

Для цитирования: Ибрагимов С.А., Кадиев. П.А. Обеспечение надежности однородных регистровых сред с программируемой структурой скользящим резервированием. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2016;43 (4):95-103. DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-95-103.

For citation: Ibragimov S.A., Kadiyev. P.A. Provision of reliability of homogeneous register media with programmed sliding redundancy structure. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;43 (4):95-103 (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-95-103

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 62.5.681.3

DOI:10.21822/2073-6185-2016-43-4-95-103

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОДНОРОДНЫХ РЕГИСТРОВЫХ СРЕД С ПРОГРАММИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ СКОЛЬЗЯЩИМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ

Ибрагимов С.А.², Кадиев. П.А.¹

^{1,2}Дагестанский государственный технический университет,

^{1,2}367015 г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70,

¹e-mail:islam-kadi@mail.ru, ²e-mail: syltansaid@mail.ru

Резюме: Цель. Целью работы является решение проблемы повышения надежности однородных линейных нейроподобных сред методом скользящего структурного резервирования. **Метод.** В ходе исследования применен наиболее эффективный метод обеспечения надежности изделий - структурное резервирование, при этом в состав структуры изделия, наряду с «основными» элементами, включены дополнительные, которые берут на себя функции отказавших. **Результат.** Предложены функциональные модели элементов сред, ориентированные на наличие в них резервных элементов. Установлена функциональная зависимость числа внешних связей элементов резервированных сред с числом в ней резервных элементов. Приведены расчеты надежности резервированных сред, подтверждающие улучшение показателей надежности. Проведен сравнительный анализ существующего функционального и разработанного элементов. Приведен расчет надежности для однородных линейных нейроподобных сред без резервируемых элементов и с наличием таких элементов в структуре, что наглядно демонстрирует преимущество однородных линейных нейроподобных сред с резервируемыми элементами. Так же установлена зависимость изменения информационных связей между элементами среды при изменении кратности резервирования. **Вывод.** Предложенный подход к повышению надежности среды за счет построения из элементов, имеющих связи с большим числом элементов в среде, с возможностью «информационного обхода» отказавшего элемента и резервными элементами в ее составе, позволяет создавать однородные среды повышенной надежности. Предложенный элемент, позволяет строить среды, обеспечивающие возможность «обхода» двух отказавших элементов, что и предполагает наличие в среде 2-х резервных элементов, которые могут заменить при отказах любую пару основных элементов.

Ключевые слова: надежность, однородная среда, резервирование, настройка среды работоспособность

TECHICAL SCIENCE
COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

PROVISION OF RELIABILITY OF HOMOGENEOUS REGISTER MEDIA WITH
PROGRAMMED SLIDING REDUNDANCY STRUCTURE

Syltansaid A. Ibragimov², Pasay A. Kadiev¹

^{1,2}Dagestan State Technical University,

^{1,2}70 I. Shamil Ave., Makhachkala 367015, Russia,

¹e-mail:islam-kadi@mail.ru, ²e-mail: syltansaid@mail.ru

Abstract: Objectives. The aim of the work is to solve reliability problems associated with the improvement of neural linear homogeneous media by means of the sliding structural redundancy method. **Method.** In the course of the study the most effective method of ensuring product reliability structural redundancy, while in the structure of the product, along with the “basic” elements, additional elements are included, which substitute for the function in cases where others have failed. **Results.** It is proposed that functional models of media elements be oriented towards the presence of their internal redundant elements; on the basis of the established functional dependence of the number of external redundant elements with the number of internal redundant elements, we calculated the reliability of redundant media, thus confirming reliability improvement. A comparative analysis of the existing functional element and their development is presented. A reliability calculation for homogeneous linear neural environments both with and without the presence of redundant components clearly demonstrates the numerous advantage of homogeneous linear neural environments with redundant elements. The necessity of the information exchange of connections among the elements of the environment when changing the redundancy ratio are also shown. **Conclusion.** The approach proposes to improve the reliability of media using elements which have existing connections with numerous other elements in the media, using “informational redundancy” and the redundant elements within the structure, enabling the creation of homogeneous high reliability media with the possibility of “information control”. The proposed element enables the construction of media providing the ability to “control” two failed elements, which implies the presence in the environment of two redundant elements that can be replaced in the case of the failure of any pair of key elements.

Keywords: reliable, homogeneous media, redundancy, media performance tuning

Введение. Известно, что надежность является одним из важнейших свойств технических систем, характеризующих ее качество. Так как надежность сама является сложным свойством, то определяется она через ряд относительно простых свойств, таких как безотказность, ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость. [5]

Выбор свойств, используемых для характеристики надежности системы или устройства, зависит от целого ряда факторов, анализируемых с точки зрения теории надежности, учитывающих специфику системы или ее компонентов, требования, предъявляемые к ним, условий их эксплуатации и ряда других факторов. Чаще других системы характеризуются свойствами безотказности и ремонтпригодности. При этом выбирают из числа имеющихся те показатели, характеризующие эти свойства, которые в наибольшей степени соответствуют особенностям функционирования систем и их компонентов. [2]

Современные аппаратные решения средств обработки информации все больше ориентируются на однородные среды. Преобладающими решениями при этом выступают аппаратные средства, реализованные в виде программируемых однородных сред, технических аналогов сетей биологических нейронов, клеток, имеющих назначением обработку информации [1,12].

Характерным для любых однородных сред является наличие множества связей элементов этих сред друг с другом, как по входам, так и по выходам (рис. 1).

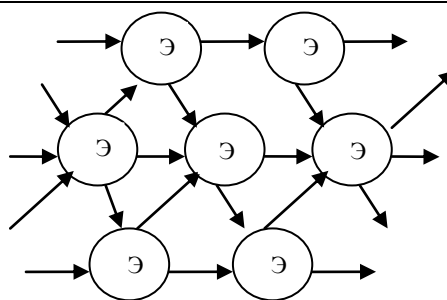


Рис.1. Схема связей элементов среды в структуре

Fig.1. Diagram of connections between elements of the environment in the structure

Именно благодаря этим связям биологические среды обладают повышенной живучестью. Связи позволяют организовать множество путей распространения сигналов в этих средах, которые используются при необходимости. [14]

Исследованию однородных сред, а точнее вопросу повышения надежности функционирования такого типа структур, посвящен ряд работ [6, 7, 8, 9, 11, 15]. Наиболее известной техникой корректировки ошибок функционирования таких систем является метод Нишио-Кобуши, основная идея которого состоит в симулировании работы каждого единичного автомата реальной ОС-модели тремя соседними автоматами. В этом случае симулирующая реальную ОС-модель классическая структура на основе информации о соседях трех соседних автоматов в момент времени $t > 0$ безошибочно определяет состояние искомого единичного автомата в следующий момент $t + 1$ времени. Однако функция выбора состояния в этом случае также должна выполняться вполне безошибочно [10].

Постановка задачи. Обзор и анализ существующих методов резервирования, учет особенностей структуры однородных сред, а именно использование для их построения одинаковых функциональных элементов-ячеек, позволяет сделать выбор метода скользящего резервирования.

Для скользящего резервирования характерно наличие в структуре резервных элементов, которые могут «заменить» любой из отказавших основных элементов [13,14].

Это обстоятельство в данной статье явилось базовой посылкой для постановки задачи. Обзор состояния вопросов обеспечения надежности нейроподобных однородных сред показал, что им не уделено достаточного внимания. Именно поэтому авторами поставлена задача исследования вопросов обеспечения надежности однородных сред методами скользящего структурного резервирования.

При решении вопросов обеспечения надежности однородных программируемых сред следует учесть следующие их особенности: объект состоит из одинаковых элементов; элементы имеют настраиваемые входы и выходы; элементы имеют между собой множество связей (прямых и обратных).

В качестве примера на рис. 2 показана схема существующего элемента однородной регистровой среды. При выборе показателя надежности принято учитывать такие особенности как восстановление, или не восстановление изделия после потери им работоспособности. В зависимости от этого для характеристики надежности используются различные показатели.

Однородные среды можно отнести к невосстанавливаемым системам, так как они чаще всего реализованы в виде интегральных схем. В связи с этим следует принять меры по обеспечению достаточной надежности, предусмотреть резервирование, которое позволит среде выполнять возложенные на устройство и реализованные в ней функции.

При этом для оценки надежности следует использовать показатели надежности невосстанавливаемых изделий. Из отмеченного выше следует, что структурное резервирование таких элементов может быть только внутренним.

Для этого должна быть обеспечена возможность восстановления отказавшей микросхемы за счет внутренних резервных элементов. При этом для того чтобы включить резервные элементы необходимо перенастроить среду.

Способы включения дополнительных элементов разнообразны: раздельное, общее, скользящее; холодное, теплое, горячее.

Для однородных сред, при соответствующем построении элементов, наиболее эффективным является скользящее резервирование с холодным резервом, когда перед настройкой среды тестируется состояние каждого элемента, с организацией ее «обхода» при отказе.

Проведенный анализ показал, что для реализации предложения организации «информационного обхода» элементов необходимо увеличить число связей между элементами. Вход и выход каждого функционального элемента должен быть связан не только с выходом и входом элемента, расположенного рядом. Должна быть связь входа и выхода с последующими и предшествующими соседнему элементу элементами.

Число элементов, с которыми должна быть связь у каждого элемента определяется числом резервных элементов в среде. В данном случае рассматривается вариант, когда резервных элементов в среде 2. Следовательно, входы и выходы каждого элемента должны быть связаны с входами и выходами 3-х элементов предшествующих и 3-х, следующих за ним в линейной цепи однородной среды. В предложенном варианте реализации схемы элемента однородной среды введен на входе логический элемент **ИЛИ**, на три входа которых подаются сигналы с выходов 3-х, предшествующих данному элементу среды.

На выходе введены 2 группы логических элементов **И**. Одна из групп связывает выход данного элемента с входами 3-х последующих элементов. Вторая группа элементов **И** связывает выход обратной связи элемента с входами 3-х предшествующих ему элементов среды.

Таким образом, у элемента среды появились 8 дополнительных связей с другими элементами - 4 по входам и 4 по выходам. Направление передачи выходного сигнала и направление приема входного сигнала выбирается при настройке элемента среды.

Для этих целей используются дополнительные 4 символа в коде настройки. Выбор направления передачи осуществляется по результатам контроля - тестирования элементов

среды перед ее настройкой. Те элементы среды, которые не прошли тестирование, сигналами настройки «обходятся», и вместо них включаются резервные элементы, введенные в схему как скользящий резерв.

Среда, состоящая из элементов (рис.3) в зависимости от числа резервных элементов, будет оставаться работоспособной до тех пор, пока в ней не откажут $n+1$ элемента, где n - число резервных элементов.

Проведем сравнительный анализ надежности структур на основе существующих и разработанных функциональных элементов. Интенсивности отказов различных элементов задаются в [3, 4].

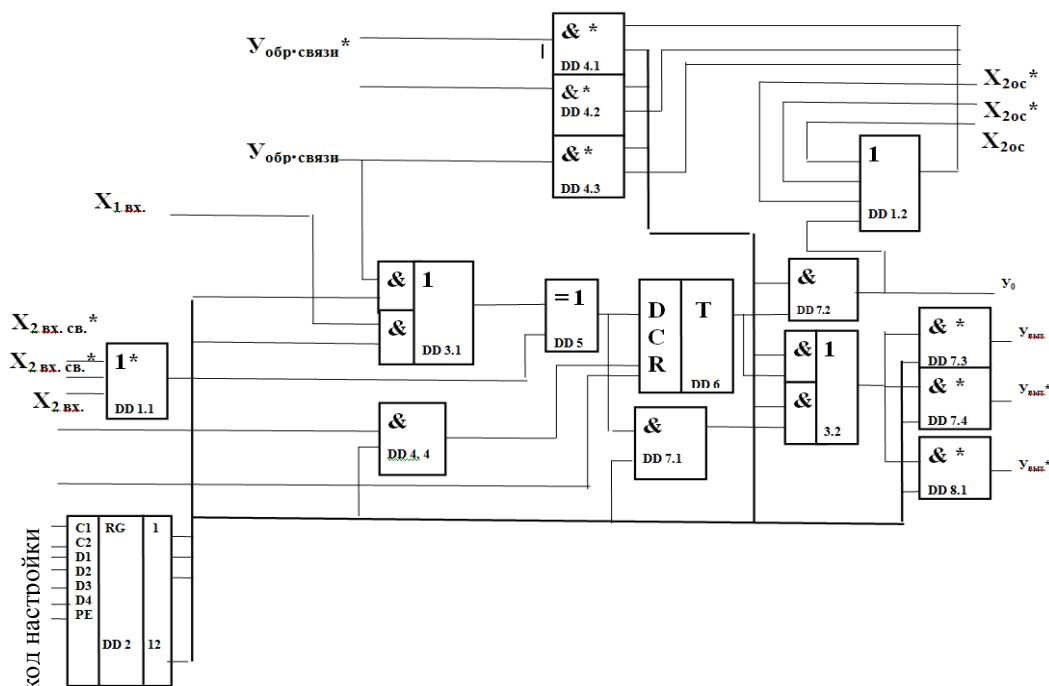


Рис.3. Схема элемента однородной регистровой среды повышенной надежности

Fig.3. The scheme of an element of a homogeneous register medium reliability

Для элементов, входящих в схему нашего устройства, показатели интенсивности отказов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Суммарная интенсивность отказов элементов схемы

Table 1. The total failure rate of circuit elements

№№	Наименование	λ_i , 10^{-6} 1/час	n_i шт.	$n_i \lambda_i$ 10^{-6} 1/час
Состав элементов существующей среды				
1	Интегральные микросхемы	1	6	6
2	Соединения паянные	0,004	200	0,8
	итого			6,8
Состав элементов среды повышенной надежности				
1	Интегральные микросхемы	1	8	8
2	Соединения паянные	0,004	220	0,84
	Итого			8,84

Итак, суммарная интенсивность отказов элементов схемы, включая и паянные соединения, равны $6,8 \cdot 10^{-6}$ 1/час и $8,84 \cdot 10^{-6}$ 1/час для существующей и предлагаемой схемы построения элемента среды. Из этого следует, что надежность первой схемы выше.

Для упрощения вычислений при проведении сравнительного анализа выберем для сравнения 2 модуля: модуль, состоящий из 4-х существующих элементов, которые все явля-

ются основными элементами логической схемы расчета надежности и модуль, состоящий из 5-ти предложенных в работе элементов, 4 из которых являются рабочим и один резервный.

Сравнение проведем по показателю работоспособности - вероятности безотказной работы в течение заданного времени. Логическая схема расчета надежности модуля из существующих элементов представляет собой последовательное соединение всех 4-х элементов.

Вероятность безотказной работы такой схемы равна:

$$P_{M4}(t) = P_0(t)^4, \quad (1)$$

где, $P_0(t)$ - вероятность безотказной работы в течение времени t существующих функциональных элементов среды.

Логическая схема расчета надежности модулю из 5 элементов, также представляется в виде последовательного соединения 5-ти элементов, из которых 4 являются рабочими и один из них - резервный. Для этой схемы вероятность безотказной работы определяется как сумма вероятностей нахождения модуля в состояниях, при которых обязательно должны быть работоспособны не менее 4-х из них.

Такие состояния имеют следующие характеристики:

а) работоспособны все 5 элементов среды; надежность рассчитывается по формуле:

$$P_1(t) = P_{H0}^5(t); \quad (2)$$

б) работоспособны 4 из 5-ти элементов; в этом случае вероятность определяется как сумма вероятностей событий, которых характеризуют различные варианты отказов элементов.

Таких вариантов будет $C_5^1 = 5$.

Общая вероятность будет определяться по формуле:

$$P_2(t) = C_5^1 P_{H0}^4(t) * [1 - P_{H0}(t)] \quad (3)$$

Общая формула для вероятности безотказной работы такого модуля будет определяться по формуле:

$$P_{M5}(t) = P_1(t) + P_2(t) = P_{H0}^5(t) + C_5^1 P_{H0}^4(t) * [1 - P_{H0}(t)], \quad (4)$$

где $P_{H0}(t)$ - вероятность безотказной работы в течение времени t разработанного в работе функционального элемента, C_5^1 - число сочетаний из 5 по 1.

Найдем вероятности безотказной работы в течение заданного времени - исходного и предложенного в работе функциональных элементов. Проведем относительный анализ функциональных схем этих элементов.

В составе существующего функционального элемента имеется 18 логических элементов. Пусть суммарная интенсивность отказов этих элементов равна λ_0 . В составе предлагаемого функционального элемента 22 логических элементов. коэффициент относительной сложности предлагаемого элемента относительно существующего равен $k = 22/18 = 1,2$, т.е. $\lambda_H = 1,2 \lambda_0$.

Формулы для расчетов при определении показателя надежности имеют вид:

а) для модуля из 4-х существующих элементов:

$$P_{M4}(t) = P_0^4(t) = [EXP(-\lambda_0 t)]^4 \quad (5)$$

б) для модуля из 5-ти предлагаемых элементов, один из которых резервный:

$$P_{M5}(t) = P_{H0}^5(t) + P_{H0}^4(t) * [1 - P_{H0}(t)] = [EXP(-1,2\lambda_0 t)]^5 + 5 * [EXP(-1,2\lambda_0 t)]^4 * [1 - EXP(-1,2\lambda_0 t)] \quad (6)$$

Для выполнения сравнительных расчетов можно выбрать λ_0 произвольно, так как значение его входят в оба выражения для определения показателей надежности.

Пусть $\lambda_0 = 10^{-6}$ - ориентировочная интенсивность отказов микросхем средней степени интеграции.

Полученные по приведенным формулам расчетные значения вероятности безотказной работы на временных интервалах 100, 1000 и 10000 часов приведены ниже.

Для элементов:

$$\begin{array}{ll} P_{01}(100)=0,994 & P_{н1}(100)=0,9993 \\ P_{01}(1000)=0,994 & P_{н1}(1000)=0,993 \\ P_{01}(10000)=0,942 & P_{н1}(10000)=0,931 \end{array} \quad (1)$$

Для модулей:

$$\begin{array}{ll} P_{04}(100)=0,998 & P_{н5}(100)=0,9991 \\ P_{04}(1000)=0,976 & P_{н5}(1000)=0,990 \\ P_{04}(10000)=0,787 & P_{н5}(10000)=0,928 \end{array} \quad (2)$$

Обсуждение результатов. Результаты (1) получены для отдельных функциональных элементов - имеющегося элемента - $P_{01}(t)$ и предложенного в работе элемента - $P_{н1}(t)$.

Из приведенных результатов следует, что предлагаемые в работе элементы среды отличаются в пределах 1000 часов работы на 0,0001, а на 10000 часах работы - на 0,01, что представляется не столь существенным.

Результаты (2) получены для модулей из 4-х имеющихся элементов - $P_{04}(t)$ и модуля из 5-ти предложенных в работе элементов, один из которых является резервным.

Сравнение полученных результатов показывает, что с увеличением времени, на котором определяется значение показателя надежности, различие в надежности становится все более существенным.

Так при времени работы в 100 часов различие составляет 0,002, на 1000 часах - 0,02, а при 10000 часах - 0,17. Последнее является существенным приращением значения показателя надежности. Но в тоже время с включением резервных элементов в систему повышается количество информационных связей, зависящих от числа элементов, которые можно одновременно «обойти». При этом какое-то количество стоящих после элемента можно обойти и направить сигнал, минуя их при отказе, что является недостатком данного метода повышения надежности.

Формула зависимости числа связей у отдельного элемента N от числа резервных элементов в цепи n , имеет вид:

$$N = N_0 \cdot (n+1), \quad (7)$$

где N_0 число резервируемых связей у исходного элемента.

Зависимость количества информационных связей от числа резервируемых элементов приведена на рис.4.

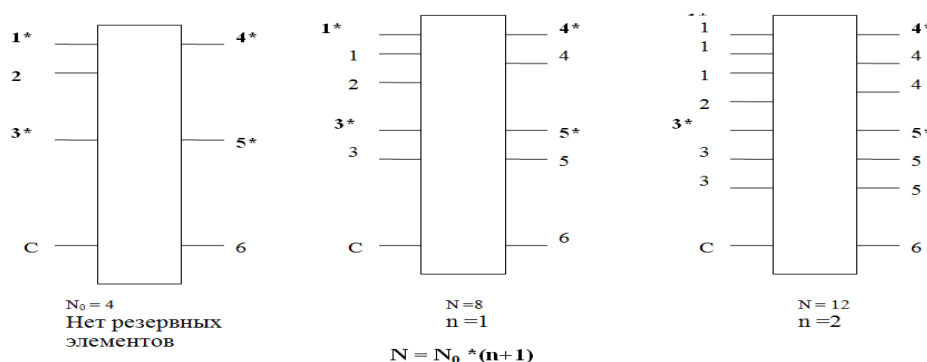


Рис. 4. Зависимость числа информационных связей между элементами среды от изменения кратности резервирования

Fig. 4. Dependence of the number of information links between elements of the environment on the change in the reservation multiplicity

Вывод. Предложенный в данной статье подход к повышению надежности среды за счет построения из элементов, имеющих связи с большим числом элементов в среде, с воз-

возможностью «информационного обхода» отказавшего элемента и резервными элементами в ее составе, позволяет создавать однородные среды повышенной надежности.

Предложенный элемент, позволяет строить среды, обеспечивающие возможность «обхода» двух отказавших элементов и предполагает наличие в среде 2-х резервных элементов, которые могут заменить при отказах любую пару основных элементов.

Библиографический список:

1. Гнеденко Б.В., Беляев Ю. К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности.- М.: Энергия, 1965.
2. Острейковский В.А. Теория надежности.- М.:Наука, 2003.
3. Кадиев П.А. Методическое пособие по расчету надежности устройств и систем автоматики. -М-кала.: ДПТИ, 1988.
4. Ушаков И.А. Вероятностные модели надежности информационно-вычислительных систем.- М.: Энергоатомиздат, 1991.
5. Data Processing Vocabulary. Section 14. Reliability, Maintenance and Availability. - Geneva: ISO 2382, 1976.
6. Аладьев В.З. Однородные структуры: Теоретические и прикладные аспекты.- Киев:
7. Aladjev V.Z. Solutions of a Series of Problems in the Mathematical Theory of Homogeneous Structures / TR-040684.- Tallinn: P/A Silikaat, 1985.
8. Aladjev V.Z. Survey on the Homogeneous Structures / Tech. Rept., no. 12-19/89 (revised and extended report), Project-Technological Institute of Industry.- Tallinn, 1989.
9. Aladjev V., Hunt U. Fundamental Problems in the Theory of the Classical Homogeneous Structures TRG Research Rept. TRG-55/97.- Tallinn: VASCO, 1997.
10. Nishio H., Kobuchi Y. Fault Tolerant Cellular Spaces // J. Comp. Sys. Sci., 11, 1975.
11. Gacs P. Reliable cellular automata with self-organization / Proc. of the Conf. on Foundations of Comp. Sci., 1997.
12. Евреинов Э.В. Однородные вычислительные системы, структуры и среды. – М.: Радио и связь, 1981. – 208 с.
13. Лазарев В.Г., Пийль Е.И., Турута Е.Н. Построение программируемых управляющих устройств. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 192 с.
14. Кудрявцев В.Б., Алешин С.В., Подколзин А.С. Введение в теорию автоматов. – М.: Наука, 1985. – 320 с.
15. Gaiki D., Yamada H. A Busy Beaver Problem in Cellular Automata / Proc. of the 1st Intern. Symp. on USAL.- Tokyo, 1975, pp. 171-184.

References:

1. Gnedenko B.V., Belyaev Yu.K., Solovyev A.D. Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti. M.: Energiya; 1965. [Gnedenko B.V., Belyaev Yu.K., Solovyev A.D. Mathematical methods in the theory of reliability. Moscow: Energiya; 1965. (In Russ.)]
2. Ostreykovskiy V.A. Teoriya nadezhnosti. M.: Nauka; 2003. [Ostreykovskiy V.A. Theory of reliability. Moscow: Nauka; 2003. (In Russ.)]
3. Kadiev P.A. Metodicheskoye posobie po raschetu nadezhnosti ustroystv i sistem avtomatiki. M-kala.: DPITi; 1988. [Kadiev P.A. Guidelines on the reliability calculation of devices and automation system. Makhachkala: DPITi; 1988. (In Russ.)]
4. Ushakov I.A. Veroyatnostnyye modeli nadezhnosti informatsionno-vychislitelnykh sistem. M.: Energoatomizdat; 1991. [Ushakov I.A. Probabilistic models of information systems reliability. Moscow: Energoatomizdat; 1991. (In Russ.)]
5. Data Processing Vocabulary. Section 14. Reliability, Maintenance and Availability. Geneva: ISO 2382; 1976.

6. Aladyev V.Z. Odnorodnyye struktury: Teoreticheskie i prikladnyye aspekty. Kiev: Respublikanskoye izd-vo Tekhnika; 1990, 272 s. [Aladyev V.Z. Uniform structures: theoretical and applied aspects. Kiev: Tekhnika Publ.; 1990. 272 p. (In Russ.)]
7. Aladjev V.Z. Solutions of a Series of Problems in the Mathematical Theory of Homogeneous Structures. TR-040684. Tallinn: P/A Silikaat; 1985.
8. Aladjev V.Z. Survey on the Homogeneous Structures. Tech. Rept., no. 12-19/89 (re-vised and extended report). Project-Technological Institute of Industry. Tallinn; 1989.
9. Aladjev V., Hunt U. Fundamental Problems in the Theory of the Classical Homogeneous Structures TRG Research Rept. TRG-55/97. Tallinn: VASCO; 1997.
10. Nishio H., Kobuchi Y. Fault Tolerant Cellular Spaces. Journal of Computer and System Sciences. 1975; 11.
11. Gacs P. Reliable cellular automata with self-organization. Proceedings of the Conference on Foundations of Computer Science. 1997.
12. Evreinov E.V. Odnorodnyye vychislitelnyye sistemy, struktury i sredy. M.: Radio i svyaz; 1981. 208 s. [Evreinov E.V. Homogeneous parallel computing systems, structures and environments. Moscow: Radi i svyaz Publ.; 1981. 208 p. (In Russ.)]
13. Lazarev V.G., Piyl E.I., Turuta E.N. Postroenie programmiruyemykh upravlyayushchikh ustroystv. M.: Energoatomizdat; 1984. 192 s. [Lazarev V.G., Piyl E.I., Turuta E.N. Creation of programmable actuation devices. Moscow: Energoatomizdat; 1984. 192 p. (In Russ.)]
14. Kudryavtsev V.B., Aleshin S.V., Podkolzin A.S. Vvedenie v teoriyu avtomatov. M.: Nauka; 1985. 320 s. [Kudryavtsev V.B., Aleshin S.V., Podkolzin A.S. Introduction to the theory of automatic machines. Moscow: Nauka; 1985. 320 p. (In Russ.)]
15. Gaiski D., Yamada H. A Busy Beaver Problem in Cellular Automata. Proceedings of the 1st International Symposium on USAL. Tokyo; 1975. 171-184.

Сведения об авторах.

Ибрагимов Султансайд Абдуллагаджиевич – аспирант.

Кадиев Пашай Абдулгамидов – кандидат технических наук, профессор кафедры управления информатикой в технических системах.

Information about the authors.

Syltansaid A. Ibragimov – Postgraduate student.

Pasay A. Kadiev – Cand. Sc. (Technical), Prof., Department of Informatics in technical systems.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 01.09.2016.

Принята в печать 10.11.2016.

Conflict of interest

Received 01.09.2016.

Accepted for publication 10.11.2016.