цивільній авіації [1; 2].

До таких особливостей належить, передусім, обмеженість площі рухомого аеродрому і кількості місць (технічних позицій (ТП)), призначених для виконання технологічних операцій; вузька спеціалізація ТП; різноманітність видів ТО залежно від завдання на політ; перманентно змінюється кількість і розташування ЛА на рухомому аеродромі; необхідність прийняття рішень, що регламентують технологічні процеси оперативного планування ТО ЛА, у режимі реального часу та ін. Усе це потребує нетрадиційних підходів до планування технологічних процесів ТО ЛА на рухомих аеродромах і зумовлює актуальність цієї статті.

Постановка завдання

Технологічний процес ТО ЛА являє собою послідовність елементарних технологічних операцій, кожна з яких виконується на одній з призначених для цього ТП (огляд бортового обладнання, заправка ЛА паливом і спецрідин і т. п.).

© О.Є. Литвиненко, А.С. Шевченко, Т.О. Слухай, 2010

Тому його можна умовно представити як процес пересування кожного ЛА між ТП за маршрутом, що визначається його початковим місцем розташування та видом ТО.

Нехай I — множина ідентифікаторів (наприклад, бортових номерів) ЛА, на яких необхідно провести ТО у розглянуту льотну зміну.

Формально технологічний процес ТО кожного ЛА можна представити у вигляді впорядкованої множини:

$$E_i = \{ e_{il} \mid l = \overline{1, \lambda_i} \},$$

де e_{il} — ідентифікатор l -го за порядком елемента (l -ї технологічної операції) технологічного процесу ТО i -го ЛА; λ_i — кількість таких технологічних операцій; $i \in I$.

Нехай p_i^i — номер ТП, на котрій перебуває i -й ЛА на початку льотної зміни (номер початкової ТП); p_i^K — номер ТП, на яку необхідно перемістити i -й ЛА після ТО (номер кінцевої ТП); $P(e_{il})$ — множина номерів ТП, на яких може бути реалізована l -а операція технологічного процесу ТО i -го ЛА; $l = \overline{1, \lambda_i}$.

Необхідно визначити всі можливі маршрути переміщення кожного ЛА від початкової ТП до кінцевої і розрахувати час початку та завершення виконання кожної технологічної операції.

Алгоритм побудови маршрутів переміщення літальних апаратів

Під час формування маршрутів пересування ЛА слід виходити з такого правила: якщо після виконання будь-якого етапу ТО ЛА знаходиться на ТП, на якій можлива реалізація наступної (чергової) операції технологічного процесу, то він залишається на цій ТП (без переміщення на будь-яку іншу ТП). З цього правила випливають такі очевидні висновки, що лежать в основі алго-

ритму формування типових маршрутів пересування ЛА в процесі ТО:

1. Якщо $p_i^H \in P(e_{i1})$, то перша за порядком технологічна операція ТО i -го ЛА реалізується на початковій ТП.

Якщо $p_i^H \notin P(e_{i1})$, то для виконання першої технологічної операції i -ї ЛА переміщується на одну з ТП з номером $p \in P(e_{i1})$.

2. Якщо $P(e_{i\lambda_i}) \cap P^K \neq \emptyset$, то заключна технологічна операція ТО i -го ЛА реалізується (з метою скорочення кількості переміщень ЛА) на кінцевій ТП.

Якщо $P(e_{i\lambda_i}) \cap P^K = \emptyset$, то після завершення заключної технологічної операції ТО i -го ЛА він переміщується на кінцеву ТП.

Варіант 1:

$$[p_i^H \notin P(e_{i1})] \rightarrow [p_{i1} \in P(e_{i1})] \rightarrow [p_{i2} \in P(e_{i2})] \rightarrow [p_{i3} \in P(e_{i3}), p_{i3} \notin P^K] \rightarrow [p_i^K \in P^K].$$

Варіант 2:

$$[p_i^H = p_{i1} \in P(e_{i1})] \rightarrow [p_{i2} \in P(e_{i2})] \rightarrow [p_{i3} \in P(e_{i3}), p_{i3} \notin P^K] \rightarrow [p_i^K \in P^K].$$

Варіант 3:

$$[p_i^H \notin P(e_{i1})] \rightarrow [p_{i1} \in P(e_{i1})] \rightarrow [p_{i2} \in P(e_{i2})] \rightarrow [p_{i3} = p_i^K \in P^K \subseteq P(e_{i3})].$$

Варіант 4:

$$[p_i^H = p_{i1} \in P(e_{i1})] \rightarrow [p_{i2} \in P(e_{i2})] \rightarrow [p_{i3} = p_i^K \in P^K \subseteq P(e_{i3})].$$

У наведених формулах p_{il} — номер ТП, на якій реалізується l -а технологічна операція ТО i -го ЛА, а стрілками позначені переміщення ЛА від одної ТП на іншу; $l = \overline{1, \lambda_i}$.

Як видно, варіант 1 передбачає чотири переміщення ЛА між ТП, варіанти 2 і 3 — три переміщення, варіант 4 — два. У випадку, коли «сусідні» технологічні операції ТО ЛА можуть виконуватись на одній і тій самій ТП, таких переміщень буде менше.

Послідовності номерів ТП, через які i -ї ЛА повинен пройти в процесі ТО, визначаються як результат декартового множення відповідних множин:

— для варіанта 1:

$$\{p_i^H\}P(e_{i1})P(e_{i2})\dots P(e_{i\lambda_i})\{p_i^K\};$$

— для варіанта 2:

$$\{p_i^H\}P(e_{i2})\dots P(e_{i\lambda_i})\{p_i^K\};$$

— для варіанта 3:

$$\{p_i^H\}P(e_{i1})P(e_{i2})\dots P(e_{i\lambda_i-1})\{p_i^K\};$$

— для варіанта 4:

3. Якщо $P(e_{il}) \cap P(e_{i,l+1}) \neq \emptyset$, то $(l+1)$ -а технологічна операція ТО i -го ЛА реалізується на тій самій ТП, що і попередня l -а технологічна операція (без переміщення на яку-небудь іншу ТП).

Якщо $P(e_{il}) \cap P(e_{i,l+1}) = \emptyset$, то для реалізації $(l+1)$ -ї технологічної операції ТО i -го ЛА він переміщується на одну із ТП з номером $p \in P(e_{i,l+1})$.

При $\lambda_i = 3$ існують такі варіанти маршрутів переміщення i -го ЛА (за умови, що на кожній ТП реалізується тільки одна технологічна операція ТО i -го ЛА).

$$\{p_i^H\}P(e_{i2})\dots P(e_{i,\lambda_i-1})\{p_i^K\}.$$

Кількість таких послідовностей (ланцюгів ТП) обчислюється за формулою:

$$n_i = \prod_{l=\mu}^{\nu} |P(e_{il})|,$$

де $|P(e_{il})|$ — потужність множини $P(e_{il})$;

$$\mu = \begin{cases} 1 & \text{якщо } \lambda_i = 3; \\ 2 & \text{якщо } \lambda_i = 4, \end{cases}$$

$$\nu = \begin{cases} \lambda_i & \text{якщо } \lambda_i = 3; \\ \lambda_i - 1 & \text{якщо } \lambda_i = 4. \end{cases}$$

Після побудови всіх послідовностей (ланцюгів) ТП вони перенумеровуються числами натурального ряду від 1 до n_i включно.

Цим вирішується розв'язання задачі побудови маршрутів пересування ЛА.

Побудовані таким чином послідовності ТП, через котрі повинен пройти i -ї ЛА в процесі ТО, можна представити в такому вигляді:

— для варіанта 1:

$$\pi_{ij} = (p_i^H; p_{ijl}, l = \overline{1, \lambda_i}; p_i^K); j = \overline{1, n_i};$$

— для варіанта 2:

$$\pi_{ij} = (p_{ijl} = p_i^H; p_{ijl}, l = \overline{2, \lambda_i}; p_i^K); j = \overline{1, n_i};$$

— для варіанта 3:

$$\pi_{ij} = (p_i^H; p_{ijl}, l = \overline{1, \lambda_i - 1}; p_{i,j,\lambda_i} = p_i^K); j = \overline{1, n_i};$$

— для варіанта 4:

$$\pi_{ij} = (p_{ijl} = p_i^H; p_{ijl}, l = \overline{2, \lambda_i - 1}; p_{i,j,\lambda_i} = p_i^K); \\ j = \overline{1, n_i}.$$

Керуючись вищенаведеним правилом, з повної множини ланцюгів ТП $\{\pi_{ij}; j = \overline{1, n_i}\}$ виключаються ті, які передбачають перехід i -го ЛА з однієї ТП на іншу ТП у тих випадках, коли на першій з них можлива реалізація наступної технологічної операції.

Правило виключення таких нераціональних ланцюгів можна сформулювати так: з подальшого розгляду виключаються такі ланцюги, для яких справедлива умова:

$$[p_{ijl} \in P(e_{i,l+1})] \& [p_{i,j,l+1} \neq p_{ijl}]; l = \overline{1, \lambda_i - 1}.$$

Алгоритм розв'язання задачі побудови маршрутів пересування ЛА передбачає такі дії.

1. Формування робочого масиву:

$$I^* = I.$$

2. Вибір чергового елемента (бортового номера ЛА) з робочого масиву:

$$i^* \in I^*.$$

3. Формування декартового добутку:

$$D_{i^*} = \{p_{i^*}^H\} P(e_{i^*,1}) \dots P(e_{i^*,\lambda_{i^*}}) \{p_{i^*}^K\}.$$

4. Обчислення кількості можливих ланцюгів ТП для i^* -го ЛА:

$$n_{i^*} = \prod_{l=1}^{\lambda_{i^*}} |P(e_{i^*,l})|.$$

5. Далі в циклі за $j = \overline{1, n_{i^*}}$ виконуються такі операції:

— організація масиву J_{i^*} , призначеного для зберігання номерів раціональних маршрутів пересування i^* -го ЛА:

$$J_{i^*} = \emptyset.$$

— далі у вбудованому циклі за $l = \overline{1, \lambda_i - 1}$ перевіряється умова нераціональності j -го маршруту пересування i^* -го ЛА:

$$[p_{i^*jl} \in P(e_{i^*,l+1})] \& [p_{i^*,j,l+1} \neq p_{i^*jl}].$$

Якщо ця умова виконується, то здійснюється перехід до розгляду наступного ($j+1$)-го маршруту (при $j < n_{i^*}$).

У протилежному випадку виконується перехід до розгляду наступної ($l+1$)-ї технологічної операції передпольотного ТО i^* -го ЛА (при $l < \lambda_{i^*} - 1$).

Після перевірки всіх технологічних операцій номер маршруту, визнаний раціональним, включається до складу множини J_{i^*} .

Після розгляду всіх маршрутів пересування i^* -го ЛА його номер виключається з робочого масиву I^* .

За умови $I^* = \emptyset$ обчислювальна процедура завершується.

Результат розв'язання цієї задачі представляється у вигляді раціональних маршрутів усіх ЛА, що розглядаються:

$$\{\pi_{ij}; i \in I^B; j \in J_i\}.$$

Розрахунок часових характеристик маршрутів пересування літальних апаратів

Завдання планування руху ЛА в льотну зміну вирішується в дискретному часі. При цьому передбачається, що льотна зміна поділено на певну кількість рівних напіввідкритих інтервалів (відрізків) часу, які пронумеровані числами натурального ряду. Довжина цих відрізків вибирається кратною нормативній тривалості виконання робіт (операцій) і технологічним інтервалам між ними. Аналіз реальних технологічних графіків підготовки ЛА до вильоту дає змогу обрати довжину інтервалів, що дорівнює 30 с.

У подальшому будемо розглядати j -й маршрут пересування i -го ЛА, що відповідає варіанту 1 (як найбільш загальному):

$$\pi_{ij} = (p_i^H; p_{ijl}, l = \overline{1, \lambda_i}; p_i^K); 1 \leq j \leq n_i.$$

Для побудови графіка пересування i -го ЛА по j -у маршруту необхідно мати такі початкові дані (виражені в кількості напіввідкритих інтервалів часу):

$T(p_{ijl})$ — нормативна тривалість обслуговування i -го ЛА на ТП номер p_{ijl} ; $l = \overline{1, \lambda_i}$;

$D(p_i^H, p_{ijl})$ — нормативна тривалість пересування i -го ЛА від ТП номер p_i^H до ТП номер p_{ijl} ;

$D(p_{ijl}, p_{i,j,l+1})$ — нормативна тривалість пересування i -го ЛА від ТП номер p_{ijl} до ТП номер $p_{i,j,l+1}$; $l = \overline{1, \lambda_i - 1}$;

$D(p_{i,j,\lambda_i}, p_i^K)$ — нормативна тривалість пересування i -го ЛА від ТП номер p_{i,j,λ_i} до ТП номер p_i^K .

Нехай $d^H(p_i^H, p_{ij1})$ і $d^K(p_i^H, p_{ij1})$ — номери напіввідкритих інтервалів часу, на яких починається і завершується пересування i -го ЛА від ТП номер p_i^H до ТП номер p_{ij1} ;

$d^H(p_{ijl}, p_{i,j,l+1})$ і $d^K(p_{ijl}, p_{i,j,l+1})$ — номери напіввідкритих інтервалів часу, на яких починається і закінчується пересування i -го ЛА від ТП номер p_{ijl} до ТП номер $p_{i,j,l+1}$; $l = \overline{1, \lambda_i - 1}$;

$t^H(p_{ij1})$ і $t^K(p_{ij1})$ — номери напіввідкритих інтервалів часу, на яких починається і закінчується пересування i -го ЛА на ТП номер p_{ij1} ; $l = \overline{1, \lambda_i - 1}$.

Значення цих характеристик типового графіка пересування i -го ЛА по j -у маршруту визначаються на підставі перелічених вхідних даних відповідно до таких формул:

$$d^H(p_i^H, p_{ij1}) = 1;$$

$$d^K(p_i^H, p_{ij1}) = D(p_i^H, p_{ij1});$$

$$d^H(p_{ijl}, p_{i,j,l+1}) = t^K(p_{ijl}) + 1;$$

$$l = \overline{1, \lambda_i - 1};$$

$$d^K(p_{ijl}, p_{i,j,l+1}) = d^H(p_{ijl};$$

$$p_{i,j,l+1}) + D(p_{ijl}, p_{i,j,l+1}) - 1;$$

$$l = \overline{1, \lambda_i - 1};$$

$$d^H(p_{i,j,\lambda_i}, p_i^K) = t^K(p_{i,j,\lambda_i}) + 1;$$

$$d^K(p_{i,j,\lambda_i}, p_i^K) = d^H(p_{i,j,\lambda_i};$$

$$p_i^K) + D(p_{i,j,\lambda_i}, p_i^K) - 1;$$

$$t^H(p_{ij1}) = d^K(p_i^H, p_{ij1}) + 1;$$

$$t^H(p_{ijl}) = d^K(p_{i,j,l-1}, p_{ijl}) + 1; \quad l = \overline{2, \lambda_i};$$

$$t^K(p_{ijl}) = t^H(p_{ijl}) + T(p_{ijl}) - 1; \quad l = \overline{1, \lambda_i}.$$

Значення $d^K(p_{i,j,\lambda_i}, p_i^K)$ характеризує тривалість ТО i -го ЛА відповідно до j -го маршруту

його пересування по ТП (виражену в кількості напіввідкритих інтервалів часу):

$$h_{ij} = d^K(p_{i,j,\lambda_i}, p_i^K); \quad i \in I; \quad j = \overline{1, n_i}.$$

Алгоритм розрахунку часових характеристик маршрутів пересування ЛА передбачає виконання таких дій.

1. Формування робочого масиву:

$$I^* = I.$$

2. Вибір чергового елемента (бортового номера ЛА) з робочого масиву:

$$i^* \in I^*.$$

3. Далі в циклі за $j \in J_{i^*}$ виконуються такі дії:

— формування робочого масиву:

$$J_{i^*}^* = J_{i^*};$$

— вибір чергового елемента (номера типового маршруту i^* -го ЛА) з робочого масиву:

$$j^* \in J_{i^*}^*;$$

— у циклі за параметром l ($1 \leq l \leq \lambda_{i^*} - 1$) відповідно до наведених вище формул послідовно виконується розрахунок характеристик:

$$d^H(p_{i^*}^H, p_{i^*j^*1}^*);$$

$$d^K(p_{i^*}^H, p_{i^*j^*1}^*);$$

$$d^H(p_{i^*j^*l}^*, p_{i^*j^*l+1}^*);$$

$$d^K(p_{i^*j^*l}^*, p_{i^*j^*l+1}^*);$$

$$t^H(p_{i^*j^*l}^*) \text{ і } t^K(p_{i^*j^*l}^*).$$

Після розрахунку цих характеристик для всіх значень параметра l ($1 \leq l \leq \lambda_{i^*} - 1$) номер розглянутого маршруту j^* виключається зі складу робочого масиву $J_{i^*}^*$ і виконується перехід до наступного елемента даного масиву.

За умови

$$J_{i^*}^* = \emptyset$$

(що свідчить про завершення розгляду всіх раціональних маршрутів пересування i^* -го ЛА) елемент i^* виключається із складу робочого масиву I^* .

Після цього я переходять до розгляду наступного елемента даного масиву.

За умови

$$I^* = \emptyset$$

обчислювальний процес завершується.

Результат розв'язання цієї задачі представляється у вигляді набору значень часових характеристик:

$$d^H(p_i^H, p_{ij1});$$

$$d^K(p_i^K, p_{ij1});$$

$$d^H(p_{ijl}, p_{i,j,l+1});$$

$$d^K(p_{ijl}, p_{i,j,l+1});$$

$$t^H(p_{ijl}), t^K(p_{ijl}); l = \overline{1, \lambda_i - 1}.$$

Приклад

Нехай для деякого i -го ЛА задані такі початкові дані:

$$p_i^H = 1; p_i^K = 7; \lambda_i = 3;$$

$$P(e_{i1}) = \{2, 6\}; P(e_{i2}) = \{3, 5, 6\};$$

$$P(e_{i3}) = \{4, 5, 6\}.$$

кількість можливих маршрутів пересування i -го ЛА:

$$n_i = 2 \times 3 \times 3 = 18.$$

Декартовий добуток підмножин ТП:

$$\begin{aligned} & \{p_i^H\} \times P(e_{i1}) \times P(e_{i2}) \times P(e_{i3}) \times \{p_i^K\} = \\ & = \{1\} \times \{2, 6\} \times \{3, 5, 6\} \times \{4, 5, 6\} \times \{7\} = \\ & = \{(1,2,3,4,7), (1,2,3,5,7), (1,2,3,6,7), (1,2,5,4,7), \\ & (1,2,5,5,7), (1,2,5,6,7), (1,2,6,4,7), (1,2,6,5,7), \\ & (1,2,6,6,7), (1,6,3,4,7), (1,6,3,5,7), (1,6,3,6,7), \\ & (1,6,5,4,7), (1,6,5,5,7), (1,6,5,6,7), (1,6,6,4,7), \\ & (1,6,6,5,7), (1,6,6,6,7)\}. \end{aligned}$$

Послідовність (ланцюжка) ТП:

$$\pi_{i1} = (1,2,3,4,7);$$

$$\pi_{i2} = (1,2,3,5,7);$$

$$\pi_{i3} = (1,2,3,6,7);$$

$$\pi_{i4} = (1,2,5,4,7);$$

$$\pi_{i5} = (1,2,5,5,7);$$

$$\pi_{i6} = (1,2,5,6,7);$$

$$\pi_{i7} = (1,2,6,4,7);$$

$$\pi_{i8} = (1,2,6,5,7);$$

$$\pi_{i9} = (1,2,6,6,7);$$

$$\pi_{i,10} = (1,6,3,4,7);$$

$$\pi_{i,11} = (1,6,3,5,7);$$

$$\pi_{i,12} = (1,6,3,6,7);$$

$$\pi_{i,13} = (1,6,5,4,7);$$

$$\pi_{i,14} = (1,6,5,5,7);$$

$$\pi_{i,15} = (1,6,5,6,7);$$

$$\pi_{i,16} = (1,6,6,4,7);$$

$$\pi_{i,17} = (1,6,6,5,7);$$

$$\pi_{i,18} = (1,6,6,6,7).$$

Після виключення нераціональних послідовностей ТП залишаються такі маршрути пересування i -го ЛА:

$$\pi_{i1} = (1,2,3,4,7);$$

$$\pi_{i2} = (1,2,3,5,7);$$

$$\pi_{i3} = (1,2,3,6,7);$$

$$\pi_{i5} = (1,2,5,5,7);$$

$$\pi_{i9} = (1,2,6,6,7);$$

$$\pi_{i,18} = (1,6,6,6,7).$$

Для розрахунку часових характеристик виберемо деякий j -й маршрут i -го ЛА $\pi_{ij} = (1,2,3,4,5)$ з такими початковими даними:

$$\lambda_i = 3; p_i^H = 1; p_i^K = 5;$$

$$p_{ij1} = 2; p_{ij2} = 3; p_{ij3} = 4;$$

$$T(2) = 5; T(3) = 4; T(4) = 6;$$

$$D(1,2) = 4; D(2,3) = 3; D(3,4) = 4;$$

$$D(4,5) = 3.$$

Результати розрахунку часових характеристик графіка пересування i -го ЛА по j -у маршруту:

$$d^H(1,2) = 1;$$

$$d^K(1,2) = 4;$$

$$t^H(2) = 4 + 1 = 5;$$

$$t^K(2) = 5 + 5 - 1 = 9;$$

$$d^H(2,3) = 9 + 1 = 10;$$

$$d^K(2,3) = 10 + 3 - 1 = 12;$$

$$t^H(3) = 12 + 1 = 13;$$

$$t^K(3) = 13 + 4 - 1 = 16;$$

$$d^H(3,4) = 16 + 1 = 17;$$

$$d^K(3,4) = 17 + 4 - 1 = 20;$$

$$t^H(4) = 20 + 1 = 21;$$

$$t^K(4) = 21 + 6 - 1 = 26 ;$$

$$d^H(4,5) = 26 + 1 = 27 ;$$

$$d^K(4,5) = 27 + 3 - 1 = 29 .$$

Висновки

Технологічні маршрути пересування ЛА визначено як результат декартового множення підмножин технічних позицій, на яких можливе виконання операцій, які становлять процес ТО ЛА. Формування підмножин раціональних технологічних графіків ТО ЛА дає підстави для подальшої оптимізації процесу обслуговування ЛА за заданими критеріями. У практиці планування ТО ЛА, що базуються на рухомих аеродромах, найбільш часто трапляються такі критерії, як максимальна кількість ЛА, які можуть бути обслуговані за встановлений період часу; мінімальна три-

валість обслуговування заданого числа ЛА і т. п. Розробку методів розв'язання названих оптимізаційних завдань можна розглядати як перспективний напрямок подальших досліджень.

Програмну реалізацію наведених алгоритмів виконано в операційному середовищі *Microsoft Windows XP SP3* з використанням мови програмування C#.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пугачев А. И. Техническая эксплуатация летательных аппаратов / А. И. Пугачев, А. А. Комаров, И. И. Смирнов. — М. : Транспорт, 1977. — 439 с.
2. Смирнов Н. Н. Техническая эксплуатация самолетов за рубежом / Н. Н. Смирнов, Ю. М. Чинючин. — Моск. ин-т инженеров гражд. авиации, каф. техн. эксплуатации ЛА и АД. — М. : МИИГА, 1992. — 111 с.

Стаття надійшла до редакції 02.02.2011.