

УДК 681.3.06

**В. Ф. Гришко, к. т. н.; С. В. Жульжик****ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЛЕКТОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ  
ПО КРИТЕРИЯМ НАДЕЖНОСТИ**

*Разработаны программные средства автоматизированного комплектования компьютерных систем по критериям надежности. Проведен сбор данных об основных параметрах моделей комплектующих устройств широкого круга производителей, проанализировано влияние цены, мощности и продуктивности на показатели надежности компьютерных систем.*

**Ключевые слова:** компьютерная система, мощность, производительность, цена, надежность, программа, оптимизация, комплектование.

Обеспечение надежности – одна из основных задач развития технических систем. Оценка надежности выполняется на всех этапах жизненного цикла компьютерных систем: от начала их создания до гарантийной и послегарантийной эксплуатации. Особенно важно обеспечить высокую надежность систем на этапе проектирования, в частности на этапе комплектования компьютерных систем. При этом качественная система не может быть создана без достоверного знания показателей надежности комплектующих изделий. Такие знания базируются на данных, полученных в процессе эксплуатации аналогичной продукции конкретных фирм-производителей. В этом случае надежность комплектующих изделий характеризуется продолжительностью наработки на отказ, продолжительностью восстановления или комплексным показателем – коэффициентом готовности.

Одним из наиболее распространенных технических устройств в наше время является персональный компьютер (ПК), который нашел широкое применение как в современных автоматизированных системах управления, так и на бытовом уровне. Тем не менее, учитывая функциональность современных ПК, называть их устройствами некорректно. Как известно [1], устройством называется совокупность элементов, объединенных в общую законченную техническую конструкцию, которая имеет самостоятельное эксплуатационное назначение. В то время как система – технически обоснованная совокупность совместно действующих устройств, предназначенная для выполнения определенной практической задачи. В данном случае устройствами можно считать составные части ПК (материнские платы, винчестеры, блоки питания, видеокарты и т. п.), от выбора той или иной модели которых зависит надежность отдельного ПК и автоматизированной системы в целом.

Соответственно существующим статистическим данным [2] состоянием на 2004 год Украина находилась на сотом месте в рейтинге стран по количеству компьютеров на душу населения с показателем 18 компьютеров на 1000 жителей. Как сообщило информационное агентство «РБК-Украина» [3], только 35% домохозяйств в городах с населением свыше 50 тыс. жителей имеет хотя бы один работающий стационарный компьютер и 8% домохозяйств, в которых еще нет ПК, планируют его приобрести до конца 2008 г. Сообщается, что на протяжении 2006 – 2007 гг. количество проданных стационарных компьютеров увеличивалось на 20 – 25% ежегодно, и прогнозируется, что в 2008 г., по сравнению с предыдущим годом, рынок десктопов возрастет еще на 20%. В целом, состоянием на середину 2008 г., количество ПК на 100 жителей Украины составляет 13 единиц, и эта цифра продолжает возрастать.

Учитывая тенденции рынка и тот факт, что две трети населения Украины вообще не понимают, для чего нужен компьютер [3], возникает проблема выбора покупателем такой конфигурации ПК, которая бы удовлетворила его с точки зрения производительности, надежности и цены. Выбор решений небольшой: посоветоваться со специалистом в данной области, сделать выбор наугад или израсходовать много времени на поиск необходимой

информации. Однако недостатками таких решений является то, что специалиста найти непросто, а при покупке любого ПК вероятность удовлетворения нужд покупателя минимальная. Принимая во внимание тот факт, что сервисное обслуживание ПК в большинстве случаев происходит далеко от места жительства покупателя, на первый план выходит вероятность безотказной работы и зависимость «цена – надежность». При выборе комплектующих устройств необходимо учитывать также такие параметры, как: мощность и производительность, которые непосредственно или опосредствованно влияют на надежность компьютерных систем. Например, использование устройств со значительным потреблением энергии приводит к перегреву системы, способствует преждевременным отказам или требует установку дополнительных охлаждающих устройств, что повышает окончательную цену ПК. В свою очередь, повышение производительности ряда комплектующих изделий приводит к повышению их мощности и требует установки более мощных блоков питания, что также влияет на цену компьютерной системы.

Таким образом, возникает задача оптимизации комплектования компьютерной системы по критериям надёжности.

Для решения поставленной задачи необходимо:

- провести сбор данных о технических, экономических и характеристиках надёжности основных компонентов компьютерных систем;
- определить показатели надёжности компьютерной системы;
- построить функцию оптимизации комплектования соответственно показателю «цена – надежность».

В рамках компании «qBox», которая занимается продажей и сервисным обслуживанием компьютерной и бытовой техники в Украине, проведен сбор и анализ информации о количестве продаж и отказов разных моделей компьютерных комплектующих.

Основной характеристикой технического качества объекта принималась составляющая функции надёжности (безотказности) для косвенного определения надёжности  $P(t)$ , которая равна вероятности того, что в заданном интервале времени или в пределах заданной наработки при заданных режимах и условиях эксплуатации отказов в системе не возникает:

$$P(t) = W(T), \quad (1)$$

где  $t$  – заданное время;  $T$  – продолжительность безотказной работы системы;  $W(A)$  – вероятность события  $A$ , для которого выполняется условие  $T > t$ .

Примем отказ любой комплектующей части ПК как событие  $A$ , вероятность которого  $W(A)$  необходимо определить. В качестве области расчетов принимаем количество комплектующих частей, которые проходят тестирование. Тогда вероятность безотказной работы устройства описывается следующим образом:

$$P(A) = 1 - W(A).$$

Известны методы оценки надёжности сложных систем [4, 5], которые, как правило, нуждаются в знаниях о надёжности отдельных комплектующих элементов системы. В частности, можно выделить вероятностно-физический метод, где распределение наработки к отказу ПК описывается DN-распределением вида

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t - \mu}{\sqrt{\mu t}}\right) + e^2 \Phi\left(-\frac{t + \mu}{\sqrt{\mu t}}\right) \quad (2)$$

и метод на основе экспоненциального распределения (лямбда-метод). Этот закон распределения наработки к отказу ПК описывается экспонентным распределением

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (3)$$

Первый метод нуждается в сложных расчетах и характеризуется точностью результатов, а второй обеспечивает простоту вычислений, но дает известную методическую погрешность,

которая должна быть учтена. Результат сравнения двух методик расчета надежности ПК базовой комплектации [6] с известными показателями надежности комплектующих частей представлены в таблицах 1 и 2.

Описанные выше методы и достоверные данные о надежности отдельных элементов позволяют провести точную оценку надежности системы в целом. Логично также допускать, что увеличение себестоимости компьютерных комплектующих должно гарантировать повышение вероятности их безотказной работы [7], а значит, и повышение надежности системы в целом.

Решение задачи оптимизации комплектования компьютерной системы выполнялось с учетом того, что их разработка, конструирование и комплектование также, как и других технических систем, связаны с решением альтернативной задачи: с одной стороны необходимо иметь систему максимальной надежности, а с другой – необходимо, чтобы ее цена была приемлемой. В этом случае необходимо корректно сформулировать цель. Если целью является достижение определенного показателя надежности компьютерной системы, то целевая функция в этом случае минимизирует затраты, необходимые для достижения цели. Если целью задачи является достижение максимально возможного показателя надежности при заданных затратах, то эти затраты рассматриваются в виде ограничения для целевой функции, которая максимизирует показатель надежности системы. В обоих случаях способ решения задачи одинаковый, так как в одном случае рассматривается функция «надежности – затраты», в другом – обратная ей функция.

Таблица 1

**Состав и показатели надежности модулей ПК**

№	Модуль	Тип	Количество, $m_j$ , шт	Интенсивность, $\lambda_j \cdot 10^{-6}$ , 1/год	Наработок, $T_j \cdot 10^6$ , год
1	Системная плата	Asus M2N-MX	1	4.33	0.231
2	Процессор	Athlon 5600+	1	3.88	0.257
3	Память SIMM	DDR2 1Gb KingStone	1	1.13	0.882
4	Видеокарта	ATI PE HD2600XT	1	2.51	0.397
5	НЖМД	WD3200AAJS	1	2.15	0.464
6	DVD/RW	NEC 7170A	1	2.31	0.431
7	Клавиатура	Chicony W-0108	1	6.65	0.150
8	Мышка	Defender 7630	1	2.74	0.365
9	Источник питания	Targa PT-400CF	1	4.91	0.203
10	Корпус	КМЕ CX-9387	1	3.86	0.259

Таблица 2

**Результаты расчета показателей надежности ПК**

Показатель надежности	Лямбда-метод	ВФ-метод
$T_{сер}, year$	91737	83720
$T_{\gamma}, year (\gamma = 0.9)$	9669	19841
$P(t_{зад})$	0,967	0,998

Как видно из приведенных таблиц 1 и 2, расчетные оценки средней наработки к отказу ПК достаточно близки обоим методам. Проведенные расчеты показали, что более простой классический  $\lambda$ -метод оценки показателей надежности разрабатываемой компьютерной техники не уступает по точности ВФ-методу, который основан на двухпараметрической модели надежности (DN-распределение), поэтому именно этот метод избран для создаваемой компьютерной программы автоматизированного расчета надежности компьютерных систем.

На основе информации о характеристиках каждой комплектной части и ее цене была разработана компьютерная программа, которая представляет собой набор средств и функций для виртуального моделирования запланированной системы из имеющихся в базе программы комплектных частей и дальнейшей оценки надежности как отдельной комплектующей части компьютерной системы, их партий, сгруппированных относительно фирмы-производителя или технологии производства (в качестве примера, графические процессоры (рис. 1)), так и целой компьютерной системы с дальнейшей оптимизацией ее комплектации. При этом во внимание принимаются зависимости «цена – надежность», «цена – мощность» и «цена – производительность», которые рассчитаны для всех типов компьютерных комплектующих.

Используя такую программу, можно еще до создания компьютерной системы оценить ее надежность, корректировать ее комплектацию, оценивать показатели «цена – надежность», «цена – мощность» и «цена – производительность», а самое главное, оптимизировать параметры системы соответственно выдвинутым требованиям.

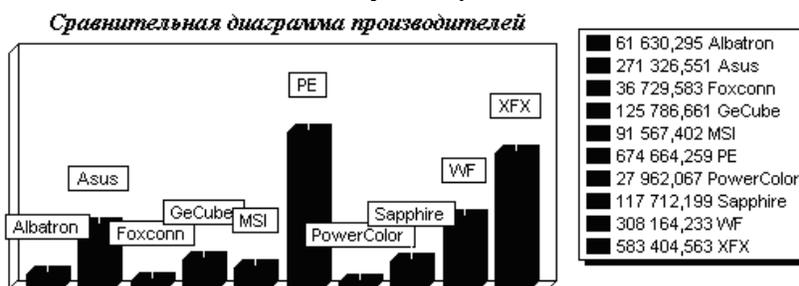


Рис. 1. Наработка на отказ графических процессоров разных производителей

По результатам наблюдений на протяжении трех лет сделан вывод: надежность компьютерных комплектующих, предназначенных для домашних ПК, практически не зависит от себестоимости комплектующей части. В лучшем случае коэффициент готовности соответствующего типа устройств одинаковый во всем ценовом диапазоне, а кое-где даже уменьшается с ростом цены. Соответствующие результаты наблюдений для материнских плат представлены на рис. 2.



Рис. 2. Зависимость коэффициентов готовности материнских плат от их цены

Рост количества электроэнергии, необходимой для нормального функционирования устройства, является причиной дополнительной нагрузки на блок питания и, значит, Наукові праці ВНТУ, 2009, № 2

уменьшает надежность компьютерной системы в целом. Рост потребления электроэнергии с ростом цены можно продемонстрировать на примере графических процессоров (рис. 3). При этом следует отметить, что соответствующая ситуация не относится к центральным процессорам, где производителям удалось сократить уровень потребления электроэнергии своих изделий.



Рис. 3. Зависимость потребления электроэнергии графических процессоров от цены

Оптимизация комплектования компьютерных систем проводилась также относительно величины, которая равна отношению количества выполненных операций устройством ко времени, за которое они были выполнены. Производительность легко оценить с помощью большого количества уже существующих программных продуктов [8]. Дополнительно введенный параметр оптимизации непосредственно характеризует систему и интуитивно понятен обычному пользователю, а также обеспечивает универсальность принятия решения относительно выбора комплектующих изделий. Когда показатели надежности не обеспечивают однозначного результата, окончательный выбор лежит на показателях производительности системы, конечно, если эти показатели не являются избыточными с точки зрения ценовой политики покупателя.

Результаты расчетов показали, что ожидаемый прирост производительности при увеличении стоимости комплектующей части оправдался, за исключением нескольких случаев, обусловленных маркетинговой политикой фирм-производителей.

Планируется размещение разработанного программного продукта на WEB-ресурсах, обеспечение непрерывного обновления данных надежности комплектующих элементов, поддержание и развитие проекта за счет новых видов и моделей компьютерного оборудования.

Создание подобного ресурса значительно облегчит работу системных администраторов, операторов серверных установок, руководителей фирм и организаций, которые планируют покупку нового оборудования, сократит время на поиски и подбор необходимой конфигурации по заданным критериям надежности и обеспечит комплектование компьютерных систем с учетом важных показателей: цена, надежность, мощность, производительность.

Кроме того, данную разработку можно использовать с целью улучшения сервиса обслуживания клиентов разных фирм, которые занимаются продажей и обслуживанием компьютерной техники, позволяя им самостоятельно подбирать конфигурацию, корректировать параметры и выбирать комплектующие части соответственно критериям надежности и цены. Руководствуясь данными программы для планирования будущей номенклатуры комплектующих изделий для конфигурации компьютерных систем, можно обеспечить их максимальную надежность и минимизировать затраты компании на ремонт и обслуживание.

**Выводы.** В статье рассмотрены основные методы оценки надежности компьютерных систем. Проведен их сравнительный анализ. Определены основные характеристики

компьютерных устройств. Предложена методология оптимизации комплектования компьютерной системы по показателям надежности, цены, мощности и производительности. Разработана компьютерная программа для виртуального комплектования компьютерных систем, оценки зависимостей «цена – надёжность», «цена – мощность» и «цена – производительность» как для отдельного устройства, так и для их группы. Определены пути развития и усовершенствования полученных достижений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азарсков В.Н., Стрельников В.П. Надежность систем управления и автоматики: Учеб. пособие. – К.: НАУ, 2004. – 164 с.
2. International Telecommunication Union [Электронный ресурс]: International Telecommunications Union – Режим доступа до журн.: <http://www.itu.int/net/home/index.aspx>
3. РБК-Україна [Электронный ресурс]: В Україні один з найнижчих показників проникнення ПК на душу населення в Центральній Європі / РБК-Україна – Режим доступа до журн.: <http://www.rbc.ua/ukr/newsline/2008/08/19/415521.shtml>
4. Калявін В.П. Надійність та діагностика. – СПб.: Елмор, 1998. – 230 с.
5. Ю. К. Беляев, В. А. Богатырев, В. В. Болотин и др.; Под ред. И. А. Ушакова. Надежность технических систем: Справочник. — М.: Радио и связь, 1985.— 608 с, ил.
6. Леонтьев В.П. Новейшая энциклопедия персонального компьютера 2003. – М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2003. – 920 с.
7. Ветошкин А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск. – Пенза: Изд-во ПГУАиС, 2003. – 154 с.: ил., 24 библиогр.
8. RT Lab [Электронный ресурс]: Методики тестирования производительности компьютерных систем - Режим доступа до журн. : <http://www.rtxlab.org/methods/performance.shtml>

**Гришко Виктор Федорович** – к. т. н., Научно-исследовательский институт информационных процессов, e-mail: [grishko@acts.kiev.ua](mailto:grishko@acts.kiev.ua), тел.: (044) 454-94-31.

**Жульжик Сергей Владимирович** – студент кафедры автоматики и управление в технических системах, e-mail: [admin@julik.org.ua](mailto:admin@julik.org.ua), тел.: +38 (097) 659 84 13.

Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”.