

УДК 004.052

doi: 10.26102/2310-6018/2018.23.4.025

А.В. Поначугин  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СТРУКТУРЕ СОВРЕМЕННОЙ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

*Нижегородский государственный педагогический университет  
им. К. Минина (Мининский университет),  
Нижний Новгород, Россия*

*Предметом исследования является применение современных подходов для определения, направленных на повышение надежности программного обеспечения мер безопасности и качества информационной системы. Объектом исследования являются модели определения надёжности программного обеспечения. Автор подробно рассматривает такие аспекты темы как: использование функционального подхода к изучению надежности программной составляющей, складывающейся из совокупного достижения надежности каждого функционального блока; использование системного подхода в части исследования надёжности программного обеспечения в структуре информационной системы. Особое внимание уделяется сопоставлению существующих моделей и способов определения надёжности. Выделены методы повышения качества и надёжности конечного результата разработки программного обеспечения с учетом выделения функциональных блоков. Основные выводы проведенного исследования: использование системного подхода дает возможность выявить качества, вытекающие из взаимных связей между составляющими элементами программы, которые определяют современные способы повышения надежности программных продуктов. В работе автором предложено адаптировать главные системные принципы повышения надежности программного обеспечения, доказывається положительный эффект от их внедрения. Новизна исследования заключается в совместном использовании функционального и системного подходов с целью выявления способов роста качества и надежности, что позволяет учитывать особенности внутри структурных элементов программы и их взаимодействие.*

**Ключевые слова:** автотестирование, надежность, программное обеспечение, системный подход, функциональный подход, функциональный блок.

### **Введение**

В эпоху интенсивной информатизации общества компьютер становится неотъемлемой частью жизни современного человека [1].

В информационном обществе, ориентированном на инновации, быстрое внедрение технологических новинок, обмен данными осуществляется посредством сети интернет, различных социальных медиа и различных информационных ресурсов [2].

Современные информационные технологии уверенно входят во все сферы человеческой деятельности, например, такие как медицина, атомная

энергетика, военная промышленность. В таких областях даже минимальное отклонение в процессе функционирования программного обеспечения (ПО) приводит к большим финансовым потерям, а иногда - к человеческим жертвам. Поэтому при вводе в эксплуатацию и при внесении значительных изменений в разработанную информационную систему (ИС) должно использоваться надежное ПО. Показатель надежности — это важнейшая характеристика качества ПО (межгосударственный стандарт ГОСТ 28195-99 «Оценка качества программных средств», дата введения 01.03.2000) [3].

### **Материалы и методы**

С ростом вычислительной мощности и развитием алгоритмических языков стало возможным разработать автономную и практически необслуживаемую ИС. Такие решения чаще всего используются во встроенных ИС управления, потребительские качества которых во многом определяются ПО.

Используемые методы и технологии часто не гарантируют должный уровень надежности, отказоустойчивости и безопасности ИС. Обозначим причины данной ситуации [4]:

- зависимость от имеющегося опыта и существующих наработок конкретного разработчика ПО;
- миграция на новые программно-аппаратные системы;
- отсутствие понимания между специалистами непосредственно использующими ИС, разработчиками, программистами;
- необходимость актуализации большого объема технической документации вместе с ПО;
- разнородные требования к создаваемому ПО.

В сложившейся ситуации важно определить перечень показателей, выделить и построить математические модели, которые являются основой для проведения оценки надежности ПО. Для количественной оценки применяется модель надежности и математическая модель, базирующиеся на оценки зависимости надежности от вперед известных или заданных в ходе исполнения параметров. К данным моделям относятся эмпирические и аналитические.

Эмпирические модели строятся на анализе полученных данных о процессе функционировании ранее созданного ПО. Наиболее часто используемая, особенно в середине 90-х, эмпирическая модель устанавливает количество ошибок в ПО в объеме машинописных листов или в количестве операторов. Эмпирические данные свидетельствуют о том, что на начальном этапе альфа тестирования ПО, на каждые 100

операторов имеется 1 ошибка [5].

В современных условиях уровень надежности ПО считается допустимым для ввода ИС в эксплуатацию, если на 1000 операторов будет приходиться одна ошибка [6].

Также количество найденных ошибок зависит от времени эксплуатации ПО, что неразрывно связано с этапами жизненного цикла (Рисунок 1).

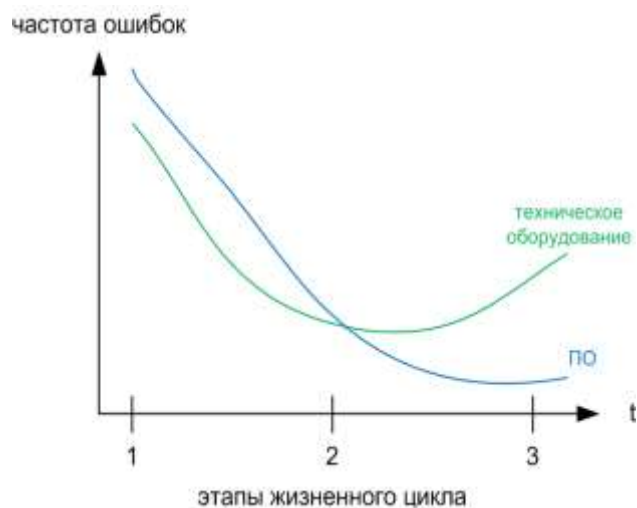


Рисунок 1 - Зависимость выявления ошибок в процессе эксплуатации ПО от этапа жизненного цикла (1 – проектирование, 2 – изготовление, 3 – эксплуатация)

Аналитические модели определения надёжности ПО делятся на статические и динамические. Среди динамических существуют непрерывные и дискретные.

Функционирование ПО при применении непрерывно динамической модели представляется содержанием упорядоченных состояний, в которых переход от одного состояния к другому происходит при возникновении отказа, после которого также идет процесс восстановления [7].

Дискретные модели предполагают проведение изначального тестирования ПО системы в несколько шагов. В случае возникновения отказа производят поиск ошибок, которые стали причиной отказа, после чего ошибки исправляются.

В статических моделях (Миллса, Нельсона Коркорэна) в отличие от динамических не берётся во внимание время возникновения ошибок.

Проблема методологии надёжности носит комплексный характер и не сводится только к выявлению существующих проблем на этапе тестирования и получила широкое рассмотрение в научной литературе, так в работе [7] проведен детальный анализ современного теоретического

и практического положения обеспечения надежности ИС управления в части, касающейся ПО. Тестирование ПО не предоставляет нужных гарантий надежности и качества в принципе, эта проблема рассматривалась еще маститыми программистами. Большинство существующих методов основаны на оценке надежности созданной программы в целом. При этом надежность ПО в целом состоит из надежности его частей.

Оценку надежности ПО можно определить по следующей формуле [8]:

$$N = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i$$

где  $n$  – количество выделенных функциональных блоков  $i=1$  в программе,

$N_i$  – значение надежности функционирования  $i$ -ого блока,

$N$  – интегральное значение надежности ПО.

В таком случае оценка  $N_i$  должна производиться с учетом вероятностей возникновения каждого выделенного вида отказа в блоке:

$$N_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} p_j^i$$

где  $i=1, \dots, n$ ,

$m_i$  – количество возможных отказов в  $i$ -ом блоке,

$p_j^i$  –  $m_i$   $j=1$  вероятность возникновения  $j$ -ого вида отказа в  $i$ -ом блоке.

Рассмотрим аспект повышения надежности ПО с учетом основных системных принципов.

Надёжность ПО необходимо рассматривать как интегративное понятие, включающее:

- формальный алгоритм функционирования ИС;
- подтверждающие корректность алгоритма аргументы;
- неизменность алгоритма при различных моделях возмущений;
- аппаратные методы исполнения алгоритма управления в определенном устройстве;
- контроль за функционированием ИС путем применения программно-аппаратных методов;
- гарантия устойчивости воспроизведения параметров, определяющих качество и надёжность ИС при массовом изготовлении.

## Результаты

В современных условиях возможным методом повышения качества тестирования ПО являются встроенные в ИС аппаратные или программные средства автотестирования, позволяющие выявлять недостатки как на начальном этапе работы, так и на стадии выполнения [9].

В современных компьютерных системах имеется возможность реализации процедуры автотестирования автономно и запуска ее перед инициализацией ИС как части стартовых операций. Пример реализации процедуры автотестирования для CPU семейства PIC16/17 рассмотрен в работе А.М. Астапкович «Об одном подходе к надежности программного обеспечения встроенных систем управления» [10]. Не смотря на видимую простоту, при проектировании алгоритмов автотестирования возникает проблемы на этапе их практической реализации. Так как исполнение процедуры автотестирования происходит с использованием ядра CPU, то возникает вопрос о корректности конкретной реализации данной функции ИС, а также о контроле корректности выполнения процедуры автотестирования. Инженерный подход к вопросу автотестирования ведет к вероятным решениям, которые можно сформулировать следующим образом:

- ИС не тестируется в принципе;
- используются внешние тестирующие системы.

Способы реализации внешних тестирующих систем могут значительно различаться в зависимости от требований, предъявляемых к надёжности и финансового обеспечения проектирования: от схем использующих зеркалирование до сторожевых таймеров на аналогичных CPU [11].

Из этого следует, что базовым принципом к повышению надежности ИС управления необходимо считать использование программно-аппаратных решений, то есть применение реализованных на дискретных элементах или на CPU внешних тестирующих цепей.

Возможно также введение специализированных тестирующих блоков в саму архитектуру CPU.

Важным аспектом надежности ПО является их непосредственная техническая реализация, применяемая при производстве ИС управления.

Широкое разнообразие CPU и их семейства при возросшем темпе обновления номенклатуры выпускаемых изделий предполагает рассмотрение процесса разработки ПО как сложной, но все-таки технологической операции.

Качество ПО задается на этапе логического проектирования алгоритма функционирования ИС управления.

Учитывая, что в процессе разработки ПО подвергается целому списку комбинированных внешних воздействий, требуется финальное тестирование ИС в целом. В настоящее время достаточно остро стоит вопрос о разработки методологии ускоренных тестов ИС [12].

### **Обсуждение**

По результатам комплексного мониторинга отечественного и зарубежного опыта, современных достижений в области разработки и проектирования ИС можно выделить методы улучшения качества и надежности ПО:

- модернизация процессов проектирования ПО - укрепление качества путем применения современных методик, языков программирования и инструментов, повышающих производительности;
- разработка методики для определенной, конкретной спецификации критериев, требуемых к ПО;
- всесторонняя автоматизация тестирования ПО по разным параметрам;
- автоматическое генерирование фрагментов кода на языках высокого уровня, соответствующих спецификации;
- формальные методы верификации качеств ПО в целом и его частей;
- применение проверки моделей;
- создание кроссплатформенных библиотек и ПО;
- применение визуальных представлений, которые понятны пользователю на уровне интуиции;
- уменьшение зависимости от конкретного разработчика и его опыта, переход на открытое ПО.

Внедрение указанных мер на предприятиях возможно за счет создания и использования методик спецификации, проектирования, разработки, внедрения и верификации ПО. Такому ПО необходима поддержка специальными программными инструментами на системном уровне.

### Заключение

В ходе анализа можно сделать вывод, что выделенные методы повышения качества и надёжности конечного результата разработки программного обеспечения с учетом выделения функциональных блоков будут способствовать достижению следующих целей:

- гарантированные показатели надежности, безопасности и качества ПО;
- сокращение сроков, трудоемкости и стоимости разработки ПО.

Также следует отметить, что надежность ПО автоматизированной ИС управления является результатом многих факторов - алгоритмических, производственных, схмотехнических и поэтому требует всестороннего тестирования на этапе ввода ИС в эксплуатацию, а также учета взаимодействия аппаратной части ПО в условиях эксплуатации, приближенным к реальным.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гришина А.В., Волкова Е.Н. Увлеченность компьютерными играми как предиктор подросткового буллинга // Вестник Мининского университета. 2017. № 4. С.8. DOI: 10.26795/2307-1281-2017-4-11.
2. Сирьянто Тулус, Бондаренко В.А., Казначеева С.Н. Вопросы развития социальной компетентности педагога на основе медиаобразования (на примере Индонезии) // Вестник Мининского университета. 2018. Т. 6, № 3. С.4. DOI: 10.26795/2307-1281-2018-6-3-4.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 28195-99 «Оценка качества программных средств», дата введения 01.03.2000 [Электронный ресурс]. URL: [http://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=1016328#pos=0;0](http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1016328#pos=0;0) (дата обращения: 24.12.2018).
4. Воскобойников А.Э. Системные исследования: базовые понятия, принципы и методология // Знание. Понимание. Умение. - 2013. - № 6 [Электронный ресурс]. URL: [zpu-journal.ru/e-zpu/2013/6/Voskoboinikov\\_Systems-Research](http://zpu-journal.ru/e-zpu/2013/6/Voskoboinikov_Systems-Research) (дата обращения: 30.11.2018).
5. Чернов А.В, Паращенко И.Г. Классификация моделей надежности программного обеспечения // Инженерный вестник Дона. - 2012. - № 4. Ч.2 [Электронный ресурс]. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1319](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1319) (дата обращения: 01.12.2018).

6. Надежность оперативного персонала [Электронный ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/4348984/page:12/> (дата обращения: 24.12.2018).
7. Астапкович А.М., Востриков А.А. Обеспечение надежности микропроцессорных систем управления программно-аппаратными методами (часть 1). – Springer, 2000. – С. 26-33 [Электронный ресурс]. URL: <http://ask-lab.com/assets/files/articles/obespechenie-nadezhnosti-ms-sistem-1.pdf> (дата обращения: 28.10.2018).
8. Степович-Цветкова Г.С. Функциональный подход к надежности компьютерных программ // Перспективы развития науки и образования. – М.: «АР-Консалт», 2013. – С. 154-155.
9. Тюгашев А.А., Ильин И.А., Ермаков И.Е. Пути повышения надежности и качества программного обеспечения в космической отрасли // Управление большими системами. Сборник трудов. Инс-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. - 2012. - № 39. - С. 288-299.
10. Астапкович А.М. Об одном подходе к надежности программного обеспечения встроенных систем управления. В кн.: Информационно-управляющие системы и сети. Структуры. Моделирование. Алгоритмы / Под общ. ред. Сергеева М.Б. СПб: Политехника, 1999. - С. 224-244.
11. Степович-Цветкова Г.С. Применение системных принципов в управлении качеством программных продуктов // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3 [Электронный ресурс]. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3207](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3207) (дата обращения: 01.12.2018).
12. Штарик А.В. Методы оценки надежности программного обеспечения // Молодёжь и наука: Сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 50-летию первого полета человека в космос — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011 [Электронный ресурс]. URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/section03.html> (дата обращения: 28.10.2018).

A.V. Ponachugin

**DETERMINATION OF RELIABILITY OF THE SOFTWARE IN  
STRUCTURE OF THE MODERN INFORMATION SYSTEM**

*Nizhny Novgorod state pedagogical university of K. Minin (Mininsky  
university), Nizhny Novgorod, Russia*

*The subject of the study is the use of modern approaches to determine aimed at improving the reliability of software security measures and the quality of the information system. The object of the study is the model of determining the reliability of the software. The*



*author considers in detail such aspects of the topic as: the use of a functional approach to the study of the reliability of the software component, which consists of the total achievement of the reliability of each functional unit; the use of a systematic approach to the study of software reliability in the structure of the information system. Particular attention is paid to the comparison of existing models and methods for determining reliability. The methods of improving the quality and reliability of the final result of software development, taking into account the allocation of functional blocks. The main conclusions of the study: the use of a systematic approach makes it possible to identify the qualities arising from the mutual relations between the components of the program, which determine modern ways to improve the reliability of software products. The author proposes to adapt the main system principles to improve the reliability of the software, proves the positive effect of their implementation. The novelty of the study lies in the joint use of functional and systemic approaches to identify ways to increase quality and reliability, which allows to take into account the features within the structural elements of the program and their interaction.*

**Keyword:** autotesting, reliability, software, system approach, functional approach, functional unit.

## REFERENCES

1. Grishina A.V., Volkova E.N. Uvlechennost' komp'yuternymi igrami kak prediktor podrostkovogo bullinga // Vestnik Mininskogo universiteta. 2017. № 4. S.8. DOI: 10.26795/2307-1281-2017-4-11.
2. Sir'yanto Tulus, Bondarenko V.A., Kaznacheeva S.N. Voprosy razvitiya social'noj kompetentnosti pedagoga na osnove mediaobrazovaniya (na primere Indonezii) // Vestnik Mininskogo universiteta. 2018. T. 6, № 3. S.4. DOI: 10.26795/2307-1281-2018-6-3-4.
3. Mezhsudarstvennyj standart GOST 28195-99 «Ocenka kachestva programmnyh sredstv», data vvedeniya 01.03.2000 [Elektronnyj resurs]. URL: [http://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=1016328#pos=0;0](http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1016328#pos=0;0) (data obrashcheniya: 24.12.2018).
4. Voskobochnikov A.Eh. Sistemnye issledovaniya: bazovye ponyatiya, principy i metodologiya // Znanie. Ponimanie. Umenie. - 2013. - № 6 [Elektronnyj resurs]. URL: [zpu-journal.ru/e-zpu/2013/6/Voskoboinikov\\_Systems-Research](http://zpu-journal.ru/e-zpu/2013/6/Voskoboinikov_Systems-Research) (data obrashcheniya: 30.11.2018).
5. Chernov A.V, Parashchenko I.G. Klassifikaciya modelej nadezhnosti programmogo obespecheniya // Inzhenernyj vestnik Dona. - 2012. - № 4. CH.2 [Elektronnyj resurs]. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1319](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1319) (data obrashcheniya: 01.09.2016).

6. Nadezhnost' operativnogo personala [Elektronnyj resurs]. URL: <https://studfiles.net/preview/4348984/page:12/> (data obrashcheniya: 24.12.2018).
7. Astapkovich A.M., Vostrikov A.A. Obespechenie nadezhnosti mikroprocessornyh sistem upravleniya programmno-apparatnymi metodami (chast' 1). – Springer, 2000. – С. 26-33 [Elektronnyj resurs]. URL: <http://ask-lab.com/assets/files/articles/obespechenie-nadezhnosti-ms-sistem-1.pdf> (data obrashcheniya: 28.10.2018).
8. Stepovich-Cvetkova G.S. Funkcional'nyj podhod k nadezhnosti komp'yuternyh programm // Perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya. – М.: «AR-Konsalt», 2013. – С. 154-155.
9. Tyugashev A.A., Il'in I. A., Ermakov I.E. Puti povysheniya nadezhnosti i kachestva programmogo obespecheniya v kosmicheskoy otrasli //Upravlenie bol'shimi sistemami. Sbornik trudov. Ins-t problem upravleniya im. V.A.Trapeznikova RAN. - 2012. - № 39. - s. 288-299.
10. Astapkovich A.M. Ob odnom podhode k nadezhnosti programmogo obespecheniya vstroennyh sistem upravleniya. V kn.: Informacionno-upravlyayushchie sistemy i seti. Struktury. Modelirovanie. Algoritmy / Pod obshch. red. Sergeeva M.B. SPb: Politehnika, 1999. - S. 224-244.
11. Stepovich-Cvetkova G.S. Primenenie sistemnyh principov v upravlenii kachestvom programmnyh produktov // Inzhenernyj vestnik Dona. – 2015. – № 3 [Elektronnyj resurs]. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3207](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3207) (data obrashcheniya: 01.12.2018).
12. Shtarik, A.V. Metody ocenki nadezhnosti programmogo obespecheniya // Molodyozh' i nauka: Sbornik materialov VII Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchyonyh, posvyashchennoj 50-letiyu pervogo poleta cheloveka v kosmos — Krasnoyarsk: Sibirskij federal'nyj un-t, 2011 [Elektronnyj resurs]. URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/section03.html> (data obrashcheniya: 28.10.2018).