

# МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРАВИЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К ОШИБКАМ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. А. Бойко, В. Ю. Храмов

*Федеральное государственное учреждение «Федеральный государственный  
научно-исследовательский испытательный центр радиоэлектронной борьбы  
и оценки эффективности снижения заметности»  
Министерства обороны Российской Федерации*

Рассмотрены основные положения методики оценки правильности и устойчивости к ошибкам специального программного обеспечения автоматизированных систем военного назначения и результаты ее практического применения на этапе проведения государственных испытаний.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Вопросы качества принимаемого на вооружение программного обеспечения становятся для специалистов заказывающих подразделений Минобороны России все более актуальными по мере того, как современные образцы вооружения и военной техники (ВВТ) наращивают свой интеллектуальный потенциал и непосредственно связанную с ним боевую мощь, обеспечивающую эффективное выполнение боевых задач в условиях современных вооруженных конфликтов. Такое положение дел не случайно. Интеллектуализация образцов ВВТ сегодня обеспечивается применением не только современных методов и средств ведения боевых действий, но и внедрением автоматизированных систем (АС), необходимых как для поддержки принятия решения командиром, так и для принятия частично или полностью самостоятельного решения о боевом применении объектов ВВТ. В таких условиях от работы АС полностью зависит качество функционирования объекта ВВТ, который она обеспечивает, поскольку сбой в ее работе на любом этапе принятия решения способен привести к различным катастрофическим последствиям. Анализ декомпозиции современных АС военного назначения (ВН) на составные элементы при условии наличия требуемого уровня подготовки у персонала, обслуживающего сертифицированные технические средства автоматизации, и грамотной реализации организационного обеспечения, очевидно, определяет именно программное обеспечение как наиболее нестабильную их часть.

На сегодняшний день в Минобороны России принято к использованию сертифицированное общее программное обеспечение. Однако кроме общего в состав программного обеспечения АС ВН входит также и специальное программное обеспечение (СПО), вопросы обеспечения качества которого на настоящий момент не достаточно проработаны и, как следствие, не нашли своего отражения в существующих нормативно-технических документах, регламентирующих порядок проведения их государственных испытаний (ГИ).

К числу важнейших частных показателей качества программного обеспечения [1] относятся правильность и устойчивость к ошибкам. Под правильностью понимается совокупность атрибутов программного обеспечения, относящаяся к возможности получения только верных или предусмотренных результатов функционирования, а под устойчивостью к ошибкам — совокупность атрибутов, относящаяся к способности программного обеспечения выполнять требуемые функции в условиях преднамеренных и непреднамеренных ошибок пользователя, а также при нарушении определенного интерфейса. В настоящее время рассматриваемые частные показатели качества для СПО АС ВН на этапе ГИ не оцениваются, что не позволяет осуществлять его всестороннее исследование и, как следствие, способно спровоцировать непредвиденные отказы функционирования АС объектов ВВТ при выполнении ими боевых задач.

Цель работы — с использованием методов теории алгоритмов и программ и теории вероятностей разработать методику оценки пра-

вильности и устойчивости к ошибкам СПО АС ВН, позволяющую оценить отношение количества элементов ввода/вывода данных, функционирующих в соответствии с алгоритмами выполняемых задач при вводе и/или выводе в них допустимых и недопустимых значений, к их общему числу в графическом пользовательском интерфейсе СПО, а также привести результаты её использования в ходе проведения государственных испытаний автоматизированного комплекса помех сотовой и транкинговой системам подвижной радиосвязи.

В основу методики положены существующие подходы к тестированию программного обеспечения, рассматриваемые в работах Б. Бейзера [1], С. Орлова [2] и К. Канера [3].

## 2. МЕТОДИКА

В рассматриваемой методике значения показателей правильности и устойчивости к ошибкам определяются следующим образом.

Показатель правильности СПО  $Z_{\text{прав}}$  определяется как:

$$Z_{\text{прав}} = \frac{N_{\text{общ\_доп}} - N_{\text{неудач\_доп}}}{N_{\text{общ\_доп}}}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{неудач\_доп}}$  — количество ориентированных на допустимые домены тестовых вариантов, которые привели испытываемое СПО к отказу. При этом под доменом в данном контексте понимается подпространство значений, соответствующее одному или нескольким схожим по выполняемым задачам элементам графического пользовательского интерфейса (ГПИ) СПО, в которых осуществляется ввод/вывод численных, строковых, логических или иных данных, при обработке которого в СПО задействуется один и тот же набор операторов программного кода и связей между ними. Домены могут быть двух видов: с допустимыми (ожидаемыми) значениями (допустимые домены) и с значениями, при вводе/выводе которых СПО должно уведомить человека-оператора о некорректности (невозможности) ввода/вывода (недопустимые домены).

$N_{\text{общ\_доп}}$  — общее количество ориентированных на допустимые домены тестовых вариантов ( $N_{\text{общ\_доп}} > 0$ ).

Показатель устойчивости к ошибкам СПО  $Z_{\text{уст}}$  определяется как:

$$Z_{\text{уст}} = \frac{N_{\text{общ\_недоп}} - N_{\text{неудач\_недоп}}}{N_{\text{общ\_недоп}}}, \quad (2)$$

где  $N_{\text{неудач\_недоп}}$  — количество ориентированных на недопустимые домены тестовых вариантов, которые привели испытываемое СПО к отказу;  $N_{\text{общ\_недоп}}$  — общее количество ориентированных на недопустимые домены тестовых вариантов ( $N_{\text{общ\_недоп}} > 0$ ).

Из (1) и (2) видно, что значение  $Z_{\text{прав}}$  определяет вероятность безотказного функционирования СПО согласно алгоритмам выполняемых задач при вводе/выводе в соответствующие элементы ГПИ СПО допустимых значений, а  $Z_{\text{уст}}$  — аналогичную вероятность при вводе/выводе недопустимых значений.

Методика оценки правильности и устойчивости к ошибкам СПО АС ВН включает пять этапов. В качестве исходных данных, используемых для демонстрации выполняемых на этапах рассматриваемой методики действий, используются элементы СПО автоматизированного комплекса помех сотовой и транкинговой системам подвижной радиосвязи.

### ЭТАП I. ПОИСК ОБЪЕКТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ

Поиск объектов тестирования заключается в следующей последовательности действий.

Шаг 1. Определяется точка входа. Точкой входа является любое окно, появившееся после нажатия соответствующей программной кнопки (рисунок 1). При первом прохождении данного шага определяется главная точка входа — окно ГПИ СПО, отображаемое сразу после его запуска.

Шаг 2. Для точки входа находятся все элементы ГПИ, в которых осуществляется ввод/вывод данных и проверка их соответствия требованиям СПО, задание системы граничных численных неравенств, а также сложная численная обработка с большим количеством логических условий.

Шаг 3. Найденные элементы ГПИ заносятся в спецификацию, форма которой представлена в таблице 1.

Все следующие за главной точкой входа окна СПО рассматриваются как точки входа более низкого уровня, для которых необходимо определить соответствующие элементы ГПИ СПО. Шаги 1 — 3 итеративно повторяются до тех пор, пока не будет исследован весь ГПИ СПО.

### ЭТАП II. ФОРМИРОВАНИЕ ДОМЕНОВ

Для найденных программных элементов определяются допустимые и недопустимые домены. Способ определения принадлежности

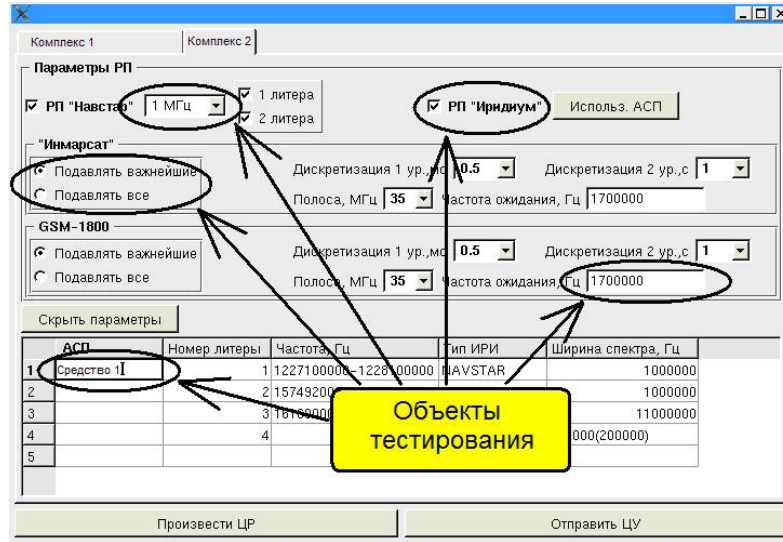


Рис. 1. Окно ГПИ СПО (точка входа)

входной переменной домену определяется в разрабатываемом исполнителем и утверждаемом заказчиком программном документе «Постановка задачи».

Домены формируются по следующим правилам:

а) если условие ввода задает диапазон численных значений  $n .. m$ , то определяются один допустимый и три недопустимых домена (рисунок 2):

- Доп =  $\{n .. m\}$  — допустимый домен;
- Недоп\_1 =  $\{x \mid \forall x : x < n\}$  — первый недопустимый домен;
- Недоп\_2 =  $\{y \mid \forall y : y > m\}$  — второй недопустимый домен;
- Недоп\_3 =  $\{z \mid z \text{ — строка символов}\}$  — третий недопустимый домен;



Рис. 2

б) если условие ввода задает конкретное численное значение  $a$ , то определяется один допустимый и три недопустимых домена (рис. 3):

- Доп =  $\{a\}$ ;
- Недоп\_1 =  $\{x \mid \forall x : x < a\}$ ;
- Недоп\_2 =  $\{y \mid \forall y : y > a\}$ ;
- Недоп\_3 =  $\{z \mid z \text{ — строка символов}\}$ ;

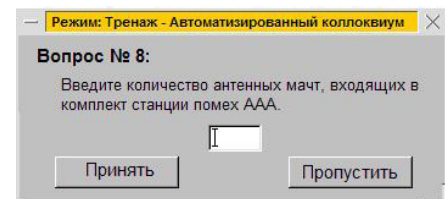


Рис. 3

в) если условие ввода задает множество численных значений  $\{a, b, c\}$ , то определяются один допустимый и два недопустимых домена (рис. 4):

- Доп =  $\{a, b, c\}$ ;
- Недоп\_1 =  $\{x \mid \forall x : (x \neq a) \& (x \neq b) \& (x \neq c)\}$ ;
- Недоп\_2 =  $\{y \mid y \text{ — строка символов}\}$ ;

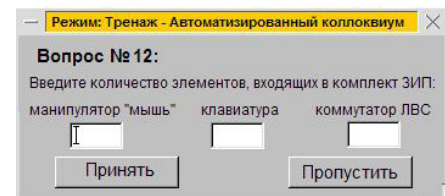


Рис. 4

г) если условие ввода задает однозначный или многозначный выбор из нескольких альтернатив  $\{a, b, c\}$ , то определяется только допустимый домен (рисунок 5):

$$\text{Доп} = \{x \mid \forall x : (x = a) \wedge (x = b) \wedge (x = c)\};$$

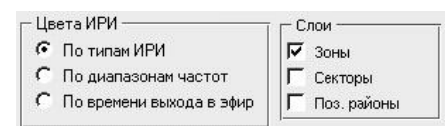


Рис. 5

д) если поле ввода предполагает введение строкового значения с количеством символов  $n \dots m$ , то определяются один допустимый и два недопустимых домена (рисунок 6):

- Доп =  $\{n \dots m\}$ ;
- Недоп\_1 =  $\{x \mid \forall x : x < n\}$ ;
- Недоп\_2 =  $\{y \mid \forall y : y > m\}$ ;

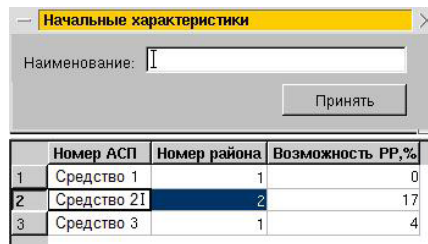


Рис. 6

е) если какое-либо действие с использованием ГПИ СПО можно выполнить  $m$  раз, то определяются один допустимый и один недопустимый домен (рисунок 7):

- Доп =  $\{1 \dots m\}$ ;
- Недоп =  $\{x \mid \forall x : x > m\}$ .

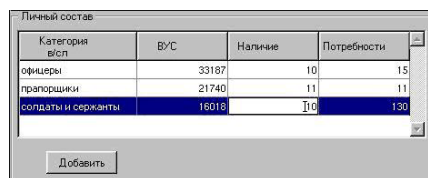


Рис. 7

Таблица 1

Форма учета разработанных тестовых вариантов для испытаний правильности и устойчивости к ошибкам СПО АС ВН

Наименование элемента ввода и путь к нему	Область использования вводимых данных	Домены	Входные значения	Предполагаемая реакция системы	Результат теста	Итог сравнения
14. Наименования создаваемой оперативно-тактической обстановки. Отображение главной формы >> Нажатие на кнопку меню «Обстановка» >>> Отображение элементов меню >> Нажатие на кнопку меню «Новая» >> Отображение окна ввода начальных характеристик.	Актуализация базы данных	Доп_1: (0,100] символов	5 1 100	Запись в БД Запись в БД Запись в БД	Запись в БД Запись в БД Запись в БД	+ + +
		Недоп_1: {0} символов;  Недоп_2: (100,+∞) символов	0  101	Сообщение об ошибке  Запись в БД первых 100 символов	Запись в БД  Запись в БД первых 100 символов	-  +
23. Ввод частоты для пеленгатора. Отображение главной формы >> Нажатие на кнопку «Пеленгатор» >> Отображение информационного окна «Пеленгатор»	Перестройка пеленгатора на указанную частоту	Доп_1 [0,2*10 <sup>6</sup> ];	0  100300  2*10 <sup>6</sup>	Перестройка пеленгатора Перестройка пеленгатора Перестройка пеленгатора	Перестройка пеленгатора Перестройка пеленгатора Перестройка пеленгатора	+ + +
		Недоп_1 (-∞,0);	-1	Сообщение об ошибке	Пеленгатор не перестраивается, но СОО нет	-
		Недоп_2 (2*10 <sup>6</sup> ,+∞)	2*10 <sup>6</sup> +1	Сообщение об ошибке	Пеленгатор не перестраивается, но СОО нет	-
		Недоп_3 {буквы}	«йцук»	Сообщение об ошибке	Пеленгатор не перестраивается, но СОО нет	-

Перечень элементов ввода данных испытуемого СПО АС ВН с указанием допустимых и недопустимых доменов заносится в форму учета разработанных тестовых вариантов (таблица 1).

### ЭТАП III. РАЗРАБОТКА ТЕСТОВЫХ ВАРИАНТОВ

Далее разрабатываются тестовые варианты согласно следующим правилам:

а) если условие ввода задает диапазон численных значений  $n \dots m$ , то тестовые варианты должны быть построены:

- для значения, лежащего внутри диапазона;
- для значений  $n$  и  $m$ ;
- для значений левее  $n$  и правее  $m$  на числовой оси;
- для строки произвольных символов;

б) если условие ввода задает дискретное множество численных значений, то создаются тестовые варианты:

- для значения, лежащего внутри заданного дискретного множества;
- для проверки минимального и максимального из значений;
- для значений меньше минимума и больше максимума;
- для строки произвольных символов;

Для логического элемента ввода разрабатываются соответственно 2 тестовых варианта.

Для элементов однозначного и многозначного выбора из нескольких альтернатив определяется столько допустимых доменов, сколько имеется альтернатив выбора.

в) правила а) и б) применяются к условиям области вывода. Например, в программе требуется вывести таблицу значений. Количество строк и столбцов в таблице меняется. Задается тестовый вариант для среднего (по объему таблицы), минимального вывода, а также для максимального вывода. При этом если внутренние структуры данных программы имеют предписанные границы, то разрабатываются тестовые варианты, проверяющие эти структуры внутри этих границ и на границах;

г) если входные или выходные данные программы являются упорядоченными множествами (например, последовательным файлом, линейным списком, таблицей), то необходимо тестировать обработку первого и последнего элементов этих множеств, а также элементы,

лежащие между граничными значениями заданных множеств;

д) если поле ввода предполагает введение строкового значения с количеством символов  $n \dots m$ , то создаются тестовые варианты:

- для строкового значения с  $n$  символами;
- для строкового значения с  $m$  символами;
- для строковых значений, количество символов в которых меньше  $n$  и больше  $m$ ;

е) если поле ввода предполагает введение комплексного числового значения (например, времени, даты), то тестовые варианты определяются отдельно для каждого его элемента согласно правилу б), при условии, что остальные элементы комплексного численного значения принадлежат допустимым доменам.

ж) если какое-либо однородное действие с использованием текущей точки входа можно выполнить  $m$  раз, то тестовые варианты определяются следующим образом:

- попытка выполнить действие один раз;
- попытка выполнить действие  $m$  раз;
- попытка выполнить действие более  $m$  раз.

Для каждого разработанного тестового варианта определяется предполагаемый результат, который заносится в форму учета разработанных тестовых вариантов (таблица 1).

### ЭТАП IV. ВЫПОЛНЕНИЕ ТЕСТОВЫХ ВАРИАНТОВ

После этого тестовые варианты выполняются, и результаты сравнения их отработки с предполагаемыми результатами заносятся в таблицу 1.

### ЭТАП V. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРАВИЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К ОШИБКАМ СПО

На этом этапе определяется количество ориентированных на допустимые и недопустимые домены тестовых вариантов  $N_{\text{неудач\_доп}}$  и  $N_{\text{неудач\_недоп}}$ , которые привели испытуемое СПО к отказу, а также общее количество ориентированных на допустимые и недопустимые домены тестовых вариантов  $N_{\text{общ\_доп}}$  и  $N_{\text{общ\_недоп}}$ .

На основании полученных метрик ( $N_{\text{неудач\_доп}}$ ,  $N_{\text{неудач\_недоп}}$ ,  $N_{\text{общ\_доп}}$ ,  $N_{\text{общ\_недоп}}$ ) по формулам (1) и (2) вычисляются показатели правильности и устойчивости к ошибкам СПО АС ВН.

Для испытуемого СПО автоматизированного комплекса помех сотовой и транковой системам подвижной радиосвязи они составили:

$$Z_{\text{прав}} = \frac{N_{\text{общ\_доп}} - N_{\text{неудач\_доп}}}{N_{\text{общ\_доп}}} = \frac{321 - 24}{321} \approx 0,92;$$

$$Z_{\text{уст}} = \frac{N_{\text{общ\_недоп}} - N_{\text{неудач\_недоп}}}{N_{\text{общ\_недоп}}} = \frac{433 - 218}{433} \approx 0,49.$$

Таким образом, разработана новая методика оценки правильности и устойчивости к ошибкам СПО АС ВН, впервые позволяющая получить численные значения показателей правильности и устойчивости к ошибкам с учетом статистических данных элементов графического пользовательского интерфейса, осуществляющих ввод/вывод данных и функционирующих в соответствии с алгоритмами выполняемых задач при введении в них допустимых и недопустимых значений. Рассмотрены результаты ее практического применения при проведении ГИ автоматизированного комплекса помех со-

товой и транкинговой системам подвижной радиосвязи, для которого численное значение показателя правильности СПО составило 0,92, а устойчивости к ошибкам — 0,49.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бейзер Б. Тестирование черного ящика. Технологии функционального тестирования программного обеспечения и систем. — СПб.: Питер, 2004. — 318 с.
2. Орлов С.А. Технологии разработки программного обеспечения. — СПб.: Питер, 2004. — 527 с.
3. Канер С., Фолк Дж., Нгуен Е. Тестирование программного обеспечения. — Киев: Издательство DiaSoft, 2001. — 554 с.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93. Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению. — М.: Госстандарт России, 1993.

*Статья принята к опубликованию  
25 декабря 2006 г.*