

А. А. Бойко, канд. техн. наук, доц., зам. нач. отдела, algeminy@mail.ru,

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил

"Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина" (г. Воронеж)

Способ стратифицированного аналитического описания процесса функционирования информационно-технических средств

Предложен способ математического описания процесса функционирования информационно-технических средств в виде совокупности взаимосвязанных страт протекающих в них частных процессов.

Ключевые слова: стратификация, информационно-техническое средство, полумарковский процесс

Введение

Информационно-технические средства являются основой современных организационно-технических систем. Термин "информационно-техническое средство" является собирательным. Он выделяет широкий спектр технических средств, участвующих в процессе создания и выполнения операций с данными, из которых может быть получена информация. Информационно-техническим средством (ИТС) может быть радиоэлектронное средство или средство вычислительной техники, комбинация таких средств друг с другом и (или) с другими видами технических средств, определенными в ГОСТ [1]. Персональная ЭВМ с встроенным Wi-Fi-адаптером может являться примером ИТС, комбинирующего в себе средство вычислительной техники и радиоэлектронное средство.

ИТС могут решать информационно-расчетные задачи (ИРЗ), формализующие информацию и реализующие специальные математические расчеты, коммуникационные задачи (КЗ), обеспечивающие информационное взаимодействие с другими ИТС, и задачи непосредственного управления исполнительными устройствами (УЗ). Для средства вычислительной техники, например, исполнительным устройством может быть принтер. Однако принтер в зависимости от уровня развития своего технического и программного обеспечения также может рассматриваться как ИТС. При этом будет иметь место не управление исполнительным устройством, а информационное взаимодействие двух ИТС.

В процессе конфликтного взаимодействия организационно-технических систем, включая стадию их антагонистического противоборства, ИТС играют двойственную роль [2]. С одной стороны, они обеспечивают повышение производительности своей организационно-технической системы, а с другой стороны, подвержены влиянию деструктивных факторов: информационно-техническим (программным и электромагнитным) воздействиям (ИТВ) [3], приводящим к нарушению конфиденциальности, целостности и доступности обрабатываемой ин-

формации и алгоритмов ее обработки, физическому износу и уничтожению. Поэтому при проектировании и эксплуатации ИТС необходимо обосновывать требования к параметрам их функционирования с учетом этой двойственности.

1. Постановка задачи

Одним из наиболее распространенных методов обоснования требований к параметрам функционирования сложных систем является математическое моделирование [4]. Однако на сегодняшний день применение данного метода связано для разработчиков ИТС со следующими ограничениями.

С практической точки зрения, известные модели функционирования ИТС [5–8] и аналогичные им либо не учитывают специфику выполняемых ИТС задач, либо представляют эти задачи однотипными. В данных моделях не принимаются во внимание особенности функционирования технического (ТО), общего программного и информационного обеспечения (операционной системы, баз данных и систем управления ими, базовой системы ввода–вывода и др., далее — ОПИО), а из деструктивных факторов учитываются только электромагнитные воздействия, приводящие к нарушению доступности информации. В результате осуществить адекватную оценку практически значимой номенклатуры показателей функционирования ИТС с учетом всего спектра выполняемых этими средствами задач, качества входящих в них компонентов и комплексного влияния деструктивных факторов с применением известных моделей невозможно.

С методической точки зрения ИТС относятся к таким сложным системам, многообразие ключевых процессов в которых, с одной стороны, не представляется возможным аналитически описать в виде причинно-следственных моделей параллельных действий, а с другой стороны, их недостаточно рассматривать только в статике или в установившихся режимах с использованием графо-сигнальных моделей [4]. Для аналитического описания функционирования систем такого класса в наибольшей степени

применим математический аппарат полумарковских процессов [5, 9, 10]. Однако число ключевых процессов функционирования в типовом ИТС настолько велико, что разработка для него аналитического описания в виде единой детальной полумарковской модели неизбежно приводит к "взрыву" пространства состояний.

С учетом изложенного актуальной является задача разработки способа аналитического описания совокупности процессов функционирования информационно-технических средств, базирующегося на применении математического аппарата полумарковских процессов и парирующего "взрыв" пространства состояний при учете всего спектра выполняемых этими средствами задач, качества входящих в их состав компонентов и комплексного влияния деструктивных факторов.

2. Способ решения задачи

Для решения поставленной задачи воспользуемся изложенным в работе [1] методом стратификации, заключающемся в рассмотрении сложной системы в различных слоях ее функционального пространства, называемых стратами, и анализе каждой страты без учета влияния остальных страт.

Предлагаемый способ стратифицированного аналитического описания процесса функционирования ИТС состоит в выполнении следующих шагов.

Шаг 1. Выделяют множество страт функционирования ИТС. Одна из страт может характеризовать специализированный суперпроцесс, координирующий некоторое подмножество страт.

Шаг 2. Разрабатывают аналитическое описание страт. Страты описывают в виде полумарковских процессов, а суперпроцесс в виде системы с очередями.

Ввиду того, что произвольная плотность распределения неотрицательной случайной величины с достаточной степенью точности аппроксимируется с помощью обобщенного закона Эрланга n -го порядка, плотность распределения времени нахождения полумарковского процесса в каждом состоянии целесообразно описывать с использованием этого закона:

$$E_{s,v}(t) = (-1)^{n-1} \prod_{i=0}^{n-1} \lambda_{s,v,i} \sum_{j=0}^{n-1} \frac{e^{-\lambda_{s,v,j}t}}{\prod_{k=0, k \neq j}^{n-1} (\lambda_{s,v,j} - \lambda_{s,v,k})}, \quad (1)$$

где $E_{s,v}(t)$ — плотность распределения времени нахождения системы в s -м состоянии до перехода в v -е состояние; $\lambda_{s,v,i}$ — параметр обобщенного закона Эрланга n -го порядка.

Следует отметить, что на практике 2-й порядок закона (1) является достаточным для исследования систем рассматриваемого класса.

Шаг 3. Формируют группы состояний. Число групп полагают равным числу исследуемых характеристик объекта. Состояния включают в группу по критерию их непосредственного влияния на некоторую характеристику исследуемого объекта. Каждая группа может включать состояния различных страт и учитывать влияние суперпроцесса.

Шаг 4. Определяют вероятностно-временные характеристики страт.

К числу наиболее практичных следует отнести два метода аналитического описания полумарковских процессов. Первый из них описан в работах [5, 9] и позволяет решить задачу определения вероятности нахождения исследуемой системы в каждом состоянии в любой момент времени, не прибегая к численным методам и используя в качестве исходных данных вероятности переходов из каждого состояния в последующие и плотности распределения вероятностей времен этих переходов. Второй метод изложен в работе [10] и позволяет решить указанную задачу только на основе плотностей распределения вероятностей времен переходов, но требует при этом применения численных методов. Поскольку вычислительные мощности современных ЭВМ позволяют обеспечить приемлемую точность полученных численными методами решений, а минимизация исходных данных имеет приоритетное значение, за основу при реализации данного шага представляется целесообразным взять второй метод.

Шаг 5. Вычисляют значения показателей групп состояний. Для этого применяют следующие правила: а) значения учитываемых в показателе вероятностно-временных характеристик состояний, принадлежащих одному полумарковскому процессу, складываются; б) суммарные значения вероятностно-временных характеристик разных полумарковских процессов перемножаются; в) значения характеристик суперпроцесса учитываются в множителях, описывающих состояния зависящих от него полумарковских процессов. Данные правила обусловлены тем, что в каждом полумарковском процессе совокупность всех его состояний образует полную группу событий, а частные процессы считаются независимыми. Поэтому уместно применение правил сложения и умножения вероятностей.

Рассмотрим результаты применения предложенного способа на примере ИТС, которое может одновременно выполнять ИРЗ, КЗ и УЗ.

3. Пример решения задачи

Относительно самостоятельные частные процессы функционирования ИТС представим на рис. 1 в виде стратифицированной структуры.

Данная структура включает модели ИРЗ, КЗ и УЗ, модель диспетчера, являющегося суперпроцессом и координирующего выполнение задач, а также модели ТО, ОПИО и информационного конфликта между реализующими программное воздействие специальными программными средствами (СПС) и подсистемой защиты информации (ПЗИ) ИТС. Характер взаимовлияния частных процессов в рассматриваемом ИТС таков, что его модели задач являются независимыми, а модели ТО, ОПИО и информационного конфликта СПС и ПЗИ одновременно влияют друг на друга и на модели задач.

Рассмотрим оригинальные описания показанных на рис. 1 моделей.

Модель ТО с учетом процессов, характеризующих надежность технических систем [12], и особенностей реализации потенциально возможных ИТВ представим на рис. 2 в виде графа состояний.

Граф динамики функционирования ТО включает шесть состояний: T_1 — нормальное функционирование; T_2 — ТО функционирует с нулевой производительностью (например, по причине и в течение воздействия мощного электромагнитного излучения на его электронные компоненты или схемы с обратимым эффектом); T_3 — произошел сбой (самовосстанавливающийся частичный отказ, обусловленный, например, некачественной пайкой или внутренними дефектами элементов устройств); T_4 — произошел отказ ТО (например, по причине перегорания электронного компонента в результате его износа или воздействия мощного электромагнитного излучения с необратимым эффектом); T_5 — проводится ремонт; T_6 — уничтожено.

Модель ОПИО с учетом процессов, характеризующих надежность информационных систем [12], в наиболее часто встречающихся на практике условиях, когда устранение ошибок в нем невозможно, и требования к функционированию в режиме реального времени не предъявляются, представим в виде графа со следующими состояниями: C_1 — нормальное функционирование; C_2 — зависание (самовосстанавливающийся частичный отказ, перезагрузка не требуется); C_3 — сбой (самовосстанавливающийся частичный отказ, требуется перезагрузка); C_4 — отказ (например, по причине ошибки в ее программном коде); C_5 — восстановление. Граф этого процесса показан на рис. 3.

Модель ИРЗ аналогична модели ОПИО с учетом того, что состояния именуется буквой "R", а вероятности соответствующих состояний имеют вид $P^r(t)$. Исходя из практики, надежность функционирования



Рис. 1. Стратифицированная структура процесса функционирования информационно-технического средства

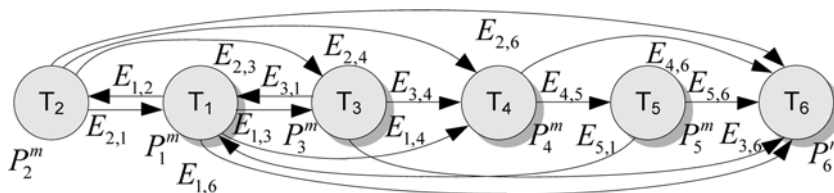


Рис. 2. Граф состояний, отражающий динамику функционирования технического обеспечения

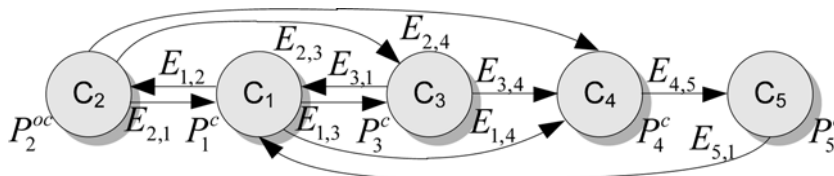


Рис. 3. Граф состояний, отражающий динамику функционирования общего программного и информационного обеспечения

ОПИО может существенно отличаться от надежности функционирования специального программного и информационного обеспечения (СПИО), реализующего ИРЗ.

Модель информационного конфликта СПС и ПЗИ, учитывающая известные из практики особенности программного воздействия, показана на рис. 4. Состояния графа этой модели имеют следующие описания: S_1 — исходное работоспособное состояние ИТС; S_2 — получен физический доступ к ИТС, анализируются механизмы технического доступа к ИТС на физическом уровне эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС); S_3 — ПЗИ нейтрализует возможность получения физического доступа к ИТС; S_4 — получен технический доступ к ИТС, проводится анализ преамбул протоколов канального уровня ЭМВОС; S_5 — ПЗИ нейтрализует возможность получения технического доступа к ИТС; S_6 — СПС получило возможность использовать в своих целях управляющую информацию протоколов канального уровня ЭМВОС; S_7 — ПЗИ нейтрализует возможность доступа к протоколам информационного взаимодействия ИТС на сетевом и вышестоящих уровнях ЭМВОС; S_8 — СПС получило доступ к протоколам информационного взаимодействия ИТС на сетевом и выше-

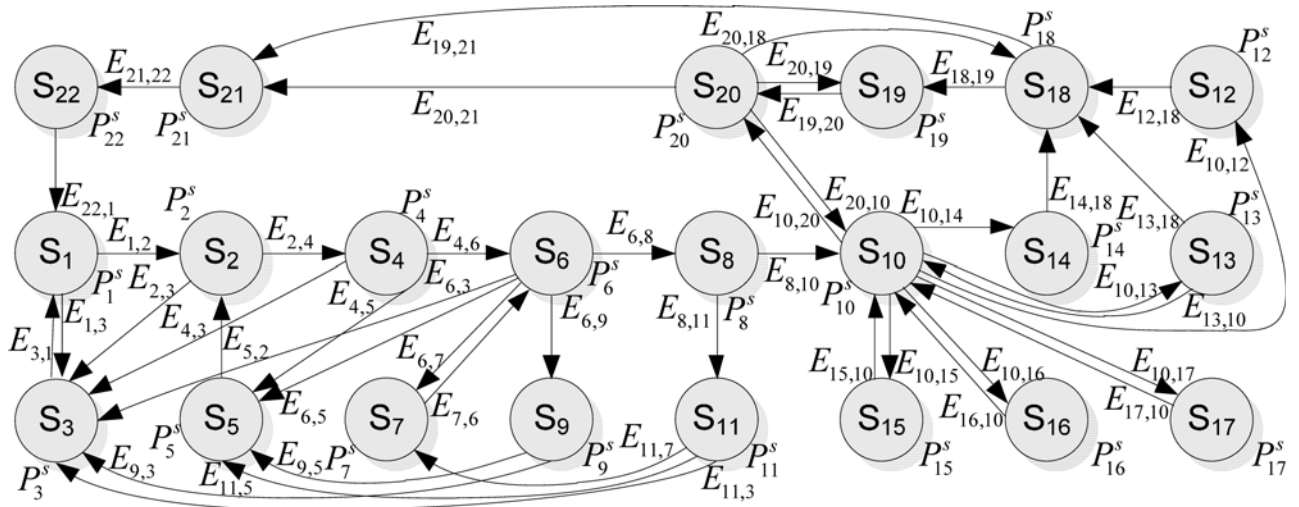


Рис. 4. Граф состояний, отражающий динамику конфликта специальных программных средств и подсистемы защиты информации

стоящих уровнях ЭМВОС; S_9 — СПС скрыто нарушает доступность информации ИТС на канальном уровне ЭМВОС; S_{10} — СПС внедрилось в программную среду ИТС и анализирует его текущее состояние; S_{11} — СПС скрыто нарушает доступность информации на сетевом, транспортном, сеансовом и представительском уровнях ЭМВОС при выполнении ИТС КЗ, не влияя на выполнение ИРЗ и УЗ; S_{12} — СПС открыто осуществляет отказ в обслуживании ИТС, приводящий к невозможности выполнения любых задач; S_{13} — СПС открыто применяет ИТС в своих целях; S_{14} — СПС открыто осуществляет вывод ИТС из строя; S_{15} — СПС размножается; S_{16} — СПС дезинформирует ИТС путем уничтожения или подмены программ, информации в базах данных, передаваемых сообщений, в том числе в интересах обеспечения бескомпроматности; S_{17} — СПС проводит разведку путем чтения и анализа программ, информации в базах данных, передаваемых сообщений; S_{18} — ПЗИ проводит принудительный поиск СПС; S_{19} — СПС осуществляет самомодификацию; S_{20} — СПС переходит в режим ожидания; S_{21} — выполняются регламентные работы по поддержанию работоспособности ИТС; S_{22} — проводится подготовка ИТС к работе.

Модель диспетчера, определяющего дисциплину обслуживания ИРЗ, КЗ и УЗ, представим в виде показанной на рис. 5 простейшей одноканальной системы массового обслуживания типа М/М/1 с множественным доступом и дисциплиной FIFO [13].

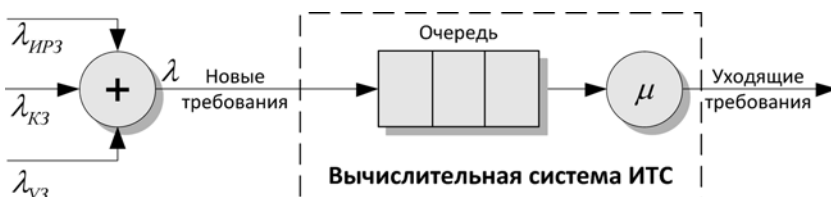


Рис. 5. Модель диспетчера задач информационно-технического средства

Среднее число выполняемых в ИТС задач определяется [13] формулой:

$$N = \frac{\lambda_{ИРЗ} + \lambda_{КЗ} + \lambda_{УЗ}}{\mu - \lambda_{ИРЗ} - \lambda_{КЗ} - \lambda_{УЗ}}, \quad (2)$$

где $\lambda_{ИРЗ}$, $\lambda_{КЗ}$, $\lambda_{УЗ}$ — интенсивности поступления на выполнение ИРЗ, КЗ и УЗ, соответственно; μ — интенсивность выполнения задач в ИТС. При этом предполагается, что ИТС эксплуатируется в режиме, не превышающем его пропускной способности, т. е. $0 \leq (\lambda_{ИРЗ} + \lambda_{КЗ} + \lambda_{УЗ}) \leq \mu$.

Оценить с учетом (2) среднее число выполняющихся в ИТС задач каждого типа возможно с использованием следующих выражений:

$$N_{ИРЗ} = N \frac{\lambda_{ИРЗ}}{\lambda_{ИРЗ} + \lambda_{КЗ} + \lambda_{УЗ}} = \frac{\lambda_{ИРЗ}}{\mu - \lambda_{ИРЗ} - \lambda_{КЗ} - \lambda_{УЗ}},$$

$$N_{УЗ} = \frac{\lambda_{УЗ}}{\mu - \lambda_{ИРЗ} - \lambda_{КЗ} - \lambda_{УЗ}}, \quad (3)$$

$$N_{КЗ} = \frac{\lambda_{КЗ}}{\mu - \lambda_{ИРЗ} - \lambda_{КЗ} - \lambda_{УЗ}},$$

где $N_{ИРЗ}$, $N_{УЗ}$ и $N_{КЗ}$ — среднее число задач, выполняющихся в ИТС ИРЗ, УЗ и КЗ, соответственно. ИТС может не выполнять задачи какого-либо типа. В таком случае интенсивность поступления на выполнение задачи соответствующего типа будет равна нулю.

Модель КЗ описывает передачу сообщений другим ИТС по различным доступным линиям связи в условиях ИТВ. За ее основу возьмем результаты работы [14], в которой предложена дискретно-событийная модель конфликта направления радиосвязи между двумя абонентами, состоящая из нескольких объединенных единой системой управ-

ления линий радиосвязи и системы радиопротиводействия. Данная модель позволяет оценить вероятность $K_0(t)$ передачи сообщения в любой момент времени с учетом адаптивного применения различных мер помехозащиты. Несмотря на ориентацию представленной в работе [14] модели на радиосвязь, ее без изменений можно применить ко всему спектру беспроводных и проводных коммуникационных каналов, используемых ИТС. С учетом того, что в работе [14] рассматривается преимущественно конфликт коммуникационных средств и средств подавления связи на физическом уровне ЭМВОС, в условиях дополнительного программного воздействия на вышестоящих уровнях этой модели вероятность передачи сообщения для ИТС будет отличаться от значения $K_0(t)$. Полагая, что ИТВ на физическом и вышестоящих уровнях ЭМВОС в интересах минимизации расходуемых ресурсов могут осуществляться одновременно по разным каналам одного ИТС, вероятность передачи сообщения КЗ в любой момент времени может быть определена с учетом описанной выше модели информационного конфликта СПС и ПЗИ на основе использования формулы вероятности произведения двух совместных событий:

$$P_{K3}(t) = K_0(t) \left(1 - \sum_i P_i^s(t) \right), \quad (4)$$

где $P_{K3}(t)$ — вероятность передачи сообщения КЗ; $P_i^s(t)$ — вероятность нахождения конфликта СПС и ПЗИ ИТС в i -м состоянии при $i = 9, 11, 12, 14, 21, 22$.

Модель УЗ имеет следующую особенность. При выполнении УЗ задействовано как соответствующее СПИО, так и управляемые ИТС исполнительные устройства. Поэтому модель выполнения этой задачи, по своей сути, интегрирует в себе состояния модели функционирования ОПИО (или ИРЗ) и состояния модели функционирования ТО. Граф состояний такой модели представлен на рис. 6, его состояния имеют следующее описание: U_1 — нормальное выполнение; U_2 — зависание СПИО; U_3 — зависание исполнительного устройства; U_4 — сбой СПИО; U_5 — сбой исполнительного устройства;

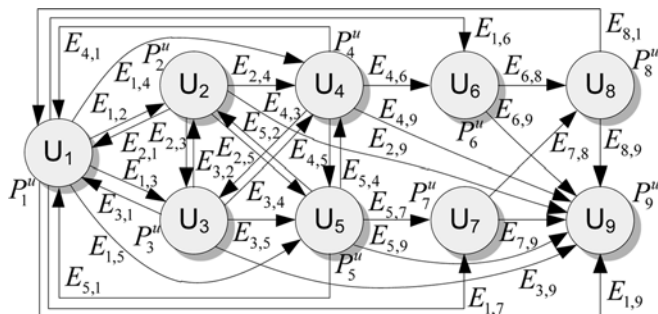


Рис. 6. Граф состояний, отражающий динамику функционирования управляющей задачи

U_6 — отказ СПИО; U_7 — отказ исполнительного устройства; U_8 — восстановление работоспособности; U_9 — исполнительное устройство уничтожено.

Изложенные частные модели позволяют с учетом (2)—(4) определить следующие важные для организационно-технической системы относительно самостоятельные показатели функционирования ИТС:

- эффективность $E(t)$, определяемая как вероятность успешного выполнения ИРЗ, КЗ и УЗ с использованием выражения

$$E(t) = P_1^t(t) P_1^c(t) \sum_j P_j^s(t) \frac{1}{N} [N_{ИРЗ} P_1^r(t) Q_{ИРЗ} + N_{КЗ} P_{КЗ}(t) Q_{КЗ} + N_{УЗ} P_1^u(t) Q_{УЗ}], \quad (5)$$

где j — индекс состояния конфликта СПС и ПЗИ ИТС, в котором работоспособность ИТС не нарушается ($j = 1...8, 10, 13, 15...20$); $Q_{ИРЗ}$, $Q_{КЗ}$, и $Q_{УЗ}$ — показатели качества выполнения задач ИТС, определяемые в интервале $[0, 1]$;

- способность к заражению других ИТС $Z(t)$, определяемая как вероятность нахождения конфликта СПС и ПЗИ ИТС в состоянии S_{15} с учетом работоспособности ТО, ОПИО и КЗ с использованием выражения:

$$Z(t) = P_1^t(t) \times P_1^c(t) \times P_{15}^s(t) \times P_{K3}(t) \times Q_{K3}; \quad (6)$$

- подверженность дезинформации $D(t)$, определяемая как вероятность нахождения конфликта СПС и ПЗИ ИТС в состоянии S_{16} с учетом работоспособности ТО, ОПИО и КЗ с использованием выражения

$$D(t) = P_1^t(t) \times P_1^c(t) \times P_{16}^s(t); \quad (7)$$

- способность быть разведанным $R(t)$, определяемая как вероятность нахождения конфликта СПС и ПЗИ ИТС в состоянии S_{17} с учетом работоспособности ТО, ОПИО и КЗ с использованием выражения

$$R(t) = P_1^t(t) \times P_1^c(t) \times P_{17}^s(t); \quad (8)$$

- способность принадлежать своей ОТС $A(t)$, определяемая как вероятность нахождения конфликта СПС и ПЗИ ИТС в состоянии S_{13} с учетом работоспособности ТО, ОПИО и КЗ с использованием выражения:

$$A(t) = 1 - P_1^t(t) \times P_1^c(t) \times P_{13}^s(t) \times P_1^u(t) \times Q_{УЗ}. \quad (9)$$

В качестве примера определения вероятностно-временных характеристик частных процессов функционирования ИТС рассмотрим ИТС, в котором постоянно выполняются 2 ИРЗ, 2 КЗ и 1 УЗ, $Q_{ИРЗ} = Q_{КЗ} = Q_{УЗ} = 1$, а $K_0(t)$ является неизменным во времени и равным 0,85. Полагая, что времена переходов частных моделей функционирования

Пример исходных данных

Частная модель	s	v	τ, мин	s	v	τ, мин	s	v	τ, мин	s	v	τ, мин	s	v	τ, мин
ТО	1	2	1440	1	6	4320	2	4	43200	3	4	43200	4	6	4320
	1	3	10080	2	1	1	2	6	4320	3	6	4320	5	1	180
	1	4	43200	2	3	10080	3	1	15	4	5	1	5	6	4320
ОПИО	1	2	1440	1	4	4320	2	3	10080	3	1	15	4	5	1
	1	3	10080	2	1	1	2	4	4320	3	4	4320	5	1	180
Конфликт СПС и ПЗИ ИТС	1	2	1	6	3	1440	9	5	30	11	5	30	18	19	1440
	1	3	1440	6	5	1440	10	12	15	11	7	1440	18	21	60
	2	3	1440	6	7	1440	10	13	15	12	18	30	19	20	0,017
	2	4	1	6	8	30	10	14	1440	13	10	15	20	10	15
	3	1	30	6	9	60	10	15	15	13	18	15	20	18	1440
	4	3	1440	7	6	15	10	16	15	14	18	15	20	19	1440
	4	5	1440	8	10	1	10	17	15	15	10	15	20	21	1440
	4	6	1	8	11	60	10	20	0,017	16	10	60	21	22	180
5	2	1	9	3	1440	11	3	1440	17	10	30	22	1	30	
ИРЗ	1	2	30	1	4	180	2	3	120	3	1	15	4	5	1
	1	3	120	2	1	1	2	4	180	3	4	180	5	1	60
УЗ	1	2	30	2	1	1	3	4	120	4	9	4320	6	9	4320
	1	3	1440	2	3	1440	3	5	10080	5	1	15	7	8	1
	1	4	120	2	4	120	3	9	4320	5	2	30	7	9	4320
	1	5	10080	2	5	10080	4	1	15	5	4	120	8	1	180
	1	6	180	2	9	4320	4	3	1440	5	7	43200	8	9	4320
	1	7	43200	3	1	1	4	5	10080	5	9	4320			
	1	9	4320	3	2	30	4	6	180	6	8	1			

Примечание: τ — среднее время до перехода из s-го в v-е состояние.

ния ИТС распределены по обобщенному закону Эрланга 2-го порядка со средними значениями, приведенными в таблице, можно получить графические зависимости, представленные на рис. 7—11.

Из рис. 7 видно, что в течение недели в заданных условиях функционирования ИТС вероятность нор-

мального функционирования ТО снижается более чем на 30 %. При этом его вероятность быть уничтоженным к концу анализируемого периода увеличивается до 0,2.

На рис. 8 видно, что в течение первых 2 дней вероятность нормального функционирования ОПИО снижается до 0,8 и далее до конца недели остается неизменной. При этом уже через 2 дня 13 ч вероятность нахождения ОПИО в состоянии восстановления установится на уровне 0,02.

Зависимости на рис. 9, а и б показывают, что для указанных в таблице характеристик информационного конфликта СПС и ПЗИ в течение первых 2 ч ИТС практически не будет подвергаться воздействию СПС (кривые $S_9, S_{11}-S_{14}, S_{16}$ и S_{17}). После этого СПС будет активно воздействовать на ИТС со среднестатистической вероятностью 0,04 и размножаться с вероятностью 0,018 (кривая S_{15} на рис. 9, б).

На рис. 10 показано, что в течение первых 3 ч вероятность нормального функционирования ИРЗ устанавливается на уровне 0,4, что в 2 раза меньше, чем у ОПИО. Через 8 ч вероятность нахождения ИРЗ в состоянии восстановления устанавливается на уровне 0,08, что в 4 раза больше, чем у ОПИО.

На рис. 11 видно, что уже через 1,5 часа вероятность нормального выполнения УЗ будет на уровне 0,1. При этом вероятность уничтожения исполнительного устройства с этого момента до окончания временного интервала моделирования монотонно возрастает с 0,05 до 0,95, что свидетельствует

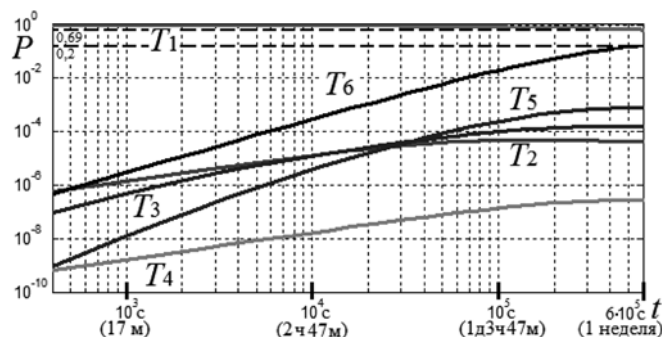


Рис. 7. Динамика состояний технического обеспечения

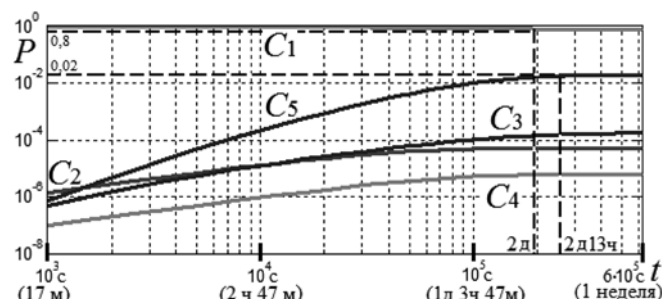


Рис. 8. Динамика состояний общего программного и информационного обеспечения

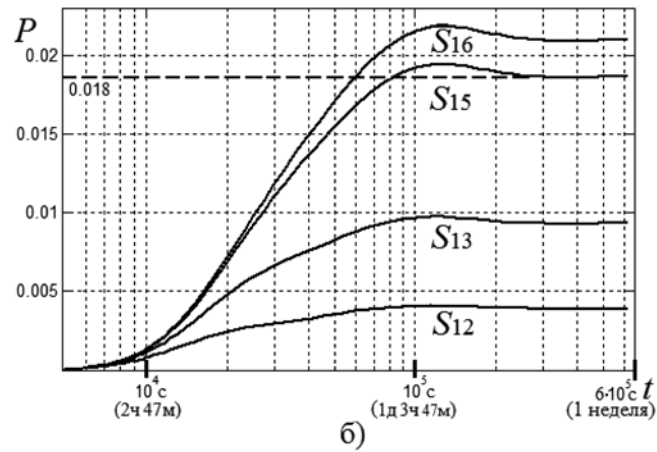
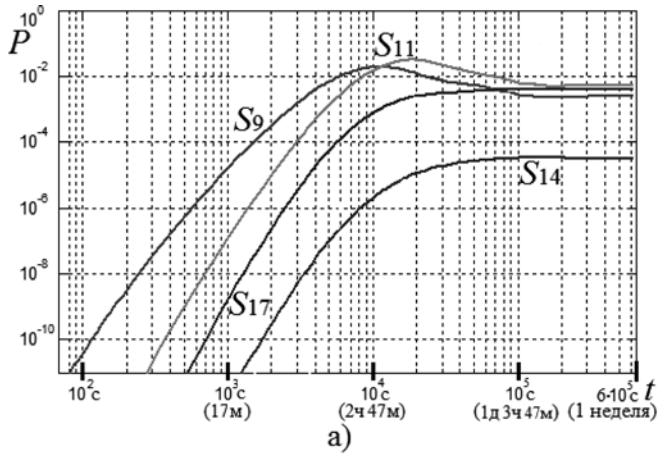


Рис. 9. Динамика изменения вероятностей нахождения информационного конфликта специальных программных средств и подсистемы защиты информации в состояниях $S_9, S_{11}-S_{17}$

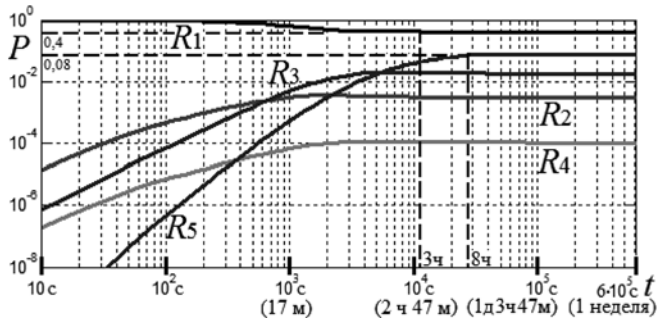


Рис. 10. Динамика состояний информационно-расчетной задачи

о необходимости принятия дополнительных мер по повышению его живучести.

Определение графической зависимости для показателя каждой сформированной группы состояний частных процессов функционирования ИТС продемонстрируем на рис. 12.

Из рис. 12 видно, что в заданных условиях эффективность ИТС в течение 2 дней резко снижается на два порядка, а к концу анализируемого периода возрастет на порядок. Данный "провал" обусловлен тем, что до внедрения СПС в ИТС злоумышлен-

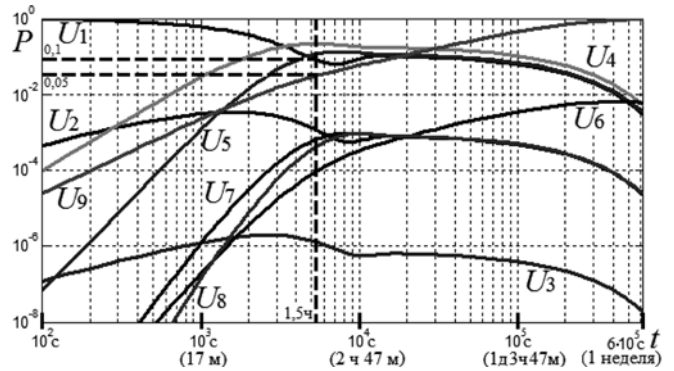


Рис. 11. Динамика состояний задачи непосредственного управления исполнительным устройством

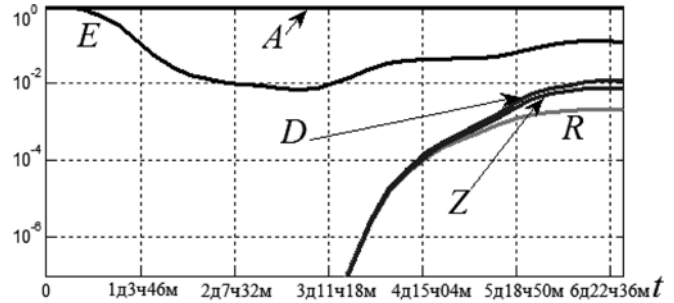


Рис. 12. Динамика показателей функционирования информационно-технического средства

ником активно применяются меры по выводу ИТС из строя, а после внедрения приоритет отдается скрытым ИТВ, которые с точки зрения эффективности организационно-технической системы наиболее целесообразны.

Заключение

Таким образом, предложен способ стратифицированного аналитического описания процесса функционирования информационно-технических средств, позволяющий при учете всего спектра выполняемых этими средствами задач, качества входящих в их состав компонентов и комплексного влияния деструктивных факторов парировать "взрыв" пространства состояний путем введения частных относительно самостоятельных полумарковских процессов и координирующего их суперпроцесса. С применением способа получены аналитические выражения для оценки показателей эффективности информационно-технических средств, их способности к заражению аналогичных средств, подверженности дезинформации, способности быть разведанными и принадлежать своей организационно-технической системе.

Результаты работы могут быть применимы в ходе проектирования и эксплуатации информационно-технических средств в интересах обоснования требований к параметрам их функционирования.

Список литературы

1. ГОСТ Р 50397—92. Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1992. 15 с.
2. **Бойко А. А., Храмов В. Ю.** Модель информационного конфликта информационно-технических и специальных программных средств в вооруженном противоборстве группировок со статическими характеристиками // Радиотехника. 2013. № 7. С. 5—10.
3. **Бойко А. А., Дьякова А. В.** Способ разработки тестовых удаленных информационно-технических воздействий на пространственно распределенные системы информационно-технических средств // Информационно-управляющие системы. 2014. № 3. С. 84—92.
4. **Резников Б. А.** Системный анализ и методы системотехники. Часть 1. Методология системных исследований. Моделирование сложных систем. М.: Изд-во Министерство обороны СССР, 1990. 522 с.
5. **Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения.** / Под ред. Ю. Л. Козирацкого. М.: Радиотехника, 2013. 232 с.
6. **Владимиров В. И., Владимиров И. В.** Основы оценки конфликтно-устойчивых состояний организационно-технических систем (в информационных конфликтах). Воронеж: ВАИУ, 2008. 231 с.
7. **Колесниченко В. И., Корниенко В. В., Семенов С. А.** Оценка эффективности автоматизированной информационной системы с ограниченными ресурсами // Вопросы радиоэлектроники. Системы отображения информации и управления спецтехникой. 2008. Вып. 1. С. 16—23.
8. **Борисов В. В., Сысков В. В.** Мультиагентное моделирование сложных организационно-технических систем в условиях противоборства // Информационные технологии. 2012. № 4. С. 7—14.
9. **Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н.** Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука, 1987. 336 с.
10. **Чикин М. Г.** Метод аналитического описания процессов с дискретным множеством состояний и не показательными распределениями времен переходов // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2004. № 5. С. 8—11.
11. **Кузнецов В. И.** Системное проектирование радиосвязи: Методы и обеспечение. Ч. 1. Системотехника. Воронеж: ВНИИС, 1994. 387 с.
12. **Половко А. М., Гуров С. В.** Основы теории надежности. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 704 с.
13. **Клейнрок Л.** Вычислительные системы с очередями. М.: Мир, 1979. 600 с.
14. **Чикин М. Г.** Особенности использования аппарата полумарковских процессов для моделирования направлений радиосвязи в интересах оценки эффективности радиоподавления // Радиотехника. 2005. № 9. С. 35—39.

A. A. Boyko, PhD, Tech., Associate Professor, algeminy@mail.ru,
Military Education-Science Center of Military Air Forces "Professor N. E. Zhukovsky
and Yu. A. Gagarin Military Air Academy", Voronezh, Russian Federation

Method of Stratified Analytical Description of the Process of Functioning of Information-Technical Tools

The method of stratified analytical description of the process of functioning of information-technical tools, allows in view all spectrum of these tools tasks, quality they components and complex influence of destructive factors parry "explosion" of the space of states through the introduction of private relatively independent semi-Markov processes and coordinating their superprocess. Method allows to get an analytical expressions to evaluate efficiency of functioning of information-technical tool, its ability to infect other similar tools, exposure misinformation, ability to be explored and to belong to their organizational-technical system. The results can be applied during the process of design and operation of information-technical tools in the interests of substantiation requirements of their functioning parameters.

Keywords: stratification, information-technical tool, semi-Markov process

References

1. GOST R 50397—92. *Sovmestimost' tehniceskikh sredstv jelektromagnitnaja*. Terminy i opredelenija. M.: Izd-vo standartov, 1992. 15 p.
2. **Boyko A. A., Hramov V. Ju.** Model informacionnogo konflikta informacionno-tehniceskikh i special'nyh programnyh sredstv v vooruzhennom protivoborstve gruppirovok so statichnymi harakteristikami. *Radiotekhnika*. 2013. N. 7. P. 5—10.
3. **Boyko A. A., Djakova A. V.** Sposob razrabotki testovyh udalennyh informacionno-tehniceskikh vozdeistvij na prostranstvenno raspredelennye sistemy informacionno-tehniceskikh sredstv. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy*. 2014. N. 3. P. 84—92.
4. **Reznikov B. A.** *Sistemnyj analiz i metody sistemotekhniki. Chast' 1. Metodologija sistemnyh issledovanij. Modelirovanie slozhnyh sistem*. M.: Izdatel'stvo Ministerstva oborony SSSR, 1990. 522 p.
5. **Modeli informacionnogo konflikta sredstv poiska i obnaruzhenija**. [red. Ju. L. Kozirackogo]. M.: Radiotekhnika, 2013. 232 p.
6. **Vladimirov V. I., Vladimirov I. V.** *Osnovy ocenki konfliktno-ustojchivyh sostojanij organizacionno-tehniceskikh sistem (v informacionnyh konfliktah)*. Voronezh: VAIU, 2008. 231 p.
7. **Kolesnichenko V. I., Kornienko V. V., Semenov S. A.** Ocenka jeffektivnosti avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy s ograni-
- chennymi resursami. *Voprosy radiojelektroniki. Sistemy otobrazhenija informacii i upravlenija spectehnikoj*. 2008. V. 1. P. 16—23.
8. **Borisov V. V., Syskov V. V.** Mul'tiagentnoe modelirovanie slozhnyh organizacionno-tehniceskikh sistem v uslovijah protivoborstva. *Informacionnyje tehnologii*. 2012. N. 4. P. 7—14.
9. **Gnedenko B. V., Kovalenko I. N.** *Vvedenie v teoriju massovogo obsluzhivanija*. M.: Nauka, 1987. 336 p.
10. **Chikin M. G.** Metod analiticheskogo opisanija processov s diskretnym mnozhestvom sostojanij i ne pokazatel'nymi raspredelenijami vremen perehodov. *Informacionno-izmeriternye i upravljajushhie sistemy*. 2004. N. 5. P. 8—11.
11. **Kuznecov V. I.** *Sistemnoe proektirovanie radiosvjazi: Metody i obespechenie*. Ch. 1. *Sistemotekhnika*. Voronezh: VNIIS, 1994. 387 p.
12. **Polovko A. M., Gurov S. V.** *Osnovy teorii nadezhnosti*. SPb.: BHV-Peterburg, 2006. 704 p.
13. **Klejnrok L.** *Vychislitel'nye sistemy s ocheredjami*. M.: Mir, 1979. 600 p.
14. **Chikin M. G.** Osobennosti ispol'zovanija apparata polumarkovskih processov dlja modelirovanija napravlenij radiosvjazi v interesah ocenki jeffektivnosti radiopodavlenija. *Radiotekhnika*. 2005. N. 9. P. 35—39.