

## НОВАЯ РОЛЬ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ: ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД ЛИЦОМ КАТАСТРОФ

*Кирпичников А.П., Федеральное государственное бюджетное учреждение науки, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН)*

*Существует три вида лжи: ложь,  
наглая ложь и статистика.*

*Марк Твен*

Проектируя современное электронное устройство из ряда важных и ответственных, разработчик иногда задумывается о его поведении в критический момент и о том, что будет таким критическим моментом. И, хотя наше воображение подпитывается фантастической продукцией киноиндустрии, давно смакующей Армагеддон, трудно представить себя участниками «Гибели Помпеи» или «2012». Кроме того, все воздействия на аппаратуру при различных испытаниях стандартизованы и не представляют собой ничего общего с тем, что изредка случается в жизни. Тем не менее, стоит рассмотреть реальную вероятность попадания интересующего нас прибора в зону катастрофы и последствия, с этим связанные. В качестве примера можно взять ответственное устройство автоматики с тиражом 50 тыс. штук и сроком службы 10-12 лет: какова вероятность для него в течение жизненного цикла встретиться с катастрофой или, что хуже, поучаствовать в ней? Оказывается, куда большая, чем нам это представляется.

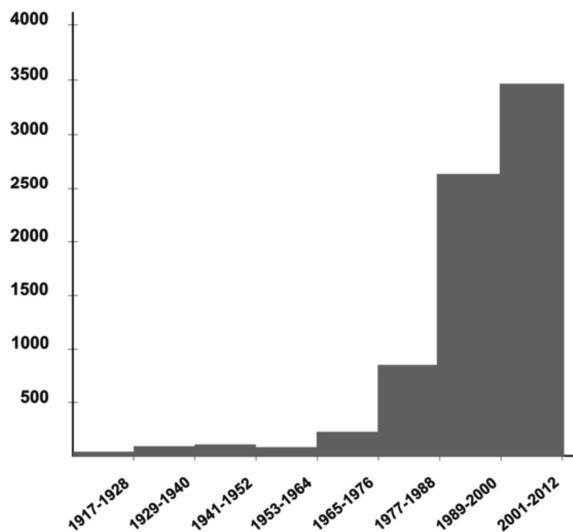


Рис. 1. Количество зарегистрированных техногенных катастроф (1917 – 2012гг)

Начнем рассмотрение с техногенных катастроф. Что их количество увеличивается – очевидно (рис. 1), поскольку оно пропорционально, с одной стороны, общему количеству единиц используемой техники, а с другой – увеличению степени ее влияния на критические события.

Последнее проявляется как в части разнообразия внедрений (применений на объектах), так и в вариациях масштабной шкалы последствий: как результат – получаем

нелинейную (степенную) зависимость. Несмотря на ограниченность масштаба событий, влияние их велико и специфика очевидна: техника, особенно энергонасыщенная, при нарушении контроля (отсутствии надежно функционирующих систем безопасности) – это стихия. Последствия от техногенных катастроф всегда локально более разрушительны (и болезненны), хотя бы по той причине, что расположена техника почти всегда вблизи – среди людей. Этот контакт бывает чрезвычайно опасен (когда масштабы события уже выходят за рамки операторских ошибок или положений об охране труда) и в условиях отсутствия контроля это всегда реализуется тяжелыми последствиями.

Вторым моментом, требующим осмысления, является то, что множество техногенных катастроф (не говоря о бесчисленных инцидентах меньшего ранга) сопутствуют природным инцидентам, которые являются для них лишь спусковым механизмом и сами по себе таких разрушительных последствий часто не имеют. Тогда как спровоцированные ими техногенные катастрофические события имеют

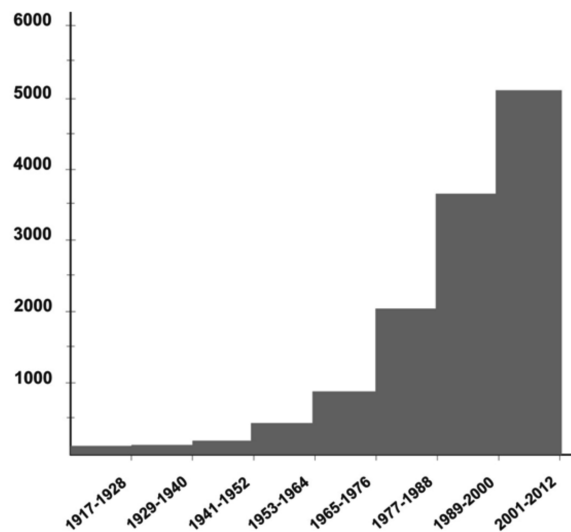


Рис. 2. Количество зарегистрированных природных катастроф (1917 – 2012гг)

действие поистине опустошительное (упомянем лишь пожары и, например, взрыв газопровода, вызванные небольшим землетрясением или оползнем, с замыканием электрических кабелей и пр.).

Теперь обратимся к цифрам – речь идет о статистике техногенных и природных катастроф и их последствий за последние 100 лет (основываясь на материалах CRED – Centre for Research on the Epidemiology of Disas-

ters) [1]. Так, за 30 лет с 1910г по 1940г (при населении Земли ок. 2 млрд чел ) количество зарегистрированных **техногенных** катастроф составило лишь 162 при пострадавших и жертвах ~50 тыс. чел. с общим ущербом ~\$102,5 млн. При этом число **природных** катастроф за этот период зарегистрировано 286 с пострадавшими и жертвами ~80 млн. чел и общим ущербом ~\$5 млрд.

раз на протяжении всего одной человеческой жизни. Приведенные на рис. 1 – 4 графики говорят сами за себя (для удобства при обработке данных использованы интервалы по 12 лет, что близко, с одной стороны, к циклам солнечной активности, а с другой – к типовому времени жизни капиталоемкого оборудования). При этом схожесть динамики для природных и техногенных катастроф хо-

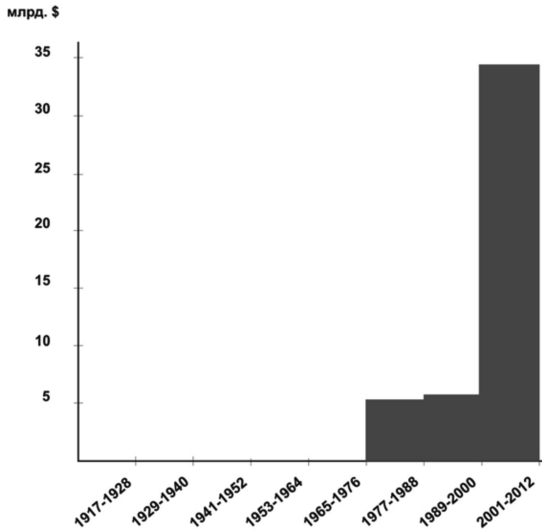


Рис. 3. Ущерб от техногенных катастроф (1917 – 2012 гг)

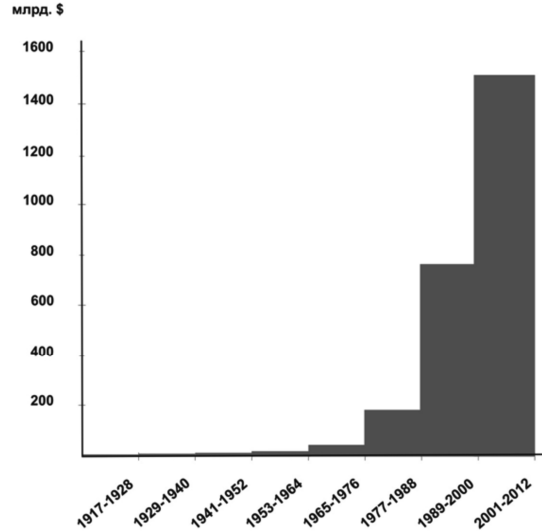


Рис. 4. Ущерб от природных катастроф (1917 – 2012 гг)

Но за такой же период с1982г по 2012г (при населении Земли 7 млрд. чел) эти цифры составили: для **техногенных** катастроф ~6,7 тыс. с пострадавшими и жертвами 4 млн. чел. и ущербом ~\$45,5 млрд.; а для **природных** катастроф ~10 тыс. с пострадавшими ~8,3 млрд. чел с общим ущербом ~\$2382 млрд. То есть рост по числу катастроф составил **35 раз**, а по нанесенному ими ущербу – **450 раз!**

рошо прослеживается на совместном графике (рис. 5), а рост вовлеченности населения планеты – на рис. 6.

Иными словами, если в прошлом веке до начала 60-х годов природные катастрофы на обитаемой части Земли происходили не чаще 1–2 раз в месяц, то с конца 90-х – уже каждый день. А принимая во внимание среднюю длительность пика катастрофических событий два дня и более, получаем перманентное наличие в Ойкумене по

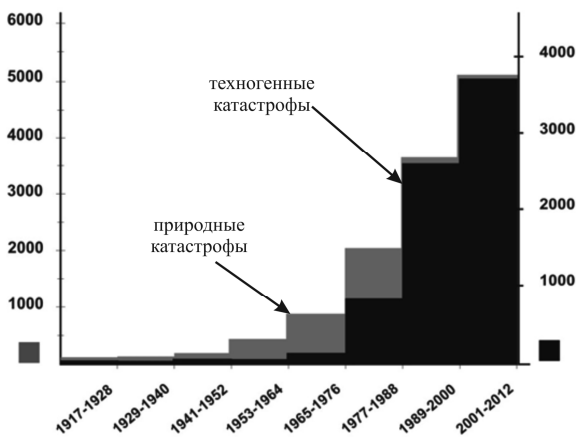


Рис. 5. Количество техногенных и природных катастроф (1917 – 2012 гг)

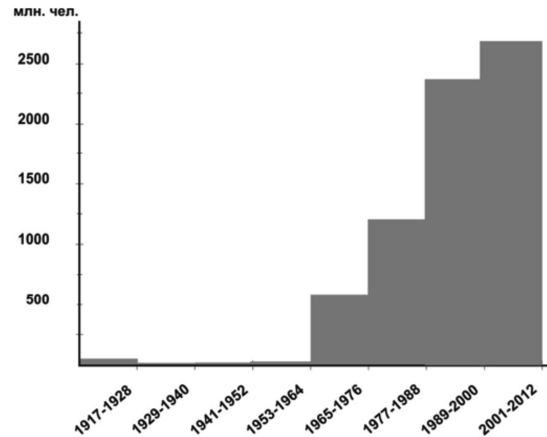
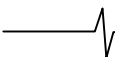


Рис. 6. Пострадавшие от природных катастроф (1917 – 2012 гг)

Даже предполагая несовершенство процедур регистрации на первом интервале и вакханалию формажорных и страховых механизмов во втором, а также общую инфляцию порядочности, честности и разумности на планете (где же напасть на такое растущее население ☺), приходим к отрезвляющему выводу, что частота катастрофических событий и их разрушительные действия на планете возросли как минимум в 20-30

крайней мере нескольких зон катастроф одновременно, чего раньше не наблюдалось. При этом в течение десятилетия вовлеченным тем или иным образом в катастрофические события оказывается, как минимум, каждый третий житель планеты (!).

Опираясь на данную статистику, а также характерную плотность распределения интересующего оборудования (из области автоматике и контроля безопасности) по



отраслям и территориям, и следует искать ответ на заданный вначале вопрос о вероятности. И хотя ответы в каждом конкретном случае получим разные, но очень впечатляющие! После данного рассмотрения стоит задуматься над правомерностью облегченных требований и стандартов при испытаниях, а также о судьбе результатов своего технического творчества и людей, оказавшихся вблизи него не по своей воле и не в тот день... Таким образом, со всей очевидностью просматривается ужесточение требований к влияющим на безопасность техническим устройствам, объектам и их обеспечению: дополнительная стойкость к факторам природных и техногенных катастроф – чтобы в сочетании с ними не создавать куда большие по масштабу события.

В XXI веке ситуация только ухудшилась, и мы живем в эпоху непрерывных природных катастроф, к которым добавляем новые техногенные, выращивая из них экологические. Всему этому должны быть серьезные причины, но рассуждения о них выходят за пределы данной

чем будет пытаться реагировать современное человечество на этот вызов своей безопасностью? Наиболее вероятно – все теми же микропроцессорными системами сбора, обработки и управления. Нас в такой ситуации должны волновать по крайней мере чисто профессиональные вопросы обеспечения функционала безопасности, т.е. техника, работоспособная в жестких условиях, когда вероятность аномальных по величине воздействующих факторов возрастает многократно. Так какова же типичная стойкость автоматики к различным воздействиям (влажность, удары, электромагнитные поля и пр.) и как она менялась на протяжении столетия? Если в части механической прочности и тщательности изготовления ответ очевиден, то в отношении электромагнитной стойкости необходимо сделать некоторые оценки. В качестве критерия возьмем условный параметр порогового воздействия, вызывающего сбой такой системы и, по аналогии со спектральной плотностью шума, будем измерять его в единицах  $B/\sqrt{МГц}$ .

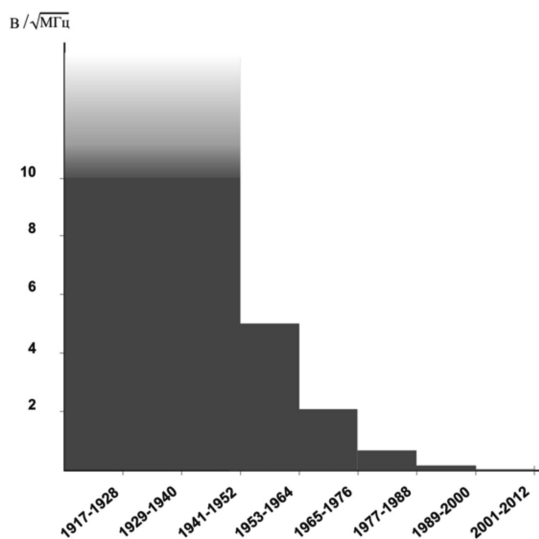


Рис. 7. Оценка устойчивости систем автоматики к ЭМИ (1917 – 2012 гг)

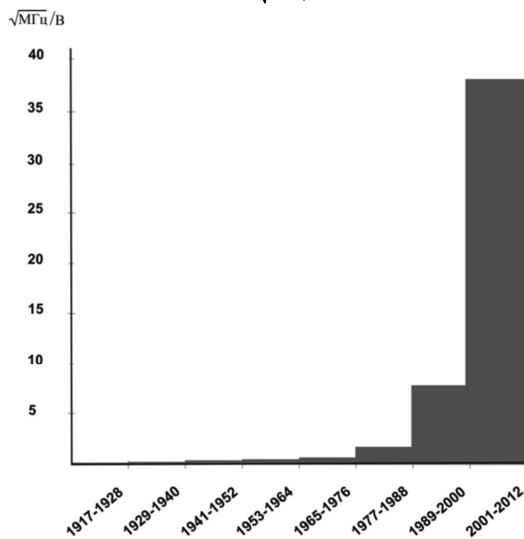


Рис. 8. Показатель неустойчивости систем автоматики к ЭМИ (1917 – 2012 гг)

работы. Упомянем лишь наметившуюся смену магнитных полюсов Земли и наблюдаемое сейчас ускоренное их сближение. Это предполагает серьезную электрическую и сопутствующую ей магнитную активность планеты и не сулит ничего хорошего ни биологическим, ни электронным системам, ее населяющим.

Человеческому мышлению в популяции свойственна инерционность (задержка реакции на поколение и более) с одной стороны, и высокочастотная фильтрация (когда мелкие тактические события затевают глобальные тенденции, особенно те из них, где постоянная времени – более нескольких десятилетий и поколение привыкает) – с другой, что предполагает адекватную реакцию на происходящее в лучшем случае, лишь со стороны нескольких профессиональных сообществ, при игнорировании обществом в целом. Но уже пора переделывать стандарты и обсуждать дополнительные, не рыночные, механизмы повышения прочности ответственных систем и объектов. В условиях нарастающего вала катастрофических событий прецедентное мышление с запоздалой реакцией могут не сработать. Как и

Рассмотрим с этой точки зрения все этапы, которые прошли электрические и электронные устройства ответственного назначения и соответствующие им уровни сигналов управления: начиная с электромеханических и релейных систем автоматики, через ламповые – к модулям на биполярных транзисторах, и затем, к микросхемам биполярным и МОП, с дальнейшим непрерывным уменьшением технологических размеров и снижением пороговых напряжений последних. Источники напряжения, в свою очередь, прошли путь от высоковольтных анодных батарей, через стандарты 48 и 27 В к 12 В и, задержавшись потом четверть века на стандартных 5 В, стремительно рухнули через 3.3 и 2.5 В в окрестность 1 В. При этом частота переключений, а следовательно и полоса захвата помех, непрерывно росли – от килогерц электромеханики, через десятки мегагерц для ламповых систем и транзисторных модулей, к сотням мегагерц логических микросхем и гигагерцам больших процессоров. Результаты оценки параметра представлены на рис. 7; цифры для начала века составляют сотни и выходят за пределы линейного графика, а для нашего вре

мени наоборот – неразличимы у нуля. Для лучшего осмысления тенденции на рис. 8 приведен график обратных значений параметра – здесь все встает на свои места и видна родственность со статистикой техногенных катастроф с учетом увеличения распространенности техники (см. например, рис. 3). Так что инженерам есть над чем задуматься: фактически имеем ситуацию, когда техника – электроника, системы управления – становится все тоньше и изощреннее, демонстрируя при отказах и сбоях непредсказуемость «больших систем» [3, 4], а воздействующие факторы – все грубее (и «настойчивей»).

Отдельно стоит обсудить график эффективности современных человеческих обществ потребления в части экономного обеспечения жизни и ее защиты, и изменения этих показателей за последние десятилетия (и мысленно наложить на первую серию графиков). В качестве характерного примера проанализируем деятельность врачей общего профиля 1950-х и 2010-х гг. (по пропорции врачей на количество населения, и пропорции времени общения с больным и лечения к бумажной и компьютерной отчетности). То же в отношении многих других служб, например, шерифов и полиции вообще... Добавим к этому всевозможные антитеррористические мероприятия и предохранительную практику контроля проходов во всех ограждениях от аэропортов до учреждений (с раздеванием и без), а также сами бесчисленные заборы, в которых сделаны эти проходы (а ведь все эти государственные и частные ограждения из металла и цемента нужно построить и содержать!). Оценив эффективность всего этого, получим картину поистине ужасающую! Автор избегает таких графиков, но при этом склоняется к мысли, что здесь действуют законы поистине универсальные, и расчетная доля загоронок из всего полезного строительства должна совпасть с пропорцией непроизводительного времени врача, отв-

леченного от диагностики и лечения. В сочетании с тенденцией, отраженной на графиках рис. 1 и 2, это ничего хорошего человечеству не сулит. Другой современной катастрофой следует назвать повсеместную деградацию квалификации во всех областях техники [6]. Происходящая смена поколений заставляет задуматься о цикличности проявления технического интеллекта (даже в тех географических зонах, которым он изначально свойственен), что не приносит оптимизма в свете вышеизложенных фактов. Таким образом, прореживание технологий, отказ от наиболее сложных и рискованных из них (в ядерной энергетике, химии, вооружениях и т.п.), обсуждаемые в некоторых вполне развитых странах, представляются автору (как ни печально придти к такому выводу!) более существенными и позитивными факторами для будущего выживания, нежели предыдущие стратегии полного овладения природой. Общество, где идеологией стало потребление, а трудности созидания не в почете, вынуждено будет смириться с упрощением инструментария своей цивилизации – если успеет перестроиться до надвигающейся катастрофы.

### Литература

1. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) [www.emdat.be](http://www.emdat.be)
2. Катастрофы конца XX века. Под ред. д.т.н. Владимирова В.А. – М.: Геополитика, 2001. 424 с.
3. Каста Д. Большие системы: связность, сложность и катастрофы. – М.: Наука, 1982
4. Томпсон Дж. М.Т. Неустойчивости и катастрофы в науке и технике – М.:МИР, 1985.-254 с.
5. Петров Ю.П., Петров Л.Ю. Неожиданное в математике и его связь с авариями и катастрофами. – СПб.: ВНУ, 2012. – 240 с.
6. Алексеев В.В. Катастрофа летной подготовки в России – Москва : Радис-РПЛ, 2012. - 287 с.

## НОВЫЕ КНИГИ

*Солонина А.И., Клинский Д.М., Меркучева Т.В., Перов С.Н.*

**ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И MATLAB**

*СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 512 с.*

*(Учебная литература для вузов)*

Описываются базовые методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов и средств их компьютерного моделирования в системе MATLAB. Даны основы алгоритмического языка MATLAB. Рассматриваются дискретные сигналы, линейные дискретные системы, дискретное преобразование Фурье с использованием алгоритмов БПФ, синтез и анализ КИХ- и БИХ-фильтров, в том числе с фиксированной точкой, спектральный анализ сигналов, многоскоростная обработка сигналов и адаптивная цифровая фильтрация.

Технология обучения в процессе компьютерного моделирования на основе созданных авторами программ или графического интерфейса пользователя MATLAB расширяет теоретические знания и позволяет понять многие важные проблемы и аспекты практического применения методов и алгоритмов ЦОС. На прилагаемом к книге CD хранятся обучающие программы и таблицы исходных данных.

Предназначена для студентов, аспирантов и преподавателей вузов, а также специалистов в области цифровой обработки сигналов.

