

Калюжный А.В., Кремез Г.В., Кошель И.Н. Оценивание работоспособности...

7. Svinarchuk A.A., Kalinichenko S.V., Nechaj A.A. Ispol'zovanie graficheskogo protsessora dlya uskoreniya raspredelennykh vychislenij pri prognoze ekstremal'nykh znachenij temperatury vozdukha // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie". 2017. № 4. S. 33–38.

8. Svinarchuk A.A., Nechaj A.A. Ispol'zovanie kvantovykh vychislenij pri vybore upravlencheskogo resheniya // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie". 2018. № 2. S. 31–36.

9. Shajmardanov A.M., Nechaj A.A., Lepekhin S.V. Matematicheskie modeli sistem avtomaticheskogo upravleniya s shirotno-impul'snoj modulyatsiej // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie". 2019. № 2. S. 27–39.

DOI: 10.25586/RNUV9187.20.01.P.151

УДК 004

А.В. Калюжный, Г.В. Кремез, И.Н. Кошель

ОЦЕНИВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МИКРОСХЕМ ПАМЯТИ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Рассмотрены постановка и реализация натуральных экспериментов на космических аппаратах «Можаец-3» и «Можаец-4» по исследованию работоспособности микросхем памяти в условиях влияния факторов космического пространства. Изложены технология экспериментальных исследований и алгоритм оценивания работоспособности проверяемых микросхем.

Ключевые слова: космический эксперимент, обработка результатов, бортовая аппаратура, микросхемы памяти, деградация, прогнозирование.

A.V. Kalyuzhnyj, G.V. Kremez, I.N. Koshel'

EVALUATION OF MEMORY CHIPS PERFORMANCE IN EXPERIMENTAL STUDIES

The article deals with the formulation and implementation of full-scale experiments on the spacecraft "mozhaets-3" and "mozhaets-4" to study the performance of memory chips under the influence of space factors. The technology of experimental researches and algorithm of estimation of operability of checked chips are stated.

Keywords: space experiment, results processing, onboard equipment, memory chips, degradation, forecasting.

Введение

Оценивание технического ресурса космических аппаратов (КА) как элементов критически важных технических систем в процессе их эксплуатации является сложной задачей [4; 8; 9]. Расчет и моделирование в наземных условиях влияния на бортовую аппаратуру комплекса многочисленных факторов космического пространства (ионизирующих излучений, вакуума, перепадов температуры, электризации и др.) с достаточной точностью не представляется возможным из-за высокой сложности этого процесса. Поэтому разработ-

ка технических решений, обеспечивающих увеличение ресурса как бортовой аппаратуры в целом, так и ее компонентов в частности, связана с проведением натуральных экспериментов [15]. Они позволяют эмпирическим путем интегрально оценить результаты одновременного воздействия на аппаратуру многообразных факторов космического пространства [10; 14]. В статье рассмотрен подход к реализации экспериментальных исследований микросхем памяти [6; 13], являющихся важнейшими элементами бортовых вычислительных систем КА, и представлен алгоритм оценивания их работоспособности [7].

Технология экспериментального исследования работоспособности элементной базы средств вычислительной техники при воздействии помех естественного и искусственного происхождения

Данная технология предназначена для регистрации степени деградации характеристик электронной компонентной базы (ЭКБ) в процессе воздействия на нее внешних факторов естественного и искусственного происхождения [12], определения ее стойкости и возможности применения по целевому назначению [1]. Посредством анализа значений параметров испытываемых микросхем, полученных в ходе исследований, определяется работоспособность ЭКБ в зависимости от уровня внешних воздействий [3], оцениваемых по информации от соответствующих датчиков (электромагнитного излучения, дозы радиации, температуры и др.) [5; 11].

Целями разработки и реализации рассматриваемой технологии являются:

- получение экспериментальных данных о влиянии воздействий внешних факторов естественного и искусственного происхождения на характеристики радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), созданной на основе перспективной ЭКБ;
- разработка рекомендаций по увеличению срока функционирования перспективной РЭА информационных систем различного целевого назначения в условиях внешних воздействий;
- уточнение моделей воздействия факторов естественного и искусственного происхождения на ЭКБ;
- уточнение методик проведения экспериментальной отработки РЭА информационных систем в условиях воздействия внешних факторов;
- разработка новых научно-технических и методических подходов для проведения и организации испытаний РЭА и ЭКБ [8].

Технология экспериментального исследования работоспособности элементной базы РЭА иллюстрируется схемой ее основных этапов (табл. 1).

Таблица 1

Этапы технологии экспериментального исследования работоспособности элементной базы средств вычислительной техники при воздействии помех естественного и искусственного происхождения

№ этапа	Исходные данные	Действия
Этап 1	Перечень перспективной или используемой ЭКБ, а также внешних воздействий (определяемых условиями функционирования)	Постановка исследований стойкости элементной базы РЭА к внешним воздействиям

Калюжный А.В., Кремез Г.В., Кошель И.Н. Оценивание работоспособности...

Окончание табл. 1

№ этапа	Исходные данные	Действия
Этап 2	Программа и методики испытаний, аппаратно-программный испытательный комплекс	Реализация испытаний выбранной ЭКБ
Этап 3	База экспериментальных данных, методики обработки результатов испытаний	Получение оценок стойкости испытанной элементной базы
Этап 4	Вероятностные и детерминированные оценки стойкости испытанной ЭКБ	Использование оценок стойкости ЭКБ для совершенствования РЭА (перечень сертифицированной ЭКБ, рациональных способов повышения стойкости, предложений по уточнению оценивания стойкости аппаратуры и др.)

Изложенная технология (см. табл. 1) определяет общий подход к оцениванию работоспособности элементной базы РЭА. Однако очевидно, что при практической реализации технология требует конкретизации по вопросам проведения экспериментальных исследований и разработки алгоритма оценивания работоспособности ЭКБ.

Общая методика проведения эксперимента с использованием комплекса научной аппаратуры «Призма-2» на космическом аппарате «Можаец-4»

Комплекс научной аппаратуры (КНА) «Призма-2» установлен на борту КА «Можаец-4» для анализа функционирования испытываемой бортовой РЭА в условиях комплексного воздействия факторов космического пространства.

КНА «Призма-2» содержит размещенные на поверхности КА четыре блока испытываемых приборов с четырьмя микросхемами оперативной памяти 537РУ16, датчики температуры и накопленной дозы радиации, расположенные совместно с испытываемой микросхемой памяти в одном из блоков, а также расположенный в приборном отсеке КА блок сопряжения с бортовым комплексом управления, обеспечивающий тестирование испытываемых микросхем и передачу контролируемых параметров в систему телеметрии.

Микросхемы испытываются на долговечность и безотказность в соответствии с техническими характеристиками микросхемы оперативной памяти 537РУ16. По командам с Земли производится включение микросхем в режим испытания и включение бортовой аппаратуры в режим измерения.

Режим испытания реализуется посредством включения аппаратуры «Призма-2» подачей на комплекс экспериментального оборудования бортового питания.

В режиме измерения через систему телеметрии на Землю передаются следующие параметры:

- информация о работоспособности комплекса перед каждым включением (по результатам контроля) и количестве отказов испытываемых микросхем за период включения;
- напряжение на выходе вторичного источника питания аппаратуры «Призма-2»;
- накопленная доза ионизирующего излучения за время полета КА;
- температура в блоках с испытываемыми микросхемами.

Посредством анализа значений параметров микросхем, переданных с борта КА, определяется работоспособность испытываемых приборов в зависимости от уровня внешних воздействий, оцениваемых по информации от датчиков дозы и температуры. Частота измерения параметров испытываемых приборов определяется этапом их эксплуатации.

На этапах приработки (первые две недели после вывода КА на орбиту) и интенсивного ухудшения параметров микросхем вследствие влияния факторов космического пространства на бортовую аппаратуру КА режимы испытания и измерения целесообразно проводить ежедневно, а на этапе медленной деградации параметров микросхем данные режимы могут быть реализованы один раз в две-четыре недели. Это следует из статистики отказов испытываемых микросхем и динамики деградации их параметров, полученных из проводимых ранее аналогичных экспериментов [2; 4].

Для оценивания влияния факторов космического пространства на ресурс бортовой РЭА разработан алгоритм.

*Алгоритм оценивания работоспособности микросхем памяти
при воздействии факторов космического пространства*

Под техническим ресурсом испытываемых в космическом пространстве электронных приборов будем понимать продолжительность их функционирования от момента начала экспериментальных исследований (вывода КА на орбиту) до состояния, когда значения измеряемых параметров выйдут за допустимые пределы (т.е. до наступления отказа).

В соответствии с программой эксперимента и возможностями комплекса аппаратуры «Призма-2» оценивание влияния факторов космического пространства на ресурс бортовых электронных приборов предполагает реализацию алгоритма, включающего четыре последовательные части:

- оценивание поглощенной (накопленной) дозы ионизирующего излучения (шаги 2–6);
- формирование тестовых воздействий для микросхем памяти (шаги 7–9);
- оценивание количества сбоев и отказов испытываемых электронных приборов в зависимости от длительности функционирования на орбите и поглощенной (накопленной) дозы ионизирующего излучения (шаги 10–13);
- оценивание ресурса испытываемых электронных приборов (шаги 14–18).

Алгоритм оценивания работоспособности микросхем памяти при воздействии факторов космического пространства представлен в таблице 2.

Таблица 2

Алгоритм оценивания работоспособности микросхем памяти при воздействии факторов космического пространства

№ шага	Действия
Шаг 1	Начало
Шаг 2	В течение сеансов связи с КА по каналам системы телеметрии получаем значения порогового напряжения $U_{\text{пор}}$ от датчиков радиационного контроля ДРК1, ДРК2, привязанные к меткам времени, и значения температуры на борту КА
Шаг 3	Исключаем аномальные значения $U_{\text{пор}}$, вызванные погрешностями при передаче сигналов с борта КА. К аномальным относятся значения, выходящие за диапазон 1–4,5 В
Шаг 4	Для каждого из полученных значений $U_{\text{пор}}$ по графикам зависимости порогового напряжения ДРК1 и ДРК2 от температуры комплекса рассчитываем $U_{\text{пор}0}$ (при начальной поглощенной дозе – перед проведением эксперимента)
Шаг 5	Для каждого из полученных значений определяем $U_{\text{пор}} - U_{\text{пор}0}$. В результате получаем значение сдвига порогового напряжения $\Delta U_{\text{пор}}$

№ шага	Действия
Шаг 6	Для каждого из полученных значений $\Delta U_{\text{пор}}$ по калибровочному графику определяем значение поглощенной дозы ионизирующего излучения D . По полученным значениям строим графики зависимостей поглощенной дозы от времени – $D(t)$ для ДРК1 и ДРК 2
Шаг 7	Микропроцессор реализует стандартные тестовые программы проверки памяти: запись-считывание в ячейки памяти нулей, единиц, шахматного кода. Считанные коды сравниваются с эталонными значениями, при несовпадении подсчитывается количество ошибок, которое в дальнейшем через систему телеметрии передается потребителю
Шаг 8	В течение сеансов связи с КА по каналам системы телеметрии получаем значения бит контроля (слова состояния процессора) и количества отказов испытываемых микросхем за периоды включения аппаратуры, привязанные к меткам времени
Шаг 9	Исключаем аномальные значения, вызванные погрешностями при передаче сигналов с борта КА
Шаг 10	По полученным значениям строим графики зависимостей количества отказов испытываемых микросхем от времени $Q_i(t)$. На основе зависимостей $Q_i(t)$ и $D(t)$ определяем зависимости изменения количества отказов испытываемых микросхем от накопленной дозы ионизирующих излучений $Q_i(D)$
Шаг 11	Учитываем граничные значения количества сбоев (перемежающихся отказов) $Q_i'(t)$ испытываемых электронных приборов. При этом полагаем, что, в случае нарушения любого из граничных значений $Q_i(t) > Q_i'(t)$, происходит постоянный отказ прибора
Шаг 12	В ходе экспериментальных исследований для каждого из испытываемых блоков электронных приборов (БЭП) определяем зависимости деградации параметров от времени функционирования в условиях космического пространства и поглощенной дозы ионизирующих излучений
Шаг 13	Фиксируем моменты нарушения граничных значений параметров каждого из БЭП. Определяем ресурс работы БЭП как длительность работоспособного состояния с момента вывода на орбиту до наступления постоянного отказа
Шаг 14	Определяем зависимость ресурса БЭП от поглощенной дозы ионизирующих излучений
Шаг 15	Определяем зависимость ресурса БЭП от степени защиты электронных приборов путем сопоставления параметров при функционировании БЭП, имеющих разную защиту
Шаг 16	Определяем зависимость ресурса БЭП от режима функционирования электронных приборов. Для этого производится анализ деградации параметров БЭП с учетом времени нахождения во включенном и отключенном состояниях
Шаг 17	Путем дифференцирования зависимостей изменения параметров БЭП определяем скорость уменьшения ресурса БЭП в зависимости от накопленной дозы и степени защиты электронных приборов
Шаг 18	На основе анализа зависимостей изменения параметров БЭП определяем математические соотношения для прогнозирования ресурса электронных приборов методами интерполяции и экстраполяции
Шаг 19	Конец

Разработанный алгоритм позволяет оценить влияние комплексного воздействия факторов космического пространства на ресурс испытываемых микросхем памяти, а также спрогнозировать его значение с учетом возможностей защиты и выбора режимов работы.

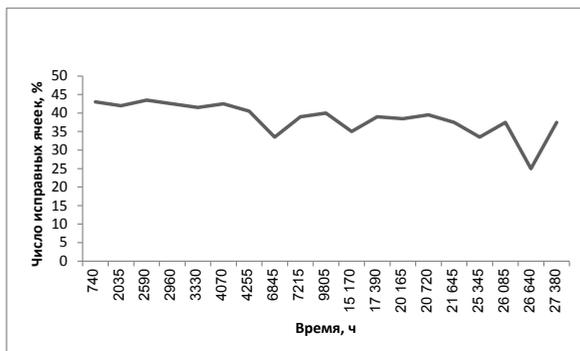
Обработка результатов космического эксперимента

Космические эксперименты, проведенные на КА серии «Можаец», показали пример успешного сбора статистических данных, необходимых для прогнозирования сбоев и отказов бортовой аппаратуры КА [2]. Рассмотрим применение предложенного алгоритма для обработки экспериментальных данных о функционировании микросхем памяти в условиях космического пространства.

Части алгоритма, связанные с оценением дозы ионизирующего излучения и формирования тестов для микросхем памяти, непосредственно зависят от калибровочных ха-

рактических датчиков воздействий и типов испытываемых приборов. Они конкретизируются разработчиками комплекса экспериментальной аппаратуры.

В качестве примера оценивания количества отказов испытываемых микросхем и их ресурса рассмотрим обработку экспериментальной зависимости [2] количества исправных ячеек в микросхеме памяти от времени пребывания КА на орбите (рис.).



Зависимость числа исправных ячеек микросхемы памяти от времени нахождения КА на орбите

График иллюстрирует изменение процентного отношения числа исправных ячеек к общему количеству ячеек микросхемы. Зависимость приведена для одной из четырех испытываемых микросхем комплекса аппаратуры «Призма-2», имеющей наименьшую защиту.

Для аппроксимации рассматриваемой зависимости были применены традиционно широко используемый метод наименьших квадратов (МНК) и полиномиальные функции различных степеней. При этом использовались прикладные программы Excel и Mathcad.

По критерию минимизации отклонения была выбрана следующая аппроксимирующая функция:

$$y(t) = -1,9548 \cdot 10^{-11} t^2 - 3,1108 \cdot 10^{-6} t + 1, \quad (1)$$

где $y(t)$ – число исправных ячеек микросхемы памяти в момент времени t , представленное в отношении к ее общему количеству ячеек.

В условиях данного эксперимента в качестве параметра потока отказов принималась производная по времени от функциональной зависимости изменения количества исправных ячеек, в результате чего для временного интервала проведения эксперимента были получены плотность распределения отказов $f(t)$ и интенсивность отказов $\lambda(t)$. Эти зависимости имеют следующий вид:

$$f(t) = e^{-1,56 \cdot 10^{-11} t} (3,91 \cdot 10^{-11} t + 3,11 \cdot 10^{-6}), \quad (2)$$

$$\lambda(t) = 3,113 \cdot 10^{-6} + 3,847 \cdot 10^{-11} t + 1,675 \cdot 10^{-16} t^2. \quad (3)$$

Таким образом, применение предложенного алгоритма позволило решить задачу обработки апостериорной информации о сбоях и отказах. Благодаря интерпретированным данным возможно математическое прогнозирование работоспособности микросхем памяти бортовой аппаратуры на временном интервале, существенно превышающем длительность экспериментальных исследований.

Калюжный А.В., Кремез Г.В., Кошель И.Н. Оценка работоспособности...

Однако, как показывают расчеты, линейная аппроксимация с использованием МНК при большой длительности космического эксперимента приводит к высокой погрешности. Применение полиномиальной аппроксимации также ограничено. В частности, как следует из выражения (1), предельная длительность прогнозирования работоспособности микросхем не должна превышать 10^5 часов. С учетом изложенного в перспективных экспериментах целесообразно использовать более точные методы регрессионного анализа.

Заключение

Предложенный алгоритм позволяет оценить и спрогнозировать работоспособность РЭА, функционирующей в условиях воздействия внешних факторов естественного и искусственного происхождения. В результате определяется рациональная кратность резервирования бортовой аппаратуры.

Достоинство алгоритма состоит в высокой точности получаемых оценок за счет сочетания расчетных и экспериментальных методов, в том числе и для элементной базы зарубежного производства. Кроме того, на основе унификации реализуется возможность испытания ЭКБ различной номенклатуры при совместном и одновременном воздействии различных внешних факторов. Применение рассмотренной технологии целесообразно в случаях, когда расчетные методы не могут быть применены в силу высокой неопределенности исходных данных и отсутствия строгого математического описания исследуемых процессов. Предложенная технология может использоваться самостоятельно и в качестве вспомогательного элемента для технологий более высокого иерархического уровня. Перспективность технологии связана с неуклонным ростом сложности элементной базы (десятки миллионов элементов в кристалле микросхемы) и требований к жесткости условий эксплуатации РЭА.

Литература

1. Борисов А.А., Краснов С.А., Нечай А.А. Технология блокчейн и проблемы ее применения в различных информационных системах // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2018. Вып. 2. С. 63–67.
2. Захаров И.В., Кремез Г.В., Фролков Е.В. Экспериментальное исследование работоспособности электронных компонентов бортовой аппаратуры на космических аппаратах серии «Можаец» // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 10. С. 66–70.
3. Лоскутов А.И., Дуников А.С., Артюшкин А.Б., Нечай А.А. Математическая модель системы символьной синхронизации наземной приемно-регистрающей станции телеметрической информации в условиях флуктуаций амплитуды сигнала // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2017. Вып. 1. С. 11–19.
4. Макриденко Л.А., Геча В.Я., Сидняев Н.И., Онуфриев В.В. Обзор космических факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики низкоорбитальных спутников // Проблемы создания и применения малых космических аппаратов и робототехнических средств: труды Всероссийской научно-практической конференции. СПб., 2016. Т. 2. С. 234–239.
5. Нечай А.А. Моделирование системы управления робототехническим комплексом ликвидации чрезвычайных ситуаций на основе многомерных копула-функций // Современ-

- ные проблемы создания и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции. СПб., 2016. С. 287–292.
6. *Нечай А.А., Борисов А.А., Борисова Ю.И.* Точечный анализ данных дистанционного зондирования Земли средствами языка программирования Python // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2019. Вып. 1. С. 49–55.
7. *Нечай А.А., Копьев А.И.* Метод управляемого распределения ресурсов между ядрами процессора // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2018. Вып. 2. С. 101–107.
8. *Никифоров А.Ю.* Заблуждения и реальность в области оценки радиационной стойкости электронной компонентной базы // Спецтехника и связь. 2011. № 4. С. 63–67.
9. *Пичхадзе К.М., Хамидуллина Н.М., Зефиоров И.В.* Расчет локальных поглощенных доз с учетом реальной конфигурации космического аппарата // Космические исследования. 2006. Т. 44, № 2. С. 179–182.
10. *Полесский С. и др.* Обеспечение радиационной стойкости аппаратуры космических аппаратов при проектировании // Компоненты и технологии. 2010. № 9. С. 93–98.
11. *Свинарчук А.А., Калинин С.В., Нечай А.А.* Использование графического процессора для ускорения распределенных вычислений при прогнозе экстремальных значений температуры воздуха // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2017. Вып. 4. С. 33–38.
12. *Свинарчук А.А., Нечай А.А.* Использование квантовых вычислений при выборе управленческого решения // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2018. Вып. 2. С. 31–36.
13. *Шаймарданов А.М., Нечай А.А., Лепехин С.В.* Математические модели систем автоматического управления с широтно-импульсной модуляцией // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2019. Вып. 2. С. 27–39.
14. *Koebel F., Coldefy J.-F.* SCOC3: A Space Computer on a Chip an Example of Successful Development of a Highly Integrated Innovative ASIC: Microelectronics Presentation Days ESA/ESTEC. Noordwijk, 2010.
15. *Taylor B. et al.* Galileo GIOVE-A MEORAD Results and Analysis // IEEE Transactions on Nuclear Science. 2008. Vol. 55, № 6.

Literatura

1. *Borisov A.A., Krasnov S.A., Nechaj A.A.* Tekhnologiya blokchejn i problemy ee primeneniya v razlichnykh informatsionnykh sistemakh // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie". 2018. Vyp. 2. S. 63–67.
2. *Zakharov I.V., Kremez G.V., Frolkov E.V.* Eksperimental'noe issledovanie rabotosposobnosti elektronnykh komponentov bortovoj apparatury na kosmicheskikh apparatakh serii "Mozhaets" // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Priborostroenie. 2014. T. 57, № 10. S. 66–70.
3. *Loskutov A.I., Dunikov A.S., Artyushkin A.B., Nechaj A.A.* Matematicheskaya model' sistemy simvol'noj sinkhronizatsii nazemnoj priemno-registriruyushchej stantsii telemetricheskoy informatsii v usloviyakh fluktuatsij amplitudy signala // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie". 2017. Vyp. 1. S. 11–19.
4. *Makridenko L.A., Gecha V.Ya., Sidnyaev N.I., Onufriev V.V.* Obzor kosmicheskikh faktorov, vliyayushchikh na ekspluatatsionnye kharakteristiki nizkoorbital'nykh sputnikov // Problemy

- sozdaniya i primeneniya malyx kosmicheskikh apparatov i robototekhnicheskikh sredstv: trudy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. SPb., 2016. T. 2. S. 234–239.
5. *Nechaj A.A.* Modelirovanie sistemy upravleniya robototekhnicheskimi kompleksami likvidatsii chrezvychajnykh situatsij na osnove mnogomernykh kopula-funktsij // *Sovremennye problemy sozdaniya i ekspluatatsii vooruzheniya, voennoj i spetsial'noj tekhniki: sbornik statej III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii.* SPb., 2016. S. 287–292.
6. *Nechaj A.A., Borisov A.A., Borisova Yu.I.* Tochechnyj analiz dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli sredstvami yazyka programmirovaniya Python // *Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie".* 2019. Vyp. 1. S. 49–55.
7. *Nechaj A.A., Kop'ev A.I.* Metod upravlyaemogo raspredeleniya resursov mezhdru yadrami protsessora // *Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie".* 2018. Vyp. 2. S. 101–107.
8. *Nikiforov A.Yu.* Zabluzhdeniya i real'nost' v oblasti otsenki radiatsionnoj stojkosti elektronnoj komponentnoj bazy // *Spetstekhnika i svyaz.* 2011. № 4. S. 63–67.
9. *Pichkhadze K.M., Khamidullina N.M., Zefirov I.V.* Raschet lokal'nykh pogloshchennykh doz s uchetom real'noj konfiguratsii kosmicheskogo apparata // *Kosmicheskie issledovaniya.* 2006. T. 44, № 2. S. 179–182.
10. *Polesskij S. i dr.* Obespechenie radiatsionnoj stojkosti apparatury kosmicheskikh apparatov pri proektirovanii // *Komponenty i tekhnologii.* 2010. № 9. S. 93–98.
11. *Svinarchuk A.A., Kalinichenko S.V., Nechaj A.A.* Ispol'zovanie graficheskogo protsessora dlya uskoreniya raspredelennykh vychislenij pri prognoze ekstremal'nykh znachenij temperatury vozdukhа // *Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie".* 2017. Vyp. 4. S. 33–38.
12. *Svinarchuk A.A., Nechaj A.A.* Ispol'zovanie kvantovykh vychislenij pri vybore upravlencheskogo resheniya // *Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie".* 2018. Vyp. 2. S. 31–36.
13. *Shajmardanov A.M., Nechaj A.A., Lepekhin S.V.* Matematicheskie modeli sistem avtomaticheskogo upravleniya s shirotno-impul'snoj modulyatsiej // *Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie".* 2019. Vyp. 2. S. 27–39.
14. *Koebel F., Coldefy J.-F.* SCOC3: A Space Computer on a Chip an Example of Successful Development of a Highly Integrated Innovative ASIC: Microelectronics Presentation Days ESA/ESTEC. Noordwijk, 2010.
15. *Taylor B. et al.* Galileo GIOVE-A MEORAD Results and Analysis // *IEEE Transactions on Nuclear Science.* 2008. Vol. 55, № 6.

DOI: 10.25586/RNUV9187.20.01.P.159

УДК 004.78.056

А.И. Гладышев, Г.Г. Буров

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Рассматриваются теоретические основы защиты информации и системы защиты телекоммуникационных систем, основные группы международных организаций стандартизации по защите информационных систем. Приведены примеры возможных целей, которые могут оказывать влияние на систему защиты.

Ключевые слова: угроза, проникновение.