



УДК 629.7.083
ГРНТИ 78.75.49, 81.88.75

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКАЗОВ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ПЛАНИРОВАНИИ ПОСТАВОК МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ 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.С. ЛОГОЙДА, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье описана методика оптимизации распределения заказов на материальные ресурсы, полученная в результате исследования возможностей совершенствования материально-технического обеспечения. Данная методика может использоваться в качестве математического обеспечения автоматизированной системы планирования поставок материальных ресурсов для эксплуатации авиационной техники.

Ключевые слова: авиационная техника; заказ; материально-техническое обеспечение; материальный ресурс; оптимизация; поставка.

ORDERS DISTRIBUTION OPTIMIZATION FOR OPERATIONAL PLANNING OF AVIATION ENGINEERING MATERIAL RESOURCES DELIVERIES

*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)
V.S. LOGOYDA, Candidate of technical sciences
MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)*

The article describes the method of orders distribution optimization for material resources, resulting from the study of the improving possibilities the material and technical support. This technique can be used as a mathematical support of an automated system for planning the supply of material resources for the operation of aviation engineering.

Keywords: aircraft technology; order; material and technical support; material resource; optimization; supply.

Введение. Для обеспечения своих национальных интересов и успешного решения задач социально-экономического развития Россия, как суверенное государство, должна обладать военным потенциалом, адекватным существующим и перспективным угрозам, и вызовам военной безопасности. Сегодня, в условиях резкого изменения геополитической обстановки задача поддержания Вооруженных Сил в заданной степени готовности к боевому применению является первостепенной. Вместе с тем оборонные



программы должны быть разумными и не ложиться тяжким бременем на экономику и на социальную сферу страны. Данный тезис подразумевает то, что использование выделяемых на оборону в рамках бюджетных ассигнований средств должно быть эффективным. Это означает, что требуемый уровень боеготовности воинских формирований должен достигаться за счёт минимально возможных затрат. Безусловно, данное положение относится и к процессам материально-технического обеспечения (МТО) частей Воздушно-космических сил (ВКС).

Актуальность и новизна. Одним из факторов, определяющих боеготовность частей ВКС, является поддержание требуемого уровня исправности авиационной техники военного назначения (АТ ВН). Наибольшее негативное влияние на уровень исправности АТ ВН оказывают простои техники по причине отсутствия необходимых запасных частей, комплектующих и других материальных ресурсов [1]. Планирование и управление поставками и заказами материальных ресурсов (в данной статье речь, прежде всего, идет о комплектующих, запасных частях и расходных материалах) составляют основу материально-технического обеспечения частей ВКС, которое, в свою очередь, является одной из ключевых составляющих для поддержания боеготовности.

В настоящее время материально-техническое обеспечение частей ВКС осуществляется при отсутствии единой централизованной системы снабжения, а учет стоимости поставок при этом не ведется вовсе. Таким образом, актуальность решения задачи оптимизации планирования заказов материальных ресурсов определяется необходимостью поддержания требуемого уровня исправности авиационной техники с минимальными затратами средств и несовершенством существующего методического аппарата планирования и управления поставками и заказами материальных ресурсов.

В статье [1] впервые была предложена методика оптимизации распределения заказов при оперативном планировании поставок материальных ресурсов для авиационной техники, основанная на использовании положений теории линейного программирования (транспортная задача). В рамках этой методики при наличии у поставщиков дефицита затребованных ресурсов выбор авиационных частей, которым поставки производятся в приоритетном порядке, осуществляется на основе эвристического критерия, действенность работы которого проверялась проведением математического эксперимента (математического моделирования). Недостатком такого подхода является то, что хотя в среднем данный критерий приводит к значительному повышению уровня исправности авиационных частей и существенной экономии на стоимости поставок по сравнению с другими рассматриваемыми критериями, в отдельных случаях данный критерий ведет к не самому оптимальному результату.

В настоящей статье предлагается методика распределения ресурсов по авиационным частям, в которой отсутствует подобный недостаток. Новизна предлагаемой методики по сравнению с методикой [1] заключается в разбиении общей задачи оптимизации поставок на две подзадачи, каждая из которых решается методами линейного программирования. В первой подзадаче определяется максимальное количество авиационных частей, которым поставки могут быть осуществлены в полном объеме, а во второй определяется план поставок, ведущий к минимальной стоимости. Таким образом, в рамках методики, предлагаемой в данной статье, задача оптимизации поставок решается математически строго и всегда ведет к нахождению оптимального плана поставок для удовлетворения запросов авиационных частей, учитывающему объемы ресурсов, имеющиеся в наличии у поставщиков.

Основная часть. Задача оперативного планирования поставок материально-технических ресурсов заключается в определении оптимального варианта распределения заказов на материальные ресурсы и утверждении полученного плана поставок соответствующим должностным лицом. Основная цель задачи оптимизации –



минимизация стоимости поставки требуемых ресурсов потребителям (эксплуатирующим авиационную технику частям) при обеспечении требуемой (достаточной) степени удовлетворения их потребностей. Достаточность удовлетворения потребностей определяется требуемым уровнем исправности техники.

Теория военно-экономического анализа показывает, что наиболее простым способом решения данной задачи является сведение ее к решению задачи линейного программирования [2]. Имеются ограничения, которые описываются системой линейных неравенств (заказчик не может быть поставлено больше ресурсов, чем есть у поставщиков, и потребности заказчиков должны быть удовлетворены), и оптимизируемая целевая функция (стоимость осуществления плана поставок).

Исходные данные:

a_{is} – количество материального ресурса i -го типа, хранящегося на складе s -го поставщика;

b_{ik} – количество материального ресурса i -го типа, истребованное k -м заказчиком;

$c_{isk}^{ном}$ – стоимость поставки единицы материального ресурса i -го типа s -м поставщиком k -му заказчику

c_{is}^{pec} – стоимость ресурса i -го типа у s -го поставщика;

c_{sk} – удельная стоимость доставки s -м поставщиком k -му заказчику;

m_i – масса одной единицы ресурса i -го типа;

$k = [1; K]$, K – количество заказчиков;

$s = [1; S]$, S – количество поставщиков;

$i = [1; I]$, I – количество требуемых типов ресурсов;

Оптимизируемая целевая функция W учитывает минимизацию стоимости поставки ресурсов всем заказчикам (k) по всем поставщикам (s) типам ресурсов (i) и диапазонам количества доставляемого ресурса (l):

$$W = \sum_{i=1}^I \sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K c_{isk}^{ном} x_{isk} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где определяемые переменные x_{isk} – количество материального ресурса i -го типа, поставляемого s -м поставщиком k -му заказчику.

Система ограничений включает следующие условия:

1. Уровень исправности должен быть не менее требуемого:

$$y_{испр} \geq y_{треб}, \quad (2)$$

где $y_{испр}$ – текущий уровень исправности авиационной техники военного назначения; $y_{треб}$ – требуемый уровень исправности авиационной техники военного назначения.



Уровень исправности представляет собой отношение количества авиационных частей с требуемым уровнем исправности к общему количеству авиационных частей, подавших заявки на поставку ресурсов:

$$y_{испр} = \frac{N_{об}^{mp}}{N_{об}}, \quad (3)$$

где $N_{об}^{mp}$ – количество авиационных частей, от которых поступили заявки на поставку материальных ресурсов, с требуемым уровнем исправности техники;

$N_{об}$ – общее количество авиационных частей, от которых поступили заявки на поставку материальных ресурсов.

Таким образом, для увеличения уровня исправности необходимо осуществить поставку так, чтобы количество авиационных частей, в которых уровень исправности после поставки будет не менее требуемого, было как можно больше.

2. Суммарное количество i -го ресурса, поставляемое S -м поставщиком всем заказчикам, не должно превышать его запас:

$$\sum_{k=1}^K x_{isk} \leq a_{is}. \quad (4)$$

3. Необходимо максимально полно удовлетворить заявки заказчиков по каждому поставляемому типу материальных ресурсов:

$$\sum_{s=1}^S x_{isk} \leq b_{ik}. \quad (5)$$

Разработанная методика позволяет решить задачу определения оптимального плана поставок путем разбиения решения на ряд этапов:

1. Получение исходной информации.
2. Выбор транспортного агента (перевозчика) для каждого маршрута поставщик – заказчик исходя из критерия минимальной стоимости поставки груза для данного маршрута.
3. Установка приоритета выполнения заказов на основе критерия, характеризующего исправность парка воздушных судов (ВС) заказчиков.
4. Определение оптимального плана поставок ресурсов по критерию минимальной стоимости осуществления плана поставок.

На первом этапе получают данные о множестве поставщиков и заказчиков, наличии и потребностях в ресурсах, исправности АТ.

На втором этапе проводится выбор перевозчика. Основной характеристикой транспортного агента является стоимость доставки ресурсов.

Стоимость поставки складывается из стоимости ресурса как изделия и стоимости доставки данного ресурса:

$$c_{иск}^{ном} = c_{is}^{pec} + c_{sk} m_i, \quad (6)$$



где c_{isk}^{nocm} – стоимость поставки единицы материального ресурса i -го типа S -м поставщиком k -му заказчику;

c_{is}^{pec} – стоимость ресурса i -го типа у S -го поставщика, руб.;

c_{sk} – удельная стоимость доставки единицы ресурса S -м поставщиком k -му заказчику;

m_i – масса одной единицы ресурса i -го типа;

Выбор транспортного агента среди всех возможных агентов производится для каждого маршрута «поставщик – заказчик» исходя из минимального значения стоимости поставки c_{isk}^{nocm} .

В отсутствие дефицита ресурсов, т.е. при выполнении неравенства (7) для всех i , все заказчики могут быть удовлетворены и, соответственно, уровень исправности будет максимально возможным (принято допущение, что удовлетворенность или неудовлетворенность заказчика (авиационной части) в ресурсах прямо влияет на уровень исправности):

$$\sum_{k=1}^K b_{ik} \leq \sum_{s=1}^S a_{is} \quad (7)$$

В случае, если потребности заказчиков по какому-либо ресурсу превышают все имеющиеся у поставщиков запасы этого ресурса необходимо перейти к 3 этапу методики. В этом случае учитывается ограничение по исправности.

При наличии дефицита ресурсов, т.е. при невыполнении неравенства (7) для некоторых i , удовлетворение потребностей заказчиков осуществляется исходя из критерия обеспечения максимального уровня исправности $y_{испр}$. А именно:

а) в первую очередь полностью удовлетворяется максимальное число заказов авиационных частей с уровнем исправности АТ ниже требуемого (заказы высшего приоритета);

б) затем оставшиеся заказы авиационных частей с уровнем исправности АТ ниже требуемого удовлетворяются частично настолько полно насколько позволяет объем оставшихся на складах ресурсов;

в) далее исходя из объема оставшихся ресурсов полностью удовлетворяется максимальное число заказов авиационных частей с уровнем исправности АТ не ниже требуемого (заказы низшего приоритета);

г) и, наконец, оставшиеся ресурсы направляются на частичное удовлетворение оставшихся заказов авиационных частей с уровнем исправности АТ не ниже требуемого.

Пусть имеется K^+ заказов высшего приоритета. Упорядочим авиационные части так, чтобы сначала располагались авиационные части с заказами высшего приоритета, а затем с заказами низшего, т.е индекс k , обозначающий номер авиационной части, принимает значение в диапазоне $k = [1; K^+]$ для авиационных частей с заказами высшего приоритета и $k = [K^+ + 1; K]$ для авиационных частей с заказами низшего приоритета. Блок-схема алгоритма определения числа заказов, которые можно удовлетворить полностью и частично, приведена на рисунке 1. Алгоритм заключается в следующем:



1. Проверяются неравенства (7). Если они выполняются для всех типов ресурсов, то можно удовлетворить все заказы (сценарий 1).

2. Если неравенства (7) не выполняются для всех i , то проверяется выполнение неравенств:

$$\sum_{k=1}^{K^+} b_{ik} \leq \sum_{s=1}^S a_{is}, \quad i = 1 \dots I, \quad (8)$$

где K^+ – число заказчиков (авиационных частей) с уровнем исправности АТ ниже требуемого, и суммирование по k в формуле (8) ведется только по таким заказчикам.

Если неравенства (8) выполняются, то заказы высшего приоритета можно обеспечить полностью (сценарий 2).

Для определения числа заказов низшего приоритета, которые можно выполнить в полном объеме, необходимо решить следующую задачу линейного программирования. Введем бинарные переменные δ_k^- , принимающие значения 0 или 1, и найдем максимум целевой функции δ_{max}^- по формуле (9):

$$\delta_{max}^- = \sum_{k=K^++1}^K \delta_k^- \rightarrow max \quad (9)$$

при условии, что суммарный объем поставок по каждому ресурсу для авиационных частей с низшим приоритетом не превышает суммарного объема этого ресурса, оставшегося у поставщиков после исполнения заказов с высшим приоритетом:

$$\sum_{k=K^++1}^K b_{ik} \delta_k^- \leq \sum_{s=1}^S a_{is} - \sum_{k=1}^{K^+} b_{ik}, \quad i = 1 \dots I, \quad (10)$$

Максимальное значение целевой функции (9) δ_{max}^- – это число заказов низшего приоритета, которые можно исполнить в полном объеме по всем ресурсам.

3. Если неравенство (8) не выполняется, то выполнение всех заказов высшего приоритета при имеющихся у поставщиков объемах ресурсов в полной мере обеспечить невозможно. Для определения числа заказов высшего приоритета, которые можно выполнить в полном объеме, введем бинарные переменные δ_k^+ , где $k = 1 \dots K^+$, и найдем максимум целевой функции δ_{max}^+ :

$$\delta_{max}^+ = \sum_{k=1}^{K^+} \delta_k^+ \rightarrow max \quad (11)$$

при условии, что суммарный объем поставок по каждому ресурсу для авиационных частей с высшим приоритетом не превышает суммарного объема этого ресурса, имеющегося у поставщиков:

$$\sum_{k=1}^{K^+} b_{ik} \delta_k^+ \leq \sum_{s=1}^S a_{is}, \quad i = 1 \dots I. \quad (12)$$

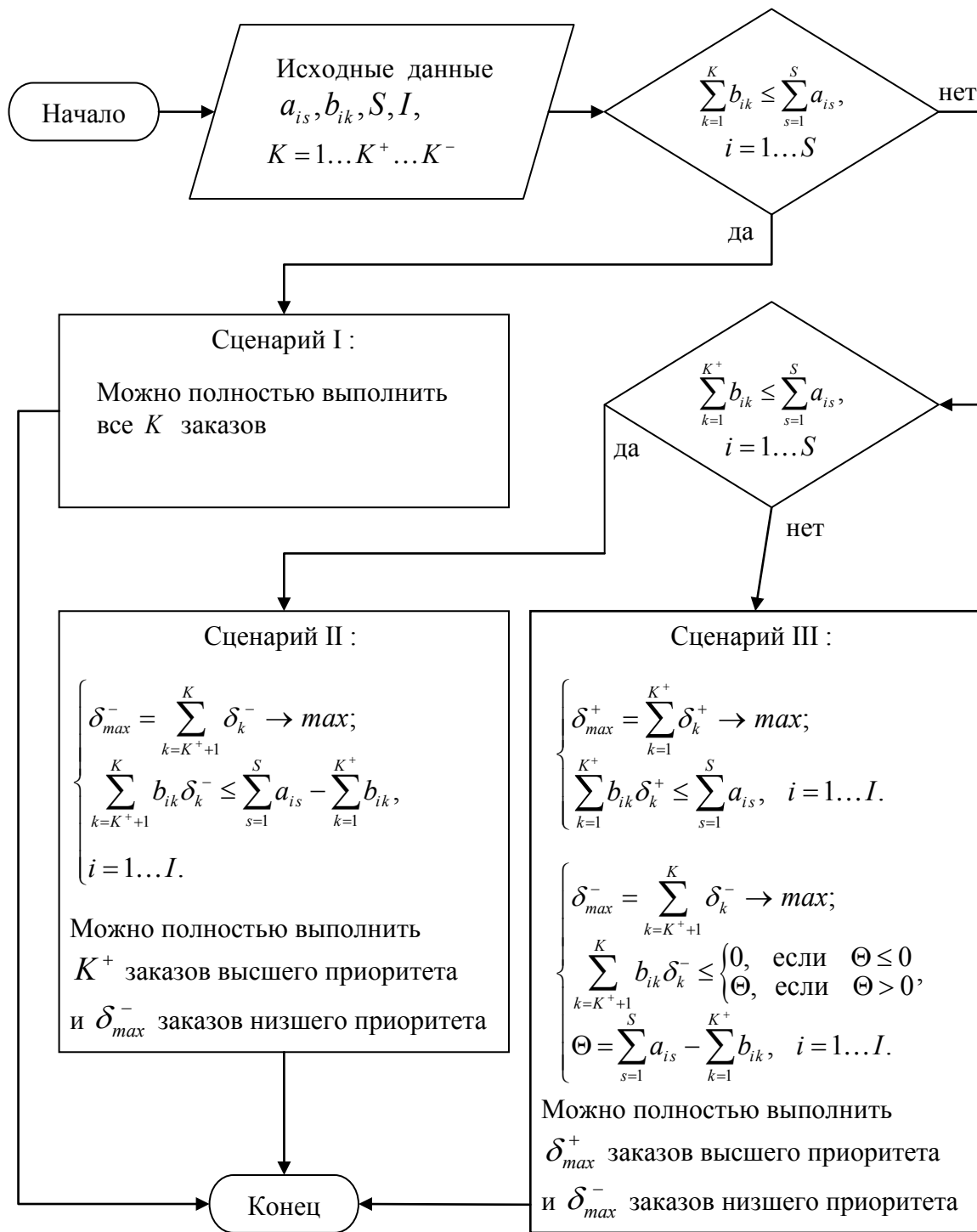


Рисунок 1 – Алгоритм определения максимального числа полностью выполнимых заказов

Для определения числа заказов низшего приоритета, которые можно выполнить в полном объеме, необходимо найти максимум целевой функции (9) при условии, что суммарный объем поставок по каждому ресурсу для авиационных частей с низшим приоритетом не превышает суммарного объема этого ресурса, оставшегося у поставщиков после исполнения (полностью и частично) заказов с высшим приоритетом, т.е.



$$\delta_{max}^- = \sum_{k=K^++1}^K b_{ik} \delta_k^- \leq \begin{cases} 0, & \text{если } \Theta \leq 0 \\ \Theta, & \text{если } \Theta > 0 \end{cases}, \quad \text{где } \Theta = \sum_{s=1}^S a_{is} - \sum_{k=1}^{K^+} b_{ik}, \quad i = 1 \dots I, \quad (13)$$

Максимальные значения целевых функции (11) δ_{max}^+ и функции (13) δ_{max}^- – это число заказов, соответственно, высшего и низшего приоритетов, которые можно исполнить в полном объеме по всем ресурсам.

Числа δ_{max}^+ и δ_{max}^- определяют общее количество поставок, выполняемых в полном объеме, но не определяют заказчиков и поставщиков этих поставок. Заказчики и поставщики, а также объем и стоимость каждой поставки определяется на заключительном этапе методики, когда решается задача определения оптимального плана поставок на множестве возможных вариантов. Полученный план позволяет затратить минимум средств на осуществление доставки. Для определения плана поставок предлагается следующий алгоритм (на рисунке 2 представлена блок-схема этого алгоритма для сценария III):

1. В соответствии с полученными на предыдущих этапах данными о стоимости поставок у различных транспортных агентов необходимо определить минимальные стоимости поставок $C_{isk}^{ном}$ для всех значений i, s, k .

2. Ввести бинарные переменные ε_k , принимающие значения в зависимости от того, выполнена ли поставка k -му заказчику в полном объеме ($\varepsilon_k = 1$) или в неполном объеме ($\varepsilon_k = 0$). Определенные на предыдущем этапе числа поставок δ_{max}^+ и δ_{max}^- , выполненных в полном объеме, накладывают на переменные ε_k следующие ограничения

$$\sum_{k=1}^{K^+} \varepsilon_k = \delta_k^+, \quad \sum_{k=K^++1}^{K^-} \varepsilon_k = \delta_k^-. \quad (14)$$

3. С учетом введенных бинарных переменных ε_k запись, что поставка k -му заказчику осуществлена в полном объеме по всем типам ресурсов, имеет вид:

$$\sum_{s=1}^S x_{isk}^{пол} = b_{ik} \varepsilon_k, \quad i = 1 \dots I. \quad (15)$$

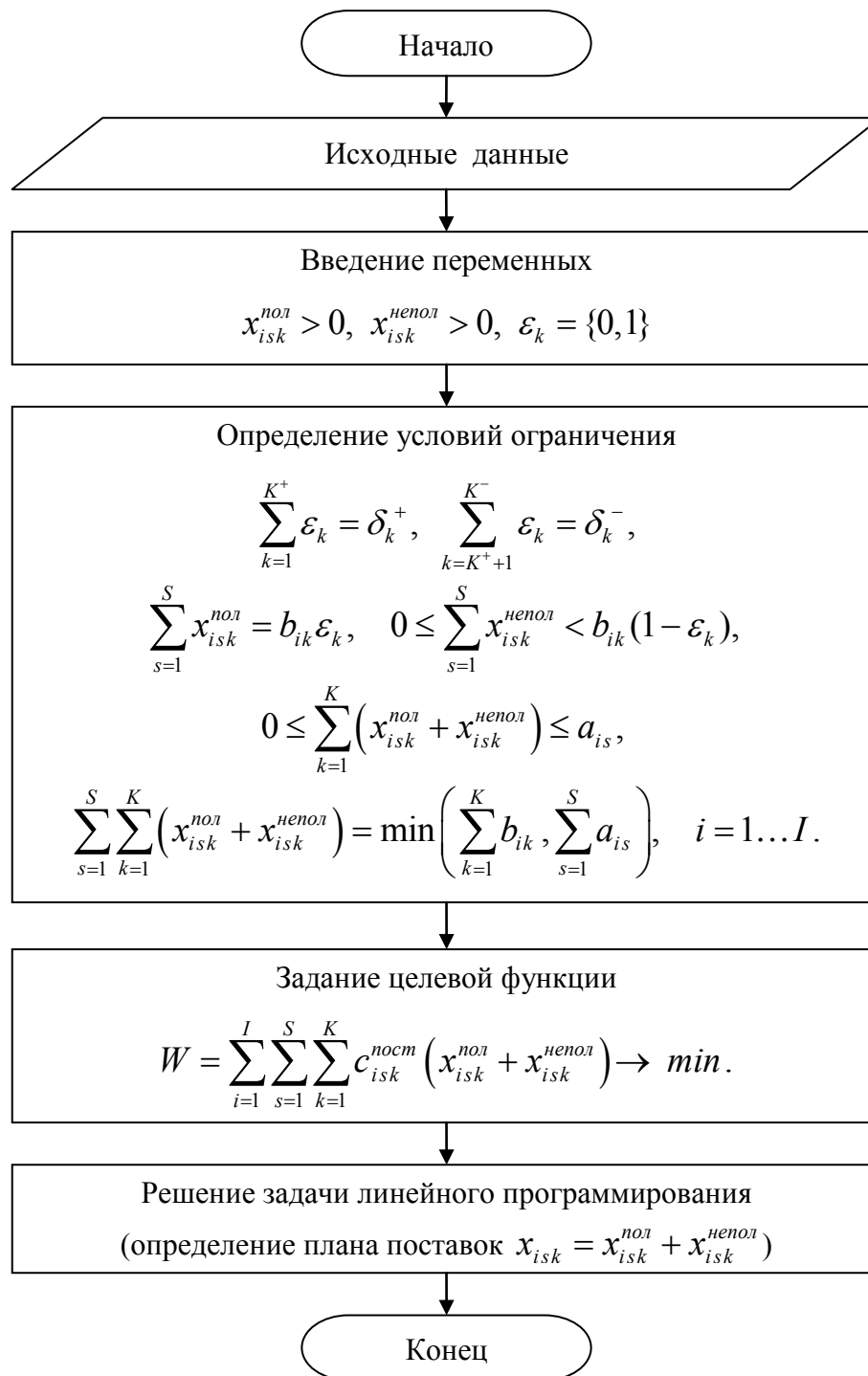


Рисунок 2 – Алгоритм нахождения оптимального плана поставок ресурсов

В свою очередь запись, что поставка k -му заказчику осуществляется в неполном объеме выглядит следующим образом:

$$0 \leq \sum_{s=1}^S x_{isk}^{непол} < b_{ik} (1 - \varepsilon_k), \quad i = 1 \dots I. \quad (16)$$



Заметим, что если поставка k -му заказчику осуществлена в полном объеме, т. е. $\varepsilon_k = 1$, неравенство (16) записывается как $0 \leq \sum_{s=1}^S x_{isk}^{непол} \leq 0$, $i = 1 \dots I$, что автоматически ведет к соотношению $x_{isk}^{непол} = 0$. Таким образом, неравенства (15) и (16) накладывают на переменные $x_{isk}^{пол}$ и $x_{isk}^{непол}$ естественное логическое ограничение: они не могут одновременно принимать ненулевые значения, что означает, что поставка ресурса i -го типа s -м поставщиком k -му не может одновременно быть полной и неполной.

4. Объем поставок i -того ресурса s -м поставщиком всем заказчикам не может превышать количества этого ресурса, имеющегося в наличии у этого поставщика. Этот факт ведет к следующему неравенству:

$$0 \leq \sum_{k=1}^K (x_{isk}^{пол} + x_{isk}^{непол}) \leq a_{is}, \quad i = 1 \dots I. \quad (17)$$

5. Суммарное количество ресурса, поставленное всем заказчикам, должно соответствовать суммарному количеству этого ресурса, затребованному всеми заказчиками, если выполняется условие (7), или суммарному количеству запасов этого ресурса, имеющегося у поставщиков, если не выполняется условие (7). Это ведет к следующему ограничению на количество поставок ресурса

$$\sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K (x_{isk}^{пол} + x_{isk}^{непол}) = \min \left(\sum_{k=1}^K b_{ik}, \sum_{s=1}^S a_{is} \right), \quad i = 1 \dots I. \quad (18)$$

6. Целевая функция алгоритма, определяющая переменные $x_{isk}^{пол}$, $x_{isk}^{непол}$ и $\varepsilon_k = \{0, 1\}$, задается выражением

$$W = \sum_{i=1}^I \sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K c_{isk}^{пост} (x_{isk}^{пол} + x_{isk}^{непол}) \rightarrow \min. \quad (19)$$

Нахождение минимума целевой функции ведет к оптимизированным значениям переменных этой функции. Оптимальный план поставок задается оптимизированными переменными $x_{isk}^{пол}$ и $x_{isk}^{непол}$: количество материального ресурса i -го типа, поставляемого s -м поставщиком k -му определяется по формуле:

$$x_{isk} = x_{isk}^{пол} + x_{isk}^{непол}. \quad (20)$$

Для случая, когда можно полностью удовлетворить все заказы (сценарий П), условия ограничения заметно упрощаются, т.к. заведомо известны значения переменных $\varepsilon_k = 1$ и $x_{isk}^{непол} = 0$ для всех значений k и нет необходимости вводить условия (14) и (16), а условия (15) и (18) принимают вид:



$$\sum_{s=1}^S x_{isk}^{пол} = b_{ik}, \quad \sum_{k=1}^K x_{isk}^{пол} = \sum_{s=1}^S a_{is}, \quad i = 1 \dots I. \quad (21)$$

В случае, когда полностью можно удовлетворить только заказы высшего приоритета (сценарий П), $\delta_{max}^+ = K^+$, и также заранее известно, что $\varepsilon_k = 1$ и $x_{isk}^{непол} = 0$ для $k = 1 \dots K^+$.

Выводы. Таким образом, имея необходимую информацию для решения задачи поиска оптимальных вариантов распределения заказов на материальные ресурсы и учитывая ограничения, накладываемые на решение, мы получим минимальное значение оптимизируемого функционала и, соответственно, оптимальный план доставки ресурсов со складов поставщиков эксплуатирующим технику частям (заказчиком).

В настоящее время достигнуто общее понимание, что эксплуатация АТ всех частей ВКС должна осуществляться с использованием единого информационного пространства, центром которого является хранилище данных, где аккумулируется и обрабатывается вся информация о текущем и прогнозируемом техническом состоянии АТ и о потребностях частей ВКС в материальных ресурсах.

В этом направлении осуществляется ряд проектов: «Автоматизированный комплекс мониторинга технической эксплуатации самолета Су-34» (АКМ-34); «Специализированная лаборатория поддержки эксплуатации вертолетов Ка-226.80»; «Интегрированная система управления технической эксплуатации изделия «296» (ИЛП-28М); «Автоматизированная система обеспечения эксплуатации, ремонта и обслуживания техники ВМФ в составе интегрированной автоматизированной системы управления ВМФ, имеющая модуль «Инженерно-авиационное обеспечение»; «Технология построения автоматизированной интегрированной информационной среды управления жизненным циклом техники на основе глобально распределенного федерального хранилища данных».

Информационная система интегрированной логистической поддержки (ИЛП) и интегрированная информационная среда являются одними из базовых структур такого информационного пространства.

К данному направлению можно отнести и работы по созданию системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), проводимые под руководством Научно-исследовательского института стандартизации и унификации и объединяющие усилия предприятий промышленности из различных отраслей, научно-исследовательские организации, как военные, так и гражданские, органы военного управления.

Таким образом, очевидна потребность в создании и внедрении систем интегрированной логистической поддержки, информационной поддержки, систем управления жизненным циклом изделий ВВСТ, в том числе и АТ. При этом анализ указанных выше работ, а также проводимые в настоящее время исследования в рамках научно-исследовательских работ по обоснованию облика подобных систем позволяют сделать вывод о необходимости более тщательного подхода к разработке алгоритмов их функционирования.

Предлагаемая в данной статье методика может служить математической основой для алгоритмов функционирования ИЛП при оперативном планировании поставок ресурсов для авиационной техники, что будет способствовать повышению уровня исправности за счет удовлетворения потребностей большего количества авиационных частей и снижению стоимости поставок материальных ресурсов.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Короленко В.В., Лазников Н.М., Серебрянский С.А. Рациональное распределение заказов на материальные ресурсы при планировании поставок в системе эксплуатации авиационной техники военного назначения // Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности: Международная научно-практическая конференция, 5 – 8 августа 2014 г.: сборник докладов. Том III. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. – 690 с. С. 605-607.

2. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988.

REFERENCES

1. Korolenko V.V., Laznikov N.M., Serebryanskij S.A. Ratsional'noe raspredelenie zakazov na material'nye resursy pri planirovanii postavok v sisteme ehkspluatatsii aviatsionnoj tekhniki voennogo naznacheniya // Poisk ehffektivnykh reshenij v protsesse sozdaniya i realizatsii nauchnykh razrabotok v rossijskoj aviatsionnoj i raketno-kosmicheskoy promyshlennosti: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, 5 – 8 avgusta 2014 g.: sbornik dokladov. Tom III. – Kazan': Izd-vo Kazan. gos. tekhn. un-ta, 2014. – 690 s. S.605–607.

2. Venttsel' E.S. Issledovanie operatsij: zadachi, printsipy, metodologiya. – M.: Nauka, 1988.

© Короленко В.В., Грибанов В.В., Дорошенко А.Б., Логойда В.С., 2018

Короленко Виктор Владимирович, кандидат экономических наук, начальник научно-исследовательского 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, vaiu@mil.ru

Грибанов Владимир Викторович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского 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, vaiu@mil.ru

Дорошенко Александр Борисович, научный сотрудник научно-исследовательского 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, vaiu@mil.ru

Логойда Виктор Сергеевич, младший научный сотрудник научно-исследовательского отдела научно-исследовательского центра (образовательных и информационных технологий), 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, logoyda600@mail.ru