

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КОМПЬЮТЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ

Ишмухамедов Азиз Хамидуллаевич,
Кандидат технических наук (Ph.D.), доцент,
Ташкентский университет информационных
технологий имени Мухаммада ал-Хоразми,
Ташкент, Узбекистан.
Email: azizinfo@mail.ru

Аннотация: Актуальность данного исследования определяется недостаточно разработанностью методов анализа и оценки надежности компьютерных систем, учитывающих либо только состояние элементов системы, либо структурные ее свойства, либо ее работоспособность. Реальная оценка и анализ надежности требует комплексного учета этих характеристик, отражающих функционирование компьютерной системы. Поэтому традиционные методы анализа и оценки надежности не могут показать истинное состояние компьютерной системы, что безусловно резко отрицательно скажется на эффективности управления. Поставленные в работе задачи комплексного анализа и оценки надежности, учитывая функциональные, структурные, эксплуатационные составляющие является важной задачей, на фоне развития компьютерных систем, за счет перехода на цифровые системы и интеграцию услуг.

Ключевые слова: надёжность, показатель надежности, компьютерные системы, анализ, оценка качества, управления

Введение. В настоящее время компьютерные системы претерпевают кардинальные изменения в части технологии, оборудования, архитектуры и услуг. Эти изменения отражают новые возможности, связанные с решением проблемы информатизации общества, создания гибких и легко управляемых систем, в которых используются инновационные информационные технологии. Это обуславливает резкое ускорение процесса проектирования и модернизации компьютерных систем, опирающиеся на новые методы анализа и синтеза компьютерной системы. Становится очевидным процесс слияния эксплуатации компьютерных систем с процессом их непосредственного развития на основе инновационных технологий. Естественно, что эти изменения коренным образом изменяют методы исследования компьютерные системы, поскольку традиционные схемы расчета основных характеристик компьютерных систем не могут охватить то изменения, которые вносятся с резким увеличением объемов передаваемой информации, усложнением функций, структуры

узлов, каналов, абонентов. Это в полной мере относится к оценке надёжности компьютерных систем.

В настоящем исследовании предлагается системный подход, позволяющий получить комплексную оценку надёжности компьютерной системы, учитывающую как состояние ее элементов, так и процессов ее функционирования. Получены новые результаты по анализу и оценке работоспособности компьютерной системы, ее зависимости от характеристик функционирования, а также разработаны механизмы повышения надежности под контролем затрат на их реализации. Полученные результаты по анализу и методам повышения надежности позволяют повысить эффективность управления компьютерных систем. Актуальность данного исследования определяется недостаточно разработанностью методов оценки надежности компьютерных систем, учитывающих либо только состояние элементов системы, либо структурные ее свойства, либо ее работоспособность. Однако реальная оценка надежности требует комплексного



учета этих характеристик, отражающих функционирование единой компьютерной системы [1-5].

Анализ литературы и методология. В практике нередко возникает необходимость оценить надежности системы на том или ином информационном направлении обслуживаемой системы управления, т.е. между определенной парой полюсов многополюсной компьютерной системы. В этом случае также целесообразно использовать понятие двухполюсной сети как части многополюсной сети, участвующей в обеспечении связи на данном информационном направлении. Разумеется, такие двухполюсные компьютерные системы информационных направлений, как правило, включают в себя часть общих элементов, т.е. по надежности являются взаимосвязаны. Это обстоятельство следует учитывать и при выработке типовых показателей надежности компьютерных систем, и при выборе математического аппарата для их расчета.

Выбор показателей надежности определяется конкретной задачей, выполняемой системой, ее назначением и общими требованиями, результатом ее функционирования [6-11]. Показатели надежности удобно подразделять на внешние и внутренние. Первые используются для характеристики надежности объектов, выполняющих «внешний» задачи и характеризующихся определенным выходным эффектом. Вторые нужны в основном проектировщикам для определения показателей надежности объектов, выполняющих независимые функции, для чего необходимо знать некоторые специальные элементы.

Выбор вида показателей надежности или совокупности таких показателей для системы, зависит от типа системы (*например, восстанавливаемая и невосстанавливаемая*), от режима ее функционирования и вида выполняемых задач, но не зависит от того насколько ответственны сами выполняемые задачи. Последние определяющим образом сказываются

на задаваемой норме надежности, но не на виде показателя.

При выборе показателей надежности следует иметь в виду достаточно очевидные соображения:

- показатель надежности должен отражать способность системы выполнять свои основные функции;
- нельзя задавать большое количество показателей, поскольку это усложняет задачу оценки качества системы;
- выбранный показатель надежности должен иметь ясный физический смысл;
- показатель надежности должен допускать возможность расчета его на этапе проектирования;
- показатель надежности должен допускать возможность экспериментальной проверки его за время специальных испытаний или эксплуатации.

В общем случае, показатель надежности компьютерной системы является количественной мерой качества ее функционирования. Сущность оценки надежности компьютерной системы сводится к количественной оценке частных показателей (*критериев*), отражающих надежность системы и сравнения их с допустимыми величинами. Следовательно, для оценки надежности компьютерной системы необходимо из множества показателей выбрать те показатели, которые наиболее полно отражают качество ее функционирования.

Качество функционирования системы является обобщенной характеристикой, показывающей степень ее пригодности и выполнению заданной целевой функции в конкретных условиях работы.

Показатели качества функционирования систем зависит от трех групп факторов [12-14]:



- характеристики качества и надежности функционирования системы;
- экономические показатели;
- особенности ситуации, в которых эксплуатируются системы.

В общем случае под показателем качества функционирования систем принято понимать способность достижения ими поставленной цели. А так как объектом исследования является компьютерная система, качество функционирования (*КФ*) компьютерной системы можно сформулировать следующим образом. Под *КФ* компьютерной системы понимается возможность обеспечивать этой системой, передачи установленного объема информации с требуемым качеством.

Для достижения цели формируются задачи компьютерной системы, которые определяют: какая информация, в каких направлениях, в каком объеме и с каким качеством должна быть передана. Выполнение этих задач производится путем создания и совершенствования компьютерной системы. Качество функционирования компьютерной системы требует проведение мероприятий по обеспечению ее работы, контроля за состоянием и использованием системы. Следовательно, вся указанная совокупность действий и мероприятий по созданию, совершенствованию, подготовке системы, ее функционированию, обеспечению и использованию, направлена на выполнения задач и достижение целей компьютерной системы т.е. направлена на качественное функционирование компьютерной системы.

Таким образом, оценка качества функционирования компьютерной системы находит применение в широком круге системных исследований, связанных с процессом управления и направленных на выполнение следующих основных задач:

- оценка возможности выполнения функциональных задач компьютерной системы;

- оценка качества функционирования компьютерной системы по отношению к идеальной;
- корректировка алгоритмов управления;
- обоснование создания новых компьютерных систем и т.д.

Каждая конкретная компьютерная система решает определенные функциональные задачи. Эти задачи направлены на передачу необходимого количества информации с заданным качеством при определенных условиях. Разнообразие целей и условий приводит к различному уровню постановки задач, решаемых компьютерными системами. Следовательно, количественная оценка надежности компьютерной системы должна обладать необходимой гибкостью и универсальностью, чтобы иметь возможность охватить все существенные параметры произвольной компьютерной системы.

Компьютерная система представляет собой сложную систему, состоящую из функционально связанных элементов (*оконечных устройств, коммутационных центров, связывающих их каналов и линий связи и др.*), рассредоточенных на местности. Все составляющие элементы компьютерной системы являются сложными техническими устройствами, подверженными к отказам. Под отказом элемента системы понимается событие, при котором технические устройство, представляющее элемент компьютерной системы по техническим причинам не может обеспечить установление проходящего через него соединения в требуемом направлении, либо обеспечить передачу сообщения по установленному соединению. В процессе функционирования компьютерной системы обслуживающий персонал может допускать эксплуатационные ошибки, внешне проявляющиеся и учитывающийся, как отказы. Отказы и эксплуатационные ошибки в большей степени определяют надежность компьютерной системы.



С точки зрения определения надежности компьютерной системы имеют ряд особенностей. Основными из этих особенностей являются:

- разветвленность компьютерной системы, рассредоточенное размещение их элементов на местности;
- многофазное обслуживание поступающих требований;
- определение надежности компьютерной системы по их показателям для отдельных направлений связи;
- использование в одних и тех же направлениях связи элементов различного типа;
- наличие переменного статистического резервирования, определяемого много линейностью обслуживания поступающих требований.

В общем случае надежность компьютерной системы определяется надежностью входящих в нее элементов, структурой системы, состоянием окружающей среды. В связи с тем, что функционально компьютерная система как правило, разбивается на интегральные направления связи [14-17], каждому из которых может быть присуще свое качество обслуживания, оценивается надежность каждого из этих направлений. Поэтому для компьютерной системы в целом ее надежность может определяться, либо по усредненным показателям надежности составляющих эту систему интегральных направлений связи (*ИНС*), либо по минимальным значениям показателей надежности отдельных *ИНС*.

Следует иметь в виду что формально независимая оценка надежности различных *ИНС* не означает их функциональную независимость. Так как одни и те же элементы компьютерной системы входят в различные *ИНС*, выход из строя ведет к изменению качества функционирования (*следовательно, и показателей надежности*) как в *ИНС*, содержащих отказавший элемент, так косвенно и в других, функционально связанных с данными *ИНС*.

На надежность компьютерной системы существенное влияние оказывают потоки требований и освобождений, присущие любой системе массового обслуживания. Данные потоки проходят по элементам различных *ИНС* и осуществляют их функциональную взаимосвязь. Поэтому при анализе и оценки надежности компьютерной системы непременно следует учитывать, как вопросы распределения и прохождения информации в компьютерной системе, так и параметры безотказной работы ее элементов.

Исходя из вышеизложенного, свойство компьютерной системы обеспечивать установления соединений в зависимости от особенностей функционирования элементов компьютерной системы, условно назовем функциональной надежностью компьютерной системы.

Последовательность оценки функциональной надежности компьютерной системы может быть следующей:

1. Формируется план распределения нагрузки компьютерной системы.
2. Составляется схемно-графическая или аналитическая модель компьютерной системы по составляющим ее *ИНС*.
3. Каждому элементу модели ставятся в соответствие параметры, характеризующие их надежность.
4. Определяются значения параметров (*путем расчета либо в результате обработки статистических данных аналогичных систем, функционирующих в условиях, близких к заданным*).
5. Выбирается метод оценки надежности, учитывающий систему обслуживания требований, заданную точность оценки и характеристики исходных данных.
6. Производится анализ и оценка надежности *ИНС* и исследуемой компьютерной системы в целом.

Полная характеристика надежности должна также включать структурные показатели



надежности. Под структурной надежностью компьютерной системы понимается ее свойство сохранять связность структуры при выходе из строя отдельных элементов и участков. Основными характеристиками структурной надежности является показатели надежности элементов с учетом структурных взаимосвязей системы и вероятность связности системы. При расчете структурной надежности компьютерной системы и структурно сложных систем различного назначения необходимо учитывать такие особенности как ограниченную глубину ретрансляционного взаимодействия узлов, определяемую алгоритмами системами адресации узлов, особенностями аппаратуры передачи информации, а также разнотипность узлов в плане их транзитных возможностей [18-20].

Оценка надежности компьютерной системы в зависимости от целей исследования может вестись как по структуре, так и по характеру функционирования отдельных участков, например, отдельных *ИНС*. Такая оценка, отражающая надежность компьютерной системы в условиях ее реального функционирования, может осуществляться в следующей последовательности:

- по топологии компьютерной системы составляется схемно-графическая или аналитическая модель этой системы или совокупность таких моделей для ее *ИНС*;
- определяется характер функционирования и вероятно-временные параметры системы управления этой компьютерной системы;
- для каждого элемента модели определяется вероятность повреждения, а по параметрам функционирования системы управления компьютерной системы – характер распределения времени восстановления;
- определяется допустимая величина времени нахождения требования в компьютерной системе;
- выбирается метод оценки надежности;
- производится расчет показателей и оценки надежности *ИНС* и компьютерной системы в целом.

На сегодняшний день расчет каждого из названных показателей производится независимо и потому получаемые таким образом оценки надежности не отражают истинных значений такого показателя как надежность компьютерной системы.

Результаты. В данной работе дана концепция взаимосвязи формирования функциональных характеристики компьютерной системы со структурными свойствами системы, ее работоспособностью и наличием ресурсов как самой системы (*структура, потоки, маршруты*), так и ее резервов. В настоящее время существуют достаточно обширные исследования по разработке методов и моделей анализа и оценки надёжности компьютерных систем при различных нарушениях работы их элементов. В последнем случае говорят об анализе работоспособности системы. Для получения оценок надежности необходимо установить зависимость функциональных характеристик системы от величины измерения показателей ее работоспособности.

Исходя из постановки задачи, для заданной структуры компьютерной системы, предложен метод и вычислительный алгоритм оценки работоспособности компьютерной системы. Рассматривается компьютерная система как случайный граф, вершины и ребра которого независимо друг от друга выходят из строя. Параметром такой сети может быть средняя доля сохранения вершин, связанных с произвольно выбранной вершиной по отношению к первоначальному числу вершин.

Пусть V_j – средняя доля вершин, связанных с вершиной $j \in V$, т.е.

$$V_j = \frac{1}{n-1} \sum_{k=0}^{n-1} k \cdot P_k, \quad (1)$$

где P_k – вероятность того, что вершина j связана с k вершинами.

Тогда, если вероятность существования всех узлов сети равна r , то средний размер компоненты связности определяется выражением

$$r/n \sum_{j=1}^n v(j). \quad (2)$$



Наиболее полно надежность компьютерной системы характеризуется функциями распределения показателей качества обслуживания при отказе определенной доли элементов сети или числовыми характеристиками этих функций распределения.

Рассмотрены интегральные показатели надежности компьютерной системы, определяемые через связность ее структуры. Корректность такого подхода подтверждается практикой проектирования распределенных компьютерных систем. Необходимость расчета структурных параметров и показателей надежности компьютерной системы вызывается следующими причинами: промежуточных вариантов компьютерной системы на этапе синтеза и необходимостью оценки состояния компьютерной системы для принятия решения по управлению компьютерной системой в условиях повреждения элементов системы. Так как вычисление структурных параметров графовых моделей $G(V, X)$ представляет довольно простую процедуру и не вызывает принципиальных затруднений, то имеет смысл остановиться лишь на вопросах определения показателей надежности компьютерной системы.

Отметим некоторые теоретические результаты, которые могут оказаться полезными при расчете показателей надежности системы. Будем считать граф G w – связным (λ – связным), если его вершинная (реберная) связность равна $w(G)$ ($\lambda(G)$). Вопросы расчета параметров $w(\lambda)$ графа G – определение вершинной (реберной) связности графа G – была решена соответственно.

Представляются целесообразными следующие методы анализа связности компьютерных систем. Вычисления вероятности нарушения связности компьютерной системы, производится по формуле

$$R = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n+m} A_i \cdot q^{n+m-i} (1-q)^i, \quad (3)$$

где R – вероятность нарушения связности;

A_i – число подсетей, содержащих i элементов;

q – вероятность отказа элемента;

n – число узлов сети;

m – число ветвей сети.

Ограниченность применения данного метода, вызываемую некорректностью предположения о равной надежности узлов и ветвей, а также невозможностью аналитического вычисления A_i для больших систем. Многие показатели надежности, такие, например, как вероятность связности и средний размер компоненты графа сети, взаимосвязаны, хотя аналитический характер этой зависимости не выяснен до конца. Результаты исследований в области случайных графов дают ряд полезных оценок надежности, например, аналитических оценок вероятности связности произвольного случайного графа.

В качестве примера рассмотрена задача определение возможных маршрутов между вершинами заданного графа (*источником и получателем информации*). Проведен вычислительный эксперимент по оценке надежности компьютерной системы заданной структуры. Рассматривается иерархическая компьютерная система с коммутацией сообщений. Структура компьютерной системы задается ориентированным графом. (рис.1.).

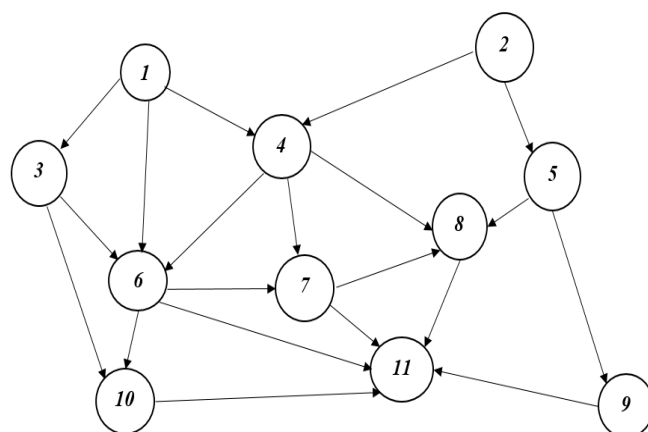


Рис.1. Структура иерархической компьютерной системы с коммутацией сообщений.

В таблицах 1 и 2 приведены соответственно исходные данные и результаты работы алгоритма определения возможных маршрутов между



(вершинами графа) источником и получателем сообщения.

Таблица 1.

Исходные данные для блока формирования возможных путей между вершинами графа компьютерной системы.

№	Наименование величины	Обозначение в программе	Значение величины
1	Количество узлов	N	11
2	Количество ребер	M	20
3	Источник информации	NI	4
4	Получатель информации	MI	11

Таблица 2.

Результаты работы алгоритма определения возможных путей между источником и получателем сообщений.

№	Наименование величины	Обозначение в программе	Значение величины
1	Число путей на графе	IC	6
2	Матрица всевозможных путей на графе	$MAR(IC)$	4-6-11; 4-6-7-11; 4-6-10-11; 4-7-11; 4-7-8-11; 4-8-11.

Степень связности структуры компьютерной системы можно оценивать структурной надежностью компьютерной системы. Структурная надежность компьютерной системы может оценена критерием характеризующим среднюю долю связи W_q , которые сохраняются при одновременном повреждении ее произвольных элементов. Однако расчет надежности компьютерной системы с использованием данного критерия возможно лишь для компьютерной систем с небольшим количеством узлов и ветвей, так как вычисления связаны с перебором различных состояний системы, что затруднительно для компьютерных систем с разветвленными структурами, поэтому для больших компьютерных системах в качестве одного из критериев структурной надежности используется вероятность

связности $R(G)$. Представляющая собой вероятность того, что при возможных выходах из строя ее элементов компьютерная система остается связной.

Построение базовой модели функционирования компьютерной системы, дает возможность рассчитывать набор характеристик надежности, соответствующих данному уровню работоспособности системы. Таким образом, взаимосвязь между моделями оценки работоспособности и расчета характеристик надежности системы устанавливают связь более глубокую, чем широко использующийся аппарат исследования структурных особенностей системы. Анализ только изменения диаметра связности на заданном графе сети при отказе – восстановлении вершин и ребер графа в качестве характеристик надежности требует серьезного методологического обоснования, отсутствие которого затрудняет содержательную трактовку и ограничивает возможность использования полученных результатов.

Можно ли утверждать, что две взаимосвязанных модели: функционирования и оценки работоспособности – решают полностью задачу анализа надежности компьютерной системы с учетом отказов и восстановлений элементов. Ответ будет утвердительным, если будут решены такие задачи декомпозиции многополюсной системы на двухполюсные, на которых построены все вычислительные схемы, задачи маршрутизации, поиска максимального потока, задачи конструирования механизма отказов – восстановлении элементов системы. Непременно в разрабатываемую технологию помимо вероятностно временных характеристик (ВВХ) должны быть включены также и стоимостные критерии оценки затрат и ограничения на ресурсы.

Основная задача состоит в разработке алгоритмической системы оперативной оценки надежности компьютерных систем и выявления точек “риска”, вносящих наибольший вклад в понижение работоспособности системы с



использованием известных и разработанных в данной работе моделей и методов.

Алгоритм работы системы анализа следующий:

1. Задать исходную конфигурацию системы.
2. Рассчитать по модели оценок работоспособности текущую оценку работоспособности $\alpha_i(t)$.
3. Рассчитать функциональные характеристики системы, соответствующие $\alpha_i(t)$: среднее время пребывания заявки в системе, вероятность отказа заявки, производительность системы.
4. Пункт 2 и 3 повторить на заданном интервале моделирования (интервале наблюдения) генерируя отказы и восстановления элементов.
5. Построит зависимости $\alpha_i(t)$ и $VBX = f(\alpha_i)$.
6. Провести анализ зависимостей и выявить те точки “риска” на системы, которые соответствуют ухудшению работоспособности системы, превышающей нормативы и соответствующие характеристики системы, и далее выявить конкретные узлы и ребра системы, отказ которых приводит к нарушению показателей надежности и работоспособности.

Рисунок 2 иллюстрирует изменения работоспособности двухполюсной компьютерной системы, на рисунке 3 показаны соответствующее изменение функциональной характеристики ($P_{\text{дов}} < P_{\text{треб}}, (T_{\text{дов}} < T_{\text{треб}})$ – вероятности доведения сообщения за время не превышающее заданное).

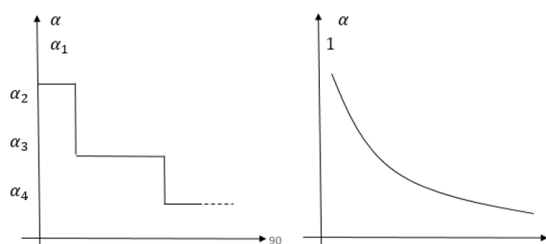


Рис.2. Изменения работоспособности двухполюсной компьютерной системы.

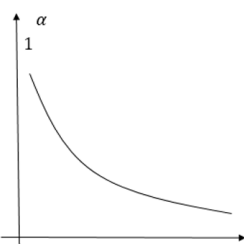


Рис.3. Изменение функциональной характеристики.

Так, ситуация с уровнем работоспособности α_4 соответствует выходу из строя узлов, по которым проходят основные маршруты доставки информации.

Затем после выявления уязвимых по надежности точек на графе сети можно предложить один из следующих путей улучшения работоспособности системы:

- построение необходимых путей (под контролем требований по доставке, учета изменения нагрузки и VBX);
- увеличение интенсивности восстановления отказавших элементов (под контролем затрат на техническое обслуживание и других параметров системы технического обслуживания);
- введения резерва (под контролем критерия затрат и требований по доставке).

Естественно, каждый из вариантов или их комбинация должны быть апробированы на моделях и разработаны соответствующие рекомендации.

Непременным условием использования первого варианта является определение времени восстановления работоспособности и исправности элемента, которое является одним из требований, позволяющих сделать заключение о необходимости введения обходных путей (например, если $t_{\text{вост}} < t_{\text{ср}}$ ожидание заявок в очереди перед i – м прибором, то логичнее восстановить прибор. Не переходя на обходные пути).

Условия, необходимое для использования второго варианта, диктуется выходными параметрами имеющейся или проектируемой системы технического обслуживания. Также, в модели следует ввести соотношения по приведенным затратам:

$$C = E_n K + \Xi,$$

где E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности;



K – капитальные затраты;

\mathcal{E} – эксплуатационные расходы.

Кроме того, следует учесть такие показатели как трудоемкость, вероятность своевременного выполнения операций технического обслуживания и средняя продолжительность их выполнения.

Вариант введения резерва, должен анализироваться совместно с вариантом увеличения интенсивности восстановления, по тем же показателям, но с добавлением показателей доставки при его реализации.

Закключение. Надежность современных компьютерных систем, сложное комплексное свойство, характеризующееся учетом большого многообразия параметров для своего определения. К числу этих параметров относятся структурные, эксплуатационные характеристики обслуживания. Множество имеющихся методов расчета оценку надежности как правило проводятся по одному из параметров (*например, связность сети, время наработки на отказ, затраты на восстановление элементов и т.д.*). Это не совсем верно, так как в реальных системах при отказе некоторых ее элементов, система может выполнять свои функции.

Работоспособность компьютерной системы – новый показатель оценки надежности, учитывающий выполнение системой своих функций.

Цель данного исследования: создать систему анализа и оценки надежности компьютерных систем, учитывающую функциональные, структурные и эксплуатационные характеристики.

Оценка характеристик проводится путем моделирования определенного информационного направления в виде многофазной модели системы массового обслуживания (*СМО*), каждая фаза которой представлена как многоканальная *СМО* типа $\vec{M}_k / M / n / r < \infty$.

Структурная надежность компьютерной системы может быть оценена как средняя доля связей между элементами графа сети, которая

сохраняется при одновременном повреждении ее произвольных элементов.

Предложенный метод оценки работоспособности не имеет ограничений на число корреспондирующих пар в сети, позволяет отслеживать динамику работоспособности компьютерной системы.

В качестве критерия “эксплуатационной” надежности, т.е. оценки необходимых затрат для надежного функционирования компьютерной системы обоснован показатель «*ПРИВЕДЕННЫЕ ЗАТРАТЫ*» как отображающий структурные и технические характеристики компьютерных систем. Разработанная система анализа и оценки надежности компьютерной системы, впервые позволяет получить зависимость функциональных характеристик от уровня работоспособности. Это позволяет практически впервые иметь динамику изменения работоспособности системы, учитывающую отказы-восстановления элементов с одной стороны и влияние их (*отказов*) на характеристики функционирования системы с другой. Этот вывод наглядно подтверждается вычислительным экспериментом.

Приведены три схемы повышения надежности компьютерной системы. Это восстановление элементов системы, введение резерва и комбинированная схема. Выбор каждой конкретной схемы производится с учетом затрат, необходимых на ее реализацию. В качестве таковых выступают приведенные затраты.

Проведенный в настоящем исследовании анализ современного состояния проблемы надежности на компьютерных системах показал, что в определении надежности как свойства обеспечить связь, сохраняя во времени значения установленных показателей качества в заданных условиях эксплуатации, стали включаться не только характеристики состояния технических средств, их наработки на отказ, но и множество требований пользователей к показателям надежности доставки сообщений, достоверности и безошибочности передачи сообщений, вероятности своевременной доставки сообщений.



Разработан подход анализа и оценки надежности компьютерных систем, включающий ее функциональные, структурные, эксплуатационные аспекты для компьютерных систем произвольной конфигурации, что позволяет обеспечить органы управления объективной и достоверной информацией о состоянии системы. Необходимость расчета структурных параметров и показателей надежности компьютерных систем вызывается следующими причинами: необходимостью оценки состояния системы для принятия решения по управлению компьютерной системой в условиях повреждения элементов и необходимостью оценки промежуточных вариантов системы на этапе ее синтеза.

Использованная литература.

1. Ишмухамедов А.Х. “Решения задач надежности систем передачи данных”. Узбекский журнал “Проблемы информатики ва энергетике”. 2023, №1.
2. Ишмухамедов А.Х. “Методы и алгоритмы оценки структурной надежности компьютерной сети”. Узбекский журнал “Проблемы информатики ва энергетике”. 2023, №4.
3. Ishmuxamedov A.X. “Methods and Algorithms for Assessing Computer Network Performance”. Advanced Computing An International Journal (ACIJ), Vol.15, No.6, November 2024. 1-10 p.
4. Ананьев А.Н. Разработка и исследование методов расчёта надёжности корпоративных сетей региональных операторов связи//Электросвязь. – 2002. – №10. – С.30-33.
5. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – М.: Политехника, 2000.
6. Черкесов Г.Н. Надёжность аппаратно-программных комплексов. – СПб.: Питер, 2005.
7. Абилов А.В. Сети связи и системы коммутации. Учебное пособие для вузов. М.: Радио и связь, 2004, 288 с.
8. Шувалов В.П., Егунов М.М., Минина Е.А. Обеспечение показателей надежности телекоммуникационных систем и сетей. 2015. 168 стр. ISBN 978-5-9912-0499-6.
9. Конесев С.Г. Хазиева Р.Т. Методы оценки показателей надежности сложных компонентов и систем. Электронный научный журнал –

Современные проблемы науки и образования. ISSN 2070-7428. 2015.

10. Нетес В.А. Надежность сетей связи в период перехода к NGN. Журнал «Вестник связи», №9, 2007.
11. Костогрызov А.И., Степанов П.В. Инновационное управление качеством и рисками в жизненном цикле систем. – М.: ВПК, 2008. 404 с.
12. Методическое руководство, по оценке качества функционирования информационных систем. – М.: 3 ЦНИИ МО РФ 2003. 352 с.
13. Коцюба И.Ю., Чунаев А.В., Шиков А.Н. Методы оценки и измерения характеристик информационных систем. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 264 с.
14. Громов Ю.Ю., Иванова О.Г., Мосягина Н.Г., Набатов К.А. Надёжность информационных систем. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2010. 160 с.
15. Тютин Н.Н., Успенский И.М., Чудинов С.М., Кривошеев О.Н. Методы расчета структурной надежности многоцелевых территориальных мульти-сервисных систем связи. ОАО «НИИ супер ЭВМ». 2009.
16. Бычков С.С., Попов А.М. Методы повышения надежности информационных систем. Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф.Решетнева. 2014.
17. Попков Г.В. Леваков А.К. Задачи оптимизации структурной надежности и живучести сетей связи в условиях ЧС. Вестник БГУ, 2013.
18. Львов В.М., Костогрызov А.И., Безкоровайный М.М. Инструментально-моделирующий комплекс для оценки качества функционирования информационных систем "КОК". М.: СИНТЕГ, 2000.

