



УДК 358.4
ГРНТИ 78.27.49

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ МЕРОПРИЯТИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИИ ВКС, ВЫПОЛНЯЮЩЕЙ ЗАДАЧИ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ГРАНИЦ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Р.В. ЕФАНОВ

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Сызрань)

Р.Г. ХИЛЬЧЕНКО, кандидат военных наук

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

И.И. ЧЕРНУХО, кандидат технических наук

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

В статье предложен методический подход к обоснованию мероприятий материально-технического обеспечения авиации ВКС России, выполняющей задачи за пределами границ РФ. Подход состоит в поэтапной разработке описательной, динамической и аналитической модели исследуемого процесса на основе применения аппарата теории графов, автоматического управления и полумарковских случайных процессов, позволяющей оценить эффективность процесса в целом и влияние отдельных внешних факторов на конечный его результат.

Ключевые слова: обеспечение, район боевых действий, способ доставки, средство разведки, внешние силы.

METHODOICAL APPROACH TO THE AEROSPACE FORCES AVIATION PROVISION EVENT RATIONALE PERFORMING TASKS OUTSIDE THE BORDERS OF THE RUSSIAN FEDERATION

R.V. EFANOV

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Syzran)

R.G. HIL'CHENKO, Candidate of Military sciences

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

I.I. CHERNUHO, Candidate of Technical sciences

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

The article proposes the methodical approach to Aerospace Forces aviation material and technical support event rationale performing tasks outside the borders of the Russian Federation. The approach consists in the phased development of a descriptive, dynamic, and analytical model of the process under study based on the use of the graph theory apparatus, automatic control, and semi-markov random processes, which makes it possible to evaluate the overall efficiency of the process and the influence of individual external factors on its final result.

Keywords: support, combat area, delivery method, intelligence tool, external forces.

Введение. В настоящее время, когда Российская Федерация вынуждена выполнять военные задачи (миссии) за пределами границ собственной территории, наиболее остро стоит вопрос о материально-техническом обеспечении (МТО) своих войск (сил) в районах выполнения боевых задач. Так авиация ВКС в связи с потерями или естественными поломками (отказами) авиационной техники может испытывать нужду в запасных инструментах и принадлежностях, а также в конструктивно-съемных узлах и агрегатах. В таких условиях



пунктами управления (штабами или ГШ ВКС) организуется доставка необходимых материально-технических средств (МТС) в отдаленные пункты временной дислокации авиации.

Актуальность. Решение вышеуказанной задачи будет происходить в условиях преодоления возможных трудностей преднамеренного и непреднамеренного характера. К непреднамеренным из них можно отнести: организацию поиска МТС на базах хранения, координацию по времени и объему МТС погрузочно-разгрузочных работ, доставку в пункт сбора, сортировку груза по направлениям, выбор оптимального вида транспорта и др. При этом, сам процесс МТО может протекать в условиях преднамеренно вызванных трудностей со стороны внешних сил (потенциального противника), действующих на различных этапах рассматриваемого процесса. Учет этих трудностей, а также обоснование рекомендаций по их преодолению требует разработки математического аппарата оценки эффективности МТО в заданных условиях.

Поэтому целью настоящей работы является разработка математической модели процесса МТО авиации ВКС, выполняющей задачи за пределами границ РФ, позволяющей оценить эффективность процесса в целом и влияние отдельных внешних факторов на конечный его результат.

Для достижения этой цели рассмотрим основные этапы процесса МТО, которые в виде структуры представлены на рисунке 1.

Используемые на рисунке сокращения имеют следующее толкование: ПОМ – пункт отправки МТС морским транспортом; ПОВ – пункт отправки МТС воздушным транспортом; ПОН – пункт отправки МТС наземным транспортом; БХ – база хранения МТС; ПУ – пункт управления; ОТА, АА, ДА и ВТА – рода авиации ВКС: оперативно-тактическая, армейская, дальняя и военно-транспортная.

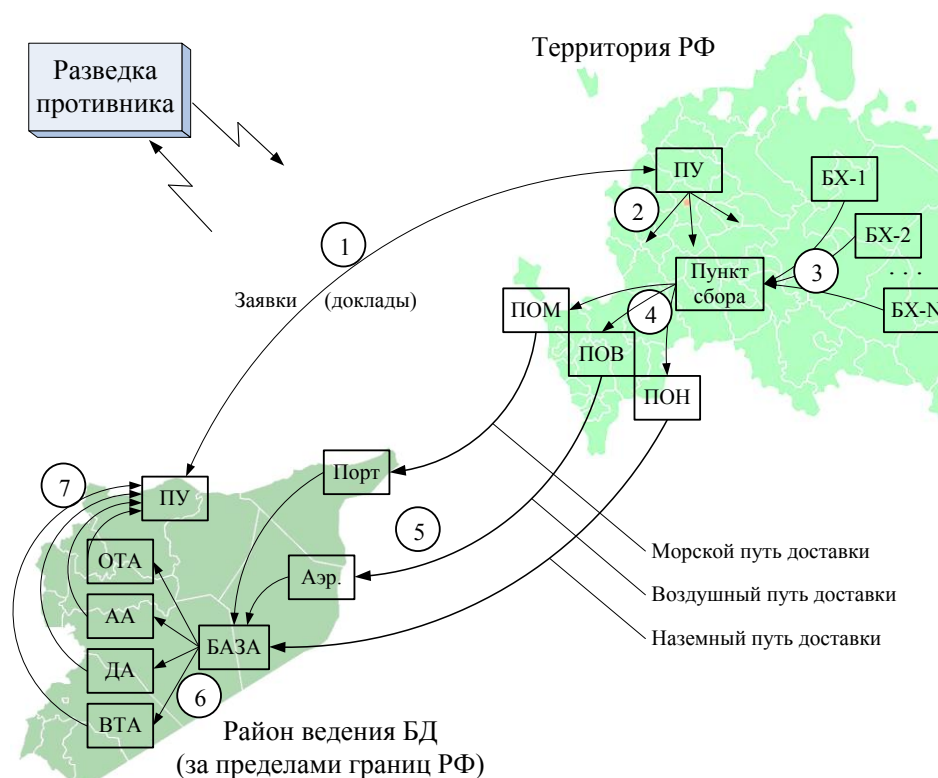


Рисунок 1 – Структура модели процесса МТО авиации ВКС, выполняющей задачи за пределами границ РФ

Содержание этапов процесса МТО авиации ВКС, выполняющей задачи за пределами границ РФ, представлено описательной моделью, показанной на рисунке 2.



В соответствии со структурой модели, показанной на рисунке 1, и с учетом логической последовательности ее этапов (рисунок 2), динамика процесса МТО авиации ВКС, выполняющей задачи за пределами границ РФ, может быть описана с помощью графа состояний, представленного на рисунке 3.

Дополнительно к состояниям, раскрытым в описательной модели (рисунок 2), в динамическую модель введены состояния C_8 и C_9 , характеризующие возможность неполучения общей заявки на МТС пунктом управления на территории РФ (получение заявки не подтверждено) и приостановление процесса доставки МТС под воздействием внешних сил (противник, таможня и др.) соответственно. Каждый из переходов " $i \rightarrow j$ " представленного графа характеризуется вероятностью P_{ij} перехода и плотностью вероятности $\varphi_{ij}(t)$ времени ожидания системы в состоянии i перед мгновенным переходом в состояние j [1].



Рисунок 2 – Описательная модель процесса МТО авиации ВКС, выполняющей задачи за пределами границ РФ

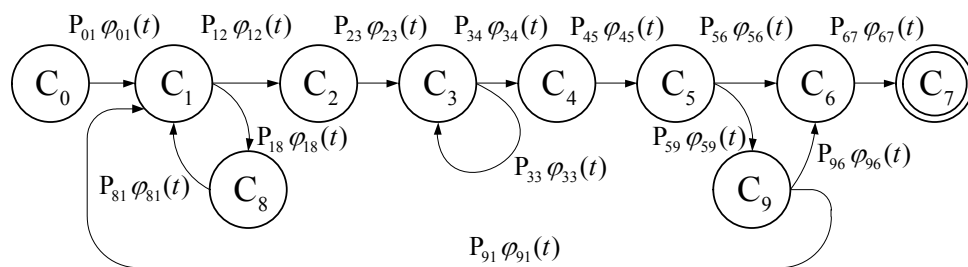


Рисунок 3 – Динамическая модель процесса МТО авиации ВКС, выполняющей задачи за пределами границ РФ, в виде ориентированного графа состояний



Кроме того, динамика исследуемого процесса отражает его цикличность на этапах отправки общей заявки на МТС с возможностью ее неполучения " $C_1 \rightarrow C_8 \rightarrow C_1$ ", поиска заказанных МТС на базах хранения " $C_3 \rightarrow C_3$ " и срыва процесса доставки МТС под воздействием внешних сил " $C_1 \rightarrow \dots \rightarrow C_5 \rightarrow C_9 \rightarrow C_1$ ". Наличие этих циклов существенно влияет на оперативность всего процесса МТО, и если не удастся их исключить, то необходимо стремиться к минимизации вероятностей переходов P_{18} , P_{33} и P_{59} , P_{91} .

Для аналитического представления указанного процесса, позволяющего оценить вклад характеристик отдельных переходов на результат процесса в целом, воспользуемся методическим подходом, описанным в [2, 3], и представим граф состояний (рисунок 3) в форме передаточных функций. Динамическая модель в этом случае приобретет вид, показанный на рисунке 4.

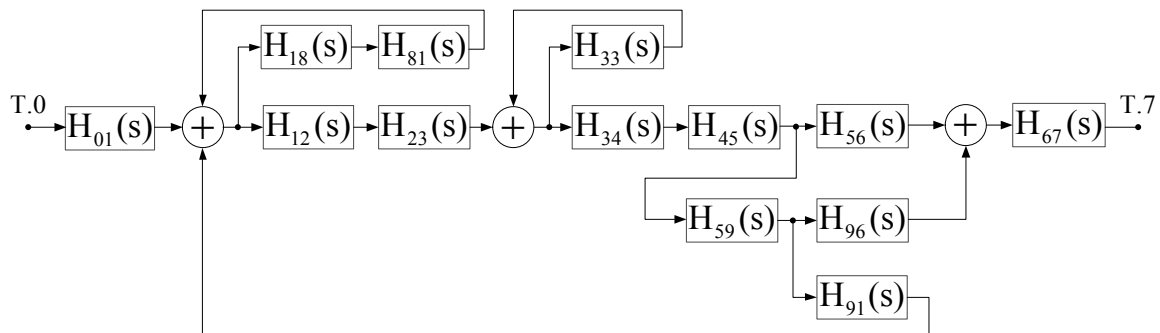


Рисунок 4 – Динамическая модель процесса МТО авиации ВКС, выполняющей задачи за пределами границ РФ, в форме передаточных функций

Передаточная функция $H_{ij}(s)$ каждого перехода динамической модели представляет собой произведение вероятности перехода " $i \rightarrow j$ " на плотность вероятности времени ожидания при переходе в форме преобразования Лапласа:

$$H_{ij}(s) = L_s \{ P_{ij} \cdot \varphi_{ij}(t) \} = P_{ij} \cdot \varphi_{ij}(s) , \quad (1)$$

где $L_s \{x\}$ – оператор преобразования Лапласа, позволяющий перейти от плотности $\varphi_{ij}(t)$ распределения случайной величины t к передаточной $\varphi_{ij}(s)$ функции (изображение плотности распределения).

Применив правила преобразования передаточных функций, по аналогии с [4], получим общую передаточную функцию, характеризующую единый переход рассматриваемого процесса из исходного состояния C_0 в конечное C_7 (из точки T.0 в точку T.7):

$$H_{\text{общ}}(s) = \frac{H_{01}(s)H_{15}(s)[H_{56}(s) + H_{59}(s)H_{96}(s)]H_{67}(s)}{[1 - H_{18}(s)H_{81}(s)][1 - H_{33}(s)] - H_{15}(s)H_{59}(s)H_{91}(s)} , \quad (2)$$

где $H_{15}(s) = H_{12}(s)H_{23}(s)H_{34}(s)H_{45}(s)$.

Перейдем в выражении (2) от изображения к оригиналу:

$$H_{\text{общ}}(t) = L_s^{-1} \{ 1/s \cdot H_{\text{общ}}(s) \} = P_{07}(t) , \quad (3)$$



где $L_s^{-1}\{x\}$ – оператор обратного преобразования Лапласа. При этом величина $H_{\text{общ}}(t)$ представляет собой значение вероятности успешного завершения рассматриваемого процесса МТО $P_{07}(t)$ к некоторому моменту времени t .

Выражения (1) – (3) представляют собой математическую модель процесса МТО авиации ВКС, выполняющей задачи за пределами границ РФ. На основании этих выражений построим зависимость вероятности выполнения задачи по МТО от времени ее решения и проверим адекватность полученной математической модели по выполнению условия нормировки.

Будем считать, что время, как случайная величина, распределено по экспоненциальному закону:

$$\varphi_{ij}(t) = \lambda_{ij} \exp\{-\lambda_{ij} \cdot t\}, \quad (4)$$

где $\lambda_{ij} = 1/\bar{T}_{ij}$ – интенсивности переходов, \bar{T}_{ij} – среднее значение времени рассматриваемого перехода " $i \rightarrow j$ ". Тогда, используя исходные данные в виде значений вероятности и среднего времени всех переходов динамической модели максимально приближенными к реальным значениям (таблица 1), зависимость вероятности успешного завершения процесса МТО воздушным транспортом от времени его выполнения будет иметь вид, показанный на рисунке 5.

Таблица 1 – Значения вероятности и интенсивности (среднего времени) переходов

	0 → 1	1 → 2	2 → 3	3 → 4	4 → 5	5 → 6	6 → 7
P_{ij}	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1
\bar{T}_{ij} [ч]	1	1	1	1	1	5	1
	1 → 8	8 → 1	3 → 3	5 → 9	9 → 6	9 → 1	
P_{ij}	$(1 - P_{12})$	1	$(1 - P_{34})$	$(1 - P_{56})$	0,5	$(1 - P_{96})$	
\bar{T}_{ij} [ч]	1	0,5	0,25	4	3	3	

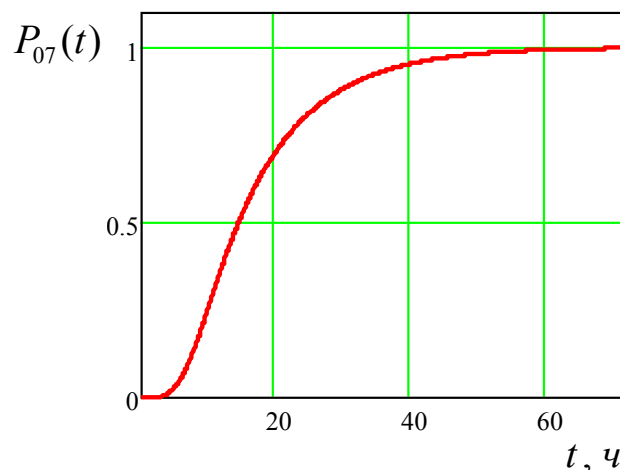


Рисунок 5 – Зависимость вероятности успешного завершения процесса МТО воздушным транспортом от времени его выполнения

Полученная зависимость (рисунок 5) отражает возможности сил и средств, задействованных для выполнения задачи МТО на рассматриваемом временном интервале



времени t , выраженном в часах. При отсутствии в передаточной функции (рисунок 4) «потерь», когда все циклы замкнуты и имеется один выход (точка Т.7), адекватность полученной математической модели может быть подтверждена выполнением условия нормировки:

$$P_{07} = \lim_{t \rightarrow \infty} [P_{07}(t)] = 1, \quad (5)$$

что и демонстрирует полученная на рисунке 5 зависимость.

Однако МТО помимо вероятности его успешного завершения характеризуется также оперативностью решения всех задач от заявки на МТС до доклада о ее исполнении. Особенно это критично для условий, когда ВКС РФ решают боевые задачи за пределами государственных границ с достаточно высокой интенсивностью. Применение метода передаточных функций также позволяет рассчитать общее среднее время выполнения МТО в заданных условиях, как начальный момент 1-го порядка дифференцированием передаточной функции по s и приравниванием нулю полученной производной:

$$\bar{T}_{\text{общ}} = -\left. \frac{d}{ds} H_{\text{общ}}(s) \right|_{s=0}. \quad (6)$$

Выражение для определения дисперсии времени перехода в общем случае может быть представлено в виде:

$$\sigma_{\text{Тобщ}}^2 = \left\{ \frac{d^2}{ds^2} H_{\text{общ}}(s) - \left(-\frac{d}{ds} H_{\text{общ}}(s) \right)^2 \right\} \Big|_{s=0}. \quad (7)$$

Вместе с тем на оперативность могут оказать существенное влияние внешние силы, заинтересованные в срыве процесса МТО, а также в максимальном его затягивании на этапе доставки МТС в район выполнения БЗ (переходы 5 → 6, 9 → 6). Так воздействие внешних сил на процесс МТО можно оценить из графиков, представленных на рисунке 6.

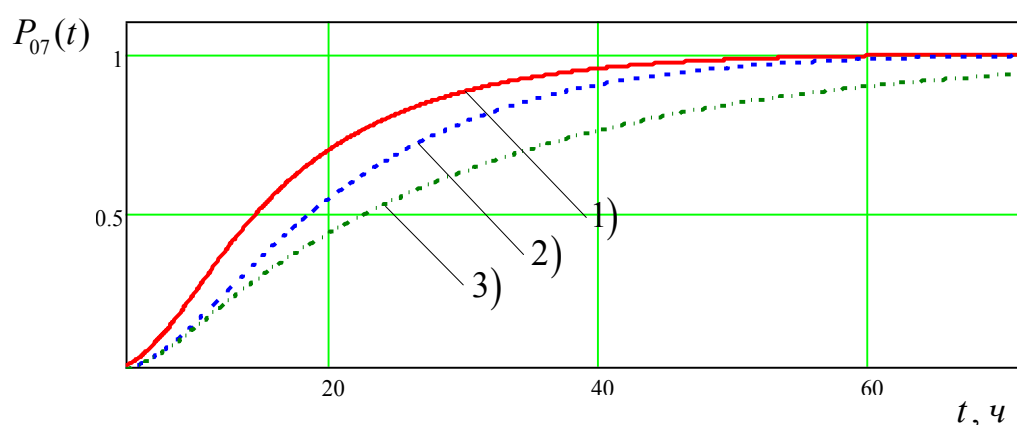


Рисунок 6 – Вероятностно-временные зависимости процесса МТО для разных условий, создаваемых воздействием внешних сил

Зависимость 1) рисунка 6 построена по исходным данным таблицы 1 и совпадает с зависимостью, показанной на рисунке 5. Зависимость 2) отражает процесс МТО в условиях, когда воздействие внешних сил направлено на «затягивание» доставки МТС в назначенный



район БД путем увеличения времени доставки \bar{T}_{56} и времени преодоления срыва доставки \bar{T}_{96} в 2 раза. Зависимость 3) характеризует рассматриваемый процесс МТО в условиях, когда под воздействием внешних сил вероятность срыва доставки МТС, определяемая значениями величин P_{59} и P_{91} , увеличилась с 0,5 до 0,75.

На основании выражения (6) среднее время выполнения всех этапов процесса МТО для условий, определяющих построенные зависимости 1), 2) и 3) рисунка 6, будет иметь значения: 18, 22 и 30 часов, соответственно.

Представленные на рисунке 6 зависимости наглядно демонстрируют тот факт, что внешние силы способны внести существенные трудности в МТО путем воздействия (вмешательства) на этап доставки МТС выбранным видом транспорта. При этом комплексное вмешательство противника на различных этапах исследуемого процесса ставит под сомнение успешное его завершение за выделенный интервал времени.

Поэтому с целью повышения эффективности процесса МТО авиации ВКС России, выполняющей задачи по предназначению за пределами территории РФ, необходимым является разработка комплекса мероприятий по скрытому управлению МТО на всех его этапах, с одной стороны, и активному противодействию средствам технической разведки потенциального противника, с другой стороны.

Выводы. Таким образом, разработанная математическая модель процесса МТО авиации ВКС России, действующей в отдаленных районах, позволяет количественно оценить эффективность процесса в условиях возможного воздействия внешних сил. С помощью указанной модели можно оценить вклад в общий результат отдельных мер защиты рассматриваемого процесса, применяемых на различных его этапах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения. Монография / Под ред. Ю.Л. Козирацкого. М.: Радиотехника, 2013. 232 с.
2. Модели пространственного и частотного поиска. Монография / Под ред. Ю.Л. Козирацкого. М.: Радиотехника, 2014. 344 с.
3. Козирацкий Ю.Л., Сирота А.А., Хильченко Р.Г. Исследование влияния информационного обеспечения средств вооружения на исход дуэли «самолет-перехватчик – вертолет» // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XV международной научно-методической конференции. Воронеж: ВГУ, 2015. С. 284–289.
4. Козирацкий Ю.Л., Хильченко Р.Г., Шутько Е.М. Вероятностная модель защиты летательного аппарата от управляемых ракет на основе пространственных образований из микростеклосфер // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XIX международной научно-методической конференции. Воронеж: ВГУ, 2019. С. 379–385.

REFERENCES

1. Modeli informacionnogo konflikta sredstv poiska i obnaruzheniya. Monografiya / Pod red. Yu.L. Kozirackogo. M.: Radiotekhnika, 2013. 232 p.
2. Modeli prostranstvennogo i chastotnogo poiska. Monografiya / Pod red. Yu.L. Kozirackogo. M.: Radiotekhnika, 2014. 344 p.
3. Kozirackij Yu.L., Sirota A.A., Hil'chenko R.G. Issledovanie vliyaniya informacionnogo obespecheniya sredstv vooruzheniya na ishod du'eli «samolet-perehvatchik - vertolet» // Informatika: problemy, metodologiya, tehnologii: materialy XV mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii. Voronezh: VGU, 2015. pp. 284–289.



4. Kozirackij Yu.L., Hil'chenko R.G., Shut'ko E.M. Veroyatnostnaya model' zaschity letatel'nogo apparata ot upravlyaemyh raket na osnove prostranstvennyh obrazovaniy iz mikrosteklosfer // Informatika: problemy, metodologiya, tehnologii: materialy XIX mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii. Voronezh: VGU, 2019. pp. 379–385.

© Ефанов Р.В., Хильченко Р.Г., Чернухо И.И., 2019

Ефанов Роман Владимирович, заместитель начальника филиала по материально-техническому обеспечению, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (филиал, г. Сызрань, Самарская область), Россия, 446007, Самарская область, г. Сызрань-7, ул. Маршала Жукова, д. 1, afhsp@mail.ru.

Хильченко Роман Геннадьевич, кандидат военных наук, преподаватель 51 кафедры радиоэлектронной борьбы (и технического обеспечения частей РЭБ), 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, hrg-1984@yandex.ru.

Чернухо Иван Иванович, кандидат технических наук, заместитель начальника по вооружению, 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.