

УДК 004.9-027.45

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЁЖНОСТИ ПЛАНИРУЕМЫХ К РАЗРАБОТКЕ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ



Ван Там Лэ
Ассистент-исследователь
Ханойского технологического института, Вьетнам,
магистр техники и технологии
luct.tle94@gmail.com



С.М. Боровиков
Доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем
БГУИР, кандидат технических наук,
доцент
bsm@bsuir.by



С.С. Дик
Проект-менеджер
компании «Itransition»,
магистр техники и технологии
sdick@bsuir.by



А.В. Будник
декан факультета инженеринга и технологий БГАС,
кандидат технических наук,
доцент
A.Budnik@bsac.by

Ван Там Лэ

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов: информационные технологии; исследование, разработка и технология изготовления интегральных схем; исследования и разработка технологии изготовления магнитомягких материалов и оптического стекла.

С.М. Боровиков

Окончил Минский радиотехнический институт. Основная область научных интересов – прикладные математические методы в проектировании изделий радиоэлектроники, включая алгоритмы статистического прогнозирования надёжности изделий электронной техники и оценку надёжности прикладного программного обеспечения на ранних этапах его разработки.

С.С. Дик

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (2016 г.), и аспирантуру при этом университете (2020 г.). Работает в компании «Itransition» в должности проект-менеджера, занимается разработкой и внедрением программного обеспечения в различные сферы деятельности людей.

А.В. Будник

Окончил Минский радиотехнический институт. Основные направления научной деятельности – микроэлектроника, защита информации в технических системах.

Аннотация. Систематизированы результаты исследований по оценке надёжности разрабатываемых компьютерных программ, предназначенных для использования в различных сферах деятельности людей.

Приводятся рекомендации по оценке и обеспечению эксплуатационной надёжности планируемых к разработке прикладных компьютерных программ для сложных информационных систем, в том числе используемых для обработки больших данных.

Ключевые слова: информационные системы, прикладные компьютерные программы, обеспечение надёжности, тестирование.

Введение.

Важной задачей технологии обработки больших данных (Big Data) является получение аналитических отчётов и принятие на их основе прогнозных решений, которые будут приняты во внимание и использованы компаниями и организациями в своей деятельности. В деятельности компаний

и организаций по изготовлению продукции, оказанию коммерческих, образовательных, медицинских и др. услуг можно выделить важнейшую целевую переменную. В задачах прогнозирования с использованием больших данных целевая переменная может предсказываться на основе большого набора признаков, большая часть из которых может носить косвенный характер относительно процесса или объекта, к которому относится интересующая целевая переменная. Следует стремиться, чтобы набор признаков был достаточным для прогнозирования целевой переменной с требуемой достоверностью [1]. Результаты прогноза обеспечат оперативность принятия решения в определённой области деятельности людей. После выделения целевой функции и определения возможного набора признаков следует определиться с алгоритмами их обработки. Это непростая и очень важная задача. После решения этой задачи возникает очередная, не менее важная задача, состоящая в разработке программного средства по обработке данных. Основу программного средства составляет компьютерная программа. Для обеспечения эффективности обработки данных и получения интересующих прогнозных показателей необходимо, чтобы компьютерная программа отвечала заданным требованиям по её надёжности.

Актуальность.

По оценке специалистов [2, 3], в сложных информационных системах, к которым относятся компьютерные информационные системы, в том числе использующие большие данные (Big Data), вклад программного обеспечения в ненадёжность систем может составлять 40 и более процентов. Компьютерные программы, разрабатываемые для подобных информационных систем, могут содержать сотни тысяч, и даже миллионы строк кода. После написания программного кода и устранения явных ошибок, обусловленных нарушением грамматики языка программирования (синтаксических ошибок), программа характеризуется начальным уровнем надёжности, который обычно не отвечает требованиям пользователя. Особенностью компьютерных программ, используемых в технологиях Big Data, является высокая изменчивость исходных данных, причём некоторые из них могут носить неструктурированный характер. Этот факт накладывает дополнительные требования к надёжности компьютерных программ. Известны десятки моделей надёжности программных средств, разработанные ранее [4, 5], но вопрос о том, как количественно оценить надёжность компьютерных программ, остаётся в основном проблемным и нерешённым. Каждая организация, являющаяся разработчиком программного средства, или компания, заинтересованная в количественной оценке надёжности программного средства, фактически вынуждена решать проблему для себя заново, учитывая опыт и квалификацию своих программистов и тестировщиков, а также особенность проектируемой информационной системы, использующей большие объёмы сведений, в определённой степени являющимися неструктурированными данными.

Ограничением большинства разработанных ранее методов и моделей оценки надёжности прикладных компьютерных программ является то, что они предполагают наличие определённых данных о тестировании разрабатываемой компьютерной программы после устранения в ней явных ошибок, вызванных нарушениями правил языка программирования. В большинстве случаев заказчиков программного обеспечения для информационных систем интересует ожидаемый эксплуатационный уровень надёжности используемых прикладных компьютерных программ ещё до написания их программного кода и процесса тестирования. Поэтому актуальной является задача по определению прогнозного уровня эксплуатационной надёжности планируемых к разработке компьютерных программ, включая определение требуемого времени их тестирования. При этом следует помнить, что целью тестирования является не тотальное обнаружение всех ошибок, что принципиально невозможно для сложных компьютерных программ, а выявление наибольшего количества наиболее критичных ошибок с точки зрения выполнения компьютерной программой своих основных функций.

Рекомендации, по оценке эксплуатационной надёжности прикладных компьютерных программ.

На основе анализа ранее выполненных работ, результаты которых описаны в [6–17], в данной статье приводятся некоторые рекомендации, которые могут оказаться полезными для специалистов, занимающихся оценкой и обеспечением эксплуатационной надёжности планируемых к разработке прикладных компьютерных программ для информационных систем, в том числе и ориентированных на

обработку больших данных, характеризующихся значительной изменчивостью. Ниже приводятся основные рекомендации:

1. Важным этапом для планируемой к разработке компьютерной программы является прогнозная оценка количества строк программного кода, в англоязычном варианте – Line Of Code (LOC). Эта единица измерения, по мнению многих специалистов, позволяет установить соотношение с числом ошибок, оставшихся в компьютерной программе. В некоторых кругах специалистов по программированию число строк кода стало единственным приемлемым средством измерения объема компьютерных программ [2]. В случае затруднений в определении прогнозного значения LOC разрабатываемой компьютерной программы следует обратиться к документу [18].

2. В качестве основной характеристики безотказности выполнения программой своих функций, согласно [19], можно использовать вероятность того, что прикладная компьютерная программа безотказно выполнит обработку одного произвольного набора исходных данных из числа тех наборов, которые могут поступать в условиях функционирования компьютерной программы в составе информационной системы. Согласно работе [20] эту вероятность P_1 предлагается определять в предположении экспоненциального закона распределения времени проявления отказов при использовании компьютерной программы:

$$P_1 = \exp(-\lambda_{\text{экс}} \cdot t_1), \quad (1)$$

где $\lambda_{\text{экс}}$ – ожидаемая (прогнозируемая) интенсивность отказов компьютерной программы, размерность $1/\text{ч} = \text{ч}^{-1}$; t_1 – среднее время (в часах) обработки прикладной компьютерной программой одного набора исходных данных.

В формуле (1) в качестве времени t_1 следует рассматривать процессорное время обработки данных (без учёта времени ожидания).

Факторы, оказывающие наибольшее влияние на значение $\lambda_{\text{экс}}$ и, следовательно, вероятность P_1 :

- прогнозное число оставшихся в прикладной компьютерной программе скрытых ошибок и их размещение в структуре прикладной компьютерной программы;
- степень изменчивости потока наборов исходных данных на входе прикладной компьютерной программы;
- уровень нагрузки на прикладную компьютерную программу со стороны эксплуатационной среды (загрузка и выгрузка модулей прикладной компьютерной программы из памяти, нахождение операций ввода-вывода в очереди, наличие состояний ожидания и т.д.);

Что касается влияния быстродействия процессора компьютера, то на компьютерах с более высоким быстродействием процессора интенсивность проявления ошибок будет иметь большее значение. В то же время в этом случае процессорное время обработки данных будет меньше. В общем случае произведение $\lambda_{\text{экс}} \cdot t_1 = \text{const}$, т. е. быстродействие процессора компьютера фактически не влияет на значение вероятности, определяемой по формуле (1).

3. Важным вопросом является уточнение частоты обращения к прикладной компьютерной программе, т. е. среднего числа сеансов («прогонов») программы за один час в процессе функционирования информационной системы (обозначим эту величину через η). Тогда вероятность того, что оставшиеся ошибки в прикладной компьютерной программе не проявятся в течение заданного календарного времени τ , можно определить, используя выражение:

$$P(\tau) = (P_1)^{\eta \cdot \tau}. \quad (2)$$

Если проектное значение вероятности $P(\tau)$ не отвечает требованиям функционирования информационной системы, то следует увеличить проектное время тестирования прикладной компьютерной программы.

4. Для оценки прогнозной эксплуатационной интенсивности проявления скрытых ошибок прикладной компьютерной программы (обозначим через $\lambda_{\text{экс}}$) с учётом факторов, указанных в п. 2, приемлемо использование модели, приводимой в [13]:

$$\lambda_{\text{экс}}^{(i)} = \frac{60}{Q} K_{\Sigma}^{(i)} V_{\text{пик}} F_0^{(i)} L \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}, \quad (3)$$

где верхний индекс i указывает на то, что соответствующие характеристики относятся к прикладной компьютерной программе i -й области применения информационной системы.

Пояснение параметров модели (3) и величин, определяющих эти параметры, приводится в таблице 1.

Таблица 1. Пояснение параметров модели (3)

Обозначение параметра	Пояснение
Q	Коэффициент эффективности тестирования, показывающей во сколько раз уменьшается интенсивность отказов компьютерной программы после выполнения её тестирования ($\lambda_{\text{экс}}$) относительно начальной интенсивности отказов λ_0
K_{Σ}	Коэффициент увеличения интенсивности отказов из-за суммарного действия изменчивости входных данных и рабочей нагрузки на компьютерную программу со стороны факторов эксплуатационной среды (ввод данных, использование принтера, ожидание операций в очереди и т. д.)
$V_{\text{пик}}$	Пиковая скорость выполнения команд компьютерной программы (скорость для пикового быстродействия процессора R), определяемая отношением $V_{\text{пик}} = R/B$
R	Пиковое быстродействие процессора, указываемое в технической документации; размерность «операций в секунду»
B	Прогнозная оценка количества выполняемых процессором команд прикладной компьютерной программы при обработке экстремального потока данных
F_0 , ошибка/KLOC	Прогнозная начальная плотность ошибок в компьютерной программе, представляющая собой среднее число ошибок, приходящееся на тысячу строк программного кода (англоязычное сокращение KLOC)
L , KLOC	Прогнозное значение объёма компьютерной программы в KLOC
$F_0 \cdot L = N_0$	Прогнозное значение числа скрытых ошибок в компьютерной программе до выполнения её тестирования

5. Значение параметра F_0 и коэффициента K_{Σ} формулы (3) рекомендуется выбирать по модели RL-92-52 [5], которая с учётом [7–17] принимает вид:

$$F_0 = A \cdot K_{\text{орг}} \cdot K_{\text{кв.прог}} \cdot K_{\text{слож}} \cdot K_{\text{С.Р}} \cdot K_{\text{нов}} \cdot K_{\text{мод}} \cdot \quad (4)$$

В таблице 2 приводится пояснение параметров модели (4), их рекомендуемые значения, а также литературные источники выбора значений применительно к прикладным компьютерным программам, используемым в информационных системах технологий Big Data.

Таблица 2. Выбор параметров модели (4)

Обозначение параметра, размерность	Пояснение	Значение	Литературные источники выбора, примечание
A , ошибка / KLOC	Средняя или базовая плотность ошибок	$\geq 12,8$	$A = 12,8$; является максимальным экспериментальным значением [5, 7, 13]
$K_{орг}$	Коэффициент, характеризующий особенность организации, разрабатывающей компьютерную программу	0,5...2,0	[5, 16]
$K_{кв.прог}$	Коэффициент, учитывающий квалификацию и опыт программистов	0,7...2,0	[7, 13, 16]
$K_{слож}$	Коэффициент, учитывающий категорию сложности компьютерной программы	1,0...1,47	[7, 16]
$K_{с.р}$	Коэффициент, учитывающий используемые средства разработки компьютерной программы	0,19...1,3	[7, 13, 16]
$K_{нов}$	Коэффициент, учитывающий степень новизны компьютерной программы	0,63...1,58	[7, 16]
$K_{мод}$	Коэффициент, характеризующий степень использования стандартных модулей в компьютерной программе	0,55...1,0	[7, 13, 16]
K_{Σ}	Суммарный коэффициент увеличения интенсивности отказов, обусловленный совместным действием изменчивости входных данных и рабочей нагрузки на компьютерную программу	$\geq 19,2$	$K_{\Sigma} = 19,2$; является максимальным значением и соответствует автоматизированным системам управления [5, 13]
r , %	Средний процент времени «прогона» компьютерной программы при её тестировании в течение рабочей смены	2,5	[12]

6. Прогнозное количество исполняемых команд (обозначено через B) компьютерной программы, используемое для получения прогнозного значения параметра $V_{пик}$, подставляемого в формулу (3) можно находить, как:

$$B = L \cdot E_L \cdot E_{ц}, \quad (5)$$

где E_L – коэффициент расширения кода программы, который определяется языком программирования [16]; $E_{ц}$ – коэффициент увеличения числа выполняемых процессором команд за счёт наличия в программе циклов, условных переходов, ветвлений и других особенностей.

Согласно [21] может быть принято $E_L = 10$.

От достоверности прогнозного значения коэффициента $E_{ц}$ во многом зависит достоверность оценки параметра B и, следовательно, интенсивности отказов $\lambda_{экс}$. Значение $E_{ц}$ следует получать экспертным методом на основе рассмотрения характера возможных входных данных и анализа алгоритмов обработки этих данных с помощью разрабатываемой компьютерной программы с учётом наихудшего пути её выполнения. Под наихудшим здесь понимается такой путь (трасса процесса обработки данных), для которого количество выполняемых процессором команд прикладной компьютерной программы может принять экстремальное (максимальное) значение. Полученное методом экспертной оценки значение $E_{ц}$ рекомендуется увеличить на 25–30 процентов.

7. Оценив с использованием произведения (5) прогнозное количество команд B , выполняемое прикладной компьютерной программой за один прогон в экстремальном режиме, следует найти значение параметра $V_{пик}$ с учётом быстродействия используемого в компьютере процессора:

$$V_{\text{пик}} = \frac{R}{B},$$

где значение указанного в технической документации быстродействия процессора R следует подставлять в размерности операций в секунду.

Выбрав по таблице 1 значение коэффициента K_{Σ} , параметр A , а также значения всех коэффициентов формулы (4), следует по этой формуле определить начальное значение интенсивности отказов (λ_0) планируемой к разработке компьютерной программы. Для этого в формуле (4) необходимо параметр $\lambda_{\text{экс}}$ заменить на λ_0 и принять $Q = 1$.

8. Полученное в п. 7 значение интенсивности отказов λ_0 , как правило, не отвечает требованиям для информационной системы, поэтому потребуется процедура тестирования разрабатываемой компьютерной программы в течение определённого времени для обеспечения требуемого (заданного) значения коэффициента эффективности тестирования Q_3 , определяемого как

$$Q_3 = \frac{\lambda_{\text{экс}}^{(3)}}{\lambda_0},$$

где $\lambda_{\text{экс}}^{(3)}$ – заданная для проектируемой информационной системы эксплуатационная интенсивность отказов компьютерной программы (интенсивность проявления ошибок).

9. Предполагая, что для тестирования будут использоваться типовые методы и технологии тестирования [5, 22], и используя результаты работы [12], прогнозируемое процессорное время тестирования t можно определить по формуле

$$t \approx \frac{L E_L E_{\text{ц}} \ln(Q_3)}{60 K_{\Sigma} R}, \quad (6)$$

в которую пиковое быстродействие процессора R следует подставлять в размерности «млн операций / с», то есть, если $R = 500 \cdot 10^6$ операций / с, то в качестве R следует подставлять число 500.

Для быстрого определения влияния параметров модели (6) на значение процессорного времени тестирования t можно воспользоваться номограммой с двумя бинарными полями, показанной на рисунке 1 [15].

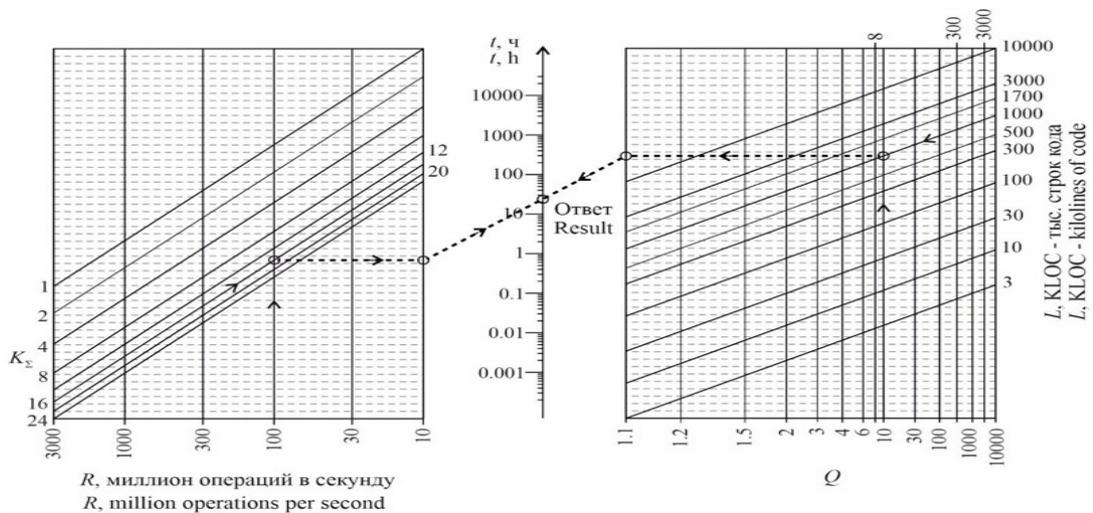


Рисунок 1. Номограмма определения времени тестирования прикладных компьютерных программ

На рисунке 1 показано применение номограммы для следующих значений параметров: $K_{\Sigma} = 16$; $R = 100$ млн операций / с; $L = 1000$ KLOC (1000 тыс. строк кода); $Q_3 = Q = 10$. Значение t , полученное по номограмме, примерно равно 23...25 ч и соответствует коэффициентам $E_L = 1$ и $E_{ц} = 1$. В случае использования приведённой номограммы полученное значение t необходимо умножить на произведение $E_L \cdot E_{ц}$.

10. Предполагая, что прикладные компьютерные программы, используемые в технологиях Big Data, наиболее близки к прикладным компьютерным программам, используемым в составе автоматизированных систем управления, выражение, которое рекомендуется для прогнозирования рабочей календарной продолжительности тестирования прикладных компьютерных программ, предназначенных для технологий Big Data, примет вид:

$$T_{\text{календ}}^{(\text{BigData})} = \frac{100t}{r} = \left| r \approx 2,5\% \right| = \frac{100t}{2,5} = 40t.$$

Значение коэффициента r , показывающего средний процент времени «прогона» компьютерной программы при её тестировании в течение рабочей смены, выбрано по таблице 2. Для прикладных компьютерных программ, используемых в составе автоматизированных систем управления, средний процент выполнения (прогона) компьютерных программ при их тестировании в течение рабочего календарного времени $T_{\text{календ}}$ составляет примерно 2,5 % [5, 12].

Заключение.

Приводимые в статье рекомендации позволяют хотя бы примерно оценить ожидаемую надёжность планируемой к разработке прикладной компьютерной программы, используемой в технологии Big Data, и сориентироваться, какое время потребуется для тестирования компьютерной программы с целью обеспечения её эксплуатационной надёжности. Эти оценки важны, поскольку позволяют определить, какие примерно затраты потребуются на разработку прикладной компьютерной программы.

Список литературы

- [1] Фрэнкс, Б. Укрощение больших данных. Как извлекать знания из массивов / Б. Фрэнкс; пер. с англ. – М.: Изд-во «Технологии развития ООО», 2014. – 352 с.
- [2] Программное обеспечение – источник всех проблем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.williamspublishing.com/PDF/5-8459-0785-3/part1.pdf> (дата обращения: 17.04.2023).
- [3] Чуканов, В.О. Методы обеспечения аппаратно-программной надёжности вычислительных систем / В.О. Чуканов, В.В. Гуров, Е.В. Прокопьева [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.mcst.ru/metody-obespecheniya-apparatnoprogrammnoj-nadezhnosti-vychislitelnykh-sistem>. – Дата доступа: 17.04.2023.
- [4] Sridevi, E. Software reliability – an overview / E. Sridevi, B. Aruna, P. Sowjanya // Intern. J. of Computer Science and Technology. – 2012. – Vol. 3, iss. 1. – P. 471–473.
- [5] McCall, J.A. Software Reliability, Measurement, and Testing Guidebook for Software Reliability Measurement and Testing [Electronic resource] / J.A. McCall [et al.]. – 1992. – Mode of access: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a256164.pdf>. – Date of access: 17.04.2023.
- [6] Боровиков, С.М. Прогнозирование ожидаемой надёжности прикладных программных средств с использованием статистических моделей их безотказности / С.М. Боровиков, С.С. Дик // BIG DATA Advanced Analytics: collection of materials of the fourth international scientific and practical conference, Minsk, Belarus, May 3 – 4, 2018. – Minsk, BSUIR, 2018. – P. 348 – 354.
- [7] Боровиков, С.М. Возможный подход к оценке надёжности прикладных программных средств для технологий Big Data / С.М. Боровиков, Лэ Ван Там, С.С. Дик // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Минск, 13–14 марта 2019 г. В 2 ч. Ч. 2. – Минск: БГУИР, 2019. – С. 77 – 83.
- [8] Модель прогнозирования надёжности планируемых к разработке прикладных компьютерных программ / С.М. Боровиков [и др.] // Интернаука: научный журнал. – 2020. – № 12 (141). – Ч. 1. – С. 68–72.

- [9] Возможный подход к оценке надёжности разрабатываемых программных средств на ранних этапах проектирования информационно-компьютерных систем / С.М. Боровиков [и др.] // Globus: технические науки – от теории к практике [Электронный ресурс]: сборник научных публикаций. – 2020. – Вып. 1 (32). – С. 4–9.
- [10] Боровиков, С.М. Модель прогнозирования ожидаемой надёжности прикладных компьютерных программ / Боровиков С.М., Казючиц В.О. // Информационные радиосистемы и радиотехнологии 2020: материалы Республиканской научно-практической конференции, Минск, 28-29 октября 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск: БГУИР, 2020. – С. 292–295.
- [11] Анализ и оценка надёжности прикладных компьютерных программ / С.М. Боровиков [и др.] // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 1. – Минск: Бестпринт, 2020. – С. 382–390.
- [12] Модель прогнозирования времени тестирования прикладных компьютерных программ для технологий BIG DATA / С.М. Боровиков [и др.] // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции, Минск, 19-20 мая 2021 года. – Минск: Бестпринт, 2021. – С. 404–411.
- [13] Borovikov S.M., Kaziuchyts V.O., Khoroshko V.V., Dick S.S., Klinov K.I. Assessment of expected reliability of applied software for computer-based information systems. Informatics, 2021, vol. 18, no. 1, pp. 84–95 (in Russian). <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2021-18-1-84-95>.
- [14] Модель прогнозирования времени тестирования прикладных компьютерных программ для автоматизированных систем управления / С.М. Боровиков [и др.] // Информационные технологии и системы 2021 (ИТС 2021) = Information Technologies and Systems 2021 (ITS 2021): материалы международной научной конференции, Минск, 24 ноября 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск: БГУИР, 2021. – С. 28–29.
- [15] Казючиц, В.О. Модель прогнозирования времени тестирования компьютерной программы автоматизированной оценки надёжности полупроводниковых приборов = Model for prediction of testing time of a computer program for automated reliability evaluation of semiconductor devices / В.О. Казючиц, С.М. Боровиков, Е. Н. Шнейдеров // Доклады БГУИР. – 2022. – Т. 20, № 7. – С. 72 – 80. – DOI: <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-7-72-80>.
- [16] Методика обеспечения эксплуатационной надёжности планируемых к разработке прикладных компьютерных программ для информационных систем / С.М. Боровиков [и др.] // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции, Республика Беларусь, Минск, 11-12 мая 2022 года. – Минск: Бестпринт, 2022. – С. 162–173.
- [17] Лэ, В.Т. Метод оценки надёжности прикладных программных средств на ранних этапах их разработки / В.Т. Лэ, С.С. Дик, С.М. Боровиков // Современные средства связи: материалы XXIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 18–19 окт. 2018 года. – Минск: БГАС, 2018. – С. 167-168.
- [18] Постановление министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь 27 июня 2007 г. № 91 «Об утверждении укрупнённых норм затрат труда на разработку программного обеспечения» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zakonrb.com/npa/ob-utverzhdenii-ukrupnennyh-norm-zatrat-truda> (дата обращения: 17.04.2023).
- [19] Надёжность в технике. Проектная оценка надёжности сложных систем с учётом технического и программного обеспечения и оперативного персонала. Основные положения: ГОСТ 27.205-97. – Введен в действие с 01.10.2005. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2005. – 22 с.
- [20] Шубинский, И.Б. Функциональная надёжность информационных систем. Методы анализа / И.Б. Шубинский. – М.: «Журнал Надёжность», 2012. – 296 с.
- [21] Чуканов, В.О. Надёжность программного обеспечения и аппаратных средств систем передачи данных атомных электростанций: учеб. пособие / В.О. Чуканов. – М.: МИФИ, 2008. – 168 с.
- [22] Куликов, С.С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс / С.С. Куликов. – Минск: Четыре четверти, 2017. – 312 с.

RECOMMENDATIONS FOR ASSESSING AND ENSURING THE RELIABILITY OF PLANNED FOR DEVELOPMENT APPLIED SOFTWARE FOR INFORMATION SYSTEMS

Van Tam Le

Research Assistant, Hanoi Institute of Technology, Vietnam, Master of Engineering and Technology

S.M. Borovikov

Associate Professor of the Department of Information Computer Systems Design, PhD of Technical sciences, Associate Professor

S.S. Dick

Project manager of the company "Itransition", Master of Engineering and Technology

A.V. Budnik

Dean of the Faculty of Engineering and Technology of the BSACE, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Department of Information and Computer Systems Design

Faculty of Computer Engineering

Belarusian State University of computer science and Radio Electronics, Republic of Belarus

E-mail: bsm@bsuir.by

Abstract. The results of studies on the reliability assessment of developed software intended for use in various fields of human activity are systematized.

Recommendations are given for assessing and ensuring the operational reliability of the planned development of applied software for complex information systems, including those used for processing big data.

Keywords: information systems, application