

Зырянов Ю.Т.

Доктор технических наук, доцент

Коновалов О.А.

Пути повышения готовности средств радиотехнического обеспечения полетов в процессе их развертывания и применения за счет оптимизации распределения организационно-технических ресурсов

В статье представлен один из подходов к решению актуальной научно-прикладной задачи повышения готовности средств РТО к эффективному применению при развертывании на аэродроме рассредоточения на основе модернизации метода последовательных назначений и разработки алгоритма оптимального распределения ограниченных организационно-технических ресурсов по зависимым операциям.

Введение

Успешное решение возложенных задач на ВВС, а также эффективность их боевого применения предопределяется не только соотношением сил и средств, но и качеством управления. Высокая динамика боевых действий, сложность и изменчивость обстановки требуют повышения эффективности управления силами и средствами радиотехнического и навигационного обеспечения полетов авиации, относящихся к частям войск связи, РТО и АСУ ВВС.

В соответствии с основными положениями Указов Президента РФ №146 «О Военной доктрине РФ» от 5 февраля 2010 г. и №537 «Стратегии национальной безопасности до 2020 года от 12 мая 2009 г.» одним из важнейших факторов является «поддержание способности ВС и других войск к заблаговременному развертыванию сил и средств на стратегических направлениях, а также готовность их к боевому применению» при минимизации временных затрат на развертывание путем «рационального планирования и распределения ресурсов» в организационно-технических системах военного назначения (ОТС ВН).

Процесс развертывания средств РТО исследуется с применением теории управления проектами. По данным исследований компании The Standish Group International (США) только 16 % технологических проектов укладываются в сроки и бюджет. При этом 31 % проектов завершаются провалом, а 53 % – перерасходом бюджета в 2 раза. По данным компании Digital Design и Федеральной службы государственной статистики в России только 11 % проектов завершаются успешно, а 89 % проектов отклоняются

от плана и бюджета. Это свидетельствует о необходимости совершенствования существующей структуры системы управления (СУ), отвечающей за планирование, управление и контроль процесса распределения ресурсов. Необходим качественно новый подход к решению задачи оптимального распределения ресурсов по зависимым операциям для достижения высоких технико-экономических характеристик средств РТО, таких как время развертывания, трудозатраты, производительность, готовность, эффективность, т.е. удельных показателей, характеризующих и обосновывающих эффективность выбранного варианта технического решения [1].

Известно, что время, отводимое на развертывание средств РТО:

$$t_{pc} = t_{pn} \cdot x_n \cdot (1 + K_{\Sigma}) / x_c, \quad (1)$$

где t_{pn} и t_{pc} – время развертывания полным и сокращенным экипажем соответственно; x_n и x_c – количество личного состава, соответствующее полному и сокращенному штату; K_{Σ} – суммарный коэффициент (зависящий от внешней среды).

Выражение (1) является приближенным и не позволяет в комплексе реализовывать функции планирования, управления и контроля. Задача развертывания средств РТО в работе представлена проектом, состоящим из задач (пакета работ) и комплекса зависимых операций. Анализ известных методов распределения ресурсов показывает, что они недостаточно эффективны для зависимых операций. Оптимизация сетевых моделей без календарной увязки сроков не в полной



мере обеспечивает полное решение задачи оптимизации плановых расчетов. Использование классических методов математического программирования в ряде случаев отрицательно сказывается на достоверности результатов из-за сильных ограничений на факторное пространство и область изменения целевой функции. Применение комбинаторного анализа к анализу большого количества вариантов распределения ресурсов. Использование эвристических приемов – к потере управления уже на стадии планирования. Использование коммерческих программных продуктов (Microsoft Project, Time Line, Spider Project, Open Plan, Primavera и др.) находит ограниченное применение на практике в силу специфики решаемых задач системой связи и РТО, при развертывании в условиях ведения боевых действий. Представленные продукты не в полной мере учитывают в комплексе такие факторы как уровень подготовки военных специалистов в разнородных экипажах; перераспределение их на операции, выполняемые с переменной скоростью; фактор усталости; обусловлены невозможностью оптимизации сетевых моделей по заданным условиям, а решаемая задача обусловлена переменной структурой сети.

1. Формализованная постановка задачи

Необходимо выполнить развертывание средств РТО на аэродроме рассредоточения. В работе рассматривается детерминированная сетевая модель, для которой необходимо задать первоначальный план распределения ограниченных организационно-технических ресурсов. Каждая операция выполняется с переменной интенсивностью однородными или разнородными специалистами, распределение которых может быть неоднократным. Перераспределение ресурсов с одной операции на другую не связано с временными затратами и операции можно прерывать до их окончания. Результатом решения является ресурсный граф вариативной структуры [2].

Условные обозначения исходных данных: η_l – код l -й операции; L – множество операций; i – номер предшествующего события; j – номер последующего события,

$l_{(ij)} \in L$; h – множество различных типов специалистов, каждый назначается и может выполнить $l_{(ij)}$ -ю операцию соответственно, $h \in f_{(ij)}$; $N_{h(ij)}$ и $N_{h(ij)}^*$ – минимально и максимально возможное число специалистов h -го типа, $h \in f_{(ij)}$; $\lambda_{h(ij)}$ – производительность 1-го специалиста h -го типа; $C_{(ij)}$ – доля выполненной части $l_{(ij)}$ -й операции; T_{μ}^{dir} и $T_{\mu}^{кр}$ – директивный срок и критический путь μ -го целевого события соответственно, $\mu \in E^f$; E^f – множество целевых событий, для которых срок выполнения превышает заданный; R – номенклатура деталей, необходимых для полной комплектации изделия (системы) согласно технологической документации; r – количество деталей определенной номенклатуры, $r = 1 \dots R$; $Q_{(ij)hr}$ – g -й вид инструмента, необходимый для выполнения $l_{(ij)}$ -й операции над деталью r -го наименования специалистом h -го типа, $Q_{(ij)hr} = \{Q_{(ij)hrg} / g = 1 \dots G_{(ij)}\}$; $G_{(ij)}$ – количество инструмента, необходимого для выполнения $l_{(ij)}$ -й операции; $t_{(ij)hr}$ – время работы g -м видом инструмента, необходимого для выполнения $l_{(ij)}$ -й операции над деталью r -го наименования специалистом h -го типа; $t_{(ij)hg}$ – время работы g -м видом инструмента на $l_{(ij)}$ -й операции специалистом h -го типа; $V_{(ij)r}$ – число деталей r -го наименования для комплектации изделия на $l_{(ij)}$ -й операции.

Условные обозначения зависимых переменных: $t_{(ij)}$ – планируемая длительность выполнения операции; $x_{(ij)}$ – планируемое количество специалистов для выполнения $l_{(ij)}$ -й операции; $Z_{(ij)}$ – множество



ресурсных условий для $l_{(ij)}$ -й операции, $R_{\mu(ij)}^{полн}$ и $\Delta W_{\mu(ij)}^{норм}$ – полный и нормированный резервы времени и объема $l_{(ij)}$ -й операции μ -го целевого события соответственно; $t_{\mu(ij)}^{\min}$ и $t_{\mu(ij)}^{\max}$ – минимальное и максимальное время выполнения $l_{(ij)}$ -й операции μ -го целевого события соответственно.

Для каждой $l_{(ij)}$ -й операции необходимо определить: $x_{h,i_1(ij)}^*(Z_{(ij)})$ – число специалистов h -го типа, обеспечивающие выполнение i_1 -й части $l_{(ij)}$ -й операции, с каждой из которых специалисты могут переходить на выполнение другой операции; $t_{i_1(ij)}^*$ – продолжительность выполнения i_1 -й операции при искомом распределении

$x_{h,i_1(ij)}^*(Z_{(ij)})$, при $C_{(ij)} = \sum_{i_1=1}^{M_{(ij)}^*} C_{i_1(ij)}^* = 1$, $i_1 = 1, 2, \dots, M_{(ij)}^*$, $h \in f_{(ij)}$, $l_{(ij)} \in L$, где $M_{(ij)}^*$ – число частей $l_{(ij)}$ -й операции.

Анализ предметной области показал, что объем инструмента, необходимого для реализации $l_{(ij)}$ -й операций специалисту h -го типа, рассчитывается по формуле (2):

$$E_{h(ij)} = \sum_{r=1}^R \sum_{l_{(ij)}=1}^L \sum_{g=1}^{G_{(ij)}} \frac{\delta_{(ij)hr} \cdot Q_{(ij)hrg} \cdot t_{(ij)hrg} \cdot V_{(ij)r}}{t_{(ij)hgn}}, \quad (2)$$

где $\delta_{(ij)hr}$ – вспомогательная переменная, принимающая значения 0 или 1.

При заданном распределении разнородных специалистов по операциям $x_{h\mu(ij)}(Z_{(ij)})$ необходимо найти такое их перераспределение $x_{\mu h i_1(ij)}^*(Z_{(ij)})$, которое обеспечит максимум целевой функции (3) в области (4)-(9):

$$F_{\Sigma}^* = - \sum_{\mu \in E^f} \left(\sum_{(ij) \in T_{\mu}} \sum_{i_1=1}^{M_{(ij)}^*} \frac{C_{i_1(ij)}^* (1 + K_{\Sigma})}{\sum_{h \in f_{(ij)}} \lambda_{h(ij)} \cdot E_{h(ij)} \cdot x_{h i_1(ij)}^*(Z_{(ij)})} - T_{\mu}^{\text{дуп}} \right). \quad (3)$$

Технологические, организационные и ресурсные ограничения:

$$t_{\mu(ij)}^{\min} \leq t_{\mu(ij)} \leq t_{\mu(ij)}^{\max}, \quad \mu \in E^f, (ij) \in L; \quad (4)$$

$$N_{h(ij)} \leq x_{\mu h i_1(ij)}^*(Z_{(ij)}) \leq N_{h(ij)}^*, \quad h \in f_{(ij)}, l_{(ij)} \in L; \quad (5)$$

$$\left[x_{\mu h i_1(ij)}^*(Z_{(ij)}) \right] = x_{\mu h i_1(ij)}^*(Z_{(ij)}), \quad \mu \in E^f,$$

$$h \in f_{(ij)}, i_1 = 1, 2, \dots, M_{(ij)}^*, l_{(ij)} \in Q; \quad (6)$$

$$\begin{cases} t_{\mu(ij)}^{\min} \leq \sum_{i_1=1}^{M_{(ij)}^*} t_{\mu h i_1(ij)}^* \leq t_{\mu(ij)} + R_{\mu(ij)}^{полн}, \mu \in E^f, l_{(ij)} \in H, \\ t_{\mu(ij)}^{\min} \leq \sum_{i_1=1}^{M_{(ij)}^*} t_{\mu h i_1(ij)}^* \leq t_{\mu(ij)}, \mu \in E^f, l_{(ij)} \in (Q/H); \end{cases} \quad (7)$$

$$\sum_{(ij) \in H} x_{\mu h(ij)} \sum_{\mu=1}^{N_{\mu h(ij)}} x_{\mu h \psi(ij)}^{ch}(Z_{(ij)}) x_{\mu h \psi(ij)}^{ch} = \sum_{(ij) \in Q} N_{\mu h(ij)}^* \sum_{\mu=1}^{N_{\mu h(ij)}^*} x_{\mu h \psi(ij)}^{naz}(Z_{(ij)}) x_{\mu h \psi(ij)}^{naz}, \quad h \in f_{(ij)}; \quad (8)$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{l_{(ij)}=1}^L \sum_{g=1}^{G_{(ij)}} \delta_g \cdot \delta_{(ij)hr} \cdot \frac{t_{(ij)hrg}}{t_{(ij)hgn}} \leq V_h, \quad h \in f_{(ij)}^*, \quad (9)$$

где $x_{\mu h \psi(ij)}^{ch}$ и $x_{\mu h \psi(ij)}^{naz}$ – число снятых и назначенных специалистов h -го типа за время $t_{\mu h \psi(ij)}^{ch}$ и $t_{\mu h \psi(ij)}^{naz}$ с множеств операций сетевого графа H и Q соответственно на ψ -й итерации решения задачи μ -го целевого события; $Q_{(ij)c}$ – состав инструмента на $l_{(ij)}$ -ой операции; V_h – суммарный объем имеющегося инструмента; δ_g – вспомогательная переменная, принимающая значения 0 или 1.

Таким образом, необходимо получить такой оптимальный план распределения ресурсов Ω^* , при выполнении которого время развертывания средств РТО t_{pc} сокращенным штатом специалистов x_c при их фиксированном количестве и различных типов h будет минимальным и сопоставимо со временем развертывания t_{pn} полным штатом специалистов x_n и их различных типов h :

$$[\Omega^*]: t_{pc}[\Omega^* | x_c, h] = \min_{\substack{h \in f_{(ij)} \\ x \in X}} t_{pn}[\Omega | x_n, h] \quad ,$$

при $t_{pc} \leq t_{pn}$. (10)

Таким образом, процесс перераспределения ресурсов сводится к задаче выпуклого целочисленного программирования с целевой функцией, численное значение которой зависит от структуры графа и технологии проектирования.

2. Модернизация метода последовательных назначений для решения задачи оптимального распределения ресурсов по зависимым операциям

Для решения задачи оптимального распределения ресурсов предлагается использовать метод последовательного назначения, сущность которого заключается в распределении по n_1 объектам использования m^* типов средств, причем i_2 -й тип содержит b_{i_2} единиц средств и назначении их по одному из множества вариантов Y последовательностей $\{a_{k_1}^{(y\delta\delta)}\}$, $y = 1, 2, \dots, Y, k_1 = 1, 2, \dots, \gamma$. Причем каждый последующий номер средств i_3 и номер объекта j_2 для назначения определяется из (12):

$$\max_{\left(i_2: \sum_{j_1} u_{i_2, j_1} \leq b_{i_2} \right)} \max_{(j_1)} \Delta_{i_2} f_{j_1}^{ob} = \Delta_{i_3} f_{j_2}^{ob} \quad , \quad (12)$$

где $\Delta_{i_2} f_{j_1}^{ob}$ – приращение прибыли при назначении одной единицы средств:

$$\Delta_{i_2} f_{j_1}^{ob} = f_{j_1}^{ob}(u_{1, j_1}, \dots, u_{i_2, j_1}, u_{i_2, j_1} + 1, \dots, u_{m^*, j_1}) - f_{j_1}^{ob}(u_{1, j_1}, \dots, u_{i_2, j_1}, u_{i_2, j_1}, \dots, u_{m^*, j_1}) . \quad (13)$$

При использовании средств на j_1 -м объекте прибыль определяется как

$$M^{ob} = \sum_{j_1=1}^{n_1} f_{j_1}^{ob}(u_{1, j_1}, u_{2, j_1}, \dots, u_{i_2, j_1}, \dots, u_{m^*, j_1}) \quad ,$$

$$i_2 = 1, 2, \dots, m^* \quad , \quad j_1 = 1, 2, \dots, n_1 \quad , \quad (14)$$

где $u_{i_2, j_1} \geq 0$ – целое число единиц i_2 -го типа, выделенных на j_1 -ый объект.

Величина u_{i_2, j_1} задается в виде матрицы и является рациональным целочисленным планом распределения.

Существующий метод дает значительную погрешность при назначении средств только по одному варианту последовательности номеров типов средств и не учитывает возможность перераспределения специалистов с учетом их взаимозаменяемости, классности и обеспеченности инструментом (расходным материалом).

Для решения задачи перераспределения ресурсов предложена процедура совместного использования метода последовательного назначения и алгоритма направленного перебора. Если суммарная продолжительность выполнения операций задается в виде вогнутых и аддитивных функций, то математическое построение сетевой модели приводит к максимуму функции (3) в области (4)-(9) и обеспечивает получение ресурсного графа при последовательном назначении специалистов на операции целыми единицами. При этом определяется максимальное приращение целевой функции $\tilde{\Delta}_{i_2}$ как разница величин увеличения $\Delta_{i_2}^{(+)} f_{j_1}^{ob}$ и уменьшения $\Delta_{i_2}^{(-)} f_{j_1}^{ob}$ функции (13) при перераспределении ресурсов i_2 -го типа на j_1 -ый объект соответственно. Тогда выделенные средства будут распределены по объектам использования целыми единицами, а суммарная прибыль (14) будет максимальной.

Модернизация метода последовательных назначений заключается в том, что каждое значение плана распределения ресурсов делится на μ^{ob} целых частей, где $\mu^{ob} > 0$. Эти части принимаются за новые единицы, и рассчитывается новый план распределения выделенных ресурсов, который будет оптимальным с точностью до нескольких единиц плана. Расчет выполняется последовательно и повторяется до тех пор, пока значение приращения функции (14) не станет отрицательной величиной. Затем каждое значение полученного плана умножается на $(1 / \mu^{ob})$, который в результате будет являться оптимальным.

Алгоритм реализации модернизированного метода последовательных назначений



представлен на рисунке 1 (в блоках 1-3, 5, 6, 13-16 реализован известный метод последо-

вательного назначения).

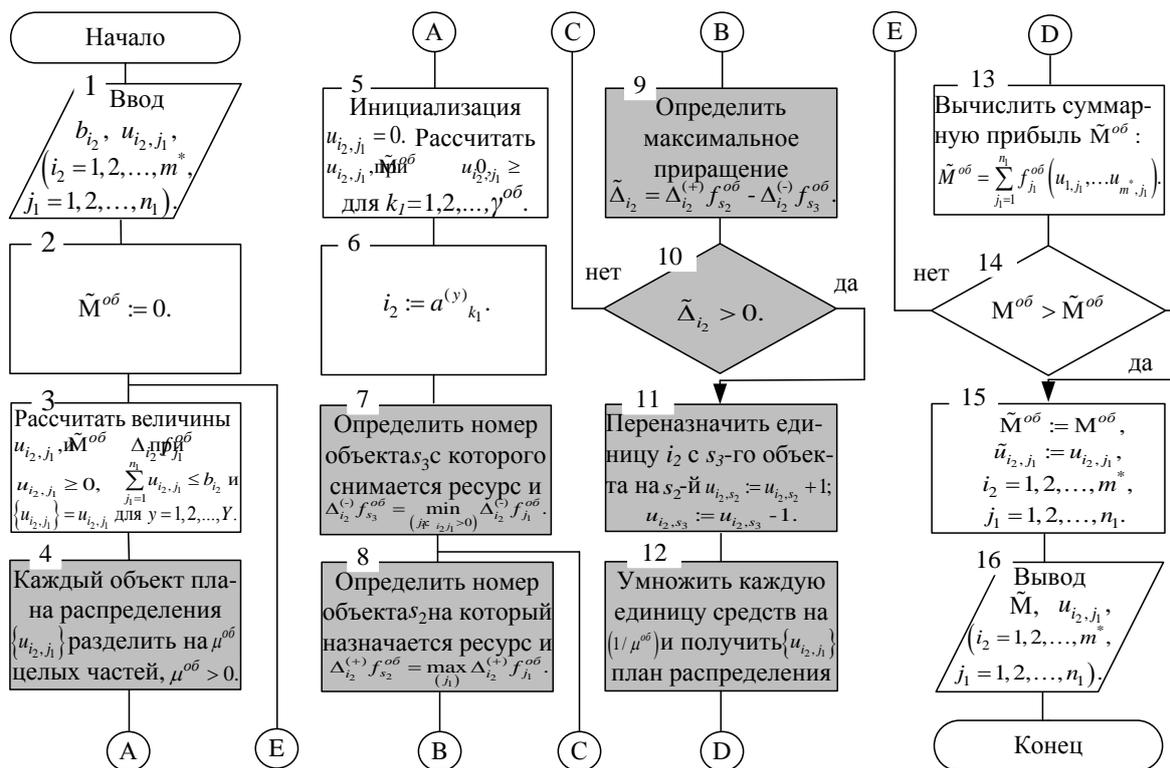


Рисунок 1 – Алгоритм реализации модернизированного метода последовательных назначений

Такой способ позволяет получить численное решение задачи с заданной степенью точности, если переназначение специалистов каждого типа с одной критической операции на другую производится по одной единице.

3. Структурная модель системы управления рациональным распределением ресурсов

Для того чтобы в системе управления рациональным распределением ресурсов (СУРРР) параметры сохраняли смысл, что и в СУ (без учета ресурсов), необходимо и достаточно между операциями сетевой модели установить, кроме технологических связей, связи по ресурсам. Справедливость утверждения доказана для главного параметра системы – критического пути (при условии постоянного качества выполнения операций). Разработанная СУРРР позволяет реализовывать процессы планирования, контроля и управления ресурсами [3]. При поступлении информации с блока 10 и ячейки 3 в системе предусмотрены средства сравнения (ячейки 8 и 9; 13 и 14) плановых

и фактических показателей (ячейки 6 и 7; 11 и 12; 18 и 19; 21 и 22). При несовпадении которых, учитывается их разница при очередном цикле функционирования системы, или информация поступает на выходы системы 1 и 2 соответственно. По связям между ячейками в системе осуществляется копирование соответствующих сохраненных величин. Разработанная СУРРР отличается от известных тем, что дополнительно введены на начальный момент времени T_1 устройство 4, ячейки 5, 11, 12, 14, 15, 16, 17, а на конечный момент времени T_2 – блок 24 и ячейки 18, 19, 25, 26. На вход 1 блока 1 поступает информация о наличии материальных и организационно-технических ресурсов и воздействиях внешней среды, а величина возврата ресурсов вводится оператором по входу 2 и 3 блока 2 соответственно. При этом в блоке 2 обратные связи с блоком 1 осуществляются по трем отдельным направлениям. Первое направление относится к организации обратных связей по возврату ресурсов, второе – к выполнению операций, третье – к

оптимальному перераспределению ресурсов посредством блока 24, который функционирует в соответствии с алгоритмом реализации модернизированного метода последовательных назначений. За счет организации функциональных связей между ячейками блока 2 и блока 1 реализуются асимметричная связь плоскости времени T_2 с T_1 . В основу функционирования СУРРР положена методика освоенного объема.

При воздействии внешних и внутренних возмущающих факторов система может отклоняться от заданной траектории, и тогда появляется необходимость в контроле и управлении. Периодический контроль в системе предлагается осуществлять должностными лицами на критических операциях.

Структурная модель СУРРР приведена на рисунке 2.

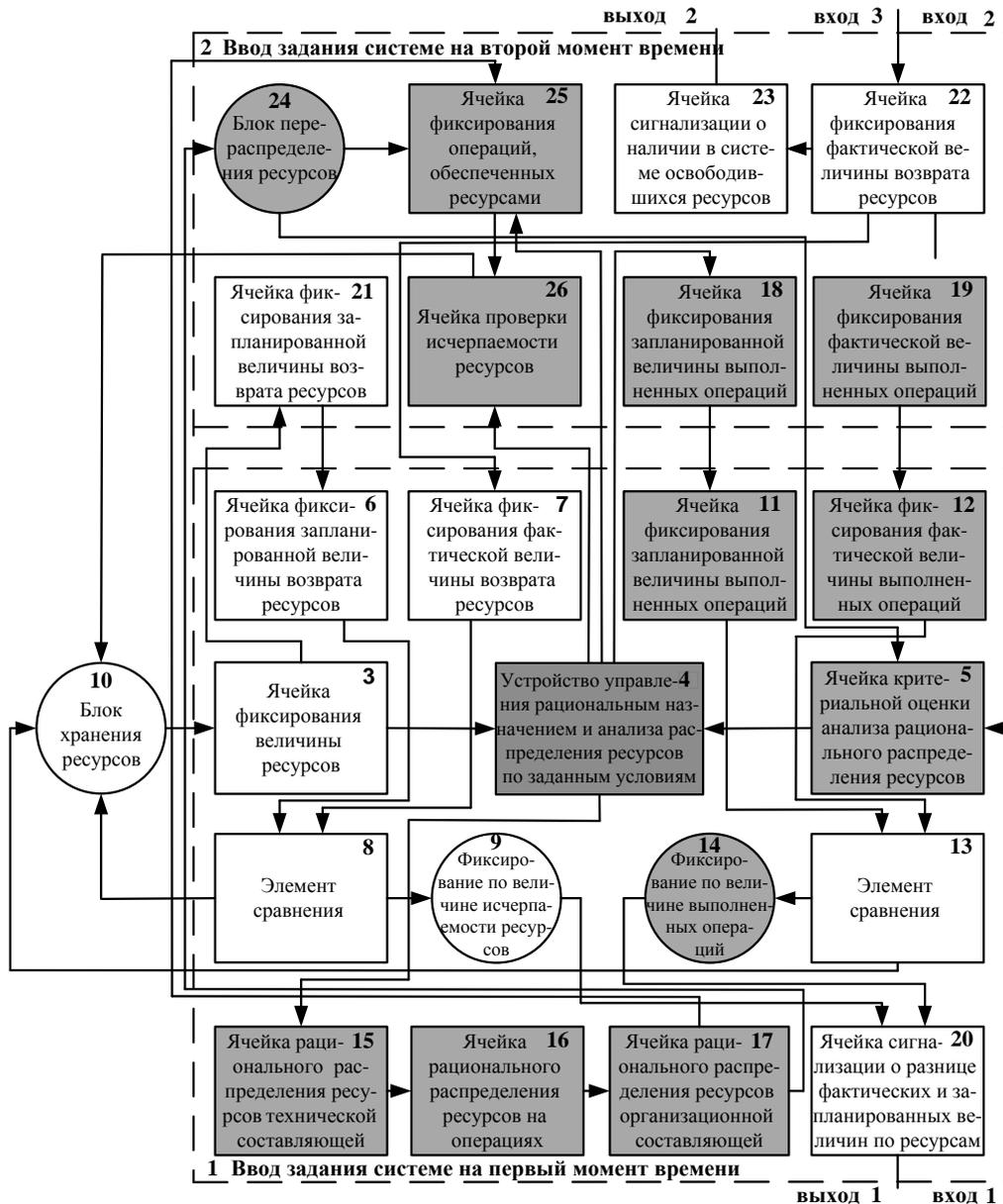


Рисунок 2 – Структурная модель СУРРР

На каждой итерации алгоритма специалисты h -го типа снимаются с некритических операций, обладающих полыми положительными резервами и резервов объемов

операций времени и переназначаются на выполнение критических операций, сокращение продолжительности которых обеспечивает приращение функции (3) на макси-



мальную величину. Затрачиваемое на это время определяется из условия уменьшения нормированного объема каждой операции. Алгоритм оптимального распределения ог-

раниченных организационно-технических ресурсов по зависимым операциям представлен на рисунке 3 [4,5].

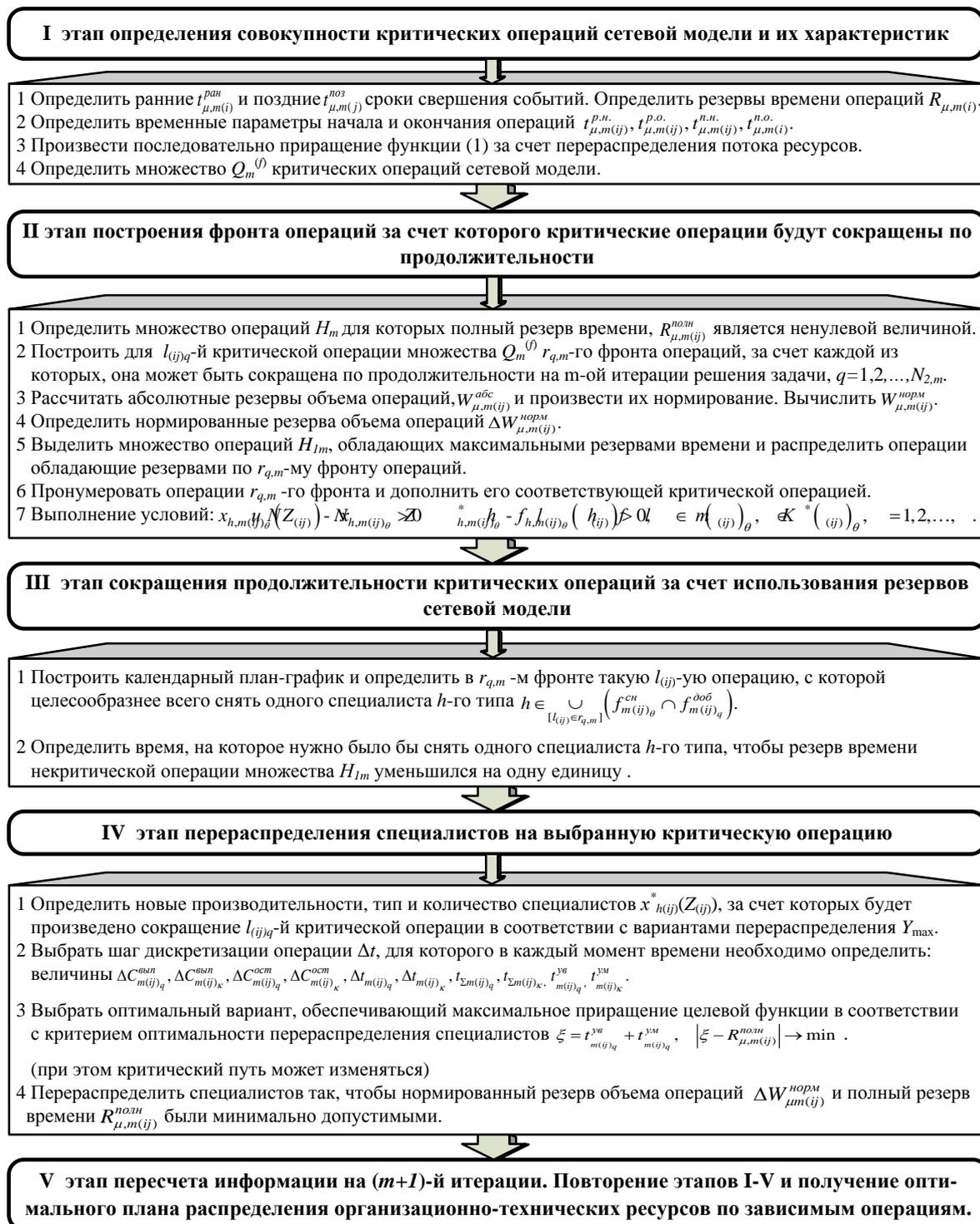


Рисунок 3 – Алгоритм оптимального распределения ограниченных организационно-технических ресурсов по зависимым операциям

4. Апробация и оценка эффективности

Этапы развертывания средств РТО на аэродроме рассредоточения в работе рассмот-

рены на примере радиолокационной системы посадки РСР-10МН. За счет минимизации полных резервов времени и нормированных резервов объемов операций критический путь может изменяться, тем самым оптимизируется и структура сетевой моде-

ли. На **рисунках 4 и 5** представлены соответственно исходная и полученная на третьей итерации решения задачи сетевая модель развертывания РСР-10МН.

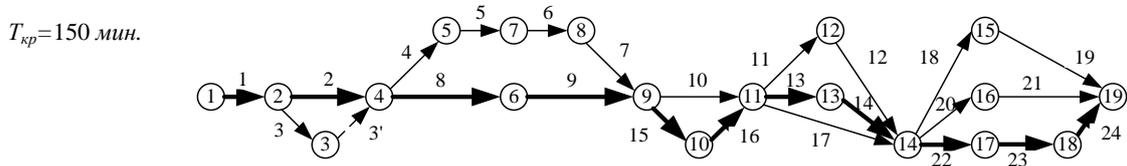


Рисунок 4 – Исходная сетевая модель развертывания РСР-10МН

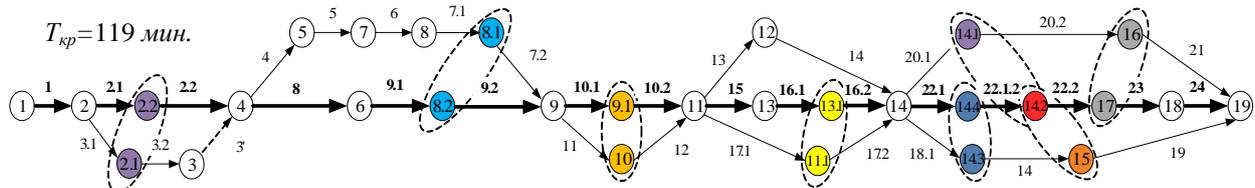


Рисунок 5 – Сетевая модель развертывания РСР-10МН на третьей итерации

Проведенный анализ показал, что полученная сетевая модель (с новым критическим путем) является оптимальной структурой и дальнейшее ее совершенствование представляется нецелесообразным.

На **рисунках 6 и 7** представлены графики зависимости трудоемкости критических операций и нормированного резерва объема операций от их количества соответственно при развертывании РСР-10МН.

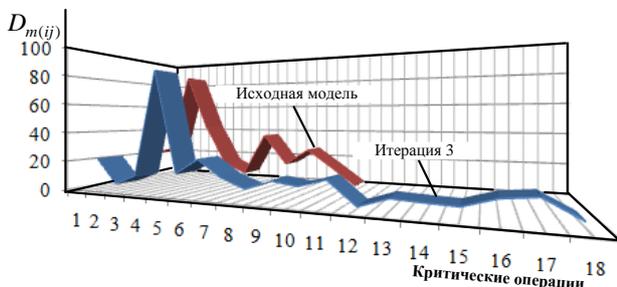


Рисунок 6 – Трудоемкость критических операций РСР-10МН

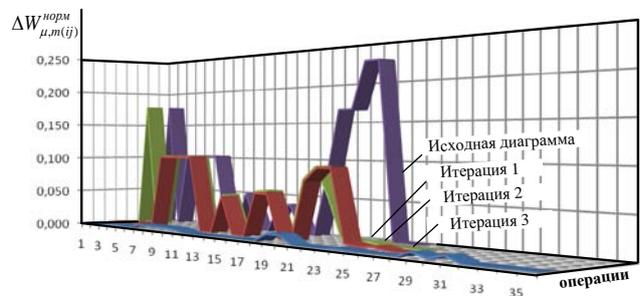


Рисунок 7 – Нормированный резерв объема операций РСР-10МН

Анализ результатов исследования показал, что за счет минимизации нормированных резервов объема $\Delta W_{\mu,m(ij)}^{норм}$ (с 0,0227 до 0,011) и полных резервов времени операций $R_{\mu,m(ij)}^{полн}$ (с 92 мин. до 4 мин.) критический путь сократится на 31 мин.

Расчеты суммарных трудозатрат G_{Σ} для каждой операции исходной сетевой модели составляют 19,9 челч (с учетом пассивных

трудозатрат по резервам времени – 4,6 челч) при нормативных трудозатратах 20 челч.

В результате решения задачи на 3-ей итерации трудозатраты составят 15,8 челч (при пассивных трудозатратах 0,183 челч). В ы-

игрыш по трудозатратам $\Delta G_{m(ij)}^{экон}$ составит 4,16 челч.

Для оценки готовности РСР-10МН к эффективному применению применяется коэффициент тактической маневренности



K_{TM} , который зависит от способности боевого расчета свертывать, совершать марш и разворачивать РСП-10МН на аэродроме за заданное время. На рисунках 8 и 9 представлены графики изменения коэффициента готовности и коэффициента тактической маневренности РСП-10МН от времени, ана-

лиз которых показал, что при базировании авиационного полка на аэродроме рассредоточения от 2,5-3,5 суток для РСП-10МН K_G увеличивается на 0,007, а K_{TM} улучшается на 0,004.

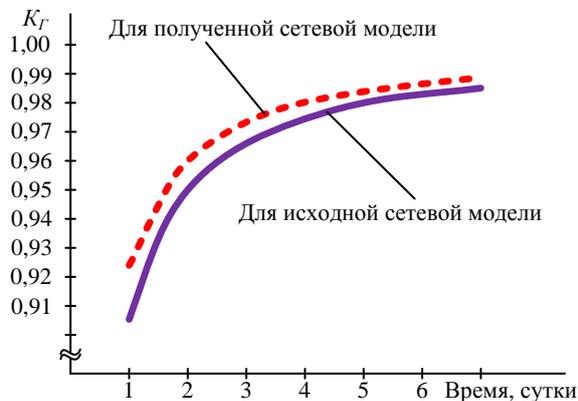


Рисунок 8 – Коэффициент готовности РСП-10МН

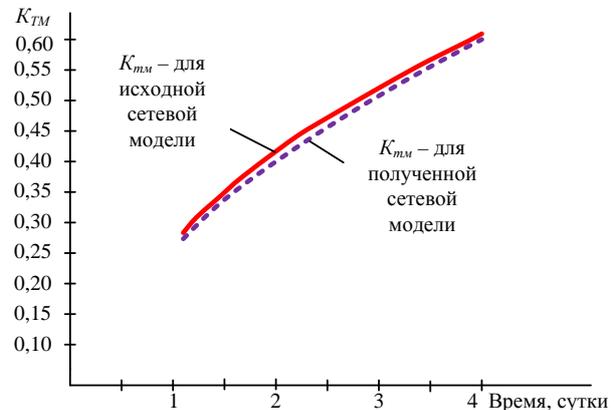


Рисунок 9 – Коэффициент тактической маневренности РСП-10МН

На рисунках 10 и 11 представлены календарный план-график развертывания

РСП-10МН и результаты экспериментальных исследований.

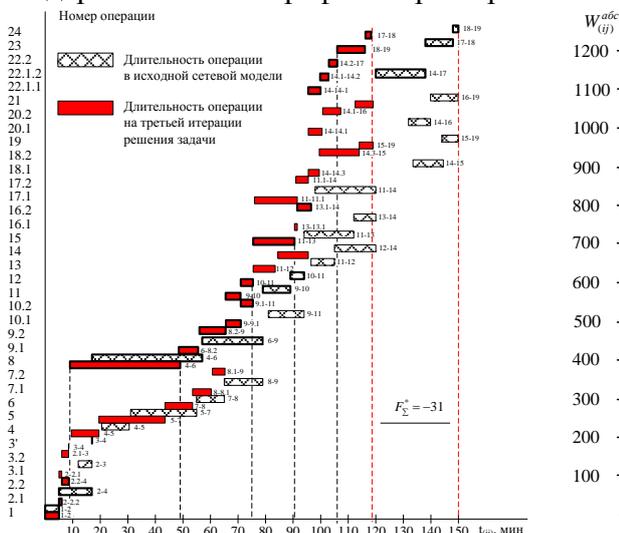


Рисунок 10 – Календарные планы-графики развертывания РСП-10МН

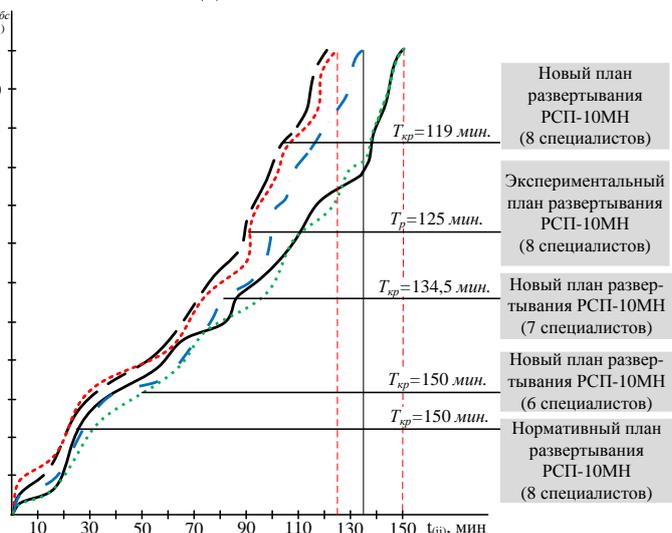


Рисунок 11 – Результаты экспериментальных исследований

Проведенный анализ показал, что применение модернизированного метода и алгоритма вызовет эффект, связанный с уменьшением временных затрат на развертывание РСП-10МН на 20,8 % по отношению к нормативным временным показателям. При

этом вероятность того, что РСП-10МН будет развернута не позднее 125 мин. составляет не менее 95 %. Основные результаты расчетов технико-экономических показателей для РСП-10МН приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов технико-экономических показателей

Технико-экономические показатели РСП-10МН	Экипаж из 8-ми специалистов	Экипаж из 7-ми специалистов	Экипаж из 6-ти специалистов
Время развертывания по нормативу	150 мин.	171 мин.	200 мин.
Время развертывания рассчитанное	119 мин.	134,5 мин.	150 мин.
Суммарные трудозатраты/экономия	15,8/4,16 чел·ч	14,9/4,93 чел·ч	14,1/5,84 чел·ч
Резерв времени до и после перераспределения	92 мин./4 мин.	83 мин./3,8 мин.	119 мин./5,2 мин.
Нормированные резервы объема операций	0,227/0,011	0,194/0,007	0,423/0,020
Производительность специалистов 3-го и 2-го класса до и после перераспределения на критические операции	0,169/0,162 0,204/0,196	0,189/0,184 0,229/0,223	0,195/0,191 0,243/0,239
Трудоемкость операций до и после перераспределения	293/254	346/312	371/343
Число перераспределений	8	8	10
Исходное и конечное число операций	25/36	25/32	25/35
Эффективность развертывания РСП-10МН	20,8 %	21,3 %	25 %

Разработанные предложения по совершенствованию методики развертывания РСП-10МН оформлены в виде пакетов прикладных программ [6,7] и могут быть применены в войсках связи РТО и АСУ ВВС, что позволит повысить готовность РСП-10МН к эффективному применению на аэродроме рассредоточения.

Список использованных источников

- 1 Зырянов Ю.Т. Управление профилактикой в организационно технических системах: монография / Под общ. ред. Ю.Т. Зырянова. – М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2005. – 160 с.
- 2 Зырянов Ю.Т., Коновалов О.А. Задача оптимального распределения ограниченных ресурсов организационно-технической системы по зависимым операциям и пути ее решения // Материалы IX научно-технической конференции «Повышение эффективности средств обработки информации на базе математического моделирования», 27-28 апреля 2009 г. – Тамбов: ТВВАИУРЭ, 2009. – Ч. II – С. 166-173.
- 3 Пат. 2375750 РФ. Система рационального распределения ресурсов / Ю.Т. Зырянов, О.А. Коновалов, К.А. Малыков (RU). –

№2008111831/09; Заяв. 27.03.08; Опубл. 10.12.09, Бюл. № 34.– 15 с.

4 Зырянов Ю.Т., Коновалов О.А. Алгоритм распределения ресурсов по множеству зависимых операций // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2009. – №10. – С. 9–14.

5 Зырянов Ю.Т., Коновалов О.А. Распределение ресурсов в организационно-технических системах по множеству зависимых операций // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные технологии – ключевое звено в возрождении отечественного авиастроения», 12-13 августа 2008г. – Казань: КГТУ, 2008. – С. 344-350.

6 Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ 2007612327 Российская Федерация. Распределение ограниченных ресурсов организационно-технической системы военного назначения по множеству зависимых операций; правообладатели Ю.Т. Зырянов, О.А. Коновалов, С.Е. Сухоруков. – 2007811388; заявл. 13.04.07.; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 4.06.07. – 1с.

7 Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ 2009612605 Российская Федерация. Алгоритмическое



обеспечение системы управления распределением ресурсов в организационно-технической системе по зависимым операциям с переменной интенсивностью выполнения работ; правообладатели О.А. Конова-

лов, Ю.Т. Зырянов. – 2009611379; заявл. 30.04.09.; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 22.05.09. – 1с.

