Модель телекоммуникационной сети при координации подсистем в составе инфокоммуникационной системы

The model of a telecommunication net in terms of infocommunication subsystems coordination

Михайлов / Mikhailov R.
Роман Леонидович
(cvviur6@mil.ru)
кандидат технических наук.
ФГКВОУ ВО «Военный ордена Жукова университет радиоэлектроники» МО РФ, (Военный университет радиоэлектроники),
преподаватель кафедры.
г. Череповец

Привалов / Privalov A.
Александр Андреевич
(privalov1985@yandex.ru)
кандидат технических наук.
ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта»,
доцент кафедры управления и защиты информации.
г. Москва

Поляков / Polyakov S.
Степан Львович
(cvviur6@mil.ru)
Военный университет радиоэлектроники,
адъюнкт.
г. Череповец

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть – telecommunication net; инфокоммуникационная система – infocommunication system; информационный конфликт – information conflict; координация – coordination; информационное превосходство – information superiority.

В работе проведен анализ функционирования телекоммуникационной сети в составе инфокоммуникационной системы в условиях информационного конфликта. Исследованы временные параметры отправки координирующих сигналов подсистемам мониторинга и воздействия применительно к снижению избыточности передаваемого в сети трафика.

The analysis of telecommunication net as a part of special purpose infocommunication system functioning in information conflict is presented. Time parameters of coordinating signals to monitoring and impact subsystem were researched in relation of reducing the redundancy of telecommunication net traffic.

Актуальность

На современном уровне развития науки и техники инфокоммуникационные системы (ИКС), являющиеся продуктом объединения традиционных информационных систем (ИС) и телекоммуникационных сетей (ТКС), становятся главным фактором, определяющим эффективное функционирование систем управления организационного типа [1–7]. Существенную роль ИКС играют в силовых ведомствах, например в МЧС, МВД и МО РФ, так как с их помощью удается в сжатые сроки осуществлять сбор информации о динамично меняющейся внешней обстановке, ее хранение, передачу, анализ и обработку в интересах выработки вариантов и выбора решений, которые доводятся до исполнителей с высокими требованиями по оперативности и достоверности. В соответствии с [8] подобные ИКС используются для нужд органов государственной власти, обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка.

Следует отметить, что в развитых иностранных государствах планируется уже не просто создание в силовых

1 2021.indd 18 23.03.2021 14:14:58

ведомствах ИКС, а внедрение в их структуру таких инфокоммуникационных технологий и концепций, как «кибервойна», «информационная война», «сетецентрическая война» и других, использование которых направлено на достижение информационного превосходства. В данной работе данные технологии и концепции объединены понятием «информационный конфликт», а под информационным превосходством в информационном конфликте понимается способность осуществлять непрерывный сбор сведений о противостоящей стороне, их обработку, распределение потока достоверной информации в интересах применения основных (базовых) средств, а также способность обеспечить упреждение выполнения аналогичных действий противостоящей стороной [2, 9].

Данная статья является дальнейшим развитием работ [9–19] в области разработки элементов научно-методического аппарата динамической координации подсистем в составе ИКС в условиях информационного конфликта. Ранее были исследованы структура ИКС и аспекты информационного конфликта [18], определен вклад подсистем в составе ИКС в достижение информационного превосходства посредством осуществления информационных контактов с устройствами телекоммуникаций (УТ) в составе ТКС противостоящей ИКС [19] и предложены подходы к определению и оцениванию показателя превосходства [12]. Показано, что динамическая координация подсистем мониторинга и воздействия в составе ИКС [11] позволяет обеспечить преимущество во времени принятия решения системой управления при применении основных (базовых) сил и средств.

В работах [13, 14, 16] предложены модели динамической координации, формализованы координирующие сигналы, отражающие результаты определения оптимального распределения между подсистемами мониторинга и воздействия УТ в составе противостоящей ТКС ИКС [10, 15, 17] для информационных контактов в интересах достижения информационного превосходства в информационном конфликте. Однако в ранее изданных работах оценивание интервалов времени между отправкой координирующих сигналов через каналы связи ТКС ИКС не осуществлялось. Вместе с тем, как показано в работах П. А. Будко [20, 21], ТКС в составе ИКС, с одной стороны, должна обеспечивать минимальные потери целевой информации а, с другой – должна обладать минимальной избыточностью. Таким образом, длительность интервалов времени между отправкой координирующих сигналов должна быть адаптирована под условия протекания информационного конфликта ИКС, т. е., с одной стороны, координирующий сигналы должны учитывать реальные характеристики информационного обмена в ТКС ИКС противостоящей стороны и средств в составе подсистем мониторинга и воздействия, а с другой – не создавать избыточный трафик в «своей» ТКС ИКС. Вследствие этого, разработка модели ТКС ИКС и исследование зависимости адекватности динамической координации подсистем мониторинга и воздействия в составе ИКС от длительности интервалов времени между отправкой координирующих сигналов является актуальной научной задачей.

Модель ТКС при координации подсистем в составе ИКС

Рассмотрим процесс динамической координации подсистем мониторинга и воздействия, адекватность которой определяется степенью соответствия координирующих сигналов складывающимся условиям протекания информационного конфликта ИКС (условиям распределения УТ ИКС противостоящей стороны между подсистемами мониторинга и воздействия). Под изменением условий распределения УТ ИКС противостоящей стороны понимается изменение потенциального информационного ущерба вследствие информационных контактов с ними средств в составе подсистем мониторинга и воздействия [19]. Изменение этих условий может стать следствием как увеличения (уменьшения) объема оперативной информации, передаваемой через конкретный УТ ИКС противостоящей стороны, так и изменения характеристик или числа средств в составе подсистем мониторинга и воздействия. В результате ИКС проходит через следующую циклическую последовательность смены состояний: «скоординированное состояние» – «анализ условий» – «расчет распределения УТ» – «скоординированное состояние».

Введем следующие обозначения для формализации процесса динамической координации подсистем в составе ИКС:

S_0, S_1, S_2 – состояния, в которых может находиться ИКС;

$P_{изм}(t)$ – вероятность изменения условий распределения УТ ИКС противостоящей стороны за время t;

$\lambda_{изм}$ – интенсивность изменений условий распределения УТ ИКС противостоящей стороны;

$T_{изм} = 1/\lambda_{изм}$ – среднее время между изменениями условий распределения УТ ИКС противостоящей стороны;

$T_{коорд}$ – период времени между отправкой координирующих сигналов подсистемам мониторинга и воздействия;

$T_{ан}$ – среднее время, необходимое подсистемам мониторинга и воздействия для перенацеливания средств по УТ ИКС противостоящей стороны;

$K_{адекв}$ – коэффициент адекватности распределения УТ ИКС противостоящей стороны;

$T_{опр}$ – среднее время определения координирующих сигналов в изменившихся условиях распределения УТ ИКС противостоящей стороны;

t – время.

Формализуем рассматриваемый процесс динамической координации подсистем в составе ИКС в виде марковского процесса смены состояний (рис. 1).

1 2021.indd 19 23.03.2021 14:14:59

В представленной модели процесс функционирования ИКС представлен в виде последовательности перехода между различными состояниями:

S_0 – «скоординированное состояние», т. е. состояние, при котором отправленные координирующие сигналы соответствуют условиям распределения УТ ИКС противостоящей стороны;

S_1 – «анализ условий», когда стали известны новые условия распределения УТ ИКС противостоящей стороны, и подсистемы мониторинга и воздействия осуществляют перенацеливание средств в их составе с целью обеспечения нанесения требуемого информационного ущерба ИКС противостоящей стороны [16, 19];

S_2 – «расчет распределения УТ», т. е. состояние при котором осуществляется определение оптимального распределения УТ ИКС противостоящей стороны между подсистемами мониторинга и воздействия.

В начальный момент времени ИКС находится в «скоординированном состоянии». Это состояние является основным состоянием системы в нормальных условиях функционирования. При изменении условий распределения УТ ИКС противостоящей стороны она переходит в состояние «анализа условий» $S_0 \to S_1$. Если за время анализа $T_{ан}$ подсистемам мониторинга и воздействия удалось компенсировать изменения характеристик информационного обмена между УТ ИКС противостоящей стороны перенацеливанием средств в их составе, либо эти характеристики вернулись к исходным значениям, то ИКС переходит обратно в «скоординированное состояние» $S_1 \to S_0$, в противном случае она переходит в новое состояние «расчета распределения УТ» $S_1 \to S_2$, в котором осуществляется определение координирующих сигналов, соответствующих новым условиям распределения УТ ИКС противостоящей стороны и их отправка, после чего ИКС снова переходит в «скоординированное состояние» $S_2 \to S_0$.

Параметры переходов между состояниями $S_i \to S_j$ определяются вероятностями p_{ij}, зависящими от вероятности изменения характеристик информационного обмена между УТ ИКС противостоящей стороны $P_{изм\ ИО}(t)$ за время t, а также от временных параметров координации в ИКС: периода времени между отправкой координирующих сигналов подсистемам мониторинга и воздействия $T_{коорд}$; времени, необходимого подсистемам мониторинга и воздействия для перенацеливания средств по УТ ИКС противостоящей стороны $T_{ан}$ и времени определения координирующих сигналов $T_{опр}$.

Введем допущение о пуассоновском потоке изменений условий протекания информационного конфликта ИКС и, соответственно, экспоненциальном распределении времени между отдельными изменениями $T_{изм}$ как наихудшем для ИКС варианте изменения условий протекания информационного конфликта (рис. 2).

Определим переходные вероятности между состояниями ИКС.

Вероятность p_{00} того, что за интервал координации $T_{коорд}$ не произошло изменений условий распределения УТ:

$$p_{00} = P\left(T_{коорд} < T_{изм}\right) = e^{-\frac{T_{коорд}}{T_{изм}}}. \quad (1)$$

Вероятность p_{01} того, что за интервал координации $T_{коорд}$ произошло изменение условий распределения УТ, и система перешла в состояние «изменение условий»:

$$p_{01} = P\left(T_{коорд} > T_{изм}\right) = 1 - e^{-\frac{T_{коорд}}{T_{изм}}}. \quad (2)$$

Вероятность p_{10} того, что за период координации $T_{коорд}$ подсистемам мониторинга и воздействия удалось компенсировать изменения характеристик информационного обмена между УТ ИКС противостоящей стороны маневром резерва средств в их составе, и система вернулась в «скоординированное состояние»:

$$p_{10} = P\left(T_{коорд} > T_{изм} + T_{ан}\right) = 1 - e^{-\frac{T_{коорд}}{T_{изм}+T_{ан}}}. \quad (3)$$

Вероятность p_{12} того, что за период за период координации $T_{коорд}$ подсистемам мониторинга и воздействия не удалось компенсировать изменения характеристик

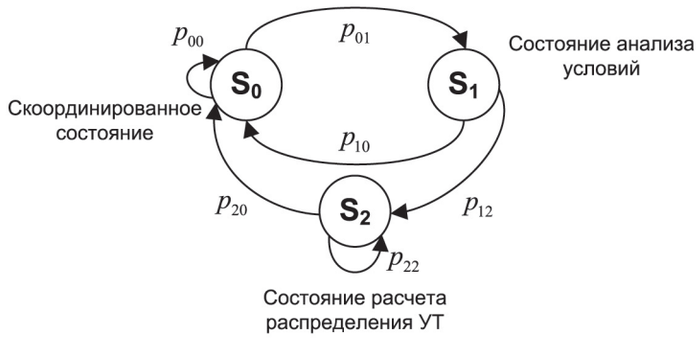


Рис. 1. Формализованный марковский процесс динамической координации подсистем в составе ИКС

1 2021.indd 20 23.03.2021 14:15:00

информационного обмена между УТ ИКС противостоящей стороны маневром резерва средств в их составе, и система перешла в состояние «расчета распределения»:

$$p_{12} = P\left(T_{\text{коорд}} < T_{\text{изм}} + T_{\text{ан}}\right) = e^{-\frac{T_{\text{коорд}}}{T_{\text{изм}}+T_{\text{ан}}}} . \quad (4)$$

Вероятность p_{20} того, что за время $T_{\text{опр}}$ произошел расчет распределения УТ, и система перешла в «скоординированное состояние». Время расчета принято распределенным по экспоненциальному закону с математическим ожиданием $T_{\text{опр}}$.

$$p_{20} = P\left(t > T_{\text{опр}}\right) = e^{-1} . \quad (5)$$

Вероятность p_{22} того, что по истечении времени $T_{\text{опр}}$ продолжается расчет распределения УТ ИКС противостоящей стороны:

$$p_{33} = P\left(t < T_{\text{опр}}\right) = 1 - e^{-1} . \quad (6)$$

Формализация функционирования ИКС в виде марковского процесса с данными переходными вероятностями p_{ij} позволяет составить уравнения для состояний системы, при допущении о стационарности процесса ее функционирования:

$$\begin{cases} P(S_0)p_{00} + P(S_1)p_{10} + P(S_2)p_{20} - P(S_0)p_{00} - P(S_0)p_{01} = 0; \\ P(S_0)p_{01} - P(S_1)p_{12} - P(S_1)p_{10} = 0; \\ P(S_1)p_{12} + P(S_2)p_{22} - P(S_2)p_{22} - P(S_2)p_{20} = 0; \\ P(S_0) + P(S_1) + P(S_2) = 1. \end{cases} \quad (7)$$

Решение данной системы уравнений позволит получить вероятности нахождения системы в состояниях S_i:

$$P(S_0) = \frac{p_{20}}{p_{20} + p_{01}\left(p_{12} + p_{20}\right)};$$

$$P(S_1) = \frac{p_{20}p_{01}}{p_{20} + p_{01}\left(p_{12} + p_{20}\right)};$$

$$P(S_2) = \frac{p_{01}p_{12}}{p_{20} + p_{01}\left(p_{12} + p_{20}\right)}. \quad (8)$$

Для решения задачи обоснования временных параметров функционирования ТКС при динамической координации подсистем мониторинга и воздействия из (8), с учетом (1–6), сокращая и приводя подобные, получим выражение для обеспечения заданного уровня вероятности $P(S_0)$, которая по своему физическому смыслу соответствует коэффициенту адекватности распределения УТ ИКС противостоящей стороны $K_{\text{адекв}}$:

$$K_{\text{адекв}} = P\left(S_0\right) = \frac{e^{-1}}{e^{-1} + \left(1 - e^{-\frac{T_{\text{коорд}}}{T_{\text{изм}}}}\right)\left(e^{-\frac{T_{\text{коорд}}}{T_{\text{изм}}+T_{\text{ан}}}} + e^{-1}\right)} =$$

$$= \frac{e^{-1}}{2e^{-1} - e^{-\frac{T_{\text{коорд}}(2T_{\text{изм}}+T_{\text{ан}})}{T_{\text{изм}}(T_{\text{изм}}+T_{\text{ан}})}} - e^{-\frac{T_{\text{изм}}+T_{\text{коорд}}}{T_{\text{изм}}}} + e^{-\frac{T_{\text{коорд}}}{T_{\text{изм}}+T_{\text{ан}}}}} . \quad (9)$$

Отличительной особенностью предлагаемой модели, по сравнению с аналогами, является ее универсальность применения для моделирования систем, функционирование которых связано с изменением внешних и внутренних условий координации подсистем в их

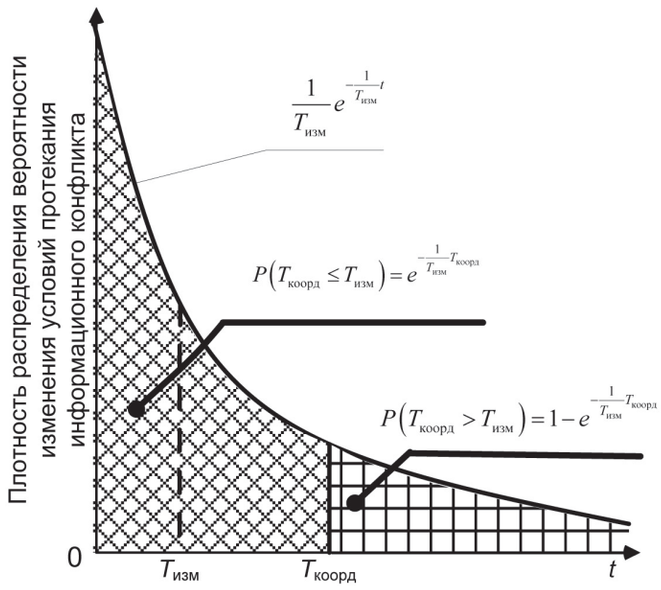
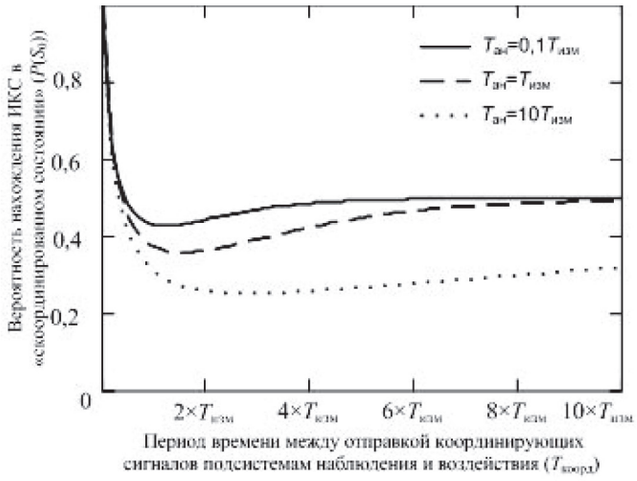
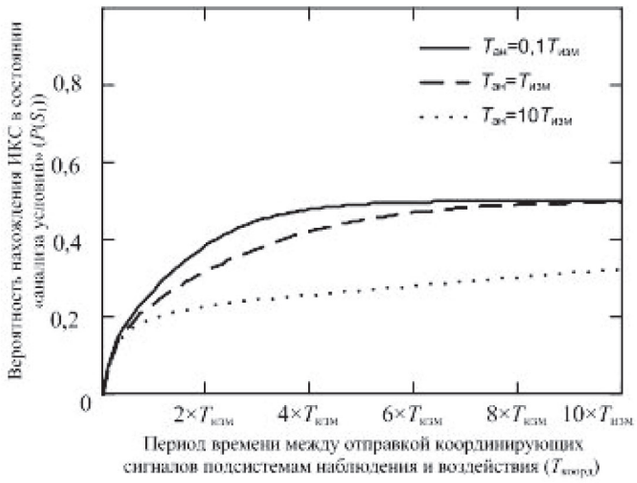


Рис. 2. Пояснение к допущению о пуассоновском потоке изменения условий протекания информационного конфликта ИКС

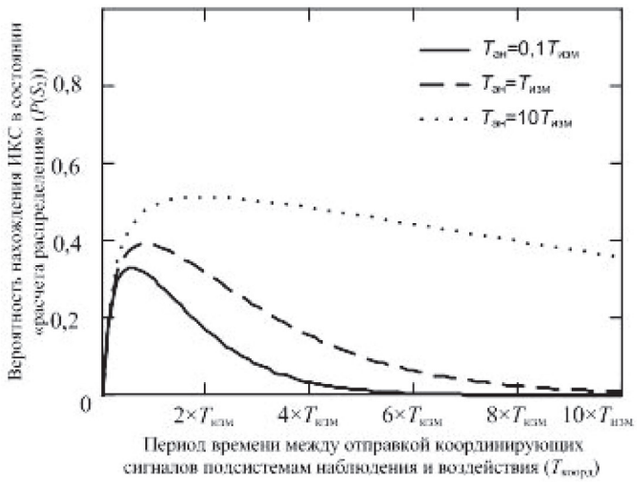
1 2021.indd 21 23.03.2021 14:15:02



а)



б)



в)

Рис. 3. Зависимости конечных вероятностей состояний системы $P(S_i)$ от $T_{коорд}$ при различных значениях $T_{ан}$

1 2021.indd 22 23.03.2021 14:15:03

составе. Кроме того, в рамках предложенной модели строго увязаны значения временных интервалов координации ($T_{коорд}$) и времени, необходимого подсистемам для перестройки в новых условиях ($T_{ан}$) со средним временем между изменениями этих условий ($T_{изм}$). На основе данной модели возможна разработка элементов НМА повышения коэффициента адекватности динамической координации подсистем в составе единой системы различного назначения ($K_{адекв}$) путем адаптивного изменения интервалов координации в зависимости от текущего значения $T_{изм}$.

Исследование вероятностей нахождения ИКС при координации подсистем мониторинга и воздействия в различных состояниях

Результаты исследования зависимости вероятностей $P(S_i)$ от значений периода времени $T_{коорд}$, нормированного к среднему времени $T_{изм}$, при различных значениях времени $T_{ан}$ с учетом следующих ограничений: $T_{изм} = 1$; $T_{ан} = 0{,}1T_{изм}$, $T_{изм}$, $10T_{изм}$; $T_{опр} = T_{изм}$; Tкоорд $= 0...10T_{изм}$ приведены на рис. 3, а–в.

Анализ графических зависимостей, приведенных на рис. 3, а–в, позволяет сделать следующие выводы.

1. Отношение $T_{ан}/T_{изм}$ влияет на быстроту схождения вероятностей $P(S_i)$ к своим предельным значениям. При $T_{коорд} = 0$ значение вероятности $P(S_0)$ – максимальное ($P(S_0) \to 1$), а вероятностей $P(S_1)$ и $P(S_2)$ – минимальное ($P(S_1) \to 0$, $P(S_2) \to 0$).

2. При увеличении отношения $T_{коорд}/T_{изм}$ вероятность $P(S_0)$ снижается до минимального значения, которое зависит от отношения $T_{ан}/T_{изм}$ и составляет $P(S_0) \approx 0{,}45$ при $T_{ан} = 0{,}1T_{изм}$, $P(S_0) \approx 0{,}35$ при $T_{ан} = T_{изм}$ и $P(S_0) \approx 0{,}25$ при $T_{ан} = 10T_{изм}$, а затем возрастает до предельного значения $P(S_0) \approx 0{,}5$. Значение отношения $T_{коорд}/T_{изм}$ при котором значение вероятности и $P(S_0)$ минимально также зависит от отношения $T_{ан}/T_{изм}$ и составляет $T_{коорд} \approx T_{изм}$ при $T_{ан} = 0{,}1T_{изм}$, $T_{коорд} \approx 1{,}3T_{изм}$ при $T_{ан} = T_{изм}$ и $T_{коорд} \approx 2{,}5T_{изм}$ при $T_{ан} = 10T_{изм}$. При значениях $T_{коорд} \leq 0{,}5T_{изм}$ отношение $T_{ан}/T_{изм}$ практически не влияет на значение вероятности $P(S_0)$ $P(S_0) \to 1$ при $T_{коорд} = 0$ и $P(S_0) \approx 0{,}5$ при $T_{коорд} = 0{,}5T_{изм}$).

3. При увеличении отношения $T_{коорд}/T_{изм}$ вероятность $P(S_2)$ возрастает до максимального значения, которое зависит от отношения $T_{ан}/T_{изм}$ и составляет $P(S_2) \approx 0{,}35$ при $T_{ан} = 0{,}1T_{изм}$, $P(S_2) \approx 0{,}4$ при $T_{ан} = T_{изм}$ и $P(S_2) \approx 0{,}5$ при $T_{ан} = 10T_{изм}$, а затем убывает до предельного значения $P(S_2)) = 0$. Значение отношения $T_{коорд}/T_{изм}$ при котором значение вероятности $P(S_2)$ максимально также зависит от отношения $T_{ан}/T_{изм}$ и составляет $T_{коорд} \approx T_{изм}$ при $T_{ан} = 0{,}75T_{изм}$, $T_{коорд} \approx T_{изм}$ при $T_{ан} = T_{изм}$ и $T_{коорд} \approx 2T_{изм}$ при $T_{ан} = 10T_{изм}$. При значениях $T_{коорд} \leq 0{,}5T_{изм}$ отношение $T_{ан}/T_{изм}$ практически не влияет на значение вероятности $P(S_2)$ ($P(S_2) = 0$ при $T_{коорд} = 0$ и $P(S_2) \approx 0{,}3$ при $T_{коорд} = 0{,}5T_{изм}$).

4. При увеличении отношения $T_{коорд}/T_{изм}$ вероятность $P(S_1)$ монотонно возрастает до предельного значения $P(S_1) = 0{,}5$, при этом быстрота схождения зависит от отношения $T_{ан}/T_{изм}$.

5. Обобщая вышесказанное, следует отметить, что при значениях отношения $T_{коорд} \leq 5T_{изм}$ изменение состояния системы определяется, в первую очередь, возрастанием вероятности $P(S_1)$. Таким образом объясняется обратная взаимосвязь вероятностей нахождения системы в состояниях $P(S_0)$ и $P(S_2)$.

Результаты исследования зависимости $P(S_i)$ от значений времени $T_{ан}$, нормированного к среднему времени $T_{изм}$, при различных значениях периода времени $T_{коорд}$, с учетом следующих ограничений: $T_{изм} = 1$; $T_{коорд} = 0{,}1T_{изм}$, $T_{изм}$, $10T_{изм}$; $T_{опр} = T_{изм}$; $T_{ан} = 0...10T_{изм}$ приведены на рис. 4, а–в.

Анализ графических зависимостей, приведенных на рис. 4, а–в, позволяет сделать следующие выводы.

1. Отношение $T_{коорд}/T_{изм}$ определяет диапазон изменения вероятностей $P(S_i)$. При $T_{коорд} = 0{,}1T_{изм}$ значения этих вероятностей $P(S_i)$ практически не изменяются с увеличением отношения $T_{ан}/T_{изм}$ и составляют: $P(S_0) \approx 0{,}75$, $P(S_1) \approx 0{,}07$ и $P(S_2) \approx 0{,}18$.

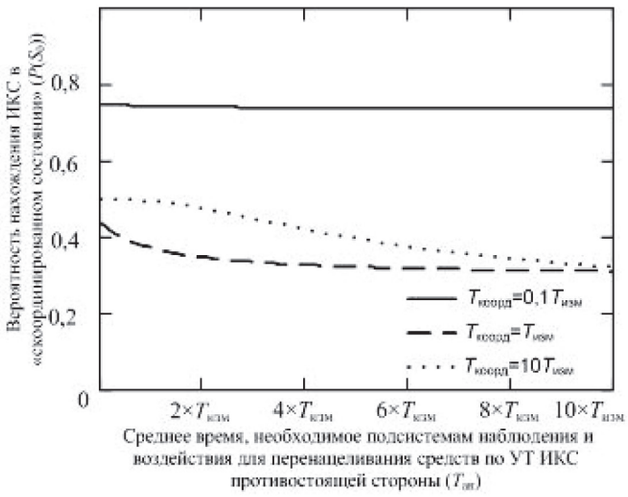
2. При $T_{коорд} = T_{изм}$ и $T_{коорд} = 10T_{изм}$ увеличение отношения $T_{ан}/T_{изм}$ приводит к монотонному снижению значения вероятности $P(S_0)$ от максимального значения при $T_{ан} = 0$ до минимального значения $P(S_0) \approx 0{,}3$ при $T_{ан} \geq 10T_{изм}$. Следует отметить, что наихудшим случаем применительно к значению вероятности $P(S_0)$ является значение $T_{коорд} = T_{изм}$, а не $T_{коорд} = 10T_{изм}$. В случае $T_{коорд} = 10T_{изм}$ максимальное значение вероятности $P(S_0) \approx 0{,}5$, а при $T_{коорд} = T_{изм}$ $P(S_0) \approx 0{,}43$ и при любом значении $T_{ан} < 10T_{изм}$ значение вероятности $P(S_0)$ при $T_{коорд} = T_{изм}$ меньше, нежели при $T_{коорд} = 10T_{изм}$. Это объясняется поведением зависимости вероятности $P(S_0)$ от значения $T_{коорд}$ при различных значениях отношения $T_{ан}/T_{изм}$ (рис. 3, а), а именно тем, что минимальное значение вероятности $P(S_0)$ достигается при $T_{коорд} = T_{изм}$ раньше, нежели при $T_{коорд} = 10T_{изм}$.

3. Значение вероятности $P(S_1)$ при $T_{коорд} = T_{изм}$ и $T_{коорд} = 10T_{изм}$ монотонно уменьшается от максимального значения при $T_{ан} = 0$ до минимального при $T_{ан} \geq 10T_{изм}$. При этом предельное значение вероятности $P(S_1)$ при $T_{коорд} = T_{изм}$ составляет $P(S_1) \approx 0{,}19$, а при $T_{коорд} = 10T_{изм}$ – $P(S_1) \approx 0{,}21$.

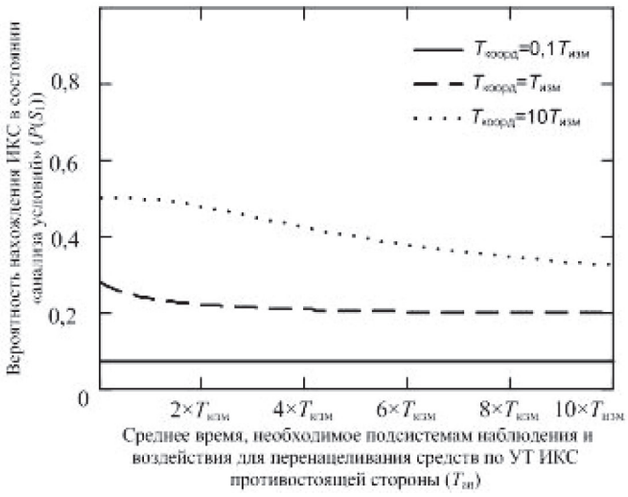
4. При увеличении отношения $T_{ан}/T_{изм}$ при $T_{коорд} = T_{изм}$ и $T_{коорд} = 10T_{изм}$ вероятность $P(S_2)$ монотонно возрастает до предельного значения, которое составляет $P(S_2) \approx 0{,}49$ при $T_{коорд} = T_{изм}$ и $P(S_2) \approx 0{,}35$ при $T_{коорд} = 10T_{изм}$. Заметим, что наиболее предпочтительным отношением $T_{коорд}/T_{изм}$ с позиции вероятности нахождения системы в состоянии S_2 является $T_{коорд} = T_{изм}$, наименее предпочтительным $T_{коорд} = 0{,}1T_{изм}$ при значении $T_{ан} < 2eT_{изм}$ и $T_{коорд} = 10T_{изм}$ при значении $T_{ан} > 2eT_{изм}$. При значении $T_{ан} = 2eT_{изм}$ значение вероятности $P(S_2)$ одинаково для $T_{коорд} = 0{,}1T_{изм}$ и $T_{коорд} = 10T_{изм}$ и составляет $P(S_2) = 0{,}19$.

5. Обобщая вышесказанное, следует отметить важную особенность поведения зависимостей $P(S_i)$ от $T_{ан}$ при значениях $T_{коорд} = T_{изм}$ и $T_{коорд} = 10T_{изм}$ применительно

1 2021.indd 23 23.03.2021 14:15:05



а)



б)

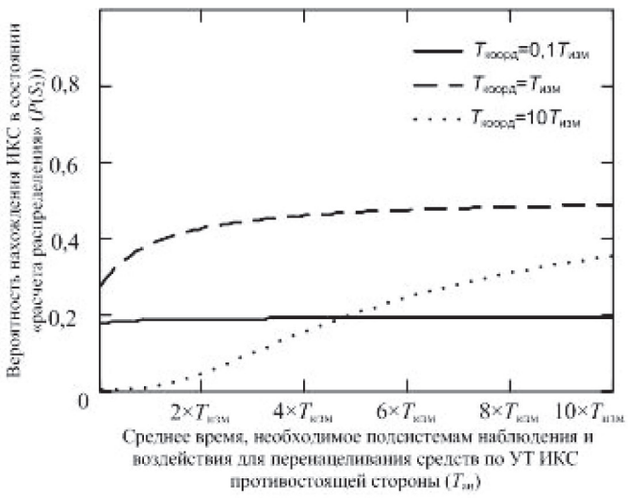


Рис. 4. Зависимости конечных вероятностей состояний системы $P(S_i)$ от $T_{ан}$ при различных значениях $T_{коорд}$

1 2021.indd 24 23.03.2021 14:15:06

к значению коэффициенту адекватности распределения УТ ИКС противостоящей стороны $K_{адекв}$. В случае, когда нет возможности осуществлять координацию подсистем мониторинга и воздействия с периодичностью $T_{коорд} < T_{изм}$ и осуществлять перенацеливание средств в составе этих подсистем по УТ ИКС противостоящей стороны за среднее время $T_{ан} < T_{изм}$, увеличение $K_{адекв}$ достигается увеличением периода времени между отправкой координирующих сигналов подсистемам мониторинга и воздействия $T_{коорд}$. Вместе с тем в подобной ситуации невозможно обеспечить значение коэффициента $K_{адекв} \geq 0{,}5$.

Заключение

Разработанная модель позволяет провести анализ зависимости вероятности нахождения ИКС в скоординированном состоянии от значений временных интервалов периода отправки координирующих сигналов и времени, необходимого подсистемам мониторинга и воздействия для перенацеливания средств в своем составе по УТ ИКС противостоящей стороны при изменении условий оптимального их распределения. В целом модель основывается на математическом аппарате, ранее использованном в работах [22–23] при проведении исследований в смежной области определения рациональных интервалов диагностики работоспособности каналов связи в ТКС, в которых используются протоколы маршрутизации типа Hello. Научной новизной предложенной модели является оригинальная формализация вероятностей переходов ИКС между различными состояниями на основе математического аппарата марковских процессов. Теоретической значимостью полученных результатов является формализованная взаимосвязь между коэффициентом адекватности распределения УТ ИКС противостоящей стороны между подсистемами мониторинга и воздействия при их динамической координации и временными характеристиками изменений условий этого распределения. Дальнейшим направлениям исследования является разработка элементов научно-методического аппарата, позволяющих производить расчет рациональных интервалов отправки координирующих сигналов при заданных значениях коэффициента адекватности и условий протекания информационного конфликта ИКС.

Литература

1. Инфокоммуникационные сети: энциклопедия. Том 1: Инфокоммуникационные сети: классификация, структура, архитектура, жизненный цикл, технологии / С.П. Воробьев [и др.]. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2019. – 739 с.

2. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения: монография / Ю.Л. Козирацкий [и др.]. – М.: Радиотехника, 2013. – 232 с.

3. Макаренко, С. И. Сетецентрическая война – принципы, технологии, примеры и перспективы: монография / С.И. Макаренко, М.С. Иванов. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2018. – 898 с.

4. Макаренко, С. И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетецентрических войнах начала XXI века: монография / С.И. Макаренко. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2017. – 546 с.

5. Макаренко, С. И. Модели системы связи в условиях преднамеренных дестабилизирующих воздействий и ведения разведки: монография / С.И. Макаренко. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2020. – 337 с.

6. Бойко, А. А. Способ оценки уровня информатизации образцов вооружения / А.А. Бойко // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 1. – С. 264–275.

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

8. Российская Федерация. Законы. О связи: федеральный закон № 126-ФЗ: [принят Гос. Думой 18 июня 2003 г.].

9. Макаренко, С. И. Информационные конфликты – анализ работ и методологии исследований / С.И. Макаренко, Р.Л. Михайлов // Системы управления, связи и безопасности. – 2016. – № 3. – С. 95–178.

10. Модель распределения ресурсов в информационном конфликте организационно-технических систем / Р.Л. Михайлов [и др.] // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2016. – № 6. – С. 24–29.

11. Михайлов, Р. Л. Анализ научно-методического аппарата теории координации и его использования в различных областях исследований / Р.Л. Михайлов // Системы управления, связи и безопасности. – 2016. – № 4. – С. 1–29.

12. Михайлов, Р. Л. Анализ подходов к формализации показателя информационного превосходства на основе теории оценки и управления рисками / Р.Л. Михайлов // Системы управления, связи и безопасности. – 2017. – № 3. – С. 98–118.

13. Михайлов, Р. Л. Двухуровневая модель координации подсистем радиомониторинга и радиоэлектронной борьбы / Р.Л. Михайлов // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2018. – Т. 10, № 2. – С. 43–50.

14. Михайлов, Р. Л. Модель динамической координации подсистем наблюдения и воздействия в информационном конфликте в виде иерархической дифференциальной игры трех лиц / Р.Л. Михайлов // Наукоемкие технологии. – 2018. – Т. 19, № 10. – С. 44–51.

15. Михайлов, Р. Л. Модель оптимального распределения ресурсов и исследование стратегий действий сторон в ходе информационного конфликта [Электронный ресурс] / Р.Л. Михайлов, С.Л. Поляков // Системы управления, связи и безопасности. Электронный журнал. – 2018. – № 4. – Режим доступа: http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/17-Mikhailov.pdf [дата обращения 14.12.2020], свободный. – Загл. с экрана.

16. Михайлов, Р. Л. Базовая модель координации подсистем наблюдения и воздействия информационно-телекоммуникационной системы специального назначения в информационном конфликте [Электронный ресурс] / Р.Л. Михайлов // Системы управления, связи и безопасности. Электронный

1 2021.indd 25 23.03.2021 14:15:06

журнал. – 2019. – № 4. Режим доступа: http://sccs.intelgr.com/archive/2019-04/18-Mikhailov.pdf [дата обращения 14.12.2020], свободный. – Загл. с экрана.

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

18. Михайлов, Р. Л. Динамическая модель информационного конфликта информационно-телекоммуникационных систем специального назначения / Р.Л. Михайлов // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 3. – С. 238–251.

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

20. Будко, П. А. Управление ресурсами информационно-телекоммуникационных систем. Методы оптимизации: монография / П.А. Будко. – СПб.: ВАС, 2012. – 512 с.

21. Основные направления организации и планирования телекоммуникационной среды сил специального назначения / П.А. Будко [и др.] // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2013. – № 4. – С. 18–23.

22. Макаренко, С. И. Модель функционирования маршрутизатора в сети в условиях ограниченной надежности каналов связи / С.И. Макаренко, Р.Л. Михайлов // Инфокоммуникационные технологии. – 2014. – Т. 12, № 2. – С. 44–49.

23. Михайлов, Р. Л. Помехозащищенность транспортных сетей связи специального назначения: монография / Р.Л. Михайлов. – Череповец: ЧВВИУРЭ, 2016. – 128 с.

1 2021.indd 26 23.03.2021 14:15:08