

УДК 623.20

Модели и методы динамической координации подсистем информационно-телекоммуникационной системы специального назначения в условиях информационного конфликта

Михайлов Р. Л., Ганиев А. Н., Ефремов А. В.

Постановка задачи: активное использование информационно-телекоммуникационных систем специального назначения в различных конфликтах в специальной сфере обусловлено необходимостью достижения информационного превосходства над противостоящей стороной. Была выдвинута гипотеза исследования, согласно которой динамическая координация подсистем информационно-телекоммуникационных систем специального назначения позволит повысить эффективность использования в условиях информационного конфликта как телекоммуникационной системы, так и информационно-телекоммуникационной системы специального назначения в целом, за счет получения синергетического эффекта, что обеспечит достижение информационного превосходства в информационном конфликте. **Целью работы** является разработка моделей и методов динамической координации, применение которых на практике обеспечит достижение информационного превосходства в информационном конфликте информационно-телекоммуникационных систем специального назначения по обоснованному в рамках исследования показателю. **Используемые методы:** элементы теории управления, теории актуарной математики, теории вероятности, теории сложных систем, теории динамических систем, теории марковских процессов, теории математического моделирования, а также теории конфликтов. **Новизна:** элементом новизны представленных решений является новый подход к формализации динамического информационного конфликта информационно-телекоммуникационных систем специального назначения. **Результат:** использование представленных моделей и методов позволяет обеспечить достижение информационного превосходства в информационном конфликте. **Практическая значимость:** представленные прикладные результаты реализованы в виде программных модулей специального программного обеспечения программно-аппаратных комплексов в составе Единой системы управления разведомственными формированиями специального назначения.

Ключевые слова: информационно-телекоммуникационная система специального назначения, информационный конфликт, подсистема наблюдения, подсистема воздействия, координация.

Актуальность

В настоящее время процессы конвергенции современных телекоммуникационных технологий, реализованных в ведомственных телекоммуникационных системах специального назначения (ТКС СН), с информационными технологиями ведомственных систем управления привело к созданию информационно-телекоммуникационных систем специального назначения (ИТКС СН). В соответствии с подходом авторов, принятом в рамках проведенного исследования, под ИТКС СН понимаются территориально распределенные комплексы,

Библиографическая ссылка на статью:

Михайлов Р. Л., Ганиев А. Н., Ефремов А. В. Модели и методы динамической координации подсистем информационно-телекоммуникационной системы специального назначения в условиях информационного конфликта // Системы управления, связи и безопасности. 2021. № 5. С. 136-179. DOI: 10.24412/2410-9916-2021-5-136-179

Reference for citation:

Mikhailov R. L., Ganiev A. N., Efremov E. V. Models and methods of dynamic coordination of infocommunication system of special purpose subsystems in information conflict. *Systems of Control, Communication and Security*, 2021, no. 5, pp. 136-179 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2021-5-136-179

состоящие из информационных устройств (ИУ) и устройств телекоммуникаций (УТ), а также соединяющие их каналы радиосвязи, обеспечивающие формирование, передачу, прием, хранение, поиск, отображение и обработку информации по заданным человеком алгоритмам и программам и предназначенные для предоставления пользователям в специальной сфере (под которой понимается сфера обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка [1]) различных информационных и телекоммуникационных продуктов и услуг. Пользователями ИТКС СН выступают элементы в составе системы управления и основных (базовых) сил и средств, а также средства системы обеспечения информационной безопасности (СОИБ) в составе подсистем наблюдения и воздействия, при этом задачи оказания необходимых информационных услуг возлагаются на информационную систему (ИС) ИТКС СН, а информационный обмен между указанными пользователями – на ТКС СН.

Специальная сфера использования ИТКС СН подразумевает наличие конфликтных ситуаций, когда решение возложенных на соответствующие системы управления задач сопряжено с целенаправленным противодействием конфликтующей стороны. К субъектам конфликта в специальной сфере можно отнести другие государства, их союзы и коалиции; международные организации; негосударственные незаконные вооруженные формирования (НВФ) и организации террористической, экстремистской, радикальной политической и религиозной направленности (в том числе международные). Достижение преимущества в конфликте в специальной сфере достигается применением основных (базовых) сил и средств, примерами которых являются силы правопорядка, вооруженные силы и другие разведомственные формирования специального назначения, обладающие средствами физического поражения (огневыми, оружием на новых физических принципах и т. д.). Управление данными силами и средствами осуществляется посредством принятия органами государственного управления (системой управления субъекта конфликта в специальной сфере) решения о порядке их применения и доведения до них этого решения, т. е. каждому эпизоду применения предшествует цикл управления, включающий в себя этапы сбора и обработки данных о состоянии, намерениях и действиях конфликтующей стороны; принятия решения на применение основных (базовых) сил и средств; доведение решения до основных (базовых) сил и средств, а также контроля результатов их применения. Эффективное применение основных (базовых) сил и средств сопряжено с необходимостью проводить данные этапы в рамках цикла управления ими быстрее, нежели другая сторона конфликта. При этом задачи сбора данных о состоянии, намерениях и действиях конфликтующей стороны возлагаются на средства наблюдения в составе соответствующей подсистемы, а затруднение выполнения аналогичных действий конфликтующей стороной – на средства из состава подсистемы воздействия.

Таким образом, на этапе сбора и обработки данных о состоянии, намерениях и действиях сторон в ходе конфликта в специальной сфере имеет место информационный конфликт между ИТКС СН в их составе, достижение преимущества в котором способствует получению превосходства субъекта в конфликте в целом. Под информационным конфликтом ИТКС СН в работе пони-

мается процесс столкновения субъектов конфликта в различных сферах деятельности на этапе сбора и обработки данных о состоянии, намерениях и действиях конфликтующей стороны, каждый из которых стремится к обеспечению упреждающего принятия решений в цикле управления основными (базовыми) силами и средствами и предпринимает действия по снижению аналогичных возможностей оппонента. Целью ИТКС СН в информационном конфликте является достижение информационного превосходства, т. е. способности осуществлять непрерывный сбор сведений о конфликтующей стороне, их обработку, распределение потока достоверной информации в интересах применения основных (базовых) сил и средств, а также способность обеспечить упреждение выполнения аналогичных действий конфликтующей стороны. Достижение этой цели обеспечивается посредством информационных контактов средств наблюдения и воздействия с УТ из состава ТКС ИТКС СН.

Под информационным контактом средства наблюдения с УТ понимается процесс перехвата и несанкционированного доступа к информации в каналах связи между УТ ТКС противостоящей стороны (нарушение свойства конфиденциальности информации). Результатом подобного информационного контакта является собранный объем оперативной информации, которая в дальнейшем используется системой управления при принятии решений о применении основных (базовых) сил и средств. Под информационным контактом средства воздействия с УТ понимается процесс разрушения и блокирования информации в каналах связи между УТ ТКС противостоящей стороны (нарушают свойство доступности информации). Результатом подобного информационного контакта является потеря объема оперативной информации, необходимой системе управления конфликтующей стороны при принятии решений. Вследствие этого, совокупность УТ из состава ТКС СН выступает как общий ресурс подсистем наблюдения и воздействия для реализации информационных контактов. Следует отметить, что одно и то же УТ не может одновременно служить объектом информационного контакта для средства наблюдения и средства воздействия. В связи с этим, ИС в составе ИТКС СН выступает как орган, координирующий подсистемы наблюдения и воздействия в составе СОИБ, задачами которого является определение рационального распределения между этими подсистемами УТ ТКС ИТКС СН с целью обеспечения их эффективного применения в интересах достижения информационного превосходства в информационном конфликте. Динамическая координация ТКС, как составной части ИТКС СН, со стороны ИС осуществляется посредством адаптивного изменения интервалов времени между отправкой координирующих сигналов подсистемам наблюдения и воздействия в зависимости от условий протекания информационного конфликта, что позволяет избежать избыточности объема распоряжительной информации, циркулирующей по каналам радиосвязи между УТ ИТКС СН.

Очевидно, что обеспечить информационное превосходство в информационном конфликте лишь за счет совершенствования отдельных подсистем ИТКС СН с учетом несравнимо большего экономического потенциала противостоящих РФ в конфликте в специальной сфере субъектов, не представляется воз-

возможным. В этой связи в рамках проведенного исследования была выдвинута гипотеза о том, что динамическая координация подсистем ИТКС СН позволит повысить эффективность использования в условиях информационного конфликта как ТКС, так и ИТКС СН в целом, за счет получения синергетического эффекта, что обеспечит достижение информационного превосходства в информационном конфликте. Подтверждение данной гипотезы являлось актуальным для практики использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта.

Анализ работ в предметной области исследования

Проведенный анализ работ в рассматриваемой предметной области показал, что повышение эффективности использования ТКС в интересах обеспечения информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН является востребованным направлением исследований. По данному направлению вели и ведут работу достаточно большое число ученых: Е.Г. Анисимов, В.Г. Анисимов, П.И. Антонович, А.А. Бойко, А.Н. Борисов, С.А. Будников, В.В. Бухарин, В.И. Владимиров, Е.В. Гречишников, С.В. Дворников, А.И. Замарин, Э.А. Кирсанов, С.М. Климов, И.В. Котенко, Ю.Л. Козирацкий, А.И. Куприянов, О.С. Лаута, А.Г. Ломако, С.И. Макаренко, Л.Е. Мистров, О.Г. Остапенко, А.А. Привалов, А.Н. Путилин, В.Г. Радзиевский, С.Н. Разиньков, С.С. Семенов, А.А. Сирота, Ю.И. Стародубцев, Д.А. Тавалинский, Н.Н. Толстых, В.Д. Чельшев, А.М. Чуднов, И.И. Чукляев, В.В. Якимовец и многие другие. Однако в большинстве работ этих ученых формализованы дуэльные ситуации либо «ТКС – подсистема наблюдения», либо «ТКС – подсистема воздействия», и не осуществляется оценивание эффективности комплексного применения подсистем ИТКС СН. Кроме того, в подавляющем большинстве работ рассматриваются односторонние информационные конфликты и, таким образом, не исследуется зависимость между стратегиями конфликтующих ИТКС СН.

Вместе с тем, в основу разрабатываемых моделей и методов динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта было положено развитие известных научных результатов, которые были получены следующими учеными:

- С.И. Макаренко – результаты [2-7], связанные с разработкой формальных моделей ТКС СН, функционирующих в условиях дестабилизирующих воздействий и ведения мониторинга;
- Ю.И. Стародубцевым, В.В. Бухариным и С.С. Семеновым – результаты [8-10], связанные с разработкой теоретических основ проведения специальных мероприятий в информационном пространстве и обоснованием новых способов и средств обеспечения эффективности использования ИТКС СН;
- В.И. Владимировым – результаты [11-13], связанные с разработкой методологических основ динамического информационного конфликта;
- Ю.Л. Козирацким – результаты [14-16], направленные на повышение эффективности проведения информационных контактов средств наблюдения и воздействия с УТ ТКС ИТКС СН.

В работах С.И. Макаренко исследованы информационные контакты УТ ТКС СН со средствами наблюдения и воздействия. Однако ТКС СН рассматриваются как самостоятельные организационно-технические системы, и, таким образом, сложный многокомпонентный характер ИТКС СН не учитывается. Кроме того, в этих работах информационное превосходство в информационном конфликте «ТКС СН – средства наблюдения и средства воздействия» формализуется показателями устойчивости ТКС СН, что, на взгляд автора, является не совсем корректным.

В работах Ю.И. Стародубцева, В.В. Бухарина и С.С. Семенова обосновано расширение сферы ведения информационного конфликта ИТКС СН и выход его за пределы традиционной сферы (радиосвязи) в глобальное телекоммуникационное пространство. При общих с авторами подходах к структурам ИТКС СН и функциям подсистем в их составе, имеют место существенные различия, т. к. ТКС ИТКС СН в соответствии с указанными работами представляет собой общую для обеих сторон информационного конфликта совокупность УТ и каналов связи различного рода между ними, что не позволяет классифицировать подобный информационный конфликт ИТКС СН как строго антагонистический.

Работы Ю.Л. Козирацкого и представителей его научной школы посвящены исследованию информационных конфликтов ТКС СН со средствами воздействия. В соответствии с принятым в этих работах подходом, средствам наблюдения отводится лишь функции целеуказания в интересах эффективного применения средств воздействия, а также контроля результатов их применения. Таким образом, вклад подсистемы наблюдения в достижение информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН не оценивается. Схожие подходы характерны и для работ В.И. Владимирова, однако в них введено понятие информационного ущерба ТКС ИТКС СН вследствие информационных контактов УТ ТКС со средствами воздействия, а также оценивается влияние этого ущерба на обоснованность и своевременность принятия решений в ИС ИТКС СН. Информационный ущерб в указанных работах определяется как отношение объема информации, переданной ТКС СН в условиях воздействия на линии радиосвязи между УТ и объема информации, соответствующей требованиям по достоверности ее передачи в линиях радиосвязи. Вместе с тем, оценивание обоснованности принимаемых решений о применении основных (базовых) сил и средств осуществляется для той ИТКС СН, УТ в составе ТКС которой участвуют в информационных контактах со средствами воздействия, а информационный ущерб определяется как потеря объема передаваемой информации, необходимой для принятия решений в ИС ИТКС СН. Вследствие этого, в явном виде не учитывается вклад подсистемы наблюдения в увеличение объема оперативной информации «своей» ИТКС СН, добываемой вследствие информационных контактов с УТ ИТКС СН. В то же время сами эти подходы к формализации требований к обоснованности принимаемых решений, на взгляд авторов, являются весьма перспективными, и именно они легли в основу данного исследования.

Математической основой разрабатываемых моделей и методов динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного кон-

фликта являются элементы научно-методического аппарата в других областях исследования, предложенные следующими учеными:

- В.Г. Анисимовым и Е.Г. Анисимовым – фундаментальные подходы к распределению ресурса в сложных системах в условиях антагонистического двунаправленного конфликта в военной сфере [17-19].
- Л.Е. Мистровым – научные основы обеспечения конфликтной устойчивости информационных систем как иерархических многоуровневых ОТС при их конфликтном взаимодействии за счет применения НМА теории множеств, теории игр и исследовании операций [20-26].
- Е.А. Берзиным – научные основы математического аппарата теории игр и теории синтеза систем применительно к оптимальному распределению ресурсов в условиях двустороннего конфликта [27, 28].
- А.В. Бойковым – результаты [29] из области актуарной математики, развивающие классическую модель эволюции капитала страховой компании Крамера-Лундберга в направлении рассмотрения процессов премий и страховых выплат как стохастических процессов.

Ввиду того, что приведенные научные результаты получены в других предметных областях, необходимо произвести их адаптацию и развитие в направлении адекватного представления процесса динамической координации именно подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта. Кроме того, для обеспечения вклада в науку необходимо обобщить элементы обозначенного НМА в направлении формализованного учета динамической координации подсистем наблюдения и воздействия ИТКС СН через распределение им ресурсов (УТ ИТКС СН) с учетом аналогичных действий конфликтующей стороны. Для обоснования показателя информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН целесообразно в качестве основы использовать элементы оценивания вероятности неразорения страховой компании из области актуарной математики с корректным преобразованием однонаправленного неантагонистического взаимодействия типа «страховая компания – клиент» в двусторонний антагонистический информационный конфликт ИТКС СН.

Постановка задачи

Для формальной постановки и решения задачи в работе введены обозначения, представленные в таблице 1. Обозначения, используемые на рис. 5-9, приведены в приложении 1.

Таблица 1 – Обозначения

Обозначение	Физический смысл обозначения
$\{m(t, p(t), v(t, p), u_1(t, p), u_2(t, p))\}_{2.1}$	– комплекс моделей динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта;
$\{m(X, Y, p(t), t)\}_{2.2}$	– комплекс моделей распределения УТ ИТКС СН противостоящей стороны в условиях информационного конфликта
$Mk_{1.4}(T_1, T_2, p(t), t)$	– методика оценивания информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН
Md	– метод

Обозначение	Физический смысл обозначения
Mk	– методика
$p(t)$	– процесс информационного конфликта ИТКС СН
t	– параметр времени
W_1	– множество управляющих воздействий на процесс информационного конфликта со стороны подсистемы наблюдения
W_2	– множество управляющих воздействий на процесс информационного конфликта со стороны подсистемы воздействия
$v(t, p)$	– стратегия ИС ИТКС СН в информационном конфликте
$u_1(t, p)$	– стратегия подсистемы наблюдения в информационном конфликте
$u_2(t, p)$	– стратегия подсистемы воздействия в информационном конфликте
X	– вектор (матрица) распределения УТ ИТКС СН стороны 2 между подсистемами наблюдения и воздействия стороны
Y	– вектор (матрица) распределения УТ ИТКС СН стороны 1 между подсистемами наблюдения и воздействия стороны 2
$P_{\text{ИП}}(Mk_{1.4})$	– показатель информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН, определяемый при помощи методики 1.4
$P_{\text{ИП}}^{\text{треб}}$	– требуемый уровень показателя информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН
$E(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}})$	– показатель эффективности использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта при выполнении критерия обеспечения информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН

На вербальном уровне задача исследования формулируется как разработка научно-методического аппарата динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта

С учетом введенных обозначений задача исследования формализуется следующим образом: разработка комплекса моделей динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта $\{m(t, p(t), v(t, p), u_1(t, p), u_2(t, p))\}_{2.1}$ и основанных на этих моделях методов динамической координации $\{Md_{3.1}, Md_{3.2}, Md_{3.3}\}$, а также комплекса методик $\{Mk_{3.4}, Mk_{3.5}, Mk_{3.6}, Mk_{3.7}, Mk_{3.8}, Mk_{3.9}\}$ для частных условий использования ИТКС СН, которые бы обеспечивали выполнение критерия информационного превосходства $P_{\text{ИП}} \geq P_{\text{ИП}}^{\text{треб}}$ при максимально достижимом значении показателя эффективности использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта $E(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}})$:

$$\begin{aligned} & \left(\{Md_{3.1}, Md_{3.2}, Md_{3.3}\} \left| \{m(t, p(t), v(t, p), u_1(t, p), u_2(t, p))\}_{2.1} \rightarrow \{W_1, W_2, t\} \right. \right) \times \\ & \times \{m_{2.2.1}(X, Y, p(t)), m_{2.2.2}(X, Y, p(t))\} = \\ & = \{Mk_{3.4}, Mk_{3.5}, Mk_{3.6}, Mk_{3.7}, Mk_{3.8}, Mk_{3.9}\} \rightarrow P_{\text{ИП}}(Mk_{1.4}) \left| \begin{array}{l} P_{\text{ИП}}(Mk_{1.4}) \geq P_{\text{ИП}}^{\text{треб}} \\ E(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}}) \rightarrow \max \end{array} \right. . \end{aligned}$$

Модели и методы динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта

Учитывая обширность предметной области информационного конфликта в специальной сфере, а также разнообразие и развитие способов применения средств в составе подсистем наблюдения и воздействия СОИБ, на основе проведенного анализа предметной области [30-40] были введены следующие рамки исследования:

- 1) новые условия, определяющие актуальность и практическую значимость исследования: развитие инструментария (средств и способов) обеспечения ин-формационной безопасности, которые актуализировали аспекты использования ТКС в составе ИТКС СН в интересах достижения информационного превосходства; ограниченная качеством ТКС и других подсистем эффективность функционирования ИТКС СН в условиях информационного конфликта и отсутствие технологии их динамической координации в интересах получения синергетического эффекта;
- 2) новые факторы, определяющие научную новизну исследования: учет динамического характера координации подсистем ИТКС СН и формализация координирующих сигналов в виде распределения в каждый момент времени УТ ИТКС СН для осуществления информационных контактов; адаптивная оптимизация объема передаваемого в ТКС СН трафика координирующих сигналов в интересах обеспечения нахождения ИТКС СН в скоординированном состоянии при изменении условий информационного конфликта; учет вклада подсистемы наблюдения СОИБ в снижение длительности сбора информации в цикле управления основными (базовыми) силами и средствами, а подсистемы воздействия СОИБ – в увеличение длительности процесса сбора информации в цикле управления основными (базовыми) силами и средствами конфликтующей стороны, при этом данные факторы взаимосвязано формализованы в виде процесса динамического двунаправленного информационного конфликта ИТКС СН;
- 3) под информационным превосходством в информационном конфликте ИТКС СН понимается способность осуществлять непрерывный сбор сведений о конфликтующей стороне, их обработку, распределение потока достоверной информации в интересах применения основных (базовых) сил и средств, а также способность обеспечить упреждение выполнения аналогичных действий конфликтующей стороной;

- 4) показатель информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН – вероятность информационного превосходства, характеризующий интегральное преимущество ИТКС СН в длительности цикла управления основными (базовыми) силами и средствами, а именно – в снижении длительности процесса сбора данных о состоянии, намерениях и действиях конфликтующей стороны в интересах принятия решений о применении основных (базовых) сил и средств.
- 5) критерий обеспечения информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН – превышение вероятности информационного превосходства требуемого значения, при этом данное значение определяется системой управления в диапазоне $[0,5,0,9]$;
- 6) показатель эффективности использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта отражает синергетический эффект от динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта, выражающийся в снижении требуемого объема ресурсов (УТ ИТКС СН) в процессе их перевода в целевой эффект от использования ИТКС СН (выполнение критерия обеспечения информационного превосходства в информационном конфликте);
- 7) информационный обмен между пользователями ТКС СН осуществляется по каналам радиосвязи, информационными услугами, предоставляемыми пользователям ИТКС СН, является решение расчетных задач при выработке стратегии применения средств подсистем наблюдения и воздействия в информационном конфликте;
- 8) рассматриваемый прототип ИТКС СН – обобщенный вариант Единой системы управления разведомственными формированиями специального назначения (ЕСУ СН) в типовом составе программно-аппаратных комплексов связи и передачи данных (соответствуют ТКС), поддержки принятия решений (ППР) (соответствуют ИС), а также средств мониторинга (соответствуют средствам подсистемы наблюдения) и средств деструктивного воздействия (соответствуют средствам подсистемы воздействия).

Схема информационного конфликта ИТКС СН с учетом принятых рамок исследования приобретет вид, представленный на рис. 1.

Общая последовательность исследования приведена на рис. 2.

На первом этапе был разработан методический аппарат оценивания информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН.

Для учета временных параметров конфликтного взаимодействия ИТКС СН, был предложен базовый подход к формализации динамического информационного конфликта ИТКС СН методами актуарной математики [41, 42], которые формализуют процессы конфликтного взаимодействия «страховая компания – клиент». Новый базовый подход к моделированию динамического информационного конфликта ИТКС СН отличается от известных тем, что на более высоком теоретическом уровне обобщает известные работы в области динамического информационного конфликта, и в отличие от известных моделей

типа «страховая компания-клиент» из теории актуарной математики, учитывает особенности конфликта ИТКС СН как совокупности технических подсистем.

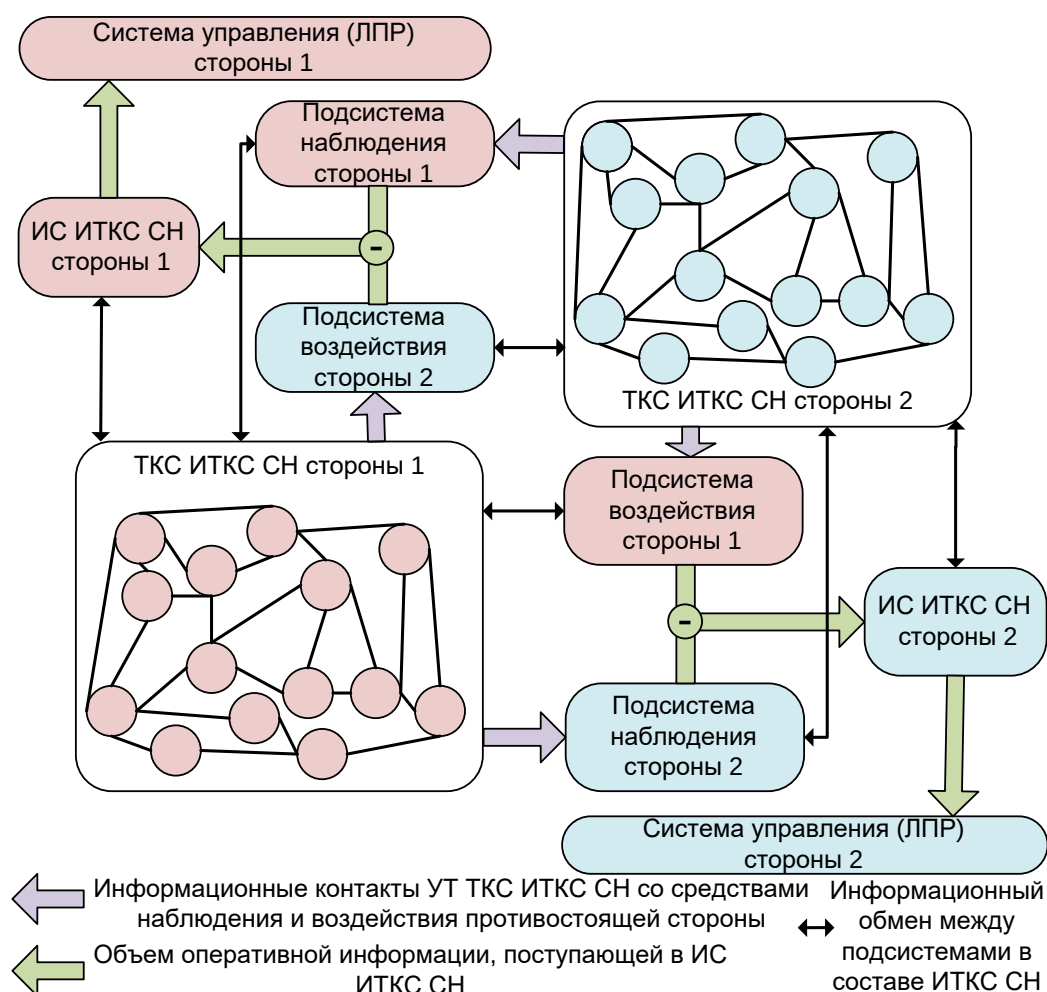


Рис. 1. Схема информационного конфликта ИТКС СН с учетом принятых ограничений

Предложенный новый базовый подход к моделированию динамического информационного конфликта использован для построения как общих (обобщающих уже существующие модели информационного конфликта), так и частных моделей информационных контактов УТ ИТКС СН со средствами наблюдения и воздействия. Кроме того, на основе данного подхода разработана методика оценивания информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН.

Использование данного подхода позволило исследовать динамические характеристики процессов конфликтного взаимодействия и их взаимную динамику. Эти динамические характеристики невозможно было исследовать ранее путем использования известных теоретических подходов на основе теории марковских процессов, теории игр, теории сетей Петри, теории автоматов и т.д.

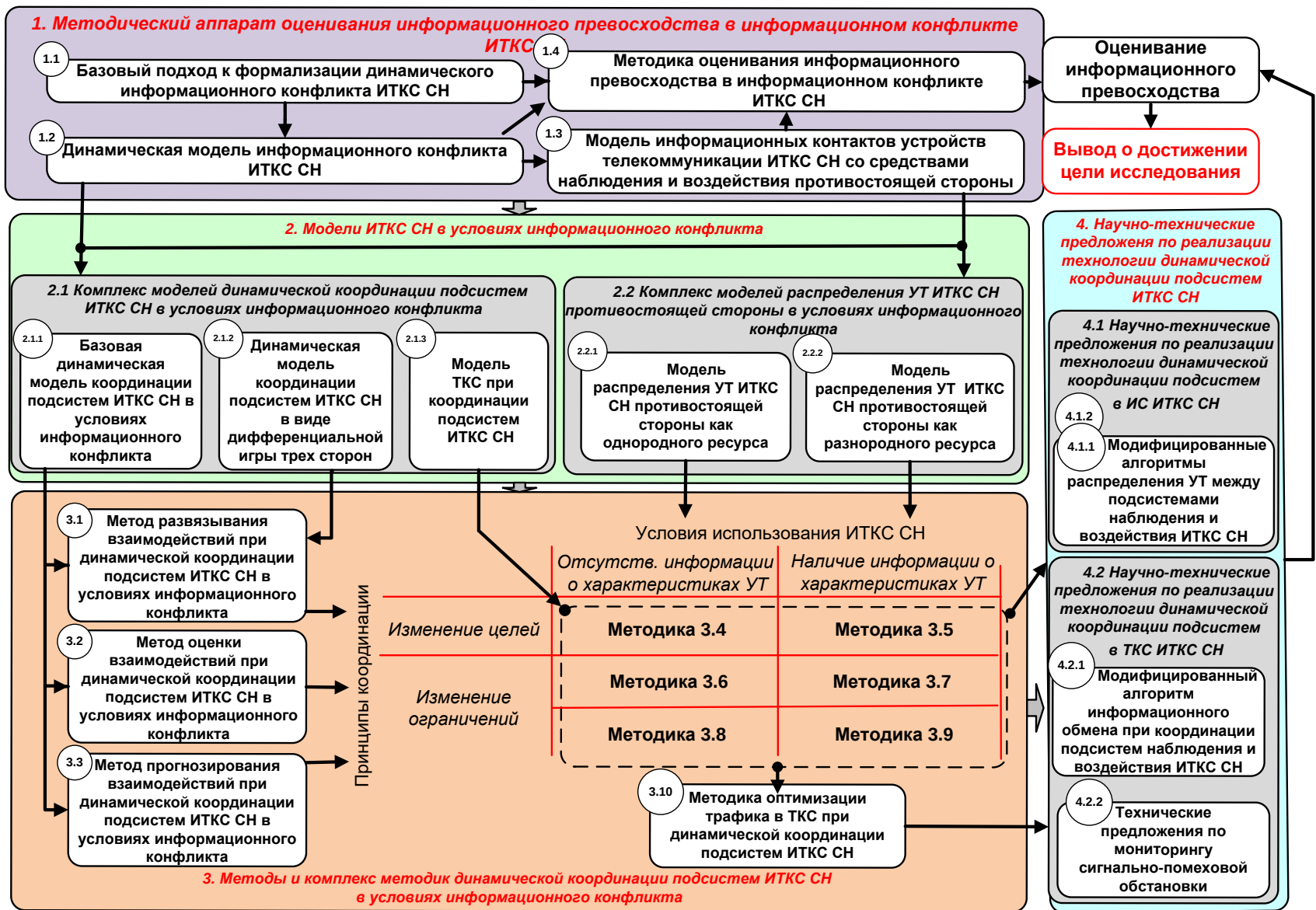


Рис. 2. Общая последовательность исследования

Приложение нового общего подхода к моделированию динамического информационного конфликта методами актуарной математики к формализации процесса конфликтного взаимодействия ИТКС СН позволило динамическую модель информационного конфликта ИТКС СН [43]. Новизной данной обобщенной динамической модели информационного конфликта, которая ее отличает от других динамических моделей, является то, что:

- модель основана на известной модели Крамера-Лундберга и формализует процесс конфликтного взаимодействия ИТКС СН с учетом особенностей взаимодействия этих ОТС;
- впервые формализована взаимосвязь и взаимное влияние информационных контактов средств наблюдения и воздействия с УТ ИТКС СН обеих сторон конфликта на значение длительности первого этапа цикла управления основными (базовыми) силами и средствами сторон;
- функции, определяющие возможности подсистемы наблюдения по снижению длительности цикла управления основными (базовыми) силами и средствами заданы в виде прироста объема оперативной информации;
- функции, определяющие возможности подсистемы воздействия по увеличению длительности цикла управления основными (базовыми) силами и средствами в модели заданы в виде объема переданной в ТКС ИТКС СН информации.

На основе данной модели были исследован процесс накопления сторонами информационного конфликта информации, необходимой для принятия решения о применении основных (базовых) сил и средств. Проведенное исследование позволило обосновать пути достижения информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН на этапе сбора данных о состоянии, намерениях и действиях конфликтующей стороны цикла управления основными (базовыми) средствами.

Для исследования процессов отображения информационных контактов УТ ИТКС СН со средствами наблюдения и воздействия в виде изменения общих объемов информации, требуемых сторонам для принятия решения о применении основных (базовых) сил и средств с требуемой достоверностью и формализации результатов этих информационных контактов с позиции снижения (для подсистемы наблюдения) «своего» времени сбора данных о состоянии, намерениях и действиях конфликтующей стороны и увеличения (для подсистемы воздействия) аналогичного показателя для последней была разработана модель информационных контактов устройств телекоммуникации ИТКС СН со средствами наблюдения и воздействия противостоящей стороны [44].

Новизной данной модели, которая ее отличает от других моделей, является то, что:

- модель в явном виде формализует время сбора данных о состоянии, намерениях и действиях конфликтующей стороны в рамках цикла управления основными (базовыми) силами и средствами;

- в составе модели введены элементы, позволяющие оценить вклад подсистем наблюдения и воздействия в изменение времени сбора данных о состоянии, намерениях и действиях конфликтующей стороны.

Исследование этой модели позволило сделать следующие выводы. Каждое УТ ИТКС СН может быть представлено вектором $\mathbf{q} = (\Delta T_{\text{реш}_n}, \Delta T_{\text{реш}_s})$, $\mathbf{q} \in Q$, характеризующим его с позиции «своего» потенциального выигрыша во времени принятия решения в цикле управления основными (базовыми) силами и средствами. Выигрыши во времени принятия решения одной из сторон информационного конфликта вследствие информационных контактов средств наблюдения ($\Delta T_{\text{реш}_n}$) и воздействия ($\Delta T_{\text{реш}_s}$) в ее составе не являются строго пропорциональными, т. е. одно и то же УТ ИТКС СН может быть как более предпочтительным с позиции наблюдения за ним, так и с позиции воздействия на него.

На основе результатов исследования вышеуказанных моделей была разработана методика оценивания информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН [45]. Новизной данной методики является то, что она основана на оригинальном подходе к формализации информационного конфликта ИТКС СН на основе математического аппарата теории актуарной математики. В рамках методики производится оценивание информационного превосходства одной из сторон информационного конфликта по показателю вероятности достижения информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН $P_{\text{ИП}}$. Формализация данного показателя основана на доказательстве следующих теорем.

Теорема 2.1. Вероятность информационного превосходства стороны 1 в информационном конфликте $P_{\text{ИП}}$ удовлетворяет интегральному уравнению:

$$(\lambda_n + \lambda_m) P_{\text{ИП}} = \lambda_m \int_0^{T(V_{\text{пост}})} P_{\text{ИП}} (T(V_{\text{пост}}) - \Delta T_{\text{реш}_2}) d\Psi_2(\Delta T_{\text{реш}_2}) + \\ + \lambda_n \int_0^{\infty} P_{\text{ИП}} (T(V_{\text{пост}}) + \Delta T_{\text{реш}_1}) d\Psi_1(\Delta T_{\text{реш}_1}).$$

При этом если R – положительное решение характеристического уравнения

$$\lambda_n (Me^{-R\Delta T_{\text{реш}_1}} - 1) + \lambda_m (Me^{R\Delta T_{\text{реш}_2}} - 1) = 0,$$

то

$$P_{\text{ИП}} \geq 1 - e^{-RT(V_{\text{пост}})}. \quad (1)$$

Теорема 2.3. Если функции распределения приростов процессов

$$\sum_{n=1}^{N(t)} \Delta T_{\text{реш}_1 n} \text{ и } \sum_{m=1}^{M(t)} \Delta T_{\text{реш}_2 m} \text{ } \Psi_1(\Delta T_{\text{реш}_1}) \text{ и } \Psi_2(\Delta T_{\text{реш}_2}) \text{ описываются выражениями}$$

$$\Psi_1(\Delta T_{\text{реш}_1}) = 1 - \frac{e^{\frac{\Delta T_{\text{реш}_1}}{M\Delta T_{\text{реш}_1}}}}{M\Delta T_{\text{реш}_1}},$$

$$\Psi_2(\Delta T_{\text{реш } 2}) = 1 - \frac{e^{\frac{\Delta T_{\text{реш } 2}}{M\Delta T_{\text{реш } 2}}}}{M\Delta T_{\text{реш } 2}},$$

тогда значение показателя информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН $P_{\text{ИП}}$ определяется как

$$P_{\text{ИП}} = 1 - \frac{(M\Delta T_{\text{реш } 1} + M\Delta T_{\text{реш } 2})\lambda_m}{(\lambda_n + \lambda_m)M\Delta T_{\text{реш } 1}} e^{-\frac{\lambda_n M\Delta T_{\text{реш } 1} - \lambda_m M\Delta T_{\text{реш } 2}}{(\lambda_n + \lambda_m)M\Delta T_{\text{реш } 1} M\Delta T_{\text{реш } 2}} T(V_{\text{пост}})} \quad (2)$$

В приведенных выражениях используются следующие обозначения: $P_{\text{ИП}}$ – вероятность информационного превосходства в информационном конфликте; $V_{\text{пост } 1}$ – объем постоянной информации стороны 1 на момент времени $t=0$; $V_{\text{пост } 2}$ – объем постоянной информации стороны 2 на момент времени $t=0$; $T(V_{\text{пост}})$ – начальное преимущество стороны 1 во времени принятия решения в цикле управления; $\Delta T_{\text{реш } 1_n}$ – прирост выигрыша во времени принятия решения в цикле управления основными (базовыми) силами и средствами стороны 1 вследствие информационных контактов средств наблюдения стороны 1 с УТ ИТКС СН стороны 2 в условиях, когда сторона 2 осуществляет информационные контакты средствами воздействия с УТ ИТКС СН стороны 1; $\Delta T_{\text{реш } 2_m}$ – прирост выигрыша во времени принятия решения в цикле управления основными (базовыми) силами и средствами стороны 2 вследствие информационных контактов средств наблюдения стороны 1 с УТ ИТКС СН стороны 1 в условиях, когда сторона 1 осуществляет информационные контакты средствами воздействия с УТ ИТКС СН стороны 2; $N(t)$ – суммарное количество информационных контактов средств наблюдения стороны 1 с УТ ИТКС СН стороны 2 и информационных контактов средств воздействия стороны 2 с УТ ИТКС СН стороны 1; $M(t)$ – суммарное количество информационных контактов средств наблюдения стороны 2 с УТ ИТКС СН стороны 1 и информационных контактов средств воздействия стороны 1 с УТ ИТКС СН стороны 2; λ_n – интенсивность процесса $N(t)$; λ_m – интенсивность процесса $M(t)$; $M(\cdot)$ – математическое ожидание величины ($\cdot$); t – время.

Введение данного нового показателя обусловлено тем, что существующие показатели оценивают исключительно качество подсистем ИТКС СН и не подходят в качестве критериальной оценки эффективности использования ИТКС СН в информационном конфликте как системы в целом. Еще одной отличительной чертой данной методики, которая составляет ее научную новизну, является использование в качестве исходных данных интенсивности процессов сбора и обработки информации конфликтующих сторон для последующего принятия решения о применении основных (базовых) сил и средств и математические ожидания приростов данных процессов для каждой из сторон конфликта.

Итоговое теоретическое обобщение разработанных моделей и методик позволило сформулировать общий вывод о том, что рост отношения интенсивностей процессов сбора данных о состоянии, намерениях и действиях конфликтующей стороны оказывает большее влияние на изменение показателя, вероятности информационного превосходства в информационном конфликте

ИТКС СН нежеле отношение их математических ожиданий. Таким образом, достижение информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН достигается, в первую очередь, рациональным распределением УТ ИТКС СН между подсистемами наблюдения и воздействия, а не усовершенствованием качества самих технических средств в составе данных подсистем.

На втором этапе были разработаны модели ИТКС СН в условиях информационного конфликта. На основе динамической модели информационного конфликта ИТКС СН и модели информационных контактов УТ ИТКС СН со средствами наблюдения и воздействия противостоящей стороны с целью конкретизации условий достижения информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН при динамической координации подсистем ИТКС СН был разработан комплекс моделей динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта. Состав комплекса:

- базовая динамическая модель координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта [46-48];
- динамическая модель координации подсистем ИТКС СН в виде дифференциальной игры трех сторон [49, 50];
- модель ТКС при координации подсистем ИТКС СН [51].

Особенностями данного комплекса моделей, определяющими его научную новизну, является следующее:

- комплекс моделей в формализованном виде учитывает сквозное отображение процессов координации подсистем ИТКС СН на эффективность использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта;
- комплекс моделей определяет требования, предъявляемые к допустимым управлениям при динамической координации подсистем ИТКС СН, в том числе формализует гарантирующие и равновесные стратегии подсистем наблюдения и воздействия в интересах повышения автономности их функционирования;
- комплекс моделей в формализованном виде учитывает зависимость адекватности динамической координации подсистем наблюдения и воздействия ИТКС СН от длительности интервалов времени между отправкой координирующих сигналов.

В рамках данного комплекса моделей ИТКС СН представлена как двухуровневая организационно-техническая система, при этом исследованы характер и формы управляющих воздействий со стороны ИС ИТКС СН на подсистемы наблюдения и воздействия, а также проведена декомпозиция процесса информационного конфликта на взаимосвязанные подпроцессы наблюдения и воздействия. Процесс динамической координации ТКС СН посредством адаптивного изменения интервалов времени между отправкой координирующих сигналов подсистемам наблюдения и воздействия формализован в рамках ключевой модели комплекса – модели ТКС при координации подсистем ИТКС СН. Основным допущением модели является допущение о пуассоновском потоке изменений условий распределения УТ ИТКС СН, под которыми понимается изменение потенциального информационного ущерба вследствие информацион-

ных контактов с ними средств в составе подсистем наблюдения и воздействия. Схема модели представлена на рис. 3.

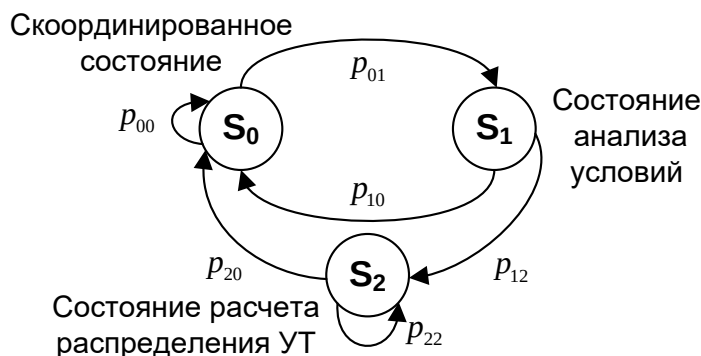


Рис. 3. Марковский процесс динамической координации подсистем в составе ИТКС СН

Процесс динамической координации подсистем наблюдения и воздействия ИТКС СН представлен в виде последовательности перехода между различными состояниями: S_0 – «скоординированное состояние», т. е. состояние при котором отправленные координирующие сигналы соответствуют условиям распределения УТ ИТКС СН; S_1 – состояние «анализа условий», когда стали известны новые условия распределения УТ ИТКС СН, и подсистемы наблюдения и воздействия осуществляют перенацеливание средств в их составе с целью обеспечения нанесения требуемого информационного ущерба ИТКС СН конфликтующей стороны; S_2 – состояние «расчета распределения УТ», т. е. состояние, при котором осуществляется определение рационального распределения УТ ИТКС СН между подсистемами наблюдения и воздействия. Формализация функционирования ИТКС СН в виде марковского процесса с данными переходными вероятностями p_{ij} позволяет составить уравнения для состояний системы, при допущении о стационарности процесса ее функционирования, а решение данной системы уравнений позволит получить вероятности нахождения системы в соответствующих состояниях S_i , в зависимости от переходных вероятностей p_{ij} :

$$\begin{aligned} P(S_0) &= \frac{p_{20}}{p_{20} + p_{01}(p_{12} + p_{20})}; \\ P(S_1) &= \frac{p_{20}p_{01}}{p_{20} + p_{01}(p_{12} + p_{20})}; \\ P(S_2) &= \frac{p_{01}p_{12}}{p_{20} + p_{01}(p_{12} + p_{20})}. \end{aligned} \quad (3)$$

Значение вероятности $P(S_0)$, которая по своему физическому смыслу соответствует коэффициенту адекватности распределения УТ ИТКС СН $K_{\text{адекв}}$:

$$K_{\text{адекв}} = P(S_0) = \frac{e^{-1}}{2e^{-1} - e^{-\frac{T_{\text{коорд}}(2T_{\text{изм}} + T_{\text{ан}})}{T_{\text{изм}}(T_{\text{изм}} + T_{\text{ан}})}} - e^{-\frac{T_{\text{изм}} + T_{\text{коорд}}}{T_{\text{изм}}}} + e^{-\frac{T_{\text{коорд}}}{T_{\text{изм}} + T_{\text{ан}}}}}, \quad (4)$$

где $K_{\text{адекв}}$ – коэффициент адекватности распределения УТ ИТКС СН противостоящей стороны; $T_{\text{изм}}$ – среднее время между изменениями условий распреде-

ления УТ ИТКС СН; $T_{ан}$ – среднее время, необходимое подсистемам наблюдения и воздействия для перенацеливания средств по УТ ИТКС СН; $T_{коорд}$ – период времени между отправкой координирующих сигналов подсистемам наблюдения и воздействия; $T_{опр}$ – среднее время определения координирующих сигналов в изменившихся условиях распределения УТ ИТКС СН.

Результаты исследования зависимости $P(S_0)$ от значений периода времени между отправкой координирующих сигналов подсистемам наблюдения и воздействия $T_{коорд}$, нормированного к среднему времени между изменениями условий распределения УТ ИТКС СН $T_{изм}$, при различных значениях среднего времени, необходимого подсистемам наблюдения и воздействия для перенацеливания средств по УТ ИТКС СН $T_{ан}$, приведены на рис. 4.

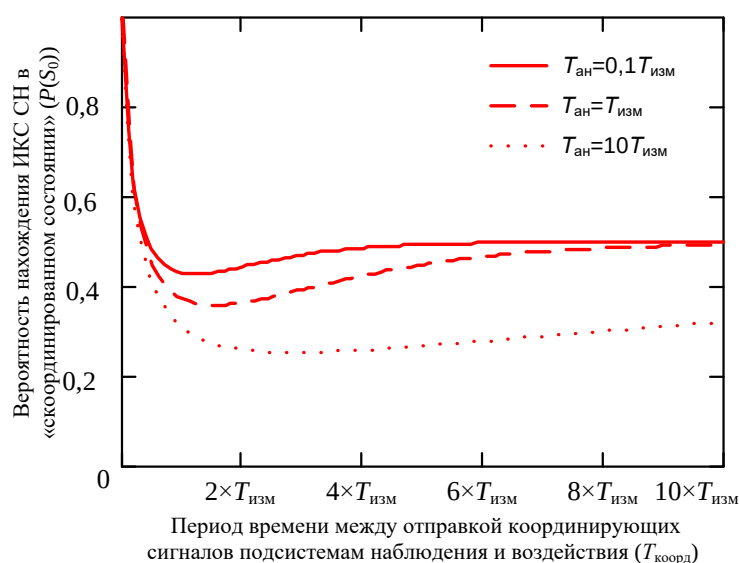


Рис. 4. Зависимость вероятности нахождения системы в «скоординированном состоянии» $P(S_0)$ от $T_{коорд}$.

Таким образом, разработанная модель в формализованном виде увязывает скоординированность ИТКС СН по показателю коэффициента адекватности распределения УТ как с основными временными параметрами функционирования подсистем ИТКС СН и ИТКС СН в целом (периодичностью отправки координирующих сигналов подсистемам наблюдения и воздействия, времени, необходимого подсистемам наблюдения и воздействия для перенацеливания средств по УТ ИТКС СН и времени определения координирующих сигналов в изменившихся условиях распределения УТ), так и с временными параметрами изменения условий распределения УТ ИТКС СН.

В интересах учета условий использования ИТКС СН, связанных с наличием или отсутствием информации о характеристиках УТ ИТКС СН в информационном конфликте, и с целью конкретизации подходов к формализации стратегий рационального распределения УТ ИТКС СН был разработан комплекс моделей распределения УТ ИТКС СН противостоящей стороны в условиях информационного конфликта [52-54], включающий в себя:

- модель распределения УТ ИТКС СН противостоящей стороны как однородного ресурса (рис. 5);

- модель распределения УТ ИТКС СН противостоящей стороны как разнородного ресурса (рис. 6).

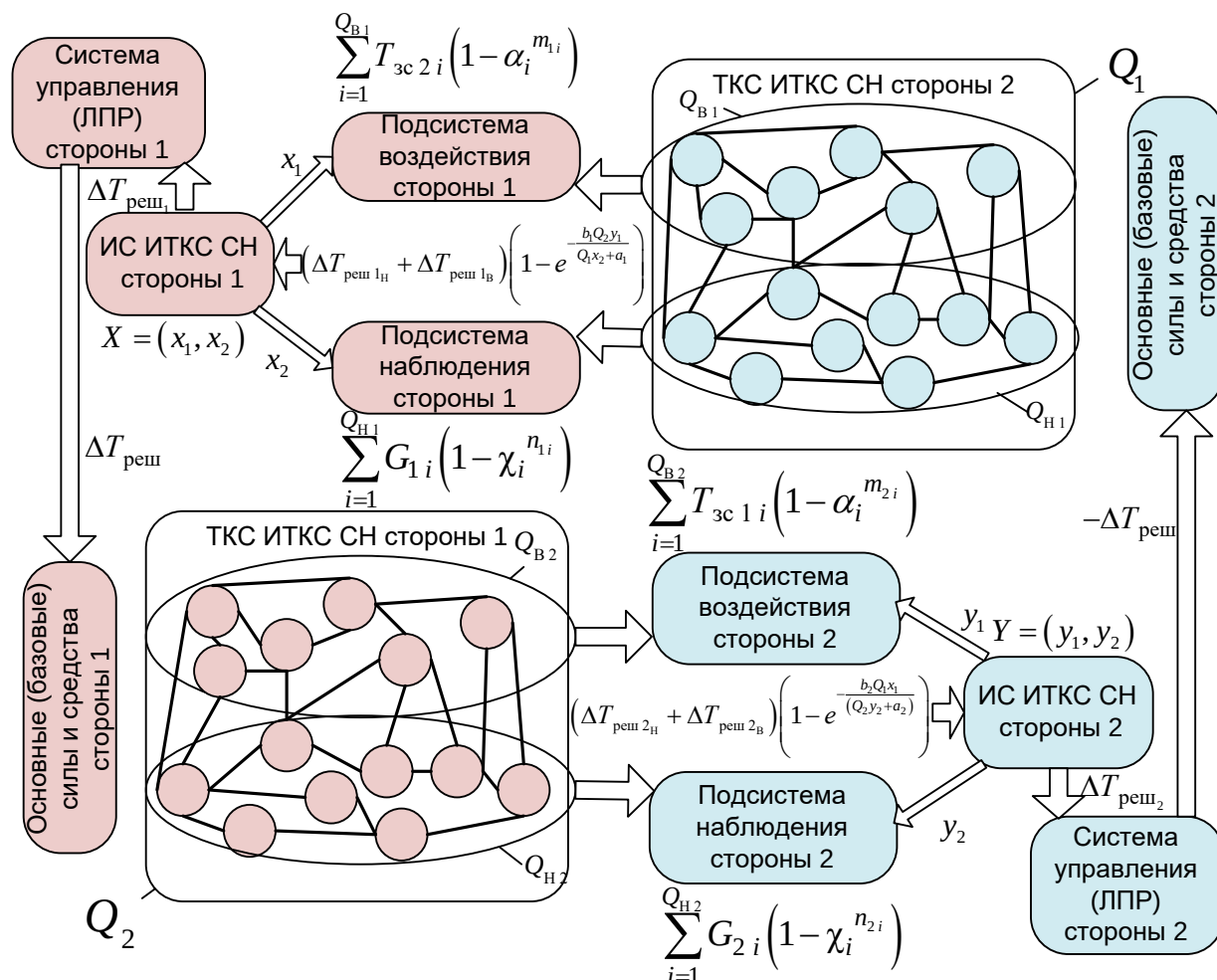


Рис. 5. Модель распределения УТ ИТКС СН противостоящей стороны как однородного ресурса

Используемые на рис. 5, 6 обозначения приведены в приложении 1. Особенности данного комплекса моделей, определяющими его научную новизну, является следующее:

- комплекс моделей формализует содержание координирующих сигналов подсистем ИТКС СН в виде УТ ИТКС, распределенных подсистемам наблюдения и воздействия для информационных контактов;
- формализованные в рамках разработанного комплекса моделей стратегии рационального распределения УТ ИТКС СН между подсистемами наблюдения и воздействия учитывают аналогичные действия конфликтующей стороны;
- комплекс моделей в формализованном виде учитывает условия использования ИТКС СН в информационном конфликте применительно к наличию информации о характеристиках УТ ИТКС СН.

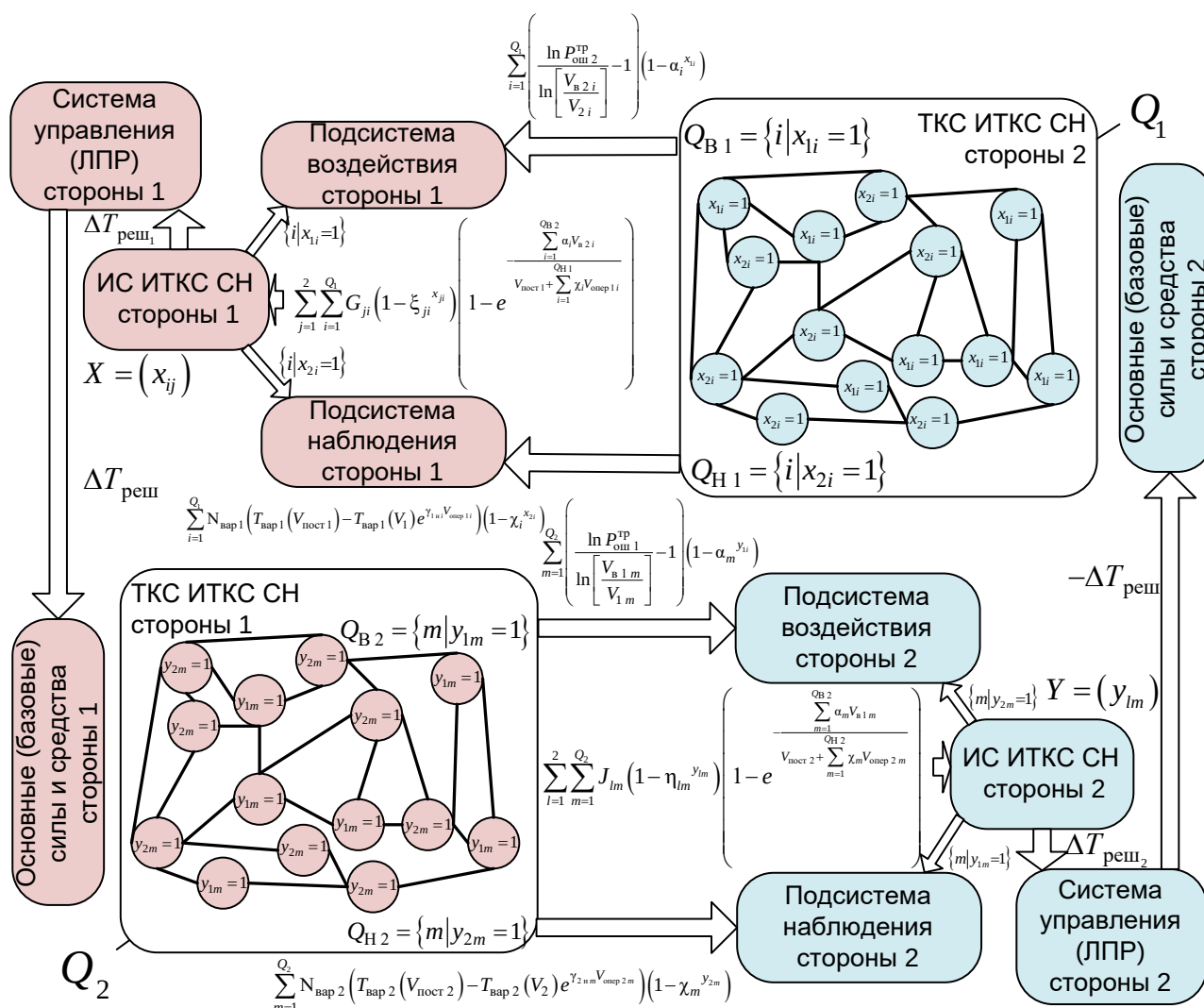


Рис. 6. Модель распределения УТ ИТКС СН противостоящей стороны как разнородного ресурса

В дальнейшем на основе комплекса моделей динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта были предложены – методы и комплекс методик динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта.

Разработанными методами динамической координацией являются:

1. Метод развязывания взаимодействий при динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта (рис. 7).

Принятые на рис. 7 обозначения приведены в приложении 1.

Научная новизна этого метода состоит в том, что:

- метод учитывает динамику изменения условий протекания информационного конфликта ИТКС СН во времени посредством введения множества моментов времени в цикл управления основными (базовыми) силами и средствами, в которые осуществляется распределение или перераспределение УТ из состава ТКС СН стороны 2 между подсистемами наблюдения и воздействия стороны 1;

- метод формализует использование ИС, а также подсистемами наблюдения и воздействия ИТКС СН допустимых стратегий распределения ИТКС СН с учетом определенных в динамической модели координации подсистем информационно-телекоммуникационной системы специального назначения в виде дифференциальной игры трех сторон необходимых и достаточных условий оптимальности управления;
- метод учитывает обоснованные в модели координации подсистем ИТКС СН в виде дифференциальной игры трех сторон необходимые и достаточные условия оптимальности управления и критерии выбора подсистемами наблюдения и воздействия связующих сигналов как реализации своих стратегий влияния на ход информационного конфликта в зависимости от значений координирующих сигналов ИС ИТКС СН.

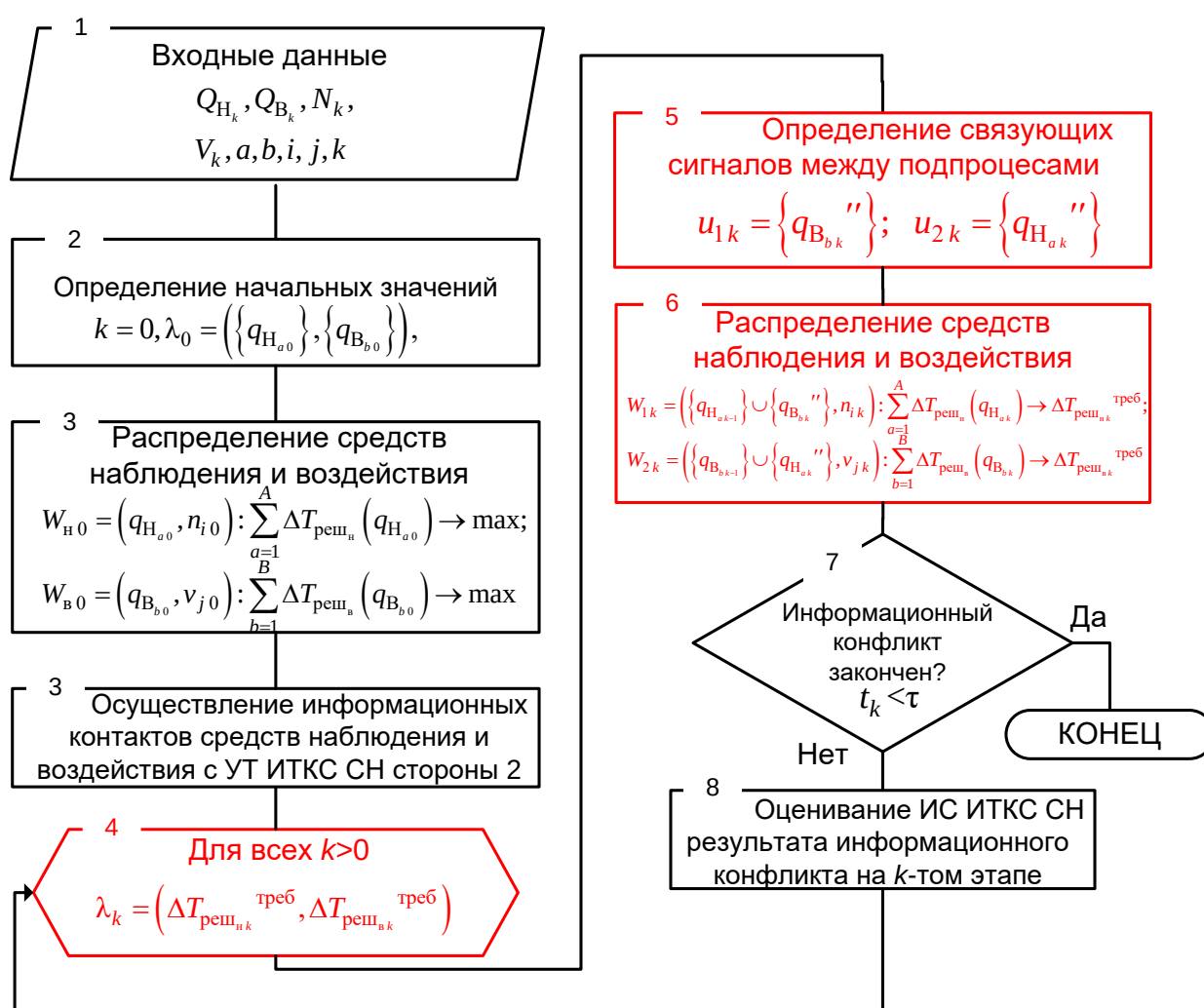


Рис. 7. Схема метода развязывания взаимодействий при динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта

2. Метод оценки взаимодействий при динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта (рис. 8).

Принятые на рис. 8 обозначения приведены в приложении 1.

Научная новизна метода состоит в том, что:

- метод учитывает динамику изменения условий протекания информационного конфликта ИТКС СН во времени посредством введения множества моментов времени в цикле управления основными (базовыми) силам и средствами, в которые осуществляется распределение или перераспределение УТ из состава ТКС СН стороны 2 между подсистемами наблюдения и воздействия стороны 1;
- при реализации разработанного метода координация подсистем наблюдения и воздействия со стороны ИС ИТКС СН осуществляется посредством определения в каждый момент времени t_k , $k > 0$ диапазонов изменения множеств обнаруженных УТ ИТКС СН, распределенных подсистемам наблюдения и воздействия, при этом конкретные УТ ИТКС СН, которые передаются между подсистемами наблюдения и воздействия, выбираются данными подсистемами в том числе с учетом собственных расчетов.

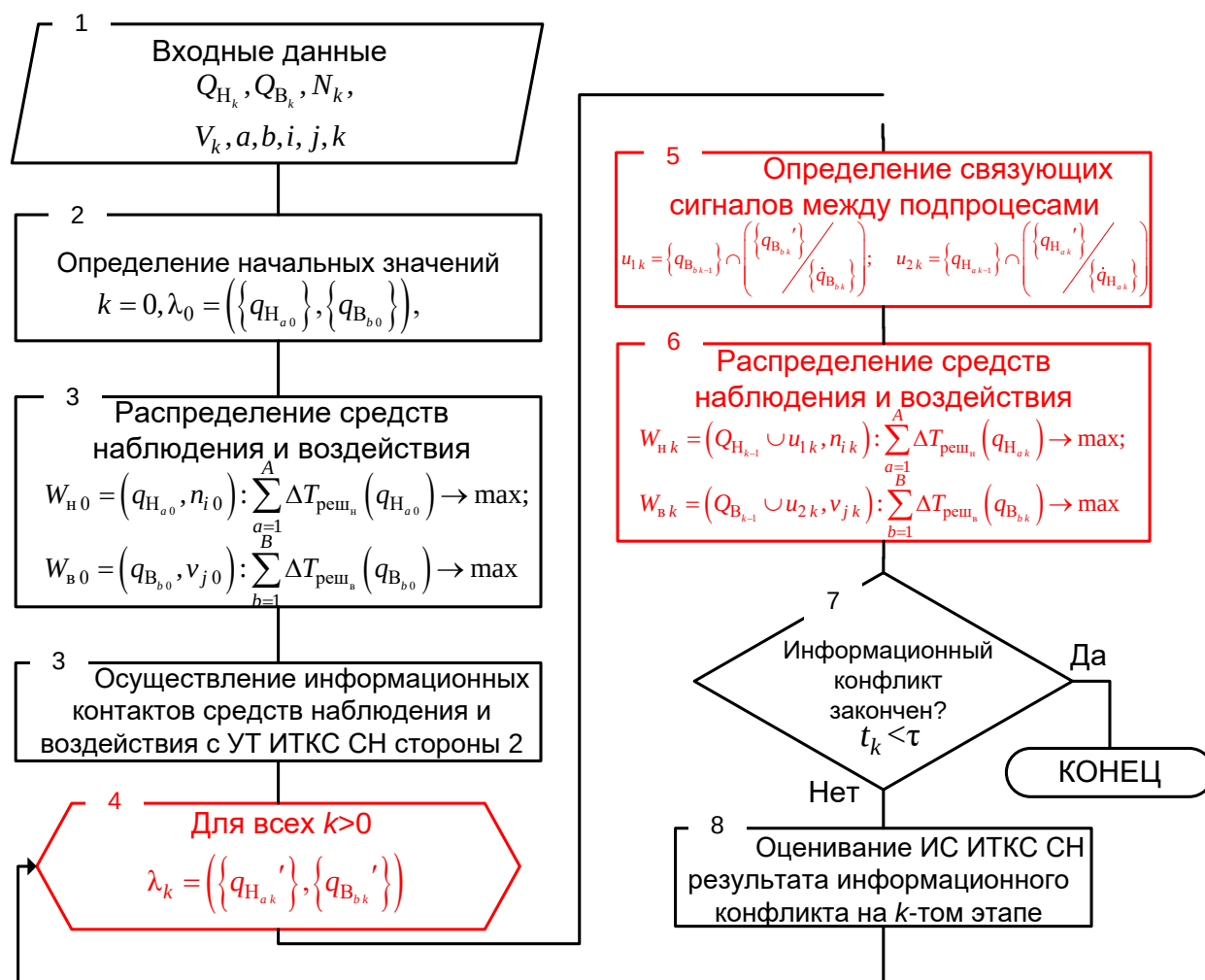


Рис. 8. Схема метода оценки взаимодействий при динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта

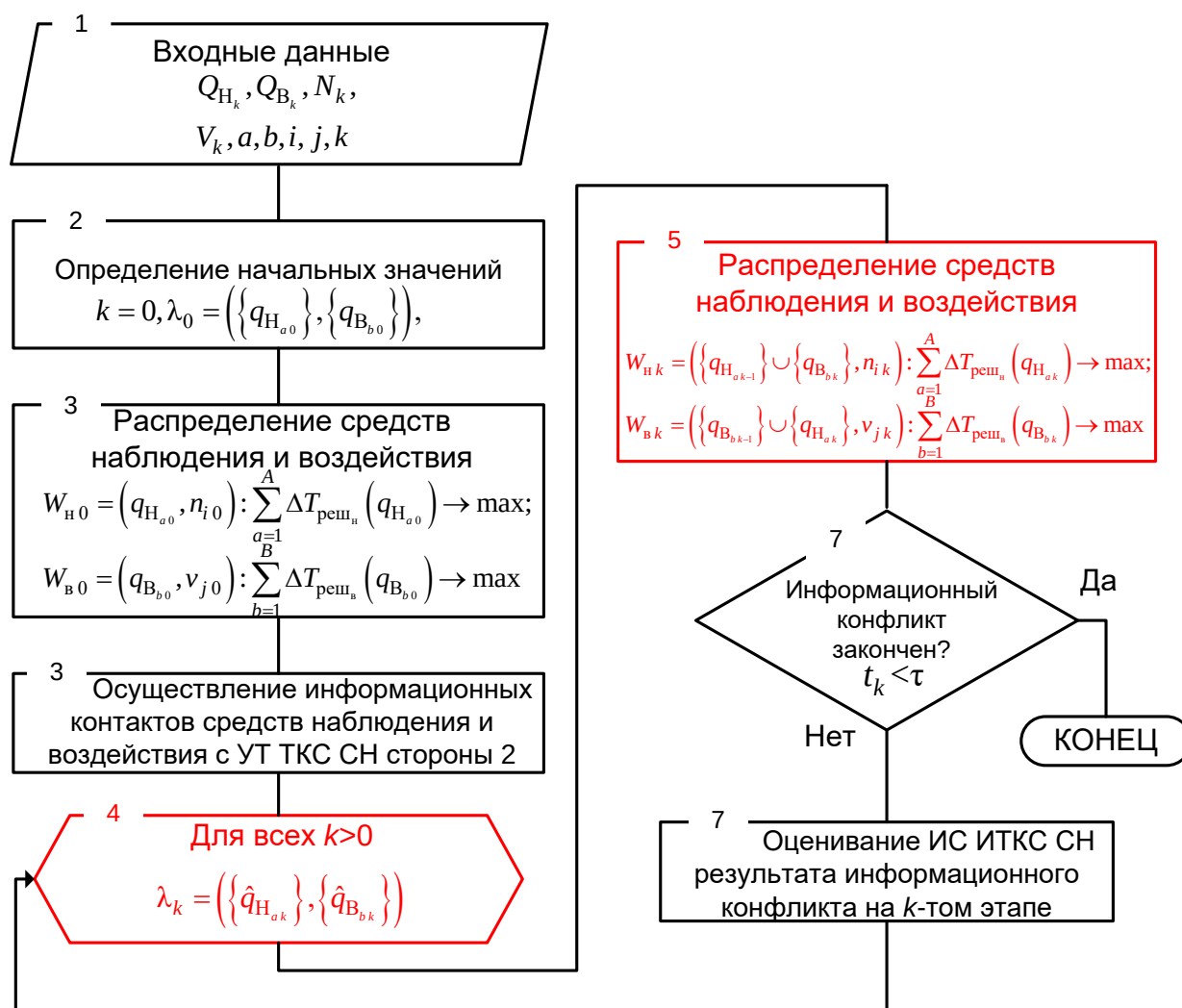


Рис. 9. Схема метода прогнозирования взаимодействий при динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта

3. Метод прогнозирования взаимодействий при динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта (рис. 9).

Принятые на рис. 9 обозначения приведены в приложении 1.

Научная новизна метода состоит в том, что:

- метод учитывает динамику изменения условий протекания информационного конфликта ИТКС СН во времени посредством введения множества моментов времени в цикл управления основными (базовыми) силам и средствами, в которые осуществляется распределение или перераспределение УТ из состава ТКС СН стороны 2 между подсистемами наблюдения и воздействия стороны 1;
- при реализации метода решение расчетных задач по рациональному распределению УТ ИТКС СН производится строго централизованно, что не позволяет достичь автономности функционирования подсистем наблюдения и воздействия, однако обеспечивает нахождения ИТКС СН в скоординированном состоянии при практически любых условиях протекания информационного конфликта ИТКС СН.

Для каждого из указанных методов проведено доказательство выполнения постулата координируемости, позволившее выявить условия **применимости метода**, т. е. существование при каждом координирующем сигнале связующих подпроцессы наблюдения и воздействия сигналов, выбираемых подсистемами наблюдения и воздействия, и **координируемости с помощью данного метода** ИТКС СН как двухуровневой системы, т. е. обеспечение в каждый момент рационального распределения УТ ИТКС СН между подсистемами наблюдения и воздействия в соответствии с координирующими сигналами ИС ИТКС СН и между средствами в составе данных подсистем в соответствии с осуществляемыми подсистемами управляющими воздействиями на процесс информационного конфликта.

Теоретическая общность и универсальность разработанных методов динамической координации подсистем ИТКС СН доказывается тем, что каждый из них, в частных условиях, будучи приложенным к различным моделям распределения УТ ИТКС СН противостоящей стороны, сводится к конкретным частным методикам, которые в рамках исследования были объединены в комплекс методик динамической координации подсистем ИТКС СН (рис. 10).

С учетом данных условий обосновано отношение предпочтительности применения методов динамической координации подсистем, которое сохраняется и применительно к частным методикам на их основе при постоянных условиях применения ИТКС СН в информационном конфликте, т. е. рассмотрении УТ ИТКС СН либо как однородного, либо как разнородного ресурса.

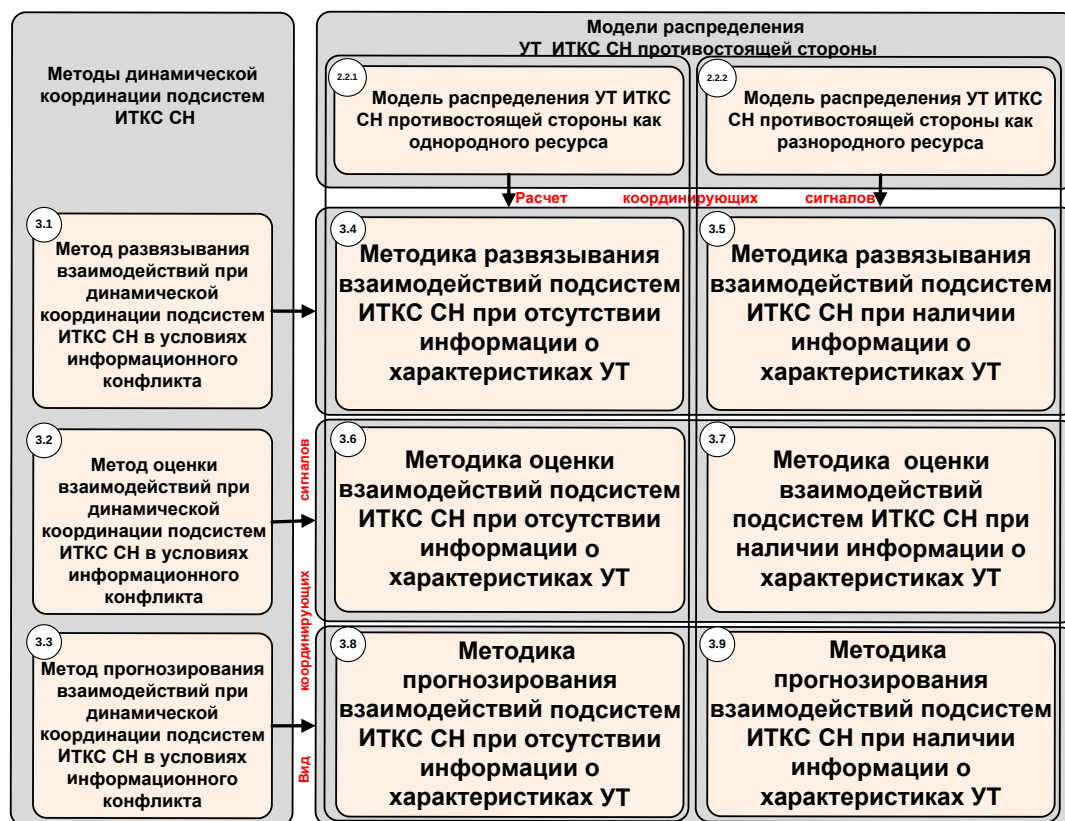


Рис. 10. Схема синтеза методик динамической координации подсистем ИТКС СН

Научная новизна разработанного комплекса методик состоит в том, что:

- каждая из методик динамической координации основана на одном из методов динамической координации и одной из моделей в составе комплекса моделей распределения УТ ИТКС СН в условиях информационного конфликта, которые впервые разработаны в данном исследовании;
- методики на основе метода развязывания взаимодействий реализуют оригинальный подход к определению элементов координирующих сигналов посредством перехода от решения задачи рационального распределения УТ ИТКС СН к определению требуемого вклада подсистем наблюдения и воздействия в достижение превосходства во времени принятия решения в цикле управления;
- методики на основе метода оценки взаимодействий реализуют оригинальный подход к определению оценочных диапазонов передачи УТ ИТКС СН подсистемами наблюдения и воздействия, который позволяет ИС ИТКС СН при динамической координации данных подсистем учитывать их собственные расчеты рациональных долей УТ ИТКС СН, необходимых им для информационных контактов, в интересах максимизации собственного вклада в достижение преимущества в снижении времени сбора и обработки информации о действиях;
- методики на основе метода прогнозирования взаимодействий реализуют отличающийся от известных подход к определению прогнозируемого значения рационального распределения УТ ИТКС СН между подсистемами наблюдения и воздействия стороны 2, базирующийся на предположении об использовании этой стороной рациональной аналогичной стратегии распределения.

Для решения задачи определения такого максимального интервала времени между отправкой координирующих сигналов при реализации частных методик динамической координации, при котором обеспечивается значение вероятности нахождения ИТКС СН в скоординированном состоянии, не ниже требуемого значения, предложена методика оптимизации трафика в ТКС при динамической координации подсистем ИТКС СН [51]. Новизной данной методики является следующее:

- методика формализует значения периода отправки координирующих сигналов при использовании различных методик динамической координации подсистем ИТКС СН;
- в рамках методики производится адаптивное изменение расчетного значения периода отправки координирующих сигналов при изменении как условий распределения УТ ИТКС СН, так и производительности элементов ИС ИТКС СН применительно к значению времени определения координирующих сигналов в изменившихся условиях распределения УТ ИТКС СН и значению времени, необходимого подсистемам наблюдения и воздействия для перенацеливания средств по УТ ИТКС СН;

- разработанная методика в оригинальной форме отражает суть ИТКС СН как совмещение телекоммуникационных и управляющих систем в условиях информационного конфликта.

На заключительном этапе разработаны научно-технические предложения по реализации технологии динамической координации подсистем ИТКС СН. Проведен анализ состава и функциональной структуры ЕСУ СН как прототипа ИТКС СН. Выявлены особенности функционирования прототипов ИС и ТКС ИТКС СН применительно к направлениям совершенствования специального программного обеспечения ПАК Изделие 1А, Изделие 1Б и ПАК Изделие 2 в их составе. При этом ПАК Изделие 1А предназначен для обеспечения работы должностных лиц и в качестве унифицированного мобильного центра обработки информации с визуализацией обрабатываемой информации. ПАК Изделие 1Б является сервером информационной и программной поддержки комплекса средств автоматизации пользователей из состава элементов подсистемы поддержки принятия решений и, кроме того, обеспечивает резервное копирование баз данных этой подсистемы. ПАК Изделие 2 предназначен для организации управления основными (базовыми) силами и средствами, а также средствами мониторинга и дестабилизирующих воздействий.

Сформированы научно-технические предложения по реализации технологии динамической координации в ИС ИТКС СН, к которым относятся:

- реализация модифицированного алгоритма распределения УТ между подсистемами наблюдения и воздействия ИТКС СН и модифицированного алгоритма распределения УТ между средствами в составе подсистем наблюдения и воздействия ИТКС СН в виде программных модулей СПО ПАК Изделие 1А и Изделие 1Б;
- реализация модифицированного алгоритма распределения УТ между средствами в составе подсистем наблюдения и воздействия ИТКС СН в виде программного модуля СПО ПАК Изделие 2.

Практическая значимость предложений заключается в том, что они применимы к широком спектру подобных систем и позволяют произвести расчет рационального распределения УТ ИТКС СН как разнородного ресурса в рамках реализации частных методик динамической координации подсистем ИТКС СН.

Научно-техническими предложениями по реализации технологии динамической координации в ТКС ИТКС СН применительно к ЕСУ СН как прототипу объекта исследования являются:

- реализация модифицированного алгоритма информационного обмена при координации подсистем наблюдения и воздействия ИТКС СН в виде программного модуля СПО ПАК Изделие 1А, Изделие 1Б и Изделие 2, входящих в состав ЕСУ СН;
- реализация программного модуля мониторинга сигнально-помеховой в интересах определения стратегии распределения УТ ИТКС СН между подсистемами наблюдения и воздействия.

Практическая значимость предложений заключается в том, что они позволяют адаптивно к складывающимся условиям распределения УТ ИТКС СН

изменять период отправки координирующих сигналов подсистемам наблюдения и воздействия и не создавать избыточный трафик в ТКС ИТКС СН.

Техническая новизна предложений определяется тем, что они основаны на научных результатах, которые были разработаны в данном диссертационном исследовании и реализуют двухэтапную процедуру динамической координации подсистем ИТКС СН.

Результаты зависимости показателя информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН $P_{\text{ИП}}$ с позиции стороны 1 от отношения количества обнаруженных стороной 1 и стороной 2 УТ представлены на рис. 11.

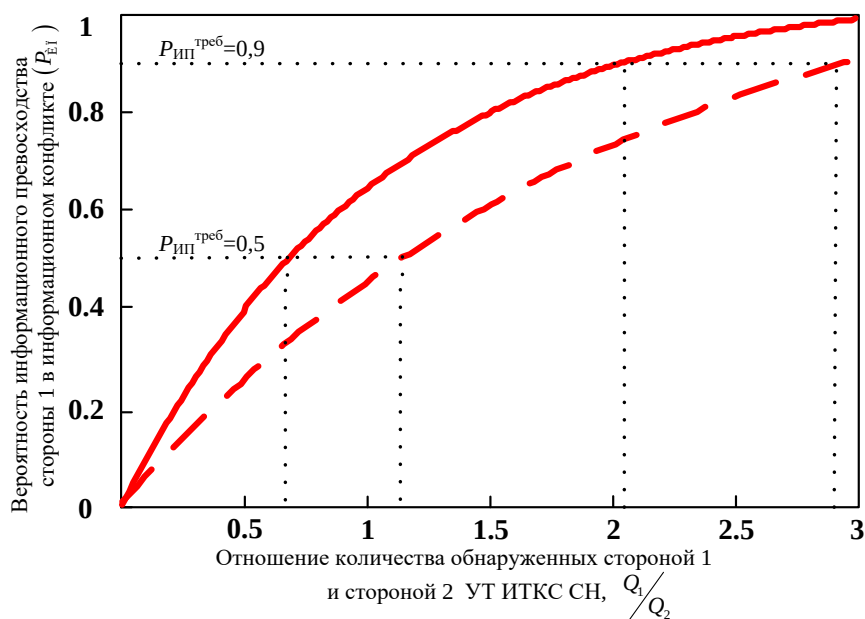


Рис. 11. Зависимость показателя информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН $P_{\text{ИП}}$ от отношения Q_1/Q_2

Значение показателя информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН $P_{\text{ИП}}$ до внедрения разработанных научно-технических предложений по реализации технологии динамической координации подсистем ИТКС СН обозначено пунктиром.

Оценивание эффективности использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта осуществлялось по показателю $E(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}})$:

$$E(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}}) = \frac{\bar{Q}(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}}) - \bar{Q}^{\text{сов}}(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}})}{\bar{Q}(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}})} \times 100\%, \quad (5)$$

где $\bar{Q}(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}})$ – отношение количества обнаруженных стороной 1 и стороной 2 УТ ИТКС СН Q_1/Q_2 при выполнении критерия обеспечения информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН без внедрения научно-технических предложений по реализации технологии динамической координации.

ции подсистем ИТКС СН стороны 1; $\bar{Q}^{\text{сов}}(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}})$ – отношение количества обнаруженных стороной 1 и стороной 2 УТ ИТКС СН Q_1/Q_2 при выполнении критерия обеспечения информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН после внедрения научно-технических предложений по реализации технологии динамической координации подсистем ИТКС СН стороны 1.

Итоговые значения уровня повышения эффективности использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты оценки повышения эффективности использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта

$P_{\text{ИП}}^{\text{треб}}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$E(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}})$	29%	37,5%	39%	34,8%	25%

Результаты проведенной оценки показали, что использование в прототипе ИТКС СН научно-технических предложений по реализации технологии динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта, позволяют повысить эффективность использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта по показателю эффективности динамической координации подсистем ИТКС СН $E(P_{\text{ИП}}^{\text{треб}})$ в диапазоне 25...39% и обеспечить выполнение критериальных требований по обеспечению информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН для всех значений показателя вероятности информационного превосходства.

Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие основные выводы.

1. Современные ИТКС СН являются результатов конвергенции телекоммуникационных и информационных систем, при этом специальная сфера их деятельности подразумевает возникновение конфликтов различного рода, неотъемлемой частью которых является информационные конфликты ИТКС СН на этапе сбора данных о состоянии, намерениях и действиях конфликтующей стороны в цикле управления основными (базовыми) силами и средствами.

2. Эффективность использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта определяется их способностью обеспечить информационное превосходство, т. е. способностью осуществлять непрерывный сбор сведений о конфликтующей стороне, их обработку, распределение потока достоверной информации в интересах применения основных (базовых) сил и средств, а также способностью обеспечить упреждение выполнения аналогичных действий конфликтующей стороной.

3. Учет вклада подсистем ИТКС СН (ТКС и СОИБ) в процесс сбора данных о состоянии, намерениях и действиях конфликтующей стороны в интересах принятия решения о применении основных (базовых) сил и средств и затруднение (срыв) аналогичного процесса для конфликтующей стороны был

формализован и исследован в виде процесса двунаправленного динамического информационного конфликта ИТКС СН.

4. Достижение информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН обеспечивается информационными контактами средств наблюдения и воздействия в составе соответствующих подсистем с УТ ИТКС СН, которые, таким образом, выступают общим ресурсом подсистем наблюдения и воздействия, что актуализирует вопросы динамической координации этих подсистем посредством рационального динамического распределения средств в их составе УТ ИТКС СН для информационных контактов.

5. Разработанные модели, методы и комплекс методик динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта, а также сформированные на их основе научно-технические предложения по реализации технологии динамической координации подсистем ИТКС СН позволяют повысить эффективность использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта. Значение показателя эффективности, которое отражает синергетический эффект от динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта, определяется снижением требуемого объема ресурсов (УТ ИТКС СН) в процессе их перевода в целевой эффект от использования ИТКС СН (выполнение критерия обеспечения информационного превосходства в информационном конфликте), в диапазоне 25...39% и обеспечить выполнение критериальных требований по обеспечению информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН для всех значений показателя вероятности информационного превосходства в диапазоне [0,5,0,9].

6. Разработанные модели, методы и научно-технические предложения могут быть использованы организациями, ведущими военно-научное сопровождение работ в оборонно-промышленном комплексе при разработке технических и тактико-технических заданий на перспективные НИОКР в области ИТКС СН, а также главными конструкторами ИТКС СН и их отдельных подсистем при разработке как нового телекоммуникационного оборудования, так и средств автоматизации управления.

7. Результаты исследования подтвердили выдвинутую гипотезу исследования, которая состояла в том, что динамическая координация подсистем ИТКС СН позволит повысить эффективность использования в условиях информационного конфликта как ТКС, так и ИТКС СН в целом, за счет получения синергетического эффекта, что обеспечит достижение информационного превосходства в информационном конфликте.

Приложение 1.

Перечень обозначений на рис. 5-9

А (рис. 7) – множество координирующих сигналов ИС ИТКС СН стороны 1, передаваемых подсистемам наблюдения и воздействия в моменты време-

ни $t_k \in T$: $A = \{\lambda_k | k = 0, 1 \dots K\}$, при этом координирующие сигналы принимают вид

$$\lambda_k = \begin{cases} \left(\left(\{q_{H_{a0}}\}, \{q_{B_{b0}}\} \right) / q_{H_{a0}} \in Q_{H_0}, q_{B_{b0}} \in Q_{B_0} \right), & \text{если } k = 0; \\ \lambda_k, & \text{если } k > 0. \end{cases};$$

А (рис. 8) – множество координирующих сигналов ИС ИТКС СН стороны 1, передаваемых подсистемам наблюдения и воздействия в моменты времени $t_k \in T$: $A = \{\lambda_k | k = 0, 1 \dots K\}$, при этом координирующие сигналы принимают вид

$$\lambda_k = \begin{cases} \left(\left(\{q_{H_{a0}}\}, \{q_{B_{b0}}\} \right) / q_{H_{a0}} \in Q_{H_0}, q_{B_{b0}} \in Q_{B_0} \right), & \text{если } k = 0; \\ \left(\{q_{H_{ak}}'\}, \{q_{B_{bk}}'\} \right), & \text{если } k > 0. \end{cases};$$

А (рис. 9) – множество координирующих сигналов ИС ИТКС СН стороны 1, передаваемых подсистемам наблюдения и воздействия в моменты времени $t_k \in T$: $A = \{\lambda_k | k = 0, 1 \dots K\}$, при этом координирующие сигналы принимают вид

$$\lambda_k = \begin{cases} \left(\left(\{q_{H_{a0}}\}, \{q_{B_{b0}}\} \right) / q_{H_{a0}} \in Q_{H_0}, q_{B_{b0}} \in Q_{B_0} \right), & \text{если } k = 0; \\ \left(\{\hat{q}_{H_{ak}}\}, \{\hat{q}_{B_{bk}}\} \right), & \text{если } k > 0. \end{cases};$$

χ_i – вероятность отсутствия доступа средств наблюдения стороны 1 к i -му УТ ИТКС СН стороны 2 в ходе информационных контактов (скрытность i -го УТ ИТКС СН стороны 2);

χ_m – вероятность отсутствия доступа средств наблюдения стороны 1 к m -му УТ ИТКС СН стороны 2 в ходе информационных контактов (скрытность m -го УТ ИТКС СН стороны 1);

α_i – вероятность отсутствия доступности i -го УТ ИТКС СН стороны 2 для средств воздействия стороны 1 (помехоустойчивость i -го УТ ИТКС СН стороны 2);

α_m – вероятность отсутствия доступности m -го УТ ИТКС СН стороны 1 для средств воздействия стороны 2 (помехоустойчивость m -го УТ ИТКС СН стороны 1);

ξ_{ji} – показатель устойчивости i -го УТ ИТКС СН стороны 2 при информационных контактах со средствами из j -й подсистемы стороны 1;

τ – наименьший для сторон момент времени окончания этапа сбора данных о состоянии, намерениях и действиях противостоящей стороны цикла управления основными (базовыми) силами и средствами сторон конфликта;

η_{lm} – показатель устойчивости m -го УТ ИТКС СН стороны 1 при информационных контактах со средствами из l -й подсистемы стороны 2;

$N_{\text{вар } 1}$ – число вариантов принятия решения о применении основных (базовых) средств стороны 1;

$N_{\text{вар } 2}$ – число вариантов принятия решения о применении основных (базовых) средств стороны 2;

$\gamma_{н 1_i}$ – отношение объема полученной ИТКС СН стороны 1 вследствие информационного контакта средств наблюдения стороны 1 с i -м УТ ИТКС СН стороны 2 оперативной информации $V_{опер 1_i}$ к общему объему информации стороны 2, передаваемой через i -й УТ ИТКС СН стороны 2 в ходе этого информационного контакта;

$\gamma_{н 2_m}$ – отношение объема полученной ИТКС СН стороны 2 вследствие информационного контакта средств наблюдения стороны 2 с m -м УТ ИТКС СН стороны 1 оперативной информации $V_{опер 2_m}$ к общему объему информации стороны 1, передаваемой через m -й УТ ИТКС СН стороны 1 в ходе этого информационного контакта;

$\Delta T_{реш}$ – преимущество стороны 1 в снижении времени сбора и обработки информации о действиях противостоящей стороны;

$\Delta T_{реш 1}$ – снижение времени сбора и обработки информации о действиях стороны 2 стороной 1;

$\Delta T_{реш 2}$ – снижение времени сбора и обработки информации о действиях стороны 2 стороной 1;

$\Delta T_{реш 1_H}$ – выигрыш во времени принятия решения стороны 1 вследствие информационных контактов $Q_{H 1}$ УТ ИТКС СН стороны 2 с N_1 средствами наблюдения стороны 1;

$\Delta T_{реш 1_B}$ – выигрыш во времени принятия решения стороны 1 вследствие информационных контактов $Q_{B 1}$ УТ ИТКС СН стороны 2 с M_1 средствами воздействия стороны 1;

$\Delta T_{реш_n}(q_{H_{a_k}})$ – выигрыш во времени принятия решения стороны 1 вследствие информационных контактов множества $\{q_{H_{a_k}}\}$ УТ ИТКС СН стороны 2 с N_k средствами наблюдения стороны 1 в момент времени t_k ;

$\Delta T_{реш_b}(q_{B_{b_k}})$ – выигрыш во времени принятия решения стороны 1 вследствие информационных контактов множества $\{q_{B_{b_k}}\}$ УТ ИТКС СН стороны 2 с V_k средствами воздействия стороны 1 в момент времени t_k ;

$\Delta T_{реш 2_H}$ – выигрыш во времени принятия решения стороны 2 вследствие информационных контактов $Q_{H 2}$ УТ ИТКС СН стороны 2 с N_2 средствами наблюдения стороны 2;

$\Delta T_{реш 2_B}$ – выигрыш во времени принятия решения стороны 2 вследствие информационных контактов $Q_{B 2}$ УТ ИТКС СН стороны 1 с M_2 средствами воздействия стороны 2;

$\Delta T_{реш_{b_k}}^{треб}$ – требуемое значение выигрыша во времени принятия решения стороны 1 вследствие информационных контактов УТ ИТКС СН стороны 2 со средствами воздействия стороны 1 в момент времени t_k ;

$\Delta T_{\text{реш}_{nk}}^{\text{треб}}$ – требуемое значение выигрыша во времени принятия решения стороны 1 вследствие информационных контактов УТ ИТКС СН стороны 2 со средствами наблюдения стороны 1 в момент времени t_k ;

$\{\dot{q}_{B_{bk}}\}$ – множество УТ ИТКС СН, которое с позиции подсистемы воздействия необходимо передать подсистеме наблюдения для информационных контактов в момент времени t_k ;

$\{\dot{q}_{H_{ak}}\}$ – множество УТ ИТКС СН, которое с позиции подсистемы наблюдения необходимо передать подсистеме воздействия для информационных контактов в момент времени t_k ;

$\{\hat{q}_{B_{bk}}\}$ – множество УТ ИТКС СН, которые подсистема воздействия должна передать подсистеме наблюдения для информационных контактов в момент времени t_k ;

$\{q_{B_{bk}}'\}$ – множество УТ ИТКС СН, которые подсистема воздействия может передать подсистеме наблюдения для информационных контактов (оценочно с позиции ИС ИТКС СН) в момент времени t_k ;

$\{\hat{q}_{H_{ak}}\}$ – множество УТ ИТКС СН, которые подсистема наблюдения должна передать подсистеме воздействия для информационных контактов в момент времени t_k ;

$\{q_{H_{ak}}'\}$ – множество УТ ИТКС СН, которые подсистема наблюдения может передать подсистеме воздействия для информационных контактов (оценочно с позиции ИС ИТКС СН) в момент времени t_k ;

a – переменная, счетчик УТ ИТКС СН стороны 2, распределенных подсистеме наблюдения, $a=1, \dots, A$;

a_1 – усредненный показатель скрытности УТ ИТКС СН стороны 1;

a_2 – усредненный показатель скрытности УТ ИТКС СН стороны 2;

b – переменная, счетчик УТ ИТКС СН стороны 2, распределенных подсистеме воздействия, $b=1, \dots, B$;

b_1 – усредненный показатель помехоустойчивости УТ ИТКС СН стороны 1;

b_2 – усредненный показатель помехоустойчивости УТ ИТКС СН стороны 2;

G_{1i} – потенциальный выигрыш во времени принятия решения в цикле управления, обеспечиваемый средствами наблюдения стороны 1 при информационных контактах с i -м УТ ИТКС СН стороны 2;

G_{2i} – потенциальный выигрыш во времени принятия решения в цикле управления, обеспечиваемый средствами наблюдения стороны 2 при информационных контактах с i -м УТ ИТКС СН стороны 1;

G_{ji} – прирост выигрыша во времени принятия решения в цикле управления, вследствие информационного контакта средства из j -й подсистемы ИТКС СН стороны 1 с i -м УТ ИТКС СН стороны 2;

i – переменная, счетчик средств наблюдения ИТКС СН стороны 1, $i=1, \dots, I$;

j – переменная, счетчик средств воздействия ИТКС СН стороны 1, $j=1, \dots, J$;
 J_{lm} – прирост выигрыша во времени принятия решения в цикле управления, вследствие информационного средства из l -й подсистемы ИТКС СН стороны 2 контакта с m -м УТ ИТКС СН стороны 1;
 k – переменная, счетчик времени, $k=1, \dots, K$;
 l – указатель подсистемы для ИТКС СН стороны 2 ($l=1$ для подсистемы наблюдения, $l=2$ для подсистемы воздействия);
 M_1 – общее количество средств воздействия стороны 1;
 M_2 – общее количество средств воздействия стороны 1;
 m – указатель УТ ИТКС СН стороны 1;
 m_{1i} – количество средств воздействия стороны 1, выделенных для информационных контактов с i -м УТ ИТКС СН стороны 2;
 m_{2i} – количество средств воздействия стороны 2, выделенных для информационных контактов с i -м УТ ИТКС СН стороны 1;
 N_1 – общее количество средств наблюдения стороны 1;
 n_{1i} – количество средств наблюдения стороны 1, выделенных для осуществления информационных контактов с i -м УТ ИТКС СН стороны 2;
 N_2 – общее количество средств наблюдения стороны 2;
 n_{2i} – количество средств наблюдения стороны 2, выделенных для осуществления информационных контактов с i -м УТ ИТКС СН стороны 1;
 N_k – множество средств наблюдения стороны 1 в момент времени t_k , $N_k = \{n_{ik}\}$;
 $P_{\text{ош } 2}^{\text{тр}}$ – требуемая достоверность передачи сообщения в каналах радиосвязи ТКС ИТКС СН стороны 2;
 $P_{\text{ош } 1}^{\text{тр}}$ – требуемая достоверность передачи сообщения в каналах радиосвязи ТКС ИТКС СН стороны 1;
 Q_k – множество обнаруженных УТ ИТКС СН стороны 2 в момент времени t_k ;
 Q_{H_k} – множество обнаруженных УТ ИТКС СН стороны 2, распределенных подсистеме наблюдения в момент времени t_k , $Q_{H_k} = \{q_{H_{ak}}\}$;
 Q_{B_k} – множество обнаруженных УТ ИТКС СН стороны 2, распределенных подсистеме наблюдения в момент времени t_k , $Q_{B_k} = \{q_{B_{bk}}\}$;
 Q_1 – общее количество обнаруженных УТ ИТКС СН стороны 2;
 Q_2 – общее количество обнаруженных УТ ИТКС СН стороны 1;
 Q_{B1} – УТ ИТКС СН стороны 2, распределенные средствам воздействия стороны 1;
 Q_{B2} – УТ ИТКС СН стороны 1, распределенные средствам воздействия стороны 2;
 Q_{H1} – УТ ИТКС СН стороны 2, распределенные средствам наблюдения стороны 1;
 Q_{H2} – УТ ИТКС СН стороны 1, распределенные средствам наблюдения стороны 2;

$T_{\text{вар } 1}(V_1)$ – время, необходимое для отработки одного варианта принятия решения стороны 1 при наличии объема информации V_1 ;

$T_{\text{вар } 1}(V_{\text{пост } 1})$ – время, необходимое для отработки одного варианта принятия решения стороны 1 при наличии только объема постоянной информации $V_{\text{пост } 1}$;

$T_{\text{зс } 1 i}$ – время задержки передачи сообщения в ТКС ИТКС СН стороны 1, вследствие информационного контакта i -го УТ ИТКС СН стороны 1 с $m_{2 i}$ средствами воздействия стороны 2;

$T_{\text{зс } 2 i}$ – время задержки передачи сообщения в ТКС ИТКС СН стороны 2, вследствие информационного контакта i -го УТ ИТКС СН стороны 2 с $m_{1 i}$ средствами воздействия стороны 1;

$u_{1 k}$ – связующий подпроцессы наблюдения и воздействия сигнал, отображающий множество переданных для информационных контактов подсистемой воздействия подсистеме наблюдения УТ ИТКС стороны 2 в момент времени t_k , $u_{1 k} = \{q_{B_{b k}}''\}$;

$u_{2 k}$ – связующий подпроцессы наблюдения и воздействия сигнал, отображающий множество переданных для информационных контактов подсистемой наблюдения подсистеме воздействия УТ ИТКС стороны 2 в момент времени t_k , $u_{2 k} = \{q_{H_{a k}}''\}$;

$V_{1 i}$ – объем информации стороны 2, передаваемый через i -й УТ ИТКС СН стороны 2 в ходе информационного контакта этого УТ с $m_{2 i}$ средствами воздействия стороны 1;

$V_{2 i}$ – объем информации стороны 2, передаваемый через i -й УТ ИТКС СН стороны 2 в ходе информационного контакта этого УТ с $m_{1 i}$ средствами воздействия стороны 1;

V_k – множество средств воздействия стороны 1 в момент времени t_k , $V_k = \{v_{j k}\}$;

$V_{B 1 i}$ – объем информации стороны 1, не переданной вследствие информационного контакта УТ ИТКС СН с $m_{2 i}$ средствами воздействия стороны 2;

$V_{B 2 i}$ – объем информации стороны 2, не переданной вследствие информационного контакта УТ ИТКС СН со средством воздействия стороны 1;

$V_{\text{опер } 1 i}$ – объем оперативной информации, которая может быть получена ИТКС СН стороны 1 вследствие информационного контакта i -го УТ ИТКС СН стороны 2 с $n_{1 i}$ средствами наблюдения стороны 1;

$V_{\text{опер } 2 i}$ – объем оперативной информации, которая может быть получена ИТКС СН стороны 2 вследствие информационного контакта i -го УТ ИТКС СН стороны 1 с $n_{2 i}$ средствами наблюдения стороны 2;

$V_{\text{пост } 1}$ – объем постоянной информации стороны 1 на момент начала информационного конфликта;

$X = (x_1, x_2)$ (рис. 5) – вектор распределения УТ ИТКС СН стороны 2 между подсистемами наблюдения и воздействия стороны 1;

$X=(x_{ji})$ (рис. 6) – матрица назначения i -го УТ ИТКС СН стороны 2 для информационных контактов со средствами из j -й подсистемы ИТКС СН стороны 1;

$Y=(y_1, y_2)$ (рис. 5) – вектор распределения УТ ИТКС СН стороны 1 между подсистемами наблюдения и воздействия стороны 2;

$Y=(y_{lm})$ (рис. 6) – матрица назначения m -го УТ ИТКС СН стороны 1 для информационных контактов со средствами из l -й подсистемы ИТКС СН стороны 2.

Литература

1. О связи. Федеральный закон РФ от 07.07.2003 № 126-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации от 14 июля 2003 г. № 28 ст. 2895.

2. Макаренко С. И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетцентрических войнах начала XXI века. Монография. – СПб.: Научные технологии, 2017. – 546 с.

3. Макаренко С. И. Модели системы связи в условиях преднамеренных дестабилизирующих воздействий и ведения разведки. Монография. – СПб.: Научные технологии, 2020. – 337 с.

4. Макаренко С. И. Перспективы и проблемные вопросы развития сетей связи специального назначения // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 2. С. 18-68. – URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-02/02-Makarenko.pdf>.

5. Макаренко С. И., Иванов М. С. Сетцентрическая война – принципы, технологии, примеры и перспективы. Монография. – СПб.: Научные технологии, 2018. – 898 с.

6. Макаренко С. И. Динамическая модель двустороннего информационного конфликта с учетом возможностей сторон по наблюдению, захвату и блокировке ресурса // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 1. С. 60-97. – URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-01/06-Makarenko.pdf>.

7. Макаренко С. И. Динамическая модель системы связи в условиях функционально-разнородного информационного конфликта наблюдения и подавления // Системы управления, связи и безопасности. 2015. № 3. С. 122-185. – URL: <http://journals.intelgr.com/sccs/archive/2015-03/07-Makarenko.pdf> (дата обращения 04.08 2020). DOI: 10.24411/2410-9916-2015-10307.

8. Стародубцев Ю. И., Бухарин В. В., Семенов С. С. Техносферная война // Военная мысль. 2012. № 7. С. 22-31.

9. Стародубцев Ю. И., Бухарин В. В., Семенов С. С. Техносферная война // Информационные системы и технологии. 2011. № 1. С. 80-85.

10. Стародубцев Ю. И., Семенов С. С., Бухарин В. В. Техносферная война // Научно-информационный журнал Армия и общество. 2010. № 4. С. 6-11.

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

12. Владимиров В. И., Лихачев В. П., Шляхин В. М. Антагонистический конфликт радиоэлектронных систем. – М.: Радиотехника, 2004. – 384 с.

13. Владимиров В. И. Принципы и аппарат системных исследований радиоэлектронного конфликта. – Воронеж: ВВВИУРЭ, 1992.
14. Козирацкий Ю. Л., Будников С. А., Гревцев А. И., Иванцов А. В., Кильдюшевский В. М., Козирацкий А. Ю., Куцев С. С., Лысиков В. Ф., Паринов М. Л., Прохоров Д. В. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения. Монография. – М.: Радиотехника, 2013. – 232 с.
15. Козирацкий Ю. Л., Подлужный В. И., Паринов М. Л. Методический подход к построению вероятностной модели конфликта сложных систем // Вестник ВИРЭ. 2005. № 3. С. 4-16.
16. Козирацкий Ю. Л., Ухин А. Л. Вероятностная модель конфликта радиоэлектронных систем управления и телекоммуникации в условиях деструктивных воздействий // Системы управления и информационные технологии. 2014. Т. 57. № 3.2. С. 281-286.
17. Алексеев О. Г., Анисимов В. Г., Анисимов Е. Г. Модели распределения средства поражения в динамике боя. – М.: МО СССР, 1989. – 109 с.
18. Анисимов Е. Г., Анисимов В. Г., Пеннер Я. А. Метод распределения неоднородных ресурсов при управлении организационно-техническими системами // Вопросы оборонной техники Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2016. № 3-4 (93-94). С. 20-26.
19. Анисимов В. Г., Анисимов Е. Г. Алгоритм оптимального распределения дискретных неоднородных ресурсов на сети // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1997. Т. 37. № 2. С. 54-60.
20. Мистров Л. Е., Сербулов Ю. С. Методологические основы синтеза информационно-обеспечивающих функциональных организационно-технических систем. – Воронеж: Научная книга, 2007. – 232 с.
21. Мистров Л. Е., Головченко Е. В. Метод оценки управляемости конфликтно-устойчивой информационной системы авиационного формирования // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2021. № 1 (59). С. 28-35.
22. Мистров Л. Е., Плотников С. Н. Метод теоретико-игрового распределения ресурса для обоснования подвижных точек конфликтной устойчивости взаимодействия социально-экономических систем // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 2 (54). С. 38-46.
23. Мистров Л. Е., Головченко Е. В. Основы синтеза конфликтно-устойчивой информационной системы авиационного объединения // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 3 (55). С. 66-76.
24. Мистров Л. Е., Павлов В. А. Метод совокупного оценивания параметров информационных потоков в радиоканалах информационно-телекоммуникационных систем // Измерительная техника. 2018. № 1. С. 46-49.
25. Мистров Л. Е., Плотников С. Н. Метод обоснования точек конфликтной устойчивости взаимодействия организационно-технических систем // Наукоемкие технологии. 2019. Т. 20. № 7. С. 5-24.

26. Мистров Л. Е., Демчук Д. В. Метод координации решений при разработке ядер конфликта в интересах синтеза информационных систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2018. Т. 16. № 10. С. 36-42.
27. Берзин Е. А. Оптимальное распределение ресурсов и теория игр. – М.: Радио и связь, 1983. – 216 с.
28. Берзин Е. А. Оптимальное распределение ресурсов и элементы синтеза систем. – М.: Советское радио, 1974. – 304 с.
29. Бойков А. В. Модель Крамера–Лундберга со стохастическими премиями // Теория вероятностей и ее применение. 2002. Т. 47, Вып. 3. С. 549-553.
30. Антонович П. И., Макаренко С. И., Михайлов Р. Л., Ушанев К. В. Перспективные способы деструктивного воздействия на системы военного управления в едином информационном пространстве // Вестник Академии военных наук. 2014. № 3 (48). С. 93-101.
31. Михайлов Р. Л., Макаренко С. И. Оценка устойчивости сети связи в условиях воздействия на неё дестабилизирующих факторов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2013. № 4. С. 69-79.
32. Макаренко С. И., Рюмшин К. Ю., Михайлов Р. Л. Модель функционирования объекта сети связи в условиях ограниченной надежности каналов связи // Информационные системы и технологии. 2014. № 6 (86). С. 139-147.
33. Макаренко С. И., Михайлов Р. Л. Модель функционирования маршрутизатора в сети в условиях ограниченной надежности каналов связи // Инфокоммуникационные технологии. 2014. Том 12. № 2. С. 44-49.
34. Макаренко С. И., Михайлов Р. Л., Новиков Е. А. Исследование канальных и сетевых параметров канала связи в условиях динамически изменяющейся сигнально–помеховой обстановки // Журнал радиоэлектроники. 2014. № 10. – URL: <http://jre.cplire.ru/jre/oct14/3/text.pdf> (дата обращения 04.10.2021).
35. Макаренко С. И., Михайлов Р. Л. Информационные конфликты – анализ работ и методологии исследований // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 3. С. 95-178. DOI: 10.24411/2410-9916-2016-10304.
36. Михайлов Р. Л., Поляков С. Л. Состав и задачи перспективной автоматизированной системы управления средствами технической разведки и радиоэлектронной борьбы // I-methods. 2019. Том 11. № 2. С. 1-9.
37. Михайлов Р. Л. Помехозащищенность транспортных сетей связи специального назначения. Монография. – Череповец: ЧВВИУРЭ, 2016. – 128 с.
38. Михайлов Р. Л. Радиоэлектронная борьба в Вооруженных силах США. Монография. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2018. – 131 с.
39. Михайлов Р. Л. Описательные модели систем спутниковой связи как космического эшелона телекоммуникационных систем специального назначения. Монография. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2019. – 150 с.
40. Михайлов Р. Л. Анализ научно-методического аппарата теории координации и его использования в различных областях исследований // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 4. С. 1-29. – URL:

<http://sccs.intelgr.com/archive/2016-04/01-Mikhailov.pdf> (дата обращения 04.10.2021).

41. Михайлов Р. Л. Анализ подходов к формализации показателя информационного превосходства на основе теории оценки и управления рисками // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 3. С. 98-118. – URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-03/05-Mikhailov.pdf> (дата обращения 04.10.2021).

42. Гнатуша А. А., Ефремов А. В. Михайлов Р. Л. К вопросу об актуальности определения показателя информационного превосходства // Межвузовская научно-практическая конференция «Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях». (Санкт-Петербург, 17 февраля 2017 г.) – СПб.: ВАС, 2017. – С. 295-300.

43. Михайлов Р. Л. Динамическая модель информационного конфликта информационно-телекоммуникационных систем специального назначения / Р.Л. Михайлов // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 3. С. 238-251. DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10309.

44. Михайлов Р. Л. Модель информационных контактов устройств телекоммуникаций информационно-телекоммуникационной системы специального назначения со средствами наблюдения и воздействия противостоящей стороны // Труды учебных заведений связи. 2020. Т. 6. № 3. С. 17-27.

45. Михайлов Р. Л. Новый базовый подход и методика оценивания информационного превосходства в информационном конфликте // Инфокоммуникационные технологии. 2021. Том 19. № 1. С. 7-20. DOI: 10.18469/ikt.2021.19.1.01.

46. Михайлов Р. Л. Базовая модель координации подсистем наблюдения и воздействия информационно-телекоммуникационной системы специального назначения в информационном конфликте // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 4. С. 437-450. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10418.

47. Михайлов Р. Л. Двухуровневая модель координации подсистем радиомониторинга и радиоэлектронной борьбы // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2018. Т. 10. № 2. С. 43-50. DOI: 10.24411/2409-5419-2018-10040.

48. Михайлов Р. Л., Шишков А. И. Принципы координации подсистем наблюдения и воздействия // Научная мысль. 2017. № 3 (25). Том. 1. С. 38-44.

49. Михайлов Р. Л., Поляков С. Л. Игровая модель координации подсистем наблюдения и воздействия // Межвузовская научно-практическая конференция «Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях». (Санкт-Петербург, 17 февраля 2019 г.) – СПб.: ВАС, 2019. – С. 303-307.

50. Михайлов Р. Л. Модель динамической координации подсистем наблюдения и воздействия в информационном конфликте в виде иерархической дифференциальной игры трех лиц // Научные технологии. 2018. Т. 19. № 10. С. 44-51. DOI: 10.18127/j19998465-201810-08.

51. Михайлов Р. Л., Привалов А. А., Поляков С. Л. Модель телекоммуникационной сети при координации подсистем в составе

инфокоммуникационной системы специального назначения // Информация и космос. 2021. № 1. С. 18-26.

52. Михайлов Р. Л. Задача распределения ресурса в информационном конфликте: формализация и пути решения // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2020. Т. 12. № 3. С. 77-83.

53. Михайлов Р. Л., Ларичев А. В., Смыслова А. Л., Леонов П. Г. Модель распределения ресурсов в информационном конфликте организационно-технических систем // Вестник Череповецкого государственного университета. 2016. № 6. С. 24-29.

54. Михайлов Р. Л., Поляков С. Л. Модель оптимального распределения ресурсов и исследование стратегий действий сторон в ходе информационного конфликта // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 4. С. 323-344. – URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/17-Mikhailov.pdf> (дата обращения 04.10.2021).

References

1. *O sviazi* [About the Connection]. Federal law of Russia. 2003. (in Russian).
2. Makarenko S. I. *Informatsionnoe protivoborstvo i radioelektronnaya borba v setentsentricheskikh voynakh nachala XXI veka. Monografiya* [Information warfare and electronic warfare to network-centric wars of the early XXI century. Monography]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tekhnologii Publ., 2017. 546 p. (in Russian).
3. Makarenko S. I. *Modeli sistemy svyazi v usloviyakh prednamerennykh destabiliziruyushchih vozdeystviy i vedeniya razvedki. Monografiya* [Models of communication systems in conditions of deliberate destabilizing impacts and intelligence. Monograph]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tekhnologii Publ., 2020. 337 p. (in Russian).
4. Makarenko S. I. Prospects and Problems of Development of Communication Networks of Special Purpose. *Systems of Control, Communication and Security*, 2017, no. 2, pp. 18-68. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-02/02-Makarenko.pdf> (in Russian).
5. Makarenko S. I., Ivanov M. S. *Setecentricheskaya vojna – principy, tekhnologii, primery i perspektivy. Monografiya* [Network-centric warfare – principles, technologies, examples and perspectives. Monography]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tekhnologii Publ., 2018. 898 p. (in Russian).
6. 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. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-01/06-Makarenko.pdf> (in Russian).
7. Makarenko S. I. Dynamic Model of Communication System in Conditions the Functional Multilevel Information Conflict of Monitoring and Suppression. *Systems of Control, Communication and Security*, 2015, no. 3, pp. 122-185. DOI: 10.24411/2410-9916-2015-10307 (in Russian).
8. Starodubtsev Ju. I., Bukharin V. V., Semenov S. S. *Tekhnosfernaya vojna* [Techno War]. *Military Thought*, 2012, no. 7. pp. 22-31 (in Russian).

9. Starodubtsev Ju. I., Bukharin V. V., Semenov S. S. *Tekhnosfernaia voina* [Techno War]. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii*, 2011, no. 1, pp. 80-85 (in Russian).
10. Starodubtsev Ju. I., Bukharin V. V., Semenov S. S. Techno War. *Nauchno-informatsionnyi zhurnal Armiia i obshchestvo*, 2010, no. 4, pp. 6-11 (in Russian).
11. Vladimirov V. I., Vladimirov I. V. *Osnovy otsenki konfliktno-ustoichivyykh sostoianii organizatsionno-tekhnicheskikh sistem (v informatsionnykh konfliktakh)* [Basis of Assessment of the Conflict-stable States of Organizational and Technical Systems (in Information Conflicts)]. Voronezh, Military aviation engineering University Publ., 2008. 231 p. (in Russian).
12. Vladimirov V. I., Likhachev V. P., Shliakhin V. M. *Antagonisticheskii konflikt radioelektronnykh sistem* [Antagonistic conflict radio-electronic systems]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2004. 384 p. (in Russian).
13. Vladimirov V. I. *Principy i apparat sistemnykh issledovaniy radioelektronnogo konflikta* [Principles and apparatus of system research of electronic conflict] Voronezh, VVIUR Publ., 1992. (in Russian).
14. Koziratskii Iu. L., Budnikov S. A., Grevtsev A. I., Ivantsov A. V., Kil'diushevskii V. M., Koziratskii A. Iu., Kushchev S. S., Lysikov V. F., Parinov M. L., Prokhorov D. V. *Modeli informatsionnogo konflikta sredstv poiska i obnaruzheniia. Monografiia* [Model of Information Conflict of Search and Discovery. Monograph]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2013. 232 p. (in Russian).
15. Koziratskiy Ju. L., Podluzhnyi V. I., Parinov M. L. *Metodicheskii podkhod k postroeniiu veroiatnostnoi modeli konflikta slozhnykh sistem* [Methodical Approach to Constructing Probabilistic Models of Complex Conflict Systems]. *Vestnik of Military Institute of Radioelectronics*, 2005. no. 3, pp. 4-16 (in Russian).
16. Ukhin A. L., Koziratskiy Ju. L. *Veroiatnostnaia model' konflikta radioelektronnykh sistem upravleniia i telekommunikatsii v usloviakh destruktivnykh vozddeystvii* [Probabilistic model of conflict radio-electronic control systems and telecommunications in terms of destructive impacts]. *Sistemy upravleniia i informatsionnye tekhnologii*, 2014, vol. 57, no. 3.2, pp. 281-286 (in Russian).
17. Alekseev O. G., Anisimov E. G., Anisimov V. G. *Modeli raspredeleniya sredstva porazheniya v dinamike boya* [Models of the distribution of the means of destruction in the dynamics of combat]. Moscow, USSR Ministry of Defence Publ., 1989. 109 p. (in Russian).
18. Anisimov E. G., Anisimov V. G., Penner Ya. A. Method of allocation of heterogeneous resources while managing of organizational-technical systems. *Voprosy oboronnoy tekhniki Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu*, 2016, no. 3-4 (93-94), pp. 20-26 (in Russian).
19. Anisimov V. G., Anisimov E. G. *Algoritm optimal'nogo raspredeleniya diskretnykh neodnorodnykh resursov na seti* [Algorithm for optimal distribution of discrete heterogeneous resources on the network]. *Zhurnal vychislitel'noy matematiki i matematicheskoy fiziki*, 1997, vol. 37, no. 2, pp. 54-60 (in Russian).
20. Mistrov L. E., Serbulov Ju. S. *Metodologicheskie osnovy sinteza informatsionno-obespechivaiushchikh funktsional'nykh organizatsionno-tekhnicheskikh sistem* [Methodological bases of synthesis of information-providing

functional organizational-engineering systems]. Voronezh, Nauchnaia Kniga Publ., 2007. 232 p. (in Russian).

21. Mistrov L. E., Golovchenko E. V. Method for assessing the control of conflict-resistant information system of aircraft formation. *Information and economic aspects of standardization and technical regulation*, 2021, no. 1 (59), pp. 28-35 (in Russian).

22. Mistrov L. E., Plotnikov S. N. The method of theoretical-game resource distribution for the substantiation of mobile points of conflict stability of interaction of socio-economic systems. *Information and economic aspects of standardization and technical regulation*. 2020, no. 2 (54), pp. 38-46 (in Russian).

23. Mistrov L. E., Golovchenko E. V. Bases of synthesis of conflict-sustainable information system of the aviation association. *Information and economic aspects of standardization and technical regulation*, 2020, no. 3 (55), pp. 66-76 (in Russian).

24. Mistrov L. E., Pavlov V. A. Method of cumulative estimation of the parameters of information flows in the radio channels of information telecommunication systems. *Measurement techniques*, 2018, no. 1, pp. 46-49 (in Russian).

25. Mistrov L. E., Plotnikov S. N. Method of substantiation of points of conflict stability of interaction of organizational and technical systems. *Journal Science Intensive Technologies*, 2019, vol. 20, no. 7, pp. 5-24 (in Russian).

26. Mistrov L. E., Demchuk D. V. The method of coordination of decisions in development of conflict nuclei in the interests of synthesis of information systems. *Information-measuring and control systems*, 2018, vol. 16, no. 10, pp. 36-42 (in Russian).

27. Berzin E. L. *Optimal'noe raspredelenie resursov i teorii a igr* [Optimal Resource Allocation and Game Theory]. Moscow, Radio i Sviaz Publ., 1983. 216 p. (in Russian).

28. Berzin E. L. *Optimal'noe raspredelenie resursov i elementy sinteza sistem* [Optimal Resource Allocation and Elements of Synthesis Systems]. Moscow, Sovetskoe Radio Publ., 1974. 304 p. (in Russian).

29. Bojkov A. V. Model' Kramera–Lundberga so stohasticheskimi premiyami [The Kramer–Lundberg model with stochastic premiums. Probability theory and its application]. *Teoriya veroyatnostej i ee primeneniye*, 2002, vol. 47, no. 3, pp. 549-553 (in Russian).

30. Antonovoch P. I., Makarenko S. I., Mikhailov R. L., Ushanev K. V. *Perspektivnye sposoby destruktivnogo vozdejstviya na sistemy voennogo upravleniya v edinom informacionnom prostranstve* [Promising ways of destructive influence on military control systems in a single information space]. *Vestnik Akademii voennykh nauk*, 2014, vol. 48, no. 3, pp. 93-101 (in Russian).

31. Mikhailov R. L., Makarenko S. I. Estimating Communication Network Stability Under the Conditions of Destabilizing Factors Affecting it. *Radio and telecommunication systems*, 2013, no. 4, pp. 69-79 (in Russian).

32. Makarenko S. I., Rumshin K. Yu., Mikhailov R. L. *Model' funkcionirovaniya ob"ekta seti svyazi v usloviyah ogranichennoj nadjozhnosti kanalov svyazi* [Model of Functioning of Telecommunication Object in the Limited Reliability

of Communication Channel Conditions]. *Information Systems and Technologies*, 2014, vol. 86, no. 6, pp. 139-147 (in Russian).

33. Makarenko S. I., Mikhailov R. L. The Model of Functioning of the Router in the Case of Limited Reliability of Communication Channels. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2014, vol. 12, no. 2, pp. 44-49 (in Russian).

34. Makarenko S. I., Mikhailov R. L., Novikov E. A. The research of data link layer and network layer parameters of communication channel in the conditions of dynamic vary of the signal and noise situation. *Journal of Radio Electronics*, 2014, no. 10. Available at: <http://jre.cplire.ru/jre/oct14/3/text.pdf> (accessed 05 Mach 2019) (in Russian).

35. Makarenko S. I., Mikhailov R. L. Information Conflicts – Analysis of Papers and Research Methodology. *Systems of Control, Communication and Security*, 2016, no. 3, pp. 95-178 (in Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2016-10304

36. Mikhailov R. L., Polyakov S. L. Composition and tasks of the preceptive command and control system of means of technical reconnaissance and electronic warfare. *I-methods*, 2019, vol. 11, no. 2. pp. 1-9 (in Russian).

37. Mikhailov R. L. *Pomekhozashchishchennost' transportnykh setei svyazi spetsial'nogo naznachenii. Monografiya* [Noise immunity of transport networks for special purposes. Monograph]. Cherepovets, The Cherepovets higher military engineering school of radio electronics, 2016. 128 p. (in Russian).

38. Mikhailov R. L. *Radioelektronnaya bor'ba v Vooruzhennykh silah SSHA* [Electronic warfare in the US Armed forces]. Saint Petersburg, Naukoemkie tekhnologii, 2018. 131 p. (in Russian).

39. Mikhailov R. L. *Opisatelnye modeli sistem sputnikovoy svyazi kak kosmicheskogo eshelona telekommunikatsionnykh sistem special'nogo naznacheniya. Monografiya* [Descriptive models of satellite communication systems as a space echelon of special purpose telecommunication systems. Monograph]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tekhnologii Publ., 2019. 150 p. (in Russian).

40. Mikhailov R. L. An Analysis of the Scientific and Methodological Apparatus of Coordination Theory and its Use in Various Fields of Study. *Systems of Control, Communication and Security*, 2016, no. 4, pp. 1-29 Available at: <http://scs.intelgr.com/archive/2016-04/01-Mikhailov.pdf> (accessed 04 October 2021) (in Russian).

41. Mikhailov R. L. Analysis of Approaches to the Formalization of the Indicator of Information Superiority Based on the Theory of Assessment and Risk Management. *Systems of Control, Communication and Security*, 2017, no. 3, pp. 98-118. Available at: <http://scs.intelgr.com/archive/2017-03/05-Mikhailov.pdf> (accessed 04 October 2021) (in Russian).

42. Gnatusha A. A., Efremov A. V., Mikhailov R. L. *K voprosu ob aktual'nosti opredeleniya pokazatelya informatsionnogo prevoskhodstva. Mezhevuzovskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Problemy tekhnicheskogo obespecheniya vojsk v sovremennykh usloviyakh»*. [Proceedings of the II interuniversity scientific and practical conference «Problems of technical support of troops in modern conditions»]. Saint-Petersburg, Academy of Signal Communication Publ., 2017, pp. 295-300. (in Russian).

43. Mikhailov R. L. Informational conflict of informational-telecommunication systems of special purpose dynamic model. *Systems of Control, Communication and Security*, 2020, no. 3, pp. 238-251 (in Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10309.

44. Mikhailov R. L. The Model of information contacts between telecommunication devices of special purpose infocommunication system and opposing side means of monitoring and impact. *Proc. of Telecom. Universities*, 2020, no. 6(3), pp. 17-27. DOI: 10.31854/1813-324X-2020-6-3-17-27 (in Russian).

45. Mikhailov R. L. New basic approach and methodic for assessing of information conflict superiority. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2021, vol. 19, no. 1, pp. 7-20 (in Russian).

46. Mikhailov R. L. Base Model of Coordination of Surveillance and Impact Subsystems as the Parts of Special Information and Telecommunication System during the Information Conflict. *Systems of Control, Communication and Security*, 2019, no. 4, pp. 437-450 (in Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10418.

47. Mikhailov R. L. Two-level Model of Coordination of Subsystems of Radiomonitoring and Electronic Warfare. *H&ES Research*, 2018, vol. 10, no. 2, pp. 43-50. DOI: 10.24411/2409-5419-2018-10040. (in Russian).

48. Mikhailov R. L., Shishkov A. I. Principles of coordination of observation and impact subsystems. *Military Thought*, 2017, vol. 1 no. 3 (25), pp. 38-44 (in Russian).

40. Mikhailov R. L., Polyakov S. L. *Igrovaya model' koordinacii podsystem nablyudeniya i vozdejstviya Mezhvuzovskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Problemy tekhnicheskogo obespecheniya vojsk v sovremennyh usloviyah»*. [Proceedings of the III interuniversity scientific and practical conference «Problems of technical support of troops in modern conditions»]. Saint-Petersburg, Academy of Signal Communication Publ., 2019, pp. 303-307 (in Russian).

50. Mikhailov R. L. Model of Dynamic Coordination of Subsystems of Surveillance and Impact in the Information Conflict as a Hierarchical Differential Game of Three Sides. *Journal Science Intensive Technologies*, 2018, vol. 19, no. 10, pp. 44-51. DOI: 10.18127/j19998465-201810-08. (in Russian).

51. Mikhailov R. L., Privalov A. A., Polyakov S. L. The model of a telecommunication net in terms of infocommunication subsystems coordination. *Information and Space*, 2021, no. 1, pp. 18-26 (in Russian).

52. Mikhailov R. L. The problem of resource allocation in the information conflict: formalization and solutions. *H&ES Research*, 2020, vol. 12, no. 3, pp. 77-83. DOI: 10.36724/2409-5419-2020-12-3-77-83 (in Russian).

53. Mikhailov R. L., Larichev A. V., Smyslova A. L., Leonov P. G. Model of Resource Allocation in a Information Conflict of Complicated Organizational and Technical Systems. *Cherepovets State University Bulletin*, 2016, no. 6, pp. 24-29 (in Russian).

54. Mikhailov R. L., Polyakov S. L. Model of Optimal Division of Sides Resources During Information Conflict. *Systems of Control, Communication and Security*, 2018, no. 4, pp. 323-344. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/17-Mikhailov.pdf> (accessed 04 October 2021) (in Russian).

Статья поступила: 15 октября 2021 г.

Информация об авторах

Михайлов Роман Леонидович – кандидат технических наук. Научно-педагогический работник. Военный университет радиоэлектроники. Область научных интересов: информационные конфликты, координация подсистем наблюдения и воздействия. E-mail: cvviur6@mil.ru

Ганиев Андрей Николаевич – кандидат технических наук. Научно-педагогический работник. Военный университет радиоэлектроники. Область научных интересов: информационные конфликты, радиотехнические системы. E-mail: cvviur6@mil.ru

Ефремов Алексей Викторович – кандидат педагогических наук. Научно-педагогический работник. Военный университет радиоэлектроники. Область научных интересов: информационные конфликты, телекоммуникационные системы. E-mail: cvviur6@mil.ru

Адрес: 162622, Вологодская обл., г. Череповец, Советский пр., д. 126.

Models and methods of dynamic coordination of infocommunication system of special purpose subsystems in information conflict

R. L. Mikhailov, A. N. Ganiev, E. V. Efremov

Relevance. the infocommunication system of special purpose active use in various conflicts in the special sphere is due to the need of achieving information superiority over the opposing side. The hypothesis of the study asserts that the dynamic coordination of infocommunication system of special purpose subsystems would increase the efficiency of using both the telecommunication system and the special-purpose infocommunication system as a whole in conditions of information conflict, because of obtaining a synergetic effect, which will ensure the achievement of information superiority in information conflict. **The aim of this paper** is developing models and methods of dynamic coordination and their application to ensure the achievement of information superiority in the information conflict of infocommunication system of special purpose. **Methods.** elements of control theory, actuarial mathematics theory, probability theory, complex systems theory, dynamical systems theory, Markov process theory, mathematical modeling theory, and conflict theory. **Novelty.** An element of the novelty of the presented solutions is a new approach of dynamic information conflict formalization of infocommunication system of special purpose. **Result** presented models and methods makes it possible to achieve information superiority in an information conflict. **Practical significance.** presented results are implemented in the form of software modules of special software and hardware complexes as part of a Unified management system for multi-departmental special purpose formations.

Key words: infocommunication system of special purpose, information conflict, monitoring subsystem, impact subsystem, coordination.

Information about Authors

Roman Leonidovich Mikhailov – Ph.D. of Engineering Sciences. Scientific and pedagogical worker. Military University of Radio Electronics. Field of research: information warfare, coordination of monitoring and impact subsystems. E-mail: cvviur6@mil.ru

Andrey Nikolaevich Ganiev – Ph.D. of Engineering Sciences. Scientific and pedagogical worker. Military University of Radio Electronics. Field of research: information warfare, radioengineering systems. E-mail: cvviur6@mil.ru

Alexey Victorovich Efremov – Ph.D. of Pedagogical Sciences. Scientific and pedagogical worker. Military University of Radio Electronics. Field of research: information warfare, telecommunication systems. E-mail: cvviur6@mil.ru

Address: Russia, 162622, Vologda region, Cherepovets, Sovetskiy prospect, 126.