

УДК 629.7.08

Прокофьев Максим Александрович, соискатель
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
Prokof'yev Maksim Aleksandrovich, pplicant
Military Research Center of the Air Force
«professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin VVA»

**СПОСОБ ВОЙСКОВОГО РЕМОНТА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ НА ОСНОВЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА
ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ И ИНСТРУМЕНТОВ
METHOD FOR THE RAPID RESTORATION OF ARMY AVIATION AIRCRAFT BASED
ON THE REDISTRIBUTION OF THE COMPOSITION OF REPAIR KITS**

Аннотация. В данной статье представлен способ, разработанный на основе апостериорной оценки данных, полученных в результате исследовательских учений и направленный на повышение коэффициента технической готовности авиационного парка, за счет перераспределения агрегатов комплектационного фонда авиационных групп.

Abstract. This article presents a method developed on the basis of a posteriori assessment of data obtained as a result of research exercises and aimed at increasing the technical readiness coefficient of the aviation fleet, due to the redistribution of units of the assembly fund of aviation groups.

Ключевые слова: Способ восстановления, воздушное судно, отказ, повреждение, ремонт, комплектационный фонд.

Keywords: Restoration method, aircraft, failure, damage, repair, equipment stock.

Анализ военных операций показал, что реализовать боевой потенциал воздушных судов армейской авиации возможно реализовать лишь в условиях эффективного функционирования системы оперативного восстановления. Вместе с тем, опыт боевых действий последних десятилетий показал, что основная проблема при ремонте воздушных судов связана с низким уровнем обеспеченности авиационным имуществом, необходимым для ввода в строй воздушного судна в кратчайшие сроки. Устранение данной проблемы возможно за счет разработки способа перераспределения агрегатов комплектационного фонда авиационных групп, целью которого является обеспечение возможности повышения уровня исправности парка за счёт перестановок агрегатов (блоков) специалистами инженерно-авиационной службы (ИАС) с одного судна на другое в условиях отсутствия запчастей на складах эксплуатирующей организации.

Содержательная постановка задачи имеет следующий вид.

Пусть имеем однотипный парк из I воздушных судов армейской авиации, комплектационный фонд каждого судна состоит из J типов агрегатов. Пусть I_n судов получили эксплуатационные повреждения. Известны вектора: характеризующие комплектационный фонд воздушных судов (количество исправных агрегатов по типам в комплектационном фонде при котором оно считается исправным) и трудозатраты на монтаж и демонтаж j -го агрегата.

Требуется:

1. определить максимальное количество ВС, исправность которых можно восстановить за счёт демонтажа исправных агрегатов с других неисправных ВС;
2. определить такой вариант перестановок агрегатов (т.е. определить с каких именно ВС снять исправные агрегаты и на какие ВС их установить), который бы обеспечил минимальное время на монтаж и демонтаж агрегатов при ремонте;
3. определить очерёдность восстановления исправности того или иного ВС (в первую очередь должны восстанавливаться ВС требующие меньшие трудозатраты на ремонт).



Математическая формализация поставленной задачи имеет следующий вид.

Дано: Матрица комплектационного фонда, характеризующая текущее состояние парка воздушных судов:

$$M_{\text{кф}} = \text{stack} \left(M_{\text{испр}}, M_{\text{вр}}^{(N(t))}, M_{\text{зр}}^{(N(t))} \right), \quad (1)$$

где: stack – функция слияния матриц сверху вниз;

$M_{\text{испр}}$ – матрица комплектационного фонда исправных воздушных судов;

$M_{\text{вр}}^{(N(t))}$ – матрица комплектационного фонда воздушных судов, получивших повреждения в объёме войскового ремонта;

$M_{\text{зр}}^{(N(t))}$ – матрица комплектационного фонда воздушных судов, получивших повреждения в объёме заводского ремонта;

I, J – соответственно число строк и столбцов матрицы.

Вектор-строка (т.к. парк однотипный) значений комплектационного фонда:

$$D = (d_{1,j}), \quad (2)$$

где $d_{1,j}$ – элемент вектора D , значение которого соответствует количеству агрегатов j -го типа исправного воздушного судна. Причём:

$$M_{\text{кф}i,j} \in \{0, 1, \dots, d_{1,j}\}$$

Вектор-строка, характеризующая трудозатраты на монтаж агрегатов:

$$TM = (TM_{1,j}), \quad (3)$$

где $TM_{1,j}$ – элемент вектора, значение которого соответствует трудозатратам на монтаж агрегата j -го типа.

Вектор-строка, характеризующая трудозатраты на демонтаж агрегатов:

$$TD = (TD_{1,j}), \quad (4)$$

где $TD_{1,j}$ – элемент вектора, значение которого соответствует трудозатратам на демонтаж агрегата j -го типа.

Ограничение:

$$0 \leq M_{\text{кф}i,j} \leq d_{1,j} \quad (5)$$

Найти:

1. приращение исправности парка воздушных судов после перестановок агрегатов;
2. определить трудозатраты на восстановление для каждого воздушного судна.

Допущения:

- ☐ рассмотрена одна авиационная группа, имеющая однотипный парк воздушных судов;
- ☐ не учитываются возможности системы ремонта по восстановлению повреждённых агрегатов;
- ☐ повреждённые агрегаты (в том числе, имеющие незначительные повреждения) снимаются с воздушного судна и заменяются на исправные перестановкой с другого судна (запасных частей на складе нет).



Описание структурной схемы способа. При разработке способа для формирования целевых функций использовался **метод приоритетов** (согласно [1]), а для поиска экстремумов **метод динамического программирования** (согласно [2]), при этом размерность задачи искусственно уменьшалась путём представления обычных матриц в виде блочных (согласно [2]).

Подробное пошаговое описание схемы имеет следующий вид.

Шаг 1. Уменьшение размерности задачи.

Шаг 1.1. Уменьшение размерности задачи за счёт представления матрицы текущего состояния комплектационного фонда (M_{kf}) в виде блочной матрицы, в которой строки матрицы заменены блоками с такими же элементами. В итоге получим вектор-столбец, в котором отдельно взятый элемент будет вложенным массивом в виде вектор-строки (согласно [4]).

$$B_{kf} = (B_{kf_i}), \quad (6)$$

где B_{kf} – блочная матрица, сформированная из элементов матрицы M_{kf} , в которой i -й элемент является вектор-строкой сформированной из элементов i -й строки матрицы M_{kf} .

$$B_{BС_{пов}} = (B_{BС_{пов_i}}), \quad (7)$$

где $B_{BС_{пов}}$ – блочная матрица, сформированная из матрицы B_{kf} путём отсечения исправных воздушных судов.

Шаг 2. Определение количества исправных судов до перераспределения и количества судов, получивших эксплуатационные отказы (согласно [2]):

$$I_{\Pi} := rows(B_{BС_{пов}}), \quad (8)$$

где I_{Π} – количество воздушных судов, получивших эксплуатационные отказы; $rows$ – функция, определяющая количество строк матрицы или вектора.

Шаг 3. Определение максимального количества воздушных судов, которое можно восстановить за счёт перестановок агрегатов.

Шаг 3.1. Формирование вектора V_{agr} перераспределения агрегатов, с учётом первоначально исправных судов, элементы которого показывают, на сколько воздушных судов хватит агрегатов j -го типа после перераспределения (согласно [3]):

$$V_{agr} = (V_{agr_{1,j}}), \quad (9)$$

$$V_{agr_{1,j}} := \left\lfloor \frac{v_{1,j}}{D_{1,j}} \right\rfloor \quad (j = 1, 2, \dots, J) \quad (10)$$

где: V_{agr} – вектор-строка, j -й элемент которой показывает, на какое количество воздушных судов хватит агрегатов j -го типа после перераспределения; $\lfloor * \rfloor$ – оператор округления до ближайшего целого вниз; v – вспомогательная расчётная переменная.

Шаг 3.2. Определение количества исправных воздушных судов после перераспределения комплектационного фонда авиационной группы (согласно [1]):

$$\Delta N_{И} := min(V_{agr}), \quad (11)$$

где $\Delta N_{И}$ – количество исправных воздушных судов после перераспределения агрегатов комплектационного фонда, без учёта первоначально исправных судов (приращение исправности за счёт перестановок).



$$N_{\Pi} := N_{\text{И}} + \Delta N_{\text{И}}, \quad (12)$$

где N_{Π} – количество исправных воздушных судов после перераспределения.

Шаг 4. Определение суммарных трудозатрат на перестановки агрегатов.

Шаг 4.1. Определение матрицы неисправных агрегатов для парка повреждённых воздушных судов (согласно [2]):

$$\Delta B_{\text{ВС}_{\text{пов}}} = (\Delta B_{\text{ВС}_{\text{пов}_i}}), \quad (13)$$

$$\Delta B_{\text{ВС}_{\text{пов}_i}} := D - B_{\text{ВС}_{\text{пов}_i}} \quad (i = 1, 2, \dots, I_{\Pi}) \quad (14)$$

где $\Delta B_{\text{ВС}_{\text{пов}}}$ – матрица неисправных агрегатов на повреждённых воздушных судах.

Шаг 4.2. Определение вектора суммарных трудозатрат на восстановление исправности для каждого воздушного судна:

$$T_{\text{вост}} = (T_{\text{вост}_i}), \quad (15)$$

$$T_{\text{вост}_i} := \sum [\Delta B_{\text{ВС}_{\text{пов}_i}} \cdot (TM + TD)] \quad (i = 1, 2, \dots, I_{\Pi}) \quad (16)$$

где $T_{\text{вост}}$ – вектор-столбец, i -й элемент которого показывает суммарные трудозатраты на восстановление i -го воздушного судна.

Таким образом, разработан способ перераспределения комплектационного фонда авиационных групп, который, в отличие от известных, формирует оптимальный по времени восстановления план перестановок агрегатов с учётом повреждаемости и трудоёмкости восстановления воздушных судов, что позволяет определить очередность их восстановления и повысить уровень исправности авиационных групп.

Список литературы:

1. Воробьёв А.А. Алгоритм оценки влияния перераспределения комплектационного фонда агрегатов на исправность однотипного парка воздушных судов/ А.А. Воробьёв, Д.М. Лебедев, П.Т. Пантелеев// Сборник трудов 4 ЦНИИ Минобороны России (НИЦ ЭРАТ, г. Люберцы). – № 95: «Эксплуатация и ремонт вооружения и военной техники. Проблемы и решения». – 2013-2014.
2. Разработка структурно – логической модели процесса восстановления бортовых прицельных комплексов самолётов истребителей: отчёт о НИР: шифр «Каскад – В»/ А.И. Кукушкин, П.Т. Пантелеев. – Люберцы: НИЦ ЭРАТ ФГКУ «4 ЦНИИ Минобороны России», 2013. – с. 156 -161.
3. Техническое обслуживание летательных аппаратов в действующей армии США: технический перевод № 2343// Operations Research Group Institute of Technology. – 1963. – 60 р.
4. Шаламов А.С. Интегрированная поддержка наукоёмкой продукции: монография. – М.: Университетская книга, 2008. – 464 с.

