



УДК 004.514.6/519.876.5/004.942  
ГРНТИ 78.25.13

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЕННОГО ПРОТИВОБОРСТВА В ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ASTRA LINUX

*А.В. ШАМАРИН, кандидат технических наук*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

*А.С. СТУДЕННИКОВ*

*Государственный лётно-испытательный центр Министерства обороны имени В. П. Чкалова (г. Щелково)*

*Ж.А. СТРЕБКОВА*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В условиях выполнения государственной программы импортозамещения и перехода федеральных бюджетных учреждений на использование свободного программного обеспечения, с целью обеспечения степени защиты обрабатываемой информации и требуемого уровня защищенности, показана практическая возможность применения ОС отечественного производства Astra Linux SE с применением кроссплатформенного компоновщика макетов и форм графического интерфейса пользователя для математического моделирования конфликта противоборствующих сторон.

*Ключевые слова:* импортозамещение, математическое моделирование, отечественное программное обеспечение, защита обрабатываемой информации, моделирование конфликта противоборствующих сторон, Astra Linux.

## MATHEMATICAL MODELING OF MILITARY CONFRONTATION IN AEROSPACE DOMAIN WITH USE ASTRA LINUX DOMESTIC OPERATING SYSTEM

*A. V. SHAMARIN, Candidate of Technical Sciences*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

*A.S. STUDENNIKOV*

*State flight test center of the Ministry of defense named by V.P. Chkalov (Shchelkovo)*

*ZH.A. STREBKOVA*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

In terms of the state program of import substitution and the transition of federal budget institutions to the use of free software, to ensure the degree of protection of the processed information and the required level of security, the practical possibility of using Astra Linux SE domestic production OS using a cross-platform linker for layouts and forms is shown mathematical modeling of the conflict of the opposing sides.

*Keywords:* import substitution, mathematical modeling, domestic software, protection of the processed information, modeling of the warring parties conflict, Astra Linux.

**Введение.** В соответствии с утверждённым планом перехода федеральных органов исполнительной власти и федеральных бюджетных учреждений на использование свободного программного обеспечения на 2016–2020 годы, для обеспечения степени защиты обрабатываемой информации а также во исполнение распоряжения Правительства РФ № 2299-р от 17 декабря 2010 г., рекомендуется использовать операционную систему Astra Linux Special Edition, имею-



щую Сертификат соответствия № 1339 Министерства Обороны на работу с Государственной тайной действительный до 15 сентября 2018 г. К видам защищаемой информации относятся следующие данные: коммерческая тайна, конфиденциальная информация, персональные данные, государственная тайна. Кроме этого, операционная система:

сертифицирована по требованиям безопасности ФСТЭК России к операционным системам (приказ ФСТЭК России от 19 августа 2016 г. №119);

сертифицирована по требованиям ФСБ России по защите информации в автоматизированных информационных системах 1 класса, требованиям ФСБ России к программному обеспечению информационных и телекоммуникационных систем специального назначения;

верифицирована Институтом системного программирования им. В.П. Иванникова РАН.

Ключевыми особенностями ОС Astra Linux SE по реализации требований безопасности информации являются: мандатное разграничение доступа, изоляция модулей, очистка оперативной и внешней памяти и гарантированное удаление файлов, маркировка документов, регистрация событий, механизмы защиты информации в графической подсистеме, режим ограничения действий пользователя (режим «киоск»), защита адресного пространства процессов, механизм контроля замкнутости программной среды, контроль целостности, средства организации домена, защищенная реляционная СУБД, защищенный комплекс программ электронной почты, защищенный комплекс программ гипертекстовой обработки данных.

В комплект Astra Linux входят такие инструменты, как пакет офисных приложений LibreOffice и система электронного документооборота «Пергамент». Помимо этого, с операционной системой совместимы популярные программы, например, система учета «1С», антивирусы производства компаний «Лаборатория Касперского» и Dr. Web. В Astra Linux также предусмотрена возможность установки геоинформационного приложения «Панорама».

В то же время применение операционной системы специального назначения Astra Linux Special Edition было признано эффективным для решения задач Вооруженных Сил, в том числе в сфере информационной безопасности по результатам командно-штабных учений «Кавказ 2016».

Таким образом, в настоящее время возникла высокая необходимость применения элементов современных информационных технологий отечественного производства при оценке практических результатов военной деятельности.

**Актуальность.** В условиях современной концепции развития Вооружённых Сил Российской Федерации, задача обеспечения требуемого уровня защищенности информации, оперируемой при оценке практических результатов военной деятельности, а также при проведении теоретических расчетов и математическом моделировании военного противоборства, становится приоритетной.

Для доказательства успешного прогнозирования всевозможных сценариев вооруженных конфликтов с использованием ОС Astra Linux SE, сертифицированной в системах сертификации «Федеральная служба безопасности России, Минобороны России, Федеральная служба по техническому и экспертному контролю России», рассмотрим вариант математического моделирования противоборства летательных аппаратов и зенитных систем с учётом конфликтного противоборства интегрированных систем с внутри- и внешне системными связями.

При этом объектом исследования при математическом моделировании на ОС Astra Linux SE будем рассматривать модель боевого конфликта летательных аппаратов и комплексов противовоздушной обороны (ПВО) в условиях активных двухсторонних контрдействий в составе информационно-расчетного программного продукта по оценке эффективности преодоления летательными аппаратами зенитных систем.

Разработанный кроссплатформенный информационно-расчетный программный продукт по оценке эффективности преодоления летательными аппаратами зенитных систем с использованием ОС Astra Linux SE основан на результатах проведенных теоретических исследованиях подходов к построению конфликтно-устойчивых, функционирующих в условиях помех систем. Основу составляют разработанные в [1, 2] модели информационного конфликта средств поиска и



обнаружения. Получаемые с помощью этих моделей вероятностно-временные зависимости используются как исходные данные для моделей информационного конфликта в условиях активных двухсторонних противодействий. Для анализа показателей такого конфликта используется математический аппарат сетей Петри-Маркова [3–6], позволяющий адекватно описать многообразие параллельных и последовательных процессов функционирования групп информационно-боевых систем, а также их взаимного влияния.

Известно, что программы для одной операционной системы (ОС) не работают под управлением другой ОС (за исключением переносимых исполнимых *jar*-файлов программ, созданных на языке *java*). Для обеспечения работы программы понадобится портировать (переписывать с учетом особенностей конкретной ОС), а зачастую создавать заново программы под разные операционные системы. Для решения данной проблемы следует создавать кроссплатформенный программный продукт. Кроссплатформенное (межплатформенное) программное обеспечение – программное обеспечение, работающее более чем на одной аппаратной платформе и/или операционной системе (с учетом или без учета перекомпиляции под целевую платформу, но без изменения исходного кода).

Для создания кроссплатформенного программного продукта применялся язык программирования Python. Привлекательной особенностью Python является простота, скорость и гибкость в создании приложений с графическим интерфейсом пользователя (англ. Graphical user interface, GUI). Это преимущество связано не только с большим количеством поддерживаемых графических библиотек: Tkinter, PyQt, PyGTK, wxPython, Pygames и др. Основная причина заключается в интерпретирующей природе платформы Python, так как из-за доступности Python-кода внешний вид графического приложения всегда можно изменить или дополнить. Для создания программы выбрана графическая библиотека PyQt4.

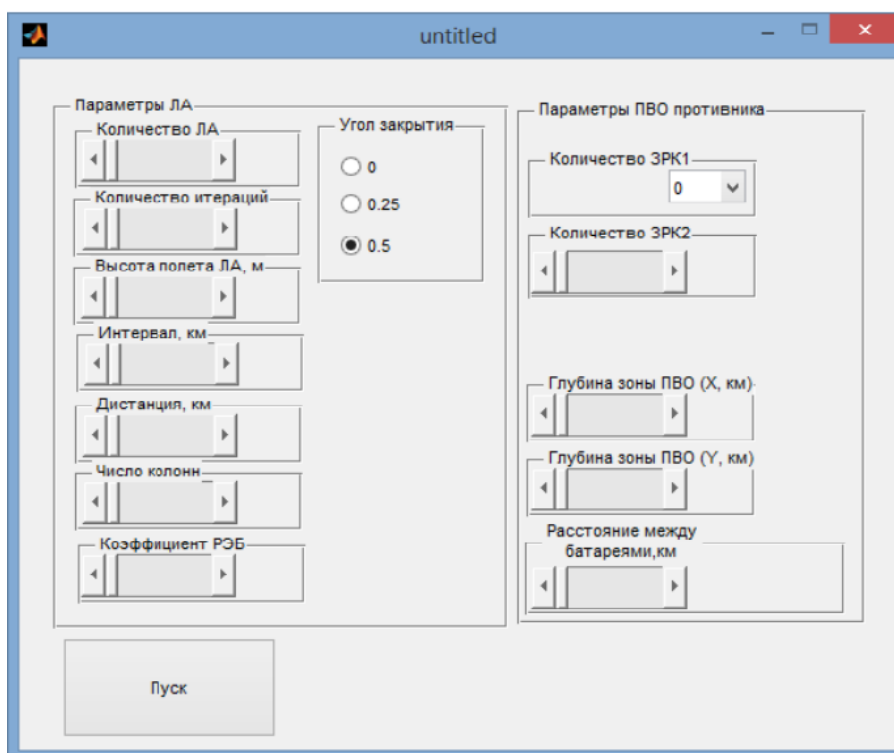


Рисунок 1 – Окно ввода исходных данных

PyQt являются интерфейсом из Python к инструментарию для разработки кроссплатформенных приложений Qt4. PyQt работает на всех платформах, поддерживаемых Qt: Linux и другие UNIX-подобные ОС, Mac OS X и Windows. PyQt распространяется под лицензиями GPL (2 и



3 версии) и коммерческой. PyQt также включает в себя QtDesigner – дизайнер графического интерфейса пользователя.

QtDesigner является кроссплатформенным компоновщиком макетов и форм графического интерфейса пользователя. Он позволяет быстро спроектировать виджеты и диалоги, используя экранные формы с использованием тех же виджетов, которые будут использоваться в приложении. Формы, созданные с QtDesigner, являются полностью функциональными, а также могут быть просмотрены в режиме реального времени.

Поскольку Python – интерпретируемый язык, математические алгоритмы часто работают в нём гораздо медленнее, чем в компилируемых языках. Для решения данной проблемы были подключены дополнительные модули, такие как: NumPy, Matplotlib.

NumPy – это расширение языка Python, добавляющее поддержку больших многомерных массивов и матриц, вместе с большой библиотекой высокоуровневых математических функций для операций с массивами. NumPy можно рассматривать как хорошую свободную альтернативу MATLAB.

Matplotlib – библиотека на языке программирования Python для визуализации данных двумерной и трехмерной графики.

Для ввода исходных данных в QtDesigner создано окно, представленное на рисунке 1.

Область главного окна разбита на три подобласти. Первая подобласть называется «Параметры ЛА» и предназначена для ввода параметров летательных аппаратов, влияющих на эффективность преодоления ЛА зон ПВО. С помощью горизонтального слайдера можно выставить требуемую величину. Варьируемыми параметрами являются: «Количество ЛА», «Количество итераций», «Высота полета ЛА, м», «Интервал, км», «Дистанция, км», «Число колонн», «Коэффициент РЭБ».

Перспективные системы разведки и ВТО предпринимают контрмеры по снижению эффективности информационных подсистем радиоэлектронного поражения (РЭПр), являющимися составляющей частью информационного конфликта в радиоэлектронной борьбе (РЭБ).

Для учета контрмер по снижению эффективности комплексов РЭПр вводится параметр «Коэффициент РЭБ».

Значения параметров «Количество ЛА», «Интервал, км», «Дистанция, км», «Число колонн» позволяют задать боевой порядок летательных аппаратов. Высота полета ЛА оказывает влияние на дальность обнаружения ЛА комплексами ПВО. Для изменения высоты полета ЛА используется горизонтальный слайдер «Высота полета ЛА, м».

Расположение комплексов ПВО в установленных пределах имеет случайный характер. Это обусловлено постоянной перегруппировкой мобильных комплексов ПВО. Расположение каждого отдельно взятого комплекса ПВО влияет на условия его применимости в боевом конфликте. Изменяя число итераций расчета конфликта ЛА–ПВО слайдером «Количество итераций» можно получить среднее число ЛА, преодолевших зону ПВО с большей или меньшей точностью.

Третья подобласть главного окна называется «Угол закрытия». Радиокнопка «Угол закрытия» предназначена для выбора одного из трех значений угла закрытия  $0^\circ$ ;  $0,25^\circ$ ;  $0,5^\circ$ .

Вторая подобласть главного окна называется «Параметры ПВО». В ней содержатся 5 слайдеров для задания следующих данных: «Количество ЗРК1», «Количество ЗРК2», «Глубина зоны ПВО (X, км)», «Глубина зоны ПВО (Y, км)», «Расстояние между батареями, км». Размеры зоны расположения установок ПВО задаются параметрами «Глубина зоны ПВО (X, км)», «Глубина зоны ПВО (Y, км)», «Расстояние между батареями, км».

После ввода параметров противоборствующих систем необходимо нажать кнопку «Пуск» для начала расчета. Во время каждой итерации отображается окно с визуализацией полета ЛА и боеприпасов комплексов ПВО, представленное на рисунке 2.

Для демонстрации адекватности расчета разработанного кроссплатформенного информационно-расчетного программного продукта по оценке эффективности преодоления летатель-



ными аппаратами зенитных систем с использованием ОС Astra Linux SE рассмотрим влияние параметра «Высота полета ЛА, м» летательных аппаратов при моделировании боевого конфликта «летательные аппараты-противовоздушная оборона на среднее число летательных аппаратов, преодолевших зону ПВО».

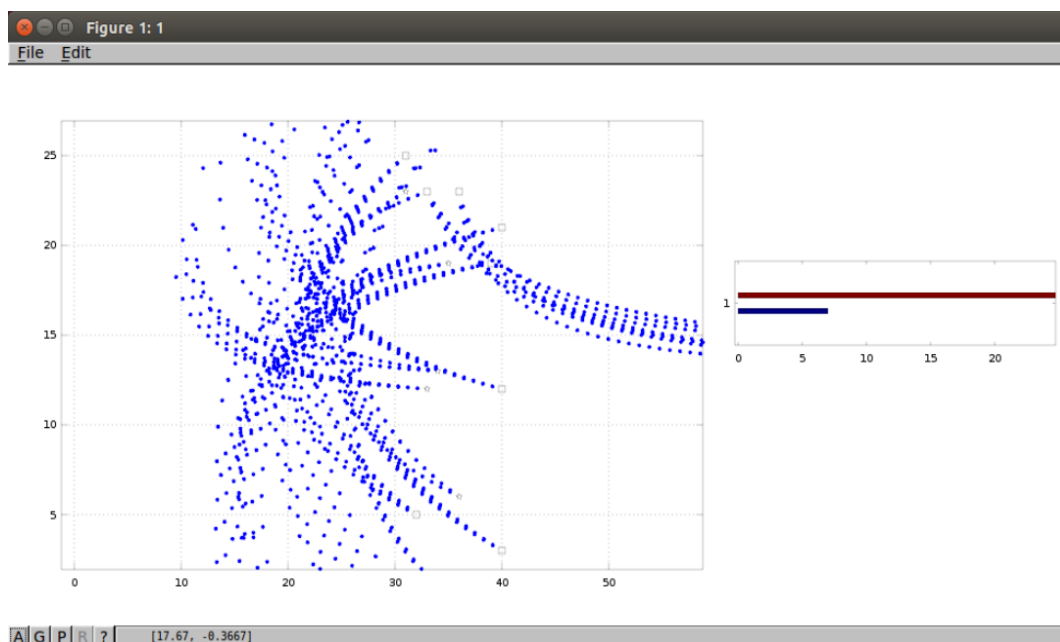


Рисунок 2 – Окно просмотра результатов моделирования

Исходные данные для моделирования были выбраны следующим образом: параметры «количество ЛА», «Количество итераций», «Интервал, км», «Дистанция, км», «Число колонн», «Коэффициент РЭБ», «Угол закрытия», «Количество ЗРК1», «Количество ЗРК2», «Глубина зоны ПВО (X, км)», «Глубина зоны ПВО (Y, км)», «Расстояние между батареями» не изменялись. Варьируемым являлся параметр «Высота полета ЛА, м». Вариант моделирования, когда изменяется один из параметров при прочих равных, дает представление о влиянии именно варьируемого параметра на общий результат расчета. Таким образом, можно раскрыть закономерности влияния каждого отдельно взятого параметра на результат моделирования. В таблице 1 приведены исходные данные для моделирования.

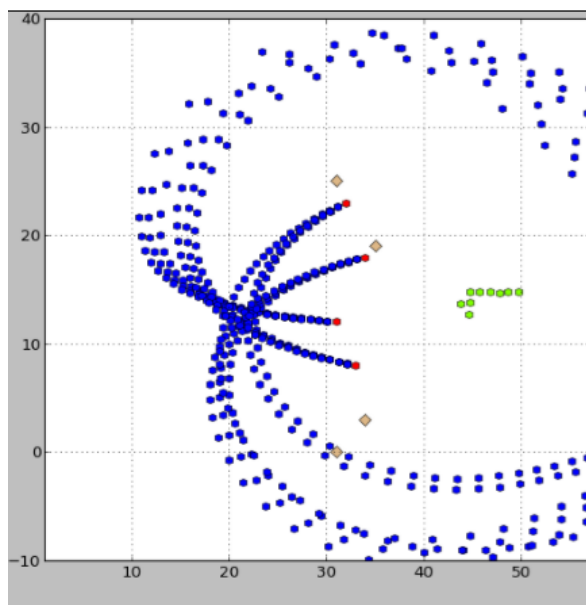
Таблица 1 – Исходные данные для моделирования

Параметры ЛА	Значение	Угол закрытия, град.	Параметры ПВО противника	Значение
Количество ЛА:	20	0	Количество ЗРК1	4
Количество итераций:	50		Количество ЗРК2	4
Число колонн	3		Глубина зоны ПВО (X, км)	5
Интервал, км	1		Глубина зоны ПВО (Y, км)	15
Дистанция, км	1		Расстояние между батареями	0
Коэффициент РЭБ	1			

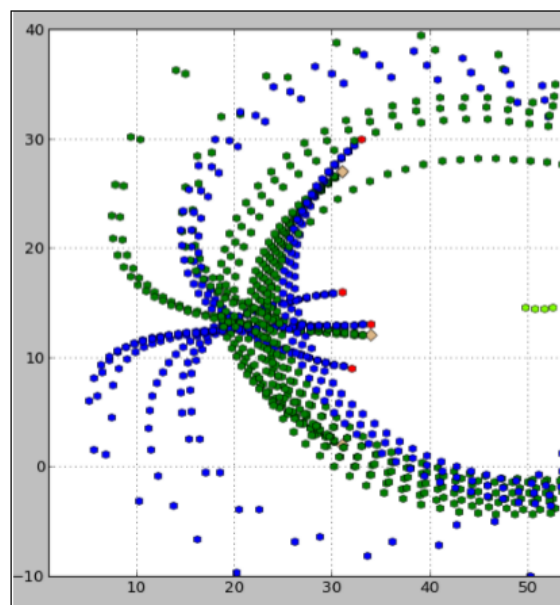
Выберем боевой порядок (БП) «цилиндр». БП «цилиндр» образуется, когда несколько ЛА направляются на малоразмерные близкорасположенные цели и объединяются в цепочки, синхронизированные по времени прилета к целям. Число колонн 3, интервал и дистанция между ЛА примем 1 км. В таблице 2 приведены результаты моделирования при высоте полета ЛА 30 м, 60 м, 100 м, 200 м. На рисунке 3а изображено окно визуализации расчета при высоте полета ЛА 30 м. На рисунке 2б изображено окно визуализации расчета при высоте полета ЛА 60 м.



При сверхмалой высоте полета ЛА 30 метров применяются только комплексы ЗРК2 (рисунок 3а). Это обусловлено техническими характеристиками ЗРК1, не позволяющими вести огонь по низколетящим целям. Среднее число ЛА, преодолевших зону ПВО в этом случае максимально и равно 11 (таблица 2). Однако, при высоте полета ЛА 60 метров в их поражении участвуют оба комплекса ПВО (рисунок 3б) и среднее число КР, преодолевших зону ПВО уменьшилось до 5,5 (таблица 2).



а) высота полета ЛА 30 метров



б) высота полета ЛА 60 метров

Рисунок 3 – Окно визуализации результатов расчета

Таблица 2 – Результаты моделирования при различной высоте полета летательных аппаратов

№ п/п	Параметр	Значение						
		13	14	15	16	17	18	19
1	Высота полета ЛА, м	30						
	Число ЛА, преодолевших зону ПВО	13	14	15	16	17	18	19
	Число итераций, в которых количество ЛА, преодолевших зону ПВО одинаково	4	13	15	11	3	2	2
	Среднее число ЛА, преодолевших зону ПВО	16						
2	Высота полета ЛА, м	60						
	Число ЛА, преодолевших зону ПВО	9	10	11	12			
	Число итераций, в которых количество ЛА, преодолевших зону ПВО одинаково	28	14	6	2			
	Среднее число ЛА, преодолевших зону ПВО	11						
3	Высота полета ЛА, м	100						
	Число ЛА, преодолевших зону ПВО	9	10	11	12			
	Число итераций, в которых количество ЛА, преодолевших зону ПВО одинаково	21	21	5	3			
	Среднее число ЛА, преодолевших зону ПВО	10						
4	Высота полета ЛА, м	200						
	Число ЛА, преодолевших зону ПВО	9	10	11	12			
	Число итераций, в которых количество ЛА, преодолевших зону ПВО одинаково	31	15	3	1			
	Среднее число ЛА, преодолевших зону ПВО	10						



По результатам моделирования можно определить, при какой высоте полета ЛА обеспечивается преодоление требуемого числа ЛА, преодолевших зону ПВО.

- 9 ЛА преодолело зону ПВО максимальное число раз (31) при высоте полета 200 м.
- 10 ЛА преодолело зону ПВО максимальное число раз (21) при высоте полета 100 м.
- 11 ЛА преодолело зону ПВО максимальное число раз (6) при высоте полета 60 м.
- 12 ЛА преодолело зону ПВО максимальное число раз (3) при высоте полета 100 м.
- 13 ЛА преодолело зону ПВО максимальное число раз (3) при высоте полета 30 м.
- 14 ЛА преодолело зону ПВО максимальное число раз (3) при высоте полета 30 м.
- 15 ЛА преодолело зону ПВО максимальное число раз (3) при высоте полета 30 м.
- 16 ЛА преодолело зону ПВО максимальное число раз (11) при высоте полета 30 м.
- 17 ЛА преодолело зону ПВО максимальное число раз (3) при высоте полета 30 м.
- 18 ЛА преодолело зону ПВО максимальное число раз (3) при высоте полета 30 м.
- 19 ЛА преодолело зону ПВО максимальное число раз (3) при высоте полета 30 м.

**Выводы.** Таким образом применение разработанного информационно-расчетного программного продукта в ОС Astra Linux SE позволяет проводить математическое моделирование конфликтов противоборствующих сторон, сформировывать знания по основным факторам, влияющим на эффективность преодоления летательными аппаратами зон ПВО, проанализированы основные характеристики летательных аппаратов и зенитных систем, подлежащих учету для оценки эффективности ведения боевых действий, создавать математические модели расчета среднего числа ЛА, преодолевших зону ПВО. Разработан кроссплатформенный информационно-расчетный программный продукт по оценке эффективности преодоления летательными аппаратами зенитных систем с использованием математического аппарата сетей Петри-Маркова при помощи языка программирования Python с подключенными дополнительными модулями NumPy, Matplotlib, графической библиотеки PyQt4.

Цель работы достигнута, показана возможность применения ОС отечественного производства Astra Linux SE для математического моделирования конфликта противоборствующих сторон в интересах прогнозирования всевозможных сценариев вооруженного конфликтов, что особенно актуально в условиях выполнения задачи импортозамещения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения // Под ред. Ю.Л. Козирацкого. М.: Радиотехника, 2013. 232 с.
2. Модели пространственного и частотного поиска // под ред. Ю.Л. Козирацкого. М.: Радиотехника, 2014. 344 с.
3. Котов В.Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984. 160 с.
4. Ларкин Е.В., Сабо Ю.И. Сети Петри Маркова и отказоустойчивость авионики. Тула: ТулГУ, 2004. 208 с.
5. Ларкин Е.В. Математический аппарат сетей Петри-Маркова. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://klax.tula.ru/~spm/index.html> (дата обращения: 02.12.2014).
6. Слива М.В. Кроссплатформенный подход как средство унификации обучения программированию в различных операционных системах // Прикладная информатика. 2012. № 2 (38). С. 38.

#### REFERENCES

1. Modeli informacionnogo konflikta sredstv poiska i obnaruzheniya // Pod red. Yu.L. Kozirackogo. M.: Radiotekhnika, 2013. 232 p.
2. Modeli prostranstvennogo i chastotnogo poiska // pod red. Yu.L. Kozirackogo. M.: Radiotekhnika, 2014. 344 p.



3. Kotov V.E. Seti Petri. M.: Nauka, 1984. 160 p.
4. Larkin E.V., Sabo Yu.I. Seti Petri Markova i otkazoustojchivost' avioniki. Tula: TulGU, 2004. 208 p.
5. Larkin E.V. Matematicheskij apparat setej Petri-Markova. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://klax.tula.ru/~spm/index.html> (data obrascheniya: 02.12.2014).
6. Sliva M.V. Krossplatformennyj podhod kak sredstvo unifikacii obucheniya programirovaniyu v razlichnyh operacionnyh sistemah // Prikladnaya informatika. 2012. № 2 (38). p. 38.

© Шамарин А.В., Студенников А.С., Стребкова Ж.А., 2019

Шамарин Александр Вячеславович, кандидат технических наук, профессор РАЕ, заместитель начальника отдела Научно-исследовательского центра (проблем применения обеспечения и управления авиацией ВВС), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, shamarinREP@yandex.ru.

Студенников Андрей Сергеевич, инженер, Государственный лётно-испытательный центр Министерства обороны имени В.П. Чкалова (г. Щелково), Россия, 114000, г. Щелково, andreystudennikov@yandex.ru.

Стребкова Жанна Анатольевна, экономист, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А. ZhannaStrebkova@yandex.ru.