

информационных технологий. – 2021. – Т. 28 (1). – С. 106-120. DOI: 10.26583/bit.2021.1.09

2. Кононов А.А., Котельников А.П., Черныш К.В. Оценка защищенности критически важных объектов на основе построения моделей событий рисков // Труды ИСА РАН. – 2012. — Т. 62. Вып. 4. – С. 69-75. – URL: [http://www.isa.ru/proceedings/images/documents/2012-62-4/t-4-12\\_69-75.pdf](http://www.isa.ru/proceedings/images/documents/2012-62-4/t-4-12_69-75.pdf) (дата обращения 10.10.2022).

3. Краснов А.Е., Надеждин Е.Н., Никольский Д.Н., Калачев А.А. Нейросетевой подход к проблеме оценивания эффективности функционирования организации на основе агрегирования показателей ее деятельности // Информатизация образования и науки. – 2017. – № 1 (33). – С. 141-154. – URL: <https://informika.ru/pechatnye-izdaniya/zhurnal-informatizaciya-obrazovaniya-i-nauki/arhiv-vypuskov/2017/vypusk-n33/> (дата обращения 10.10.2022).

---

DOI: 10.25728/iccss.2022.54.97.026

**Сомов С.К.**

### **Влияние использования архивов магнитных носителей на некоторые показатели надежности распределенных систем обработки данных**

**Аннотация:** В работе представлены результаты анализа влияния использования восстановительного резерва в виде архива магнитных носителей на показатели надежности работы распределенных систем обработки данных. Анализировались такие показатели надежности работы систем, как среднее время работы системы до отказа, вероятность отказа и вероятность безотказной работы системы заданных интервалах времени.

**Ключевые слова:** распределенные системы, оперативное и восстановительное резервирование данных, показатели надежности работы распределенных систем

В распределенных системах обработки данных (РСОД) различного назначения для обеспечения высокого уровня

сохранности данных часто используется информационная избыточность в виде идентичных копий оперативного резерва (ОР) [1]. Оперативный резерв представляет собой некоторое количество идентичных копий массива данных. Несколько копий ОР размещаются оптимальным образом в различных узлах системы. Копии массивов данных оперативного резерва поочередно используются при обработке запросов к данным согласно одной из трех стратегий оперативного резервирования [2, 3]. Использование нескольких копий для обработки запросов повышает вероятность их успешной обработки в узле с оперативным резервом. Однако существует ненулевая вероятность разрушения всех копий ОР в узле системы в результате чего этот узел становится неработоспособным. В этом случае запросы, ранее обрабатываемые в данном узле, перераспределяются для обработки в другие работоспособные узлы системы. Это приводит к потере эффективности и надежности всей системы в целом.

Для восстановления работоспособности отказавшего узла используется восстановительный резерв в виде архива магнитных носителей (АМН), размещенного в узле системы, ближайшем к отказавшему узлу. АМН – это некоторое множество множества копий массивов данных. В узлах системы могут быть размещены несколько идентичных копий АМН. АМН используется для восстановления разрушенного ОР в узлах сети. Для этого в узле с АМН создается необходимое количество копий массива данных, которые пересылаются по каналам связи в отказавший узел.

В данной работе проводится анализ показателей надежности РСОД, использующий представленный выше метод восстановления разрушенных данных в неработоспособных узлах системы.

Предположим, что АМН ненадежны, и при обработке в узле с АМН запроса на восстановление разрушенного ОР может произойти отказ самого узла с АМН. Тогда под отказом всей РСОД будем понимать ситуацию, когда в состоянии отказа перешли все узлы с ОР и все узлы с АМН.

Функционирование такой РСОД можно рассматривать как процесс случайных переходов системы во множестве допустимых состояний. Переходы РСОД между различными состояниями происходят в результате отказов и восстановления узлов системы.

Сделаем несколько предположений о работе РСОД: 1) запросы, поступающие в отказавший узел с ОР, не переадресуются и не обрабатываются до восстановления узла; 2) при отказе узла с АМН узел не восстанавливается; 3) все запросы, ранее поступающие в отказавший узел с АМН, переадресуются в работоспособные узлы с АМН.

Работу рассматриваемой РСОД опишем при помощи однородной поглощающей цепи Маркова с дискретным временем [4,5]. Предположим, что вероятность одновременного отказа более одного узла с ОР или более одного АМН за единичный интервал времени стремится к нулю.

Обозначим как  $H$  множество состояний РСОД  $H = \{H_{m,n}\}$ ,  $m = \overline{0, M}, n = \overline{0, N}$ . Система находится в состоянии  $H_{m,n}$ , если в системе отказало  $m$  узлов с АМН и  $n$  узлов с ОР. Множество  $H$  преобразуем во множество

$$S = \{S_i\}, i = \overline{1, K}, K = M + N - 1, \quad (1)$$

где  $S: S = \{S_i, (i = \overline{1, K}, k = M + N - 1)\}$ .

Предположим, что за единичный интервал времени в каждый из  $N$  узлов с ОР поступает  $\lambda$  запросов. При обработке одного запроса узел с ОР может отказать с вероятностью  $Q = 1 - P$ . Каждый узел с АМН при обработке запроса на восстановление узла с ОР может отказать с вероятностью  $Q_A = 1 - P_A$ .

Если предположить, что РСОД находится в состоянии  $S_i$  ( $i = \overline{1, M - 1}$ ), то в каждый узел с АМН за единицу времени поступает  $\mu_i$  запросов на восстановление ОР

$$\mu_i = \mu_0 + i\mu_0(M - i)^{-1} = \mu_0 M(M - i)^{-1} \quad (2)$$

Если система находится в состоянии  $S_i$ , то узел с АМН за единичный интервал времени может отказать с вероятностью  $\varphi_i$ :  $\varphi_i = 1 - P_A^{\mu_i}$ . Узел с АМН с вероятностью  $\Psi_i = 1 - \varphi_i$  может успешно обработать запрос на восстановление разрушенного ОР. Тогда переход системы из состояния  $S_i$  в состояние  $S_{i+1}$  ( $i = \overline{1, M - 1}$ ) происходит с вероятностью  $p_{i,i+1}$

$$\begin{aligned}
p_{i,i+1} &= 1 - \Psi_i^{M-i} = 1 - P_A^{\mu_0 M} = 1 - P_A^{\lambda QN}; \\
p_{ii} &= 1 - p_{i,i+1} = P_A^{\mu_0 M}
\end{aligned}
\tag{3}$$

Следовательно, вероятность  $p_{i,i+1}$  при  $i = \overline{M, (K-1)}$  равна

$$p_{i,i+1} = 1 - p^{\lambda N}; \quad p_{ii} = p^{\lambda N} \tag{4}$$

Определим показатели надежности функционирования рассматриваемой РСОД. Так как узлы системы с АМН могут стать неработоспособны, то РСОД можно считать невосстанавливаемым объектом.

Вначале функционирования РСОД находится в начальном состоянии  $S_0$ . Тогда очевидно, что среднее время  $T_1$  работы РСОД до отказа будет равно среднему времени пребывания РСОД во множестве невозвратных состояний  $S^1 = \{S_0, \dots, S_{K-1}\}$ . Тогда значение  $T_1$  рассчитывается по формуле

$$T_1 = \sum_{j=0}^{M-1} [1 - P_A^{\lambda QN}]^{-1} + \sum_{j=0}^{K-1} (1 - P^{\lambda N})^{-1} \tag{5}$$

Вероятность  $P(t_0)$  безотказной работы РСОД и вероятность  $Q(t_0)$  отказа РСОД на интервале времени  $[0, t_0]$  равны соответственно

$$\begin{aligned}
P(t_0) &= 1 - \sum_{n=K}^{t_0} p_{0,K}(n) = 1 - p_{0,K}(K) \sum_{m=0}^{t_0-K} B^m \\
p_{0,K}(K) &= \prod_{i=0}^{K-1} p_{i,i+1} = [1 - P_A^{\mu_0 M}]^M [1 - P^{\lambda N}]^{(N-1)}
\end{aligned}
\tag{6}$$

$$\begin{aligned}
B &= \sum_{i=0}^{K-1} p_{ii} = MP_A^{\mu_0 M} + (N-1)P^{\lambda N} \\
Q(t_0) &= 1 - P(t_0)
\end{aligned}
\tag{7}$$

Аналогичные вероятности на интервале времени  $[t, t + t_0]$  будут равны

$$P(t, t + t_0) = P(t + t_0)/P(t) \quad (8)$$

$$Q(t, t + t_0) = 1 - P(t, t + t_0) \quad (9)$$

### **Заключение**

В работе представлена формальная модель распределенной системы обработки данных, в которой оперативный резерв из копий массивов данных используется для повышения надежности обработки запросов к данным в узлах системы. Если в процессе обработки запроса оперативный резерв разрушается, то узел становится неработоспособным. Работоспособность узла восстанавливается с помощью ближайшего узла с архивом магнитных носителей. Узел с архивом в свою очередь также может потерять работоспособность. Процесс функционирования такой РСОД формально описана в работе с помощью поглощающей цепи Маркова с дискретным временем. Это позволило получить аналитические выражения для расчета значений показателей надежности функционирования рассмотренной РСОД.

Полученные результаты целесообразно использовать для анализа показателей надежности функционирования РСОД, после того как для системы было определено оптимальное размещение в узлах системы оперативного резерва и архивов магнитных носителей.

### **Литература:**

1. *Кульба В.В., Сомов С.К., Шелков А.Б.* Анализ влияния использования информационной избыточности на показатели надежности распределенных информационных систем // *Надежность.* – 2022. – Том 22. № 1. – С. 4-12.
2. *Сомов С.К.* Сохранность информации в распределенных системах обработки данных. – М.: ИПУ РАН, 2019. – 254 с.
3. *Микрин Е.А., Сомов С.К.* Анализ эффективности стратегий восстановления информации в распределенных системах обработки данных // *Информационные технологии и вычислительные системы* – 2016. – №3. – С. 5-19.
4. *Розанов Ю.А.* Введение в теорию случайных процессов. – М.: Наука, 1982. – 128 с.

5. Кемени Д., Снелл Д. Конечные цепи Маркова. – М.: Мир, 1970. – 271 с.

---

DOI: 10.25728/iccss.2022.96.68.027

**Мистров Л.Е.**

**Метод обоснования задач информационной безопасности  
организационно-технических систем**

**Аннотация:** Предлагается на основе применения методов ветвей и границ метод обоснования приоритетных задач информационной безопасности в структуре организационно-технических систем.

**Ключевые слова:** организационно-техническая система, информационная безопасность, критерий эффективности, метод ветвей и границ, оптимизация

В современных условиях выполнение задач различного предназначения и структурной сложности организационно-технических систем (ОТС) осуществляется во взаимодействии с другими системами. Появление конкуренции обусловило возникновение формы конфликта типа «соперничество», представляющего угрозу устойчивому развитию ОТС, актуализируя решения задачи информационной безопасности (ИБ) на основе применения различного уровня эффективности мероприятий и средств ИБ.

Особенность обоснования задач ИБ, вследствие структурной сложности ОТС, обусловлена необходимостью их определения на нескольких  $j=1, \dots, J$  иерархических уровнях системы. Эффективность (целевая функция)  $R_j$  определения задач ИБ на  $j$ -ом уровне ОТС представляется в виде

$$R_j = \sum_{i \in Z_j} \lambda_{ij} \sum_k P_j(i | H_{ij}^k) P(H_{ij}^k), \quad (1)$$