

УДК 621.38:004.03

А.В. Харьбин

Полтавский военный институт связи, Украина

КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И КОММУТАЦИИ

Предложена и рассмотрена комплексная модель воздействий на работоспособность центров обработки данных и коммутационных центров распределенных информационных систем, которая позволяет производить оценивание живучести данных объектов в условиях проявления таких экстремальных факторов, как вооруженного ракетно-артиллерийского воздействия, информационных атак, пожаров и землетрясений.

центр обработки данных, коммутационный центр, модель воздействий, ракетно-артиллерийская атака, континуальная модель функционирования, живучесть, показатель

Введение

Современные высокопроизводительные распределенные информационные, информационно-коммуникационные и информационно-управляющие системы (РИС, РИКС и РИУС) представлены сложными гетерогенными компьютерными и телекоммуникационными сетями, основу которых составляют центры обработки данных (ЦОД) и коммутационные центры (КЦ), связанные между собой волоконно-оптическими линиями передачи информации (ВОЛПИ) [1]. Для подобных систем предъявляются повышенные требования к их характеристикам производительности и надежности, а для систем высокой готовности (критического применения) и к живучести (гарантоспособности). Для обеспечения выполнения данных требований целесообразным является использование информационных технологий поддержки принятия решений по обеспечению необходимых уровней соответствующих свойств, в основе которых могут быть методы оценивания (анализа) и обеспечения (синтеза компонентно-функциональных структур – КФС, с заданными показателями) надежности и живучести [2].

Под *живучестью* понимается способность ЦОД и КЦ (достигаемая организацией структуры и функционального взаимодействия между их компонентами) в любой момент функционирования (в т. ч. в экстремальных условиях эксплуатации - ЭУЭ) использовать суммарную производительность всех исправных вычислительных и коммутационных ресурсов для решения наиболее важных задач даже с минимальными значениями качественных характеристик.

В работах [1 – 3] обоснована необходимость получения точных и адекватных условиям эксплуатации оценок указанных свойств на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) ЦОД и КЦ. Это требует применения различных методов моделирования процесса их функционирования, с учетом воздействий на их работоспособность наиболее распространенных экстремальных факторов (ЭФ), к числу которых согласно статистическим данным [3] относятся:

1) намеренные информационные (кибернетические) атаки злоумышленников (хакеров и фрикеров) – 30% и 6% случаев нарушения работоспособного состояния ЦОД и КЦ, соответственно;

2) локальные внутриобъектовые пожары, вызванные самовозгоранием отдельных структурных элементов в результате электрических пробоев проводки и радиоэлементов при перегрузках или нарушениями температурного режима эксплуатации из-за конечной надежности аппаратной составляющей автоматизированных систем, обеспечивающих электроснабжение, пожаротушение и кондиционирование – 12% и 24% случаев соответственно;

3) вооруженного огневого воздействия на отдельные сегменты указанных объектов или на объекты в целом (террористические атаки в мирное время и открытое вооруженное противостояние в условиях войны или конфликта) – 11% и 16% случаев соответственно;

4) затопления помещений объектов с аппаратурой в результате разливов рек, выпадения критических уровней осадков, ураганов и цунами – 12% и 19 % случаев соответственно;

5) непреднамеренные ошибки проектировщиков, наладчиков, обслуживающего персонала – до 32% случаев;

6) другие факторы (землетрясения, селевые потоки, ураганов, и т.д.) – около 3% случаев.

Для оценивания и прогнозирования (анализа) живучести ЦОД и КЦ используется множество соответствующих моделей и методов [1 – 3], большинство которых учитывают негативное влияние на работоспособность лишь одного из ЭФ, свойственного для ЭУЭ. Вместе с тем практически все указанные методологические подходы к анализу живучести имеют существенный недостаток – отсутствие единых стандартизированных показателей и критериев оценки указанного свойства. Поэтому представляется целесообразным проведение оценивание живучести ЦОД и КЦ РИС с помощью единого методологического подхода, основу которого составит комплексная модель воздействий множества пере-

численных ЭФ на их работоспособность, а также единые показатели оценки данного свойства.

Таким образом, актуальной является *задача* моделирования процессов нарушения работоспособности ЦОД и КЦ РИС при воздействии множества рассмотренных ЭФ. Сложность решения данной задачи заключается в отсутствии перехода от частных моделей нарушения работоспособности ЦОД и КЦ [4] с соответствующими им показателями, к единой модели воздействий.

Анализ литературных источников [2 – 4], посвященных рассмотрению указанной проблемы позволяет сделать вывод о том, что на практике отсутствуют комплексные модели воздействий и соответствующие им методы оценивания, позволяющих получить адекватные статистическим данным оценки показателей живучести ЦОД и КЦ.

Целью статьи является представление результатов разработки комплексной модели воздействия множества разнотипных ЭФ на работоспособность ЦОД и КЦ, имеющий в своем составе частные модели, позволяющие произвести оценивание живучести при воздействии различных типов ЭФ, и соответствующего ей подхода к оцениванию живучести данных объектов.

Синтез комплексной модели воздействий разнотипных экстремальных факторов на работоспособность ЦОД и КЦ РИС

Порядок воздействия большинства указанных во введении причин (ЭФ № 2, 4, 5, 6) снижения работоспособности подобных технически-сложных и зачастую распределенных в пространстве объектов на практике тяжело поддаются четкой математической формализации, что обусловлено их случайностью проявления во времени и размера причиняемого для работоспособности ЦОД и КЦ ущерба. Однако, существует и другой тип ЭФ (№ 1 и 3 в перечне), относящихся к так называемым человеческим злонамеренным факторам, которые, как правило, имеют предсказуемый характер проявления, относительно небольшую длительность воздействий на работоспособность и могут быть смоделированы на различных этапах ЖЦ рассматриваемых объектов.

В составе предлагаемой комплексной модели воздействий множества ЭФ на работоспособность ЦОД и КЦ (далее по тексту – КМВ) целесообразно иметь как минимум две частные модели воздействий на работоспособность ЦОД (КЦ): 1) ракетно-артиллерийских систем вооружений, 2) случайных ЭФ, не приводящих к полному нарушению работоспособности. Рассмотрение моделей воздействий таких экстремальных факторов как землетрясения силой более 5 баллов по шкале Рихтера, ураганы 4 и 5 категорий, пожары 1 или высшей категории сложности и т.д. представляется нецелесообразным, так как в случае их возникновения живучесть сосредоточенного ЦОД или КЦ будет равна нулю, а территори-

ально распределенного или масштабного по своей КФС объекта подобного рода, может быть оценена с помощью второй частной модели воздействий.

В комплексной модели целесообразным представляется использовать такой показатель оценивания живучести данного класса элементов РИС, как вероятность поражения ЦОД / КЦ при заданной кратности (ϕ) (интенсивности) или продолжительности (Δt) воздействий определенного перечня из d независимых ЭФ, рассчитываемого согласно выражению:

$$P_{\text{ПОР}}^d = \prod_{b=1}^d P_{\text{ПОР}_b}^{\phi} \mid T \in [t, t + \Delta t], \quad (1)$$

где $P_{\text{ПОР}_b}^{\phi}$ – вероятность поражения ЦОД / КЦ b -м ЭФ, воздействующим с кратностью ϕ на объект оценивания; T – интервал времени, на котором проводят оценивание живучести.

Кроме того, при необходимости проведения оценки живучести рассматриваемых объектов как самостоятельных систем целесообразным является получение оценки комплексного показателя живучести, который бы позволил при необходимости осуществить обоснованный и однозначный выбор одного из множества вариантов построения данной системы. В качестве данного показателя предлагается использовать новый показатель – *комплексный коэффициент живучести объекта* при b -м ЭВ, определяемый согласно следующему выражению:

$$S^b = P_{\text{ПОР}_b}^{\phi} \cdot (1 - M_b^{\phi}) \mid 0 \leq M_b^{\phi} \leq 1, \quad (2)$$

где M_b^{ϕ} – ущерб, нанесенный объекту b -м ЭФ, воздействовавшим на его работоспособность с кратностью (интенсивностью) ϕ – измеряется частью работоспособности ЦОД (КЦ), потерянной при ЭВ.

Модель воздействий на работоспособность ЦОД и КЦ ракетно-артиллерийских систем вооружения. В общем случае ЦОД (КЦ) представляет собой совокупность элементарных целей, расположенных в ограниченном количестве помещений или зданий. Элементарной целью (ЭЦ) называют такую одиночную цель, которую нельзя разделить на другие цели или расчленить на части без нарушения ее физической целостности [4], например коммутатор, маршрутизатор, сервер и т. д.

По характеру ЭЦ, входящих в состав ЦОД (КЦ), последний является неподвижным и неоднородным (содержит разнотипные ЭЦ).

Для некоторых ЦОД (КЦ) известно число и положение каждой ЭЦ (при заблаговременном изучении его инфраструктуры с целью атаки) поэтому они являются групповыми объектами. Среди групповых объектов различают рассредоточенные и компактные (сосредоточенные). Для реальных ЦОД (КЦ) расстояния между ЭЦ (стойками с аппаратурой) малы по сравнению с областью поражения боеприпасов, поэтому боеприпас, может поразить несколько ЭЦ (рис. 1, а).

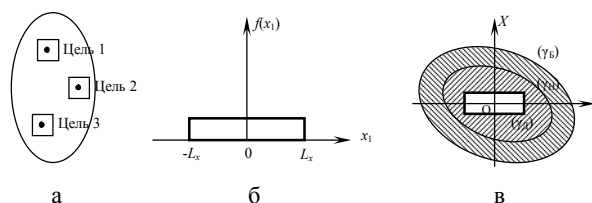


Рис. 1. Анализ поражения ЦОД

В ряде случаев к моменту нанесения ударов с использованием ракетно-артиллерийских систем вооружения (РАСВ) расположение и число ЭЦ в ЦОД (КЦ) для атакующей стороны неизвестны.

В таком случае атакующая сторона может принимать допущение о равномерном распределении ЭЦ в объекте. При этом ЦОД (КЦ) называют площадным (линейным) объектом [4]. Рис. 1, б описывает объект с равномерной плотностью $f(x_1)$ распределения элементарных целей по длине, которая при L_x – половине длины объекта в плоскости прицеливания X будет равна:

$$f(x_1) = \begin{cases} \frac{1}{2L_x}, & \text{если } -L_x < x \leq L_x; \\ 0, & \text{если } x \leq -L_x \text{ или } x > L_x. \end{cases}$$

ЭЦ считается пораженной (уничтоженной), если ей нанесено такое повреждение, которое по оценке специалистов достаточно, чтобы считать цель неработоспособной (невосстанавливаемой).

Большинство ЭЦ уничтожается на некотором удалении от центра взрыва боеприпаса. В этом случае говорят о дистанционном действии боеприпаса. Обозначим через $G(x, y)$ вероятность поражения (получения заданного повреждения) элементарной цели, расположенной на горизонтальной плоскости в точке начала координат (x, y) . По сути $G(x, y)$ будет подчиняться координатному закону поражения ЭЦ. При рассмотрении этих законов можно выделить три различные области, расположенные вокруг центра цели (рис. 1, в). Области гарантированного (γ_r) и недостоверного (γ_n) поражения ЭЦ называют приведенной зоной ($\gamma_{пр}$) поражения, а ее размеры — приведенными размерами ЭЦ. Затем располагается область безопасных разрывов (γ_b). Для всех точек ($\gamma_{пр}$) вероятность поражения цели $G(x, y) = 1$, а вне этой зоны $G(x, y) = 0$ – таким образом координатный закон поражения будет иметь ступенчатый вид.

Закон поражения представляют как функцию числа попаданий m , тогда при допущении отсутствия накопления ущерба закон поражения имеет показательный вид [4]:

$$G(m) = 1 - (1 - 1/\omega)^m, \quad (3)$$

где ω — среднее число попаданий, достаточное для поражения цели. Если ω известно, то вероятность поражения цели при нескольких выстрелах определяют как вероятность поражения цели хотя бы одним боеприпасом.

В результате стрельбы по объекту (ЭЦ) ему наносят какой-либо ущерб. Для групповых и площад-

ных (линейных) объектов этот ущерб может быть полным, частичным и нулевым. При поражении ЭЦ из состава ЦОД (КЦ) частичный ущерб не рассматривают. Если M — средний ущерб, а σ — среднее квадратическое отклонение ущерба, то практически все возможные случайные значения ущерба нанесенного объекту атаки боеприпасом находятся в интервале $M \pm 3\sigma$ [4].

В [4] рассмотрены различные методы расчета вероятности поражения ЭЦ и площадного объекта (ЦОД или КЦ) в целом для различных условий наблюдения со стороны атакующих за его состоянием во время ударов РАСВ. В общем виде среднее число N_r пораженных целей группового объекта, состоящего из k целей, рассчитывают по формуле [4]:

$$N_r = \sum_{j=1}^k P_j, \quad (4)$$

где P_j — вероятность поражения j -й цели за всю стрельбу ($j = 1, \dots, k$).

Вероятность $P(x_1, y_1)$ поражения ЭЦ при стрельбе на нескольких установках прицела определяют по общей формуле:

$$P(x_1, y_1) = 1 - \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(x, y) \times$$

$$\times \prod_{i=1}^{k_x} \prod_{j=1}^{k_y} [1 - p(x + x_{1i} + a_{xi}, y + y_{1j} + a_{yj})]^{n_{ij}} dx dy,$$

где $p(x + x_{1i} + a_{xi}, y + y_{1j} + a_{yj})$ – вероятность попадания в приведенную зону ЭЦ при 1 выстреле на i -й установке прицела по дальности и j -й установке прицела по направлению, если повторяющиеся ошибки равны x, y , рассчитывают по формуле:

$$p = 1 - \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (\varphi(x, y) [1 - p(x, y)]^n) dx dy, \quad (6)$$

где n – количество выстрелов, $\varphi(x, y)$ – нормальная функция распределения поражающего фактора, определяемая по соответствующим таблицам для определенного образца РАСВ [4].

Модель воздействий множества случайных ЭФ на работоспособность распределенного ЦОД и КЦ. Архитектура распределенных ЦОД (КЦ), представляется в виде композиции множества элементарных серверов (ЭС) (элементарных коммутаторов – ЭК) и локальной сети обмена информацией между ними. В таких системах все основные ресурсы являются и логически, и технически распределенными.

Число ЭС (ЭК) в распределенных ЦОД (КЦ) допускает варьирование и заключено в пределах $10 - 10^4$ ($10 - 10^3$).

Распределенный ЦОД (КЦ) по своей природе (например, вследствие отказов ресурсов) - стохастический объект, который предназначается в общем случае для обслуживания вероятностных потоков заданий (заявок), представленных параллельными программами (информационными потоками – ИП)

со случайными параметрами. Следовательно, в этих условиях целесообразно построение стохастических моделей на основе принципа квазианалогии [5]. Данный принцип должен гарантировать не подобие между моделями и функционированием распределенных систем, а простоту и удовлетворительную для практики точность расчетов показателей эффективности и (или) несложность алгоритмов функционирования и оптимальность использования их ресурсов.

В современных ЦОД единицей вычислительных ресурсов выступает ЭС, а в КЦ – ЭК. Вычислительное (коммутирующее) ядро – ВЯ (КЯ) любой высокопроизводительной системы, в том числе и ЦОД (КЦ), компонуется из однородных ЭС (ЭК). Будем говорить, что ЦОД (КЦ) находится в состоянии $k \in E_0^N = \{0, 1, \dots, N\}$, если в нем имеется k работоспособных ЭС (ЭК).

Далее для упрощения будем рассматривать лишь ЦОД, понимая, что все рассуждения и выражения могут быть применены и для современных масштабных КЦ.

Под живучим ЦОД (КЦ) в данной модели воздействия понимается (виртуальная) конфигурация из N ЭС, в которой:

- указано минимально допустимое число n работоспособных ЭС (ЭК), гарантирующее производительность системы не менее требуемой;
- обеспечена возможность решения сложных задач (коммутации высокоскоростных ИП), представленных адаптирующимися параллельными программами (потоками);
- отказы любых ЭС (ЭК) (вплоть до числа $N - n$) и восстановления отказавших приводят только к увеличению или уменьшению времени реализации параллельной программы (времени задержки на коммутацию или маршрутизацию);
- при изменении состояния $k = 1, 2, \dots, N$ производительность ВЯ (КЯ) подчиняется следующему закону [5]:

$$\Omega(k) = A_k \Delta(k - n) \eta(k, \theta), \quad (7)$$

где A_k – коэффициент;

$$\Delta(k - n) = \begin{cases} 1, & \text{если } k \geq n, \\ 0, & \text{если } k < n; \end{cases}$$

θ – показатель производительности ЭС (ЭК); $\eta(k, \theta)$ – неубывающая функция ($\eta(k, \theta) = k\theta$).

Следует обратить внимание на то, что в живучем ЦОД число избыточных ЭС – переменное и заключено между 0 и $(N - n)$ и в нем нет простоев исправных серверов. Все исправные ЭС включаются в вычислительное ядро ЦОД и участвуют в реализации параллельных процессов, что приводит к уменьшению времени решения задач.

Ремонтные работы в ЦОД (КЦ) осуществляются некоторой восстанавливающей системой, состоящей из m устройств (ВУ), $1 \leq m \leq N$. Каждое ВУ может производить ремонт только одного ЭС (ЭК).

Для формирования в системе виртуальных КФС имеются специальные (аппаратно-программные) средства – реконфигуратор. Он предназначается для выполнения функций:

- исключения из ВЯ ЦОД ЭС при отказе и включения их после восстановления;
- формирования ВЯ ЦОД из оставшихся работоспособных и вновь отремонтированных ЭС;
- преобразования адаптирующейся параллельной программы (ИП) с целью достижения соответствия между числом ее ветвей (путей) и числом ЭС (ЭК) ВЯ (КЯ);
- вложения преобразованной программы (направление перераспределенного ИП) в ВЯ (КЯ) с новой КФС и организации ее (его) прохождения.

Математическое ожидание $\mathcal{N}(i, t)$ числа работоспособных ЭС (ЭК) определяет в момент времени $t \geq 0$ производительность ЦОД; i – начальное состояние ВЯ. Именно $\mathcal{N}(i, t)$ ЭС (ЭК) составляют в среднем в момент времени $t \geq 0$ ВЯ ЦОД (КЯ КЦ), а функция

$$N(i, t) = \mathcal{N}(i, t) / N, \quad i \in E_0^N \quad (8)$$

характеризует потенциальную живучесть системы.

Функция (8) может быть рассчитана с учетом того, что высокопроизводительные ЦОД (КЦ) содержат большое число ЭС (ЭК) ($N \rightarrow \infty$), поэтому, при исследовании потенциальной живучести ЦОД (КЦ) вместо рассмотрения всего пространства состояний можно изучать поведение ВЯ ЦОД (КЯ КЦ) в целом как ансамбля большого числа идентичных ЭС (ЭК). При этом в любой момент времени производительность ЦОД (КЦ) и восстанавливающей системы пропорциональна соответственно математическим ожиданиям числа исправных ЭС (ЭК) и числа занятых ВУ.

При изучении живучести ЦОД за основу берется стохастическая модель функционирования [5], представленная на рис. 2.

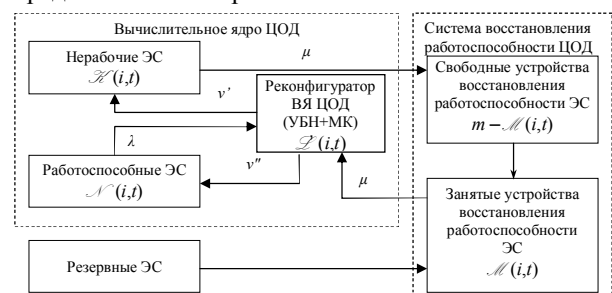


Рис. 2. Обобщенная стохастическая модель функционирования ВЯ ЦОД в ЭУЭ

В случае отказа ЭС (ЭК) "покидает" ВЯ (КЯ) и берется на учет реконфигуратором; λ – интенсивность отказов сервера. Пусть $\mathcal{F}'(i, t)$ – среднее число отказавших ЭС (ЭК), учитываемых реконфигуратором ЦОД (КЦ) в момент $t \geq 0$, $i \in E_0^N$. Реконфигуратор исключает из ВЯ (КЯ) отказавшие ЭС (ЭК), образует из оставшихся работоспособных связную

подсистему, сокращает число параллельных ветвей (потоков) в адаптирующей программе и организует ее (его) прохождение на ВЯ (КЯ) с новой структурой. В результате выполнения таких функций реконфигуратор с интенсивностью v' "переключает" отказавшие ЭС (ЭК) из ядра в число элементов, подлежащих восстановлению.

Пусть $\mathcal{K}(i,t)$ – математическое ожидание числа отказавших ЭС (ЭК), учитываемых восстанавливающей системой; $\mathcal{M}(i,t)$ – среднее число ВУ, занятых восстановлением отказавших ЭС (ЭК); μ – интенсивность восстановления отказавших ЭС (ЭК) одним ВУ. После восстановления ЭС (ЭК) берутся на учет реконфигуратором ВЯ ЦОД (КЯ КЦ). Пусть $\mathcal{L}''(i,t)$ – среднее число восстановленных ЭС (ЭК), взятых на учет реконфигуратором ВЯ (КЯ). Включение восстановленных ЭС (ЭК) в состав ядра осуществляется с интенсивностью v'' , зависящей от времени образования связной КФС из существовавшего ВЯ (КЯ) и восстановленных ЭС (ЭК), времени перенастройки программы (перенаправления ИП) на большее число ветвей (путей) в ВЯ (КЯ).

В общем случае "ремонт" обнаруженных отказавших ЭС (ЭК) в реконфигурируемых ЦОД (КЦ) большого масштаба сводится к их замене на резервные. Тогда интенсивность μ воспринимается как среднее число ЭС (ЭК) резерва, включаемых в единицу времени одним ВУ в состав ВЯ (КЯ).

Очевидно следующее равенство:

$$\mathcal{L}(i,t) + \mathcal{K}(i,t) + \mathcal{N}(i,t) = N,$$

где $\mathcal{L}(i,t) = \mathcal{L}'(i,t) + \mathcal{L}''(i,t)$ – среднее число ЭС, с которыми работает реконфигуратор ВЯ (КЯ).

При использовании данной модели функционирования ЦОД (КЦ) для расчета функции (9) потенциальной живучести естественно пойти по пути вывода разностных и дифференциальных уравнений непосредственно для $\mathcal{N}(i,t)$ и $\mathcal{M}(i,t)$. Рассмотрим наиболее вероятную для практики ситуацию при $N\lambda \leq m(\lambda + \mu + \lambda\mu/v)$:

$$\mathcal{K}(i,t) = \mathcal{M}(i,t) \leq m, \\ i \in \{N - m, N - m + 1, \dots, N\},$$

$$\text{тогда } \mathcal{N}(i,t) = \frac{N\mu v}{\alpha_1 \alpha_2} + \left[\frac{N\mu v}{\alpha_1} + (i+j)v + i(\alpha_1 + \mu) \right] E_1 + \\ + \left[\frac{N\mu v}{\alpha_1} + (i+j)v + i(\alpha_2 + \mu) \right] E_2, \quad (9)$$

$$\text{где } v = v' + v''; E_1 = \frac{e^{\alpha_1 t}}{\alpha_1 - \alpha_2}; E_2 = \frac{e^{\alpha_2 t}}{\alpha_2 - \alpha_1};$$

$$\alpha_{1,2} = -0,5(\lambda + \mu + v) \pm \\ \pm 0,5\sqrt{\lambda^2 + \mu^2 + v^2 - 2(\lambda\mu + \lambda v + \mu v)}$$

Полученные формулы позволяют оценить ВЯ ЦОД (КЯ КЦ) в переходном режиме.

Для высокопроизводительных ЦОД и КЦ естествен стационарный режим эксплуатации:

$$\mathcal{N} = \lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{N}(i,t) = \frac{N\mu v}{\lambda\mu + \lambda v + \mu v};$$

$$\mathcal{M} = \lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{M}(i,t) = \frac{N\lambda v}{\lambda\mu + \lambda v + \mu v};$$

$$\mathcal{L} = \lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{L}(i,t) = N - \mathcal{N} - \mathcal{M}; \mathcal{K} = \lim_{t \rightarrow \infty} \mathcal{K}(i,t) = \mathcal{M}.$$

Неравенство $\lambda < \mu \ll v$ имеет место всегда. Если учесть последнее, то получим предельно простые формулы:

$$\mathcal{N} \approx N\mu(\lambda + \mu)^{-1}, \mathcal{M} = N\lambda(\lambda + \mu)^{-1}. \quad (10)$$

Оценку ущерба, нанесенного ЦОД (КЦ) в результате воздействия b -го ЭФ, можно рассчитать как:

$$M_b = 1 - \frac{N_b}{N} = \frac{N_r}{N}. \quad (11)$$

Простота расчетных формул приводит к нетрудоемкому процессу оценивания живучести распределенных масштабируемых ЦОД (КЦ), как систем с произвольным числом ЭС (ЭК).

Выводы

Предложена комплексная модель воздействий на работоспособность ЦОД (КЦ) множества ЭФ, в основе которой лежит два основных подхода к рассмотрению ЦОД и КЦ как объекта воздействия:

- представление ЦОД и КЦ в виде точечного (сосредоточенного) объекта;
- представление ЦОД и КЦ в виде группового распределенного объекта.

Данный подход может быть использован при создании инструментальных средств оценки живучести указанных объектов на этапе их эксплуатации.

С целью получения исходных данных об интенсивностях ЭВ для их моделирования предлагается использовать результаты статистических исследований и основанных на них программных средств имитационного моделирования, представленных в [3].

Список литературы

1. Харьбин А.В., Харьбин В.В. Методы оценки надежности и живучести центров обработки данных критического применения // Міжн. НТК ІКТМ-2006. – Х.: НАУ ім. М.С. Жуковського "ХАІ", 2006. – С. 329.
2. Бородавка Н.П. Методи та інформаційна технологія розробки компонентних функціональних структур для забезпечення живучості бортових ІУС. – Дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук – Х.: НАУ ім. М.С. Жуковського "ХАІ", 2007. – 179 с.
3. National Institute of Standards and Technology Scientific and Technical Databases. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nist.gov/data>.
4. Фендриков Н.М., Яковлев В.И. Методы расчетов боевой эффективности вооружения. – М.: Воениздат, 1971. – 224 с.
5. Хорошевский В.Г. Модели функционирования большихмасштабных распределенных вычислительных систем // Электросвязь. – 2004. – № 10. – С. 30-34.

Поступила в редколлегию 2.08.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.