



УДК 629.7.083
ГРНТИ 78.75.49, 81.88.75

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ЗАПАСОВ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

*В.В. КОРОЛЕНКО, кандидат экономических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
В.В. ГРИБАНОВ, кандидат физико-математических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
А.Б. ДОРОШЕНКО
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В настоящей статье представлена методика планирования периодичности и объема поставок комплектующих изделий в авиационные части, в основу которой положена концепция минимизации суммарных затрат на поставку и хранение. Данная методика учитывает широкую номенклатуру комплектующих изделий, определяет количество задействованных в поставках транспортных средств, а также дает обоснование размеров страхового и неснижаемых запасов комплектующих изделий, исходя из допустимого уровня риска истощения запасов в период между поставками. Общий порядок управления запасами на основе данной методики продемонстрирован в статье на конкретном примере. Методика может быть использована как часть мероприятий по материально-техническому обеспечению авиационных частей в рамках интегрированной логистической поддержки авиационной техники.

Ключевые слова: авиационная техника, материально-техническое обеспечение, интегрированная логистическая поддержка, оптимизация запасов, страховой запас, пуассоновский поток.

COMPONENT PARTS RESERVES OPTIMIZATION METHOD IN THE MANAGEMENT OF AIRCRAFT MATERIAL AND TECHNICAL SUPPORT

*V.V. KOROLENKO, Candidate of economic sciences
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
V.V. GRIBANOV, Candidate of physico-mathematical sciences
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
A.B. DOROSHENKO
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

This article presents a methodology for planning the frequency and volume of deliveries of components to aircraft parts, which is based on the concept of minimizing the total cost of supply and storage. This method takes into account a wide range of components, determines the number of vehicles involved in the supply, and provides justification for the size of the insurance and minimum stocks of components, based on the permissible level of risk of depletion of stocks in the period between deliveries. The General order of inventory management based on this technique is demonstrated in the article on a specific example. The technique can be used as part of the measures for the logistics of aviation units within the integrated logistics support of aviation equipment.

Keywords: aviation equipment, logistics, integrated logistics support, inventory optimization, safety stock, Poisson flow.



Введение. Ключевой составляющей для поддержания боеготовности авиационных частей является их качественное и своевременное снабжение комплектующими изделиями (агрегатами, блоками и другими запасными частями). Управление обеспечением авиационных частей комплектующими изделиями (КИ) составляет основу логистического обеспечения эксплуатации авиационной техники (АТ). Экономический анализ жизненного цикла изделий АТ показывает, что доля затрат на этапе эксплуатации АТ достигает 70 % от общей стоимости всех этапов ее жизненного цикла. Таким образом, оптимизация процессов на самом дорогостоящем этапе жизненного цикла АТ (этапе эксплуатации), в частности, процессов обеспечения комплектующими изделиями, позволяет существенно сократить полную стоимость всего жизненного цикла изделия АТ.

Актуальность. За последние десятилетия система материально-технического обеспечения (МТО) авиационных частей ВС РФ не претерпела существенных изменений. Сегодня управление поставками КИ в авиационные части по-прежнему происходит при отсутствии единой централизованной системы снабжения, учет стоимости поставок при этом не ведется. Существующая система поставок также обладает низкой оперативностью и многократным дублированием информации, что приводит к потребности иметь в запасе как можно больше комплектующих различных типов. Это ведет к необходимости хранения большого количества КИ на складах, нерациональному использованию имеющихся запасов и повышению стоимости всей системы поставок.

Вместе с тем в настоящее время общепринята концепция, что материально-техническое обеспечение АТ должно осуществляться на основе технологии интегрированной логистической поддержки (ИЛП) [1–4]. Интегрированная логистическая поддержка призвана снизить общую стоимость жизненного цикла (ЖЦ) АТ при обеспечении требуемых уровней ее исправности и боеготовности. Согласно концепции ИЛП управление ЖЦ изделий АТ должно осуществляться посредством автоматизированной информационной системы (АИС), объединяющей в единую информационную среду всех участников ЖЦ изделия. Такая АИС управляет большим количеством материальных, финансовых и информационных потоков, а также осуществляет хранение и обработку больших объемов разнообразных данных по обеспечению технической эксплуатации АТ, в том числе и по МТО.

Одной из базовых структур ИЛП является анализ логистической поддержки (АЛП) [5, 6]. В ходе проведения АЛП производится планирование МТО с внесением результатов в базу данных (БД) АЛП. В частности, ГОСТ Р 57105-2016 [6] предусматривает наличие в БД АЛП раздела «Сведения о МТО», который, в том числе, должен содержать подразделы:

параметры системы МТО (объемы запасов на каждом уровне хранения, объемы оборотных фондов запасных частей и т. д.);

рекомендуемые модели управления запасами.

Таким образом, актуальность решения задачи оптимального управления обеспечением авиационной техники КИ определяется несовершенством существующего методического аппарата планирования и управления поставками КИ и необходимостью модернизации этого аппарата согласно современным стандартам ИЛП с целью сокращения затрат для поддержания требуемых уровней исправности и боеготовности АТ.

Задача оптимизации затрат. При осуществлении АЛП планирование МТО и построение моделей управления запасами КИ сопровождается оперированием большим количеством данных и невозможны без создания специальных математических алгоритмов, позволяющих осуществлять МТО авиационной техники при минимальных финансовых затратах. В настоящей статье предлагается методика планирования периодичности и объема поставок КИ в авиационные части, в основу которой положена концепция минимизации суммарных затрат S на поставку и хранение КИ. Данная методика, по сравнению с приведенными в литературе [7, 8], учитывает широкую номенклатуру КИ, определяет количество задействованных в поставках транспортных средств и дает обоснование размеров страховых запасов КИ, исходя из



допустимого уровня риска истощения страхового запаса в период между поставками. Кроме того, данная методика включает понятие неснижаемых запасов КИ, также необходимых для обеспечения требуемого уровня риска истощения запасов.

Затраты на обеспечение авиационных частей комплектующими изделиями складываются из затрат на поставку КИ в авиационные части и затрат на хранение КИ на складах авиационных частей. Будем полагать, что для поставки КИ осуществляются по определенным маршрутам (на одном маршруте может быть несколько точек погрузки, и по каждому маршруту поставляются только определенные КИ). В этом случае общие затраты на обеспечение авиационных частей КИ можно представить как сумму затрат на поставку и хранение КИ, поставляемых по каждому маршруту.

Рассмотрим ситуацию, когда поставки в авиационную часть осуществляются в течение длительного периода времени T t_1 периодически через промежутки времени $T_n t_1$, где T и T_n – целые числа, а t_1 – единичный отрезок времени. За единицу времени t_1 следует выбрать небольшой временной отрезок, например, одну неделю или один день. Чем меньше отрезок t_1 , тем точнее можно приблизить любой интервал времени вида $T_n t_1$. Так как t_1 – это единичный отрезок времени и при проведении расчетов полагают $t_1 = 1$, то далее мы не будем явно выписывать единичный отрезок и будем говорить об интервале времени длительностью T_n или T .

При каждом отказе неремонтопригодное КИ заменяется на воздушном судне (ВС) на аналогичное новое. Процесс таких последовательных отказов образует поток отказов. Если в авиационной части эксплуатируется одновременно k_i штук КИ i -го типа, то эти k_i потоков складываются, образуя суммарный поток отказов. Суммарный поток для каждого типа КИ характеризуется интенсивностью ν_{k_i} суммарного потока отказов – средним числом отказов КИ i -го типа в единицу времени t_1 на всех ВС авиационной части.

Интенсивность суммарного потока ν_{k_i} выражается через интенсивность единичного потока отказов ν_i (среднее число отказов КИ i -го типа в единицу времени t_1 на одном ВС) очевидным соотношением:

$$\nu_{k_i} = k_i \nu_i. \quad (1)$$

Интенсивность единичного потока ν_i тесно связана со средним значением $\bar{\lambda}_i$ интенсивности отказов $\lambda_i(t)$ [9]. Различие между ν_i и $\bar{\lambda}_i$ состоит в том, что $\bar{\lambda}_i$ – это среднее число отказов в единицу времени наработки, а ν_i – среднее число отказов в единицу календарного времени. Поэтому, если известно среднее время наработки $t_{н,i}$ КИ в течение единицы календарного времени t_1 , то

$$\nu_i = (t_{н,i} / t_1) \bar{\lambda}_i. \quad (2)$$

Интенсивность отказов $\bar{\lambda}$ обычно приводится в документации по КИ или в специальных справочниках.

Средняя потребность N_i авиационной части в КИ i -го типа за время T_n подчиняется следующему условию [2, 6]:



$$N_i - 1 \leq v_{k_i} T_n \leq N_i, \quad (3)$$

а полные затраты на поставки в течение длительного периода времени T равны:

$$S_n = \frac{T}{T_n} s_n, \quad (4)$$

где s_n – стоимость одной поставки, которая определяется стоимостью рейсов транспортных средств, задействованных в поставке. N_i по своему физическому смыслу принимают целые значения, в то время когда значения $v_{k_i} T_n$ являются рациональным числом, поэтому запись выражения (3) означает, что N_i равно $v_{k_i} T_n$, округленному до целого значения в сторону увеличения.

Введем бинарные переменные δ_j , которые принимают значения $\delta_j = 1$, если j -е транспортное средство задействовано в поставке, и $\delta_j = 0$, если не задействовано. Тогда, если стоимость одного рейса j -го транспортного средства равна q_j , то стоимость всей поставки определяется как

$$s_n = \sum_{j=1}^J q_j \delta_j. \quad (5)$$

Количество единиц n_{ij} комплектующих изделий i -го типа, перевозимых j -м транспортным средством должно подчиняться выражениям:

$$\begin{aligned} N_i &= \sum_{j=1}^J n_{ij}, \\ -1 + v_{k_i} T &\leq \sum_{j=1}^J n_{ij} \leq v_{k_i} T_n, \\ 0 &\leq \sum_{i=1}^K m_i n_{ij} \leq M_j \delta_j, \\ 0 &\leq \sum_{i=1}^K v_i n_{ij} \leq V_j \delta_j. \end{aligned} \quad (6)$$

где m_i – масса единицы изделия i -го типа, v_i – упаковочный объем единицы изделия i -го типа, M_j – грузоподъемность j -го транспортного средства, V_j – грузовой объем j -го транспортного средства, J – количество транспортных средств, K – количество типов комплектующих изделий. Первое выражение в (6) означает, что общее количество изделий i -го типа, перевозимых всеми транспортными средствами, должно соответствовать потребностям авиационной части в этих изделиях за период времени T_n , второе выражение – что суммарная масса изделий, перевозимых j -м транспортным средством, не может превышать грузоподъемность этого транспортного средства, а третье – что суммарный объем изделий, перевозимых j -м транспортным средством, не может превышать объем грузового отсека этого



транспортного средства. Упаковочный объем v_i определяется как объем тары изделия, умноженный на коэффициент упаковки, который больше единицы, определяется из опыта и отражает факт, что с учетом размещения объем перевозимого груза всегда меньше объема грузового помещения.

Запасы, хранящиеся в авиационных частях, подразделяются на расходные (текущие) и страховые (гарантийные). Расходные запасы обеспечивают непрерывную поддержку уровня исправности АТ, для каждого типа КИ их размер определяется объемом очередных поставок N_i . Если воспользоваться общепринятым подходом к расчету среднего уровня расходного запаса [7, 8], то средний уровень этого запаса равен половине объема периодических поставок, т.е. $N_i/2$. Следовательно, затраты на хранение расходных запасов в течение всего периода T определяются выражением:

$$S_p = T \sum_{i=1}^K \frac{N_i}{2} c_i = T \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^J \frac{n_{ij}}{2} c_i, \quad (7)$$

где c_i – стоимость хранения одной единицы изделия i -го типа в течение единицы времени.

Страховые запасы предотвращают простои АТ в случае большой интенсивности отказов между поставками и истощением расходных запасов. Управление объемами страхового запаса базируется на понятии уровня риска R_i . Уровень риска R_i – это вероятность отсутствия КИ i -го типа в момент его потребности для ремонта АТ. Значение приемлемого уровня риска определяется требуемым минимальным уровнем готовности АТ. Физически уровень риска определяется количеством отказов L_i – таким наименьшим числом отказов, что вероятность $P(t, L_i)$ того, что за время T_n на всех ВС, эксплуатирующихся в авиационной части, произошло не более L_i отказов КИ i -го типа, удовлетворяет неравенству $P(T_n, L_i) \geq 1 - R_i$. Таким образом, для обеспечения требуемого уровня риска для каждого типа КИ в момент поставки на складе должно находиться не менее L_i изделий этого типа.

Количество L_i изделий, необходимых для обеспечения требуемого риска R_i , а также значение интенсивности v_{k_i} потока отказов можно определить статистически. Если имеется обширная база данных по отказам за достаточно продолжительный период времени, то из анализа этих данных можно определить v_{k_i} как среднее число отказов для k_i эксплуатируемых изделий i -го типа за временной интервал t_1 и число L_i как такое наименьшее число отказов, при котором значение отношения количества интервалов длительности T_n , на которых произошло не более L_i отказов, к полному количеству рассматриваемых интервалов такой длительности не ниже значения $(1 - R_i)$. Результаты такого анализа для k_i изделий и единичного интервала времени t_1 можно представить в виде двух таблиц. Первая таблица содержит две колонки: тип КИ и значение интенсивность потока v_{k_i} для интервала t_1 , а вторая – три колонки: тип КИ, временной интервал T_n ($T_n = 1, 2, \dots$), число L_i . Первая таблица является универсальной, а вторая создается для каждой авиационной части для каждого типа КИ с учетом количества k_i эксплуатируемых изделий данного типа и уровня риска R_i , допустимого для данного типа изделий в этой части. Эти таблицы создаются при проведении первичного АЛП и заносятся в базу данных АЛП.



При отсутствии базы данных по отказам и невозможности определить значения L_i статистически, а также при отсутствии другой информации о характере потока отказов одним из общепринятых подходов для оценки L_i является полагать, что такой поток отказов является пуассоновским [2, 6]. Тогда искомая вероятность определяется следующим соотношением:

$$P(t, L_i) = \sum_{m=0}^{L_i} \frac{(v_{k_i} T_n)^m}{m!} \text{Exp}(-v_{k_i} T_n), \quad (8)$$

а требуемое число L_i можно также получить из решения неравенства:

$$\sum_{m=0}^{L_i} \frac{(v_{k_i} T_n)^m}{m!} \text{Exp}(-v_{k_i} T_n) \geq 1 - R_i. \quad (9)$$

Заметим, что для условий (8) также можно подготовить таблицы такого же вида, как при статистическом анализе данных, с тем различием, что данные для заполнения берутся не из анализа, а из решения неравенства (9).

Для формулирования условий, обеспечивающих требуемый уровень риска, введем дополнительный набор бинарных переменных $x_r = \{0, 1\}$, $r = 1, 2, \dots, r_T$, где r_T – количество различных значений T_n во второй таблице, содержащей значения L_i , полученные по результатам обработки статистических данных (или из решения неравенства (9)). Тогда набор дополнительных условий будет иметь вид:

$$T_n = \sum_{r=1}^{r_T} T_{n,r} x_r, \quad L_i = \sum_{r=1}^{r_T} L_{i,r} x_r, \quad \sum_{r=1}^{r_T} x_r = 1. \quad (10)$$

Смысл условий (10) следующий: сумма бинарных переменных, равная единице, выделяет только одну бинарную переменную, не равную нулю. В свою очередь эта ненулевая переменная выделяет единственное значение $T_{n,r}$ и соответствующее ему единственное значение $L_{i,r}$ из всех имеющихся в таблице значений.

Объем страхового запаса КИ i -го типа U_i , который необходимо держать на складе для обеспечения требуемого уровня риска R_i , равен разности значений объема L_i и оптимального объема единичной поставки N_i :

$$U_i = L_i - N_i = L_i - \sum_{j=1}^J n_{ij}, \quad (11)$$

а затраты S_c на хранение страховых запасов равны:

$$S_c = T \sum_{i=1}^K U_i c_i = T \sum_{i=1}^K \left(L_i - \sum_{j=1}^J n_{ij} \right) c_i. \quad (12)$$

Таким образом, суммарные затраты на обеспечение авиационных частей комплектующими изделиями всей номенклатуры в течение одной единицы времени



представляют собой совокупность затрат (4), (7) и (12), деленную на продолжительность временного периода T , и выражаются следующей формулой:

$$s = \frac{1}{T} (S_n + S_p + S_c) = \frac{1}{T_n} \sum_{j=1}^J q_j \delta_j + \sum_{i=1}^K \left(L_i - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^J n_{ij} \right) c_i, \quad (13)$$

где на целочисленные переменные T_n , L_i , n_{ij} и δ_j налагаются условия:

$$-1 + \sum_{j=1}^J n_{ij} \leq v_{ki} T_n \leq \sum_{j=1}^J n_{ij}, \quad (14.a)$$

$$0 \leq \sum_{i=1}^K m_i n_{ij} \leq M_j \delta_j, \quad (14.б)$$

$$0 \leq \sum_{i=1}^K v_i n_{ij} \leq V_j \delta_j, \quad (14.в)$$

$$T_n = \sum_{r=1}^{r_T} T_{n,r} x_r, \quad L_i = \sum_{r=1}^{r_T} L_{i,r} x_r, \quad \sum_{r=1}^{r_T} x_r = 1, \quad (14.г)$$

$$n_{ij} = 0 \text{ для определенных комбинаций } i \text{ и } j. \quad (14.д)$$

Первые четыре выражения в (17) следуют из (6) и (10), а (14.д) означает, что некоторые типы КИ заведомо не могут перевозиться определенными видами транспортных средств вследствие крупных габаритов, больших масс, особых требований к условиям транспортировки и т.п.

Нахождение минимума функции (13) при наличии условий (14) представляет собой задачу нелинейного целочисленного программирования с бинарными переменными. Решение такой задачи является трудоемкой. Однако, заметим, что если в эту систему вместо T_n подставить целое число, то эта задача становится задачей линейного целочисленного программирования, решение которой хорошо изучено и алгоритмы решения которой реализованы практически во всех системах символьного или численного вычисления. Например, в Wolfram Mathematica [10] для решения подобного рода задач предназначен интерфейс FindMinimum. Поэтому на практике для нахождения минимума функции (13) при условиях (14) можно поступить следующим образом. Выбрать крупный шаг для T_n , например, $T_n = 50, 100, 150 \dots$ и на этом шаге найти диапазон значений T_n , на котором функция (13) имеет минимум. Далее в этом диапазоне, используя более мелкий шаг для T_n , определить более узкий диапазон для минимума. Этот процесс можно повторить несколько раз, пока шаг T_n не достигнет единицы.

Предлагаемая методика позволяет определить период поставок КИ T_n ; необходимые для осуществления поставок транспортные средства $j, \delta_j = 1$; количество единиц КИ i -го типа, перевозимых на j -ом транспортном средстве n_{ij} ; объем поставок N_i и объем страхового запаса U_i по каждому типу КИ. Общий порядок управления запасами продемонстрирован на рисунке 1, где для простоты отображено управление поставками и запасами КИ только одного



типа. На этом рисунке по оси абсцисс отложено время, по оси ординат – уровень запасов КИ. T_{Π} означает длительность одного периода поставок, t_{Π} – время, необходимое для формирования и осуществления поставки, L и U – уровни, соответственно, максимального и страхового запасов, N – оптимальный объем единичной поставки.

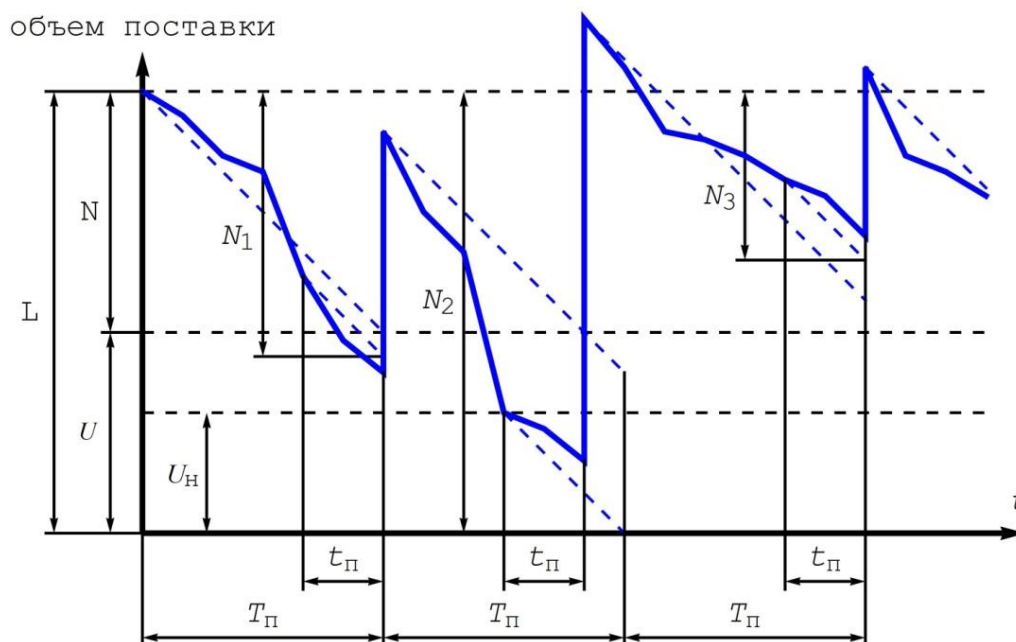


Рисунок 1 – Управление запасами комплектующих изделий при материально-техническом обеспечении авиационной техники

При управлении запасами необходимо отслеживать возможность истощения запасов, которое для КИ i -го типа может наступить с вероятностью R_i (закладываемый в методику уровень риска). Чтобы избежать полного истощения запасов на складе всегда должен находиться запас КИ (неснижаемый запас) в количестве $U_{\text{н}}$ единиц, вероятность полного расхода которого за время формирования и поставки очередной партии изделий t_{Π} меньше R_i . Исходя из вышеизложенного, значение $U_{\text{н}}$ определяется из решения уравнений (10), где $T_{\Pi} = t_{\Pi}$ и $L_i = U_{\text{н}}$. Запас $U_{\text{н}}$ необходим для обеспечения требуемого уровня на время, пока идет формирование и исполнение очередной поставки.

Осуществляя управление запасами КИ, необходимо отслеживать два момента: пополнение запасов должно производиться до уровня L и текущий уровень запасов не должен быть ниже $U_{\text{н}}$. При первичном формировании запасов на склад поставляется количество единиц КИ в объеме L . Прогнозируемый расход КИ, основанный на среднем расходе, обозначен на рисунке синим пунктиром, реальный расход – синей сплошной линией. За время t_{Π} до окончания времени периода поставок T_{Π} производится прогноз количества КИ на время T_{Π} и, исходя из этого прогноза, делается заказ следующей поставки в таком объеме, чтобы ожидаемый запас КИ на складе после осуществления поставки равнялся L . В данном случае объем следующей поставки равен N_1 . После осуществления этой поставки объем КИ на складе оказался меньше L , т.к. реальное количество КИ на складе в день поставки было меньше прогнозируемого.



В течение второго периода T_n объем запасов на складе достигает уровня U_n . Это означает, что до окончания периода T_n запасы данных КИ могут быть полностью истощены с вероятностью большей, чем уровень риска R . В этой ситуации, если текущая оперативная обстановка не допускает простоя ВС, можно сделать заказ на внеплановую поставку КИ. Объем этой поставки N_2 определяется с учетом того, что следующая плановая поставка в момент времени $2T_n$ будет отменена, и интервал до плановой поставки в момент времени $3T_n$ будет превышать T_n . Далее в момент времени $(3T_n - t_n)$ делается очередной плановый заказ объемом N_3 и цикл повторяется.

Выводы. Используемая сегодня система МТО авиационных частей является морально устаревшей. Современным требованием является использование технологии ИЛП для материально-технического обеспечения АТ. Одной из базовых структур ИЛП является АЛП, в ходе проведения которого производится планирование МТО авиационных частей. Такое планирование согласно ГОСТ Р 57105-2016 должно определять параметры системы МТО (объемы запасов, объемы оборотных фондов запасных частей и т. д.) и рекомендуемые модели управления запасами.

Предлагаемая в данной статье методика позволяет разработать оптимальный план управления запасами комплектующих изделий для авиационных частей, который включает в себя обоснованные расчетные значения:

- объема единичных поставок КИ;
- периода единичных поставок КИ;
- размеров страхового и неснижаемого запасов КИ;
- количества и видов транспортных средств для обеспечения поставок.

В рамках методики объем и период поставок КИ определяются на основе требований минимизации суммарных затрат на хранение и поставку КИ в течение всего периода снабжения; размеры страхового и неснижаемого запасов определяются из соображений допустимого уровня риска отсутствия на складе необходимого комплектующего изделия в момент, когда оно необходимо для ремонта АТ.

Данную методику предлагается использовать как часть мероприятий по материально-техническому обеспечению авиационных частей в рамках ИЛП авиационной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53393-2017. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения М.: Изд-во стандартов, 2017. 12 с.
2. Судов Е.В., Петров А.Н., Петров А.В., Осяев А.Т., Серебрянский С.А. Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники. Учебное пособие. М.: Эдитус, 2018. 174 с.
3. Бром А.Е., Колобов А.А., Омельченко И.Н. Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла наукоемкой продукции: Учебник. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 296 с.
4. Шаламов А.С. Интегрированная логистическая поддержка наукоемкой продукции. Монография. М.: Университетская книга, 2008. 464 с.
5. ГОСТ Р 57105-2016. Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Требования к структуре и составу базы данных. М.: Изд-во стандартов, 2016. 16 с.
6. Судов Е.В. Анализ логистической поддержки: теория и практика / Левин А.И., Петров А.Н., Петров А.В., Бороздин Д.Н. М.: ООО Издательский дом «Информ-Бюро», 2014. 260 с.
7. Аникин Б.А. Логистика. М.: ИНФРА, 2006. 368 с.



8. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 304 с.
9. Анцелиович Л.Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета. М.: Машиностроение, 1985. 296 с.
10. Дьяконов В.П. Mathematica 5/6/7. Полное руководство. М.: ДМК Пресс, 2009. 624 с.

REFERENCES

1. GOST R 53393-2017. Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka. Osnovnye polozheniya. M.: Izd-vo standartov, 2017. 12 p.
2. Sudov E.V., Petrov A.N., Petrov A.V., Osyayev A.T., Serebryanskij S.A. Tehnologii integrirovannoj logisticheskoy podderzhki v processah zhiznennogo cikla aviacionnoj tehnik. Uchebnoe posobie. M.: `Editus, 2018. 174 p.
3. Brom A.E., Kolobov A.A., Omel'chenko I.N. Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka zhiznennogo cikla naukoemkoj produkcii: Uchebnik. M.: Izd-vo MGTU im. N.`E. Baumana, 2008. 296 p.
4. Shalamov A.S. Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka naukoemkoj produkcii. Monografiya. M.: Universitetskaya kniga, 2008. 464 p.
5. GOST R 57105-2016. Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka. Analiz logisticheskoy podderzhki. Trebovaniya k strukture i sostavu bazy dannyh. M.: Izd-vo standartov, 2016. 16 p.
6. Sudov E.V. Analiz logisticheskoy podderzhki: teoriya i praktika / Levin A.I., Petrov A.N., Petrov A.V., Borozdin D.N. M.: ООО Izdatel'skij dom «Inform-Byuro», 2014. 260 p.
7. Anikin B.A. Logistika. M.: INFRA, 2006. 368 p.
8. Shrajbfeder Dzh. `Effektivnoe upravlenie zapasami. M.: Al'pina Biznes Buks, 2005. 304 p.
9. Anceliovich L.L. Nadezhnost', bezopasnost' i zhivuchest' samoleta. M.: Mashinostroenie, 1985. 296 p.
10. D'yakonov V.P. Mathematica 5/6/7. Polnoe rukovodstvo. M.: DMK Press 2009. 624 p.

© Короленко В.В., Грибанов В.В., Дорошенко А.Б., 2019

Короленко Виктор Владимирович, кандидат экономических наук, начальник 32 отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vkmts@narod.ru.

Грибанов Владимир Викторович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник 32 отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vgribanov@yandex.ru.

Дорошенко Александр Борисович, научный сотрудник 32 отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.