

УДК 004.3.12

Ерхов А.А., к.т.н., доцент

О НЕКОТОРЫХ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ В РАБОТЕ КОМПЬЮТЕРОВ В СВЯЗИ С ИХ НАДЕЖНОСТЬЮ

Дается обзор проблем воздействия человеческого организма и антропогенных факторов на работу электронных устройств.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КИСЛОТНОСТЬ, ИОНИЗАЦИЯ, КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ, ТЕМПЕРАТУРА.

Человеческий организм рассматривают во всех аспектах, но не с точки зрения его влияния на сложные электронные устройства. Если посмотреть на него, как на источник всяческих загрязнений, не исключая электронные, то, прежде всего, следует определиться на что он влияет и в какой степени эти «помехи» становятся существенно опасными для функционирования исследуемых электронных систем.

Такая постановка вопроса особенно важна в условиях изолированных систем.

В институтах, связанных с космической проблематикой, в ходе продолжительных исследований было установлено, что, например, алюминиевые сплавы, как нестранно, весьма чувствительны по коррозионной стойкости к влажности и ультразвуку, кроме того, потеря прочности у них наступает при нагреве, причем незначительном $\sim 90^\circ \text{C}$. Странно то, что алюминий всегда считался одним из коррозионно-стойких металлов. Но здесь дело в том, что коррозия коррозий рознь. Существует так называемая биокоррозия. Вот именно она и влияет на структуру устройств из алюминия.

Биокоррозия развивается в присутствии человека, и характеризуется электрохимическим разрушением, то есть, проявляется в агрессивной среде.

Ясно, что создаваемая человеком среда, есть результат (то есть, продукт) жизнедеятельности микроорганизмов – грибов и бактерий (*Aspergillus versicolor*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium expansum*) – синтезирующих различные кислоты. Последние и разъедают металл, образуя микрокаверны.

Для устройств, в технологии которых используются электронные приборы размером в микрометры, достигая десятков нанометров, образование микрокаверн критично.

Второе – влияние на чипы ионизирующего излучения.

Третьей причиной является свет люминесцентных ламп, который (в отличие от обычных ламп накаливания) по данным японских исследователей образует на поверхности кремниевых чипов микроверны. А элементы в микросхеме упакованы столь плотно, что даже малые ямки вызывают нарушение в работе схемы. Это одна из основных причин недолговечности электронных устройств ЭВМ.

Четвертая причина касается других «невидимых» «загрязнений» внеземной природы. Вместе с потоком солнечного излучения, но только круглосуточно, из далеких галактик приходят, проникают сквозь атмосферу и обрушиваются на поверхность потоки космических лучей.

Пятым фактором (по сути его можно поставить на первое место) является перегрев полупроводниковых схем.

Наконец, «виновником» сбоев являются – сами компьютерные программы. При параллельной их работе вероятны ситуации, когда конкуренция за процессорное время либо в процессе обработки прерываний работающих устройств возникнут непредвиденные переключения состояния.

В статье определяется направление поиска, все остальное – в руках экспериментатора.

1. Кислотность реакционной среды имеет существенное значение для множества физических и химических процессов. Для характеристики кислотно-основных свойств используется, как известно, водородный показатель рН (р – potential). Дело в том, что концентрация ионов водорода влияет на биологическую активность белков и нуклеиновых кислот, то есть микроорганизмов.

Кислотность среды определяется двумя видами ионов: водорода $[H^+]$ и гидроксида – основания $[OH^-]$. И кислотно-основной гомеостаз человека в значительной мере определяет рН среды, в которой он обитает. Поэтому дисбаланс рН-фактора человека не только вредит здоровью самого человека, приводя к дегенерации органов и тканей, но и становится фактором риска для компьютеров, работающих в среде пребывания человека, и подверженных влиянию едких кислотных остатков.

2. Давно известно, что под действием ионизирующего излучения часто происходит отказ полупроводников (в том числе органических), обычно кратковременный (кроме того, в полупроводниках ток и напряжения не могут одновременно превышать максимально допустимые значения, при этом нельзя, чтобы даже кратковременно отключалась база транзисторов; целесообразно подключать стабилизаторы, избегать влияния статического электричества (заземляя), и следить, чтобы не менялась полярность; обгорание контактов в результате многочисленных подключений – еще одна причина, влияющая на надежность. Переход от магнитных дисков (жестких) к картам флэш-памяти также пока не представляется воз-

возможным из-за низкой надежности и долговечности последних, и это потому, что ячейка памяти ПЗУ, состоящая из одного полевого транзистора, имеет конечное число (порядка 100 тыс.) циклов запись-стирание).

В обычных условиях воздух не проводит тока. Однако при нагревании частицы распадаются на отрицательные и положительные, то есть возникает ионизация, и в среде возникает ток (не подчиняющийся законам Фарадея и Ома: вольтамперная характеристика не линейна, а такая, как рассматривается в литературе по электронным лампам). Распад частиц обусловлен отрывом электрона от атома, или, напротив, прилипанием к атому (вторым основным фактором ионизации является рентгеновское излучение).

В воздухе заряд иона равен одному, двум, или даже большему числу элементарных зарядов. Плотные ионные токи создаются движением аэроионов. Они образуются в воздухе на рабочих местах электроустановками постоянного тока высокого напряжения. Но такие токи могут быть и слабыми, а влажность воздуха при этом высокой. Хотя измеряется ток стекания постоянного (очень малой силы) напряжения в сухую погоду при относительной влажности не менее 60% и при скорости ветра не более 2 м/с.

Постоянное или мощное излучение, в результате которого образуются отрицательно и положительно заряженные ионы, исходит также от радиоактивных (в той или иной степени всех) горных пород и молний.

3. Люминесцентные лампы относятся к газоразрядным, то есть мерцающим не только в видимом, но и в ультрафиолетовом и инфракрасном спектрах. Как известно, ультрафиолетовое излучение обладает наибольшей энергией. А люминофор изнутри подсвечивается ультрафиолетом. В целом причина разрушения полупроводников лампами такого типа нам не вполне ясна. Скорее всего, именно этим, а не искажением цветопередачи обусловлена эта проблема.

4. Четвертая указанная причина – влияние космических лучей.

Специалистами Microsoft установлено, что космические лучи являются одной из важнейших причин сбоев. На их долю приходится 0,1 % отказов. Космические лучи возникают при взрывах сверхновых. Они представляют собой поток (со скоростью света) заряженных частиц, представленных в основном протонами и ядрами атомов.

В земной атмосфере происходит их существенное рассеяние при взаимодействиях с атомами воздуха, при этом некоторые из образовавшихся нейтронов достигают земной поверхности плотностью 1-10 на см² за 1 с. Для работы электронных устройств с размерами приборов мкм это, казалось бы, неопасно, но сбои из-за частиц и не происходят ежесекундно. Какова возможная природа сбоев? Это однозначно установлено: при столкновении нейтрона с атомом кремния (полупроводники и вообще

микросхемы образуются другие частицы – атом натрия, альфа-частица, протон и электрон. В результате возможно все, что угодно, а именно: сбой в микропроцессоре, изменение состояния ячейка памяти ОЗУ, короткое замыкание в микросхемах.

И с уменьшением линейных размеров всех устройств вероятность сбоя увеличивается многократно.

Избегнет ли той же участи поколение (следующее) квантовых компьютеров, которые, имея на порядки большую производительность, столкнутся с теми же эффектами, но с большими вероятностями их проявления.

(Компьютеры на основе живых молекул, создаваемых из ДНК и энзимов, позволяющих с помощью электрических сигналов путем обмена данными между другими такими же молекулами выполнять вычисления за последнее время в литературе не столь обсуждаемы.)

5. Современные процессоры работают с увеличенными тактовыми частотами, и при этом сильно нагреваются. Повышение температуры чрезвычайно вредный фактор, и снижение температуры на 10°С снижает число отказов вдвое. Необходимо осуществлять теплоотвод везде, где только возможно, и для этого приборы располагать как можно дальше от нагревающих деталей, от которых, кстати, проще всего тепло и отводить. Процессоры с частотами свыше 3,5 ГГц вообще требуют водяного и даже криогенного охлаждения: теплопроводность воздуха не обеспечивает охлаждения до рабочих температур. При увеличении частоты процессора в два раза выделяемое им тепло возрастает в четыре. Как известно, процессор может работать до температуры внутри системного блока не более 80°С (например, при неработающем вентиляторе или плотно запыленном радиаторе), и при 85° происходит отказ.

По данным из открытой печати увеличение тактовой частоты процессора на 20% ведет к увеличению производительности на 13, однако при этом рост энергопотребления возрастает до 73. При уменьшении частоты на тот же процент (20), на тот же процент (13) уменьшается производительность, и расход энергии уменьшается на 49%.

Если процессор двоядерный, то есть компьютер, по сути, оснащен двумя независимыми процессорами на одном кристалле, то такое же увеличение тактовой частоты (на 20%) приводит к увеличению производительности на 70%, а энергопотребление возрастает только на 2.

Итак, единственным путем увеличения производительности компьютера является увеличение числа процессоров (число ядер может достигать 80). Первый двоядерный процессор «Merom» с центральным ядром «Yonah» с технологией 65 нм содержал 291 млн. транзисторов. Следующая технология 45 нм (для сравнения, предшествующие процессоры Dothan с технологией укладки полупроводников 90 нм содержали 140 млн. транзи-

сторов). В это время (два года назад) AMD производила двоядерные процессоры «Athlon» и «Turion» по технологии 90 нм (число транзисторов 154 млн.), затем 65 нм. В настоящее время Intel и AMD выпускают процессоры с 1, 2, 3, 4, 5 и 6 ядрами. В планах 8 и даже 16.

«Невидимое» влияние человека и окружающих его электронных устройств взаимно. Человек влияет бактериями и грибами, созданием микроклимата в помещении.

Но и компьютеры со своей стороны опасны для здоровья человека своими ядовитыми компонентами (Дания, Англия). Многочисленные химические анализы (хроматография, масс-спектрометрия, рентгеновская спектроскопия) указывают на содержание брома (используется в качестве замедлителя горения), продукты разложения поливинилхлорида (изоляция), свинец припоя, шестивалентный хром (антикоррозионные свойства), пластические массы. Данные вещества, хотя и в крайне незначительном количестве, выделяются в воздух при нагреве работающего компьютера.

Во-вторых, для связи современных устройств, в частности компьютеров, последние снабжаются радиочастотными каналами, то есть портами, обеспечивающими передачу данных посредством электромагнитных волн в диапазоне радиочастот. При этом мощность этих приемопередающих устройств такова, что они небезопасны для человека и оборудования жизнеобеспечения. Например, давно изучено, что телефоны сотовой связи GPRS отрицательно влияют на электронные устройства жизнеобеспечения: сердечные стимуляторы, искусственные легкие, мониторы состояния, авиаоборудование. И вообще каждый третий человек испытывает плохое самочувствие при работе сотовой связи.

В-третьих, возьмем только два маленьких примера влияния компьютеров не напрямую на человека, а опосредовано через окружающую среду.

1. Для работы компьютеров (от персональных до супер) требуется постоянный ток; забирая электроэнергию из силовой линии при существующем неэффективном выпрямлении (потери на тепло и охлаждение) зря затрачивается до 30 % энергии. 2. Для получения каждые 10 мегабайт информации из Интернета необходимо сжигать почти килограмм угля. То есть информационные Сети очень затратные.

Доказано, что существует отрицательное взаимное влияние на функциональные состояния человека и ЭВМ. Данный факт ни в коем случае нельзя переоценивать и делать выводы об опасности компьютеров вообще. А электромагнитные поля человека не столь очевидно влияют на ЭВМ.