

УДК 681.3

ОЦЕНКА И ВЫБОР ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ КОНФИГУРАЦИЙ МЕЖСЕТЕВЫХ ЭКРАНОВ

В.А. Богатырев, С.Б. Фокин, М.В. Попова

Предлагается оценка надежности и производительности вариантов резервирования межсетевых экранов в системе, включающей уровни входных коммутационных узлов, межсетевых экранов, внутренних коммутационных узлов и группы серверов.

**Ключевые слова:** надежность, производительности, отказоустойчивость, межсетевые экраны.

Эффективность информационной защиты центров обработки данных во многом определяется выбором средств обеспечения отказоустойчивости межсетевых экранов. Рассмотрено влияние организации отказоустойчивого подключения сетевых экранов на надежность и производительность систем, содержащих  $L$  групп серверов. Объединение серверов в каждой группе и их подключение к межсетевым экранам проводится через внутренние коммутационные узлы, распределение входного потока запросов к межсетевым экранам производится через входные коммутационные узлы.

Рассмотрим варианты отказоустойчивой системы, включающие  $L$  групп резервированных межсетевых экранов, каждая из которых обслуживает запросы к одной группе серверов, когда:

- подключение резервных экранов внутри группы происходит по мере отказа основных ( $a$ );
- внутри каждой группы происходит распределение нагрузки на все исправные экраны, перераспределение нагрузки между экранами разных групп не предусматривается ( $b$ );
- внутри каждой группы происходит распределение нагрузки на все исправные экраны, перераспределение нагрузки между экранами разных групп реализуется после отказа всех экранов группы ( $c$ );
- $N$  межсетевых экранов объединяются в кластер, при котором запрос к любому серверу может обслуживаться любым экраном ( $d$ ).

Для случаев  $a, b$  и  $c, d$  при одинаковой интенсивности отказов основного и резервного оборудования вероятность безотказной работы системы равна  $P_{ab}(t) = P_0(t)[P_1(t)P_2(t)P_3(t)]^L$  и  $P_{cd}(t) = P_0(t)P_{11}(t)[P_2(t)P_3(t)]^L$ , причем  $P_i(t) = 1 - [1 - p_i(t)]^{n_i}$ , где  $p_i(t) = e^{-\lambda_i t}$ , а  $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – интенсивности отказов узлов уровня входных коммутаторов, межсетевых экранов, внутренних коммутаторов и серверов,  $n_i$  – число узлов в группе  $i$ -го уровня;  $P_i(t) = 1 - [1 - p_i(t)]^N$ . Результаты расчета вероятности безотказной работы при  $\lambda_0 = \lambda_2 = 0,00001$  1/ч,  $\lambda_1 = \lambda_3 = 0,00005$  1/ч,  $n_0 = 2, n_2 = 3, n_3 = 4$ , представлены на рисунке а, на котором вероятности  $P_{ab}(t)$  для  $n_1 = 1$  и  $n_1 = 3$  соответствуют кривые 1 и 2, а вероятности  $P_{cd}(t)$  при  $N = 3$  соответствует кривая 3. Для систем из двух групп серверов ( $L = 2$ ), интенсивность запросов к которым  $\alpha\lambda_0$  и  $(1 - \alpha)\lambda_0$ , а среднее время обслуживания в узлах соответствующих уровней  $v_0, v_1, v_2, v_3, \dots$ , среднее время пребывания запросов в системах без объединения и с объединением экранов в кластеры вычислим как

$$T_a = \frac{v_0}{1 - \lambda_0 v_0 / n_0} + \frac{\alpha v_1}{1 - \alpha \lambda_0 v_1} + \frac{(1 - \alpha) v_1}{1 - (1 - \alpha) \lambda_0 v_1} + T(\alpha);$$

$$T_b = \frac{v_0}{1 - \lambda_0 v_0 / n_0} + \frac{\alpha v_1}{1 - \alpha \lambda_0 v_1 / n_1} + \frac{(1 - \alpha) v_1}{1 - (1 - \alpha) \lambda_0 v_1 / n_1} + T(\alpha); \quad T_d = \frac{v_0}{1 - \lambda_0 v_0 / n_0} + \frac{\alpha v_1}{1 - \alpha \lambda_0 v_1 / N} + T(\alpha);$$

$$T(\alpha) = \alpha \left[ \frac{v_2}{1 - \alpha \lambda_0 v_2 / n_2} + \frac{v_3}{1 - \alpha \lambda_0 v_3 / n_3} \right] + (1 - \alpha) \left[ \frac{v_2}{1 - (1 - \alpha) \lambda_0 v_2 / n_2} + \frac{v_3}{1 - (1 - \alpha) \lambda_0 v_3 / n_3} \right].$$

Результаты расчета среднего времени пребывания запросов в системах при  $\lambda_0 = 1,31$ /с,  $v_0 = v_2 = 0,1$  с,  $v_1 = 0,8$  с,  $v_2 = 2$  с,  $n_0 = 2, n_2 = 2$  представлены на рисунке б. Варианту без объединения экранов в кластер при  $n_1 = 1$  соответствует кривая 1, а с объединением при  $N = 2$  и  $N = 4$  – кривые 2 и 3.

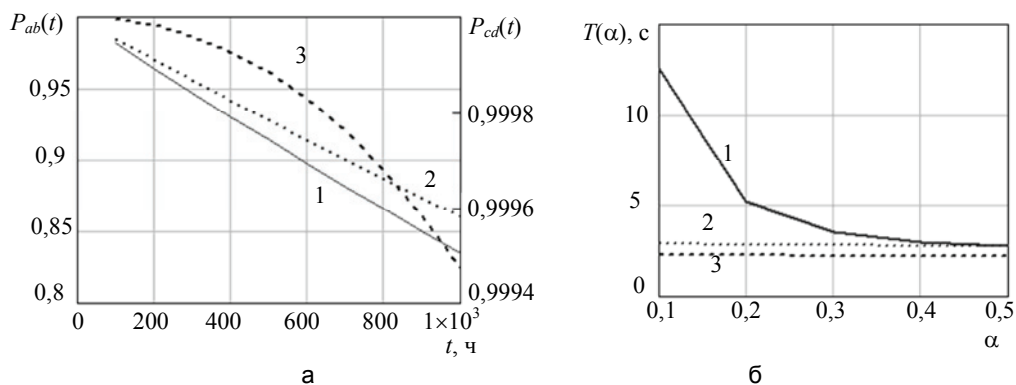


Рисунок. Вероятность безотказной работы (а) и среднее время пребывания запросов (б) в системе

Представленные зависимости подтверждают эффективность объединения межсетевых экранов в кластеры, при котором достигается сбалансированность загрузки и большая надежность и производи-

тельность системы в целом, вместе с тем такое объединение приводит к увеличению числа сетевых адаптеров и портов коммутаторов, что увеличивает стоимость системы, а поэтому требует решения оптимизационной задачи [2, 3].

1. Романов М. Отказоустойчивая безопасность // Storage News. – 2007. – № 2 (31). – С. 20–24.
2. Богатырев В.А., Богатырев С.В. Критерии оптимальности многоуровневых отказоустойчивых компьютерных систем // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2009. – № 5. – С. 92–97.
3. Богатырев В.А., Богатырев С.В. Объединение резервированных серверов в кластеры высоконадежной компьютерной системы // Информационные технологии. – 2009. – № 6. – С. 41–47.

**Богатырев Владимир Анатольевич** – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, доктор технических наук, профессор, [Vladimir.bogatyrev@gmail.com](mailto:Vladimir.bogatyrev@gmail.com)

**Фокин Сергей Борисович** – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, [tacit@list.ru](mailto:tacit@list.ru)

**Попова Марина Викторовна** – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, студент, [24-09@mail.ru](mailto:24-09@mail.ru)