

эффекта составляло 7 – 8 с. В период стационарного режима работы этой же вихревой трубы наблюдалось перераспределение интенсивности по сечению светового пятна и формирование светового пучка с провалом интенсивности, когда периферийное кольцо имеет большую интенсивность, чем центральная часть пятна. Меняя режим работы вихревой трубы, можно регулировать величину интенсивности центральной части пятна (рисунок 3). Отключив подачу воздуха в вихревую трубу, получаем устойчивое распределение интенсивности светового пятна, когда все лучи пучка резко концентрируются в периферийном кольце (рисунок 4). Время существования наблюдаемого эффекта продолжалось в течение 45 – 90 с.

Во всех приведенных экспериментах максимальная интенсивность периферийного светового кольца наблюдалась в пределах  $r/r_k = 0,55 - 0,85$  (где  $r_k$  – внутренний радиус перемещаемой трубы), что соответствует границе раздела свободного и вынужденного вихрей. Появление этой границы раздела происходит в момент перестройки свободного вихря (для которого характерен закон потенциального течения) в вынужденный вихрь (для которого характерен закон вращения твердого тела). В результате перестройки вихря возникает центробежный поток кинетической энергии и центростремительный поток тепла, обусловленные разностью статических температур. Если учесть зависимость показатель преломления газа от давления и температуры и рассмотреть по отдельности две вихревые зоны, то можно предположить для момента отключения подачи воздуха в вихревую трубу следующее: для периферийной высокотемпературной зоны высокого давления – фактор давления преобладает над температурой – наблюдаем фокусировку на периферии; для осевой низкотемпературной зоны низкого давления – фактор температуры преобладает над давлени-

ем – наблюдаем расфокусировку в центре. Тогда максимум интенсивности световых лучей наблюдается в периферийном кольце (рисунок 4).

Для стационарного режима работы вихревой трубы, как и для момента отключения подачи в нее воздуха, наблюдаем фокусировку пучка на периферии, а соотношения между давлением и температурой для периферийной высокотемпературной зоны высокого давления остаются прежними. Однако в осевой (центральной) зоне происходит одновременно фокусировка и дефокусировка (фактор давления соизмерим с температурным). Поэтому можно регулировать величину интенсивности центральной части пятна посредством дросселя (рисунок 3).

В момент пуска вихревой трубы еще не происходит формирование и разделение свободного и вынужденного вихрей с четкой границей раздела между ними и плотность воздушного потока в осевой зоне будет выше, чем в периферийной зоне. В этом случае наблюдаем фокусировку светового потока с равномерным распределением интенсивности по сечению светового пятна (рисунок 2).

Результаты проведенных исследований свидетельствуют об оригинальных возможностях, обеспечиваемых термооптическими характеристиками вихревых систем. Вихревые системы могут быть пригодны для формирования разных профилей интенсивности (с провалом в центре, кольцевых) световых пучков диаметрами от 0,003 до 0,056 м. Системы могут фокусировать и дефокусировать пучки излучения упомянутых размеров в широком спектральном диапазоне (от УФ до ИК) в широком интервале фокусных расстояний: 0,3 – 800 м.

1. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. – Москва: Машиностроение, 1969. – 183 с.

УДК 004.451(075)

## МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОС РВ

**Волосатова Т.М.**

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
Москва, Российская Федерация*

**Введение.** Материалы публикации содержат основные результаты анализа основных направлений развития бортовых ЭВМ и операционных систем реального времени. На основе проведенного анализа определены основные аспекты информационной безопасности бортовых вычислительных средств авионики и, в частности ОС РВ. Учитывается, что для бортовых вычислительных средств (БВС) авионики вопросы информаци-

онной безопасности необходимо рассматривать параллельно с вопросами надежности аппаратных компонент БВС. При анализе учтены БВС жёсткого реального времени. Область применения таких вычислительных средств - бортовые системы управления, системы аварийной защиты, регистраторы аварийных событий. Такие БВС не допускают задержек реакции. Ситуация, в которой обработка событий происходит за

время, большее предусмотренного, в системе жёсткого реального времени считается фатальной ошибкой. При возникновении такой ситуации операционная система прерывает операцию и блокирует её, чтобы, насколько возможно, не пострадала надёжность и готовность остальной части БВС.

**1. Аналитический обзор доступной литературы. Цель и задачи исследований.** В процессе подготовки рукописи проведен аналитический обзор доступных источников [1-7], позволивший установить, что для разработки средств обеспечения информационной безопасности (ИБ) бортовых вычислительных средств авионики необходима строгая и хорошо формализованная модель угроз. Известные подходы к ее построению основаны на вербальных оценках и обобщении мнений экспертов. При этом невозможно ограничить область адекватности теоретически возможными атаками, то есть обеспечить необходимую полноту модели. Кроме того, такие модели не учитывают лавинообразно нарастающие сбои и отказы (эффект «домино»). Таким образом, целью настоящей публикации является описание разработанной методики формирования модели угроз ИБ БВС. При этом необходим учет функционирования БВС при лавинном нарастании последствий атак. Анализ показал, что основными требованиями к операционным системам реального времени, принятым для эксплуатации в авионике являются:

- Детерминированное предсказуемое поведение при различных нагрузках на систему, необходимое в ответственных приложениях и системах повышенной готовности;
- высокая «живучесть», чтобы при отказе какой-либо части программного обеспечения другая часть продолжала нормально функционировать;
- соответствие различным отраслевым, национальным и международным стандартам;
- требования по надежности - вероятность сбоя в программе должна быть меньше вероятности сбоя аппаратных средств;
- требования по безопасности и секретности данных, в системе должны быть предусмотрены средства защиты от несанкционированного доступа

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- Анализ состава бортовых вычислительных средств летательного аппарата (ЛА) с учетом перспектив и динамики их развития.
- Анализ атак на ИБ БВС, возможность которых ограничена физической реализуемостью.
- Выявление условий возникновения спровоцированных лавинных сбоев и отказов.

**2. Основные результаты исследований.**

Модель угроз информационной безопасности программно - аппаратных средств строится путем экспертного перечисления угроз, например:

- угрозы утечки по техническим каналам;
- угрозы несанкционированного доступа (НСД).

Вышеперечисленные угрозы включают в себя:

- угрозы, реализуемые в ходе загрузки операционной системы, направлены на перехват паролей или идентификаторов, модификацию программного обеспечения базовой системы ввода/вывода (BIOS), перехват управления загрузкой;
- угрозы, реализуемые после загрузки операционной системы и направленные на выполнение несанкционированного доступа с применением стандартных функций операционной системы или какой-либо прикладной программы;
- угрозы внедрения вредоносных программ;
- угрозы типа «Отказ в обслуживании»;
- угрозы выявления паролей;
- угрозы удаленного запуска приложений;
- угрозы инициализации недокументированных возможностей программ - приложений.

На основе анализа известных методов построения моделей угроз информационным системам, рассмотренных в [8], в настоящей публикации предлагается метод, основанный на применении нечетких автоматов. Как известно, при табличном описании модели угроз на основе экспертных оценок строится матрица инцидентности, устанавливающая связь «атака – последствие» (таблица 1).

Таблица 1.

Атаки	Последствия атак							
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	...	Q <sub>k</sub>	...	Q <sub>1</sub> <sup>i</sup>	...	Q <sub>1</sub> <sup>j</sup>
A <sub>1</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>		P <sub>11</sub>				
A <sub>2</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>22</sub>						
...	...	...	...	...	...			
A <sub>n</sub>	P <sub>n1</sub>	P <sub>n2</sub>						
A <sub>1</sub> <sup>1</sup>	P <sub>11</sub> <sup>1</sup>	P <sub>11</sub> <sup>2</sup>						
A <sub>1</sub> <sup>2</sup>								
...	...	...	...	...	...			
A <sub>1</sub> <sup>m</sup>	P <sub>11</sub> <sup>m</sup>							

В таблице 1 P<sub>ij</sub> – нечеткое отношение перехода. Рассмотрим автомат с четким входом  $i(t)$  и зависимым от времени нечетким отношением перехода  $\delta(t)$ . Пусть  $s(t)$  - нечеткое состояние автомата в момент времени  $t$  на конечном множестве состояний  $S = \{s_1, \dots, s_n\}$  и  $i_t$  — оценка значения  $i(t)$ . Состояние автомата в момент времени  $t$  определяется *min-max* композицией:

$$\begin{aligned} \mu_{s(t+1)}(s_k) &= \\ &= \sup \min (\mu_{s(t)}(s_j), (\mu_{\delta(t)}(s_x, i_t s_j))), \end{aligned}$$

или аналогично ей. Обучение направлено на

изменение нечеткой матрицы переходов:

$$\begin{aligned} \mu_{\delta(t)}(s_k, i_l s_j) &= \mu_{\delta(t-1)}(s_k, i_l s_j), \quad j \neq k, \\ \mu_{\delta(t)}(s_k, i_l s_j) &= a_k \mu_{\delta(t-1)}(s_k, i_l s_j) + \\ &+ (1 - a_k) \lambda_k(t), \end{aligned}$$

где  $0 < a_k < 1$ ,  $0 < \lambda_k(t) < 1$ ,  $k = 1, \dots, n$ . Константа  $\lambda_k$  определяет скорость обучения. Начало работы автомата возможно без априорной информации  $\mu_{s(0)}(s_k) = 0$  или 1, а также с априорной информацией  $\mu_{s(0)}(s_k) = \lambda_k(0)$ . Величина  $\lambda_k(t)$  зависит от оценки функционирования автомата. Доказано, что имеет место сходимость матрицы переходов, независимо от того, есть ли априорная информация, т.е.  $\mu_{s(0)}(s_j)$  может быть любым значением из интервала  $[0, 1]$ . Модель обучения формируется следующим образом. Предполагается, что классификатор имеет в распоряжении множество дискриминантных функций нескольких переменных. Система адаптируется к лучшему решению. Лучшее решение выделяет множество дискриминантных функций, которые дают минимум последствий среди множества дискриминантных функций для данного множества образцов атак. Структурная схема нечеткого конечного автомата приведена на Рис.1. При создании модели угроз ОС РВ такое представление удобно использовать путем применения известных методов каскадной и параллельно – последовательной композиции однотипных автоматов [9].

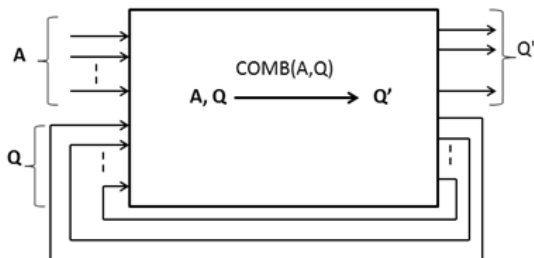


Рисунок 1 – Схема автомата, реализующего модель, либо структурную часть модели угроз.

A – вектор атак, Q – вектор последствий реализации угрозы

**Заключение.** Предложенный метод формирования моделей угроз ИБ ОС РВ позволяет:

– Формализовать и обобщать экспертные оценки с помощью нечетких переменных алгебры логики.

– Строить наращиваемую формализованную модель угроз.

– Учитывать возникновение возможных «лавинных» атак.

– Обратная связь, отображенная на Рис.1. учитывает лавинные атаки, когда последствия атаки в одном программном модуле становятся новой атакой.

1. Интернет – ресурс: [www.aviasafety.ru/crash-stat](http://www.aviasafety.ru/crash-stat), последний доступ – 25.12.2013.
2. Интернет-ресурс: Воздушный кодекс РФ от 19.03.1997 N 60-ФЗ / Консультант Плюс, [www.consultant.ru/popular/air/](http://www.consultant.ru/popular/air/). Последний доступ 25.12.2016.
3. Ефанов В.Н. Открытые архитектуры в концепции авионики пятого поколения // Бодрунов С.Д. - Мир авионики. – 2004. – № 5. – С. 20–28.
4. Интернет-ресурс: Е.В. Книга, Принципы организации вычислительных систем перспективных летательных аппаратов/ [www.elektropribor.spb.ru/cnf/kmu2013/text/63.d](http://www.elektropribor.spb.ru/cnf/kmu2013/text/63.d) осх. последний доступ 15.04.2016.
5. Зиль С. Операционная система реального времени QNX: от теории к практике. — 2-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 192 с. — ISBN 5-94157-486-X.
6. Зиль С. QNX Momentics. Основы применения. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 256 с. — ISBN 5-94157-430-4.
7. Евгенов А.В. Направления развития интегрированных комплексов бортового оборудования самолетов гражданской авиации. / Авиакосмическое приборостроение. – 2003. – № 3. – С. 48–53.
8. Чичварин И.Н. Структурное моделирование угроз информационной безопасности систем автоматизированного проектирования / Вестник МГТУ. Серия Приборостроение – 2013, - №3. - С.58-75.
9. Алгебраическая теория автоматов, языков и полугрупп/Пер. с англ.; Под ред. М. Арбиба. – М.: Статистика, – 1975. – 335 с.