

УДК 681.32.019

**ГАРАНТОСПОСОБНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЙ: УСТОЙЧИВОСТЬ,
УПРАВЛЯЕМОСТЬ НАДЕЖНОСТЬЮ И КОНТРОЛИРУЕМОСТЬЮ
ВЫПОЛНЯЕМЫХ ФУНКЦИЙ**

Г.С. Теслер

ИПММС НАН Украины

e-mail: tesler@immsp.kiev.ua

Человечество находится на этапе строительства постиндустриального информационного общества, когда на передний план выдвигаются высокие технологии, включая информационные, системный подход, а также требуются квалификационные специалисты. В этих условиях первостепенное значение имеет уверенность в правильности получаемой человеком и интеллектуальными машинами информации. Так, наряду с развитием технологий, человечество пришло к понятию гарантоспособности (dependable) вообще и гарантоспособных вычислений (dependable computing), в частности, характеризующаяся устойчивостью к отказам аппаратных и программных средств. Успехи развития высоких технологий оставили истории парадигму фон Неймана о построении надежных машин их ненадежных компонент. На передний план выдвинулась триада: надежное проектирование, надежное функционирование и надежная эксплуатация. Но все это только увеличило время безотказной работы систем, но не исключило появление отказов. Поэтому не утратили своего значения хорошо известные в теории надежности понятия: безотказность, живучесть, готовность, обслуживаемость, надежность, но к ним добавились достоверность, функциональная и информационная безопасность, также конфиденциальность и целостность (интегрируемость). Все эти понятия интегрируются в работах [1, 2] в понятие гарантоспособности. Но, как известно, сумма компонент еще не полностью характеризует целое, ибо цель и назначение целого формулируются не на текущем уровне, а на метауровне. Таким образом, понятие гарантоспособности содержит в себе большой и пока не раскрытый до конца потенциал. Все высказанное хорошо подтверждается следующей цитатой из работы [1]: «Защита и выживаемость сложной информационной системы, внедренной в инфраструктуру, поддерживающую современное общество, является мировой и национальной проблемой наивысшего приоритета... Понятие гарантоспособности обеспечивает очень удобное средство для рассмотрения различных проблем в рамках одной концептуальной основы».

Следуя [3 – 5], под гарантоспособностью вычислительных систем будем понимать способность системы правильно, достоверно и устойчиво работать за счет сохранения ее рабочих параметров в заданных диапазонах их изменения и правильного функционирования при решении задач, невзирая на возникшие внутренние и внешние возмущения.

В случае возникновения в вычислительной системе отказов и сбоев технических и программных средств устойчивость и правильность функционирования обеспечиваются путем использования избыточности, соответствующих архитектурно-структурных решений, необходимых уровней отказоустойчивости и надежности, робастности

алгоритмов, программных и технических средств, эффективной системы контроля и мониторинга правильности работы системы в контрольных точках, наличия элементов самоорганизации системы рационального использования существующих видов избыточности ресурсов, правильного реагирования на неадекватную информацию на входе и выходе функциональных элементов системы, так и системы в целом, за счет использования робастных процедур, входных и выходных фильтров, многоконтурных обратных связей и т.п.

Отметим, что необходимым условием для построения гарантоспособной системы является обеспечение ее отказоустойчивости, а для отказоустойчивости это наличие всех видов избыточности и контроля (мониторинга), а достаточными условиями являются механизмы парирования сбоев и отказов и их прогнозирование [3, 4].

Управление системной (функциональной) надежностью и составляет суть гарантоспособности в общем понимании этого термина. В настоящее время существует несколько подходов для реализации этого подхода в компьютерных системах. Первый подход состоит в использовании метода голосования нечетного числа процессоров на основе мажоритарного клапана с использованием кодов и обнаружением и исправлением ошибок. Это наиболее просто реализуемый на практике подход, который обладает излишней избыточностью. Второй подход основывается на компьютерных системах архитектуры Non Stop, где все аппаратные компоненты построены на основе быстрого проявления неисправностей, в соответствии с которым каждый компонент системы должен либо правильно функционировать, либо немедленно остановиться. Но при этом ответственность за восстановление после обнаружения неисправностей в аппаратуре возлагается на программное обеспечение. Третий подход основывается на использовании двухконтурной вычислительной сети, процессоров архитектуры Non Stop, модулей локальной и общей памяти, коммуникационных адаптеров, маршрутизаторов и т.п. Обычно большинство узлов системы имеют двухпортовые интерфейсы. Обычно система имеет несколько центральных процессов. Для обнаружения и парирования неисправностей используются возможности самой сети. Четвертый подход использует многоядерные процессорные элементы и эффективные системы контроля и мониторинга в сочетании с сетевым взаимодействием и наличием интеллектуальных средств для принятия решений на основе сложившейся обстановки. В этой связи необходимо отметить, что, как известно, живые организмы обладают наиболее высоким уровнем гарантоспособности. Поэтому для обеспечения высокого уровня гарантоспособности необходимо дополнить эту концепцию положениями системно-кибернетического подхода [4].

В этой связи важно отметить, что у человека, как венца живой природы, существуют четыре центра [6]: инстинктивный, обладающий наиболее быстрой реакцией и отвечающий безусловным рефлексам человека; двигательный, управляющий физической работой; эмоциональный, осуществляющий критериальную оценку обстановки; интеллектуальный, который вырабатывает цели и подцели, осуществляет

оценку выполнения целей. Понятно, что интеллектуальный центр осуществляет и другие виды интеллектуальной деятельности. Отметим, что последние три центра отвечают условным рефлексам человека.

Перенос этих функций в функции компьютерной системы является важной составляющей гарантоспособной вычислительной системы.

Для обеспечения гарантоспособности программных средств наиболее часто используют многовариантность. Более подробно с этим подходом можно ознакомиться в работе [2].

Для обеспечения гарантоспособных вычислений особое внимание необходимо обратить на реализуемые на компьютерной системе алгоритмы и методы решения поставленных задач. Наибольшей устойчивостью к ошибкам округления обладают символьные вычисления, затем идут рациональная арифметика и арифметика целых чисел. К сожалению, в реальных задачах не всегда возможно обойтись этими подходами. С точки зрения алгоритмов в данном смысле хороший уровень устойчивости дают итерационные методы, сходящиеся к неподвижной точке. В вычислительной математике хорошо разработана теория решения некорректных задач. Но это отдельная тема. В общем случае, если есть возможность выбора, лучше использовать робастные алгоритмы. Важно не только фиксировать сбои, отказы и ошибки системы, а предотвращать их за счет использования проверенных методов и подходов, высоконадежных технических и программных средств, высоких технологий на всех стадиях жизненного цикла изделия. При решении этой проблемы особо важную роль играют методы и модели прогнозирования возникновения сбойных ситуаций.

Важнейшую роль при решении проблемы гарантоспособных вычислений играют специалисты, принимающие решения, и интеллектуальные средства, управляющие надежностью и контролируемостью выполняемых функций компьютерной системы.

Литература

1. Aviziens A., Laprie J.-X., Randekk B., Landwehr C. Basis Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing // IEEE Trans. on Dependable and Seture Computing. – 2004. – Vol. 1, N 1. – P. 11 – 33.
2. Харченко В.С. Гарантоспособность и гарантоспособные системы: элементы методологии // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – № 5 (17). – С. 7 – 19.
3. Теслер Г.С. Концепция создания вычислительных средств с высоким уровнем отказоустойчивости // Математичні машини і системи. – 2002. – № 2. – С. 176 – 183.
4. Теслер Г.С. Новая кибернетика. – Киев: Логос, 2004. – 402 с.
5. Теслер Г.С. Концепция построения гарантоспособных вычислительных систем // Математичні машини і системи. – 2006. – № 1. – С. 134 – 145.
6. Косс В.А. Модель естественного интеллекта и пути реализации задач искусственного интеллекта // Математичні машини і системи. – 2006. – № 4. – С. 21 – 35.