

УДК 623.624

**Динамическая модель
двунаправленного информационного конфликта
с учетом возможностей сторон по наблюдению, захвату
и блокировке ресурса**

Макаренко С. И.

Постановка задачи: совершенствование средств и комплексов деструктивного преднамеренного воздействия на информационные системы требует развития научно-методического аппарата моделирования эффектов от таких воздействий. В настоящее время недостаточно изученным являются динамические и переходные процессы при развитии информационного конфликта. Кроме того, в ряде уже опубликованных работ указывается на то, что в ходе конфликта существует возможность в реальном масштабе времени захватывать и перераспределять информационный ресурс в свою пользу. Однако данные процессы являются до сих пор не исследованными. С учетом этого, анализ динамических процессов при развитии конфликта информационных систем с учетом их возможностей по наблюдению, захвату и блокировке информационного ресурса противника является актуальным направлением исследований. **Целью работы** является разработка динамической модели двунаправленного информационного конфликта с учетом возможностей сторон по наблюдению, захвату и блокировке ресурса. При этом в качестве конфликтующих систем выступают интегрированные системы, имеющие в своем составе: подсистему наблюдения, подсистему захвата и блокировки информационного ресурса системы противника, а также собственную информационную подсистему, которая защищается от внешнего воздействия. **Используемые методы.** В основу логических подходов к построению модели были положены известные исследования из теории популяционной динамики, которые моделируют конкуренцию и борьбу различных биологических видов в процессе их эволюции. Для построения математической модели информационного конфликта и ее исследования был использован математический аппарат теории динамических систем. Сама модель представлена в виде системы четырех нелинейных дифференциальных уравнений. **Новизна.** Новизной модели является учет в ней динамики развития информационного конфликта, а также возможностей сторон по наблюдению, захвату и блокировке информационного ресурса. **Результаты.** Итогами исследования модели являются выявленные типовые состояния конфликта, а также бифуркации конфликта – такие значения параметров конфликтующих сторон, при которых качественно меняются траектории развития конфликта и возможности выигрыша той или иной стороны. На основе этих исследований были предложены сценарии действий одной из сторон по изменению ее параметров для достижения выигрыша в конфликте. Проведен подробный анализ типовых сценариев действий для одной из сторон, в интересах обоснования наиболее «сильных» параметров этой стороны и направлений их изменения для обеспечения выигрыша. **Практическая значимость.** Представленная модель информационного конфликта может быть использована для исследования широкого класса антагонистически-конфликтных взаимодействий информационно-технических систем в прикладных областях радиоэлектронной борьбы, радио- и радиотехнического мониторинга, а также информационного противоборства в технической сфере. Представленные в работе сценарии могут быть использованы для совершенствования математического обеспечения соответствующих технических комплексов в интересах обеспечения их выигрыша в подобных динамических конфликтах.

Библиографическая ссылка на статью:

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>

Reference for citation:

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).

Ключевые слова: конфликт, динамический конфликт, информационный конфликт, информационный ресурс, радиоэлектронная борьба, радиомониторинг, радиотехнический мониторинг, информационное противоборство, информационно-техническое воздействие.

Актуальность

В настоящее время ведется формирование методологии теории информационного противоборства в технической сфере как закономерного развития и комплексирования ранее разобобщенных теорий радиоэлектронной борьбы и информационной безопасности. Одним из ключевых понятий информационного противоборства является *конфликт* – специфический процесс взаимодействия двух или большего количества компонентов системы (или систем в целом), преследующих разные интересы. Если интересы взаимодействующих систем (сторон) противоположны, то говорят об антагонистическом конфликте [1]. Необходимо отметить, что для исследования процессов антагонистического взаимодействия организационно-технических систем в условиях военного конфликта, связанного с нарушением доступности, целостности и конфиденциальности информации, введено понятие «информационный конфликт».

Информационный конфликт – процесс столкновения сторон, которые с помощью аппаратно-программных и радиоэлектронных средств ведут сбор данных о состоянии, намерениях и действиях противостоящей стороны, при этом каждая из них стремится к упреждающему по отношению к противостоящей стороне решению своих задач и предпринимает определенные действия по снижению возможностей противостоящих средств и одновременном обеспечении эффективности функционирования своей системы вооружений в условиях вмешательства другой стороны. При этом информационный конфликт в общем случае декомпозируется на упорядоченную во времени совокупность отдельных локальных конфликтных противоборств, каждое из которых представляет собой конфликт строго определенных состава сторон, иерархического уровня при фиксированных и неизменных направлении и содержании действий в рамках решения задач противоборствующих сторон [1, 2].

Как показано в работе [3], для моделирования информационных конфликтов могут быть использованы различные научно-методические аппараты: теория игр; теория активных систем; теория марковских процессов; теория сетей Петри; теория автоматов; теория сложных иерархических систем и др.

Однако при использовании этих математических подходов, зачастую сложно оценить динамические характеристики процессов конфликтного взаимодействия. В связи с этим, в предыдущей работе автора [4] предложена динамическая модель информационного конфликта с обобщенным учетом динамики изменения возможностей сторон в области наблюдения и воздействия. В более ранних работах автора [5, 6] были предложены модели развития конфликта системы связи и системы радиоэлектронного подавления (РЭП) на основе математического аппарата популяционной динамики, который

ориентирован на моделирование процессов эволюционного развития биологических видов. Однако эти работы относятся к однонаправленному информационному конфликту, когда одна из сторон является нападающей, а другая – обороняющейся. Вместе с тем, как показано в работах Стародубцева Ю.И., Бухарина В. В., Семенова С. С. [7-10], в настоящее время конфликты, рассматриваемые в предметной области информационного противоборства, происходят в глобальном информационном пространстве и характеризуются тем, что все его участники имеют развитые системы мониторинга и наблюдения состояния противника, системы информационного воздействия, а также собственные защищаемые информационно-управляющие системы. Таким образом, актуальным направлением исследований является разработка моделей двунаправленного информационного конфликта противоборствующих систем с учетом того, что в каждой из этих систем существуют подсистемы наблюдения, воздействия и защищаемые информационные подсистемы. Разработка такой модели ведется на основе теории динамических систем с использованием математического аппарата дифференциальных уравнений. В основу данного исследования положено развитие более ранних работ автора [4-6].

В настоящее время известны исследования, в которых для моделирования процессов информационного противоборства используются методы теории динамических систем. К таким исследованиям стоит отнести отечественные работы: А.Н. Асоскова [11], А.Г. Алферова, Н.Н. Толстых [12-15], Г.А. Остапенко, Д.Г. Плотникова, Ю.Н. Гузева [16-19], А.Ф. Белого [20], А.В. Борзенкова [21], Г.Е. Веселова, А.А. Колесникова [22], Р.Л. Михайлова [23], Е.Н. Надеждина [24], А.П. Петрова, А.И. Маслова, Н.А. Цаплина [25], И.И. Семеновой, А.О. Мишурина [26], В.А. Шведовского, М.А. Петровой [27, 28]. Кроме того, подобные исследования ведутся и за рубежом (примером может являться работа [29]). В некоторых из этих работ авторы опираются на уже известные модели теории популяционной динамики, в которой задача моделирования конкурентной борьбы между различными биологическими видами является классической и хорошо исследованной. При разработке динамической модели, представленной в этой работе, автор также пошел путем приложения известных и многократно апробированных методов моделирования биологических видов к моделированию информационного противоборства в технической сфере. При решении задачи построения динамической модели, представленной в статье, за основу были взяты следующие работы в области популяционной динамики: А.Д. Базыкина [30], Ю.М. Саирежева, Д.О. Логофета [31], А.А. Гиммельфарба, Л.Р. Гинзбурга, Р.А. Полуэктова, Ю.А. Пых, В.А. Ратнера [32], В.В. Меншуткина [33], А.С. Братусь, А.С. Новожилова, А.П. Платонова [34], А.В. Дорошина [35], С.С. Бондарчука, В.П. Перевозкина [36], Д.И. Трубецкова [37], Е.П. Колпака [37]. При исследовании динамической модели использовались методы, представленные в работах: Э.М. Кольцовой, Ю.Д. Третьякова, Л.С. Гордеева, А.А. Вертегел [39], Н.Н. Баутина, Е.А. Леонтовича [40], Ю.С. Мануйлова, Е.А. Новикова [41].

Новизну модели определяет учет двух основных факторов. Во-первых, сложное построение противоборствующих сторон, имеющих в своем составе подсистему наблюдения, подсистему воздействия и защищаемые информационные подсистемы. Во-вторых, учет динамики развития информационного конфликта, с учетом возможностей сторон по наблюдению, захвату и блокировке информационного ресурса.

1. Постановка задачи

Введем ряд дополнительных определений, которые используются в работе, однако отсутствуют в классической теории конфликта.

Однонаправленный конфликт – конфликтное взаимодействие двух или более сторон, при котором одна из сторон проводит активные деструктивные воздействия на другую сторону, а другая сторона, в свою очередь, проводит активные или пассивные защитные действия, не связанные с контратакой противоположной стороны.

Двунаправленный конфликт – конфликтное взаимодействие двух или более сторон, при котором каждая из конфликтующих сторон проводит как активные деструктивные воздействия на другую сторону, так и активные или пассивные действия по собственной защите.

Ресурс информационной системы – количественная мера возможности выполнения информационной системой задач по получению, передаче, обработке, хранению и представлению информации в интересах системы управления более высокого уровня.

При рассмотрении вопросов конфликта радиотехнических систем, например таких, которые рассматриваются в теории радиоэлектронной борьбы, целесообразно ввести понятие радиоресурса.

Радиоресурс – ресурс, используемый радиотехническими системами для решения собственных задач, который определяется используемой системой полосой спектра электромагнитных волн, и доступностью этой полосы во временной и энергетической области. Упрощенно, объем доступного радиоресурса можно представить в виде:

$$R = F T q,$$

где: R – объем доступного радиотехнической системе радиоресурса [дБ или безразмерная величина]; F – используемая системой полоса спектра электромагнитных волн [Гц]; T – время, в течение которого используемая полоса доступна радиотехнической системе [с]; q – отношение сигнал-шум в используемой полосе электромагнитных волн [дБ или безразмерная величина].

Рассмотрим двунаправленный конфликт двух сторон, которые соответствуют информационно-управляющим метасистемам A и B . Введем допущение о том, что конфликт развивается на одном организационно-техническом уровне и объектом конфликта служит некоторый глобальный информационный ресурс R , использующийся каждой стороной для своего функционирования. Примером такого информационного ресурса на физическом уровне для систем радиосвязи, радиоэлектронной борьбы и радиомониторинга может являться радиоресурс.

Целью каждой стороны является максимизация эффективности своего функционирования $E(R) \rightarrow \max$ за счет максимизации доступного ей информационного ресурса $R \rightarrow \max$ с одновременным снижением ресурса противостоящей стороны ниже значений, достаточных для ее функционирования с заданным качеством.

Каждая конфликтующая метасистема содержит:

- 1) информационную систему, функционирующую в интересах решения задач своей метасистемы;
- 2) систему наблюдения за противником, функционирующую в интересах оценки уровня информационного ресурса, доступного противнику;
- 3) систему воздействия, реализующую два вида противодействия метасистеме противника:
 - а) захват информационного ресурса противника и использование его в своих целях;
 - б) блокировка информационного ресурса противника.

Дополнительным допущением при рассмотрении подобного конфликта является то, что воздействия могут осуществляться только на наблюдаемый ресурс, то есть на ресурс, предварительно разведанный системой наблюдения.

Для формализации задачи введем следующие обозначения:

A, B – стороны конфликтующих информационно-управляющих метасистем;

E – эффективность информационно-управляющей метасистемы;

t_0 – начальный момент конфликта;

t – время развития конфликта;

R – объем информационного ресурса;

R_i – информационный ресурс i -ой стороны ($i = A, B$);

$R_{i \min}$ – минимально необходимый объем информационного ресурса, который достаточен для того, чтобы информационная система i -ой стороны выполняла свои функции;

$R_{i \text{набл}}$ – информационный ресурс i -ой стороны, наблюдаемый противоположной стороной ($i = A, B$);

$R_{i \text{бл}}$ – информационный ресурс i -ой стороны, заблокированный для использования противоположной стороной ($i = A, B$);

$R_{i \text{захв}}$ – информационный ресурс i -ой стороны, захваченный противоположной стороной ($i = A, B$);

$R_i(t_0)$ – значение ресурса i -ой стороны в начальный момент конфликта t_0 ($i = A, B$);

α_i – коэффициент, определяющий возможности i -ой стороны по наращиванию количества ее ресурса R_i ($i = A, B$);

β_i – коэффициент, определяющий взаимную конкуренцию элементов i -ой информационной системы между собой за ресурс i -ой стороны R_i ($i = A, B$);

γ_i – коэффициент, определяющий снижение количества ресурса противоположной стороны вследствие воздействия на него средств i -ой стороны ($i = A, B$);

$k_{i \text{ бл}}$ – коэффициент, который описывает долю воздействий i -ой стороны, связанных с блокировкой ресурса противоположной стороны;

$k_{i \text{ захв}}$ – коэффициент, который описывает долю воздействий i -ой стороны, связанных с захватом ресурса противоположной стороны и перераспределением его в свою пользу.

$\alpha_{i \text{ набл}}$ – коэффициент, определяющий возможности i -ой стороны по наращиванию своего ресурса средств наблюдения, которые наблюдают информационный ресурс противоположной стороны ($i = A, B$);

$\beta_{i \text{ набл}}$ – коэффициент, определяющий взаимную конкуренцию средств наблюдения i -ой стороны при наблюдении информационного ресурса противоположной стороны ($i = A, B$);

ξ_i – дополнительные переменные, вводимые для свертки математической функции воздействия i -ой стороны на ресурс противоположной стороны ($i = A, B$).

С учетом введенных ограничений и обозначений обобщенная схема рассматриваемого двунаправленного информационного конфликта будет иметь вид, приведенный на рис. 1.

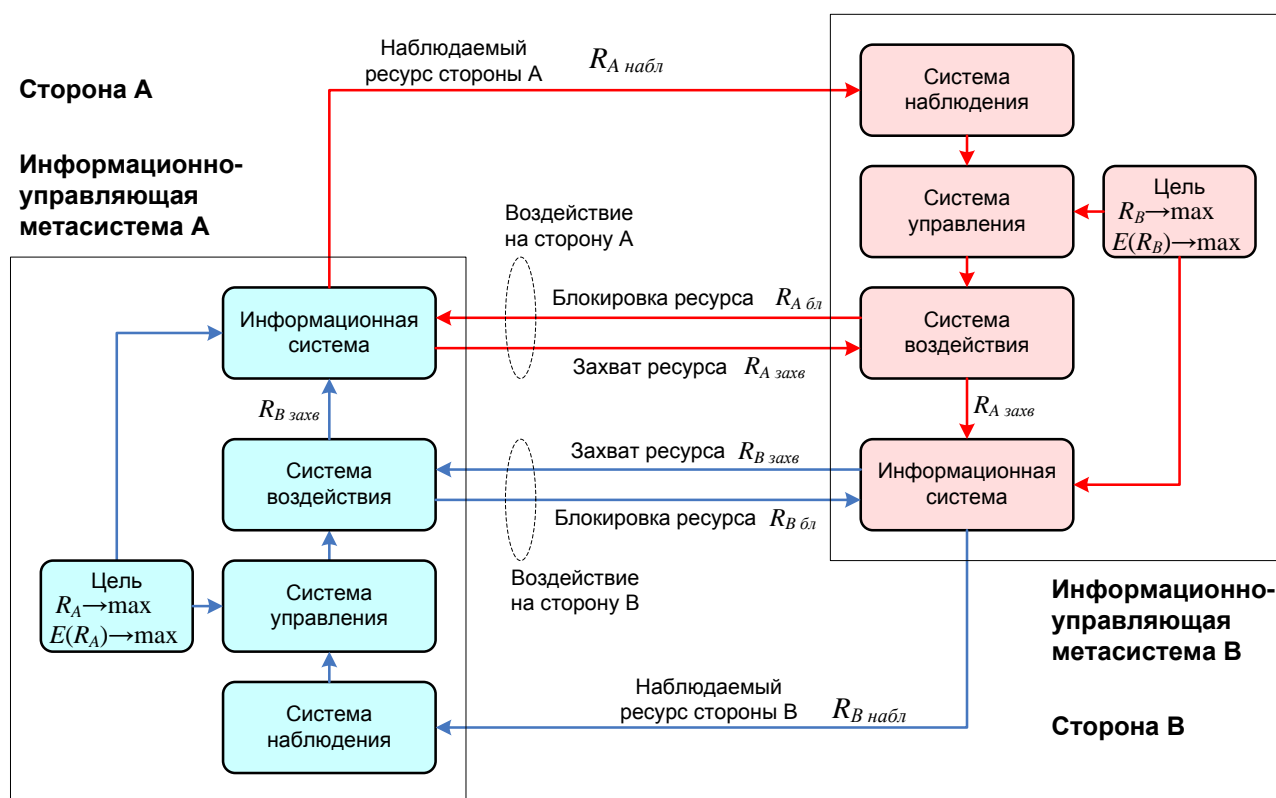


Рис. 1. Обобщенная схема двунаправленного информационного конфликта

Целью каждой из сторон является выполнение критерия максимизации эффективности функционирования, при снижении эффективности противостоящей стороны:

- со стороны A :

$$\begin{cases} E_A(R_A) \rightarrow \max; \\ E_B(R_B) \rightarrow 0 \end{cases};$$

- со стороны B :

$$\begin{cases} E_B(R_B) \rightarrow \max \\ E_A(R_A) \rightarrow 0 \end{cases}.$$

С учетом того, что для эффективного функционирования каждой метасистемы необходимо некоторое минимальное значение информационного ресурса $R_{i \min}$, данные критерии можно переписать в виде:

- со стороны A :

$$\begin{cases} R_A \rightarrow \max \\ R_B \rightarrow \min | R_B < R_{B \min} \end{cases};$$

- со стороны B :

$$\begin{cases} R_B \rightarrow \max \\ R_A \rightarrow \min | R_A < R_{A \min} \end{cases}.$$

Таким образом, рассматриваемый конфликт носит строго антагонистический характер.

2. Общий вид динамической модели двунаправленного информационного конфликта

При моделировании информационного конфликта за основу взяты модели популяционной динамики, представленные в работах [5, 6, 30, 34].

В условиях отсутствия конфликта возможности по использованию ресурсов у каждой стороны будут неограниченно возрастать, то есть их рост можно описать моделью Мальтуса [5]:

$$\begin{aligned} \frac{dR_A}{dt} &= \alpha_A R_A; \\ \frac{dR_B}{dt} &= \alpha_B R_B; \end{aligned} \quad (1)$$

откуда:

$$\begin{aligned} R_A(t) &= R_A(t_0) e^{-\alpha_A t}; \\ R_B(t) &= R_B(t_0) e^{-\alpha_B t}; \end{aligned} \quad (2)$$

где $\alpha_i > 0$ – коэффициент, определяющий возможности i -ой стороны по наращиванию количества ее ресурса R_i ($i = A, B$); $R_i(t_0) > 0$ – значение ресурса i -ой стороны в начальный момент конфликта t_0 ($i = A, B$).

Вместе с тем, рост используемого ресурса в реальности ограничен некими предельными значениями, а также взаимной конкуренцией элементов информационной системы за собственные ресурсы. С учетом этого факта, для оценки динамики изменения количества используемого ресурса каждой из сторон можно применить модель Ферхюльста [5]:

$$\begin{aligned} \frac{dR_A}{dt} &= \alpha_A R_A - \beta_A R_A^2; \\ \frac{dR_B}{dt} &= \alpha_B R_B - \beta_B R_B^2; \end{aligned} \quad (3)$$

откуда [5]:

$$R_A(t) = \frac{\alpha_A e^{-\alpha_A t} R_A(t_0)}{\alpha_A - \beta_A R_A(t_0) + \beta_A e^{-\alpha_A t} R_A(t_0)};$$

$$R_B(t) = \frac{\alpha_B e^{-\alpha_B t} R_B(t_0)}{\alpha_B - \beta_B R_B(t_0) + \beta_B e^{-\alpha_B t} R_B(t_0)}; \quad (4)$$

где $\beta_i > 0$ – коэффициент, определяющий взаимную конкуренцию элементов i -ой информационной системы между собой за ресурс i -ой стороны R_i ($i = A, B$).

Уравнения (4) задают логистическую функцию $R_i(t)$, определяющую количество доступного каждой из сторон ресурса с учетом возможностей по его наращиванию (определяется коэффициентами $\alpha_i > 0$) и взаимной конкуренцией (определяется коэффициентами $\beta_i > 0$). Поведение $R_i(t)$ определяется соотношениями между коэффициентами α_i и β_i .

Несмотря на то, что уравнения (4) не учитывают конфликтного взаимодействия между сторонами, в дальнейшем они будут использованы для моделирования конфликта, так как они позволяют описать динамику изменения ресурсов с учетом взаимной конкуренции средств одной и той же стороны за него.

В основу описания информационного конфликта предлагается положить известную модель Лотки-Вольтерры [30, 34] для моделирования изменения численности биологической популяции в условиях воздействия на нее «хищников» (на примере стороны A):

$$\frac{dR_A}{dt} = \alpha_A R_A - \beta_A R_A^2 - \gamma_B R_A R_B; \quad (5)$$

где: $\alpha_A > 0$ – коэффициент, определяющий возможности стороны по наращиванию количества ресурса R_A ; $\beta_A > 0$ – коэффициент, определяющий снижение возможностей стороны A по наращиванию используемого ресурса R_A вследствие конкуренции элементов этой стороны между собой; $\gamma_B > 0$ – коэффициент, определяющий снижение количества ресурса R_A вследствие конкуренции за него противоположной стороны B .

Первый член выражения (5) $\alpha_A R_A$ соответствует закону Мальтуса [30, 34], второй член $-\beta_A R_A^2$ описывает конкуренцию элементов стороны между собой вследствие ограниченности ресурса (соответствует модели Ферхюльста). Третий член выражения (5) описывает взаимодействие с противоположной стороной и имеет вид $-\gamma_B R_A R_B$, где $\gamma_B > 0$ и в теории популяционной динамики называется «трофической функцией». Этот компонент описывает конфликтное взаимодействие, при котором число ресурса R_A стороны A , на которое может оказать воздействие единица ресурса R_B стороны B за единицу времени, равно γ_B .

Приняв вышерассмотренную модель Лотки-Вольтерры за основу, введем в нее дополнения, позволяющие учесть сделанные выше допущения:

- 1) воздействия могут осуществляться только на наблюдаемый ресурс, то есть на ресурс, предварительно разведанный системой наблюдения;
- 2) воздействия осуществляются как за счет захвата информационного ресурса противника, так и за счет его блокировки.

Рассмотрим третий член выражения (5), описывающий конфликтное взаимодействие сторон. В соответствии с принятыми в работе допущениями, предельное значение поражаемого ресурса стороны A единицей ресурса стороны B должно стремиться к текущему значению наблюдаемого стороной B ресурса $R_{B \text{ набл}}$.

Таким образом член, описывающий убыль ресурса R_A стороны A , можно представить в виде:

$$\gamma_B R_B R_{B \text{ набл}} R_A, \text{ где } 0 < \gamma_B \leq 1. \quad (6)$$

В этом случае коэффициент γ_B имеет смысл доли наблюдаемого стороной B ресурса $R_{B \text{ набл}}$, которая подвергается воздействию со стороны единицы ресурса R_B .

В соответствии со вторым допущением, необходимо разделить воздействия на те, которые ориентированы на блокировку, и те, которые ориентированы на захват ресурса противоположной стороны. Для этого предлагается ввести коэффициенты $k_{i \text{ бл}}$ и $k_{i \text{ захв}}$, которые описывают долю воздействий, связанных с блокировкой и, соответственно, с захватом ресурса противостоящей стороны, причем $k_{i \text{ бл}} + k_{i \text{ захв}} = 1$.

С учетом этого, третий член выражения (5), описывающий конфликтное взаимодействие сторон (на примере стороны A), может быть представлен в виде:

$$\gamma_B R_{B \text{ набл}} R_B (k_{B \text{ бл}} R_A + k_{B \text{ захв}} R_A)$$

Общая динамика изменения ресурса каждой из сторон складывается из следующих параметров:

$$\begin{cases} R_A(t + \Delta t) = R_A(t) + R_{B \text{ захв}}(\Delta t) - R_{A \text{ бл}}(\Delta t) - R_{A \text{ захв}}(\Delta t) \\ R_B(t + \Delta t) = R_B(t) + R_{A \text{ захв}}(\Delta t) - R_{B \text{ бл}}(\Delta t) - R_{B \text{ захв}}(\Delta t) \end{cases}$$

откуда, с учетом формализации вышеприведенных допущений, получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dR_A}{dt} = \alpha_A R_A - \beta_A R_A^2 - \gamma_B R_{B \text{ набл}} R_B R_A (k_{B \text{ захв}} + k_{B \text{ бл}}) + k_{A \text{ захв}} \gamma_A R_B R_{A \text{ набл}} R_A \\ \frac{dR_B}{dt} = \alpha_B R_B - \beta_B R_B^2 - \gamma_A R_{A \text{ набл}} R_A R_B (k_{A \text{ захв}} + k_{A \text{ бл}}) + k_{B \text{ захв}} \gamma_B R_A R_{B \text{ набл}} R_B \end{cases} \quad (7)$$

Необходимо отметить, что наблюдаемый ресурс противоположной стороны, во-первых, является функцией от времени, а во-вторых – на него распространяется допущение о взаимной конкуренции средств наблюдения между собой. Так, с ростом числа средств наблюдения не будет происходить идеализированной ситуации, при которой одно средство наблюдения наблюдает одну единицу ресурса противника. Наоборот, с увеличением числа средств наблюдения будет наблюдаться рост числа ресурсов противника, наблюдаемых несколькими средствами одновременно. Исходя из данных соображений, целесообразно для описания изменения средств наблюдения также применить модель Ферхюльста [5]:

$$\begin{aligned} \frac{dR_{A \text{набл}}}{dt} &= \alpha_{A \text{набл}} R_{A \text{набл}} - \beta_{A \text{набл}} R_{A \text{набл}}^2 \\ & ; \\ \frac{dR_{B \text{набл}}}{dt} &= \alpha_{B \text{набл}} R_{B \text{набл}} - \beta_{B \text{набл}} R_{B \text{набл}}^2 \end{aligned} \quad (8)$$

где: $\alpha_{i \text{набл}} > 0$ – коэффициенты, определяющие возможности сторон по наращиванию ресурса средств наблюдения; $\beta_{i \text{набл}} > 0$ – коэффициенты, определяющие взаимную конкуренцию средств наблюдения.

В итоге система уравнений, которая определяет динамику изменения информационного ресурса доступного каждой из сторон с учетом динамики изменения средств наблюдения и определяет динамическую модель информационного конфликта, будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dR_A}{dt} &= \alpha_A R_A - \beta_A R_A^2 - \gamma_B R_{B \text{набл}} R_B R_A (k_{B \text{захв}} + k_{B \text{бл}}) + k_{A \text{захв}} \gamma_A R_B R_{A \text{набл}} R_A \\ \frac{dR_B}{dt} &= \alpha_B R_B - \beta_B R_B^2 - \gamma_A R_{A \text{набл}} R_A R_B (k_{A \text{захв}} + k_{A \text{бл}}) + k_{B \text{захв}} \gamma_B R_A R_{B \text{набл}} R_B \\ \frac{dR_{A \text{набл}}}{dt} &= \alpha_{A \text{набл}} R_{A \text{набл}} - \beta_{A \text{набл}} R_{A \text{набл}}^2 \\ \frac{dR_{B \text{набл}}}{dt} &= \alpha_{B \text{набл}} R_{B \text{набл}} - \beta_{B \text{набл}} R_{B \text{набл}}^2 \end{aligned} \right. \quad (9)$$

Для получения частных решений данной системы требуется задание начальных условий $R_A(t_0)$, $R_B(t_0)$, $R_{A \text{набл}}(t_0)$, $R_{B \text{набл}}(t_0)$, которые соответствуют потенциалам противостоящих сторон в начале конфликта. При этом необходимо учесть, что в начальный момент времени ресурс, наблюдаемый одной стороной, не может превышать ресурс противостоящей стороны, то есть: $R_{A \text{набл}}(t_0) \leq R_B(t_0)$, $R_{B \text{набл}}(t_0) \leq R_A(t_0)$. Параметры: α_i , β_i , γ_i , $k_{i \text{захв}}$, $\alpha_{i \text{набл}}$, $\beta_{i \text{набл}}$ ($i = A, B$) фактически соответствуют выбранным стратегиям сторон в конфликте и определяют его развитие.

2. Исследование модели конфликта

в части процессов наблюдения информационного ресурса

Рассмотрим уравнения системы (9), определяющие процесс наблюдения ресурса. Данные уравнения не имеют зависимых параметров (кроме начальных: $R_{A \text{набл}}(t_0) \leq R_B(t_0)$, $R_{B \text{набл}}(t_0) \leq R_A(t_0)$) от 1-го и 2-го уравнений конфликта и могут быть рассмотрены отдельно:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dR_{A \text{набл}}}{dt} &= \alpha_{A \text{набл}} R_{A \text{набл}} - \beta_{A \text{набл}} R_{A \text{набл}}^2 \\ \frac{dR_{B \text{набл}}}{dt} &= \alpha_{B \text{набл}} R_{B \text{набл}} - \beta_{B \text{набл}} R_{B \text{набл}}^2 \end{aligned} \right. \quad (10)$$

Найдем стационарное состояние системы:

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha_{A \text{набл}} R_{A \text{набл}} - \beta_{A \text{набл}} R_{A \text{набл}}^2 &= 0 \\ \alpha_{B \text{набл}} R_{B \text{набл}} - \beta_{B \text{набл}} R_{B \text{набл}}^2 &= 0 \end{aligned} \right.$$

откуда

$$\begin{cases} R_{A \text{ набл}} (\alpha_{A \text{ набл}} - \beta_{A \text{ набл}} R_{A \text{ набл}}) = 0 \\ R_{B \text{ набл}} (\alpha_{B \text{ набл}} - \beta_{B \text{ набл}} R_{B \text{ набл}}) = 0 \end{cases}.$$

$$\text{Корни: } R_{A \text{ набл}} = 0, \frac{\alpha_{A \text{ набл}}}{\beta_{A \text{ набл}}}; R_{B \text{ набл}} = 0, \frac{\alpha_{B \text{ набл}}}{\beta_{B \text{ набл}}}.$$

Фактически данные уравнения в системе имеют вид парабол, ветви которых направлены вниз. В связи с этим, так как по физическому смыслу $R_{A \text{ набл}} \geq 0$ и $R_{B \text{ набл}} \geq 0$, то область допустимых значений этой системы лежит в

пространстве состояний ограниченных $R_{A \text{ набл}} \in \left[0; \frac{\alpha_{A \text{ набл}}}{\beta_{A \text{ набл}}}\right]$ и $R_{B \text{ набл}} \in \left[0; \frac{\alpha_{B \text{ набл}}}{\beta_{B \text{ набл}}}\right]$.

При задании начальных значений $R_{A \text{ набл}}(t_0)$ и $R_{B \text{ набл}}(t_0)$ фазовая траектория изменения средств наблюдения $(R_{A \text{ набл}}; R_{B \text{ набл}})$ будет стремиться к своему единственному стационарному решению:

$$\begin{cases} R_{A \text{ набл}}(t_0) \rightarrow \frac{\alpha_{A \text{ набл}}}{\beta_{A \text{ набл}}} \\ R_{B \text{ набл}}(t_0) \rightarrow \frac{\alpha_{B \text{ набл}}}{\beta_{B \text{ набл}}} \end{cases}. \quad (11)$$

Докажем, что точка $(R_{A \text{ набл}}; R_{B \text{ набл}}) = \left(\frac{\alpha_{A \text{ набл}}}{\beta_{A \text{ набл}}}; \frac{\alpha_{B \text{ набл}}}{\beta_{B \text{ набл}}}\right)$ является устойчивым

узлом. Для исследования используем первый метод Ляпунова для определения типа устойчивости стационарной точки в соответствии с методикой, представленной в работах [39, 40].

Последовательно дифференцируя уравнения системы (10) по $R_{A \text{ набл}}$ и $R_{B \text{ набл}}$, получим коэффициенты a_{ij} характеристического уравнения

$$\lambda^2 - \lambda(a_{11} + a_{22}) + (a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}) = 0,$$

где:

$$a_{11} = \frac{d}{dR_{A \text{ набл}}} (\alpha_{A \text{ набл}} R_{A \text{ набл}} - \beta_{A \text{ набл}} R_{A \text{ набл}}^2) = \alpha_{A \text{ набл}} - 2\beta_{A \text{ набл}} R_{A \text{ набл}},$$

$$a_{12} = \frac{d}{dR_{B \text{ набл}}} (\alpha_{A \text{ набл}} R_{A \text{ набл}} - \beta_{A \text{ набл}} R_{A \text{ набл}}^2),$$

$$a_{21} = \frac{d}{dR_{A \text{ набл}}} (\alpha_{B \text{ набл}} R_{B \text{ набл}} - \beta_{B \text{ набл}} R_{B \text{ набл}}^2),$$

$$a_{22} = \frac{d}{dR_{B \text{ набл}}} (\alpha_{B \text{ набл}} R_{B \text{ набл}} - \beta_{B \text{ набл}} R_{B \text{ набл}}^2) = \alpha_{B \text{ набл}} - 2\beta_{B \text{ набл}} R_{B \text{ набл}}.$$

Тогда с учетом значений a_{ij} характеристическое уравнение примет вид

$$\lambda^2 - \lambda(a_{11} + a_{22}) + a_{11}a_{22} = 0,$$

откуда дискриминант и корни равны

$$D = (a_{11} + a_{22})^2 - 4a_{11}a_{22},$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{2} \left((a_{11} + a_{22}) \pm \sqrt{(a_{11} + a_{22})^2 - 4a_{11}a_{22}} \right).$$

Найдем значение $\lambda_{1,2}$ в стационарной точке $(R_{A \text{набл}}; R_{B \text{набл}}) = \left(\frac{\alpha_{A \text{набл}}}{\beta_{A \text{набл}}}; \frac{\alpha_{B \text{набл}}}{\beta_{B \text{набл}}} \right)$

$$\lambda_1 = -(\alpha_{A \text{набл}} + \alpha_{B \text{набл}}) + \sqrt{(\alpha_{A \text{набл}} + \alpha_{B \text{набл}})^2 - 4\alpha_{A \text{набл}}\alpha_{B \text{набл}}},$$

$$\lambda_2 = -(\alpha_{A \text{набл}} + \alpha_{B \text{набл}}) - \sqrt{(\alpha_{A \text{набл}} + \alpha_{B \text{набл}})^2 - 4\alpha_{A \text{набл}}\alpha_{B \text{набл}}}.$$

Численное исследование значений $\lambda_{1,2}$ в области $\alpha_{A \text{набл}} > 0$, $\alpha_{B \text{набл}} > 0$ показало, что $\lambda_{1,2} < 0$. Так как λ_1 и λ_2 действительные и одного знака, причем $\lambda_{1,2} < 0$, то в соответствии с первым методом Ляпунова стационарная точка $\left(\frac{\alpha_{A \text{набл}}}{\beta_{A \text{набл}}}; \frac{\alpha_{B \text{набл}}}{\beta_{B \text{набл}}} \right)$ – устойчивый узел [39].

Таким образом, процесс конфликтного взаимодействия сторон в части наблюдения стремится к стационарному решению $\left(\frac{\alpha_{A \text{набл}}}{\beta_{A \text{набл}}}; \frac{\alpha_{B \text{набл}}}{\beta_{B \text{набл}}} \right)$, которое определяется для каждой из сторон отношением возможности по наращиванию ресурса средств наблюдения (коэффициент $\alpha_{i \text{набл}}$) к уровню взаимной конкуренции средств наблюдения (коэффициент $\beta_{i \text{набл}}$). Таким образом, для повышения своего выигрыша в части наблюдаемости чужого ресурса каждой из сторон необходимо повышать возможности по наращиванию ресурса, наблюдаемого своими средствами наблюдения, и/или снижать уровень взаимной конкуренции собственных средств наблюдения. Выигрыш по этому показателю будет достигнут у той из сторон, которая обеспечит большее значение отношения вышеуказанных показателей.

3. Исследование модели конфликта в части процессов блокировки и захвата информационного ресурса

3.1 Модель конфликта

Стационарное решение для взаимодействия систем наблюдения будем использовать для получения стационарных решений для 1-го и 2-го уравнений системы (9), которые описывают распределения информационного ресурса в конфликте сторон с учетом процессов его блокировки и захвата. С учетом стационарного решения для $(R_{A \text{набл}}; R_{B \text{набл}}) = \left(\frac{\alpha_{A \text{набл}}}{\beta_{A \text{набл}}}; \frac{\alpha_{B \text{набл}}}{\beta_{B \text{набл}}} \right)$ 1-ое и 2-ое уравнения системы (9) примут вид:

$$\begin{cases} \frac{dR_A}{dt} = \alpha_A R_A - \beta_A R_A^2 - \gamma_B \left(\frac{\alpha_{B \text{набл}}}{\beta_{B \text{набл}}} \right) R_B R_A (k_{B \text{захв}} + k_{B \text{обл}}) + k_{A \text{захв}} \gamma_A \left(\frac{\alpha_{A \text{набл}}}{\beta_{A \text{набл}}} \right) R_B R_A \\ \frac{dR_B}{dt} = \alpha_B R_B - \beta_B R_B^2 - \gamma_A \left(\frac{\alpha_{A \text{набл}}}{\beta_{A \text{набл}}} \right) R_A R_B (k_{A \text{захв}} + k_{A \text{обл}}) + k_{B \text{захв}} \gamma_B \left(\frac{\alpha_{B \text{набл}}}{\beta_{B \text{набл}}} \right) R_A R_B \end{cases} \quad (12)$$

Введем новые переменные, которые не зависят от R_A и R_B :

$$\xi_B = \gamma_B \left(\frac{\alpha_{B \text{ набл}}}{\beta_{B \text{ набл}}} \right) (k_{B \text{ захв}} + k_{B \text{ бл}}) - k_{A \text{ захв}} \gamma_A \left(\frac{\alpha_{A \text{ набл}}}{\beta_{A \text{ набл}}} \right),$$

$$\xi_A = \gamma_A \left(\frac{\alpha_{A \text{ набл}}}{\beta_{A \text{ набл}}} \right) (k_{A \text{ захв}} + k_{A \text{ бл}}) - k_{B \text{ захв}} \gamma_B \left(\frac{\alpha_{B \text{ набл}}}{\beta_{B \text{ набл}}} \right),$$

при этом ξ_A и ξ_B могут иметь любой знак.

Тогда систему (12) можно записать в виде:

$$\begin{cases} \frac{dR_A}{dt} = \alpha_A R_A - \beta_A R_A^2 - \xi_B R_B R_A \\ \frac{dR_B}{dt} = \alpha_B R_B - \beta_B R_B^2 - \xi_A R_A R_B \end{cases}. \quad (13)$$

Исследуем систему дифференциальных уравнений (13) в соответствии с методикой, представленной в [39, 40].

Найдем особые точки системы (13), в которых система находится в стационарном состоянии, приравняв производные dR_i/dt к нулю

$$\begin{cases} \alpha_A R_A - \beta_A R_A^2 - \xi_B R_B R_A = 0 \\ \alpha_B R_B - \beta_B R_B^2 - \xi_A R_A R_B = 0 \end{cases},$$

откуда упрощая

$$\begin{cases} R_A (\alpha_A - \beta_A R_A - \xi_B R_B) = 0 \\ R_B (\alpha_B - \beta_B R_B - \xi_A R_A) = 0 \end{cases}.$$

Решая последнюю систему, найдем стационарные точки $(R_A; R_B)$ системы (13): $A(0;0)$; $B\left(0; \frac{\alpha_B}{\beta_B}\right)$; $C\left(\frac{\alpha_A}{\beta_A}; 0\right)$; $D\left(\frac{\alpha_B \xi_B - \beta_B \alpha_A}{\xi_A \xi_B - \beta_A \beta_B}; \frac{\alpha_A \xi_A - \beta_A \alpha_B}{\xi_A \xi_B - \beta_A \beta_B}\right)$.

Найдем уравнения изоклин на фазовом портрете системы (13). Из последней системы получим, что для вертикальной изоклины:

$$\begin{cases} \frac{dR_A}{dt} = 0 \\ R_A (\alpha_A - \beta_A R_A - \xi_B R_B) = 0 \end{cases},$$

откуда уравнения изоклин: $R_A = 0$ и $R_A = -\frac{\xi_B}{\beta_A} R_B + \frac{\alpha_A}{\beta_A}$. Причем последнее выражение можно записать в виде

$$R_B = -\frac{\beta_A}{\xi_B} R_A + \frac{\alpha_A}{\xi_B}. \quad (14)$$

Аналогично для горизонтальной изоклины:

$$\begin{cases} \frac{dR_B}{dt} = 0 \\ R_B (\alpha_B - \beta_B R_B - \xi_A R_A) = 0 \end{cases},$$

откуда уравнения изоклин: $R_B = 0$ и

$$R_B = -\frac{\xi_A}{\beta_B} R_A + \frac{\alpha_B}{\beta_B}. \quad (15)$$

Определим знаки производных в различных частях фазовой плоскости. Для вертикальной изоклины (14):

$$\begin{cases} \frac{dR_A}{dt} > 0 \\ -\frac{\beta_A}{\xi_B} R_A + \frac{\alpha_A}{\xi_B} > R_B \end{cases}.$$

Для горизонтальной изоклины (15):

$$\begin{cases} \frac{dR_B}{dt} > 0 \\ -\frac{\xi_A}{\beta_B} R_A + \frac{\alpha_B}{\beta_B} > R_B \end{cases}.$$

Исходя из значений стационарных точек и уравнений изоклин (14), (15) получим схему фазового портрета динамической системы (13), рис. 2.

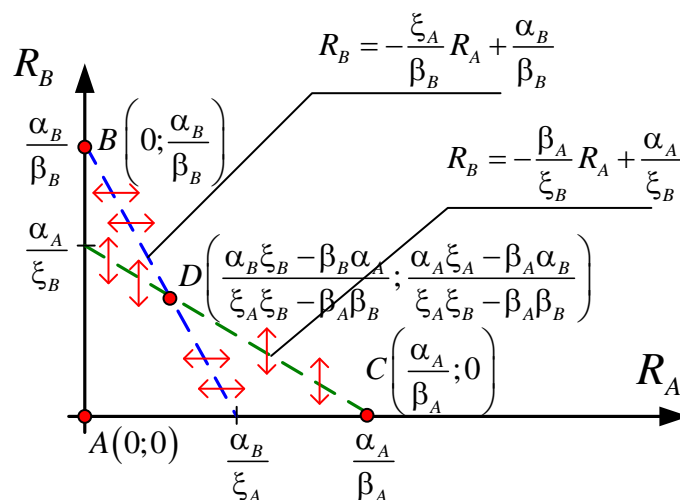


Рис. 2. Обобщенная схема фазового портрета динамического информационного конфликта

3.2 Исследование типа стационарных точек и бифуркаций

Исследуем тип стационарных точек, которые соответствуют модели конфликта.

Последовательно дифференцируя уравнения системы (13) по R_A и R_B получим коэффициенты a_{ij} характеристического уравнения для этой системы

$$\lambda^2 - \lambda(a_{11} + a_{22}) + (a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}) = 0. \quad (16)$$

где:

$$\begin{cases} a_{11} = \frac{d}{dR_A} (\alpha_A R_A - \beta_A R_A^2 - \xi_B R_B R_A) = \alpha_A - 2\beta_A R_A - \xi_B R_B \\ a_{12} = \frac{d}{dR_B} (\alpha_A R_A - \beta_A R_A^2 - \xi_B R_B R_A) = -\xi_B R_A \\ a_{21} = \frac{d}{dR_A} (\alpha_B R_B - \beta_B R_B^2 - \xi_A R_A R_B) = -\xi_A R_B \\ a_{22} = \frac{d}{dR_B} (\alpha_B R_B - \beta_B R_B^2 - \xi_A R_A R_B) = \alpha_B - 2\beta_B R_B - \xi_A R_A \end{cases} \quad (17)$$

Дискриминант характеристического уравнения (16) равен:

$$D = (a_{11} + a_{22})^2 - 4(a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}), \quad (18)$$

а корни характеристического уравнения равны:

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{2} \left((a_{11} + a_{22}) \mp \sqrt{(a_{11} + a_{22})^2 - 4a_{11}a_{22}} \right). \quad (19)$$

Дополнительные переменные:

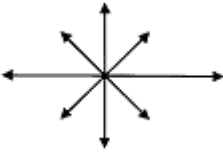
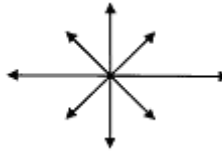
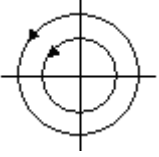
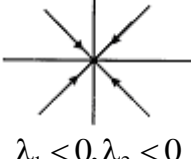
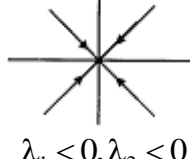
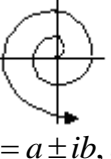
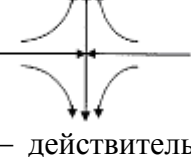
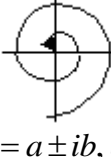
$$G = a_{11} + a_{22} = \alpha_A + \alpha_B - 2\beta_A R_A - 2\beta_B R_B - \xi_A R_A - \xi_B R_B,$$

$$\Delta = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} = (2\beta_A R_A - \alpha_A + \xi_B R_B)(2\beta_B R_B - \alpha_B + \xi_A R_A) - \xi_A \xi_B R_A R_B,$$

при этом $D = G^2 - 4\Delta$.

Исследуем тип стационарных точек. Для такого исследования используем первый метод Ляпунова для определения типа устойчивости стационарной точки в соответствии с методикой, представленной в работе [39] (таблица 1).

Таблица 1 – Значения D , G , Δ , $\lambda_{1,2}$ для определения типа стационарной точки по первому методу Ляпунова [39]

$D > 0$	$D = 0$	$D < 0$
<p>Неустойчивый узел $\Delta > 0, G > 0$</p>  <p>$\lambda_1 > 0, \lambda_2 > 0$</p>	<p>Неустойчивый узел $G > 0$</p>  <p>$\lambda_1 > 0, \lambda_2 > 0$</p>	<p>Центр $G = 0, \Delta > 0$</p>  <p>$\lambda_{1,2}$ – чисто мнимые</p>
<p>Устойчивый узел $\Delta > 0, G < 0$</p>  <p>$\lambda_1 < 0, \lambda_2 < 0$</p>	<p>Устойчивый узел $G < 0$</p>  <p>$\lambda_1 < 0, \lambda_2 < 0$</p>	<p>Неустойчивый фокус $G > 0$</p>  <p>$\lambda_{1,2} = a \pm ib, a > 0$</p>
<p>Седло $\Delta < 0$</p>  <p>$\lambda_{1,2}$ – действительные, различных знаков</p>		<p>Устойчивый фокус $G < 0$</p>  <p>$\lambda_{1,2} = a \pm ib, a < 0$</p>

Рассмотрим точку $A(0; 0)$.

Подставим в выражения (17), (19) соответствующие значения $R_A = 0$ и $R_B = 0$. Получим, что корни характеристического уравнения равны $\lambda_1 = \alpha_B$ и $\lambda_2 = \alpha_A$. Так как $\alpha_A > 0$ и $\alpha_B > 0$, то $\lambda_1 > 0$ и $\lambda_2 > 0$, следовательно, в соответствии с первым методом Ляпунова (таблица 1), точка $A(0; 0)$ – всегда *неустойчивый узел*.

Рассмотрим точку $B \left(0; \frac{\alpha_B}{\beta_B} \right)$.

Подставим в выражения a_{ij} соответствующие (17) значения $R_A = 0$ и $R_B = \frac{\alpha_B}{\beta_B}$. Вычисляя соответствующие выражения (18) и (19), получим корни характеристического уравнения:

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= -\alpha_B, \\ \lambda_2 &= -\frac{\alpha_B}{\beta_B} \xi_B + \alpha_A.\end{aligned}$$

То есть, $\lambda_1 < 0$ всегда, так как $\alpha_A > 0$. При этом λ_2 может иметь любой знак с учетом того, что ξ_B может принимать как положительные, так и отрицательные значения.

Найдем ξ_B , соответствующую $\lambda_2 = 0$:

$$\xi_B = \frac{\alpha_A \beta_B}{\alpha_B}.$$

С учетом того, что $\lambda_2 = -\frac{\alpha_B}{\beta_B} \xi_B + \alpha_A$ является линейной убывающей функцией, получим следующее. На интервале $\xi_B \in \left(-\infty; \frac{\alpha_A \beta_B}{\alpha_B} \right]$ корни $\lambda_1 < 0$, а $\lambda_2 > 0$, то есть имеют различный знак. На интервале $\xi_B \in \left[\frac{\alpha_A \beta_B}{\alpha_B}; \infty \right)$ корни $\lambda_1 < 0$, а $\lambda_2 < 0$, то есть имеют один знак – отрицательный.

В соответствии с первым методом Ляпунова (таблица 1), при $\xi_B < \frac{\alpha_A \beta_B}{\alpha_B}$ точка B является *седлом*, при $\xi_B > \frac{\alpha_A \beta_B}{\alpha_B}$ эта точка – *устойчивый узел*. Значение, $\xi_B = \frac{\alpha_A \beta_B}{\alpha_B}$ – является бифуркацией точки B .

Рассмотрим точку $C \left(\frac{\alpha_A}{\beta_A}; 0 \right)$.

Подставим в выражения a_{ij} соответствующие (17) значения $R_A = \frac{\alpha_A}{\beta_A}$ и $R_B = 0$. Вычисляя соответствующие выражения (18) и (19), получим корни характеристического уравнения:

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= -\alpha_A, \\ \lambda_2 &= -\frac{\alpha_A}{\beta_A} \xi_A + \alpha_B.\end{aligned}$$

То есть, $\lambda_1 < 0$ всегда, так как $\alpha_A > 0$. При этом λ_2 может иметь любой знак с учетом того, что ξ_A может принимать как положительные, так и отрицательные значения.

Найдем ξ_A , соответствующую $\lambda_2 = 0$:

$$\xi_A = \frac{\alpha_B \beta_A}{\alpha_A}.$$

С учетом того, что $\lambda_2 = -\frac{\alpha_A}{\beta_A}\xi_A + \alpha_B$ является линейной убывающей функцией, получим следующее. На интервале $\xi_A \in \left(-\infty; \frac{\alpha_B\beta_A}{\alpha_A}\right]$ корни $\lambda_1 < 0$, а $\lambda_2 > 0$, то есть имеют различный знак. На интервале $\xi_A \in \left[\frac{\alpha_B\beta_A}{\alpha_A}; \infty\right)$ корни $\lambda_1 < 0$, а $\lambda_2 < 0$, то есть имеют один знак – отрицательный.

В соответствии с первым методом Ляпунова (таблица 1), при $\xi_A < \frac{\alpha_B\beta_A}{\alpha_A}$ точка C является *седлом*, при $\xi_A > \frac{\alpha_B\beta_A}{\alpha_A}$ эта точка – *устойчивый узел*. Значение $\xi_A = \frac{\alpha_B\beta_A}{\alpha_A}$ – является бифуркацией точки C .

Рассмотрим точку $D\left(\frac{\alpha_B\xi_B - \beta_B\alpha_A}{\xi_A\xi_B - \beta_A\beta_B}; \frac{\alpha_A\xi_A - \beta_A\alpha_B}{\xi_A\xi_B - \beta_A\beta_B}\right)$. Данная точка существует только в случае, если горизонтальная и вертикальная изоклины пересекаются (рис. 2). Из этого следуют ограничения на существование точки D :

$$\begin{cases} \frac{\alpha_B}{\beta_B} < \frac{\alpha_A}{\xi_B}, \\ \frac{\alpha_A}{\beta_A} < \frac{\alpha_B}{\xi_A} \end{cases}, \quad (20)$$

или

$$\begin{cases} \frac{\alpha_B}{\beta_B} > \frac{\alpha_A}{\xi_B}, \\ \frac{\alpha_A}{\beta_A} > \frac{\alpha_B}{\xi_A} \end{cases}. \quad (21)$$

Условиями бифуркации для D являются условия пересечения изоклин, которые совпадают с условиями бифуркации точек B и C :

$$\xi_A = \frac{\alpha_B\beta_A}{\alpha_A} \text{ и } \xi_B = \frac{\alpha_A\beta_B}{\alpha_B}.$$

Если

$$\begin{cases} \xi_B < \frac{\alpha_A\beta_B}{\alpha_B}, \\ \xi_A < \frac{\alpha_B\beta_A}{\alpha_A} \end{cases}, \quad (22)$$

то точки B и C являются седлами, а точка D является *устойчивым узлом*.

Если

$$\begin{cases} \xi_B > \frac{\alpha_A\beta_B}{\alpha_B}, \\ \xi_A > \frac{\alpha_B\beta_A}{\alpha_A} \end{cases}, \quad (23)$$

то точки B и C являются устойчивыми узлами, а точка D является *седлом*.

3.3 Исследование типовых состояний конфликта

Рассмотрим типовые состояния конфликта, которые соответствуют типовым фазовым портретам динамической системы (13) и определяются взаимным расположением изоклин и стационарных точек.

1. Выигрыш стороны A. В этом случае в системе имеются только три стационарные точки A , B , C , при этом точка C – устойчивый узел, соответствующий выигрышу стороны A . Данный случай возможен, когда вертикальная и горизонтальная изоклины не пересекаются (рис. 2) и выполняются условия:

$$\begin{cases} \frac{\alpha_B}{\beta_B} < \frac{\alpha_A}{\xi_B} \\ \frac{\alpha_A}{\beta_A} > \frac{\alpha_B}{\xi_A} \end{cases}. \quad (24)$$

Из этой системы следует $\xi_B < \frac{\alpha_A \beta_B}{\alpha_B}$ и $\xi_A > \frac{\alpha_B \beta_A}{\alpha_A}$. В этом случае, как было доказано выше, точка B – седло, а точка C – устойчивый узел. Точка A – неустойчивый узел. Фазовый портрет, соответствующий этому случаю, представлен на рис. 3.

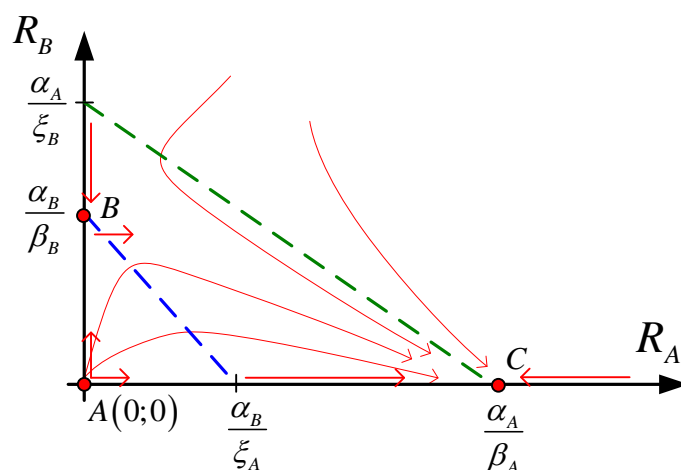


Рис. 3. Фазовый портрет динамического информационного конфликта, соответствующий выигрышу стороны A

Анализ фазовых траекторий показывает, что исход конфликта (победа стороны A) определяется выполнением следующих условий:

- отношение α_A / β_A возможностей стороны A по наращиванию использования своего информационного ресурса (коэффициент α_A) к убытию этого ресурса в результате взаимной конкуренции (коэффициент β_A) превышает отношение α_A / ξ_B возможностей этой же стороны по наращиванию использования своего информационного ресурса (коэффициент α_A) к убытию этого ресурса в результате конфликта со стороной B (коэффициент ξ_B) – $\left(\frac{\alpha_A}{\beta_A} > \frac{\alpha_B}{\xi_A} \right)$;

- у стороны B вышеуказанная зависимость не выполняется $\left(\frac{\alpha_B}{\beta_B} < \frac{\alpha_A}{\xi_B}\right)$.

В соответствии с этими условиями, на этапе начального развития конфликта численность информационного ресурса у стороны B убывает быстрее в основном из-за конфликта сторон между собой. После того как количество ресурса стороны B критически снижается, он почти полностью перераспределяется в пользу стороны A . В дальнейшем, ресурс стороны A начинает снижаться в результате взаимной конкуренции средств этой стороны пока, в итоге, уровень ресурса стороны A не стабилизируется на значении α_A/β_A .

2. Выигрыш стороны B . В этом случае в системе имеется только три стационарные точки A , B , C , при этом точка B – устойчивый узел соответствующий выигрышу стороны B . Данный случай возможен, когда вертикальная и горизонтальная изоклины не пересекаются (рис. 4) и выполняются условия:

$$\begin{cases} \frac{\alpha_B}{\beta_B} > \frac{\alpha_A}{\xi_B} \\ \frac{\alpha_A}{\beta_A} < \frac{\alpha_B}{\xi_A} \end{cases} \quad (25)$$

Из этой системы следует $\xi_B > \frac{\alpha_A \beta_B}{\alpha_B}$ и $\xi_A < \frac{\alpha_B \beta_A}{\alpha_A}$. В этом случае, как было доказано выше, точка B – устойчивый узел, а точка C – седло. Точка A – неустойчивый узел. Фазовый портрет соответствующий этому случаю представлен на рис. 4.

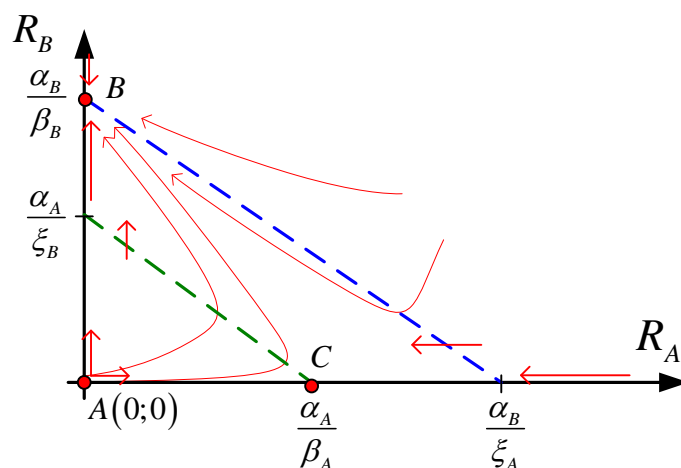


Рис. 4. Фазовый портрет динамического информационного конфликта, соответствующий выигрышу стороны B

Анализ фазовых траекторий показывает, что исход конфликта (победа стороны B) определяется выполнением следующих условий:

- отношение α_B/β_B возможностей стороны B по наращиванию использования своего информационного ресурса (коэффициент α_B) к убытию этого ресурса в результате взаимной конкуренции

(коэффициент β_B) превышает отношение α_B/ξ_A возможностей этой же стороны по наращиванию использования своего информационного ресурса (коэффициент α_B) к убытию этого ресурса в результате конфликта со стороной A (коэффициент ξ_A) – $\left(\frac{\alpha_B}{\beta_B} > \frac{\alpha_A}{\xi_B}\right)$;

- у стороны A вышеуказанная зависимость не выполняется $\left(\frac{\alpha_A}{\beta_A} < \frac{\alpha_B}{\xi_A}\right)$.

В соответствии с этими условиями, на этапе начального развития конфликта численность информационного ресурса у стороны A убывает быстрее, в основном – из-за конфликта сторон между собой. После того, как количество ресурса стороны A критически снижается, он почти полностью перераспределяется в пользу стороны B . В дальнейшем, ресурс стороны B начинает снижаться в результате взаимной конкуренции средств этой стороны пока, в итоге, уровень ресурса не стабилизируется на значении α_B/β_B .

3. Неустойчивое состояние конфликта, когда выигрыш той или иной стороны зависит от начальных условий. В этом случае в системе имеется четыре стационарные точки A, B, C, D . Данный случай возможен, когда вертикальная и горизонтальная изоклины пересекаются (рис. 5), и выполняется условие (21):

$$\begin{cases} \frac{\alpha_B}{\beta_B} > \frac{\alpha_A}{\xi_B} \\ \frac{\alpha_A}{\beta_A} > \frac{\alpha_B}{\xi_A} \end{cases} \quad (26)$$

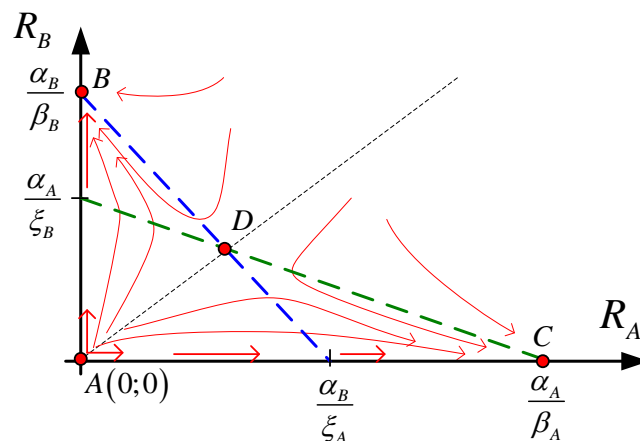


Рис. 5. Фазовый портрет динамического информационного конфликта, соответствующий неустойчивому состоянию

Как было доказано выше, при этих условиях точка D – седло, точки B и C – неустойчивые узлы, а точка A – неустойчивый узел. Фазовый портрет, соответствующий этому случаю, представлен на рис. 5.

Анализ фазовых траекторий показывает, что исход конфликта (победа стороны A или стороны B) определяется его начальными условиями.

На этапе начального развития конфликта стороны конфликта конкурируют за информационный ресурс пока траектория конфликта стремится к точке D . Однако после пересечения изоклин траектория изменения ресурса резко изменяется в направлении выигрыша одной из сторон.

4. Конфликтно-устойчивое состояние с отсутствием проигрыша каждой из сторон. В этом случае в системе имеется четыре стационарные точки A, B, C, D . Данный случай возможен, когда вертикальная и горизонтальная изоклины пересекаются (рис. 7) и выполняются условие (20):

$$\begin{cases} \frac{\alpha_B}{\beta_B} < \frac{\alpha_A}{\xi_B} \\ \frac{\alpha_A}{\beta_A} < \frac{\alpha_B}{\xi_A} \end{cases}.$$

Как было доказано выше при этих условиях: точка D – устойчивый узел, B и C – седла, а точка A – неустойчивый узел. Фазовый портрет, соответствующий этому случаю, представлен на рис. 7.

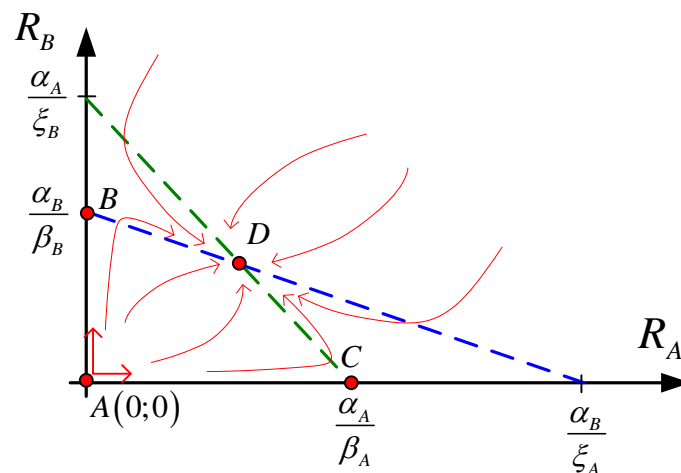


Рис. 7. Фазовый портрет динамического информационного конфликта, соответствующий его конфликтно-устойчивому состоянию

В этом случае в начале конфликта некоторое время стороны конкурируют за информационный ресурс, пока фазовые траектории не пересекут линии перегиба фазовых траекторий. После этого число информационного ресурса, доступного обоим сторонам, стремится к устойчивому стационарному состоянию (точка D) $R_A = \frac{\alpha_B \xi_B - \beta_B \alpha_A}{\xi_A \xi_B - \beta_A \beta_B}$ и $R_B = \frac{\alpha_A \xi_A - \beta_A \alpha_B}{\xi_A \xi_B - \beta_A \beta_B}$.

4 Сценарий действий одной из сторон

для достижения выигрыша в информационном конфликте

На примере стороны A рассмотрим, каким образом необходимо действовать этой стороне, чтобы обеспечить выигрыш в информационном конфликте.

Сценарии действий стороны A рассмотрим при допущении, что противник (сторона B) не применяет ответных контр-сценариев в конфликте, то есть параметры $\alpha_B, \beta_B, \gamma_B, k_{B \text{ захв}}, \alpha_{B \text{ набл}}, \beta_{B \text{ набл}}$ — являются константами.

Рассмотрим процесс перехода информационного конфликта из состояния проигрыша стороны A в состояние ее выигрыша (рис. 8).

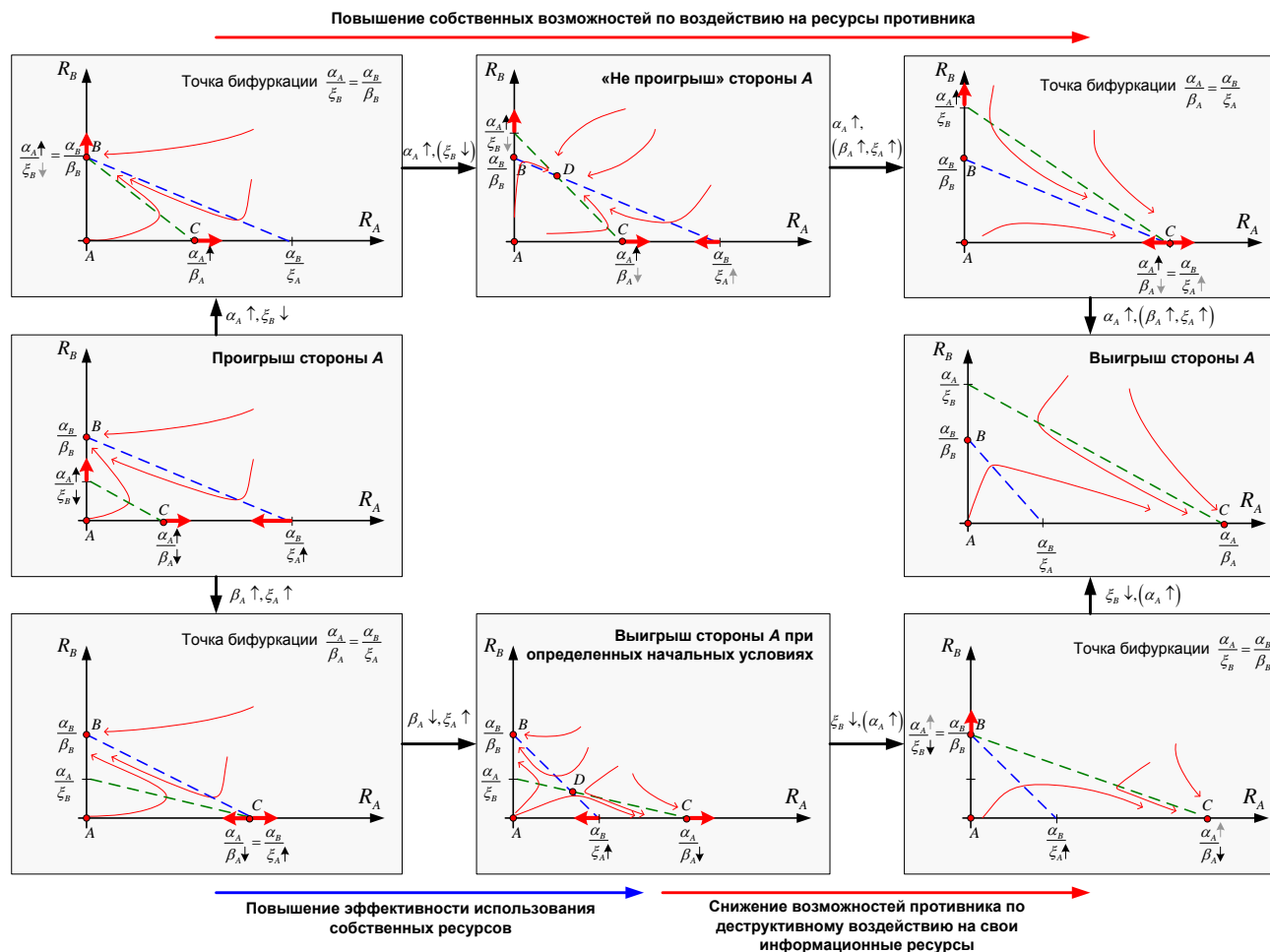


Рис. 8. Процесс перехода информационного конфликта из состояния проигрыша стороны A в состояние ее выигрыша

Переход стороны A из проигрышного в выигрышное возможен по двум сценариям, которые направлены на изменение следующих параметров:

- 1) повышение собственных возможностей по воздействию на противника, с одновременным снижением возможностей противника по деструктивному воздействию на свои информационные ресурсы (этот сценарий соответствует верхнему направлению переходов);
- 2) повышение эффективности использования собственных ресурсов, с последующим повышением возможностей по воздействию на противника и одновременным снижением возможностей противника по деструктивному воздействию на свои информационные ресурсы (этот сценарий соответствует нижнему направлению переходов).

В обоих сценариях для перехода из проигрышного состояния в выигрышное необходимо пройти через точки бифуркации $\xi_B = \frac{\alpha_A \beta_B}{\alpha_B}$ и $\xi_A = \frac{\alpha_B \beta_A}{\alpha_A}$.

Рассмотрим сценарии перехода информационного конфликта в интересах перевода его в выигрышное состояние для стороны A по двум вышеуказанным сценариям более подробно.

Отметим, что анализ процессов развития информационного конфликта показал, что наиболее сильным ее параметром, в наибольшей степени определяющем возможности по переводу конфликта в выигрышное состояние, является коэффициент α_A , определяющий возможности стороны A по наращиванию количества ресурса R_A . В первом сценарии выигрыш в конфликте может быть достигнут только за счет изменения именно этого коэффициента. Менее сильным параметром является коэффициент ξ_B , определяющий возможности противника по уровню деструктивного конфликтного взаимодействия. Именно повышение коэффициента α_A и снижение коэффициента ξ_B определяют выигрыш стороны A в информационном конфликте. Так, во втором сценарии изменение именно этих коэффициентов обязательно требуется на втором этапе реализации выигрышного сценария.

Необходимо уточнить, что сценарии изменения параметров реализуются до фактического начала конфликта. Так как при начале конфликта его параметры ($\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, k_i \text{ захв}, \alpha_i \text{ набл}, \beta_i \text{ набл}, R_i 0$, где $i=A, B$) принимают конкретные значения, которые определяют как конкретное состояние конфликта (тип фазового портрета динамической модели в зависимости от соотношений между параметрами), так и конкретный вид траектории $f(R_A; R_B)$ изменения информационных ресурсов сторон в процессе его развития.

4.1 Сценарий повышения собственных возможностей по воздействию на противника с одновременным снижением возможностей противника по деструктивному воздействию на свои информационные ресурсы

Этот сценарий соответствует верхнему направлению переходов на рис. 8 и реализуется в два этапа. Этот сценарий целесообразен в случае, если сторона A может обеспечить кардинальное увеличение своих возможностей по наращиванию доступного ей информационного ресурса (что соответствует увеличению коэффициента α_A).

Этап 1. На начальном этапе сторона A находится в потенциально проигрышном состоянии. В этом состоянии в случае начала конфликта с любыми начальными значениями информационных ресурсов R_A и R_B стороны по завершении конфликта придут к победе стороны B , которой по итогам конфликта достанется количество ресурса равное $R_B = \frac{\alpha_B}{\beta_B}$.

Путем увеличения своих возможностей по наращиванию количества ресурса (повышение коэффициента α_A) сторона A сдвигает конечные точки

изоклин в выгодном для себя направлении. Точка $\left(0; \frac{\alpha_A}{\xi_B}\right)$ двигается вверх по оси R_B . Точка $C\left(\frac{\alpha_A}{\beta_A}; 0\right)$; двигается вправо по оси R_A . Значение $\frac{\alpha_A}{\xi_B} = \frac{\alpha_B}{\beta_B}$

соответствует бифуркации информационного конфликта, после которой его поведение меняется. После прохождения этой бифуркации информационный конфликт переходит в конфликтно-устойчивое состояние, соответствующее потенциальному «непроигрышу стороны A ». В этом состоянии в случае начала конфликта с любыми начальными значениями информационных ресурсов сторон R_A и R_B стороны в завершении конфликта придут к равновесному распределению ресурсов $R_A = \frac{\alpha_B \xi_B - \beta_B \alpha_A}{\xi_A \xi_B - \beta_A \beta_B}$ и $R_B = \frac{\alpha_A \xi_A - \beta_A \alpha_B}{\xi_A \xi_B - \beta_A \beta_B}$. При этом

необходимо отметить, что повышение скорости смещения точки $\left(0; \frac{\alpha_A}{\xi_B}\right)$ по оси R_B может быть обеспечено за счет снижения возможностей противника по деструктивному воздействию на информационные ресурсы стороны A путем проведения соответствующих мероприятий защиты, что соответствует снижению коэффициента ξ_B .

Этап 2. Дальнейшее развитие выигрышного сценария предусматривает продолжение сдвига точки $C\left(\frac{\alpha_A}{\beta_A}; 0\right)$; вправо по оси R_A за счет повышения своих возможностей по наращиванию количества ресурса (увеличение коэффициента α_A). Такое повышение сдвигает точку C вправо по оси R_A до момента бифуркации $\frac{\alpha_A}{\beta_A} = \frac{\alpha_B}{\xi_A}$. Сдвиг точки C вправо может быть ускорен путем дополнительного снижения уровня взаимной конкуренции средств своей стороны за информационный ресурс, что соответствует снижению коэффициента β_A . После прохождения второй бифуркации информационный конфликт переходит в состояние, соответствующее потенциальному «выигрышу стороны A ». В этом состоянии в случае начала конфликта с любыми начальными значениями информационных ресурсов сторон R_A и R_B стороны в завершении конфликта придут к победе стороны A , которой по итогам конфликта достанется количество ресурса, равное $R_A = \frac{\alpha_A}{\beta_A}$.

Таким образом, этот сценарий реализуется в два этапа.

На первом этапе сценария, до начала конфликта, обеспечиваются следующие направления изменения параметров стороны A :

$$\begin{cases} \alpha_A \uparrow \\ \xi_B \downarrow = (\gamma_B \downarrow) \left(\frac{\alpha_{B \text{ набл}} \downarrow}{\beta_{B \text{ набл}} \uparrow} \right) (k_{B \text{ захв}} \downarrow + k_{B \text{ бл}} \downarrow) - (k_{A \text{ захв}} \uparrow) (\gamma_A \uparrow) \left(\frac{\alpha_{A \text{ набл}} \uparrow}{\beta_{A \text{ набл}} \downarrow} \right). \end{cases} \quad (27)$$

На втором этапе, до начала конфликта – изменения параметров:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_A \uparrow \\ \beta_A \downarrow \\ \xi_A \uparrow = (\gamma_A \uparrow) \left(\frac{\alpha_{A \text{набл}} \uparrow}{\beta_{A \text{набл}} \downarrow} \right) (k_{A \text{захв}} \uparrow + k_{A \text{бл}} \uparrow) - (k_{B \text{захв}} \downarrow) (\gamma_B \downarrow) \left(\frac{\alpha_{B \text{набл}} \downarrow}{\beta_{B \text{набл}} \uparrow} \right) \end{array} \right. . \quad (28)$$

Таким образом, для перехода в выигрышное состояние для стороны *A* на первом этапе сценария нужно обеспечить изменение следующих параметров этой стороны (выражение (27)):

- увеличение возможностей своей стороны по наращиванию количества доступного ей информационного ресурса (коэффициент α_A) – основное действие;
- увеличение возможностей своей стороны по захвату информационного ресурса противника (коэффициент $k_{A \text{ захв}}$);
- увеличение эффективности воздействия средств своей стороны на информационный ресурс противника (коэффициент γ_A);
- увеличение возможностей своей стороны по наращиванию ресурса средств наблюдения (коэффициент $\alpha_{A \text{ набл}}$);
- снижение взаимной конкуренции средств наблюдения своей стороны (коэффициент $\beta_{A \text{ набл}}$).

Также из системы (27) следуют способы противодействия противнику, направленные на снижение его возможностей по дестабилизирующему воздействию на информационный ресурс своей стороны на первом этапе этого сценария:

- снижение эффективности воздействия средств противника на информационный ресурс своей стороны (коэффициент γ_B);
- снижение возможностей противника по наращиванию ресурса средств наблюдения (коэффициент $\alpha_{B \text{ набл}}$);
- повышение взаимной конкуренции средств наблюдения противника (коэффициент $\beta_{B \text{ набл}}$);
- снижение возможностей противника по захвату информационного ресурса своей стороны (коэффициент $k_{B \text{ захв}}$);
- снижение возможностей противника по блокировке информационного ресурса своей стороны (коэффициент $k_{B \text{ бл}}$).

На втором этапе этого сценария для стороны *A* нужно обеспечить (выражение (28)):

- увеличение возможностей стороны по наращиванию количества доступного ей информационного ресурса (коэффициент α_A) – основное действие;
- снижение взаимной конкуренции средств своей стороны за информационный ресурс (коэффициент β_A);
- увеличение эффективности воздействия средств своей стороны на информационный ресурс противника (коэффициент γ_A);

- увеличение возможностей своей стороны по захвату информационного ресурса противника (коэффициент $k_{A \text{ захв}}$);
- увеличение возможностей своей стороны по блокировке информационного ресурса противника (коэффициент $k_{A \text{ бл}}$);
- увеличение возможностей своей стороны по наращиванию ресурса средств наблюдения (коэффициент $\alpha_{A \text{ набл}}$);
- снижение взаимной конкуренции средств наблюдения своей стороны (коэффициент $\beta_{A \text{ набл}}$).

Способы противодействия противнику на втором этапе этого сценария (выражение (28)):

- снижение возможностей противника по захвату информационного ресурса своей стороны (коэффициент $k_{B \text{ захв}}$);
- снижение эффективности воздействия средств противника на информационный ресурс своей стороны (коэффициент γ_B);
- снижение возможностей противника по наращиванию ресурса средств наблюдения (коэффициент $\alpha_{B \text{ набл}}$);
- повышение взаимной конкуренции средств наблюдения противника (коэффициент $\beta_{B \text{ набл}}$).

4.2 Сценарий повышения эффективности использования собственных ресурсов и снижения возможностей противника по деструктивному воздействию на свои информационные ресурсы

Этот сценарий соответствует нижнему направлению переходов на рис. 8. Этот сценарий целесообразен в случае если сторона A не может обеспечить кардинальное увеличение своих возможностей по наращиванию доступного ей информационного ресурса (увеличение коэффициента α_A). Вместо этого эта сторона вынуждена на начальном этапе повышать эффективность использования уже имеющегося ресурса (снижение коэффициента β_A и повышение коэффициента ξ_A). Этот сценарий также реализуется в два этапа.

Этап 1. На начальном этапе сторона A находится в потенциально проигрышном состоянии. В этом состоянии в случае начала конфликта с любыми начальными значениями информационных ресурсов R_A и R_B стороны по завершении конфликта придут к победе стороны B , которой по итогам конфликта достанется количество ресурса равное $R_B = \frac{\alpha_B}{\beta_B}$.

Путем снижения уровня взаимной конкуренции средств своей стороны за информационный ресурс (соответствует снижению коэффициента β_A) с одновременным повышением собственных возможностей по деструктивному воздействию на информационные ресурсы противника (соответствует повышению коэффициента ξ_A) сторона A сдвигает конечные точки изоклин в выгодном для себя направлении. Точка $C\left(\frac{\alpha_A}{\beta_A}; 0\right)$; двигается вправо по оси R_A .

Точка $\left(\frac{\alpha_B}{\xi_A}; 0\right)$ двигается влево по оси R_A . Значение $\frac{\alpha_A}{\beta_A} = \frac{\alpha_B}{\xi_A}$ соответствует

бифуркации информационного конфликта, после которой его поведение меняется. После прохождения этой бифуркации информационный конфликт переходит в состояние, когда выигрыш стороны A становится возможен при определенных начальных условиях. То есть в этом состоянии исход конфликта определяется начальными значениями информационных ресурсов сторон R_A и R_B .

Этап 2. Если начальное соотношение ресурсов сторон R_A и R_B не позволяет выиграть стороне A , то она начинает увеличивать свои возможности или по наращиванию количества ресурса (повышение коэффициента α_A) или по снижению возможностей противника по деструктивному воздействию на собственные информационные ресурсы (снижение коэффициента ξ_B). Это ведет к тому, что точка $\left(0; \frac{\alpha_A}{\xi_B}\right)$ смещается вверх по оси R_B . Значение $\frac{\alpha_A}{\xi_B} = \frac{\alpha_B}{\beta_B}$ соответствует второй бифуркации информационного конфликта, после которой его поведение снова меняется. После прохождения второй бифуркации информационный конфликт переходит в состояние соответствующее потенциальному «выигрышу стороны A ». В этом состоянии в случае начала конфликта с любыми начальными значениями информационных ресурсов сторон R_A и R_B стороны в завершении конфликта придут к победе стороны A , которой по итогам конфликта достанется количество ресурса, равное $R_A = \frac{\alpha_A}{\beta_A}$.

Таким образом, этот сценарий реализуется в два этапа.

На первом этапе путем изменения следующих параметров стороны A :

$$\begin{cases} \beta_A \downarrow \\ \xi_A \uparrow = (\gamma_A \uparrow) \left(\frac{\alpha_{A \text{ набл}} \uparrow}{\beta_{A \text{ набл}} \downarrow} \right) (k_{A \text{ захв}} \uparrow + k_{A \text{ бл}} \uparrow) - (k_{B \text{ захв}} \downarrow) (\gamma_B \downarrow) \left(\frac{\alpha_{B \text{ набл}} \downarrow}{\beta_{B \text{ набл}} \uparrow} \right) \\ \alpha_A \uparrow \end{cases} \quad (29)$$

На втором этапе – путем изменения следующих параметров:

$$\begin{cases} \xi_B \downarrow = (\gamma_B \downarrow) \left(\frac{\alpha_{B \text{ набл}} \downarrow}{\beta_{B \text{ набл}} \uparrow} \right) (k_{B \text{ захв}} \downarrow + k_{B \text{ бл}} \downarrow) - (k_{A \text{ захв}} \uparrow) (\gamma_A \uparrow) \left(\frac{\alpha_{A \text{ набл}} \uparrow}{\beta_{A \text{ набл}} \downarrow} \right) \\ \alpha_A \uparrow \end{cases} \quad (30)$$

Таким образом, для перехода в выигрышное состояние для стороны A на первом этапе сценария нужно обеспечить изменение следующих параметров этой стороны (выражение (29)):

- снижение взаимной конкуренции средств своей стороны за информационный ресурс (коэффициент β_A) – основное действие;
- увеличение эффективности воздействия средств своей стороны на информационный ресурс противника (коэффициент γ_A);
- увеличение возможностей своей стороны по захвату информационного ресурса противника (коэффициент $k_{A \text{ захв}}$);
- увеличение возможностей своей стороны по блокировке информационного ресурса противника (коэффициент $k_{A \text{ бл}}$);

- увеличение возможностей стороны по наращиванию ресурса средств наблюдения (коэффициент $\alpha_{A \text{ набл}}$);
- снижение взаимной конкуренции средств наблюдения этой стороны (коэффициент $\beta_{A \text{ набл}}$);
- увеличение возможностей своей стороны по наращиванию количества доступного ей информационного ресурса (коэффициент α_A) – дополнительное действие, если оно возможно.

Также из системы (29) следуют способы противодействия противнику, направленные на снижение его возможностей по дестабилизирующему воздействию на информационный ресурс своей стороны на первом этапе этого сценария:

- снижение возможностей противника по захвату информационного ресурса своей стороны (коэффициент $k_{B \text{ захв}}$);
- снижение эффективности воздействия средств противника на информационный ресурс своей стороны (коэффициент γ_B);
- снижение возможностей противника по наращиванию ресурса средств наблюдения (коэффициент $\alpha_{B \text{ набл}}$);
- повышение взаимной конкуренции средств наблюдения противника (коэффициент $\beta_{B \text{ набл}}$).

На втором этапе этого сценария для стороны A нужно обеспечить (выражение (30)):

- увеличение возможностей своей стороны по захвату информационного ресурса противника (коэффициент $k_{A \text{ захв}}$);
- увеличение эффективности воздействия средств своей стороны на информационный ресурс противника (коэффициент γ_A);
- увеличение возможностей своей стороны по наращиванию ресурса средств наблюдения (коэффициент $\alpha_{A \text{ набл}}$);
- снижение взаимной конкуренции средств наблюдения своей стороны (коэффициент $\beta_{A \text{ набл}}$);
- увеличение возможностей своей стороны по наращиванию количества доступного ей информационного ресурса (коэффициент α_A) – дополнительное действие, если оно возможно.

Способы противодействия противнику на втором этапе этого сценария (выражение (30)):

- снижение эффективности воздействия средств противника на информационный ресурс своей стороны (коэффициент γ_B);
- снижение возможностей противника по наращиванию ресурса средств наблюдения (коэффициент $\alpha_{B \text{ набл}}$);
- повышение взаимной конкуренции средств наблюдения противника (коэффициент $\beta_{B \text{ набл}}$);
- снижение возможностей противника по захвату информационного ресурса своей стороны (коэффициент $k_{B \text{ захв}}$);
- снижение возможностей противника по блокировке информационного ресурса своей стороны (коэффициент $k_{B \text{ бл}}$).

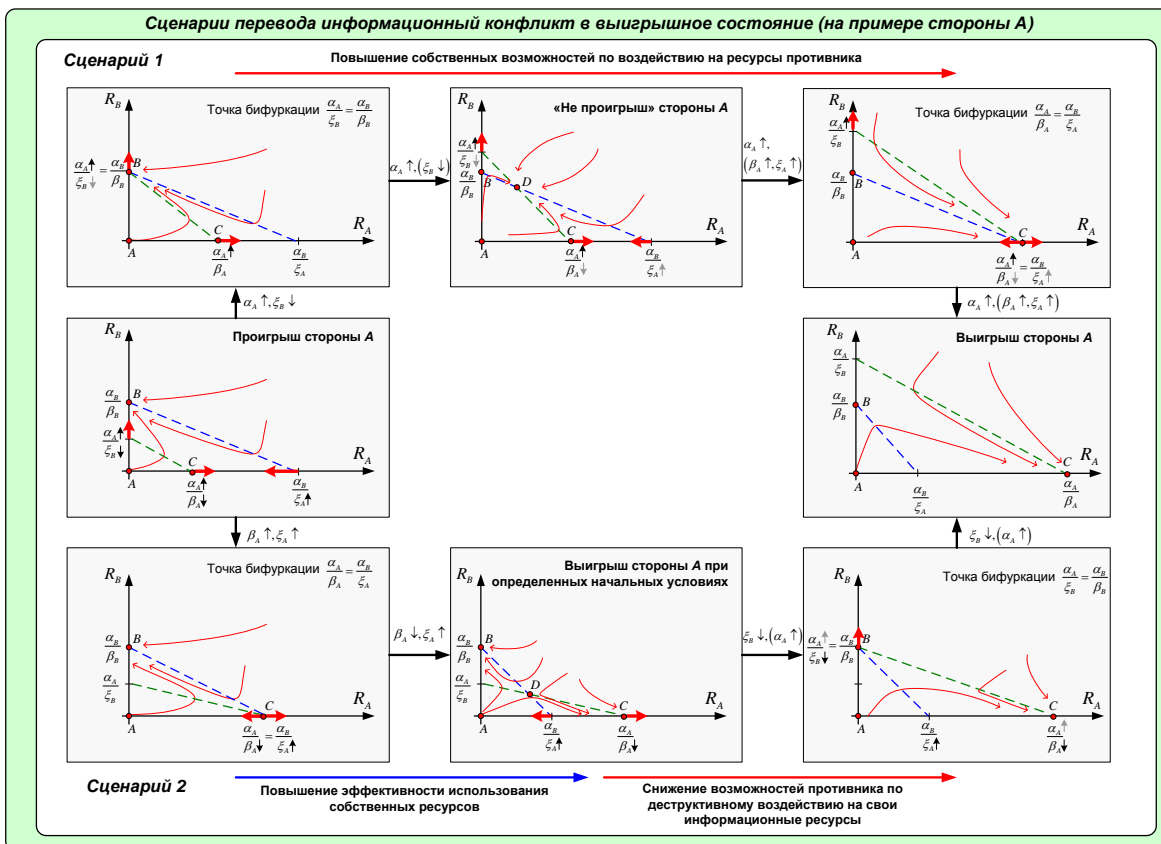
Выводы и дальнейшие направления исследований

Как показало проведенное исследование, на основе теории динамических систем возможно построение моделей информационного конфликта, учитывающих сложный характер взаимодействия между сторонами, например, учет возможностей сторон по наблюдению, захвату и блокировке информационного ресурса. В обобщенном виде схема проведения исследований с разработанной в данной статье моделью и итоговыми выводами по этому исследованию представлена на рис. 9.

При представлении информационного конфликта динамической моделью становится возможным детально исследовать развитие конфликта в зависимости от начального соотношения потенциалов сторон и параметров их информационных систем. Динамическая модель также позволяет выявить наиболее «сильные параметры» сторон, которые определяют траекторию развития конфликта, а также точки бифуркации, которые соответствуют качественному изменению состояния конфликта. На основе выявленных состояний и бифуркаций становится возможным предложить сценарии действий для сторон по переводу конфликта в выигрышное для них состояние.

К перспективным направлениям развития представленной в работе модели можно отнести следующее:

- исследование динамических многосторонних конфликтов с различными типами конфликтного взаимодействия (сотрудничество, нейтралитет, антагонистический конфликт), в основу которых можно положить популяционную модель Колмогорова [34];
- исследование динамических конфликтов с более сложными вариантами конфликтного взаимодействия средств наблюдения (например, их принадлежность нескольким типам или учет проведения маскировочных мероприятий) и более глубоким изучением влияния сценариев поведения системы наблюдения на развитие и итог информационного конфликта;
- исследование динамических конфликтов не только с воздействием типа блокировка и захват ресурса, но и с воздействиями, связанными со свойствами информационной безопасности – доступности, целостности и конфиденциальности информационных ресурсов;
- исследование отображения динамики конфликта на более высокие иерархии многоуровневых информационных систем;
- выявление и исследование хаотических режимов информационных конфликтов и разработка сценариев управления параметрами для обеспечения заданной траектории развития конфликта, а также выигрыша в подобных хаотических режимах. В основу этих исследований можно положить работы А.А Колесникова (например [21]);
- исследование устойчивости сложных многоуровневых систем в динамических информационных конфликтах, в основу которых можно положить работу [31] по динамической устойчивости многоуровневых трофических биологических систем.



Рекомендации по изменению параметров систем наблюдения и воздействия для перевода информационного конфликта в выигрышное состояние (на примере стороны А)

Сценарий 1	Сценарий 2
<p>Повышение собственных возможностей по воздействию на противника с одновременным снижением возможностей противника по деструктивному воздействию на свои информационные ресурсы</p> <p>Этап 1. $\left\{ \begin{array}{l} \alpha_A \uparrow \\ \xi_B \downarrow = (\gamma_B \downarrow) \left(\frac{\alpha_{B \text{ мат}} \downarrow}{\beta_{B \text{ мат}} \uparrow} \right) (k_{B \text{ зах}} \downarrow + k_{B \text{ бл}} \downarrow) - (k_{A \text{ зах}} \uparrow) (\gamma_A \uparrow) \left(\frac{\alpha_{A \text{ мат}} \uparrow}{\beta_{A \text{ мат}} \downarrow} \right) \end{array} \right.$</p> <p>Этап 2. $\left\{ \begin{array}{l} \alpha_A \uparrow \\ \beta_A \downarrow \\ \xi_A \uparrow = (\gamma_A \uparrow) \left(\frac{\alpha_{A \text{ мат}} \uparrow}{\beta_{A \text{ мат}} \downarrow} \right) (k_{A \text{ зах}} \uparrow + k_{A \text{ бл}} \uparrow) - (k_{B \text{ зах}} \downarrow) (\gamma_B \downarrow) \left(\frac{\alpha_{B \text{ мат}} \downarrow}{\beta_{B \text{ мат}} \uparrow} \right) \end{array} \right.$</p>	<p>Повышение эффективности использования собственных ресурсов и снижением возможностей противника по деструктивному воздействию на свои информационные ресурсы</p> <p>Этап 1. $\left\{ \begin{array}{l} \beta_A \downarrow \\ \xi_A \uparrow = (\gamma_A \uparrow) \left(\frac{\alpha_{A \text{ мат}} \uparrow}{\beta_{A \text{ мат}} \downarrow} \right) (k_{A \text{ зах}} \uparrow + k_{A \text{ бл}} \uparrow) - (k_{B \text{ зах}} \downarrow) (\gamma_B \downarrow) \left(\frac{\alpha_{B \text{ мат}} \downarrow}{\beta_{B \text{ мат}} \uparrow} \right) \\ \alpha_A \uparrow \end{array} \right.$</p> <p>Этап 2. $\left\{ \begin{array}{l} \xi_B \downarrow = (\gamma_B \downarrow) \left(\frac{\alpha_{B \text{ мат}} \downarrow}{\beta_{B \text{ мат}} \uparrow} \right) (k_{B \text{ зах}} \downarrow + k_{B \text{ бл}} \downarrow) - (k_{A \text{ зах}} \uparrow) (\gamma_A \uparrow) \left(\frac{\alpha_{A \text{ мат}} \uparrow}{\beta_{A \text{ мат}} \downarrow} \right) \\ \alpha_A \uparrow \end{array} \right.$</p>

Рис. 9. Схема исследования модели информационного конфликта

Автор выражает благодарность доктору технических наук профессору А.Г. Ломако, доктору технических наук профессору Н.Н. Толстых, кандидату технических наук Р.Л. Михайлову. Профессору А.Г. Ломако – за то, что он впервые обратил внимание автора на глубокие возможности теории динамических систем, которые позволяют моделировать динамику развития конфликта сложных систем в информационном противоборстве, а также на потенциально высокую результативность использования для дальнейших исследований в этой области теории бифуркаций и теории катастроф. Профессору Н.Н. Толстых – за научное сотрудничество и собственные материалы, в которых исследуются динамические и хаотические режимы информационных конфликтов, которые позволили автору глубже понять альтернативный подход к динамическому моделированию информационных конфликтов. Кандидату технических наук Р.Л. Михайлову – за плодотворное обсуждение важности аспекта наблюдаемости ресурсов, на которые оказывается воздействие в информационном конфликте, что позволило учесть средства наблюдения в составе итоговой модели, представленной в данной статье.

Литература

1. Будников С. А., Гревцев А. И., Иванцов А. В., Кильдюшевский В. М., Козирацкий А. Ю., Козирацкий Ю. Л., Кущев С. С., Лысиков В. Ф., Паринов М. Л., Прохоров Д. В. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения. Монография / Под ред. Козирацкого Ю.Л. – М.: Радиотехника, 2013. – 232 с.
2. Владимиров В. И., Лихачев В. П., Шляхин В. М. Антагонистический конфликт радиоэлектронных систем. – М.: Радиотехника, 2004. – 384 с.
3. Макаренко С. И., Михайлов Р. Л. Информационные конфликты – анализ работ и методологии исследования // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 3. С. 95-178. URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-03/04-Makarenko.pdf> (дата обращения 17.02.2017).
4. 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://sccs.intelgr.com/archive/2015-03/07-Makarenko.pdf> (дата обращения 17.02.2017).
5. Макаренко С. И. Моделирование совместного использования ресурсов системы связи методами популяционной динамики // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 9. С. 63-65.
6. Макаренко С. И. Модели воздействия средств радиоэлектронной борьбы на систему связи на основе методов популяционной динамики // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 1. С. 96-99.
7. Стародубцев Ю. И., Бухарин В. В., Семенов С. С. Техносферная война // Военная мысль. 2012. № 7. С. 22-31.

8. Стародубцев Ю. И., Бухарин В. В., Семенов С. С. Техносферная война // Информационные системы и технологии. 2011. № 1. С. 80-85.
9. Стародубцев Ю. И., Семенов С. С., Бухарин В. В. Техносферная война // Научно-информационный журнал Армия и общество. 2010. № 4. С. 6-11.
10. Семенов С. С., Гусев А. П., Барботько Н. В. Оценка информационно-боевого потенциала сторон в техносферных конфликтах // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. 2013. Т. 5. № 6. С. 10-21.
11. Асосков А. Н., Малышева И. Н. К вопросу о синтезе алгоритма управления инфокоммуникационной системы в условиях информационного конфликта // Теория и техника радиосвязи. 2011. № 4. С. 19-26.
12. 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.
13. Алферов А. Г., Власов Ю. Б., Толстых И. О., Толстых Н. Н., Челядинов Ю. В. Формализованное представление эволюционирующего информационного конфликта в телекоммуникационной системе // Радиотехника. 2012. № 8. С. 27-33.
14. Алферов А. Г., Толстых И. О., Толстых Н. Н., Поздышева О. В., Мордовин А. И. Устойчивость инфокоммуникационных систем в условиях информационного конфликта // Информация и безопасность. 2014. Т. 17. № 4. С. 558-567.
15. Алферов А. Г., Мордовин А. И., Толстых Н. Н., Поздышева О. В. Эффективность систем управления связью при ограничении ресурса в режиме информационного конфликта // Информация и безопасность. 2014. Т. 17. № 4. С. 548-557.
16. Остапенко Г. А., Плотников Д. Г., Гузев Ю. Н. Особенности конфликтологии взвешенных сетей: понятие сетевого конфликта // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 1. С. 136-137.
17. Остапенко Г. А., Плотников Д. Г., Гузев Ю. Н. Формализация описания сетевого конфликта // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 2. С. 232-237.
18. Остапенко Г. А., Плотников Д. Г., Гузев Ю. Н. Стратегии сетевого противоборства // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 2. С. 250-253.
19. Остапенко Г. А., Плотников Д. Г., Гузев Ю. Н. Динамика развития сетевого конфликта // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 2. С. 278-279.
20. Белый А. Ф. Метод анализа двусторонних процессов информационного противодействия в критически важной информационной системе на основе моделей динамики средних // Безопасность информационных технологий. 2011. № 3. С. 5-9.
21. Борзенков А. В., Анисеев А. А., Борзенков В. А., Русакович А. А. К исследованию математической модели локальной информационной WWW безопасности в терминах системы дифференциальных уравнений // Технологии информатизации и управления. — URL:

http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/97751/1/Борзенков_Аникеев.pdf (дата обращения 27.02.2017).

22. Веселов Г. Е., Колесников А. А. Синергетический подход к обеспечению комплексной безопасности сложных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 4 (129). С. 8-18.

23. 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.

24. Надеждин Е. Н. Оценка эффективности механизма защиты сетевых ресурсов на основе игровой модели информационного противоборства // Научный вестник. 2015. № 2 (4). С. 49-58. doi: 10.17117/nv.2015.02.049

25. Петров А. П., Маслов А. И., Цаплин Н. А. Моделирование выбора позиций индивидами при информационном противоборстве в социуме // Математическое моделирование. 2015. Т. 27. № 12. С. 137-148.

26. Семенова И. И., Мишуринов А. О. Система управления моделями в области информационного противоборства // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2010. Т. 4. № 1 (49). С. 150-160.

27. Шведовский В. А., Петрова М. А. Математическое моделирование напряженности этно-политического конфликта // Социология: методология, методы, математическое моделирование. 2001. № 14. С. 151-175.

28. Шведовский В. А. Динамическая модель электорального поведения // Математическое моделирование. 2000. Т. 12. № 8. С. 46-56.

29. Udawadia F., Leitmann G. E., Lambertini L. A Dynamical model of terrorism // Discrete Dynamics in Nature and Society. 2006. Vol. 2006. Article ID 85653. Pp. 1-32. doi: 10.1155/DDNS/2006/85653

30. Базыкин А. Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 368 с.

31. Саирежев Ю. М. Логофет Д. О. Устойчивость биологических сообществ. – М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1978. – 352 с.

32. Гиммельфарб А. А., Гинзбург Л. Р., Полуэктов Р. А., Пых Ю. А., Ратнер В. А. Динамическая теория биологических популяций / Под редакцией Р.А. Полуэктова. – М.: Наука, 1974. – 456 с.

33. Меншуткин В. В. Математическое моделирование популяций и сообществ водных животных. – Л.: Наука, 1971. – 196 с.

34. Братусь А. С., Новожилов А. С., Платонов А. П. Динамические системы и модели биологии. – М.: Физико-математическая литература, 2009. – 400 с.

35. Дорошин А. В. Математическое моделирование в нелинейной динамике: учеб. пособие. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. – 100 с.

36. Бондарчук С. С., Перевозкин В. П. Математическое моделирование в популяционной экологии. Учебное пособие. – Томск, Томский государственный педагогический университет. 2014. – 233 с.

37. Трубецков Д. И. Феномен математической модели Лотки-Вольтерры и сходных с ней // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2011. Т. 19. № 2. С. 69-88.

38. Колпак Е. П., Горыня Е. В., Крылова В. А., Полежаев Д. Ю. Математическая модель конкуренции двух популяций на линейном ареале // Молодой учёный. 2014. № 12 (71). С. 12-22.

39. Кольцова Э. М., Третьяков Ю. Д., Гордеев Л. С., Вертегел А. А. Нелинейная динамика и термодинамика необратимых процессов в химии и химической технологии. – М.: Химия, 2001. – 408 с.

40. Баутин Н. Н., Леонтович Е. А. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. – М.: Наука, 1990. – 486 с.

41. Мануйлов Ю. С., Новиков Е. А. Преобразование и исследование математических моделей динамических систем. Учебное пособие / Под ред. Ю.С. Мануйлов. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского. – 344 с.

References

1. Budnikov S. A., Grevtsev A. I., Ivantsov A. V., Kil'diushevskii V. M., Koziratskii A. Iu., Koziratskii Iu. L., Kushchev S. S., Lysikov V. F., Parinov M. L., Prokhorov D. V. *Modeli informatsionnogo konflikta sredstv poiska i obnaruzheniia. Monografiia* [Model information conflict of search and discovery. Monograph]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2013. 232 p. (in Russian).

2. 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).

3. 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. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-03/04-Makarenko.pdf> (accessed 17 February 2017) (in Russian).

4. 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. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2015-03/07-Makarenko.pdf> (accessed 17 February 2017) (in Russian).

5. Makarenko S. I. The Model of the Resource Distribution for Communication System by the Dynamics Population Methods. *Vestnik Voronejskogo gosudarstvennogo technicheskogo universiteta*, 2010, vol. 6, no 9, pp. 63-65 (in Russian).

6. Makarenko S. I. The Models of Influence of the Radio-Electronic Countermeasures Equipment on the Communication System by the Population Dynamic Methods. *Vestnik Voronejskogo gosudarstvennogo technicheskogo universiteta*, 2011, vol. 7, no 1, pp. 96-99 (in Russian).

7. Starodubtsev Ju. I., Bukharin V. V., Semenov S. S. Tekhnosfernaia voina [Techno War]. *Military Thought*, 2012, no. 7. pp. 22-31 (in Russian).
8. Starodubtsev Ju. I., Bukharin V. V., Semenov S. S. Technospherny war. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii*, 2011, no. 1, pp. 80-85 (in Russian).
9. 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).
10. Semenov S. S., Gusev A. P., Barbotko N. V. Assessment Information the Combat Potential of the Parties in Technosphere Conflicts. *High Tech in Earth Space Research*, 2013, vol. 5, no. 6, pp. 10-21 (in Russian).
11. Asoskov A. N., Malysheva I. N. On infocommunication system management algorithm synthesis under information conflict conditions. *Teoriia i tekhnika radiosviazi*, 2011, no. 4, pp. 19-26 (in Russian).
12. Alfeyorov A. G., Belitsky A. M., Stepanets Yu. A., Tolstykh N. N. Infocommunicational system control interception. *Teoriia i tekhnika radiosviazi*, 2014, no. 4, pp. 5-13 (in Russian).
13. Alferov A. G., Vlasov J. B., Tolstykh I. O., Tolstykh N. N., Chelajdinov J. V. The formalized representation of the evolving information conflict in telecommunication system. *Radiotekhnika*, 2012, no. 8. pp. 27-33 (in Russian).
14. Alferov A. G., Tolstykh I. O., Tolstykh N. N., Pozdysheva O. V., Mordovin A. I. Ustochivost' infokommunikatsionnykh sistem v usloviakh informatsionnogo konflikta [Sustainability of information and communication systems in terms of information conflict]. *Informatsiia i bezopasnost*, 2014, vol. 17, no. 4, pp. 558-567 (in Russian).
15. Alferov A. G., Mordvin A. I., Tolstykh N. N., Pozdysheva O. V. Spectacular relationship management systems with limited resources sa a news conflict. *Information and security*, 2014, vol. 17, no. 4, pp. 548-557 (in Russian).
16. Ostapenko G. A., Plotnikov D. G., Guzev Yu. N. Features of conflictology of the weighed networks: concept of the network conflict. *Informatsiia i bezopasnost*, 2016, vol. 19, no. 1, pp. 136-137 (in Russian).
17. Ostapenko G. A., Plotnikov D. G., Guzev Yu. N. Formalization of the description of the network conflict. *Informatsiia i bezopasnost*, 2016, vol. 19, no. 2, pp. 232-237 (in Russian).
18. Ostapenko G. A., Plotnikov D. G., Guzev Yu. N. Strategy of network oppositon. *Informatsiia i bezopasnost*, 2016, vol. 19, no. 2, pp. 250-253 (in Russian).
19. Ostapenko G. A., Plotnikov D. G., Guzev Yu. N. Dynamics of development of the network conflict. *Informatsiia i bezopasnost*, 2016, vol. 19, no. 2, pp. 278-279 (in Russian).
20. Belyi A. F. Metod analiza dvustoronnikh protsessov informatsionnogo protivodeistviia v kriticheski vazhnoi informatsionnoi sisteme na osnove modelei dinamiki srednikh [The method of analysis of the bilateral processes of information counteraction in mission-critical information system on the basis of models of the dynamics of average]. *IT Security*, 2011, no. 3, pp. 5-9 (in Russian).
21. Borzenkov A. V., Anikeev A. A., Borzenkov V. A., Rusakovich A. A. K issledovaniiu matematicheskoi modeli lokal'noi informatsionnoi WWW bezopasnosti v terminakh sistemy differentsial'nykh uravnenii [To the study of mathematical

models of the WWW local information security in terms of systems of differential equations]. *Tekhnologii informatizatsii i upravleniia*. Available at: http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/97751/1/Борзенков_Аникеев.pdf (accessed 27 February 2017) (in Russian).

22. Veselov G. E., Kolesnikov A. A. Sinergeticheskii podkhod k obespecheniiu kompleksnoi bezopasnosti slozhnykh sistem [A synergistic approach to ensuring overall security of complex systems]. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, 2012, vol. 129, no. 4, pp. 8-18 (in Russian).

23. Mikhailov R. L., Larichev A. V., Smyslova A. L., Leonov P. G. Model of resource allocation in information conflict of complicated organizational and technical systems. *Cherepovets state university bulletin*, 2016, no. 6, pp. 24-29 (in Russian).

24. Nadezhdin E. N. Evaluation of the effectiveness of the protection mechanism of network resources based gaming model of information warfare. *Science Bulletin*, 2015, vol. 4, no. 2, pp. 49-58. doi: 10.17117/nv.2015.02.049 (in Russian).

25. Petrov A. P., Maslov A. I., Tsaplin N. A. Modeling of Making Choices by Individuals During Information Warfare in Society. *Mathematical Models and Computer Simulations*, 2015, vol. 27, no. 12, pp. 137-148. (in Russian).

26. Semenova I. I., Mishurin A. O. Management System Model of Information Counterforce. *Vestnik Saratov State Technical University*, 2010, vol. 4, no. 1, pp. 150-160. (in Russian).

27. Shvedovskii V. A., Petrova M. A. Matematicheskoe modelirovanie napriazhennosti etno-politicheskogo konflikta [Mathematical modeling of the tension of ethno-political conflict]. *Sociology: methodology, methods, mathematical modeling*, 2001, no. 14, pp. 151-175 (in Russian).

28. Shvedovskii V. A. Dinamicheskaiia model' elektoral'nogo povedeniia [A dynamic model of electoral behavior]. *Mathematical Models and Computer Simulations*, 2000, vol. 12, no. 8, pp. 46-56 (in Russian).

29. Udvardi F., Leitmann G. E., Lambertini L. A Dynamical model of terrorism. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2006, vol. 2006, article ID 85653, pp. 1-32. doi: 10.1155/DDNS/2006/85653

30. Bazykin A. D. *Nelineinaia dinamika vzaimodeistvuiushchikh populiatsii* [Nonlinear dynamics of interacting populations]. Moscow, Institute of computer science, 2003. – 368 p. (in Russian).

31. Sairezhev Iu. M., Logofet D. O. *Ustoichivost' biologicheskikh soobshchestv* [Stability of biological communities]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 352 p. (in Russian).

32. Gimmel'farb A. A., Ginzburg L. R., Poluektov R. A., Pykh Iu. A., Ratner V. A. *Dinamicheskaiia teoriia biologicheskikh populiatsii* [Dynamic theory of biological populations]. Moscow, Nauka Publ., 1974. 456 p. (in Russian).

33. Menshutkin V. V. *Mathematical Modelling of Populations and Aquatic Faunal Communities*. Leningrad, Publishing House «Nauka», 196 p. (in Russian).

34. Bratus A. S., Novozhilov A. S., Platonov A. P. *Dinamicheskie sistemy i modeli biologii* [Dynamical systems and models of biology]. Moscow, Fiziko-matematicheskaya literatura Publ., 2009. 400 p. (in Russian).
35. Doroshin A. V. *Matematicheskoe modelirovanie v nelineinoi dinamike* [Mathematical modeling in nonlinear dynamics]. Samara, Samara State Aerospace University Publ., 2008. 100 p. (in Russian).
36. Bondarchuk S. S., Perevozkin V. P. *Matematicheskoe modelirovanie v populiatsionnoi ekologii* [Mathematical modelling in population ecology]. – Tomsk, Tomsk State Pedagogical University. 2014. 233 p. (in Russian).
37. Trubetskov D. I. Phenomenon of Lotka–Volterra Mathematical Model and Similar Models. *Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics*, 2011, vol. 19, no. 2, pp. 69-88. (in Russian).
38. Kolpak E. P., Gorynia E. V., Krylova V. A., Polezhaev D. Iu. Matematicheskaya model' konkurentsii dvukh populiatsii na lineinom areale [A mathematical model of competition of two populations along a linear habitat]. *Young Scientist*, 2014, vol. 71, no. 12, pp. 12-22 (in Russian).
39. Kol'tsova E. M., Tret'iakov Iu. D., Gordeev L. S., Vertegel A. A. *Nelineinaya dinamika i termodinamika neobratimyykh protsessov v khimii i khimicheskoi tekhnologii* [Nonlinear dynamics and thermodynamics of irreversible processes in chemistry and chemical technology]. Moscow, Khimiya Publ., 2001. 408 p. (in Russian).
40. Bautin N. N., Leontovich E. A. *Metody i priemy kachestvennogo issledovaniia dinamicheskikh sistem na ploskosti* [Methods and techniques of qualitative research of dynamic systems on a plane]. Moscow, Nauka Publ., 1990. – 486 p. (in Russian).
41. Manuilov Iu. S., Novikov E. A. *Preobrazovanie i issledovanie matematicheskikh modelei dinamicheskikh sistem* [Conversion and study of mathematical models of dynamic systems]. Saint Petersburg, Mozhaisky Military Space Academy. 344 p. (in Russian).

Статья поступила 1 марта 2017 г.

Информация об авторе

Макаренко Сергей Иванович – кандидат технических наук, доцент. Доцент кафедры сетей и систем связи космических комплексов. Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. Область научных интересов: устойчивость сетей и систем связи к преднамеренным деструктивным воздействиям; радиоэлектронная борьба; информационное противоборство. E-mail: mak-serg@yandex.ru

Адрес: Россия, 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская д. 13.

Dynamic Model of the Bi-directional Information Conflict to Take into Account Capabilities of Monitoring, Capturing and Locking of Information Resources

S. I. Makarenko

Statement of the problem. Means of destructive impacts on the information systems are improving so the scientific-methodical apparatus of protection for the information conflict should be developed also. Dynamic and transitional processes in the information conflict have been incomplete researched currently. Although, some researchers indicate what the information resource can be captured and redistributed in the course of the conflict. But these processes have not been researched yet. Therefore, the analysis of dynamic processes in the conflict information systems is a topical area of research. **The aim of this paper** is to develop the dynamic model of the bi-directional information conflict to take into account capabilities of monitoring, capturing and locking of information resources. Whereas each of the conflicting systems consist of several subsystems. These are the monitoring subsystem, the capturing subsystem, the blocking information resource subsystem and the normal information subsystem. **Methods used.** The theory of population dynamics which simulate the competition of different species in the process of evolution was used as a basis for model of the information conflict. Methods of the theory of dynamical systems were used to develop mathematical model of information conflict and its research. Model of information conflict is the system of four nonlinear differential equations. **Novelty.** The novelty of the model is to take into account the capabilities of monitoring, capturing and locking of information resources in the dynamics process of development of information conflict. **Results.** The result of the research by model is to identify several of the typical states of conflict and the bifurcation points where conflict changes its state. In bifurcation point one of the conflicting parties can change the development trajectory of the conflict and so this party will have possibility to win. The action scenarios of one of the parties to achieve wining in the conflict are based on the research by model. A typical scenario of action for one of the parties was analyzed, to determine the most "strong" parameters of this party, and the change directions the parameters to ensure wining. **Practical significance.** The model of informational conflict can be used a large number of conflicts between the real information-technology systems in several areas. These areas are electronic warfare, radio monitoring, and information warfare. The scenarios what are presented in the paper can be used to improve software of the real technical systems for their wining in the dynamic information conflict.

Key words: conflict, dynamic conflict, information conflict, information resource, electronic warfare, radio monitoring, information warfare, cyberattack.

Information about Author

Sergey Ivanovich Makarenko – Ph.D. of Engineering Sciences, Docent. Associate Professor at the Department of Networks and Communication Systems of Space Systems. Mozhaisky Military Space Academy. Field of research: stability of network against the purposeful destabilizing factors; electronic warfare; information struggle. E-mail: mak-serg@yandex.ru

Address: Russia, 197198, Saint Petersburg, Zhdanovskaya ulica, 13.