

УДК 623.20

Динамическая координация подсистем информационно-телекоммуникационной системы специального назначения в условиях информационного конфликта: метод развязывания взаимодействий

Михайлов Р. Л., Вещагин А. В., Ганиев А. Н., Кузнецов Н. П.

Постановка задачи: активное использование информационной сферы в ходе конфликтов в специальной сфере актуализирует вопросы повышения эффективности использования соответствующих информационно-телекоммуникационных систем в интересах обеспечения информационного превосходства. Общая гипотеза исследования состоит в том, что данное повышение обеспечивается посредством реализации механизмов динамической координации подсистем наблюдения и воздействия в составе информационно-телекоммуникационной системы специального назначения за счет получения синергетического эффекта, что обеспечит достижение информационного превосходства в информационном конфликте. **Целью работы** является разработка метода развязывания взаимодействий при динамической координации подсистем наблюдения и воздействия в составе информационно-телекоммуникационной системы специального назначения в ходе информационного конфликта. **Используемые методы:** элементы теории координации и теории управления. **Новизна:** элементами новизны представленного метода являются учет динамики изменения условий протекания информационного конфликта во времени посредством введения множества моментов времени в цикл управления основными (базовыми) силами и средствами, в которые осуществляется распределение или перераспределение устройств телекоммуникаций стороны 2 между подсистемами наблюдения и воздействия стороны 1, а также формализация допустимых стратегий распределения устройств телекоммуникаций с учетом необходимых и достаточных условий оптимальности управления. **Результат:** использование разработанного метода позволяет реализовать механизм динамической координации подсистем наблюдения и воздействия в составе информационно-телекоммуникационной системы специального назначения. **Практическая значимость:** использование разработанного метода в качестве общего теоретического подхода при решении задач динамической координации подсистем наблюдения и воздействия позволяет сформировать две частные методики, которые отражают частные условия его применения, а именно наличие или отсутствие информации о характеристиках устройств телекоммуникаций противостоящей стороны.

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

Актуальность

Процессы конвергенции современных телекоммуникационных технологий, реализованных в ведомственных телекоммуникационных системах специального назначения (ТКС СН), с информационными технологиями систем управления привело к созданию информационно-телекоммуникационных систем

Библиографическая ссылка на статью:

Михайлов Р. Л., Вещагин А. В., Ганиев А. Н., Кузнецов Н. П. Динамическая координация подсистем информационно-телекоммуникационной системы специального назначения в условиях информационного конфликта: метод развязывания взаимодействий // Системы управления, связи и безопасности. 2023. № 1. С. 244-275. DOI: 10.24412/2410-9916-2023-1-244-275

Reference for citation:

Mikhailov R. L., Veshchagin A. V., Ganiev A. N., Kuznetsov N. P. Dynamic coordination of infocommunication system of special purpose subsystems in information conflict: uncoupling method. *Systems of Control, Communication and Security*, 2023, no. 1, pp. 244-275 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2023-1-244-275

специального назначения (ИТКС СН). В соответствии с подходом авторов, принятом в рамках данной и последующих работ, под ИТКС СН понимаются территориально распределенные комплексы, 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 [2]. Пользователями ИТКС СН выступают элементы в составе системы управления и основных (базовых) сил и средств, а также средства 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 (рис. 1).

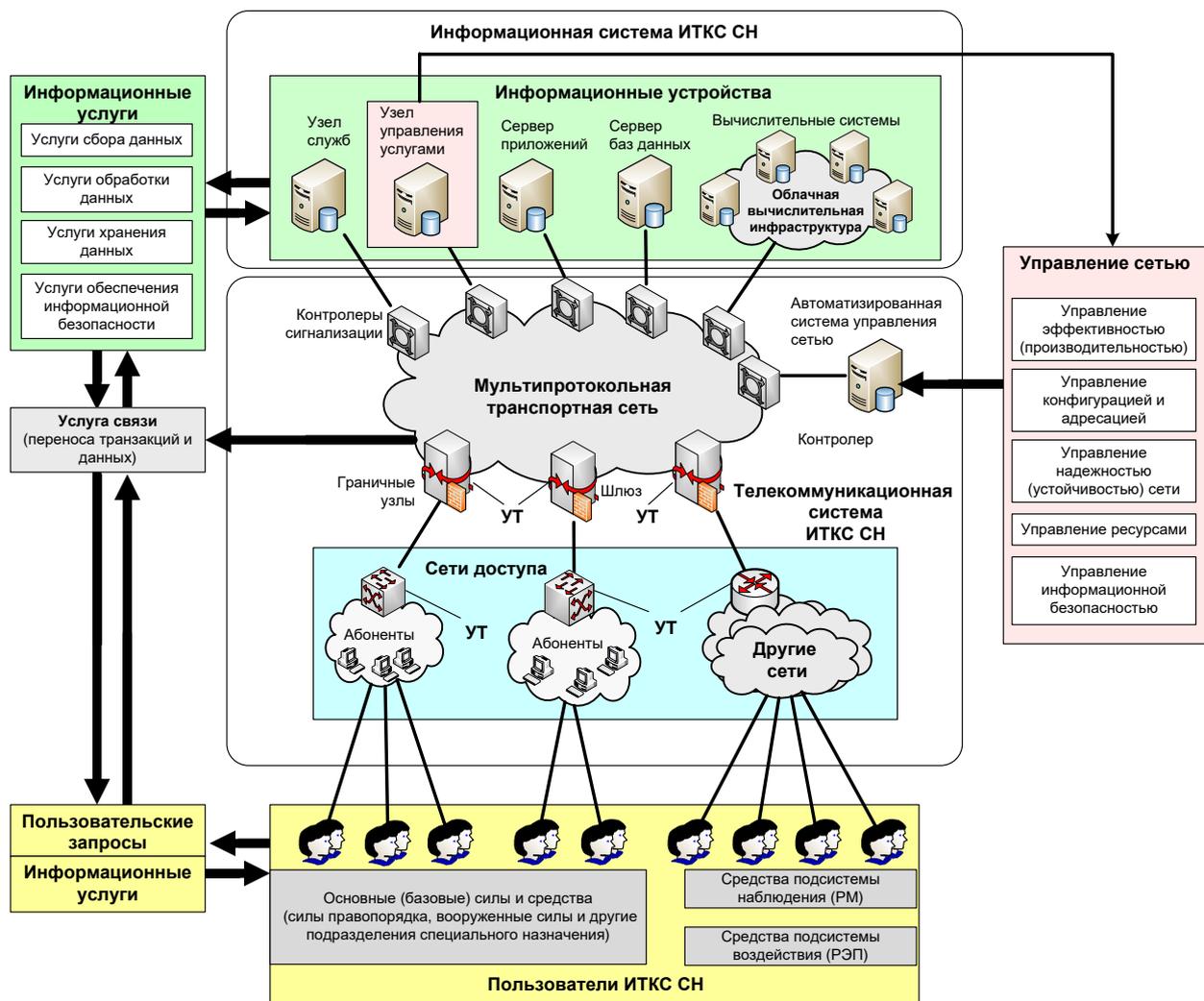


Рис. 1. Обобщенная архитектура перспективной ИТКС СН

В качестве прототипа ИТКС СН рассматривалась Единая система управления тактического звена (ЕСУ ТЗ) в типовом составе программно-аппаратных

комплексов связи и передачи данных (соответствуют ТКС), поддержки принятия решений (ППР, соответствуют ИС), а также средств радиомониторинга (РМ, соответствуют средствам подсистемы наблюдения) и средств радиоэлектронного подавления (РЭП, соответствуют средствам подсистемы воздействия).

Как показано в предшествующих работах авторов [2-13], 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 понимается 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 [2, 5]. Схема информационного конфликта ИТКС СН представлена на рис. 2.

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 [5]. 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 [5].

Таким образом, совокупность УТ из состава ТКС СН противостоящей стороны 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, 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 [2, 4].

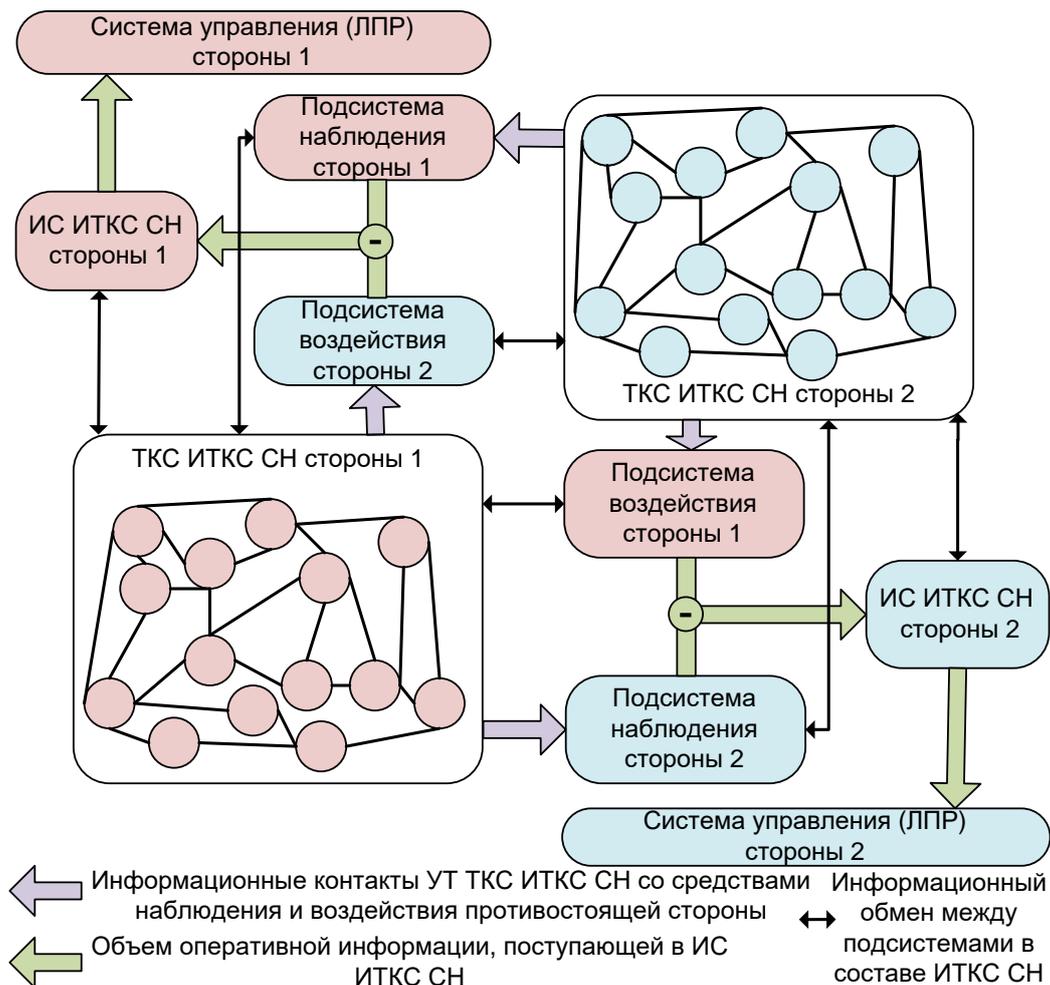


Рис. 2. Схема информационного конфликта ИТКС СН

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 распорядительной информации, циркулирующей по каналам радиосвязи между УТ ИТКС СН [2, 10].

Очевидно, что обеспечить информационное превосходство в информационном конфликте [2, 3, 6] лишь за счет совершенствования отдельных подсистем ИТКС СН, в условиях, когда имеет место несравнимо больший соответствующий потенциала противостоящего в конфликте в специальной сфере субъекта, не представляется возможным. В этой связи была выдвинута гипотеза о том, что разработанные методы динамической координации подсистем ИТКС СН позволят повысить эффективность использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта за счет получения синергетического эффекта, что обеспечит достижение информационного превосходства в информационном конфликте. Подтверждение данной гипотезы является актуальным для практики использования ИТКС СН в условиях информационного конфликта.

Анализ исследований в предметной области

Проведенный анализ работ показал, что повышение эффективности использования ИТКС СН в интересах достижения информационного превосходства в информационном конфликте является востребованным направлением исследований. По данному направлению вели и ведут работу достаточно большое число ученых: Е.Г. Анисимов и В.Г. Анисимов [14-16]; А.А. Бойко и С.А. Будников [17-23]; В.В. Бухарин, С.С. Семенов и Ю.И. Стародубцев [24-27]; В.И. Владимиров [28-31]; С.М. Климов [32-33]; Ю.Л. Козирацкий [34-36]; А.И. Куприянов [37-44]; О.С. Лаута [45-48]; В.А. Липатников [49-52]; С.И. Макаренко [53-58]; Л.Е. Мистров [59-65], А.А. Привалов [66-71], В.Г. Радзиевский и А.А. Сирота [72-76], Д.А. Тавалинский [77-81], Н.Н. Толстых [82-84], И.И. Чукляев [85-90] и многие другие. Однако в большинстве указанных работ рассматриваются дуэльные ситуации либо «ТКС – подсистема наблюдения», либо «ТКС – подсистема воздействия», и не осуществляется оценивание эффективности применения механизмов динамической координации подсистем ИТКС СН. Кроме того, в подавляющем большинстве работ рассматриваются однонаправленные информационные конфликты и, таким образом, не исследуются зависимость между стратегиями конфликтующих ИТКС СН.

Вместе с тем, в основу разрабатываемых 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, связанные с разработкой формальных моделей ТКС СН, функционирующих в условиях дестабилизирующих воздействий и ведения мониторинга;
- Ю.И. Стародубцевым – результаты, 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, связанные с разработкой методологических основ динамического информационного конфликта;
- Ю.Л. Козирацким – результаты, направленные на повышение эффективности проведения информационных контактов средств наблюдения и воздействия с УТ ТКС ИТКС СН.

Таким образом, целью разработки метода развязывания взаимодействий при динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта является обеспечение нахождения ИТКС СН в скоординированном состоянии в условиях информационного конфликта, т. е. выполнение постулата координируемости при передаче подсистем наблюдения и воздействия координирующих сигналов, отображающих требуемые значения целевых функций эффективности их функционирования.

В целом применение принципа развязывания взаимодействий не является абсолютно новым. В концептуальном виде данный принцип предложен и формализован в работе [91], а дальнейшем активно использовался для формализа-

ции процессов координации в различных областях исследования. В частности, в работах [92, 93] данный принцип, в том числе, реализован при маршрутизации информационных потоков в ТКС в интересах обеспечения устойчивости связи. В то же время, вопросы динамической координации подсистем в составе двухуровневой системы в известных авторам работах не исследовались.

Постановка научной задачи и введение обозначений

В вербальном виде научная задача, решению которой посвящены данная и последующая работы, формулируется как разработка методов динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта. Для формализации метода развязывания взаимодействий, также обоснования условий выполнения постулата координируемости при его использовании введем следующие обозначения:

$\{t_k\}$ – множество моментов времени, $t_k \in T$;

$\Delta T_{\text{реш}_1}$ – снижение времени сбора и обработки информации о действиях стороны 2 стороной 1;

Q_k – множество обнаруженных УТ ИТКС СН стороны 2 в момент времени t_k , $Q_k = \{q_k\} = Q_{H_k} \cup Q_{B_k}$;

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

$$\lambda_k = \begin{cases} \left\{ \left(\left\{ q_{H_{a_0}} \right\}, \left\{ q_{B_{b_0}} \right\} \right) \middle| q_{H_{a_0}} \in Q_{H_0}, q_{B_{b_0}} \in Q_{B_0} \right\}, & \text{если } k = 0; \\ \lambda_k, & \text{если } k > 0. \end{cases}$$

$\Delta T_{\text{реш}_H} (q_{H_{a_k}})$ – 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 ;

Q_{H_k} – множество обнаруженных УТ ИТКС СН стороны 2, распределенных подсистеме наблюдения в момент времени t_k , $Q_{H_k} = \{q_{H_{a_k}}\}$;

$\Delta T_{\text{реш}_{H_k}}^{\text{треб}}$ – 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 ;

$\Delta T_{\text{реш}_B} (q_{B_{b_k}})$ – 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 ;

Q_{B_k} – множество обнаруженных УТ ИТКС СН стороны 2, распределенных подсистеме наблюдения в момент времени t_k , $Q_{B_k} = \{q_{B_{b_k}}\}$;

$\Delta T_{\text{реш}_{b,k}}^{\text{треб}}$ – 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 ;

N_k – множество средств наблюдения и стороны 1 в момент времени t_k ,
 $N_k = \{n_{i,k}\}$;

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

$u_{1,k}$ – 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 , $u_{2,k} = \{q_{H,a,k}''\}$;

W_1 – множество управляющих воздействий на процесс информационного конфликта со стороны подсистемы наблюдения стороны 1;

W_2 – множество управляющих воздействий на процесс информационного конфликта со стороны подсистемы воздействия 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;

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

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

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

j – переменная, счетчик средств воздействия ИТКС СН стороны 1, $j=1, \dots, J$;

k – переменная, счетчик времени, $k=1, \dots, K$.

Для доказательства выполнения постулата координируемости при реализации разработанного метода динамической координации дополнительно введем следующие обозначения.

$V(t, p)$ – 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;

$R_{\text{ИП}}$ – показатель информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН;

$R_{\text{ИП}}^{\text{треб}}$ – требуемый уровень показателя информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН;

X_k – вектор (матрица) распределения УТ ИТКС СН стороны 2 между подсистемами наблюдения и воздействия стороны 1 в момент времени t_k ;

Y_k – вектор (матрица) распределения УТ ИТКС СН стороны 1 между подсистемами наблюдения и воздействия стороны 2 в момент времени t_k ;

$X_{\text{опт } k}$ – вектор (матрица) рационального распределения УТ ИТКС СН стороны 2 между подсистемами наблюдения и воздействия стороны 1 в момент времени t_k .

Метод развязывания взаимодействий

Разработанный метод базируется на одноименном принципе координации, сформулированном на основе исследования характера и формы управляющих воздействий со стороны ИС ИТКС СН на подсистемы наблюдения и воздействия, проведенного ранее в работах [2, 7–9]. Согласно данному принципу подсистемы наблюдения и воздействия получают право при достижении своих локальных целей рассматривать связующие сигналы как дополнительные свободные переменные, которые они могут выбирать по своему усмотрению. Данный подход обеспечивает повышение автономности функционирования подсистем наблюдения и воздействия, т. е. позволяет минимизировать объем информационного обмена между ИС и данными подсистемами как пользователями ТКС ИТКС СН. При этом в рамках моделирования процесса динамической координации подсистем наблюдения и воздействия в составе двухуровневой распределенной ИТКС СН в виде дифференциальной игры трех сторон – ИС, а также подсистем наблюдения и воздействия [9], были сформированы требования, предъявляемые к допустимым стратегиям этих сторон, а также определены необходимые и достаточные условия оптимальности управления при динамической координации подсистем наблюдения и воздействия ИС ИТКС СН.

Решение задачи обеспечения координируемости ИТКС СН при реализации метода развязывания взаимодействий в соответствии с [91] определяется расхождением между связующими сигналами между подсистемами наблюдения и воздействия фактически имеющими место и теми, которые были бы рациональны с позиции ИС ИТКС СН как координирующего элемента. Иными словами, при изменении условий распределения УТ ИТКС СН подсистемы наблюдения и воздействия на основе информации о требуемых показателях эффективности для каждой из подсистем, поступившей в форме координирующих сигналов от ИС ИТКС СН, самостоятельно принимают решение о перераспределении средств в своем составе для информационных контактов с УТ ИТКС СН. Эффективность же использования ИТКС СН в целом будет определяться степенью соответствия выбранного подсистемами наблюдения и воздействия распределения рациональному.

Общая схема метода представлена на рис. 3. Новые блоки, составляющие научную новизну метода, выделены красным цветом.

Особенностью метода является то, что координирующие сигналы λ_k ИС ИТКС СН при $k=0$, рассчитанные в блоке 2, содержат распределенные подсистемам наблюдения и воздействия УТ ИТКС СН для осуществления информационных контактов на интервале времени (t_0, t_k) , а при $k>0$ (блок 5)

координирующие сигналы λ_k ИС ИТКС СН содержат значения целевых функций подсистем наблюдения ($\Delta T_{\text{реш}_{нk}}^{\text{треб}}$) и воздействия ($\Delta T_{\text{реш}_{вk}}^{\text{треб}}$) УТ ИТКС СН на интервале времени (t_k, t_{k+1}) . При этом выбор этих значений производится ИС ИТКС СН таким образом, что $\Delta T_{\text{реш}_{нk}}^{\text{треб}} + \Delta T_{\text{реш}_{вk}}^{\text{треб}} = \max \Delta T_{\text{реш}_{1k}}$.

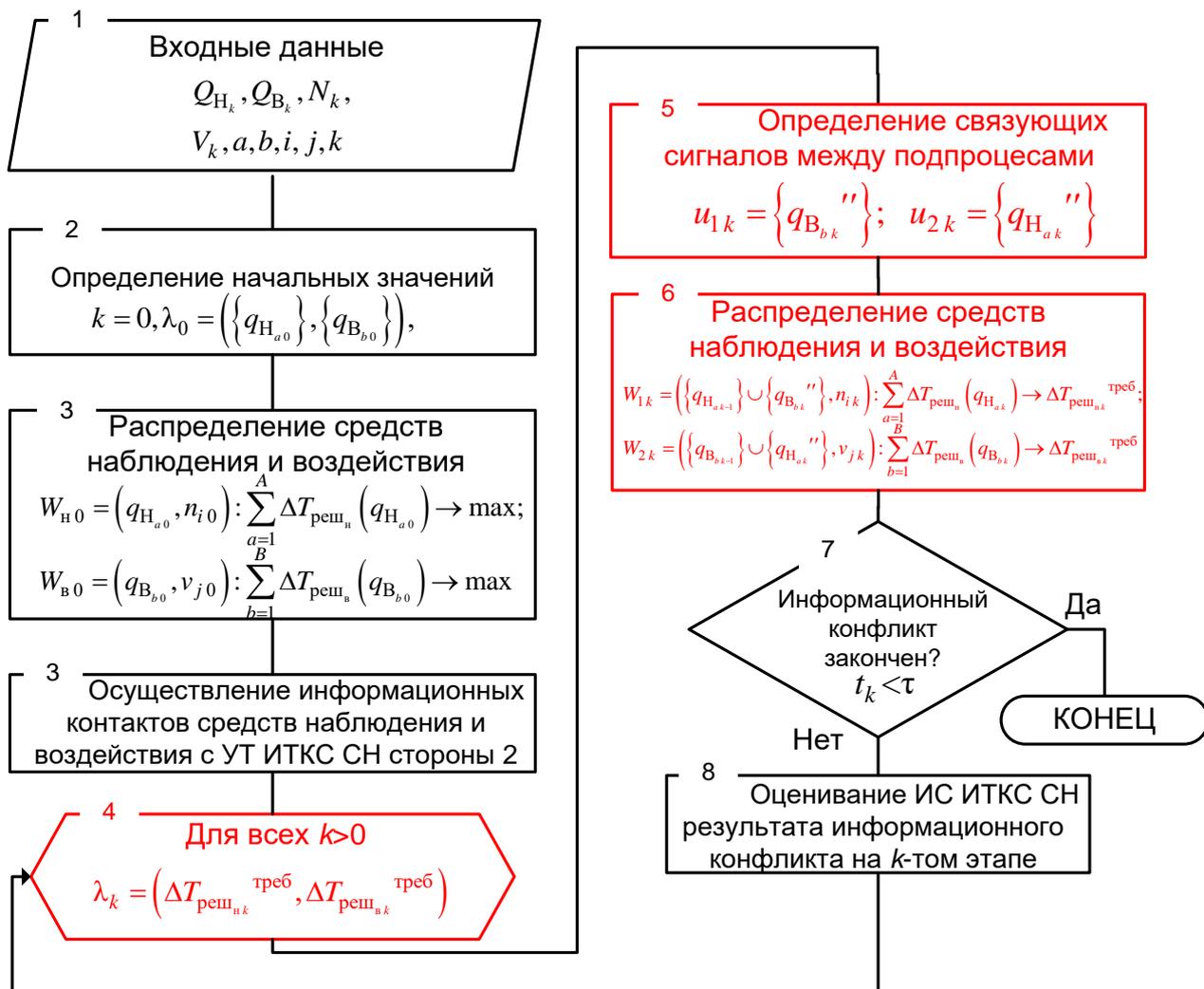


Рис. 3. Схема метода развязывания взаимодействий при динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта

Связующие подпроцессы наблюдения и воздействия сигналы $u_{1k} u_{2k}$ в момент времени t_k представляют собой УТ ИТКС СН, передаваемые между подсистемами наблюдения и воздействия (блок 6). В работе [9] получены выражения для обоснования стратегий выбора связующих сигналов подсистемами наблюдения и воздействия. Показано, что при одной и той же стратегии ИС ИТКС СН выигрыш подсистем наблюдения и воздействия при использовании равновесных стратегий не меньше, чем при максиминном решении.

Вследствие этого введем допущение об использовании подсистемами наблюдения и воздействия равновесных стратегий выбора значений связующих сигналов в соответствии с выражениями:

$$\begin{aligned} u_1(t, p) &= \min_{u_1(t, p) \in \{u_1(t, p)\}} \left(\sum_{k=1}^K \left(\Delta T_{\text{реш}_n}^{\text{треб}} - \Delta T_{\text{реш}_n} \left(q_{H_{ak}} \right) \right) \right), \\ u_2(t, p) &= \min_{u_2(t, p) \in \{u_2(t, p)\}} \left(\sum_{k=1}^K \left(\Delta T_{\text{реш}_b}^{\text{треб}} - \Delta T_{\text{реш}_b} \left(q_{B_{bk}} \right) \right) \right), \end{aligned} \quad (1)$$

где $u_1(t, p)$ – стратегия подсистемы наблюдения в информационном конфликте; $\{u_1(t, p)\}$ – множество стратегий подсистемы наблюдения в информационном конфликте; $u_2(t, p)$ – стратегия подсистемы воздействия в информационном конфликте; $\{u_2(t, p)\}$ – множество стратегий подсистемы воздействия в информационном конфликте; $\Delta T_{\text{реш}_n} \left(q_{H_{ak}} \right)$ – выигрыш во времени принятия решения стороны 1 вследствие информационных контактов множества $\{q_{H_{ak}}\}$ УТ ИТКС СН стороны 2 с N_k средствами наблюдения стороны 1 в момент времени t_k ; $\Delta T_{\text{реш}_n}^{\text{треб}}$ – 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 ; $\Delta T_{\text{реш}_b} \left(q_{B_{bk}} \right)$ – выигрыш во времени принятия решения стороны 1 вследствие информационных контактов множества $\{q_{B_{bk}}\}$ УТ ИТКС СН стороны 2 с V_k средствами воздействия стороны 1 в момент времени t_k ; $\Delta T_{\text{реш}_b}^{\text{треб}}$ – 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 .

Значение управляющего воздействия на процесс информационного конфликта со стороны подсистемы наблюдения стороны 1 представляет собой объединение множеств УТ ИТКС СН распределенные подсистеме наблюдения и на этапе времени (t_{k-1}, t_k) $\{q_{H_{ak-1}}\}$ и множества переданных для информационных контактов подсистемой воздействия подсистеме наблюдения УТ ИТКС стороны 2 в момент времени t_k $\{q_{B_{bk}}''\}$.

В свою очередь, значение управляющего воздействий на процесс информационного конфликта со стороны подсистемы наблюдения стороны 1 представляет собой объединение множеств УТ ИТКС СН распределенные подсистеме наблюдения и на этапе времени (t_{k-1}, t_k) $\{q_{B_{bk-1}}\}$ и множества переданных для информационных контактов подсистемой воздействия подсистеме наблюдения УТ ИТКС стороны 2 в момент времени t_k $\{q_{H_{ak}}''\}$.

Расчет управляющих воздействий на процесс информационного конфликта со стороны подсистем наблюдения и воздействия производится в блоке 7. При этом, подсистемы наблюдения и воздействия осуществляют распределение соответствующих средств по УТ ИТКС СН исходя из необходимости достижения требуемого показателя выигрыша во времени принятия решения.

Доказательство выполнения постулата координируемости при реализации метода развязывания взаимодействий

Координация подсистем наблюдения и воздействия со стороны ИС ИТКС СН означает передачу им таких координирующих сигналов, которые заставляют их действовать согласованно.

В интересах формализации постулата координируемости подсистем наблюдения и воздействия ИТКС СН, в соответствии с концептуальными подходами к координации в двухуровневых системах, рассмотренными в работе [9], введем следующие определения.

1. Глобальная задача, решаемая ИТКС СН в информационном конфликте, т. е. задача, которая стоит перед ИТКС СН в целом. Данная глобальная задача решается в интересах субъекта конфликта в специальной сфере и состоит в достижении информационного превосходства в информационном конфликте ИТКС СН *по заданному показателю* и описывается выражением:

$$P_{\text{ИП}}^{\text{треб}} \mid \exists (v(t, p), u_1(t, p), u_2(t, p)) : P_{\text{ИП}} \geq P_{\text{ИП}}^{\text{треб}}.$$

2. Задача, решаемая ИС ИТКС СН в информационном конфликте, состоит в определении в каждый момент времени координирующих сигналов для подсистем наблюдения и воздействия, при которых *существуют* такие связующие подпроцессы наблюдения и воздействия сигналы, что в каждый момент времени распределение УТ ИТКС СН между подсистемами наблюдения и воздействия является рациональным [13]. Таким образом, задача ИС ИТКС СН состоит в определении такой стратегии в информационном конфликте, что:

$$\exists v(t, p) \forall \lambda_k \mid \exists (u_{1k}, u_{2k}) : X_k = \left(\left(\{q_{H_{ak-1}}\} \cup u_{1k} \right), \left(\{q_{B_{bk-1}}\} \cup u_{2k} \right) \right) = X_{\text{опт } k}.$$

3. Задача подсистемы наблюдения в информационном конфликте ИТКС СН сводится к синтезу управляющего воздействия на процесс информационного конфликта, т. е. распределение выделенных данной подсистеме УТ ИТКС СН между средствами в своем составе для информационных контактов в интересах максимального значения выигрыша во времени принятия решения стороны 1.

Данная задача формализуется выражением

$$u_1(t, p) \mid \forall W_{1k} \left[\sum_{k=0}^K \Delta T_{\text{реш}_H} (q_{H_{ak}}) \rightarrow \max \right].$$

Аналогичным образом, задача подсистемы воздействия в информационном конфликте ИТКС СН формализуется выражением

$$u_2(t, p) \mid \forall W_{2k} \left[\sum_{k=0}^K \Delta T_{\text{реш}_B} (q_{B_{bk}}) \rightarrow \max \right].$$

Таким образом, в ИТКС СН как двухуровневой системе имеются цели трех типов, формально описываемые тремя типами представленных выше задач. Совместимость этих целей или, другими словами, принцип совместимости задач формально вытекает из следующих положений.

1. Только подсистемы наблюдения и воздействия ИТКС СН как нижестоящие элементы двухуровневой системы находятся в непосредственном контакте с процессом информационного конфликта. Достижение глобальной цели может быть достигнуто только посредством распределения средств в составе этих подсистем между УТ ИТКС СН для информационных контактов, при этом данное распределение должно быть скоординируемым относительно решаемой глобальной задачи.

2. ИС ИТКС СН как вышестоящий элемент двухуровневой системы, осуществляя координацию, решает свою вышеуказанную задачу. В этом случае задачи, решаемые на уровне подсистем наблюдения и воздействия ИТКС СН, должны быть скоординируемы по отношению к задаче ИС ИТКС СН.

3. Глобальная задача возлагается на ИТКС СН вышестоящими органами государственной власти, обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка, в интересах которых используется ИТКС СН, и не может быть скорректирована ИС ИТКС СН. Другими словами, порядок определения целевого показателя вероятности информационного превосходства в информационном конфликте [6] не может быть изменен ИС ИТКС СН в ходе информационного конфликта.

Для достижения скоординированного состояния ИТКС СН как двухуровневой системы координация задач, решаемых подсистемами наблюдения и воздействия относительно задачи ИС ИТКС СН как вышестоящего элемента, должна быть связана с подлежащей решению глобальной задачей. Данное утверждение в вербальной форме отражает постулат координируемости. В формальном виде данный постулат может быть представлен выражением

$$\begin{aligned} & \Pi(t, p(t), v(t, p), u_1(t, p), u_2(t, p)) \equiv \\ & \equiv (\forall \lambda_k) (\forall X_{k-1}) \Big| \exists (u_{1k}, u_{2k}) : \sum_{k=0}^K \Delta T_{\text{реш}}(X_k, Y_k) \rightarrow \max \Rightarrow P_{\text{ИП}} \geq P_{\text{ИП}}^{\text{треб}}. \end{aligned}$$

Доказательство выполнения постулата координируемости для каждого из разработанных методов динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта будет производиться в два этапа. На первом этапе необходимо доказать **применимость метода**, т. е. существование при каждом координирующем сигнале, связующих подпроцессы наблюдения и воздействия, сигналов, выбираемых подсистемами наблюдения и воздействия. При этом связующие сигналы должны выбираться подсистемами **самостоятельно** таким образом, чтобы не допустить одновременное распределение УТ ИТКС СН и подсистеме наблюдения и подсистеме воздействия. На втором этапе доказыва-ется **координируемость 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 дан-

ных подсистем в соответствии с осуществляемыми подсистемами управляющими воздействиями на процесс информационного конфликта.

Докажем выполнение постулата совместимости для разработанного метода развязывания взаимодействий в соответствии с указанными выше этапами. Координирующие сигналы λ_k при реализации данного метода формализуются выражением:

$$\lambda_k = \begin{cases} \left\{ \left(\left\{ q_{H_{a0}} \right\}, \left\{ q_{B_{b0}} \right\} \right) \middle| q_{H_{a0}} \in Q_{H_0}, q_{B_{b0}} \in Q_{B_0} \right\}, & \text{если } k = 0; \\ \left(\Delta T_{\text{реш}_{H_k}}^{\text{треб}}, \Delta T_{\text{реш}_{B_k}}^{\text{треб}} \right), & \text{если } k > 0. \end{cases}$$

Этап 1. Для доказательства применимости метода развязывания взаимодействий необходимо показать, что существуют такие связующие подпроцессы наблюдения и воздействия сигналы (u_{1k}, u_{2k}) , что в каждый в момент времени t_k каждый из УТ ИТКС СН распределен либо подсистеме наблюдения, либо подсистеме воздействия, либо ни одной из подсистем:

$$Q_{H_k} \cap Q_{B_k} = \emptyset. \quad (2)$$

При этом связующие сигналы систем выбирают в интересах обеспечения требуемого выигрыша во времени принятия решения, задаваемого координирующим сигналом. При $k=0$, связующие сигналы $u_{10}=0$ и $u_{20}=0$ (передача УТ ИТКС СН между подсистемами наблюдения и воздействия не производится) поэтому требования (2) выполняются при любых координирующих сигналах λ_k .

Докажем применимость метода развязывания взаимодействий при $k \geq 1$. Пусть в каждый момент времени t_k , $k \geq 1$ имеется множество обнаруженных УТ ИТКС СН стороны 2 Q_k . Введем множество собственных подмножеств $\mathfrak{R}_1(Q_k)$, содержащее все подмножества Q_{1k} множества Q_k , удовлетворяющие условию $\sum_{a|q_{ak} \in Q_{1k}} \Delta T_{\text{реш}_{H_{ak}}} = \Delta T_{\text{реш}_{H_k}}^{\text{треб}}$ для любого значения $\Delta T_{\text{реш}_{H_k}}^{\text{треб}}$. Введем

также множество собственных подмножеств $\mathfrak{R}_2(Q_k)$, содержащее все подмножества Q_{2k} множества Q_k , удовлетворяющие условию

$$\sum_{b|q_{bk} \in Q_{2k}} \Delta T_{\text{реш}_{B_{bk}}} = \Delta T_{\text{реш}_{B_k}}^{\text{треб}} \text{ для любого значения } \Delta T_{\text{реш}_{B_k}}^{\text{треб}}.$$

Определим также собственное подмножество Q'_{1k} множества Q_k , такое, что $Q'_{1k} = Q_{1k} \in \mathfrak{R}_1(Q_k) \parallel Q_{1k} \parallel = \min |Q_{1k}|$, а также собственное подмножество Q'_{2k} множества Q_k , такое что $Q'_{2k} = Q_{2k} \in \mathfrak{R}_2(Q_k) \parallel Q_{2k} \parallel = \min |Q_{2k}|$.

Теорема 1. Метод развязывания противоречий применим при динамической координации подсистем наблюдения и воздействия при условии, что $Q'_{1k} \cap Q'_{2k} = \emptyset$ при всех $k \geq 1$.

Доказательство. Рассмотрим процесс динамической координации подсистем наблюдения и воздействия методом развязывания взаимодействий в момент времени t_1 . Распределение УТ ИТКС СН между подсистемами

наблюдения и воздействия определяются координирующим на интервале времени (t_0, t_1) соответствует координирующему сигналу λ_0 и составляет $Q_{H_0} = \{q_{H_{a0}}\}$ и $Q_{B_0} = \{q_{B_{b0}}\}$. При получении координирующего сигнала λ_1 , содержащего 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_1 $\Delta T_{\text{реш}_{n1}}^{\text{треб}}$ и 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_1 $\Delta T_{\text{реш}_{b1}}^{\text{треб}}$, подсистемы наблюдения и воздействия определяют, какие УТ ИТКС СН они должны использовать для информационных контактов в интересах достижения этого требуемого значения выигрыша. При этом искомые множества $Q_{H_1} = \{q_{H_{a1}}\}$ и $Q_{B_1} = \{q_{B_{b1}}\}$ сравниваются с множествами $Q_{H_0} = \{q_{H_{a0}}\}$ и $Q_{B_0} = \{q_{B_{b0}}\}$, и определяются значения связующих подпроцессы наблюдения и воздействия сигналы $u_{1k} = \{q_{B_{bk}}''\}$ и $u_{2k} = \{q_{H_{ak}}''\}$ такие, что

$$\begin{aligned} u_{1k} &= \{q_{B_{bk}}''\} = \{q_{B_{b0}}\} \setminus \{q_{B_{b1}}\}; \\ u_{2k} &= \{q_{H_{ak}}''\} = \{q_{H_{a0}}\} \setminus \{q_{H_{a1}}\}. \end{aligned} \quad (3)$$

Множества $\{q_{B_{b0}}\}$ и $\{q_{H_{a0}}\}$ не содержат общих элементов ($\{q_{B_{b0}}\} \cap \{q_{H_{a0}}\} = \emptyset$) т. к. являются компонентами координирующего сигнала λ_0 . Множества $\{q_{B_{b1}}\}$ и $\{q_{H_{a1}}\}$ также не содержат общих элементов при условии того, что $\{q_{B_{b1}}\} \subset Q'_{2k}$, а $\{q_{H_{a1}}\} \subset Q'_{1k}$, а по условиям теоремы $Q'_{1k} \cap Q'_{2k} = \emptyset$ при всех $k \geq 1$. Соответственно не будут иметь общих элементов и множества $Q_{H_1} = \{q_{H_{a0}}\} \cup \{u_{11}\}$ и $Q_{B_1} = \{q_{B_{b0}}\} \cup \{u_{21}\}$. Аналогичным образом можно показать применимость метода оценки взаимодействий для всех $k=2, \dots, K$. Таким образом, теорема доказана.

Этап 2. Докажем координируемость ИТКС СН как двухуровневой системы с помощью метода развязывания взаимодействий. Очевидно, что значение координирующего сигнала λ_0 , содержащее множества $Q_{H_0} = \{q_{H_{a0}}\}$ и $Q_{B_0} = \{q_{B_{b0}}\}$, выбирается ИС ИТКС СН так, что оно отражает рациональное распределение УТ ИТКС СН между подсистемами наблюдения и воздействия в момент времени t_0 . При передаче координирующих сигналов λ_k при $k \geq 1$, ИС ИТКС СН осуществляет расчет значений $\Delta T_{\text{реш}_{bk}}^{\text{треб}}$ и $\Delta T_{\text{реш}_{nk}}^{\text{треб}}$ на основе предложенных моделей распределения УТ ИТКС СН как однородного или разнородного ресурса [2, 13, 15, 16] так, что $\Delta T_{\text{реш}_{nk}}^{\text{треб}} + \Delta T_{\text{реш}_{bk}}^{\text{треб}} = \max \Delta T_{\text{реш}_{1k}}$.

Таким образом, требование обеспечения в каждый момент времени рационального распределения УТ ИТКС СН между подсистемами наблюдения и воздействия в соответствии с координирующими сигналами ИС ИТКС СН выполняется, что свидетельствует о координируемости ИТКС СН как двухуровневой системы с помощью метода развязывания взаимодействий.

Выводы

Предложенный метод развязывания взаимодействий основан на концептуальных подходах к координации подсистем двухуровневой системы, рассмотренных в работе [9], однако его реализация при динамической координации подсистем ИТКС СН в условиях информационного конфликта, существенно отличается от изложенного в известных работах в следующих элементах, которые составляет его научную новизну:

- 1) 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;
- 2) метод формализует использование ИС, а также подсистемами наблюдения и воздействия ИТКС СН допустимых стратегий распределения УТ ИТКС СН с учетом определенных в работе [9] необходимых и достаточных условий оптимальности управления;
- 3) метод учитывает обоснованные в работе [9] критерии выбора подсистемами наблюдения и воздействия связующих сигналов как реализации своих стратегий влияния на ход информационного конфликта ИТКС СН в зависимости от значений координирующих сигналов ИС ИТКС СН.

Теоретическая общность и универсальность метода подтверждается тем, что его использование в качестве общего теоретического подхода при решении задач динамической координации подсистем наблюдения и воздействия ИТКС СН в дальнейшем позволяет сформировать две частные методики, которые отражают частные условия его применения, а именно наличие или отсутствие информации о характеристиках УТ противостоящей стороны.

Дальнейшим направлением исследования является разработка указанных частных методик, а также реализующих их алгоритмов в составе математического обеспечения программно-аппаратных комплексов в составе прототипа ИТКС СН – ЕСУ ТЗ. Данная реализация позволит производить двухэтапный расчет рационального распределения УТ ИТКС СН противостоящей стороны как между подсистемами наблюдения и воздействия (РМ и РЭП), так и между средствами в составе этих подсистем. Кроме того, станет возможным адаптивно к складывающимся условиям информационного конфликта изменять период отправки координирующих сигналов подсистемам наблюдения и воздействия в форме значений требуемого выигрыша во времени принятия решения вслед-

ствие информационных контактов соответствующих средств с УТ ИТКС СН противостоящей стороны (блок 4 на рис. 3).

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. 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.

3. 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 04.03.2023).

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

5. 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.

6. Михайлов Р. Л. Новый базовый подход и методика оценивания информационного превосходства в информационном конфликте // Инфокоммуникационные технологии. 2021. Том 19. № 1. С. 7-20.

7. 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.

8. Михайлов Р. Л. Двухуровневая модель координации подсистем радиомониторинга и радиоэлектронной борьбы // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2018. Т. 10. № 2. С. 43-50.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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 14.03.2023).

14. Алексеев О. Г., Анисимов В. Г., Анисимов Е. Г. Модели распределения средства поражения в динамике боя. – М.: МО СССР, 1989. – 109 с.

15. Анисимов В. Г., Анисимов Е. 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.

16. 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.

17. Бойко А. А., Будников С. А. Модель информационного конфликта специального программного средства и подсистемы защиты информации информационно технического средства // Радиотехника. 2015. № 4. С. 136-141.

18. Будников С. А. Модель обобщенного конфликта радиоэлектронных средств // Радиотехника. 2008. № 11. С. 8-10.

19. Будников С. А. Оценка вероятностных показателей в конфликте информационно-управляющих систем // Системы управления и информационные технологии. 2009. № 3 (37). С. 27-31.

20. Бойко А. А. Способ разработки тестовых удаленных информационно-технических воздействий на пространственно распределенные системы информационно-технических средств // Информационно-управляющие системы. 2014. № 3. С. 84-92.

21. Бойко А. А. Способ аналитического моделирования процесса распространения вирусов в компьютерных сетях различной структуры // Труды СПИИРАН. 2015. № 5 (42). С. 196-211.

22. Бойко А. А., Храмов В. Ю. Модель информационного конфликта информационно-технических и специальных программных средств в вооруженном противоборстве группировок со статическими характеристиками // Радиотехника. 2013. № 7. С. 5-10.

23. Бойко А. А. Киберзащита автоматизированных систем воинских формирований: монография. – СПб: Научные технологии, 2021. – 300 с.

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

25. Стародубцев Ю. И., Бухарин В. В., Семенов С. С. Техносферная война // Информационные системы и технологии. 2011. № 1. С. 80-85.
26. Стародубцев Ю. И., Бухарин В. В., Семенов С. С. Техносферная война // Армия и общество. 2010. № 4. С. 6-11.
27. Семенов С. С., Гусев А. П., Барботько Н. В. Оценка информационно-боевого потенциала сторон в техносферных конфликтах // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2013. Т. 5. № 6. С. 10-21.
28. Владимиров В. И., Владимиров И. В. Основы оценки конфликтно-устойчивых состояний организационно-технических систем (в информационных конфликтах): монография. – Воронеж: ВАИУ, 2008. – 231 с.
29. Владимиров В. И., Лихачев В. П., Шляхин В. М. Антагонистический конфликт радиоэлектронных систем. – М.: Радиотехника, 2004. – 384 с.
30. Владимиров В. И. Принципы и аппарат системных исследований радиоэлектронного конфликта. – Воронеж: ВВВИУРЭ, 1992.
31. Владимиров В. И. Информационные основы радиоподавления линий радиосвязи в динамике радиоэлектронного конфликта. – Воронеж: ВИРЭ, 2003. – 276 с.
32. Климов С. М., Сычев М. П., Астрахов А. В. Противодействие компьютерным атакам. Методические основы. – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2013. – 108 с.
33. Климов С. М. Методы и модели противодействия компьютерным атакам. – Люберцы: КАТАЛИТ, 2008. – 316 с.
34. 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.
35. 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.
36. 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.
37. Куприянов А. И., Шустов Л. Н. Радиоэлектронная борьба. Основы теории. – М.: Вузовская книга, 2011. – 800 с.
38. Цветнов В. В., Куприянов А. И., Демин В. П. Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие. – М.: МАИ, 1998. – 248 с.
39. Цветнов В. В., Куприянов А. И., Демин В. П. Радиоэлектронная борьба: радиомаскировка и помехозащита. – М.: МАИ, 1999. – 240 с.
40. Куприянов А. И., Сахаров А. В. Радиоэлектронные системы в информационном конфликте. – М.: Вузовская книга, 2003. – 528 с.
41. Добыкин В. Д., Куприянов А. И., Пономарев В. Г., Шустов Л. Н. Радиоэлектронная борьба. Силовое поражение радиоэлектронных систем. – М.: Вузовская книга, 2007. – 468 с.

42. Куприянов А. И. Радиоэлектронная борьба. – М.: Вузовская книга, 2013. – 360 с.
43. Демин В. П., Куприянов А. И., Сахаров А. В. Радиоэлектронная разведка и радиомаскировка. – М.: МАИ, 1997. – 155 с.
44. Куприянов А. И., Сахаров А. В., Шевцов В. А. Основы защиты информации. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 256 с.
45. Коцыняк М. А., Кулешов И. А., Лаута О. С. Устойчивость информационно-телекоммуникационных сетей. – СПб.: Издательство Политехнического университета, 2013. – 93 с.
46. Коцыняк М. А., Кулешов И. А., Кудрявцев А. М., Лаута О. С. Киберустойчивость информационно-телекоммуникационной сети. – СПб.: Бостон-спектр, 2015. – 150 с.
47. Саенко И. Б., Лаута О. С., Карпов М. А., Крибель А. М. Модель угроз ресурсам информационно-телекоммуникационной сети как ключевому активу критически важного объекта инфраструктуры // Электросвязь. 2021. № 1. С. 36-44.
48. Kotenko I., Saenko I., Lauta O., Kribel A. Ensuring the survivability of embedded computer networks based on early detection of cyber attacks by integrating fractal analysis and statistical methods. *Microprocessors and Microsystems*, 2022. vol. 90. pp. 104459.
49. Костарев С. В., Карганов В. В., Липатников В. А. Технологии защиты информации в условиях кибернетического конфликта: монография. – СПб.: ВАС, 2020. – 716 с.
50. Липатников В. А., Шевченко А. А., Косолапов В. С., Сокол Д. С. Метод обеспечения информационной безопасности сети VOIP-телефонии с прогнозом стратегии вторжений нарушителя // Информационно-управляющие системы. 2022. № 1 (116). С. 54-67.
51. Липатников В. А., Парфиров В. А. Модель процесса наблюдения за множеством источников информации в стохастических условиях // Информация и космос. 2022. № 1. С. 35-44.
52. Липатников В. А., Шевченко А. А. Математическая модель процесса управления информационной безопасностью распределенной информационной системы в условиях несанкционированного воздействия злоумышленника // Информационные системы и технологии. 2022. № 3 (131). С. 121-130.
53. Макаренко С. И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетевых войнах начала XXI века: монография. – СПб.: Научные технологии, 2017. – 546 с.
54. Макаренко С. И. Модели системы связи в условиях преднамеренных дестабилизирующих воздействий и ведения разведки: монография. – СПб.: Научные технологии, 2020. – 337 с.
55. 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> (дата обращения 14.03.2023).

56. Макаренко С. И., Иванов М. С. Сетецентрическая война – принципы, технологии, примеры и перспективы: монография. – СПб.: Научное издание, 2018. – 898 с.

57. Макаренко С. И. Динамическая модель двунаправленного информационного конфликта с учетом возможностей сторон по наблюдению, захвату и блокировке ресурса // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 1. С. 60-97. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-01/06-Makarenko.pdf> (дата обращения 14.03.2023).

58. Макаренко С. И. Динамическая модель системы связи в условиях функционально-разноуровневого 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 14.03.2023).

59. Мистров Л. Е., Сербулов Ю. С. Методологические основы синтеза информационно-обеспечивающих функциональных организационно-технических систем. – Воронеж: Научная книга, 2007. – 232 с.

60. 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.

61. 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.

62. 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.

63. Мистров Л. Е., Павлов В. А. Метод совокупного оценивания параметров информационных потоков в радиоканалах информационно-телекоммуникационных систем // Измерительная техника. 2018. № 1. С. 46-49.

64. Мистров Л. Е., Плотников С. Н. Метод обоснования точек конфликтной устойчивости взаимодействия организационно-технических систем // Научное издание. 2019. Т. 20. № 7. С. 5-24.

65. 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.

66. Привалов А. А., Евглевская Н. В., Зубков К. Н. Модель процесса вскрытия параметров сети передачи данных оператора IP-телефонной сети компьютерной разведкой организованного нарушителя // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2014. № 2 (39). С. 106-111.

67. Евглевская Н. В., Привалов А. А., Привалов А. А. Модель процесса вскрытия каналов утечки информации на объектах телекоммуникаций // Вопросы радиоэлектроники. 2014. Т. 3. № 1. С. 156-161.

68. Привалов А. А., Привалов А. А., Скуднева Е. В., Чалов И. В. Подход к оценке вероятности вскрытия пространственно-временной и информационной структуры СПД-ОТН // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 3 (44). С. 165-172.

69. Агеев С. А., Привалов А. А., Каретников В. В., Буцанец А. А. Адаптивный метод оценки характеристик трафика в высокоскоростных мультисервисных сетях связи на основе процедуры нечеткого регулирования // Автоматика и телемеханика. 2021. № 7. С. 133-146.

70. Евглевская Н. В., Привалов А. А., Привалов А. А. Обобщенная модель информационного воздействия на автоматизированные системы управления техническими объектами // Вопросы радиоэлектроники. 2013. Т. 3. № 1. С. 155-164.

71. Евглевская Н. В., Привалов А. А., Скуднева Е. В. Марковская модель конфликта автоматизированных систем обработки информации и управления с системой деструктивных воздействий нарушителя // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 1 (42). С. 78-84.

72. Радзиевский В. Г. Современная радиоэлектронная борьба. Вопросы методологии. – М.: Радиотехника, 2006. – 424 с.

73. Радзиевский В. Г. Метод обоснования характеристик сигналоподобных излучений в конфликтной радиолокации // Радиотехника. 2000. № 6. С. 53-58.

74. Радзиевский В. Г., Сирота А. А. Информационное обеспечение радиоэлектронных систем в условиях конфликта. – М.: ИПРЖР, 2001. – 456 с.

75. Радзиевский В. Г., Сирота А. А. Теоретические основы радиоэлектронной разведки. – М.: Радиотехника, 2004. – 432 с.

76. Радзиевский В. Г., Сирота А. А. Базовые статистические модели процесса радиотехнической разведки в ходе противодействия радиолокационным средствам // Радиотехника. 1992. № 1-2. С. 24-31.

77. Замарин А. И., Атакищев О. И., Тавалинский Д. А., Рюмшин К. Ю. Последетекторный технический анализ цифровых последовательностей при идентификации сложных структур // Известия Юго-Западного государственного университета. 2014. № 1 (52). С. 14-21.

78. Сазонов К. В., Тавалинский Д. А., Марков П. Н. Агрегативная модель функционирования анонимной сети TOR // Научные технологии. 2018. Т. 19. № 10. С. 30-38.

79. Тавалинский Д. А., Ратушин А. П., Тимофеев Д. И., Чикин Р. В. Особенности использования процедур дедупликации при сигналообразовании в телекоммуникационных системах // Электромагнитные волны и электронные системы. 2020. Т. 25. № 6. С. 75-82.

80. Тавалинский Д. А., Тимошенко А. В., Шайдулин З. Ф., Захаров К. Н. Аналитическое описание целостного информационного пространства объекта на основе графовых структур // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2021. № 20. С. 301-313.

81. Тавалинский Д. А., Красиков Д. А. Графодинамическое моделирование информационно-телекоммуникационной сети в интересах рационального распределения ресурсов // Динамика сложных систем – XXI век. 2022. Т. 16. № 3. С. 40-46.

82. Толстых Н. Н., Павлов В. А., Воробьева Е. И. Введение в теорию конфликтного функционирования информационных и информационно-управляющих систем. – Воронеж: ВГТУ, 2003. – 168 с.

83. Алферов А. Г., Белицкий А. М., Степанец Ю. А., Толстых Н. Н. Перехват управления инфокоммуникационных систем // Теория и техника радиосвязи. 2014. № 4. С. 5-13.

84. Николаев В. И., Толстых Н. Н., Алферов А. Г. Принудительный синтез заданного целевого состояния процессорного устройства: концепция перехвата управления // Радиотехника. 2016. № 5. С. 84-96.

85. Чукляев И. И., Морозов А. В., Болотин И. Б. Теоретические основы оптимального построения адаптивных систем комплексной защиты информационных ресурсов распределенных вычислительных систем: монография. – Смоленск: ВА ВПВО ВС РФ, 2011. – 227 с.

86. Чукляев И. И. Игровая модель обоснования применения средств комплексной защиты информационных ресурсов иерархической информационно-управляющей системы // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. № 2. С. 64-68.

87. Морозов А. В., Чукляев И. И. Информационная безопасность вычислительных систем боевого управления в аспекте информационного противоборства // Проблемы безопасности российского общества. 2013. № 2-3. С. 85-90.

88. Морозов А. В., Майбуров Д. Г., Чукляев И. И. Информационное оружие: теория и практика применения // Проблемы безопасности российского общества. 2014. № 2. С. 177-183.

89. Чукляев И. И., Чепурной Е. А., Шевченко А. Л., Пильненкий В. П. Способы и средства обнаружения и предотвращения информационно-технических воздействий // Системы компьютерной математики и их приложения. 2021. № 22. С. 180-189.

90. Чукляев И. И. Интеллектуальная защита сложных организационно-технических систем // Системы компьютерной математики и их приложения. 2020. № 21. С. 230-237.

91. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с.

92. 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.

93. Михайлов Р. Л. Модели и алгоритмы маршрутизации в транспортной наземно-космической сети связи военного назначения // Системы управления, связи и безопасности. 2015. № 3. С. 52-82. URL: <http://journals.intelgr.com/sccs/archive/2015-03/04-Mikhailov.pdf> (дата обращения 14.03.2023).

References

1. *O sviazi* [About the Connection]. Federal law of Russia. 2003. (in Russian).
2. 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).
3. 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://sccs.intelgr.com/archive/2017-03/05-Mikhailov.pdf> (accessed 04 March 2023) (in Russian).
4. 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.
5. 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).
6. 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).
7. 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.
8. 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).
9. 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).
10. 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).
11. 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).
12. 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).

13. 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 March 2023) (in Russian).

14. 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).

15. 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).

16. Anisimov V. G., Anisimov E. G. *Algoritm optimal'nogo raspredeleniya diskretnyh neodnorodnyh resursov na seti* [Algorithm for optimal distribution of discrete heterogeneous resources on the network]. *Zhurnal vychislitel'noj matematiki i matematicheskoy fiziki*, 1997, vol. 37, no. 2, pp. 54-60 (in Russian).

17. Boyko A. A., Budnikov S. A. Model of Information Conflict between Special Software and Information Security Subsystem of Information-technical Tool. *Radiotekhnika*, 2015, no. 4, pp. 136-141 (in Russian).

18. Budnikov S. A. Model of a Generalized Conflict of Radio-electronic Means. *Radiotekhnika*, 2008, no. 11, pp. 8-10 (in Russian).

19. Budnikov S. A. Estimation of likelihood parametres in the conflict of information control systems. *Sistemy upravleniia i informatsionnye tekhnologii*, 2009, vol. 37, no. 3, pp. 27-31 (in Russian).

20. Boyko A. A., D'iakova A. V. The Method of Development of Test Remote Information-Technical Impacts on the Spatial Distribution of Information-Technical Equipment. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy*, 2014, no. 3, pp. 84-92 (in Russian).

21. Boyko A. A. Method of Analytical Modeling of Spread of Viruses in Computer Networks with Different Structures. *SPIIRAS Proceedings*, 2015, vol. 42, no. 5, pp. 196-211 (in Russian).

22. Boyko A. A., Khramov V. U. Model of Information Conflict between Special Software and Information-technical Tools in Military Warfare with Static Characteristics. *Radiotekhnika*, 2013, no. 7, pp. 5-10 (in Russian).

23. Boyko A. A. *Kiberzashchita avtomatizirovannyh sistem voinskih formirovaniy. Monografiia* [Cyber security of automated systems of military formations. Monography]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tekhnologii Publ., 2021. 300 p. (in Russian).

24. Starodubtsev Ju. I., Bukharin V. V., Semenov S. S. Tekhnosfernaia voina [Techno War]. *Military Thought*, 2012, no. 7. pp. 22-31 (in Russian).

25. Starodubtsev Ju. I., Bukharin V. V., Semenov S. S. Technospherny war. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii*, 2011, no. 1, pp. 80-85 (in Russian).

26. Starodubtsev Ju. I., Bukharin V. V., Semenov S. S. Techno War. *Armiia i obshchestvo*, 2010, no. 4, pp. 6-11 (in Russian).

27. Semenov S. S., Gusev A. P., Barbotko N. V. Assessment Information the Combat Potential of the Parties in Technosphere Conflicts. *H&ES Research*, 2013, vol. 5, no. 6, pp. 10-21 (in Russian).

28. 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).

29. 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).

30. Vladimirov V. I. *Printsipy i apparat sistemnykh issledovaniy radioelektronnogo konflikta* [The principles and apparatus of the electronic system studies conflict]. Voronezh, Voronezh Higher Military Engineering College of Radioelectronics Publ., 1992. (in Russian).

31. Vladimirov V. I. *Informatsionnye osnovy radiopodavleniia linii radiosviazi v dinamike radioelektronnogo konflikta* [Information basis of the countermeasure of radio communications in the dynamics of electronic conflict]. Voronezh, Military Engineering College of Radioelectronics Publ., 2003. 276 p. (in Russian).

32. Klimov S. M., Sychev M. P., Astrakhov A. V. *Protivodeistvie komp'yuternym atakam. Metodicheskie osnovy* [The combat computer attacks. Methodological foundations]. Moscow, Bauman Moscow State Technical University Publ., 2013. 108 p. (in Russian).

33. Klimov S. M. *Metody i modeli protivodeistviia komp'yuternym atakam* [Methods and models for countering computer attacks]. Liubertsy, Katalist Publ., 2008. 316 p. (in Russian).

34. 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).

35. Koziratskiy Ju. L., Podluzhnyi V. I., Parinov M. L. *Metodicheskii podkhod k postroeniuiu 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).

36. Koziratskiy Ju. L., Ukhin A. L. *Veroiatnostnaia model' konflikta radioelektronnykh sistem upravleniia i telekommunikatsii v usloviakh destruktivnykh vozdeistvii* [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).

37. Kuprijanov A. I., Shustov L. N. *Radioelektronnaia bor'ba. Osnovy teorii* [Electronic warfare. Fundamentals of the theory]. Moscow, Vuzovskaia Kniga Publ., 2011. 800 p. (in Russian).

38. Tsvetnov V. V., Demin V. P., Kupriianov A. I. *Radioelektronnaia bor'ba: radorazvedka i radioprotivodeistvie* [Electronic warfare: radio reconnaissance and

countermeasure]. Moscow, Moscow Aviation Institute (National Research University) Publ., 1998. 248 p. (in Russian).

39. Tsvetnov V. V., Demin V. P., Kupriianov A. I. *Radioelektronnaia bor'ba: radiomaskirovka i pomekhozashchita* [Electronic warfare: radioactive and jamming protection]. Moscow, Moscow Aviation Institute (National Research University) Publ., 1999. 240 p. (in Russian).

40. Kuprijanov A. I., Saharov A. V. *Radioelektronnye sistemy v informatsionnom konflikte* [Radio-electronic systems in information conflict]. Moscow, Vuzovskaia Kniga Publ., 2003. 528 p. (in Russian).

41. Dobykin V. D., Kupriianov A. I., Ponomarev V. G., Shustov L. H. *Radioelektronnaia bor'ba. Silovoe porazhenie radioelektronnykh sistem* [Electronic Warfare. Power Failure of Electronic Systems]. Moscow, Vuzovskaia Kniga Publ., 2007. 468 p. (in Russian).

42. Kuprijanov A. I. *Radioelektronnaia bor'ba* [Electronic warfare]. Moscow, Vuzovskaia Kniga Publ., 2013. 360 p. (in Russian).

43. Demin V. P., Kupriianov A. I., Sakharov A. V. *Radioelektronnaia razvedka i radiomaskirovka* [Electronic reconnaissance and radioactive]. Moscow, Moscow Aviation Institute (National Research University) Publ., 1997. 155 p. (in Russian).

44. Kuprijanov A. I., Saharov A. V., Shevtsov V. A. *Osnovy zashchity informatsii* [The basics of information security]. Moscow, Publishing center «Akademia», 2006. 256 p. (in Russian).

45. Kotsyniak M. A., Kuleshov I. A., Lauta O. S. *Ustoichivost' informatsionno-telekommunikatsionnykh setei* [The stability of information-telecommunication networks]. Saint-Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University Publ., 2013. 93 p. (in Russian).

46. Kotsyniak M. A., Kuleshov I. A., Kudryavcev A. M., Lauta O. S. *Kiberustojchivost' informacionno-telekommunikacionnoj seti* [Cyber-resilience of the information and telecommunications network]. Saint Petersburg, Boston-spektr Publ., 2015. 150 p. (in Russian).

47. Saenko I. B., Lauta O. S., Karpov M. A., Kribel A. M. Model of threats to information and telecommunication network resources as a key asset of critical infrastructure. *Electrosvyaz Magazine*, 2021, no. 1, pp. 36-44 (in Russian).

48. Kotenko I., Saenko I., Lauta O., Kribel A. Ensuring the survivability of embedded computer networks based on early detection of cyber attacks by integrating fractal analysis and statistical methods. *Microprocessors and Microsystems*, 2022, vol. 90, p. 104459.

49. Kostarev S. V., Karganov V. V., Lipatnikov V. A. *Tekhnologii zashchity informacii v usloviyah kiberneticheskogo konflikta. Monografiia.* [Technologies of information protection in the conditions of cybernetic conflict]. Saint Petersburg, Military Communications Academy Publ., 2020. 716 p. (in Russian).

50. Lipatnikov V. A., Shevchenko A. A., Kosolapov V. S., Sokol D. S. Method for ensuring information security of a VOIP telephony network with a forecast of an intruder's intrusion. *Information and Control Systems*, 2022, no. 1 (116), pp. 54-67 (in Russian).

51. Lipatnikov V. A., Parfirov V. A. Model of the process of observing multiple sources of information under stochastic conditions. *Information and Space*, 2022, no. 1, pp. 35-44 (in Russian).

52. Lipatnikov V. A., Shevchenko A. A. Mathematical model of information security management process for a distributed information system under conditions of unauthorized attacker impact. *Information Systems and Technologies*, 2022, no. 3 (131), pp. 121-130 (in Russian).

53. Makarenko S. I. *Informatsionnoe protivoborstvo i radioelektronnaia borba v setetsentrisheskikh voynakh nachala XXI veka. Monografiia* [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).

54. Makarenko S. I. *Modeli sistemy svyazi v usloviyah prednamerennykh destabilizirujushchih vozdeystvij i vedenija razvedki. Monografiya* [Models of communication systems in conditions of deliberate destabilizing impacts and intelligence. Monograph]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tehnologii Publ., 2020. 337 p. (in Russian).

55. 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).

56. Makarenko S. I., Ivanov M. S. *Setecentrisheskaya 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).

57. 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).

58. 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).

59. 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).

60. 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).

61. 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).

62. 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).

63. 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).

64. 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).

65. 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).

66. Privalov A. A., Yevglevskaya N. V., Zubkov K. N. Model of the process for cracking the parameters of data transmission network of IP-telephone system operator by the computer intelligence of organized intruder. *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2014, vol. 39, no. 2, pp. 106-111 (in Russian).

67. Evglevskaya N. V., Privalov A. A., Privalov Al. A. Model of the process for opening channels of information leakage on the objects of the telecommunications. *Questions of radio-electronics*, 2014, vol. 3, no. 1, pp. 156-161 (in Russian).

68. Privalov A. A., Privalov Al. A., Skudneva Y. V., Chalov I. V. Approach to the assessment probabilities of breaking into space-time and information structure of data transmission's network of operational and technological use. *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2015, vol. 44, no. 3, pp. 165-172 (in Russian).

69. Ageev S. A., Privalov A. A., Karetnikov V. V., Butsanets A. A. An adaptive method for assessing traffic characteristics in high-speed multiservice communication networks based on a fuzzy control procedure. *Automation and Remote Control*, 2021, vol. 82, no. 7, pp. 1222-1232.

70. Evglevskaya N. V., Privalov A. A., Privalov Al. A. General information impact model at the automatic systems of technical objects management. *Questions of radio-electronics*, 2013, vol. 3, no. 1, pp. 155-164 (in Russian).

71. Evgrlevskaya N. V., Privalov A. A., Skudneva E. V. Markov model of conflict of automated information processing and management systems with the system of destructive effects of an offender. *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2015, vol. 42, no. 1, pp. 78-84 (in Russian).

72. Radzievskiy V. G. and etc. *Sovremennaiia radioelektronnaia bor'ba. Voprosy metodologii* [Modern electronic warfare. Methodological issues]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2006. 424 p. (in Russian).

73. Radzievskii V. G. Metod obosnovaniia kharakteristik signalo-podobnykh izluchenii v konfliktnoi radiolokatsii [Method of the substantiation of the

characteristics of signal-like radiation in a conflict radar]. *Radiotekhnika*, 2000, no. 6, pp. 53-58 (in Russian).

74. Radzievskii V. G., Sirota A. A. *Informatsionnoe obespechenie radioelektronnykh sistem v usloviakh konflikta* [Information support of electronic systems in conflict]. Moscow, IPRZR Publ., 2001. 456 p. (in Russian).

75. Radzievskii V. G., Sirota A. A. *Teoreticheskie osnovy radioelektronnoi razvedki* [The theoretical basis of electronic intelligence]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2004. 432 p. (in Russian).

76. Radzievskii V. G., Sirota A. A. Bazovye statisticheskie modeli protsessa radiotekhnicheskoi razvedki v khode protivodeistviia radiolokatsionnym sredstvami [The basic statistical model for a process surveillance during the anti-radar means]. *Radiotekhnika*, 1992, no. 1-2, pp. 24-31 (in Russian).

77. Zamarin A. I., Atakishchev O. I., Tavalinskiy D. A., Riumshin K. Iu. Postdetector technical analysis of digital identifikatsionnykh sekvetsiy s slozhnyimi strukturami. *Proceedings of the South-West State University*, 2014, vol. 52, no. 1, pp. 14-21 (in Russian).

78. Sazonov K. V., Tavalinskiy D. A., Markov P. N. Aggregate model for the functioning of anonymous network TOR. *Journal Science Intensive Technologies*, 2018, vol. 19, no. 10, pp. 30-38 (in Russian).

79. Tavalinskiy D. A., Ratoushin A. P., Timofeev D. I., Chikin R. V. Features of the use of deduplication procedures for signal formation in telecommunication systems. *Electromagnetic Waves and Electronic Systems*, 2020, vol. 25, no. 6, pp. 75-82 (in Russian).

80. Tavalinskiy D. A., Timoshenko A. V., Shaydulin Z. F., Zakharov K. N. The object space integral information analytical description based on graph structures. *Aerospace forces. Theory and practice*, 2021, no. 20, pp. 301-313 (in Russian).

81. Tavalinskiy D. A., Krasikov D. A. Graphic dynamic modelling of information telecommunication network in interests of a rational distribution of resources. *Dynamics of Complex Systems - XXI century*, 2022, vol. 16, no. 3, pp. 40-46 (in Russian).

82. Tolstykh N. N., Pavlov V. A., Vorobeva E. I. *Vvedenie v teoriyu konfliktного funktsionirovaniia informatsionnykh i informatsionno-upravliaiushchikh sistem* [Introduction to the theory of conflict of functioning of the information and information management systems]. Voronezh, Voronezh State University Publ., 2003. 168 p. (in Russian).

83. Alfeyorov A. G., Belitsky A. M., Stepanets Yu. A., Tolstykh N. N. Infocommunicational system control interception. *Teoriia i tekhnika radiosviasi*, 2014, no. 4, pp. 5-13 (in Russian).

84. Nikolaev V. I., Tolstykh N. N., Alferov A. G., Stepanets Yu. A., Tolstykh I. O., Roldugin N. G., Artemov M. V. Forced synthesis of processor facility's specified goal state: concept of control interception. *Radiotekhnika*, 2016, no. 5, pp. 84-96 (in Russian).

85. Chukliaev I. I., Morozov A. V., Bolotin I. B. *Teoreticheskie osnovy optimal'nogo postroeniia adaptivnykh sistem kompleksnoi zashchity informatsionnykh resursov raspredelennykh vychislitel'nykh sistem: monografiia*

[Theoretical Foundations of Optimal Construction of Adaptive Systems of Comprehensive Protection of Information Resources Distributed Computing Systems. Monography] Smolensk, Military Academy of Army Air Defence Publ., 2011. 227 p. (in Russian).

86. Chuklyayev I. I. Game model justification means of complex protection of information resources on hierarchical information and control system. *T-Comm*, 2015, no. 2, pp. 64-68 (in Russian).

87. Morozov A. V., Chuklyayev I. I. Informatsionnaya bezopasnost' vychislitel'nykh sistem boevogo upravleniya v aspekte informatsionnogo protivoborstva. *Problemy bezopasnosti rossiiskogo obshchestva*, 2013, no. 2-3. pp. 85-90 (in Russian).

88. Morozov A. V., Maiburov D. G., Chuklyayev I. I. Information security of computer systems of command and control in the aspect of information warfare. *Problemy bezopasnosti rossiiskogo obshchestva*, 2014, no. 2, pp. 177-183 (in Russian).

89. Chuklyayev I. I., Chepurny E. A., Shevchenko A. L., Pelnenskiy V. P. Methods and means detection and prevention information and technical effects. *Computer mathematics systems and their applications*, 2021, no. 22, pp. 180-189 (in Russian).

90. Chuklyayev I. I. Informational security of technical systems. *Computer mathematics systems and their applications*, 2020, no. 21, pp. 230-237 (in Russian).

91. Mesarovic M. D., Macko D., Takahara Y. *Theory of multilevel hierarchical systems*. New York, Academic. 1970.

92. Makarenko S. I., Ryimshin K. Yu., Mikhailov R. L. *Model' funktsionirovaniya ob'ekta seti svyazi v usloviyakh ogranichennoi nadezhnosti kanalov svyazi* [Model of Functioning of Telecommunication Object in the Limited Reliability of Communication Channel Conditions]. *Information Systems and Technologies*, 2014, no. 6, pp. 139-147 (in Russian).

93. Mikhailov R. L. Routing models and algorithms of transport terrestrial-cosmic military network. *Systems of Control, Communication and Security*, 2015, no. 3, pp. 52-82. Available at: <http://journals.intelgr.com/sccs/archive/2015-03/04-Mikhailov.pdf> (accessed 14 March 2023) (in Russian).

Статья поступила: 13 марта 2023 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

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

Вещагин Александр Владимирович – кандидат политических наук. Научно-педагогический работник. Военный университет радиоэлектроники. Область научных интересов: системы управления военного и специального назначения, информационные конфликты. E-mail: cvviur6@mil.ru

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

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

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

Кузнецов Никита Павлович – переменный состав. Военный университет радиоэлектроники. Область научных интересов: информационные конфликты, координация подсистем наблюдения и воздействия. E-mail: cvviur6@mil.ru

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

Dynamic coordination of infocommunication system of special purpose subsystems in information conflict: uncoupling method

R. L. Mikhailov, A. V. Veshchagin, A. N. Ganiev, N. P. Kuznetsov

Relevance. *The active use of the information during conflicts in a special sphere actualizes the issues of increasing the efficiency of the use of the relevant infocommunication systems in the interests of ensuring information superiority. The general hypothesis of the study is that this increase is provided through the implementation of the mechanisms of dynamic coordination of monitoring and impact subsystems as part of a infocommunication system of special-purpose due to a synergistic effect, which will ensure the achievement of information superiority in the information conflict* **The aim of this paper** *is the development the uncoupling method of dynamic coordination of monitoring and impact subsystems as part of a infocommunication system of special-purpose during an information conflict.* **Methods.** *Elements of coordination theory and control theory.* **Novelty.** *The elements of novelty of the presented method are taking into account the dynamics of changes in the conditions of the information conflict in time by introducing a set of time points in the control cycle of the main (basic) forces and means, in which the distribution or redistribution of telecommunications devices of side 2 is carried out between monitoring and impact subsystems of side 1, as well as formalization of admissible strategies for the distribution of telecommunications devices, taking into account the necessary and sufficient conditions for the optimality of control.* **Result.** *The use of the developed method makes it possible to implement the mechanism of dynamic coordination of monitoring and impact subsystems as part infocommunication system of a special-purpose.* **Practical significance.** *the use of the developed method as a general theoretical approach in solving the problems of dynamic coordination of monitoring and impact subsystems makes it possible to form two particular methodics that reflect the particular conditions for its application, namely the presence or absence of information about the characteristics of the opposing side's telecommunications devices.*

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: in-

formation warfare, coordination of monitoring and impact subsystems.
E-mail: cvviur6@mil.ru

Aleksandr Vladimirovich Veshchagin – Ph.D. of Political Sciences. Scientific and pedagogical worker. Military University of Radio Electronics. Field of research: military and special purpose command and control systems, information warfare.
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

Nikita Pavlovich Kuznetsov – variable staff. Military University of Radio Electronics. Field of research: information warfare, coordination of monitoring and impact subsystems. E-mail: cvviur6@mil.ru

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