УДК 629.7.082.005

Коптев Р.А., Гусев А.В., Дьячков С.А.

ЗАДАЧА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И КОМПЛЕКСА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ВОЗДУШНЫХ СУДАХ

Возрастающий поток авиационной техники, поступающей на ремонт, потребовал от её производителей формирования новых организационных структур, деятельность которых осуществляется по трём направлениям.

1. Поставка авиационно-технического имущества, включая воздушные суда (ВС).

2. Инженерно-информационное обеспечение:

- гарантийное обслуживание ВС производства ЗАО «Авиакор – авиационный завод» (г. Самара);
- разработку бюллетеней и выполнение работ по ним;
- оказание квалификационной помощи в решении сложных технических и организационных вопросов, возникающих в процессе эксплуатации ВС;
- оценку совместно с эксплуатантом эксплуатационной технологичности, контролепригодности, системы технической эксплуатации;
- обеспечение эксплуатанта информацией по результатам расследования причин отказов, об опасных отказах, возникающих на парке ВС, с рекомендациями по предупреждению таких отказов;
- поставку эксплуатанту информации о введённых в действие бюллетенях и перечней самих бюллетеней;
- поставку уточнений к эксплуатационно-технической документации;
- предоставление информации о совершенствовании состава средств наземного обслуживания и контроля, изменении значений ресурсов повторных контрольных испытаний и самолёта в целом, изменении контрольных уровней безотказности компонентов ВС.

3. Выполнение всех видов работ по техническому обслуживанию и комплексу восстановительных работ (ТО и КВР) на воздушных судах производства ЗАО «Авиакор – авиационный завод», а также АН-74, АН-72-100Д.

Эти виды деятельности требуют принципиально нового подхода в условиях рыночных отношений. При этом одной из центральных задач является обеспечение всех видов работ по ТО и КВР необходимыми компонентами и запасными частями (ЗЧ).

Формализация этой задачи связана с постановкой задачи о складе, которая в рыночных условиях приобретает специфическую окраску для организации, осуществляющей ТО и КВР.

Введём следующие обозначения: p_i – количество ЗЧ, купленных в период i; w_i – количество ЗЧ, помещённых в склад после покупки в период i; s_i – количество ЗЧ, проданных в период i; h_i – количество ЗЧ, оставленных на складе после продажи в период i; c – обоснованный запас ЗЧ на складе; $\overline{p}_i$ – покупная стоимость условной единицы ЗЧ в период i; $\overline{w}_i$ – стоимость хранения единицы ЗЧ в период i; $\overline{s}_i$ – продажная стоимость единицы ЗЧ в период i.

Тогда условия в форме равенств и неравенств для задачи о складе можно записать в виде

$$\begin{gathered} h_{i-1} + p_i - w_i = 0, \quad i = 1,\dots,N; \quad h_0 = 0, \\ w_i - s_i - h_i = 0, \quad i = 1,\dots,N; \quad h_N = 0, \\ w_i \le c, \end{gathered} \tag{1}$$

где все переменные неотрицательны.

Требуется минимизировать

$$\sum_{i=1}^{N} (\overline{p}_i p_i + \overline{w}_i w_i - \overline{s}_i s_i) \tag{2}$$

при этих условиях. Будем считать, что в начальный момент имелся запас h_0 и допускаем возможность, что и остаток ЗЧ в конце h_N также может быть положительным. Но, так как это не вызывает в последующем анализе сколько-нибудь существенных отличий, предполагаем, что $h_0 = h_N = 0$.

Представим эту задачу как задачу о потоке минимальной стоимости в подходящей сети; которая отличается по структуре от известных задач. Такая сеть для N = 3 изображена на рис. 1 с соответствующими дуговым потокам переменными.

Крайне простой характер этой задачи становится более очевидным на представляющей сети, отличной от сети на рис. 1. Это представление принадлежит Данцигу [2]. Чтобы его вывести, вернёмся к условиям (1), описывающим рассматриваемую задачу, и заменим неравенство запасов склада $w_i \le c$ уравнением с неотрицательными переменными:

$$w_i + u_i = c.$$

Таким образом, u_i выражает неиспользованную вместимость склада в период i, и ограничения (выписанные для N = 3) с вынесенными коэффициентами выглядят так:

	p_1	w_1	s_1	h_1	u_1	p_2	w_2	s_2	h_2	u_2	p_3	w_3	c_3	u_3	
(1)		1			1										$= c$
(2)	1	–1													$= 0$
(3)		1	–1	–1											$= 0$
(4)							1			1					$= c$
(5)				1		1	–1								$= 0$
(6)							1	–1	–1						$= 0$
(7)												1		1	$= c$
(8)									1		1	–1			$= 0$
(9)												1	–1		$= 0$

(3)

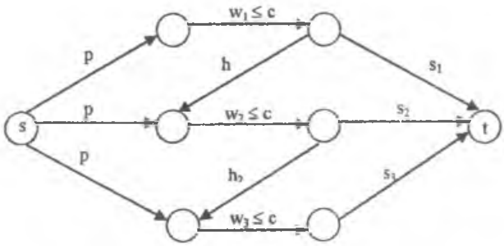

Рис. 1. Сеть с переменными дуговыми потоками

Если теперь (3) заменить на

	p_1	w_1	s_1	h_1	u_1	p_2	w_2	s_2	h_2	u_2	p_3	w_3	c_3	u_3	
(1)	1				1										$= c$
(2)	–1	1													$= 0$
(3)		–1	1	1											$= 0$
(4)			–1		–1										$= 0$
(5)				–1		–1	1								$= 0$
(6)							–1	1	1						$= 0$
(7)								–1		–1	1			1	$= 0$
(8)									–1		–1	1			$= 0$
(9)												–1	1		$= 0$

(4)

то матрица коэффициентов новой системы содержит в каждом столбце (исключая последние два) в точности по одной +1 и по одной –1, а остальные коэффициенты равны нулю. Таким образом, (4) имеет представляющую сеть, изображённую на рис. 2, где лишнее уравнение, соответствующее узлу 10, есть сумма всех уравнений системы (4).

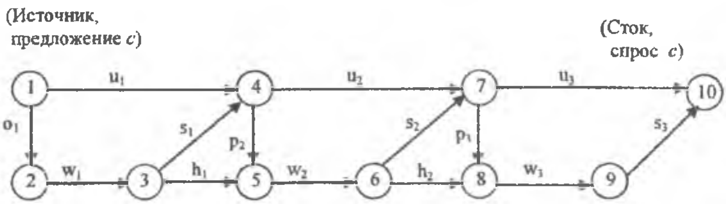

Рис. 2. Представляющая сеть

В этой представляющей сети дуги, соответствующие переменным p_i, w_i и s_i, всё ещё имеют стоимости $\bar{p}_i, \bar{w}_i$ и $\bar{s}_i$, и нужно найти поток минимальной стоимости из *c* единиц из источника в сток. Но, так как в ней нет никаких ограничений пропускной способности на дугах и нет направленных циклов, то существует оптимальный поток, все *c* единиц которого перемещаются по цепи минимальной стоимости из источника в сток. Таким образом, чтобы решить задачу, достаточно найти такую цепь. Отсюда следует несколько выводов:

а) вместимость склада не играет роли в определении формы оптимального решения;

б) существует оптимальная схема заказа и продажи вида «всё или ничего», т. е. любое действие в каждый данный период можно производить на полную вместимость склада;

в) общая прибыль за N периодов есть кратное вместимости склада.

Ввиду простой структуры представляющей сети оптимальная линия поведения (цепь наименьшей стоимости) может быть определена следующим вычислением. Начиная с источника, рекуррентно находим для N = 3:

$$\begin{aligned}
&\pi_1 = 0, && \pi_2 = \pi_1 + \bar{p}_1, && \pi_3 = \pi_2 + \bar{w}_1,\\
&\pi_2 = \min(\pi_1, \pi_3 - \bar{s}_1), && \pi_5 = \min(\pi_4 + \bar{p}_2, \pi_3), && \pi_6 = \pi_5 + \bar{w}_2,\\
&\pi_7 = \min(\pi_4, \pi_6 - \bar{s}_2), && \pi_8 = \min(\pi_7 + \bar{p}_3, \pi_6), && \pi_9 = \pi_8 + \bar{w}_3,\\
&\pi_{10} = \min(\pi_7, \pi_9 - \bar{s}_3).
\end{aligned}$$

Полученные π_i составляют оптимальное двойственное решение задачи о цепи наименьшей стоимости. Отмечая, где эти различные минимумы встречаются в вычислении, выделяем цепь наименьшей стоимости.

Предложенный в работе подход к решению задачи о складе для ремонтной организации позволяет достаточно полно использовать полученные теоретические результаты о потоке минимальной стоимости [1-3].

Библиографический список

1. Форд, Л. Потоки в сетях [Текст]/ Л. Форд, Д. Фалкерсон. – М.: Мир, 1966. – 275 с.
2. Кристофидис, Н. Теория графов. Алгоритмический подход [Текст]/ Н. Кристофидис. – М.: Мир, 1978. – 423 с.
3. Dantzig, G.B. On the status of multi-stage linear programming problems, I.S.I. Bull, 36. – p. 303–320.