



ПОРТФЕЛЬ РЕДАКЦИИ

БИТ

В. С. Горбатов, С. В. Запечников, А. И. Толстой

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РЕСУРСАМИ В УСЛОВИЯХ ЧАСТИЧНОГО РАЗРУШЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СРЕДЫ¹

Введение

В ранее опубликованных работах [1–5] одним из авторов этой статьи было введено и использовалось понятие стратегии управления информационными ресурсами.

Напомним связанные с этим определения. *Информационным элементом (ИЭ)* будем называть любую минимальную однородную с точки зрения условий обеспечения информационной безопасности совокупность данных, формируемых и циркулирующих в компьютерной системе. *Информационным объектом (ИО)* будем называть совокупность взаимосвязанных ИЭ, выделяемую по функциональному или иному признаку, такую, что среди них имеется: 1) единственный ИЭ, который не может быть получен ни из каких других ИЭ информационного объекта посредством реализованных в РКС процедур обработки данных; и 2) единственный ИЭ, из которого не может быть получен никакой другой ИЭ информационного объекта посредством реализованных в РКС процедур обработки данных. *Стратегией управления информационным ресурсом (СУИР)* будем называть совокупность однородных в функциональном отношении алгоритмов обработки данных и протоколов обмена данными, которые предназначены для организованного управления ИЭ на протяжении его жизненного цикла посредством преобразования его в некоторый ИО.

1. Исследуемые стратегии управления информационными ресурсами

Проведено исследование восьми стратегий управления информационными ресурсами. Их описание приводится ниже.

Стратегия резервирования с целой кратностью (РЦК) – это СУИР, которая предполагает создание n идентичных копий заданного ИЭ и поддержание их в течение периода ΔT .

Стратегия резервирования с дробной кратностью (РДК) – СУИР, которая предполагает для заданного ИЭ создание и поддержание в течение периода ΔT множества из n информационных элементов, таких, что по набору любых не менее чем m из них, где $m \leq n$, может быть восстановлено значение исходного ИЭ.

Обобщенная стратегия резервирования с введением аналитических зависимостей между ИЭ (ОСР) – СУИР, которая предполагает для заданного ИЭ создание и поддержание в

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 11-07-00268-а).

течение периода ΔT множества A резервирующих ИЭ, где $|A| = n$, таких, что из значений любого авторизованного подмножества B этих элементов, где $|B| \leq n$, может быть восстановлено значение исходного ИЭ. Авторизованные подмножества ИЭ задаются некоторой структурой доступа Γ , которая может быть описана, например, в терминах теории множеств или теории графов.

Стратегия резервирования с периодической сменой значений резервирующих ИЭ (СПС) – СУИР, которая предполагает для заданного ИЭ создание и поддержание в течение периода ΔT множества A резервирующих ИЭ, где $|A| = n$, таких, что на любом временном интервале $\Delta T_1, \Delta T_2, \dots, \Delta T_m$ из значений любого авторизованного подмножества B этих элементов, где $|B| \leq n$, может быть восстановлено значение исходного ИЭ, но сами значения резервирующих ИЭ изменяются в каждом временном интервале. Авторизованные подмножества ИЭ, как и ранее, задаются некоторой структурой доступа Γ и остаются постоянными в течение периода ΔT .

Стратегия дистанционного управления информационным элементом (СДУ), которую также можно рассматривать как *стратегию замещения исходного ИЭ зависимым*, – СУИР, которая предполагает для заданного ИЭ создание зависимого от него ИЭ и поддержание его в течение периода ΔT .

Стратегия дистанционного управления с инкрементным обновлением информационного элемента (ДИО) – СУИР, которая предполагает для заданного ИЭ создание зависимого от него ИЭ и поддержание его в течение периода ΔT таким образом, что на каждом временном интервале $\Delta T_1, \Delta T_2, \dots, \Delta T_m$ значение зависимого ИЭ определяется как заданным исходным ИЭ, так и значением сохраняемого в памяти вспомогательного ИЭ в составе ИО.

Стратегия сохранения предысторий ИЭ (ССП) – СУИР, которая предполагает для заданного ИЭ создание и поддержание в течение периода ΔT множества экземпляров ИЭ, полученных путем последовательного обновления значений исходного ИЭ в соответствии с принятой дисциплиной хранения предысторий.

Обобщенная стратегия системного журналирования с инкрементным обновлением ИЭ (ИОЭ) – СУИР, которая предполагает для заданного ИЭ создание и поддержание в течение периода ΔT специального ИО, включающего системный журнал с накапливаемыми в нем изменениями основного ИЭ, который используется для периодического обновления основного ИЭ.

В качестве формальной конструкции для представления ИО, формируемых в результате применения СУИР, используются модели на основе обобщенных сетей Петри. В терминах этой модели каждый такой ИО соответствует фрагменту раскрашенной сети Петри, который имеет точно одну начальную позицию (такую, которая не имеет входящих в нее дуг) и точно одну конечную позицию (такую, которая не имеет исходящих из нее дуг).

2. Оцениваемые показатели информационных элементов при применении СУИР

Исследование показателей безопасности СУИР включало в себя исследование показателей доступности, целостности и конфиденциальности.

Анализ доступности имеет целью получение для всех СУИР оценок вероятности доступности выходных ИЭ и сопоставление их с величинами, характеризующими доступность ИЭ без применения СУИР. Введем обозначения: $\rho^A(t)$ – вероятность того, что ИЭ не утратил доступность в течение времени t без применения к нему какой-либо СУИР; $\rho^{S, A}(t)$ – вероятность того, что выходной ИЭ не утратил доступность в течение времени t при применении стратегии S ; $Q^A(t) = 1 - \rho^A(t)$ и $Q^{S, A}(t) = 1 - \rho^{S, A}(t)$ – вероятности противоположных событий; $\mu^A(t)$ – интенсивность потока неблагоприятных событий (атак нарушителя), приводящих к утрате доступности ИЭ без применения к нему какой-либо СУИР, в момент времени t ;



$\mu^{S, A}(t)$ — интенсивность потока неблагоприятных событий, приводящих к утрате доступности ИЭ при применении стратегии S, в момент времени t .

Изменение показателей доступности ИЭ при применении к ним СУИР характеризуется следующими функциями: $G_P^{S, D}(t) = \frac{P^{S, D}(t)}{P^D(t)}$ — выигрыш по вероятности сохранения доступности; $G_Q^{S, D}(t) = \frac{Q^{S, D}(t)}{Q^D(t)}$ — выигрыш по вероятности утраты доступности; $G_m^{S, D}(t) = \frac{m^{S, D}(t)}{m^D(t)}$ — выигрыш по интенсивности событий, в результате которых происходит утрата доступности ИЭ.

Анализ проводился при следующих исходных предположениях:

- в пределах одного непрерывного временного интервала все ИЭ, задействованные в СУИР, считаются невозстанавливаемыми по доступности;
- во всех практических задачах считается, что найдется такое положительное ε , что $|1 - g_P^{S, D}| \geq \varepsilon$, $|1 - g_Q^{S, D}| \geq \varepsilon$, $|1 - g_\mu^{S, D}| \geq \varepsilon$, где $g_P^{S, D} = G_P^{S, D}(t)$, $g_Q^{S, D} = G_Q^{S, D}(t)$, $g_\mu^{S, D} = G_\mu^{S, D}(t)$;
- поток неблагоприятных событий (атак нарушителя), приводящих к утрате доступности ИЭ, простейший с интенсивностью μ (пользуясь предельной теоремой теории потоков [6, § 2.4], считаем, что при сложении n независимых стационарных ординарных потоков с интенсивностью μ каждый получается снова стационарный ординарный поток с интенсивностью $n\mu$);
- для получения верхних и нижних оценок вероятностных показателей рассматриваются наихудший и наилучшие случаи: (1) суммарная интенсивность потока неблагоприятных событий до и после применения СУИР к ИЭ не изменяется; (2) после применения СУИР интенсивность потока неблагоприятных событий (атак нарушителя) для каждого ИЭ становится такой же, какой была для ИЭ до применения СУИР.

Анализ показателей целостности имеет целью получение для всех СУИР выражений для оценки вероятности сохранения целостности выходных ИЭ и сопоставление их с величинами, характеризующими целостность ИЭ без применения СУИР. Обозначения и исходные предположения вводятся по аналогии с предыдущим случаем.

Анализ показателей конфиденциальности имеет целью получение для всех СУИР выражений для оценки вероятности сохранения конфиденциальности выходных ИЭ и сопоставление их с величинами, характеризующими конфиденциальность ИЭ без применения СУИР. Все обозначения и исходные предположения аналогичны двум предыдущим случаям. Единственное отличие заключается в том, что конфиденциальность ИЭ не является объективно фиксируемым свойством. Поэтому особенность анализа показателей конфиденциальности ИЭ заключается в том, что хотя вероятность утраты конфиденциальности зависит от длины временных интервалов, на которых ИЭ принимают определенные значения, но независимо от времени наступления этого события утрата конфиденциальности происходит на всем рассматриваемом интервале.

3. Полученные результаты

Сводка результатов исследования различных СУИР на примере функций выигрыша по вероятности утраты трех аспектов безопасности — доступности, целостности и конфиденциальности — приведена в таблицах 1–3. В таблицах применено обозначение $|\Delta T_{\leftarrow}| = \sum_{k=1}^{j-1} |\Delta T_k|$ для суммарной длины всех интервалов времени с постоянными значениями ИЭ схемы, предшествующих тому интервалу, на который попадает рассматриваемый момент времени t . При сравнении СУИР предполагается, что все СУИР реализуются в равных условиях (длина временных интервалов, количество ИЭ, интенсивность потока неблагоприятных событий). Результаты приведены для двух комплексов условий:

- 1) когда суммарная интенсивность потока неблагоприятных событий, приводящих к утрате безопасности, на ИО, образованный при применении СУИР, остается такой же, какой была для ИЭ до применения к нему СУИР;

2) когда интенсивность потока неблагоприятных событий на каждый ИЭ в составе ИО становится такой же, какой была до применения СУИР.

Значения функций $G_Q^{S,D}(t)$, $G_Q^{S,U}(t)$, $G_Q^{S,K}(t)$ служат наглядными индикаторами выигрыша по безопасности информационных объектов, который приносят СУИР при различных условиях их применения. Функции выигрыша по безопасности выбраны в качестве примера, поскольку легко позволяют определить области рационального применения СУИР: применение всех СУИР целесообразно, когда $0 \leq G_Q^{S,D}(t) < 1$, $0 \leq G_Q^{S,U}(t) < 1$, $0 \leq G_Q^{S,K}(t) < 1$ для $\forall t \in [0; \Delta T]$, где ΔT – предполагаемый временной интервал, на котором применяется СУИР.

Для выявления областей рационального применения СУИР на основании данных таблиц 1–3 достаточно для каждого случая решить неравенство и определить, при каких условиях числитель дроби в функции выигрыша меньше знаменателя. Если это условие выполняется при любых t , то применение данной СУИР рационально всегда; если не выполняется ни при каких t , то ее применение нерационально; если выполняется не на всей области определения, то необходим специальный подбор параметров СУИР, позволяющий получить значение функции выигрыша в интервале $[0; 1)$.

Таблица 1. Функции выигрыша по вероятности утраты доступности при комплексах условий 1 и 2

№		$G_Q^{S,D}(t)$ при комплексе условий 1	$G_Q^{S,D}(t)$ при комплексе условий 2
1		$\frac{(1 - e^{-\mu t})^n}{1 - e^{-\mu n t}}$	$(1 - e^{-\mu t})^{n-1}$
2	РДК	$\frac{1 - \sum_{l=0}^{n-m} \binom{n}{l} (1 - e^{-\mu t})^l e^{-\mu(n-l)t}}{1 - e^{-\mu n t}}$	$\frac{1 - \sum_{l=0}^{n-m} \binom{n}{l} (1 - e^{-\mu t})^l e^{-\mu(n-l)t}}{1 - e^{-\mu t}}$
3		$\frac{1 - \sum_B \left[e^{-\mu B t} (1 - e^{-\mu t})^{n- B } \right]}{1 - e^{-\mu n t}}$	$\frac{1 - \sum_B \left[e^{-\mu B t} (1 - e^{-\mu t})^{n- B } \right]}{1 - e^{-\mu t}}$
4		$\frac{1 - e^{-\mu \text{ОСР}_{j,D}(t_{\Delta T_j}) \cdot t_{\Delta T_j}}}{1 - e^{-\mu n t_{\Delta T_j}}}$	$\frac{1 - e^{-\mu \text{ОСР}_{j,D}(t_{\Delta T_j}) \cdot t_{\Delta T_j}}}{1 - e^{-\mu t_{\Delta T_j}}}$
5		$\frac{1 - e^{-\mu t}}{1 + e^{-\mu t}}$	$1 - e^{-\mu t}$
6		$\frac{(e^{\mu t} + 1)(e^{\mu t} - e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} })}{e^{2\mu t} + e^{\mu t} + 1}$	$e^{-\mu(2t - \Delta T_{\leftarrow})}(e^{\mu t} + 1)(e^{\mu(t - \Delta T_{\leftarrow})} - 1)$
7		$\frac{e^{\mu t} - e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} }}{e^{\mu t} + 1}$	$1 - e^{-\mu(t - \Delta T_{\leftarrow})}$
8		$\frac{(e^{2\mu t} - 1)(e^{\mu t} - e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} })}{e^{3\mu t} - 1}$	$e^{-\mu(2t - \Delta T_{\leftarrow})}(e^{\mu t} + 1)(e^{\mu(t - \Delta T_{\leftarrow})} - 1)$

Таблица 2. Функции выигрыша по вероятности утраты целостности при комплексах условий 1 и 2

№		$G_Q^{S,U}(t)$ при комплексе условий 1	$G_Q^{S,U}(t)$ при комплексе условий 2
1		при чтении из постоянного ИЭ: $\frac{1 - e^{-\mu t}}{1 - e^{-\mu n t}}$ при чтении из случайного ИЭ: $\frac{1 - e^{-\mu t}}{1 - e^{-\mu n t}}$ при мажоритарном контроле: $\frac{1 - \sum_{l=0}^{\lfloor n/2 \rfloor} \binom{n}{l} (1 - e^{-\mu t})^l e^{-\mu(n-l)t}}{1 - e^{-\mu n t}}$	при чтении из постоянного ИЭ: 1 при чтении из случайного ИЭ: 1 при мажоритарном контроле: $\frac{1 - \sum_{l=0}^{\lfloor n/2 \rfloor} \binom{n}{l} (1 - e^{-\mu t})^l e^{-\mu(n-l)t}}{1 - e^{-\mu t}}$
2	РДК	$\frac{1 - e^{-\mu n t}}{1 - e^{-\mu t}}$	$\frac{1 - e^{-\mu n t}}{1 - e^{-\mu t}}$
3		$\frac{1 - e^{-\mu \bar{b} t}}{1 - e^{-\mu n t}} \leq G_Q^{OCP,U} \leq \frac{1 - e^{-\mu \bar{b} t}}{1 - e^{-\mu t}}$	$\frac{1 - e^{-\mu \bar{b} t}}{1 - e^{-\mu n t}} \leq G_Q^{OCP,U} \leq \frac{1 - e^{-\mu \bar{b} t}}{1 - e^{-\mu t}}$
4		$\frac{1 - e^{-\mu^{OCP_j,U}(t_{\Delta T_j}) t_{\Delta T_j}}}{1 - e^{-\mu n t_{\Delta T_j}}} \leq G_Q^{СПС,U} \leq$ $\leq \frac{1 - e^{-\mu^{OCP_j,U}(t_{\Delta T_j}) t_{\Delta T_j}}}{1 - e^{-\mu n t_{\Delta T_j}}}$	$\frac{1 - e^{-\mu^{OCP_j,U}(t_{\Delta T_j}) t_{\Delta T_j}}}{1 - e^{-\mu t_{\Delta T_j}}} \leq G_Q^{СПС,U} \leq$ $\leq \frac{1 - e^{-\mu^{OCP_j,U}(t_{\Delta T_j}) t_{\Delta T_j}}}{1 - e^{-\mu t_{\Delta T_j}}}$
5		$\frac{1}{1 + e^{-\mu t}}$	1
6		$\min \left\{ \frac{e^{3\mu} - e^{\mu(2t + \Delta T_{\leftarrow})}}{e^{3\mu} - 1}; \frac{1 - e^{-2\mu}}{1 - e^{-3\mu}} \right\} \leq G_Q^{ДИО,U} \leq$ $\leq \max \left\{ \frac{e^{3\mu} - e^{\mu(2t + \Delta T_{\leftarrow})}}{e^{3\mu} - 1}; \frac{1 - e^{-2\mu}}{1 - e^{-3\mu}} \right\}$	$\min \left\{ \frac{e^{\mu} - e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} }}{e^{\mu} - 1}; 1 + e^{-\mu} \right\} \leq G_Q^{ДИО,U} \leq$ $\leq \max \left\{ \frac{e^{\mu} - e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} }}{e^{\mu} - 1}; 1 + e^{-\mu} \right\}$
7		$\min \left\{ \frac{e^{2\mu} - e^{\mu(t + \Delta T_{\leftarrow})}}{e^{2\mu} - 1}; \frac{e^{\mu}}{e^{\mu} + 1} \right\} \leq G_Q^{ССП,U} \leq$ $\leq \max \left\{ \frac{e^{2\mu} - e^{\mu(t + \Delta T_{\leftarrow})}}{e^{2\mu} - 1}; \frac{e^{\mu}}{e^{\mu} + 1} \right\}$	$\min \left\{ \frac{e^{\mu} - e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} }}{e^{\mu} - 1}; 1 \right\} \leq G_Q^{ССП,U} \leq$ $\leq \max \left\{ \frac{e^{\mu} - e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} }}{e^{\mu} - 1}; 1 \right\}$
8		$\min \left\{ \frac{e^{3\mu} (1 - e^{-\mu(t + \Delta T_{\leftarrow})})}{e^{3\mu} - 1}; \frac{1 - e^{-2\mu}}{1 - e^{-3\mu}} \right\} \leq G_Q^{ИОЭ,U} \leq$ $\leq \max \left\{ \frac{e^{3\mu} (1 - e^{-\mu(t + \Delta T_{\leftarrow})})}{e^{3\mu} - 1}; \frac{1 - e^{-2\mu}}{1 - e^{-3\mu}} \right\}$	$\min \left\{ \frac{e^{\mu} - e^{-\mu \Delta T_{\leftarrow} }}{e^{\mu} - 1}; e^{-\mu} + 1 \right\} \leq G_Q^{ИОЭ,U} \leq$ $\leq \max \left\{ \frac{e^{\mu} - e^{-\mu \Delta T_{\leftarrow} }}{e^{\mu} - 1}; e^{-\mu} + 1 \right\}$

Таблица 3. Функции выигрыша по вероятности утраты конфиденциальности при комплексах условий 1 и 2

№		$G_Q^{S,K}(t)$ при комплексе условий 1	$G_Q^{S,K}(t)$ при комплексе условий 2
1		1	n
2	РДК	$\frac{1 - \sum_{l=0}^{m-1} \binom{n}{l} (1 - e^{-\mu t})^l e^{-\mu(n-l)t}}{1 - e^{-\mu n t}}$	$\frac{1 - \sum_{l=0}^{m-1} \binom{n}{l} (1 - e^{-\mu t})^l e^{-\mu(n-l)t}}{1 - e^{-\mu t}}$
3		$\frac{1 - \sum_B (1 - e^{-\mu t})^{ B } e^{-\mu(n- B)t}}{1 - e^{-\mu n t}}$	$\frac{1 - \sum_B (1 - e^{-\mu t})^{ B } e^{-\mu(n- B)t}}{1 - e^{-\mu t}}$
4		$\frac{1 - e^{-\mu \text{ОСР}_{j,K}(t_{\Delta T_j}) \cdot t_{\Delta T_j}}}{1 - e^{-\mu n t_{\Delta T_j}}}$	$\frac{1 - e^{-\mu \text{ОСР}_{j,K}(t_{\Delta T_j}) \cdot t_{\Delta T_j}}}{1 - e^{-\mu t_{\Delta T_j}}}$
5	СДУ	1	$1 + e^{-\mu t}$
6		$\frac{e^{3\mu t} + e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} } - 2e^{\mu(t+ \Delta T_{\leftarrow})}}{e^{3\mu t} - 1}$	$\frac{e^{-2\mu t} (e^{3\mu t} + e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} } - 2e^{\mu(t+ \Delta T_{\leftarrow})})}{e^{\mu t} - 1}$
7		$\frac{e^{2\mu t} - e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} }}{e^{2\mu t} - 1}$	$\frac{1 - e^{-\mu(2t- \Delta T_{\leftarrow})}}{1 - e^{-\mu t}}$
8		$\frac{e^{3\mu t} + e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} } - 2e^{\mu(t+ \Delta T_{\leftarrow})}}{e^{3\mu t} - 1}$	$\frac{e^{-2\mu t} \cdot (e^{3\mu t} + e^{\mu \Delta T_{\leftarrow} } - 2e^{\mu(t+ \Delta T_{\leftarrow})})}{e^{\mu t} - 1}$

В таблице 4 приведены сводные данные о рациональных по различным критериям стратегиях. На основе этих сведений может приниматься решение о целесообразности применения той или иной стратегии в конкретной ИС или о проведении дополнительных оценок числовых значений показателей безопасности СУИР с учетом условий их применения и реализации в ИС.

Таблица 4. Рациональный выбор СУИР по частным показателям безопасности при различных условиях

СУИР	Комплекс условий 1: суммарная интенсивность неблагоприятных событий не изменяется			Комплекс условий 2: интенсивность неблагоприятных событий для каждого ИЭ становится такой же, как для исходного ИЭ		
	Доступность	Целостность		Доступность	Целостность	Конфиденциальность
РЦК	+	+	1	+	*	-
РДК	+	+	+	*	-	-
ОСР	+	+	+	*	-	-
СПС	+	+	+	*	-	-
СДУ	+	+	1	+	1	-

ДИО	+	+	+	*	*	-
ССП	+	+	+	+	+	*
ИОЭ	+	+	+	*	*	*

Обозначения: «+» – применение СУИР рационально, «-» – применение СУИР нерационально, «1» – СУИР может применяться, но не дает выигрыша по данному показателю безопасности, «*» – применение СУИР рационально при специальном подборе параметров СУИР.

Заключение

Введенное понятие стратегии управления информационными ресурсами (СУИР) и способ модельного представления СУИР позволяют формализовать типовые приемы использования элементов и массивов данных в компьютерных информационных системах и исследовать влияние этих стратегий на доступность, целостность и конфиденциальность информации, обрабатываемой, передаваемой и хранимой в информационных системах.

Проведенное исследование восьми стратегий управления информационными ресурсами – резервирования с целой кратностью, резервирования с дробной кратностью, обобщенной стратегии резервирования, стратегии резервирования с периодической сменой значений резервирующих ИЭ, стратегии дистанционного управления ИЭ, стратегии дистанционного управления с инкрементным обновлением ИЭ, стратегии сохранения предыстории ИЭ и обобщенной стратегии системного журналирования с инкрементным обновлением ИЭ – позволило получить комплекс аналитических оценок, которые могут быть использованы для систематического анализа показателей безопасности информационных ресурсов и синтеза информационных систем с заданными показателями безопасности информационных ресурсов.

Обнаруженные закономерности изменения показателей доступности, целостности и конфиденциальности информационных элементов при применении СУИР позволили выявить СУИР, применение которых рационально в смысле повышения показателей доступности, целостности и конфиденциальности информационных ресурсов, а также определить условия их рационального применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Запечников С. В. Безопасность распределенных компьютерных систем при различных стратегиях резервирования информационных ресурсов // Безопасность информационных технологий. 2011. № 3. С. 17–26.
2. Запечников С. В., Плешков А. К. Оценка функциональной надежности информационной системы, имеющей многокомпонентную структуру // Информация и безопасность. 2011. № 1. (Т. XIV. Ч. 1.). С. 129–132.
3. Запечников С. В., Плешков А. К. Модель разграничения и контроля доступа к ресурсам интегрированной информационной системы // Безопасность информационных технологий. 2011. № 2. С. 50–59.
4. Запечников С. В. Регулирование показателей защищенности информационных ресурсов в распределенной компьютерной среде на основе применения стратегии резервирования с дробной кратностью // Безопасность информационных технологий. 2011. № 4. С. 5–14.
5. Горбатов В. С., Запечников С. В., Толстой А. И. Методические основы количественной оценки безопасности информационных ресурсов в условиях разрушения распределенной компьютерной среды // Актуальные научные вопросы: реальность и перспективы. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. 26 декабря 2011 г. Тамбов, 2011. С. 41–44.
6. Венцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.

