

УДК 355:623

Концептуальная модель конфликта системы воздушно-космической обороны и средств воздушно-космического нападения

Афонин И. Е.

Актуальность. Актуальность вопросов повышения устойчивости системы воздушно-космической обороны (ВКО) обусловлена все большим возрастанием военно-политической напряженности между Российской Федерацией и странами коллективного Запада. На случай перерастания напряженности в вооруженный конфликт в США разработана оперативно-стратегическая концепция «Быстрый глобальный удар» (БГУ), предполагающая быстрый одновременный удар большого количества средств поражения высокоточного оружия (ВТО), прежде всего, крылатыми ракетами (КР) морского и воздушного базирования, по выбранным целям, административным и военным центрам, в том числе и по пусковым установкам межконтинентальных баллистических ракет (МБР). При этом первой эшелон БГУ будет состоять из средств воздушно-космического нападения (СВКН), ориентированных на поражение элементов системы ВКО с целью снижения ее эффективности при отражении удара СВКН последующих эшелонов БГУ. То есть задача повышения устойчивости системы ВКО в условиях удара СВКН первого эшелона БГУ является актуальной. **Целью работы** является разработка концептуальной модели конфликта системы ВКО и СВКН. Материал статьи в дальнейшем планируется к использованию для разработки и исследования моделей развития и прогнозирования результатов конфликтного взаимодействия СВКН противника и системы ВКО, а также для исследования устойчивости системы ВКО при нанесении противником БГУ. **Результаты и их новизна.** Новизной разработанной модели, отличающей ее от известных работ, является: анализ сложного построения организационно-технических систем противоборствующих сторон, имеющих в своем составе подсистемы управления, подсистемы разведки и целеуказания, ударную подсистему и подсистемы радиоэлектронного подавления, с учетом прямых и обратных связей внутри и между организационно-техническими системами; учет возможности адаптации обеих организационно-технических систем к складывающейся оперативно-тактической обстановке ведения боевых действий; в состав структурных параметров устойчивости информационного направления передачи информации и команд боевого управления введены параметры, в формализованном виде учитывающие возможности средств разведки при вскрытии элементов системы ВКО, а также параметры, учитывающие возможности СВКН по физическому и функциональному поражению элементов системы ВКО, радиоэлектронному подавлению каналов связи и средств разведки и контроля воздушного пространства, являющимися источниками информации о СВКН. **Практическая значимость.** Представленная в работе модель будет полезна научным работникам и соискателям, ведущим научные исследования в области исследования информационных конфликтов, повышения боевой эффективности системы ВКО и повышения устойчивости ее системы управления при нанесении противником БГУ.

Библиографическая ссылка на статью:

Афонин И. Е. Концептуальная модель конфликта системы воздушно-космической обороной и средств воздушно-космического нападения // Системы управления, связи и безопасности. 2025. № 3. С. 1-34. DOI: 10.24412/2410-9916-2025-3-001-034

Reference for citation:

Afonin I. E. Conceptual model of the conflict of the aerospace defense system and aerospace attack means. Systems of Control, Communication and Security, 2025, no. 3, pp. 1-34 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2025-3-001-034

Ключевые слова: конфликт, концептуальная модель, устойчивость, радиоэлектронное подавление, средства воздушно-космического нападения, система управления, воздушно-космическая оборона, огневое поражение, радиоэлектронная борьба, противовоздушная оборона.

Введение

Актуальность вопросов исследования устойчивости системы воздушно-космической обороны (ВКО) в конфликте со средствами воздушно-космического нападения (СВКН) противника обусловлена все большим возрастанием военно-политической напряженности между Российской Федерацией (РФ) и странами коллективного Запада. На случай перерастания напряженности в масштабный вооруженный конфликт в США разработана оперативно-стратегическая концепция «Быстрый глобальный удар» (БГУ), предполагающая одновременный удар большого количества средств поражения высокоточного оружия (ВТО), прежде всего крылатыми ракетами (КР) морского (КРМБ) и воздушного базирования (КРВБ), по выбранным целям, административным и военным центрам, в том числе и по пусковым установкам межконтинентальных баллистических ракет (МБР). При этом в составе первого эшелона БГУ будут СВКН, ориентированные на поражение именно элементов системы ВКО с целью снижения ее эффективности при отражении удара СВКН последующих эшелонов БГУ. Последующие эшелоны БГУ составляют СВКН, предназначенные для поражения объектов системы государственного и военного управления, объектов критической инфраструктуры государства, в том числе и пусковых установок МБР, в условиях уже подавленной системы ВКО [1, 56-63].

Таким образом, обеспечение устойчивости системы ВКО в целом, и ее системы управления (СУ), в частности, в условиях удара СВКН является важной военно-прикладной задачей, а разработка соответствующих моделей конфликта системы ВКО и СВКН – актуальным направлением исследований. Решение этой задачи осложняется высокими требованиями к готовности всех элементов системы ВКО, особенно в условиях функционирования их в неблагоприятной среде, а именно – в условиях физического поражения элементов системы ВКО ударными СВКН и функционального поражения средствами радиоэлектронного подавления (РЭП) противника [10].

Общие вопросы развития системы ВКО РФ рассмотрены в работах В.Н. Минаева [14], И.Р. Ашурбейли [15], С.Н. Бориско, С.А. Горемыкина [16], А.Г. Лузана [17], А.Б. Палицына, Д.Б. Жиленко [18, 62], В.В. Барвиненко [19], Б.Д. Казахова [20], С.Ф. Боева [21], С.Н. Зинакова [22], Ю.В. Криницкого [57], Б.Ф. Чельцова [58, 59], А. Михайлова [60]. Военно-технические аспекты формирования системы ВКО, проблемные вопросы формирования высоких эксплуатационных показателей соответствующих образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) рассмотрены в работах С.В. Ягольников [23, 61], П.А. Созинова [24], С.Ф. Боева [21, 25-27], А.А. Рахманова [26-28], А.В. Тимошенко [28, 31], А.А. Кочкарова [28-30], И.В. Чеботаря [25], Н.А. Лешко [31], Д.М. Петроченкова [29, 31], а также в работах других специалистов. Вопросы создания технических средств управления системы ВКО – комплексов средств

автоматизации (КСА) и автоматизированных систем управления (АСУ), а также проблемы управления силами и средствами ВКО при отражении ударов СВКН рассмотрены в работах: Я.В. Безеля [32], И.В. Грудинина [33-37], С.В. Суровикина [33, 34], Д.Г. Майбунова [35-38], В.Л. Ляковского [39], О.В. Воронина, С.В. Потетенко, С.В. Кругликова [40], В.А. Моренкова [41], Е.М. Воронова [42, 43], Н.А. Куприянова [44], О.Б. Ачасова, А.И. Буравлева [56], С.В. Дронова, С.В. Харина [63], а также в работах других ученых.

Вместе с тем несмотря на большое количество вышеуказанных работ, связанных с развитием эффективности различных аспектов ВКО, такое направление исследований, как обеспечение устойчивости системы ВКО в условиях массированного удара СВКН, не получило глубокого развития. В большинстве исследований совершенствование ВКО рассматривается через повышение эффективности уже существующих образцов ВВСТ: радиолокационных станций (РЛС), АСУ, КСА, зенитно-ракетных комплексов (ЗРК) и зенитно-ракетных систем (ЗРС). К исследованиям, в которых ранее уже рассматривались вопросы повышения устойчивости системы ВКО или ее частных компонентов, стоит отнести работы В.Н. Дыбова, Ю.Д. Подгорных [45], И.В. Грудинина, С.В. Суровикина [33, 34], И.В. Грудинина, Д.Г. Майбунова [37], Д.А. Пальгуева [46-49]. Однако в этих работах конфликт системы ВКО и СВКН противника рассмотрен не в полной мере, не достаточно четко выделяются основные дестабилизирующие факторы, негативно влияющие на элементы системы ВКО, не проведена их формализация с учетом возможности поражения командных пунктов (КП) и узлов связи (УС) системы управления ударными средствами физического поражения (ФП), а также радиоэлектронного подавления каналов связи (КС) и средств разведки и контроля воздушного пространства (РиКВП). На устранение именно этих недостатков вышеуказанных работ ориентирована концептуальная модель, разрабатываемая в этой работе.

Новизну модели определяет учет двух основных факторов. Во-первых, сложное построение противоборствующих сторон, имеющих в своем составе подсистему управления, подсистему разведки и целеуказания, ударную подсистему и подсистему радиоэлектронного подавления (РЭП). Во-вторых, учет возможности адаптации обеих организационно-технических систем к складывающейся оперативно-тактической обстановке ведения боевых действий.

Направлением исследований автора является формирование моделей развития и прогнозирования результатов конфликта «СВКН – система ВКО» и исследование устойчивости СУ ВКО при нанесении противником удара СВКН.

Целью настоящей статьи является разработка концептуальной модели конфликта системы воздушно-космической обороны и средствами воздушно-космического нападения.

Материал статьи декомпозирован на следующие подразделы.

1. Формализация задачи построения концептуальной модели.
2. Структура модели конфликта.
3. Формализация основных аспектов, определяющих выигрыш в конфликте.
4. Способы достижения выигрыша в многоэтапном конфликте.

5. Выводы и дальнейшие направления исследований.

Данная статья продолжает цикл работ автора [1-13], посвященный исследованию эффективности системы ВКО, анализу стратегии нанесения БГУ и боевого опыта отражения атак СВКН, а также формированию обобщенных моделей различных подсистем, средств и комплексов в составе ударных эшелонов СВКН потенциального противника.

1. Формализация задачи построения концептуальной модели

Целью формирования концептуальной модели конфликта системы воздушно-космической обороны со средствами воздушно-космической обороны является представление структурных схем конфликтующих сторон в качестве организационно-технических систем (ОТС) на первом уровне их декомпозиции (управляющая система, управляемые объекты), формализации стратегий разведки, нападения и защиты; направлений реализации угроз для каждой из сторон. При этом под концептуальной моделью конфликта понимается описание установления конфликтно-устойчивого или конфликтно-неустойчивого состояния процесса «объект защиты – субъект нападения» в интересах формализации и последующей оценки математическими методами каждого из этих состояний (исхода конфликта) с учетом реализуемых стратегий разведки, нападения и защиты, а также ресурсных возможностей каждой из сторон [53-55].

Пусть S_1 – защищающаяся ОТС, соответствующая стороне системы ВКО, а S_2 – нападающая ОТС, соответствующая стороне СВКН. Для формализации концептуальной модели введем следующие обозначения:

d – оперативная информация;

d_1 – оперативная информация о состоянии системы ВКО S_1 , получаемая системами мониторинга ОТС S_1 ;

d_2 – оперативная информация о состоянии системы ВКО S_1 , получаемая системами разведки ОТС S_2 ;

I – множество стратегий нападения;

i – стратегия нападения ОТС S_2 на ОТС S_1 , включающая в себя стратегии ведения разведки i_p и использования средств нападения i_n ;

i_n – стратегия использования средств нападения ОТС S_2 ;

$i_{н\text{ РЭП}}$ – стратегия нападения ОТС S_2 средствами радиоэлектронного подавления (РЭП);

$i_{н\text{ РЭП}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств РЭП в составе ОТС S_2 от контратакующих воздействий со стороны ОТС S_1 ;

$i_{н\text{ ФП}}$ – стратегия нападения ОТС S_2 средствами физического (огневого) поражения;

$i_{н\text{ ФП}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств физического (огневого) поражения ОТС S_2 от контратакующих воздействий со стороны ОТС S_1 ;

$i_n^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств нападения ОТС S_2 от контратакующих воздействий со стороны ОТС S_1 ;

i_p – стратегия ведения разведки со стороны ОТС S_2 ;

$i_{п\text{ ОЭР}}$ – стратегия ведения оптико-электронной разведки (ОЭР) со стороны ОТС S_2 ;

- $i_{p \text{ ОЭР}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств ОЭР в составе ОТС S_2 от контратакующих воздействий со стороны ОТС S_1 ;
- $i_{p \text{ РЛР}}$ – стратегия ведения радиолокационной разведки (РЛР) со стороны ОТС S_2 ;
- $i_{p \text{ РЛР}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств РЛР ОТС S_2 от контратакующих воздействий со стороны ОТС S_1 ;
- $i_{p \text{ РРТР}}$ – стратегия ведения радио и радиотехнической разведки (РРТР) со стороны ОТС S_2 ;
- $i_{p \text{ РРТР}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств РРТР в составе ОТС S_2 от контратакующих воздействий противоборствующей стороны;
- $i_p^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств разведки от контратакующих воздействий со стороны ОТС S_1 ;
- J – множества стратегий защиты;
- j – стратегия защиты ОТС S_1 ;
- $j_{\text{восст}}$ – стратегия восстановления элементов ОТС S_1 (командных пунктов (КП) СУ ВКО);
- j_n – стратегия контратак ОТС S_1 на средства нападения ОТС S_2 ;
- $j_n^{\text{защ}}$ – стратегия защиты СУ ВКО в составе ОТС S_1 от средств нападения ОТС S_2 ;
- $j_{\text{ОЭР}}$ – стратегия контратак ОТС S_1 на средства ОЭР нападающей ОТС S_2 ;
- $j_{\text{ОЭР}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты системы ВКО (ОТС S_1) от средств ОЭР нападающей ОТС S_2 ;
- j_p – стратегия контратак ОТС S_1 на средства разведки ОТС S_2 ;
- $j_p^{\text{защ}}$ – стратегия защиты системы ВКО (ОТС S_1) от средств ведения разведки ОТС S_2 ;
- $j_{\text{рез}}$ – стратегия ввода в строй «резервов» (КП, РикВП, линий связи (ЛС));
- $j_{\text{РЛР}}$ – стратегия контратак ОТС S_1 на средства РЛР нападающей ОТС S_2 ;
- $j_{\text{РЛР}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты системы ВКО (ОТС S_1) от средств РЛР нападающей ОТС S_2 ;
- $j_{\text{РРТР}}$ – стратегия контратак на средства РРТР нападающей стороны;
- $j_{\text{РРТР}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты системы ВКО (ОТС S_1) от средств РРТР нападающей ОТС S_2 ;
- $j_{\text{РЭП}}$ – стратегия контратак ОТС S_1 на средства РЭП нападающей ОТС S_2 ;
- $j_{\text{РЭП}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты системы ВКО от средств РЭП нападающей ОТС S_2 ;
- $j_{\text{св}}$ – стратегия управления конфигурацией системы связи в составе СУ ВКО;
- $j_{\text{СУ}}$ – стратегия защиты элементов СУ ВКО в составе ОТС S_1 ;
- $j_{\text{ФП}}$ – стратегия контратак ОТС S_1 на средства физического (огневого) поражения нападающей ОТС S_2 ;
- $j_{\text{ФП}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты системы ВКО (ОТС S_1) от средств физического (огневого) поражения нападающей ОТС S_2 ;
- k – счетчик этапов конфликта;
- N – количество этапов конфликта;
- $P_{\text{акт}}$ – вероятность обеспечения актуальности информации;
- $P_{\text{полн}}$ – вероятность полноты информации;

R_1 – ресурс «физических» средств системы ВКО;
 $R_1^{КП}$ – ресурс основных, запасных и резервных КП в составе системы ВКО;
 $R_1^{РиКВП}$ – ресурс основных и резервных средств разведки и контроля воздушного пространства в составе системы ВКО;
 $R_1^{РЭП}$ – ресурс средств РЭП в составе системы ВКО;
 $R_1^{ФП}$ – ресурс ударных средств (средств физического поражения) в составе ОТС S_1 (ВКО);
 $R_2^{ФП}$ – ресурс средств физического (огневого) поражения нападающей ОТС S_2 (СВКН);
 R_3 – ресурс средств связи ОТС S_1 ;
 $R_3^{ППИ}$ – ресурс путей передачи информации между взаимодействующими элементами системы ВКО;
 $R_4^{РЭП}$ – ресурс средств РЭП (действующих в эшелонах СВН) нападающей ОТС S_2 ;
 R_n – ресурс средств нападения;
 $R_{ОЭР}$ – ресурс средств ОЭР;
 R_r – ресурс средств разведки;
 $R_{РЛР}$ – ресурс средств РЛР;
 $R_{РРТР}$ – ресурс средств РРТР;
 $R_{РЭП}$ – ресурс средств РЭП;
 R_c – ресурс системы ВКО;
 $R_{ФП}$ – ресурс средств физического (огневого) поражения;
 S_1 – ОТС, соответствующая системе ВКО уровня соединения, обеспечивающей защиту от СВКН противника, в состав которой входит СУ ВКО;
 S_2 – ОТС, соответствующая субъекту нападения, содержащая в своем составе подсистему разведки и подсистему нападения;
 t_k – момент времени окончания k -го этапа конфликта;
 $T_{изм}$ – среднее время изменения реальной обстановки, появления новых или изменения существующих объектов или явлений в процессе функционирования ОТС;
 T_k – длительность конфликта;
 $T_{обн}$ – среднее или фиксированное время обновления информации в системе управления;
 $T_{обр}$ – среднее время обработки информации в управляющей системе;
 $T_{пр}$ – среднее время представления информации органу или лицу, принимающему решение;
 $T_{прд}$ – время передачи информации;
 $T_{прд}^{ср}$ – среднее время передачи информации в СУ ВКО;
 $T_{прд}^{треб}$ – требуемое время передачи информации, в течение которого информация сохраняет свою актуальность (оперативную ценность);
 $T_{форм}$ – среднее время формирования информации о новых событиях и явлениях реальной обстановки;
 $T_{хр}$ – среднее время хранения информации;
 U – вектор качества управления в ОТС S_1 ;
 V – объем информации;

V_k – объем командной (распорядительной) информации;
 $V_{\text{пос}}$ – объем постоянной информации;
 $V_{\text{тек}}$ – объем текущей информации;
 x – абсолютное значение некоторого показателя ОТС;
 $x_{\text{ид}}$ – некоторое идеальное значение показателя x в условиях отсутствия дестабилизирующих воздействий на элементы ОТС;
 $x^{\text{норм}}$ – нормированное значение показателя x ;
 γ – информационный ущерб;
 Δt_k – длительность k -го этапа конфликта;
 $\Delta \xi_1$ – изменение уровня выигрыша ОТС S_1 в ходе k -го этапа конфликта;
 $\lambda_{\text{изм}} = 1/T_{\text{изм}}$ – средняя интенсивность (темп) изменения реальной обстановки, появления новых или изменения существующих объектов, или явлений в процессе функционирования ОТС;
 ξ_1 – показатель выигрыша ОТС S_1 ;
 $\xi_{1 \text{ ож}}$ – некоторый усредненный удельный (в единицу времени) ожидаемый выигрыш ОТС S_1 от применения управляемых средств РикВП и КП в отсутствие дестабилизирующих воздействий на элементы системы ВКО;
 ξ_2 – показатель выигрыша ОТС S_2 ;
 $\tau_1^{\text{защ}}$ – длительность этапа защиты ОТС S_1 от ОТС S_2 ;
 $\tau_1^{\text{реак}}$ – время реакции управляющей системы ОТС S_1 ;
 $\tau_2^{\text{нап}}$ – длительность этапа нападения ОТС S_2 на ОТС S_1 ;
 $\tau_2^{\text{реак}}$ – время реакции управляющей системы ОТС S_2 ;
 ψ – семантическая (энтропийная) ценность информации.

2. Структура модели конфликта

В случае вооруженного нападения стран блока НАТО на Российскую Федерацию первый эшелон СВКН будет направлен на поражение элементов системы ВКО с целью снижения ее эффективности при отражении удара СВКН последующих эшелонов.

Таким образом, силы и средства этих противоборствующих ОТС будут находиться в состоянии конфликта. Каждому элементу одной стороны, как правило, противостоит один или несколько элементов другой стороны, с которыми они вступают в конфликтное взаимодействие в соответствии с логикой ведения боевых действий [7, 57-60]. Структура конфликтного взаимодействия систем ВКО и СВКН представлена на рис. 1.

Однако, представленная структура конфликта ВКО и СВКН не отражает возможности обеих ОТС по адаптации к складывающейся оперативно-тактической обстановке ведения боевых действий.

В частности, для повышения устойчивости ВКО предлагается выполнять следующий комплекс мероприятий:

1) оценивать состояние системы ВКО (в том числе СУ ВКО) в реальном (или близком к нему) масштабе времени;

2) в случае снижения устойчивости ниже требуемого (заданного) уровня производить восстановление ее работоспособного состояния, за счет выбора и реализации стратегий защиты (восстановления устойчивости):

- ввода в строй имеющихся «резервов» элементов системы ВКО (запасных и резервных КП, средств РиКВП, линий связи);
- реконфигурации системы связи, в том числе переход каналов связи на более развед- и помехозащищенные режимы работы, изменение путей передачи информации (ППИ) между взаимодействующими элементами системы ВКО и др.;
- восстановления состояния КП, вышедшего (выведенного) из строя, на одном из запасных (или резервных) КП за счет заблаговременного децентрализованного сохранения информации о его состоянии на других КП (например, в виде RAID-массивов);
- другие мероприятия;

3) предварительно закладывать в систему ВКО структурную, функциональную и информационную избыточность, в том числе за счет перехода от фиксированного иерархического принципа построения к адаптивно-сетевому;

4) применения средств противодействия СВКН (ФП и РЭП), в том числе каналу разведки.

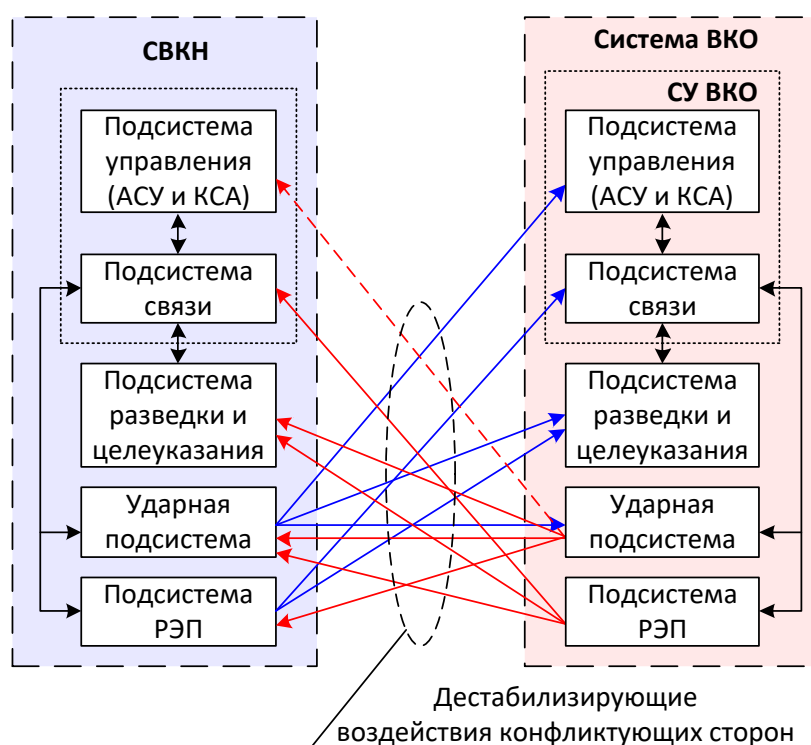


Рис. 1. Структура конфликтного взаимодействия систем ВКО и СВКН

На рис. 2 приведена схема концептуальной модели конфликта ОТС S_1 и S_2 .



Как показано на рис. 2, в каждой из конфликтующих ОТС можно выделить:

- основной контур управления, формирующий целевые стратегии функционирования по предназначению. Для ОТС S_2 – это стратегии нападения i_n и разведки i_p , а для ОТС S_1 – вектор управления $\vec{U}$ ресурсами ОТС S_1 ;
- контур защиты, представленный для ОТС S_1 стратегией защиты j и стратегиями контратак средств разведки j_p и средств нападения j_n , а для ОТС S_2 – стратегиями защиты от контратак средств разведки $i_p^{\text{защ}}$ и средств нападения $i_n^{\text{защ}}$.

Для решения текущих задач, как в основном управляющем контуре, так и в защитном контуре, каждая ОТС располагает определенными ресурсами.

ОТС S_1 располагает ресурсами «физических» средств (R_1) и совокупности ресурсов связи (R_3) системы ВКО R_C , состоящими из совокупности:

$R_1^{\text{КП}}$ – ресурс основных, запасных и резервных КП;

$R_1^{\text{РиКВП}}$ – ресурс средств разведки и контроля воздушного пространства;

$R_1^{\text{РЭП}}$ – ресурс средств РЭП;

$R_1^{\text{ФП}}$ – ресурс ударных средств (средств физического поражения);

$R_3^{\text{ППИ}}$ – ресурс путей передачи информации между взаимодействующими элементами системы ВКО.

$$R_C = (R_1^{\text{КП}} \cup R_1^{\text{РиКВП}} \cup R_1^{\text{ФП}} \cup R_1^{\text{РЭП}}) \cup R_3^{\text{ППИ}}.$$

ОТС S_2 располагает ресурсами средств нападения R_n ($R_2^{\text{ФП}}$ и $R_4^{\text{РЭП}}$) и ресурсами средств разведки R_p :

$$R_p = R_{\text{РРТР}} \cup R_{\text{ОЭР}} \cup R_{\text{РЛР}},$$

$$R_n = R_2^{\text{ФП}} \cup R_4^{\text{РЭП}},$$

где: $R_{\text{РРТР}}$ – ресурс средств РРТР; $R_{\text{ОЭР}}$ – ресурс средств ОЭР; $R_{\text{РЛР}}$ – ресурс средств РЛР; $R_2^{\text{ФП}}$ – ресурс средств физического (огневого) поражения (СВКН); $R_4^{\text{РЭП}}$ – ресурс средств РЭП (действующих в эшелонах СВН).

Процесс конфликтного взаимодействия ОТС S_1 и S_2 возможен в том случае, когда данные ОТС совместно функционируют в едином информационном пространстве. Такая область их совместного функционирования в информационном пространстве формируется принципиальной возможностью огневого и радиоэлектронного взаимодействия элементов каждой из ОТС и является ключевой с точки зрения начала и развития конфликта.

Суть конфликтного взаимодействия заключается с одной стороны, во-первых, в физическом (огневом) поражении элементов системы ВКО, а именно, КП, средств разведки и контроля воздушного пространства (РиКВП), ударных средств ВКО, средств РЭП, а во-вторых, – в радиоэлектронном подавлении линий связи между взаимодействующими КП, а также линий связи между КП и средствами РиКВП, и собственно радиоэлектронном подавлении самих средств РиКВП. С другой стороны, система ВКО, в свою очередь, применяет средства физического (огневого) поражения и средства радиоэлектронного подавления информационных средств СВКН с целью выполнения своего основного предназначения – обеспечения защиты (обороны) прикрываемого объекта от СВКН

противника, а также обеспечения защиты (обороны) собственных элементов системы ВКО (в том числе СУ ВКО) [7, 56].

При этом информацию о своем состоянии и состоянии противоборствующей стороны, необходимую для выработки стратегий защиты j и нападения i , добывают подсистемы разведки/мониторинга (средства РикВП и система оценивания состояния системы ВКО), которые решают задачи [50]:

- наблюдения за состоянием объектов защиты и нападения;
- наблюдения за результатами воздействия и эффективности защиты от них;
- наблюдения за изменением ресурсных возможностей сторон и условий их конфликтного функционирования.

Нарушение информационной сопряженности компонент основного контура управления с информационной средой приводит к потере устойчивости управления, и, как следствие, – к конфликтно-неустойчивому состоянию, например, объекта защиты. Контур управления представляет собой замкнутую последовательность процедур в системе управления, заключающуюся в выполнении следующих мероприятий – формировании стратегии действий, доведении этих стратегии до управляемых объектов с последующим оперативным контролем результатов реализации принятого решения.

В контуре защиты ОТС S_1 реализуются стратегия j защиты СУ ВКО с целью ее эффективного применения в динамике конфликта (обеспечения конфликтной устойчивости). Стратегия j защиты систем связи специального назначения (СС СН), как составной части СУ ВКО, методы защиты информации при ее обработке, хранении, передаче и применение средств информационно-технического воздействия (ИТВ) рассмотрены, например, в работах [51, 52] и далее подробно в данной модели не обсуждаются.

Стратегия защиты СУ ВКО $j = j_{cy} \cup j_p \cup j_n$ предполагает, в первую очередь, стратегию восстановления устойчивости СУ ВКО как совокупности частных стратегий повышения устойчивости (ввода в строй «резервов», реконфигурации ППИ, восстановления состояния КП) ($j = j_{cy} \cup j_p \cup j_n$). А во-вторых – применение, как пассивных стратегий защиты ($j_p = j_{pptr} \cup j_{oep} \cup j_{rlp}$), так и возможное применение активных стратегий защиты – контратак ударными (огневыми) средствами ФП и средствами РЭП ($j_n = j_{фп} \cup j_{рэп}$) по средствам нападения и средствам разведки противника.

Целью стратегии защиты j является сохранение и последующее восстановление функциональных возможностей системы ВКО по противодействию СВКН в условиях ее структурной, функциональной и информационной деградации из-за предыдущих ударов СВКН. Вариантами путей достижения этой цели являются:

- проведение в системе ВКО мероприятий маскировки, повышения разведзащищенности и скрытности средств связи, формирование ложных элементов системы ВКО (линий и узлов связи, КП, позиций ЗРК, средств РикВП) в интересах отвлечения средств разведки и нападения ОТС S_2 на ложные объекты системы ВКО;

- стратегии контратак защищающейся ОТС S_1 на средства разведки (j_p) и нападения (j_n) ОТС S_2 ;
- получение информации о намерениях, целях и планируемых стратегиях действий нападающей ОТС S_2 путем анализа складывающейся оперативно-тактической обстановки, данных о тактико-технических характеристиках (параметрах) средств этой ОТС, их местоположении и назначении;
- восстановления устойчивости системы ВКО (в том числе СУ ВКО) за счет ввода в строй «резервов», реконфигурации ППИ, восстановления состояния пораженных КП.

При реализации j -й стратегии защиты со стороны ОТС S_1 следует учитывать декомпозицию этой стратегии на непосредственно стратегию защиты элементов СУ ВКО (восстановления состояния устойчивости СУ ВКО) j_{cy} , стратегии контратаки на средства разведки j_p и контратаки на средства разведки j_n :

$$j = j_{cy} \cup j_p \cup j_n.$$

При этом стратегии защиты элементов СУ ВКО j_{cy} , а также стратегии контратак j_p и j_n могут, в свою очередь, быть декомпозированы далее, в зависимости от угрожаемых типов средств разведки и нападения, а также по типу управления восстановлением работоспособного состояния СУ ВКО (ввода в строй «резервов», реконфигурации путей передачи информации, восстановления состояния КП):

$$j_{cy} = j_{рез} \cup j_{cc} \cup j_{восст} \cup j_p^{защ} \cup j_n^{защ},$$

при

$$j_p^{защ} = j_{РРТР}^{защ} \cup j_{ОЭР}^{защ} \cup j_{РЛР}^{защ} \text{ и } j_n^{защ} = j_{ФП}^{защ} \cup j_{РЭП}^{защ};$$

$$j_p = j_{РРТР} \cup j_{ОЭР} \cup j_{РЛР};$$

$$j_n = j_{ФП} \cup j_{РЭП};$$

где: $j_{рез}$ – стратегия ввода в строй «резервов» (КП, средств РикВП, ЛС); j_{cc} – стратегия управления конфигурацией путей передачи информации в СУ ВКО; $j_{восст}$ – стратегия восстановления элементов ОТС S_1 (КП СУ ВКО); $j_p^{защ}$ – стратегия защиты СУ ВКО от средств ведения разведки нападающей стороны; $j_n^{защ}$ – стратегия защиты СУ ВКО от средств нападения; $j_{РРТР}^{защ}$ – стратегия защиты СУ ВКО от средств РРТР нападающей стороны; $j_{ОЭР}^{защ}$ – стратегия защиты СУ ВКО от средств ОЭР нападающей стороны; $j_{РЛР}^{защ}$ – стратегия защиты СУ ВКО от средств РЛР нападающей стороны; $j_{ФП}^{защ}$ – стратегия защиты СУ ВКО от средств физического (огневого) поражения нападающей стороны; $j_{РЭП}^{защ}$ – стратегия защиты СУ ВКО от средств РЭП нападающей стороны; $j_{РРТР}$ – стратегия контратак средств РРТР нападающей стороны; $j_{ОЭР}$ – стратегия контратак средств ОЭР нападающей стороны; $j_{РЛР}$ – стратегия контратак средств РЛР нападающей стороны; $j_{ФП}$ – стратегия контратак средств физического (огневого) поражения нападающей стороны; $j_{РЭП}$ – стратегия контратак средств РЭП нападающей стороны.

Аналогично, при реализации i -й стратегии нападения со стороны ОТС S_2 следует учитывать декомпозицию этой стратегии на непосредственно страте-

гию использования средств нападения i_n , стратегию ведения разведки i_p , а также стратегии защиты своих средств разведки $i_p^{\text{защ}}$ и своих средств нападения $i_n^{\text{защ}}$ от контратакующих стратегий ОТС S_1 :

$$i = i_p \cup i_n \cup i_p^{\text{защ}} \cup i_n^{\text{защ}}.$$

При этом стратегии ведения разведки i_p и стратегии нападения, а также стратегии защиты соответствующих средств $i_p^{\text{защ}}$ и $i_n^{\text{защ}}$, могут, в свою очередь, быть декомпозированы далее по типу средств разведки и нападения:

$$i_p = i_{p \text{ РРТР}} \cup i_{p \text{ ОЭР}} \cup i_{p \text{ РЛР}},$$

$$i_p^{\text{защ}} = i_{p \text{ РРТР}}^{\text{защ}} \cup i_{p \text{ ОЭР}}^{\text{защ}} \cup i_{p \text{ РЛР}}^{\text{защ}},$$

$$i_n = i_{n \text{ ФП}} \cup i_{n \text{ РЭП}},$$

$$i_n^{\text{защ}} = i_{n \text{ ФП}}^{\text{защ}} \cup i_{n \text{ РЭП}}^{\text{защ}},$$

где: $i_{p \text{ РРТР}}$ – стратегия ведения разведки средствами РРТР; $i_{p \text{ ОЭР}}$ – стратегия ведения ОЭР; $i_{p \text{ РЛР}}$ – стратегия ведения радиолокационной разведки; $i_{p \text{ РРТР}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств РРТР от контратакующих воздействий противоборствующей стороны; $i_{p \text{ ОЭР}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств ОЭР от контратакующих воздействий противоборствующей стороны; $i_{p \text{ РЛР}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств радиолокационной разведки от контратакующих воздействий противоборствующей стороны; $i_{n \text{ ФП}}$ – стратегия нападения средствами физического (огневого) поражения; $i_{n \text{ РЭП}}$ – стратегия нападения средствами РЭП; $i_{n \text{ ФП}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств физического (огневого) поражения от контратакующих воздействий противоборствующей стороны; $i_{n \text{ РЭП}}^{\text{защ}}$ – стратегия защиты средств РЭП от контратакующих воздействий противоборствующей стороны.

Формализованное описание конфликта ОТС S_1 и S_2 , представленное в виде концептуальной модели (рис. 2), в общем случае, отображает совокупность частных конфликтов между отдельными подсистемами и элементами конфликтующих ОТС.

Целями всей возможной совокупности локальных конфликтов, как уже отмечалось, являются:

- со стороны субъекта нападения (ОТС S_2) – получение оперативной информации d_2 о состоянии элементов S_1 , как системы защиты, ее возможностях для формирования стратегии нападения i по снижению эффективности/качества функционирования ОТС S_1 по предназначению (снижению устойчивости системы ВКО) и достижения выигрыша ξ_2 в конфликте;
- со стороны объекта защиты (ОТС S_1) – получение оперативной информации d_1 о состоянии собственных элементов и их возможностях, а также результатов дестабилизирующих воздействий со стороны ОТС S_2 , в интересах выработки стратегии защиты j , направленной на обеспечение требуемой эффективности/качества функционирования ОТС S_1 (устойчивости системы ВКО) и достижения выигрыша ξ_1 в конфликте.

Среди множества возможных альтернативных вариантов конфликтов можно выделить следующие, которые являются основными:

- конфликт средств разведки ОТС S_2 с элементами системы ВКО (ОТС S_1), ориентированный на сбор информации о состоянии системы ВКО путем анализа данных РРТР, ОЭР и РЛР;
- конфликт средств физического (огневого) поражения (СВКН) в составе нападающей ОТС S_2 с элементами системы ВКО (ОТС S_1), ориентированный на физическое разрушение информационной и управляющей инфраструктуры системы ВКО;
- конфликт средств РЭП (действующих в эшелонах СВН) в составе ОТС S_2 с элементами системы ВКО (ОТС S_1), ориентированный на нанесение информационного ущерба ОТС S_1 , в целом, и подавления линий связи между взаимодействующими элементами СУ ВКО, а также элементов СУ ВКО со средствами РикВП и собственно радиоэлектронного подавления самих средств РикВП, в частности;
- конфликт средств оценивания состояния ОТС S_1 , решающих задачи сбора информации о состоянии устойчивости системы ВКО, со средствами разведки стороны ОТС S_2 , которые также решают задачу сбора информации о состоянии ОТС S_1 в интересах последующей выработки решения о стратегии нападения;
- конфликт средств разведки ОТС S_2 с ОТС S_1 , когда S_1 реализует стратегию контратак на средства разведки S_2 и мероприятия по повышению скрытности S_1 ;
- конфликт средств нападения ОТС S_2 с ОТС S_1 , когда S_1 реализует стратегию контратак на средства нападения S_2 и мероприятия по маскировке элементов S_1 ;
- локальные конфликты отдельных средств ОТС S_1 и S_2 между собой.

Также следует отметить, что рассматриваемый конфликт системы ВКО и СВКН противника будет протекать с несколько этапов и характеризоваться поиском обеими сторонами наиболее рациональных стратегий нападения и защиты с их применением в рамках каждого этапа. Каждый из участников конфликта будет стремиться оценить потенциальный исход конфликта в процессе его развития, учитывая имеющиеся у него априорные исходные данные. Конечной целью функционирования противоборствующих ОТС, как было уже отмечено, является получение выигрыша (выражаемого в материальной, финансовой, информационной, политической или др. форме) на конечной длительности конфликта T_k .

3. Формализация основных аспектов, определяющих выигрыш в конфликте

В концептуальной модели конфликта ОТС S_1 и S_2 (рис. 2) основополагающими являются следующие основные аспекты.

1. Поведение противоборствующих сторон можно представить в виде последовательности этапов конфликта. Эти этапы на практике соответствуют различным этапам (эшелонам) нанесения удара СВКН, которые в свою очередь

отражает система ВКО. На каждом этапе стороны меняют свои состояния. При этом управляющие воздействия сторон, в соответствии с которыми они меняют свои состояния, направлены на повышение своей эффективности (восстановление утраченной эффективности функционирования из-за принятых контрмер противостоящей стороной).

2. Для изменения состояния ОТС на каком-то отдельном этапе конфликта в некоторый момент времени t_k ($k = 0, 1, 2, \dots, N$) каждой из сторон требуется вполне конкретный временной ресурс $\tau_{1,2}^{\text{реак}} > 0$ на выбор стратегии нападения i и стратегии защиты j , а также доведения этих выбранных стратегий действий до объектов управления, где: $\tau_{1,2}^{\text{реак}}$ – время реакции управляющей системы; 1, 2 – номера ОТС S_1 и S_2 , соответственно.

Для выработки нового решения о стратегиях нападения i и защиты j , которые с учетом эффективности этих стратегий на предыдущем этапе конфликта t_{k-1} обеспечивали бы восстановление или наращивание выигрыша сторон ξ_1, ξ_2 (где 1, 2 – номера ОТС S_1 и S_2), необходимо получение определенного объема данных d_1, d_2 как о состоянии элементов ОТС, так и об эффективности ранее принятого решения.

3. Точки перехода системы из состояния, определяющего успех обороняющейся ОТС S_1 , в состояние, определяющее успех нападающей ОТС S_2 , являются граничными для двух итерационно-повторяющихся стадий на каждом этапе конфликта:

- стадия нападения длительностью $\tau_2^{\text{нап}}$, в течение которого i -я стратегия нападения ($i \in I$) обеспечивает выигрыш $\xi_2(t_k, i/j)$ ОТС S_2 по отношению к j -й стратегии защиты ($j \in J$), реализованной противостоящей стороной S_1 на предыдущей стадии t_{k-1} , где I, J – множества альтернативных стратегий нападения и защиты, соответственно;
- стадия защиты длительностью $\tau_1^{\text{защ}}$, в течение которого j -я стратегия защиты обеспечивает выигрыш $\xi_1(t_{k+1}, j/i)$ обороняющейся ОТС S_1 по отношению к i -й стратегии нападения, реализованной противостоящей стороной S_2 на предыдущей стадии конфликта t_k .

Персональный выигрыш противостоящих ОТС в каждой из точек смены попарно зависимых управляющих воздействий зависит от качества управления в каждой из ОТС, а именно от оперативности, устойчивости, непрерывности и скрытности управляющих воздействий, а также их адекватности сложившейся ситуации на момент t_k .

При этом в формализованном виде выигрыш ξ_1, ξ_2 каждой из сторон S_1, S_2 на каждом из t_k этапов конфликта можно представить в виде функций F_1 и F_2 :

$$\begin{cases} \xi_1(t_k, j/i) = F_1(U_{\text{оп}}^{(1)}, U_{\text{ус}}^{(1)}, U_{\text{непр}}^{(1)}, U_{\text{скр}}^{(1)}, U_{\text{ад}}^{(1)}, t_k, j/i); \\ \xi_2(t_k, i/j) = F_2(U_{\text{оп}}^{(2)}, U_{\text{ус}}^{(2)}, U_{\text{непр}}^{(2)}, U_{\text{скр}}^{(2)}, U_{\text{ад}}^{(2)}, t_k, i/j); \end{cases}$$

где: i, j – i -я и j -я стратегии нападения и защиты; $U_{\text{оп}}, U_{\text{ус}}, U_{\text{непр}}, U_{\text{скр}}, U_{\text{ад}}$ – показатели оперативности, устойчивости, непрерывности, скрытности и адекватности управления соответственно в ОТС S_1 и S_2 .

4. Конфликт характеризуется этапностью протекания. По признаку, определяемому количеством этапов ($N \geq 1$) на длительности конфликта, конфликты ОТС классифицируются на одноэтапные и многоэтапные.

Одноэтапный конфликт ($N=1$), состоящий из одной стадии – нападения, характеризуется выигрышем в следующих случаях:

- выигрыш субъекта нападения S_2 , сделавшего первый ход, соответствует выигрышу $\xi_2(t_k, i/j) \gg \xi_1(t_k, j/i)$, при этом у объекта защиты S_1 отсутствуют возможности по реализации эффективной стратегии защиты j , направленной на восстановление текущего уровня устойчивости системы ВКО не ниже требуемого значения ($P_{уст}^{тек.}(t) \geq P_{уст}^{треб.}$) из-за ограниченности ее ресурсов или отсутствия оперативной информации d_1 ;
- выигрыш объекта защиты S_1 , когда достигается выигрыш над субъектом нападения (СВКН) $\xi_1(t_k, j/i) \gg \xi_2(t_k, i/j)$ либо ввиду недостаточности эффективной стратегии нападения i или недостаточности ресурсов нападающей стороны, либо в связи с высокой эффективностью стратегии защиты j .

Многоэтапный конфликт ($N > 1$) характеризуется многократной (N -кратной) сменой выигрышей ОТС S_1 и S_2 в совокупности локальных конфликтов, происходящих на всем протяжении длительности конфликта. Такой конфликт характеризуется способностью ОТС S_1 и S_2 восстанавливать требуемые уровни эффективности (устойчивости) своего функционирования за счет реализации адаптивного управления, которое основано на анализе достигнутых выигрышей ξ_1 , ξ_2 , а также применяемых стратегий нападения i_{k-1} и защиты j_{k-1} на предыдущем этапе конфликта t_{k-1} , с последующим формированием решений о стратегиях нападения i_k и защиты j_k на текущем этапе t_k . В частности, после окончания одного из этапов нападения ОТС S_2 и отражения удара СВКН объект защиты ОТС S_1 для восстановления устойчивости своего состояния может осуществлять «ввод в строй» имеющихся резервов элементов системы ВКО (запасных и резервных КП, средств РикВП, линий связи).

Далее, более подробно рассмотрим многоэтапный конфликт.

4. Способы достижения выигрыша в многоэтапном конфликте

Реальный конфликт между системой ВКО и СВКН будет иметь многоэтапный характер, при этом обеими сторонами будет осуществляться поиск наиболее рациональных стратегий нападения и защиты, а также их применением в рамках каждого этапа конфликта. Каждый из участников конфликта (рис. 2) стремится оценить потенциальный исход всего конфликта в процессе его развития, учитывая имеющиеся у него априорные исходные данные о противнике. Конечной целью функционирования противоборствующих ОТС является получение выигрыша на конечной длительности конфликта T_k . Для системы ВКО – это отражение ударов СВКН противника, а для СВКН – полное подавление системы ВКО до уровня завоевания господства в воздухе.

В отсутствие угроз со стороны противника конечный выигрыш ОТС S_1 (ξ_1^0) за время длительности T_k может быть представлен в виде:

$$\xi_1^0 = \xi_{1\text{ож}}^0 T_k,$$

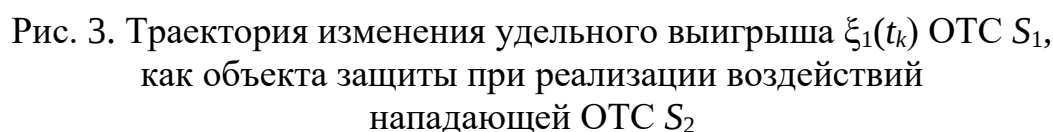
где $\xi_{1\text{ож}}$ – некоторый усредненный удельный (в единицу времени) ожидаемый выигрыш ОТС S_1 от применения управляемых средств РикВП и КП в отсутствие дестабилизирующих воздействий на элементы системы ВКО, физический смысл которого заключается в наблюдении за воздушным пространством, полной информационной осведомленности о складывающейся оперативно-тактической обстановке и готовности своих сил и средств отразить удар СВКН противника.

Перед началом конфликта нападающей ОТС S_2 осуществляется этап предварительной разведки, осуществляемый средствами РРТР, ОЭР и РЛР наземного (морского), воздушного и космического базирования. Этот этап направлен на получение данных d_2 о состоянии элементов ОТС S_1 , как обороняющейся системы, ее возможностях по отражению (снижению эффективности) последующего физического (огневого) и радиоэлектронного воздействия средствами ОТС S_1 .

В случае, когда нападающей ОТС S_2 осуществляется удар СВКН по элементам системы ВКО траектория поведения ОТС S_1 по показателю удельного выигрыша $\xi_1(t_k)$ (в рамках одного из этапов конфликта) является случайной функцией. Она может представлять собой кусочно-непрерывную функцию, имеющую скачки в точках $t_0, t_1, \dots, t_k$ и непрерывную справа.

На рис. 3 показана итерационно-повторяющаяся последовательность чередования следующих стадий на k -м этапе конфликта:

- $\tau_2^{\text{реак}}(t_k)$ – длительность стадии реакции нападающей ОТС S_2 , на которой S_2 реализует стратегию разведки i_p с целью сбора данных d_2 о состоянии системы ВКО ОТС S_1 , с учетом принятых ею мер защиты по предыдущем этапе t_{k-1} и формируется стратегия нападения i_n (стадия разведки);
- $\tau_2^{\text{нап}}(t_k)$ – длительность стадии нападения, на которой ОТС S_2 осуществляется целеуказание средствам физического (огневого) воздействия (поражения) и средствам РЭБ (действующим в эшелонах СВН) и реализует стратегию нападения i_n (стадия физического и радиоэлектронного воздействия);
- $\tau_1^{\text{реак}}(t_k)$ – длительность стадии реакции защищающейся ОТС S_1 , на которой осуществляется сбор данных d_1 о состоянии ОТС S_1 и результатах нападения ОТС S_2 , с учетом ранее принятых мер защиты на этапе t_{k-1} , а также формируется стратегия защиты j (стадия оценивания состояния системы ВКО);
- $\tau_1^{\text{защ}}(t_k)$ – длительность стадии защиты, на которой ОТС S_1 осуществляется доведение до элементов системы ВКО управляющих воздействий по восстановлению работоспособного состояния и реализация стратегии защиты j (стадия восстановления состояния и защиты).



Область определения ступенчатой функции $\xi_1(t)$ на временной оси определяется суммой конкретного числа N стадий конфликта ($k = 0, 1, 2, \dots, N$), границами которых являются моменты t_k . Моменты

соответствуют выработке новых решений, соответственно ОТС S_2 по реализации нападения и ОТС S_1 по реализации защиты. Итоговые изменения выигрыша $\Delta \xi_1(t_k)$ определяют эффективность выбранных стратегий нападения и защиты в момент t_k завершения k -го этапа конфликта. Для каждой точки t_k можно определить справа приращения удельного выигрыша $\Delta \xi_1(t_k)$ как случайные величины:

где: $\vec{U}$ – вектор качества управления в ОТС S_1 ; $U_{ад}$ – составляющая адекватности управления; $U_{непр}$ – составляющая непрерывности управления; $U_{оп}$ – составляющая оперативности управления; $U_{скр}$ – составляющая скрытности управления; U_{vc} – составляющая устойчивости управления.

Приращения $\Delta \xi_1(t_k)$ являются независимыми, т.е. не зависят от номера этапа t_k . Случайный характер изменения $\Delta \xi_1(t_k)$ обусловлен, в основном, влиянием на удельную эффективность конфликтующих ОТС S_1 и S_2 таких факторов, как:

- качество стратегии защиты j , выбранной на k -м этапе конфликта, как меры противодействия конкретной стратегии нападения i на этом же этапе;
- адекватность принятого решения об использовании конкретной стратегии защиты j из множества альтернатив J , а также соответствие этой стратегии сложившейся ситуации в момент $t_k + \tau_2^{\text{реак}}(t_k) + \tau_2^{\text{нап}}(t_k)$ и стратегии нападения i ;
- скорость принятия решения $\tau_1^{\text{реак}}$ о выборе стратегии j , а также скрытность и непрерывность доведения действий в соответствии с выбранной стратегией j управляемым объектам системы ВКО.

Как видно из траектории поведения, приведенной на рис. 3, нападающая ОТС S_2 может повысить эффективность реализации нападения (измеряемого по выигрышу $\Delta\xi_2(t_k) = -\Delta\xi_1(t_k)$), либо за счет более оперативного формирования стратегии нападения i т.е. $\tau_2^{\text{реак}} \downarrow$, либо за счет повышения эффективности самой стратегии нападения $\Delta\xi_2(t_k) \uparrow$. Аналогично, защищающаяся ОТС S_1 может повысить эффективность реализации защиты $\Delta\xi_1(t_k)$ либо за счет более оперативного формирования стратегии защиты j т.е. $\tau_1^{\text{реак}} \downarrow$, либо за счет повышения эффективности самой стратегии защиты $\Delta\xi_1(t_k) \uparrow$.

Необходимо отметить, что даже своевременное и адекватное сложившейся ситуации формирование стратегии защиты j на каждом этапе конфликта не гарантирует окончательного выигрыша для защищающейся ОТС S_1 . Отсутствие таких гарантий объясняется тем обстоятельством, что нападающая сторона S_2 реализует стратегии нападения i , на принятие решения по противодействию которым защищающейся стороне S_1 требуется уже значительно меньшее время в рамках фиксированной длительности каждого конфликтного этапа. Практически это можно интерпретировать следующим образом: нападающая сторона S_2 применила СВКН, подлетное время которых будет составлять единицы-десятки минут, в свою очередь средства РикВП, входящие в состав системы ВКО, будут обнаруживать пущенные ударные СВКН с некоторой задержкой, во-первых. Во-вторых, системе ВКО необходимо реагировать в условиях дефицита времени на принятие решения о выборе рациональной стратегии для отражения этого удара. Таким образом, система ВКО с точки зрения времени на принятие решений поставлена в худшие условия, в то время как у нападающей стороны время, необходимое для реализации цикла разведка-целеуказание-применение, может составлять часы и даже сутки.

Сокращение располагаемого времени реакции, доступного обороняющейся стороне S_1 относительно нападающей стороны $\tau_1^{\text{реак}} < \tau_2^{\text{реак}}$ в рамках одного этапа конфликта, приводит к снижению выигрыша для обороняющейся ОТС $\Delta\xi_1(t_k) \downarrow$ и повышению его для нападающей ОТС $\Delta\xi_2(t_k) \uparrow$.

В многоэтапном конфликте (при наличии соответствующих ресурсных возможностей у каждой из противостоящих сторон) затягивание формирования адекватных сложившейся ситуации стратегий действий и доведения их до исполнителей ($\tau^{\text{реак}} \uparrow$) приводит к снижению среднего интегрального выигрыша $\xi_{\text{инт}}$ (среднего за время конфликта T_k). В этом случае интегральный выигрыш $\xi_{\text{инт}}$ у противоположной стороны увеличивается. Аналогичным образом, даже

более оперативное формирование управляющих стратегий ($\tau^{\text{реак}} \downarrow$), которые неадекватны сложившейся ситуации (например, вследствие получения недостоверных данных d_1, d_2), приводит к выбору неверных стратегий (i, j) , которые не только не обеспечивают достижение выигрыша $\Delta \xi(t_k)$ на текущем этапе, но и усугубляют проигрыш. Это также приводит к снижению среднего интегрального выигрыша $\xi^{\text{инт}}$ на длительности конфликта T_k . Таким образом, достигаемый уровень среднего интегрального выигрыша $\xi^{\text{инт}}$ (например, для нападающей ОТС S_2 $\Delta \xi_2$ – число уничтоженных элементов системы ВКО, для защищающейся ОТС S_1 – число сбитых СВКН) на длительности конфликта T_k может служить мерой превосходства одной стороны над другой в многоэтапном конфликте (рис. 4).

При допущении, что каждое ударное средство СВКН уничтожает один элемент системы ВКО, имеем, что все перехваченные СВКН поражают объекты ВКО и увеличивают выигрыш системы стратегических наступательных сил (СНС) противника. В то время как перехват всех СВКН увеличивает интегральный выигрыш $\xi^{\text{инт}}$ системы ВКО и обнуляет выигрыш системы СНС. Тогда на всей длительности конфликта (T_k) интегральный выигрыш системы ВКО $\xi_1^{\text{инт}}$ должен стремиться к поражению всех примененных противником ударных средств СВКН, а интегральный выигрыш системы СНС $\xi_2^{\text{инт}}$ – к числу всех элементов системы ВКО.

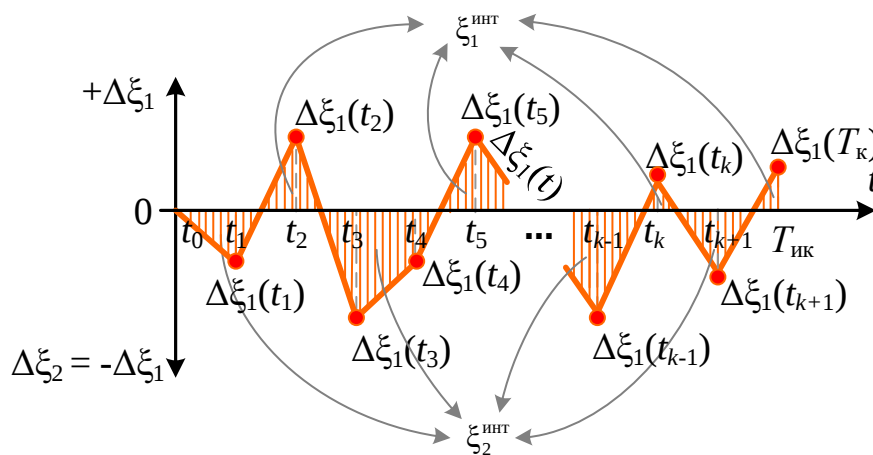


Рис. 4. Функция $\xi_1(t_k)$ и определение на ее основе средних интегральных выигрышей конфликтующих сторон $\xi_1^{\text{инт}}$ и $\xi_2^{\text{инт}}$, как суммы соответствующих площадей

В формальном виде уровни среднего интегрального выигрыша $\xi^{\text{инт}}$ для сторон на длительности конфликта T_k можно оценить следующим образом:

– для дискретных значений выигрыша $\Delta \xi(t_k)$ на каждом этапе:

$$\xi_1^{\text{инт}} = \frac{1}{T_k} \sum_{i=1}^{T_k} (\Delta \xi_1(t_i) | \Delta \xi_1(t_i) > 0),$$

$$\xi_2^{\text{инт}} = \frac{1}{T_k} \sum_{i=1}^{T_k} (\Delta \xi_2(t_i) | \Delta \xi_2(t_i) > 0) \text{ при том, что } \Delta \xi_2(t_k) = -\Delta \xi_1(t_k);$$

– для непрерывной функции выигрыша $\Delta\xi(t)$:

$$\xi_1^{\text{инт}} = \frac{1}{T_k} \int_{t_0}^{T_k} \Delta\xi_1(t) dt, \text{ при том, что } \Delta\xi_1(t) = \begin{cases} \Delta\xi_1(t), & \text{если } \Delta\xi_1(t) > 0; \\ 0, & \text{если } \Delta\xi_1(t) \leq 0. \end{cases}$$

$$\xi_2^{\text{инт}} = \frac{1}{T_k} \int_{t_0}^{T_k} \Delta\xi_2(t) dt, \text{ при том, что } \Delta\xi_2(t) = \begin{cases} \Delta\xi_2(t), & \text{если } \Delta\xi_2(t) > 0; \\ 0, & \text{если } \Delta\xi_2(t) \leq 0; \end{cases} \quad \text{и}$$

$$\Delta\xi_2(t_k) = -\Delta\xi_1(t_k).$$

Критерием выигрыша системы ВКО (ОТС S_1) будет стремление вероятности поражения всех СВКН противника к единице на длительности конфликта T_k :

$$\xi_1^{\text{инт}} = P_{\text{нор}} \left(\sum_{i=1}^{T_k} R_{2i} \right) \rightarrow 1.$$

В свою очередь, критерием выигрыша нападающей стороны (ОТС S_2) будет поражение всех элементов системы ВКО:

$$\xi_2^{\text{инт}} = P_{\text{нор}} \left(\sum_{i=1}^{T_k} R_{1i} \right) \rightarrow 1,$$

где $R_1 = (R_1^{\text{КП}} \cup R_1^{\text{РиКВП}} \cup R_1^{\text{ФП}} \cup R_1^{\text{РЭП}})$.

Общим критерием выигрыша в конфликте может являться достижение преимущества по показателю среднего интегрального выигрыша на длительности конфликта T_k :

$\xi_1^{\text{инт}} = R_2'^{\text{ФП}}$ – выигрыш защищающейся ОТС S_1 , где $R_2'^{\text{ФП}}$ – число примененных противником средств физического (огневого) поражения нападающей ОТС S_2 (СВКН);

$\xi_2^{\text{инт}} = R_1$ – выигрыш нападающей ОТС S_2 , т.е. все элементы системы ВКО поражены.

5. Выводы и дальнейшие направления исследований

В статье представлена разработанная концептуальная модель конфликта системы воздушно-космической обороной и средствами воздушно-космического нападения.

Новизной данной модели, которая отличает ее от известных работ в области исследования устойчивости ВКО [33, 34, 37, 45, 46-49], является:

- анализ сложного построения организационно-технических систем противоборствующих сторон, имеющих в своем составе подсистемы управления, подсистемы разведки и целеуказания, ударную подсистемы и подсистемы радиоэлектронного подавления, с учетом прямых и обратных связей внутри и между ОТС;
- учет возможности адаптации обеих организационно-технических систем к складывающейся оперативно-тактической обстановке ведения боевых действий;
- в состав структурных параметров устойчивости ИН введены параметры, в формализованном виде учитывающие возможности РРТР, РЛР и ОЭР при вскрытии элементов системы ВКО, а также параметры, учи-

тывающие возможности СВКН по физическому и функциональному поражению элементов системы ВКО, радиоэлектронному подавлению каналов связи и средств разведки и контроля воздушного пространства, являющимися источниками информации о СВКН.

В дальнейшем разработанная концептуальная модель конфликта будет использована для разработки и исследования моделей и методик развития и прогнозирования результатов конфликтного взаимодействия СВКН противника и системы ВКО, а также повышения устойчивости СУ ВКО в конфликте со СВКН, путем оценивания состояния СУ ВКО в реальном (или близком к нему) масштабе времени, внедрения сетевой структуры управления, с адаптивно изменяющимися путями передачи данных информационного обеспечения и команд боевого управления, учитывающими поражение или подавление отдельных элементов системы ВКО, ввода в строй имеющихся «резервов» элементов СУ ВКО, а также восстановления состояния КП, вышедшего (выведенного) из строя, на одном из запасных (резервных) КП за счет заблаговременного децентрализованного сохранения информации о его состоянии на других КП, в частности, и структурной, функциональной и информационной избыточности системы ВКО, в целом.

Литература

1. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Михайлов Р. Л. Быстрый глобальный удар: ретроспективный анализ концепции, вероятный сценарий нанесения, состав сил и средств, последствия и приоритетные мероприятия по противодействию. Монография. – СПб.: Научное издательство «Лань», 2022. – 174 с.
2. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Петров С. В. Описательная модель комплексов разведки, используемых для вскрытия системы воздушно-космической обороны и целеуказания при нанесении удара средствами воздушно-космического нападения // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 1. С. 190-214.
3. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Петров С. В. Описательная модель подсистемы радиоэлектронного подавления в составе средств воздушно-космического нападения, используемых для нарушения функционирования элементов системы воздушно-космической обороны // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 2. С. 76-95.
4. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Петров С. В., Привалов А. А. Анализ опыта боевого применения групп беспилотных летательных аппаратов для поражения зенитно-ракетных комплексов системы противовоздушной обороны в военных конфликтах в Сирии, в Ливии и в Нагорном Карабахе // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 4. С. 163-191.
5. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Митрофанов Д. В. Анализ концепции «Быстрого глобального удара» средств воздушно-космического нападения и обоснование перспективных направлений развития системы воздушно-космической обороны в Арктике в интересах защиты от него // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2020. № 15. С. 75-87.

6. Макаренко С. И., Ковальский А. А., Афонин И. Е. Обоснование перспективных направлений развития системы противокосмической обороны Российской Федерации в интересах своевременного вскрытия и отражения «Быстрого глобального удара» средств воздушно-космического нападения // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2020. № 16. С. 99-115.

7. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Михайлов Р. Л. Описательная модель боевых потенциалов сторон в конфликте системы воздушно-космической обороны со средствами воздушно-космического нападения // Системы управления, связи и безопасности. 2022. № 3. С. 41-66.

8. Афонин И. Е., Петров С. В., Макаренко С. И. Переход к адаптивно-сетевой структуре системы управления воздушно-космической обороной, как один из основных путей повышения ее устойчивости // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2021. № 19. С. 159–178.

9. Макаренко С. И., Афонин И. Е., Копичев О. С., Мамончикова А. С. Обобщенная модель Ланчестера, формализующая конфликт нескольких сторон // Автоматизация процессов управления. 2021. № 2. С. 66-76.

10. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Петров С. В. Модель оценивания устойчивости системы управления воздушно-космической обороной в конфликте со средствами воздушно-космического нападения // Системы управления, связи и безопасности. 2023. № 3. С. 227-266.

11. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Михайлов Р. Л. Средства воздушно-космического нападения ведущих зарубежных стран. Часть 1. Межконтинентальные баллистические ракеты // Системы управления, связи и безопасности. 2024. № 1. С. 138-190.

12. Макаренко С. И., Афонин И. Е. Моделирование боевых действий авиации и оценки их эффективности – анализ работ, моделей, актуальных направлений исследований // Системы управления, связи и безопасности. 2024. № 3. С. 78-125.

13. Афонин И. Е., Макаренко С. И., Михайлов Р. Л., Куприянов Н. А., Потапов А. А. Средства воздушно-космического нападения ведущих зарубежных стран. Часть 2. Баллистические ракеты подводных лодок // Системы управления, связи и безопасности. 2024. № 4. С. 223-286.

14. Диалектика технологий воздушно-космической обороны / под ред. В.Н. Минаева. – М.: Издательский дом «Столичная энциклопедия», 2011. – 363 с.

15. Средства воздушно-космического нападения и воздушно-космической обороны. Состояние и развитие / Под общей ред. И.Р. Ашурбейли. – М.: Планета, 2017. – 336 с.

16. Бориско С. Н., Горемыкин С. А. Анализ состояния Воздушно-космических сил России. Перспективы развития // Военная мысль. 2019. № 1. С. 25–37.

17. Лузан А. Г. Новые структуры группировок ПРО-ПВО на театрах военных действий – требование времени // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 3. С. 94-103.

18. Палицын А. Б., Жиленко Д. Б. Анализ традиционных и перспективных задач системы воздушно-космической обороны России: проблемы и пути их решения // Военная мысль. 2020. № 9. С. 6-17.
19. Барвиненко В. В. О попытках ревизии положений теории воздушно-космической обороны // Военная мысль. 2018. № 4. С. 84-90.
20. Казахов Б. Д., Попов Д. М. Методический подход к организации комплексного противодействия системе воздушно-космического нападения противника // Вестник Академии военных наук. 2019. № 1 (66). С. 29-34.
21. Боев С. Ф. Концепция интегрированной системы ракетно-космической обороны России // Вопросы радиоэлектроники. 2019. № 3. С. 7-11.
22. Зинаков С. Н. Концептуальные основы методологии обоснования строительства и развития морской составляющей воздушно-космической обороны Российской Федерации // Военная мысль. 2019. № 6. С. 109-112.
23. Ягольников С. В. Военно-технические аспекты организации и ведения воздушно-космической обороны в современных условиях // Вестник Академии военных наук. 2017. № 2 (59). С. 60-63.
24. Созинов П. А. Актуальные задачи математического моделирования систем воздушно-космической обороны // Вестник Концерна ВКО Алмаз-Антей. 2017. № 3 (22). С. 17-26. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-zadachi-matematicheskogo-modelirovaniya-sistem-vozdushno-kosmicheskoy-oborony> (дата обращения: 11.07.2024).
25. Боев С. Ф., Гудков А. А., Малышев С. Р., Чеботарь И. В. Обеспечение живучести радиотехнических систем за счет повышения их структурной устойчивости // Научные технологии. 2016. Т. 17. № 12. С. 80-85.
26. Боев С. Ф., Рахманов А. А. Метод повышения эффективности внедрения новых технологий при создании РЛС нового поколения // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 1 (162). С. 73-81.
27. Боев С. Ф., Рахманов А. А. Методологические основы управления созданием высокоинформативных унифицированных РЛС ракетно-космической обороны // Радиопромышленность. 2016. № 1. С. 6-13.
28. Кочкаров А. А., Рахманов А. А., Тимошенко А. В., Путятю С. А. Структурно-пространственная модель распределения средств системы мониторинга специального назначения по объектам наблюдения // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2020. № 13. С. 124–132.
29. Кочкаров А. А., Путятю С. А., Петроченков Д. М. Анализ направлений создания специализированных авиационно-космических систем радиолокационного наблюдения средств воздушного нападения // Вестник Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны. 2020. № 1 (8). С. 17–23.
30. Кочкаров А. А. Моделирование взаимодействия в информационно-разведывательных системах с динамической структурой связей // Успехи современной радиоэлектроники. 2017. № 11. С. 58–62.
31. Лешко Н. А., Петроченков Д. М., Тимошенко А. В. Анализ состояния и перспектив развития активно-пассивных радиолокационных систем

зарубежных и отечественных военно-промышленных компаний // Вестник воздушно-космической обороны. 2020. № 4 (28). С. 6-17.

32. Безель Я. В. Этапы развития автоматизированных систем управления авиацией и ПВО // Вестник Концерна ПВО Алмаз-Антей. 2015. № 2 (14). С. 90-94.

33. Грудинин И. В., Суровикин С. В. Обоснование структуры метода информационного обеспечения управления борьбой с противником в воздушно-космической сфере // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2016. № 650. С. 95-108.

34. Грудинин И. В., Суровикин С. В. Управление ресурсами информационно-управляющей подсистемы АСУ огнем в интересах обеспечения ее живучести // Известия Института инженерной физики. 2016. № 3 (41). С. 57-62.

35. Грудинин И. В., Майбуров Д. Г. Структурный анализ теории информационного обеспечения управления отражением ударов средств воздушно-космического нападения противника // Военная мысль. 2018. № 8. С. 78-89.

36. Грудинин И. В., Майбуров Д. Г., Какаев В. В. Содержание и структура категорий теории управления межвидовой группировкой войск (сил) при отражении ударов средств воздушно-космического нападения противника // Военная мысль. 2019. № 10. С. 88-96.

37. Грудинин И. В., Майбуров Д. Г. Метод оперативной адаптации информационно-управленческого ресурса отражения удара средств воздушно-космического нападения противника // Вестник Академии военных наук. 2018. № 4 (65). С. 82-90.

38. Майбуров Д. Г., Иконников О. В. Развитие теоретических положений информационного обеспечения управления отражением ударов средств воздушно-космического нападения противника // Военная мысль. 2018. № 9. С. 48-53.

39. Ляковский В. Л. Системотехнические основы автоматизации процессов обработки информации и управления в иерархических системах военного назначения. Монография. – Тверь: ВА ВКО, 2014. – 243 с.

40. Воронин О. В., Потетенко С. В., Кругликов С. В. Совершенствование комплексов средств автоматизации управления формированием тактической противоракетной обороны объектов // Информатика. 2017. № 4 (56). С. 54-69.

41. Моренков В. А. Поколения и возможные направления развития автоматизированной системы управления истребительной авиацией // Военная мысль. 2019. № 10. С. 65-73.

42. Воронов Е.М., Репкин А.Л., Чжан С. Управление ресурсами многообъектных систем летательных аппаратов наземного и воздушного базирования в многорубежной конфликтной ситуации // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 10 (22). С. 14.

43. Воронов Е.М., Ефремов В.А., Репкин А.Л., Сычев С.И. Функциональные свойства конфликтно-оптимального прогноза в системе оптимизационно-имитационного моделирования взаимодействия группировок

управляемых средств поражения // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. 2013. № 3 (92). С. 3-25.

44. Воробьёв Д. Н., Куприянов Н. А., Онуфрей А. Ю. Алгоритмическая реализация компарирования траекторных данных радиолокационной станцией дальнего обнаружения // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Техника телевидения». 2020. Вып. 4. С. 93-100.

45. Дыбов В. Н., Подгорных Ю. Д. Об устойчивости воздушно-космической обороны Российской Федерации // Военная мысль. 2019. № 10. С. 33-40.

46. Грудинин И. В., Пальгуев Д. А., Шентябин А.Н. Информационная подсистема сбора, обработки и обмена радиолокационной информацией сетевой структуры // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2020. № 675. С. 243-253.

47. Пальгуев Д. А., Шентябин А. Н. К вопросу оценки вероятности объединения радиолокационной информации при третичной обработке в сетевых структурах // Радиопромышленность. 2020. Т. 30. № 2. С. 32-41.

48. Пальгуев Д. А., Панкратов С. И. Сетевая автоматизированная система передачи радиолокационной информации // Патент на изобретение RU 2543068 C1, 27.02.2015. Заявка № 2013152838/07 от 27.11.2013.

49. Пальгуев Д. А. Сравнительная оценка эффективности информационных систем иерархической и сетевой структуры на основе энтропийного подхода // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2020. № 1 (37). С. 15-22.

50. Владимиров В. И., Владимиров И. В. Основы оценки конфликтно устойчивых состояний организационно-технических систем (в информационных конфликтах). – Воронеж: ВАИУ, 2008. – 231 с.

51. Гапенко О. Ю. Защита информации: основы организационного управления. – СПб.: Дом «Сентябрь», 2001. – 228 с.

52. Макаренко С. И. Динамическая модель двунаправленного информационного конфликта с учетом возможностей сторон по наблюдению, захвату и блокировке ресурса // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 1. С. 60–97.

53. Макаренко С. И. Информационный конфликт системы связи с системой дестабилизирующих воздействий. Часть 1. Концептуальная модель конфликта с учетом ведения разведки, физического, радиоэлектронного и информационного поражения средств связи // Техника радиосвязи. 2020. № 2 (45). С. 104-117.

54. Макаренко С. И. Информационный конфликт системы связи с системой дестабилизирующих воздействий. Часть 2. Формализация основных аспектов, определяющих выигрыш в конфликте // Техника радиосвязи. 2020. № 3 (46). С. 103-115.

55. Макаренко С. И. Информационный конфликт системы связи с системой дестабилизирующих воздействий. Часть 3. Управление системой связи в условиях конфликта // Техника радиосвязи. 2021. № 1 (48). С. 103-116.
56. Ачасов О. Б., Буравлев А. И. Аналитическая модель оценки эффективности воздушно-космической обороны в условиях глобального удара высокоточным оружием // Вооружение и экономика. 2021. № 2 (27). С. 10-20.
57. Криницкий Ю. ВКО России: признаки будущей системы // Воздушно-космическая оборона. 2012. № 2. – URL: <https://militaryarticle.vibrokatok.by/voenno-kosmicheskaya-oborona/2012/12688-vko-rossii-priznaki-budushhej-sistemy> (дата обращения: 16.05.2025).
58. Чельцов Б. Система ВКО России есть ли у нее будущее // Воздушно-космическая оборона. 2003. № 6. – URL: <https://militaryarticle.vibrokatok.by/voenno-kosmicheskaya-oborona/2003/12245-sistema-vko-rossii-est-li-u-nee-budushhee> (дата обращения: 16.05.2025).
59. Чельцов Б. Воздушно-космической обороне – адекватное отражение в Военной доктрине России // Российское военное обозрение. 2007. № 4 (39). – URL: <http://www.grincevskiy.ru/rvo/042007/vozdushno-kosmicheskoy-oborone.php> (дата обращения: 16.05.2025).
60. Михайлов А. Как строить ВКО в современных условиях // Воздушно-космическая оборона. 2010. № 5. – URL: <https://militaryarticle.vibrokatok.by/voenno-kosmicheskaya-oborona/2010/12605-kak-stroit-vko-v-sovremennyh-uslovijah> (дата обращения: 16.05.2025).
61. Ягольников С. В. Проблемы создания технической основы воздушно-космической обороны страны и пути их решения // Академия военных наук Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <https://avnrf.ru/index.php/pravila-priema/proekty/72-novosti-sajta/629-problemy-sozdaniya-tekhnicheskoy-osnovy-vozdushno-kosmicheskoy-oborony-strany-i-puti-ikh-resheniya> (дата обращения: 16.05.2025).
62. Палицын А. Б., Жиленко Д. Б. Анализ традиционных и перспективных задач системы воздушно-космической обороны России: проблемы и пути их решения // Военная мысль. 2020. № 9. С. 6-17.
63. Дронов С. В., Харин С. В. Проблемные вопросы обеспечения устойчивости функционирования системы управления истребительной авиации и пути их решения // Военная мысль. 2023. № 8. С. 71-78.

References

1. Afonin I. E., Makarenko S. I., Mikhailov R. L. *Bystryj globalnyj udar: retrospektivnyj analiz koncepcii, veroyatnyj scenarij naneseniya, sostav sil i sredstv, posledstviya i prioritety meropriyatiya po protivodejstviyu. Monografiya* [A prompt global strike: a retrospective analysis of the concept, the likely scenario of the application, the composition of additional funds, consequences and priority measures to counteract. Monograph]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tehnologii Publ., 2022. 174 p. (in Russian).
2. Afonin I. E., Makarenko S. I., Petrov S.V. Descriptive model of intelligence systems used to detection the elements of an aerospace defense system and target

designation when aerospace attack means are doing prompt global strike. *Systems of Control, Communication and Security*, 2021, no. 1, pp. 190-214 (in Russian).

3. Afonin I. E., Makarenko S. I., Petrov S. V. Descriptive model of the electronic warfare subsystem as part aerospace attack means used to suppression elements of an aerospace defense system. *Systems of Control, Communication and Security*, 2021, no. 2, pp. 76-95 (in Russian).

4. Afonin I. E., Makarenko S. I., Petrov S. V., Privalov A. A. Analysis of combat experience as groups of unmanned aerial vehicles are used to defeat anti-aircraft missile means of the air defense system in Syria, Libya and Nagorno-Karabakh wars. *Systems of Control, Communication and Security*, 2020, no. 4, pp. 163-191 (in Russian).

5. Afonin I. E., Makarenko S. I., Mitrofanov D. V. Analysis of the concept of "Prompt global strike" of air-space attack means and substantiation of prospective directions of air-space defense system development in the arctic in the interest of defense. *Aerospace forces. Theory and practice*, 2020, no. 15, pp. 75-87. (in Russian).

6. Makarenko S. I., Kovalskiy A. A., Afonin I. E. Justification of Perspective Directions of Development of the Russian Federation's Anti-Space Defense System in the Interests of Timely Opening and Repulse the Aerospace Attack Means "Prompt Global Strike". *Aerospace forces. Theory and practice*, 2020, vol. 16, pp. 99-115 (in Russian).

7. Afonin I. E., Makarenko S. I., Mikhailov R. L. Descriptive model of combat potentials of sides in the conflict between the aerospace defense system and the aerospace attack means. *Systems of Control, Communication and Security*, 2022, no. 3, pp. 41-66 (in Russian).

8. Afonin I. E., Petrov S. V., Makarenko S. I. Transition to the adaptive network structure of the aerospace defense control system as one of the main ways for increase of its stability. *Aerospace forces. Theory and practice*, 2021, no. 19, pp. 159-178 (in Russian).

9. Makarenko S. I., Afonin I. E., Kopichev O. S., Mamonchikova A. S. The general Lanchester model defining multilateral conflicts. *Automation of Control Processes*, 2021, no. 2, pp. 66-76 (in Russian).

10. Afonin I. E., Makarenko S. I., Petrov S. V. Model for assessing the stability of an aerospace defense control system in conflict with aerospace attack means. *Systems of Control, Communication and Security*, 2023, no. 3, pp. 227-266 (in Russian).

11. Afonin I. E., Makarenko S. I., Mikhailov R. L. Aerospace Attack Means by Leading Foreign Countries. Part 1. Intercontinental Ballistic Missiles. *Systems of Control, Communication and Security*, 2024, no. 1, pp. 138-190 (in Russian).

12. Makarenko S. I., Afonin I. E. Modeling of aviation combat operations and evaluation of their effectiveness – analysis of papers, models and actual research directions. *Systems of Control, Communication and Security*, 2024, no. 3, pp. 78-125 (in Russian).

13. Afonin I. E., Makarenko S. I., Mikhailov R. L., Kupriyanov N. A., Potapov A. A. Aerospace Attack Means by Leading Foreign Countries. Part 2.

Submarine-Launched Ballistic Missile. *Systems of Control, Communication and Security*, 2024, no. 4, pp. 223-286 (in Russian).

14. *Dialektika tekhnologiiy vozdushno-kosmicheskoy oborony* [Dialectics of aerospace defense technologies]. Moscow, "Stolichnaya enciklopediya" Publishing House, 2011. 367 p. (in Russian).

15. *Sredstva vozdushno-kosmicheskogo napadeniya i vozdushno-kosmicheskoy oborony. Sostoyanie i razvitie* [Means of air-space attack and air-space defense. Status and development]. Moscow, "Planeta" Publ., 2017, 336 p. (in Russian).

16. Borisko S. N., Goremykin S. A. Analiz sostoyaniya Vozdushno-kosmicheskikh sil Rossii. Perspektivy razvitiya [Analysis of the state of the Russian Aerospace Forces. Development prospects]. *Military thought*, 2019, no. 1, pp. 25-37 (in Russian).

17. Luzan A. G. New structures of air & missile defence constellations in theatres of operations is the imperative of our time. *Aerospace Sphere Journal*, 2019, no. 3, pp. 94-103 (in Russian).

18. Palicyn A. B., Zhilenko D. B. Analiz tradicionnykh i perspektivnykh zadach sistemy vozdushno-kosmicheskoy oborony Rossii: problemy i puti ih resheniya [Analysis of traditional and prospective tasks of the Russian aerospace defense system: problems and ways to solve them]. *Military thought*, 2020, no. 9, pp. 6-17 (in Russian).

19. Barvinenko V. V. O popytkah revizii polozhenij teorii vozdushno-kosmicheskoy oborony [On attempts to revise the provisions of the theory of aerospace defense]. *Military thought*, 2018, no. 4, pp. 84-90 (in Russian).

20. Kazakhov B. D., Popov D. M. Methodical approach to comprehensive counter system of enemy aerospace attack. *Vestnik Akademii voennykh nauk*, 2019, no. 1 (66), pp. 29-34 (in Russian).

21. Boev S. F. Concept of integrated system of missile and space defense of Russia. *Issues of radio electronics*, 2019, no. 3, pp. 7-11 (in Russian).

22. Zinakov S. N. Konceptual'nye osnovy metodologii obosnovaniya stroitel'stva i razvitiya morskoy sostavlyayushchej vozdushno-kosmicheskoy oborony Rossijskoj Federacii [Conceptual foundations of the methodology for substantiating the construction and development of the maritime component of the aerospace defense of the Russian Federation]. *Military thought*, 2019, no. 6, pp. 109-112 (in Russian).

23. Yagolnikov S. V. Military-technical aspects of the organization and carrying out of the aerospace defense in modern conditions. *Vestnik Akademii voennykh nauk*, 2017, no. 2 (59), pp. 60-63 (in Russian).

24. Sozinov P. A. Crucial tasks of mathematical modeling of aerospace defense systems. *Journal of «Almaz – Antey» Air and Space Defence Corporation*, 2017, no. 3, pp. 17-26. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-zadachi-matematicheskogo-modelirovaniya-sistem-vozdushno-kosmicheskoy-oborony> (accessed 11 July 2024) (in Russian).

25. Boev S. F., Gudkov A. A., Malishev S. R., Chebotar I. V. The radiotechnical systems survivability assurance as a result of structural stability increase. *Naukoemkie tekhnologii*, 2016, vol. 17, no. 12, pp. 80-85 (in Russian).

206. Boev S. F., Rakhmanov A.A. Method of increasing the efficiency of the new technologies implementation in creating a new generation radar stations. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, 2015. no. 1 (162), pp. 73-81 (in Russian).

27. Boev S. F., Rakhmanov A.A. Methodological bases of management of the establishment of highly informative unified radar stations missile space defense. *Radio industry*, 2016. no. 1, pp. 6-13 (in Russian).

28. Kochkarov A. A., Rahmanov A. A., Timoshenko A. V., Putyato S. A. Structural and spatial model of the special purpose monitoring system means distribution by observation objects. *Aerospace forces. Theory and practice*, 2020, no. 13, pp. 124–132 (in Russian).

29. Kochkarov A. A., Putyato S. A., Petrochenkov D. M. Analysis of the directions of creation of specialized aviation-space systems of radar surveillance of air attack means. *Vestnik Yaroslavl'skogo vysshego voennogo uchilishcha protivovozdushnoj oborony*, 2020, no. 1 (8), pp. 17–23 (in Russian).

30. Kochkarov A. A. Modeling of interaction in info-reconnaissance systems with dynamic structure of connections. *Uspekhi sovremennoi radioelektroniki*, 2017, no. 11, pp. 58–62 (in Russian).

31. Leshko N. A., Petrochenkov D. M., Tymoshenko A. V. Analysis of state and prospects of development of active/passive radar systems by foreign and domestic military-industrial companies. *Aerospace Defense Herald*, 2020. No. 4 (28), pp. 6-17 (in Russian).

32. Bezel Y. V. Stages of development of automated control systems for aircraft and air defence. *Journal of «Almaz – Antey» Air and Space Defence Corporation*, 2015, no. 2 (14), pp. 90-94 (in Russian).

33. Grudinin I. V., Surovikin S. V. Obosnovanie struktury metoda informacionnogo obespecheniya upravleniya borboj s protivnikom v vozdushno-kosmicheskoy sfere [Substantiation of the structure of the method of information support for the management of the fight against the enemy in the aerospace sphere]. *Proceedings of the Mozhaisky Military Space Academy*, 2016, no. 650, pp. 95-108 (in Russian).

34. Grudinin I. V., Surovikin S. V. Resource management information and control subsystem ACS fire in order to ensure its survivability. *Izvestiya Instituta inzhenernoy fiziki*, 2016, no. 3 (41), pp. 57-62 (in Russian).

35. Grudinin I. V., Majburov D. G. Strukturnyj analiz teorii informacionnogo obespecheniya upravleniya otrazheniem udarov sredstv vozdushno-kosmicheskogo napadeniya protivnika [Structural analysis of the theory of information support for controlling the reflection of enemy air and space attack attacks]. *Military thought*, 2018, no. 8, pp. 78-89 (in Russian).

36. Grudinin I. V., Majburov D. G., Kakaev V. V. Soderzhanie i struktura kategorij teorii upravleniya mezhhvidovoj gruppirovkoj vojsk (sil) pri otrazhenii udarov sredstv vozdushno-kosmicheskogo napadeniya protivnika [The content and structure of the categories of the theory of management of the interspecific grouping of troops (forces) in repelling the blows of the enemy's aerospace attack]. *Military thought*, 2019, no. 10, pp. 88-96 (in Russian).

37. Grudin I. V., Mayburov D. G. Method of operational adaptation of information and management resource to reflect the impact of air and space attacks of the enemy. *Vestnik Akademii voennykh nauk*, 2018, no. 4 (65), pp. 82-90 (in Russian).

38. Majburov D. G., Ikonnikov O. V. Razvitie teoreticheskikh polozhenij informacionnogo obespecheniya upravleniya otrazheniem udarov sredstv vozdušno-kosmicheskogo napadeniya protivnika [Development of theoretical provisions of information support for the management of repulse of enemy air and space attack means]. *Military thought*, 2018, no. 9, pp. 48-53 (in Russian).

39. Lyaskovskij V. L. *Sistemotekhnicheskie osnovy avtomatizacii processov obrabotki informacii i upravleniya v ierarhicheskikh sistemah voennogo naznacheniya. Monografiya* [System engineering fundamentals of automation of information processing and management processes in hierarchical military systems. Monograph]. Tver, Military Academy of Aerospace Defense named after Marshal of the Soviet Union G. K. Zhukov Publ., 2014. 243 p. (in Russian).

40. Voronin O. V., Potetenko S. V., Kruglikov S. V. The development of automation management tools by the divisions of tactical missile defense. *Informatika*, 2017, no. 4 (56), pp. 54-69 (in Russian).

41. Morenkov V. A. Pokoleniya i vozmozhnye napravleniya razvitiya avtomatizirovannoj sistemy upravleniya istrebitel'noj aviaciej [Generations and possible directions of development of the automated control system of fighter aircraft]. *Military thought*, 2019, no. 10, pp. 65-73 (in Russian).

42. Voronov E. M., Repkin A. L., Jian Z. Resource control of multiple-object systems of ground and air based aircraft in multistage conflict situation. *Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii*, 2013, no. 10 (22), 14 p. (in Russian).

43. Voronov E. M., Yefremov V. A., Repkin A. L., Sychev S. I. Functional properties of conflict-optimum prediction in the system of optimization-imitation modeling of interaction between groups of controlled means of destruction. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Instrument Engineering*, 2013, no. 3 (92), pp. 3-25 (in Russian).

44. Vorob'yov D. N., Kupriyanov N. A., Onufrej A. Yu. Algoritmicheskaya realizaciya komparirovaniya traektornykh dannyh radiolokacionnoj stanciej dal'nego obnaruzheniya [Algorithmic implementation of trajectory data comparison by a long-range detection radar]. *Questions of radio-electronics, the TV equipment series*, 2020. No. 4. pp. 93-100 (in Russian).

45. Dybov V. N., Podgornyh Yu. D. Ob ustojchivosti vozdušno-kosmicheskoy oborony Rossijskoj Federacii [On the stability of the aerospace defense of the Russian Federation]. *Military thought*, 2019, no. 10, pp. 33-40 (in Russian).

46. Grudin I. V., Pal'guyev D. A., Shentyabin A. N. Informacionnaya podsistema sbora, obrabotki i obmena radiolokacionnoj informaciej setевой struktury [Information subsystem for collecting, processing and exchanging radar information of a network structure]. *Proceedings of the Mozhaisky Military Space Academy*, 2020, no. 675, pp. 243-253 (in Russian).

47. Palguyev D. A., Shentyabin A. N. More on assessing the probability of radar information association during tertiary information processing in network structures. *Radio industry*, 2020, vol. 30, no. 2, pp. 32-41 (in Russian).

48. Palguyev D. A., Pankratov S. I. *Setevaya avtomatizirovannaya sistema peredachi radiolokacionnoj informacii* [Network automated system for transmitting radar information]. Patent Russia, no. 2543068. 2015.

49. Palguyev D. A. Efficiency comparative evaluation of information systems of hierarchical and network structure based on entropy approach. *Radio and telecommunication systems*, 2020, no. 1 (37), pp. 15-22 (in Russian).

50. Vladimirov V. I., Vladimirov I. V. *Osnovy ocenki konfliktno ustojchivyyh sostoyanij organizacionno-tekhnicheskikh sistem (v informacionnyh konfliktah)* [The basics of assessing conflict-resistant states of organizational and technical systems (in information conflicts)]. Voronezh, Voronezh Aviation Engineering University Publ., 2008. 231 p. (in Russian).

51. Gapenko O. Yu. *Zashchita informacii: osnovy organizacionnogo upravleniya* [Information protection: fundamentals of organizational management]. Saint Petersburg, The September House Publ., 2001. 228 p. (in Russian).

52. Makarenko S. I. Dynamic Model of the Bi-directional Information Conflict to Take into Account Capabilities of Monitoring, Capturing and Locking of Information Resources. *Systems of Control, Communication and Security*, 2017, no. 1, pp. 60–97 (in Russian).

53. Makarenko S. I. Information conflict between a communication system and a system of destabilizing influences. Part 1. A conceptual conflict model taking into account signal and communications intelligence, fire weapons, electronic and microwave warfare, cyber-attacks. *Radio communication technology*, 2020, vol. 45, no. 2, pp. 104-117 (in Russian).

54. Makarenko S. I. Information conflict between a communication system and a system of destabilizing influences. Part 2. Formalized main aspects determine win in the conflict. *Radio communication technology*, 2020, vol. 46, no. 3, pp. 103–115 (in Russian).

55. Makarenko S. I. Information conflict between a communication system and a system of destabilizing influences. Part 3. Controlling of a communication system in conflict situation. *Radio communication technology*, 2021, vol. 48, no. 1, pp. 103-116 (in Russian).

56. Achasov O. B., Buravlev A. I. Analiticheskaya model' ocenki effektivnosti vozdushno-kosmicheskoy oborony v usloviyah globalnogo udara vysokotochnym oruzhiem [An analytical model for evaluating the effectiveness of aerospace defense in the context of a global strike with precision weapons]. *Armament and Economics*, 2021, vol. 27, no. 2, pp. 10-20 (in Russian).

57. Krinickij Yu. VKO Rossii: priznaki budushchej sistemy [Russian aerospace defense: signs of a future system]. *Vozdushno-kosmicheskaya oborona*, 2012, no. 2. Available at: <https://militaryarticle.vibrokatok.by/voenno-kosmicheskaya-oborona/2012/12688-vko-rossii-priznaki-budushhej-sistemy> (accessed 16 May 2025) (in Russian).

58. Chel'cov B. Sistema VKO Rossii est' li u nee budushchee [Does the Russian aerospace defense system have a future?]. *Vozdushno-kosmicheskaya oborona*, 2003, no. 3. Available at: <https://militaryarticle.vibrokatok.by/voenno-kosmicheskaya-oborona/2003/12245-sistema-vko-rossii-est-li-u-nee-budushchee> (accessed 16 May 2025) (in Russian).

59. Chel'cov B. Vozdushno-kosmicheskoy oborone – adekvatnoe otrazhenie v Voennoy doktrine Rossii [Aerospace defense is an adequate reflection in Russia's Military Doctrine]. *Rossiyskoe voennoe obozrenie*, 2007, vol. 39, no. 4. Available at: <http://www.grinchevskiy.ru/rvo/042007/vozdushno-kosmicheskoy-oborone.php> (accessed 16 May 2025) (in Russian).

60. Mihajlov A. Kak stroit' VKO v sovremennykh usloviyakh [How to build aerospace defense in modern conditions]. *Vozdushno-kosmicheskaya oborona*, 2010, no. 5. Available at: <https://militaryarticle.vibrokatok.by/voenno-kosmicheskaya-oborona/2010/12605-kak-stroit-vko-v-sovremennykh-usloviyakh> (accessed 16 May 2025) (in Russian).

61. Yagol'nikov S. V. Problemy sozdaniya tekhnicheskoy osnovy vozdushno-kosmicheskoy oborony strany i puti ih resheniya [Problems of creating a technical basis for the country's aerospace defense and ways to solve them]. *Akademiya voennykh nauk Rossiyskoj Federacii*. Available at: <https://avnrf.ru/index.php/pravila-priema/proekty/72-novosti-sajta/629-problemy-sozdaniya-tekhnicheskoy-osnovy-vozdushno-kosmicheskoy-oborony-strany-i-puti-ikh-resheniya> (accessed 16 May 2025) (in Russian).

62. Palicyn A. B., Zpilenko D. B. Analiz tradicionnykh i perspektivnykh zadach sistemy vozdushno-kosmicheskoy oborony Rossii: problemy i puti ih resheniya [Analysis of traditional and promising tasks of the Russian aerospace defense system: problems and ways to solve them]. *Military Thought*, 2020, no. 9, pp. 6-17 (in Russian).

63. Dronov S. V., Harin S. V. Problemnye voprosy obespecheniya ustojchivosti funkcionirovaniya sistemy upravleniya istrebitel'noj aviatsii i puti ih resheniya [Problematic issues of ensuring the stability of the fighter aviation control system and ways to solve them]. *Military Thought*, 2023, no. 8, pp. 71-78 (in Russian).

Статья поступила 26 мая 2025 г.

Информация об авторах

Афонин Илья Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент. Доцент кафедры авиационного и радиоэлектронного оборудования. Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков. Область научных интересов: информационный конфликт средств воздушно-космического нападения и системы воздушно-космической обороны; радиолокационные системы обнаружения, распознавания и целеуказания; обработка радиолокационных сигналов. E-mail: ilyaafonin@yandex.ru

Адрес: Россия, 350090, г. Краснодар, ул. Дзержинского, д. 135.

Conceptual model of the conflict of the aerospace defense system and aerospace attack means

I. E. Afonin

Relevance. The urgency of issues related to increasing the stability of the aerospace defense system is due to the increasing military and political tension between the Russian Federation and the countries of the collective West. In the event of an escalation of tension into an armed conflict, the United States has developed the operational and strategic concept of a "Prompt Global Strike" (PGS), which involves a rapid simultaneous strike of a large number of precision-guided weapons, primarily sea- and air-launched cruise missiles, at selected targets, administrative and military centers, including of intercontinental ballistic missiles (ICBMs). At the same time, the first echelon of the PGS will consist of aerospace attack means (ASAM), aimed at defeating elements of the aerospace defense system in order to reduce its effectiveness in repelling the impact of the ASAM of subsequent echelons of the PGS. That is, the task of increasing the stability of the aerospace defense system in the conditions of a first-echelon PGS strike is urgent. **The purpose of the paper** is to develop a conceptual model of the conflict between the aerospace defense system and ASAM. The material of the article is planned to be used in the future for the development and research of models for the development and forecasting of the results of conflict interaction between the enemy's internal defense forces and the aerospace defense system, as well as for the study of the stability of the aerospace defense system when the enemy strikes the PGS. **The results and their novelty.** The novelty of the developed model, which distinguishes it from well-known works, is: the analysis of the complex construction of organizational and technical systems of the warring parties, which include control subsystems, reconnaissance and targeting subsystems, shock subsystems and electronic suppression subsystems, taking into account direct and feedback links within and between organizational and technical systems; taking into account the possibility of adaptation of both organizational and technical systems.-technical systems for the current operational and tactical situation of warfare; the structural parameters of the stability of information transmission lines and combat control commands include parameters that formalize the capabilities of RRTR, RLR and OER when opening elements of the aerospace defense system, as well as parameters that take into account the capabilities of the ASAM for physical and functional damage to elements of the aerospace defense system, electronic suppression of communication channels and means of reconnaissance and air-space control, which are sources of information about the ASAM. **Practical significance.** The model presented in this paper will be useful to researchers and applicants conducting scientific research in the field of information conflict research, increasing the combat effectiveness of the aerospace defense system and increasing the stability of its control system when the enemy strikes the PGS.

Keywords: conflict, conceptual model, stability, electronic suppression, means of aerospace attack, control system, aerospace defense, fire damage, electronic warfare, air defense.

Information about Author

Ilya Evgenievich Afonin – Ph.D. of Engineering Sciences, Docent. Associate Professor at the Department of aviation and radio-electronic equipment. Krasnodar Higher Military Aviation School of Pilots. Field of research: information conflict of air and space attacking means and air and space defense systems; radar detection; recognition and target designation systems; radar signal processing. E-mail: ilyaafonin@yandex.ru

Address: Russia, 350090, Krasnodar, Dzerzhinsky Street, 135.