

Математическая модель оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием

С.С. Белоусов¹, e-mail: belousovtel@yandex.ru

П. А. Федюнин¹, e-mail: fpa1@yandex.ru

М.А. Стафеев¹

¹ ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

***Аннотация.** В данной статье рассматривается подход к математическому описанию процесса управления авиационным формированием с позиции непрерывности, а также схематично представлена математическая модель расчета вероятности непрерывности управления.*

***Ключевые слова:** математическая модель, непрерывность управления, система связи.*

Введение

Выполнение поставленных задач силами авиационных формирований во многом зависит от качества управления ими соответствующими должностными лицами, анализ источников в данной области показал, что наиболее проработанными на сегодняшний день являются такие свойства процесса управления как устойчивость, оперативность и скрытность управления, в свою очередь наименее раскрытым, по мнению авторов, является непрерывность управления.

Под непрерывностью управления авиационным формированием в статье понимается способность системы управления обеспечить процесс управления в необходимом темпе и функционирование управляемых сил без снижения их боевой готовности, устойчивости и эффективности [1].

Любая система включает множество различных элементов, находящихся в отношениях и связях между собой и образующих определенную целостность, это положение в полной мере относится и к системе военного управления [2]. Технической основой указанной системы является система связи, которая выполняет функции по обеспечению обмена данными между элементами системы управления и степени реализации ее возможностей, во многом, определяется результат, который может быть достигнут авиационным формированием. Резюмируя сказанное, оценить возможности системы связи – это значит произвести сопоставление значений показателей,

характеризующих ее возможностей по обеспечению процесса управления с эталонными (нормативными) значениями, предварительно произведя измерение – алгоритмическую операцию, в результате которой получают значение показателя (количественную меру свойства), связывающего физическую интенсивность свойства с числом.

Широкое внедрение математических методов в область управления боевыми и обеспечивающими действиями авиации ставит перед собой главную цель – усовершенствовать процедуру принятия решения, сделав ее более обоснованной [3,4], рациональное применение данных методов позволяет, опираясь на результаты анализа прикладной области, построить математическую модель, и далее на ее основе дать оценку возможностей существующей системы связи авиационного формирования, а также осуществить прогноз их изменений с учетом влияния различных факторов.

Целью статьи является разработка математической модели оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием. На основе каких показателей и критериев будет построена рассматриваемая математическая модель и в чем ее отличие от существующих будет разобрано авторами в статье.

1. Выбор системы показателей и критериев оценки

Ресурсы системы связи служат для обеспечения обмена информацией между субъектами и объектами управления. При этом по каналу прямой связи передаются управляющие воздействия, а по каналу обратной связи – в информация о состоянии объекта. Совокупность, включающую субъект управления, объекты управления и ресурсы системы связи, будем называть системой управления. Для обеспечения потребности системы управления в информационном обмене и решения задач управления на базе системы связи создаются информационные направления, которые реализуются направлениями связи. Таким образом, направления связи являются тем объектом, который связывает в единое целое систему связи (так как информационное направление базируется на направлении связи) и систему управления (так как создается в целях решения задач управления).

Наглядно влияние состояния системы связи на качество процесса управления авиационными формированиями представлено на рисунке 1.

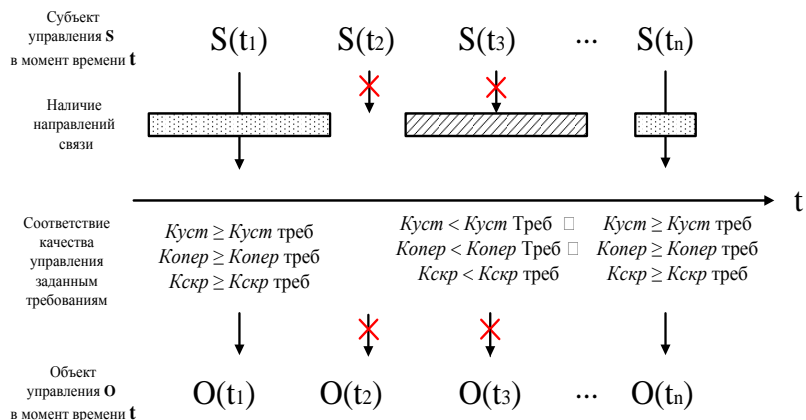


Рис. 1. Влияние состояния системы связи на качество процесса управления авиационными формированиями

Определяя критерии оценки возможностей системы связи обеспечить непрерывность прохождения управляющих воздействий авторами предлагается рассмотреть число действующих направлений связи между наземным пунктом управления и авиационным комплексом как основу для прохождения команд и отчетов в необходимом темпе, с дальнейшей оценкой оставшихся качеств управления (устойчивости, оперативности и скрытности) в рамках рассматриваемого временного интервала. На рисунке 1 управляющие воздействия t_1 и t_n удовлетворяют одновременно условиям по наличию необходимого количества направлений связи $N_{\text{треб}}$ (как характеристики непрерывности управления) и требованиям $K_{уст \text{ _треб}}$, $K_{опер \text{ _треб}}$, $K_{скр \text{ _треб}}$ (характеризующие соответственно устойчивость, оперативность и скрытность управления). В свою очередь, в момент времени t_2 не выполняются требования по наличию необходимых направлений связи $N_{\text{треб}}$. Рассматривая систему связи в момент времени t_3 и отклонения от требований хотя бы по одному из $K_{уст \text{ _треб}}$, $K_{опер \text{ _треб}}$, $K_{скр \text{ _треб}}$ позволяют говорить о высоковероятной потере управления авиационным комплексом.

Из чего следует, что критерием для оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационными комплексами является предоставление требуемого количества

направлений связи $N_{\text{треб}}$ между бортами и наземными пунктами управления.

С позиции теории управления вероятность того, что управление авиационным формированием будет непрерывным характеризуется вероятностью непрерывного управления принятого за обобщенный показатель и может быть получено путем решения уравнения:

$$P_{\text{нп}} = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \left[1 - e^{-\frac{t}{T_e}} \right] e^{-\frac{t}{T_{np}}}, \quad (1)$$

- $\alpha = \frac{1}{T_e}$ – интенсивность восстановления управленческих функций;
- $\beta = \frac{1}{T_{np}}$ – интенсивность потери управленческих функций;
- T_{np} – среднее время между интервалами потери управления;
- T_e – среднее время восстановления управленческих функций.

Переходя к выбору показателей необходимо пояснить, что выполнение поставленной задачи авиационным формированием будет производиться в несколько этапов и на каждом из этапов в зависимости от складывающейся обстановки система связи должна предоставлять требуемый ресурс системы связи (направлений связи). При этом число объектов управления (авиационных комплексов) по ходу выполнения поставленной задачи может остаться постоянным (за исключением понесенных потерь), однако субъекты управления (пункты управления) могут изменяться. Это связано, прежде всего, с заданными рубежами передачи управления согласно заблаговременно созданного плана управления, так и в связи с необходимостью поддержания требуемого уровня качества управления при деструктивном воздействии противника. Данная ситуация в графическом виде показана на рисунке 2, где по оси t показано время выполнения поставленной задачи как в целом так и по этапам ее выполнения, по оси $P_{\text{нп}}(t)$ уровень непрерывности управления (при $P_{\text{нп}}(t) = 1$ управление идеальное, при $P_{\text{нп}}(t) < 0,8$ управление считается потерянным), а также график $U(t)_i$ характеризующие возможности системы связи i -го ПУ обеспечить процесс передачи управляющих воздействий в необходимом темпе.

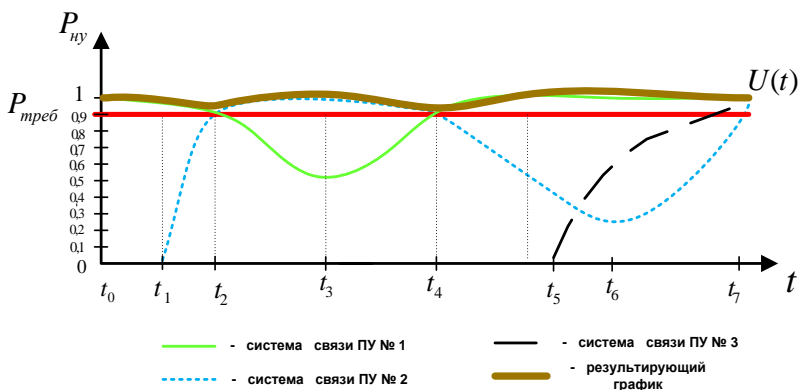


Рис. 2. График зависимости вероятности непрерывности управления от показателей T_{np} и T_e системы связи (вариант)

Приоритетным направлением при анализе возможностей системы связи i -го ПУ является установление момента времени, когда график функции $U(t)_i$ пересечет линию $P_{треб}$, что можно приравнять к потере управления объектом, и в целях недопущения указанной ситуации, система связи должна своевременно осуществить проверку состояния ресурса связи (направлений связи) на том ПУ, с которого согласно приоритета будет далее осуществляться управление, далее на основании решения должностного лица органа управления обеспечить передачу управления с одного субъекта на другой.

Если при обеспечении требуемого качества управления в исходном состоянии системы управления главенствующую роль играет показатель устойчивости системы связи, характеризующий ее способность обеспечивать управление при всех воздействующих факторах, то при решении задачи по обеспечению передачи управления с одного пункта управления на другой наиболее актуальным предлагается рассмотрение показателя мобильности ресурса системы связи $P_{моб}$. Указанный показатель, характеризует возможность оперативного переключения каналов связи на приоритетный субъект управления, а также использование полевой компоненты системы связи для наращивания своих возможностей на избранном информационном направлении. В комплексе данное решение позволит с момента времени t_2 обеспечить функционирование необходимого числа направлений связи и

своевременно прекратить снижение вероятности непрерывного управления, а также предоставит время для восстановления состояния системы связи до требуемого уровня.

Также среди показателей характеризующих возможности системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационными формированиями предлагается рассмотреть доступность ресурса системы связи $P_{дост}$, позволяющий учесть обеспечение возможности должностным лицам органов и пунктов управления различных звеньев получения доступа к ресурсам системы связи при сохранении установленных приоритетов и способов установления связи.

На основании вышеизложенного, при оценке возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационными формированиями может быть применена следующая система показателей:

обобщенный показатель: вероятность непрерывности управления авиационным формированием - $P_{пн}(t)$;

общие показатели: вероятность сохранения требуемого количества функционирующих направлений связи $P_{R_сохр}$, а также вероятность восстановления требуемого количества функционирующих направлений связи $P_{R_восст}$;

частные показатели: вероятность устойчивости требуемого ресурса системы связи $P_{уст}$, вероятность мобильности требуемого ресурса системы связи $P_{моб}$, вероятность доступности требуемого ресурса системы связи $P_{дост}$.

2. Построение математической модели оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием

Приведенные рассуждения можно представить в виде математической модели, которая в общем виде позволит описать порядок проведения расчетом искомой величины – вероятности непрерывности управления авиационным формированием при выполнении поставленной задачи. Очевидным преимуществом данной математической модели является учет деструктивного воздействия противника, а также динамики выполнения поставленной задачи за счет применения указанных исходных данных при расчетах возможностей системы связи и учета важности направлений связи при определении вероятности ее устойчивости.

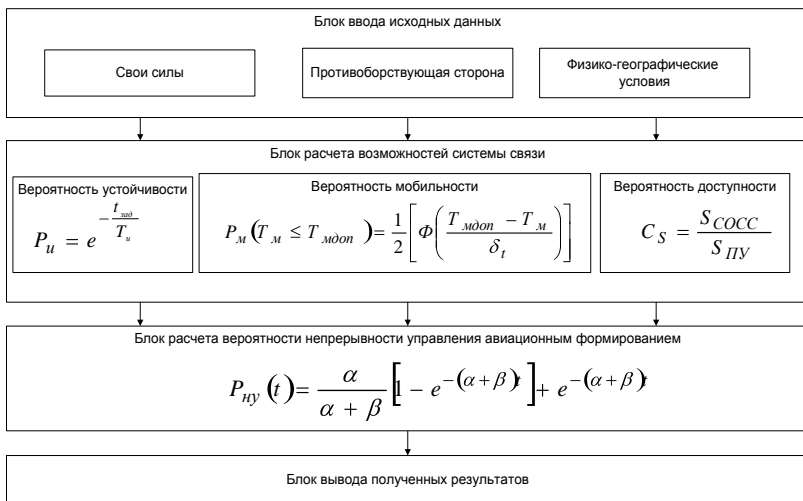


Рис. 3. Математическая модель оценки возможностей системы связи по обеспечению непрерывности управления авиационным формированием (вариант)

Заключение

Математическое моделирование при исследовании выполнения поставленных задач авиационными формированиями оказывается практически единственным средством познания вследствие трудностей постановки экспериментов и наблюдения явлений в реальных условиях, оно позволяет не только учитывать динамику взаимодействия элементов и параметров систем в пространстве и во времени, но и предоставляет возможность изменять масштаб времени и описывать поведение компонентов сложной системы на высоком уровне детализации.

Однако необходимо упомянуть, что какой хорошей бы ни была созданная модель изучаемой системы, основной интерес для командиров всех звеньев управления представляет не сама математическая модель, а получаемые с ее помощью и интерпретируемые результаты решения реальной проблемы. Кроме того, информация, получаемая с помощью модели, должна быть приемлемой с практической точки зрения, тогда можно говорить о том, что получен мощный и гибкий «инструмент» для получения научных результатов в области исследования.

Литература

1. Основы теории управления войсками / [П. К. Алтухов, И. А. Афонский, И. В. Рыболовский, А. Е. Татарченко; Под ред. П. К. Алтухова. - М. : Воениздат, 1984.-221 с.
2. Основы и применение методов прикладной математики в военном деле/ Иванов П.И., учебник – Монино, 1991.- 512 с.
3. Понятийный аппарат в предметных областях познания и исследования военного искусства (категории, понятия, термины): учебно-наглядное пособие / Махнин В.Л., Бычков В.Г.. - М.: Изд-во ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2011. – 324 с.
4. Основы военно-научных исследований: понятийный аппарат : монография/ Махнин В.Л.- Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. – 460 с.