

УДК 005.521:633.1:004.8

UDC 005.521:633.1:004.8

01.00.00 Физико-математические науки

Physics and mathematical sciences

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**FORECAST OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Орлов Александр Иванович
д.э.н., д.т.н., к.ф.-м.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 4342-4994

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, prof-orlov@mail.ru

Orlov Alexander Ivanovich
Dr.Sci.Econ., Dr.Sci.Tech., Cand.Phys-Math.Sci., professor
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Прогнозирование научно-технического прогресса необходимо для принятия обоснованных управленческих решений. В настоящей статье прогнозируем развитие информационно-коммуникационных технологий с целью решения частного, но важного вопроса разработки профессиональных стандартов в ракетно-космической промышленности. Выявляем факторы, влияющие на развитие информационно-коммуникационных (компьютерных) технологий, с их помощью определяем тенденции развития этих технологий на ближайшие два десятилетия. Главная тенденция - это максимальное удешевление производства компьютерных (и сетевых) комплектующих, сочетающееся с ростом их мощности. Одним из способов удешевления производства является "централизация" - объединение нескольких компонентов в один. Третья тенденция - стремление к уменьшению размеров компьютеров. По размерам будущий компьютер может представлять собой прибор размером с карандаш, булавку или пуговицу, поскольку системный блок имеет пренебрежимо малые размеры, клавиатура и дисплей будут виртуальными, передача любых объем информации осуществляется через виртуальный офис в Интернете. Развитие систем защиты от свободного копирования приведет к росту использования свободнораспространяемого программного обеспечения и технологий "аренды программ" через Интернет. Прогнозируем увеличение надежности и ресурсоемкости программ при сохранении общих принципов интерфейса. Революционные преобразования ожидают производственную (станки, датчики) и бытовую технику

Forecasting of scientific and technical progress is necessary to make grounded management decisions. In this article, we forecast the development of information and communication technologies in order to solve a particular but important issue of design of professional standards in the aerospace industry. We identify the factors affecting the development of information and communication (computer) technologies, with their help determine the trends of development of these technologies over the next two decades. The main trend - the maximum cheaper production of computer (or network) components, combined with an increase in their capacity. One way to reduce the cost of production is the "centralization" - combining several components into one. The third trend - the desire to reduce the size of computers. The size of a future computer could be a device the size of a pencil, a pin or button, as the system unit has a negligible size, keyboard and display are virtual, transfer any amount of information through a virtual office online. The development of secure free copying will lead to increased use of this free software and technologies "rental program" over the Internet. We predict an increase in reliability and intensive programs while maintaining the general principles of the interface. Revolutionary changes are expected production (machines, sensors), and household appliances

Ключевые слова: ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ, РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, КОМПЬЮТЕРЫ БУДУЩЕГО, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ВИРТУАЛЬНАЯ КЛАВИАТУРА, ВИРТУАЛЬНЫЙ ДИСПЛЕЙ

Keywords: FORECAST, INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES, PROFESSIONAL STANDARTS, AEROSPACE INDUSTRY, FUTURE COMPUTERS, SOFTWARE, VIRTUAL KEYBOARD, VIRTUAL DISPLAY

Введение

Прогнозирование научно-технического прогресса необходимо для принятия обоснованных управленческих решений [1]. В настоящей статье прогнозируем развитие информационно-коммуникационных технологий с целью решения частного, но важного вопроса разработки профессиональных стандартов в ракетно-космической промышленности [2]. Как известно, профессиональный стандарт - это характеристика квалификации, необходимой работнику для осуществления определенного вида профессиональной деятельности. Профессиональные стандарты разрабатываются согласно статье 195.1 Трудового кодекса Российской Федерации, для применения:

- работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, разработке должностных инструкций, тарификации работ, присвоении тарифных разрядов работникам и установлении систем оплаты труда с учетом особенностей организации производства, труда и управления;

- образовательными организациями профессионального образования при разработке профессиональных образовательных программ;

- при разработке в установленном порядке федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования [3].

Очевидно, содержание профессиональных стандартов должно отражать результаты прогнозирования научно-технического прогресса в соответствующей области, в данном случае - в ракетно-космической промышленности. Общеизвестно возрастание роли информационно-коммуникационных технологий в производстве и управлении. Поэтому в качестве примера прогнозирования научно-технического прогресса обсудим развитие информационно-коммуникационных технологий.

2. О прогнозировании: предварительные соображения

Начнем с констатации: прогнозы имеют тенденцию капитально подводить своих авторов. Вспомните, что предсказывали творцы литературы и техники полвека назад о нашем времени? Полеты на планеты Солнечной Системы и к звездам, освоение далеких планет, разумные роботы - и средства фиксирования информации в виде микрофильмов, голосовых кассет и киноплёнки. Нередким было описание субсветового звездолета с чем-то вроде арифмометра в качестве устройства расчета курса.

И что мы имеем? Не добрались даже до Луны (пара прыжков и прогулок - если они действительно были [4] - при всем огромном уважении к астронавтам все же нельзя считать даже началом освоения небесного тела), зато в жароупорном и ударостойком брелке для ключей можем носить всю Ленинскую библиотеку, а портативное устройство связи в масштабах планеты без особых проблем может быть практически у каждого землянина. Забыты космос и океанские глубины - зато вполне можно поставить на стол устройство, дающее доступ к весьма большой части духовного богатства человечества и любоваться живописью и кинематографом другого конца мира в любой момент и не выходя из дома. Практически все прогнозы полувековой давности не сбылись.

Для разработки профессионального стандарта специалиста ракетно-космической промышленности желательно знать, во что превратятся к 2020 - 2030 гг. персональные компьютеры? Что из себя будет представлять "работа на компьютере"?

Будущее определяется прошлым. Вспомним, что из себя представлял компьютер 33 года назад - в 1983-м году. Это был год разгара "холодной войны" - и стабильной и развитой экономики Союза, год первых стартов шаттлов - и активной работы советских космонавтов на орбитальных станциях. И год компьютеров - больших шкафов с электроникой и черно-

белыми, изредка цветными дисплеями, использовавшихся в основном в народном хозяйстве, науке и военном деле. Интернет только начал свою победную поступь: то был год принятия протокола TCP/IP в качестве основного для Всемирной Сети и первой разработки системы DNS, а работа "в Интернете" представляла собой лишь передачу файлов и сообщений между компьютерами и запуск программ на удаленных машинах. Персональные компьютеры были тогда в СССР редкими и дорогими вещами: в основном их приобретали крупные научные центры и производственные учреждения, да еще военные. Мощность же процессоров тех компьютеров вполне сравнима с мощностью нынешних оптических мышей и наручных часов...

Однако обратите внимание - **общие принципы работы с компьютером** как с техническим устройством и через более чем 30 лет остались практически прежние! По-прежнему информация выводится в визуальном виде, причем большей частью в виде текста. По-прежнему ввод информации ведется с помощью набора кнопок с символами - т.е. путем работы рук. И даже общая логика программной части компьютера особенно не изменялась - все так же данные на жестких дисках хранятся в виде файлов, все так же они делятся на программные файлы и файлы данных. Резко же шагнули вперед такие характеристики компьютера, как мощность и удобство интерфейса. И не менее резко снизилась стоимость его компонентов.

Почему так произошло? И как эти тенденции экстраполировать на будущее? Для начала следует попробовать оценить, какие факторы влияют на развитие информационно-коммуникационных (компьютерных) технологий.

3. Факторы

3.1. Первый и самый главный фактор - это **высочайшая наукоемкость** компонентов компьютера и столь же **малая их ресурсоемкость**. Иными словами, чтобы разработать, скажем, микропроцессор и наладить его производство, требуются ресурсоемкие многолетние усилия - а вот само производство, будучи налаженным, является дешевым. В самом деле: сырье для производства процессора можно добыть в ближайшем песчаном карьере, а металла и нефти на производство жесткого диска потребуется куда как меньше, чем на выпуск руля для автомобиля. Человеческого труда на собственно производство тоже требуется очень мало: линии по производству процессоров, винчестеров, CD-ROM'ов автоматические, и, один раз наладив, можно эксплуатировать их очень долго.

Этот фактор приводит к двум тенденциям: первая - это возможность **постепенного удешевления** "железной" части компьютера по мере наладки производства. А вторая - это необходимость при дальнейшем усовершенствовании компьютерных информационно-коммуникационных технологий **базироваться на предыдущих наработках**. Ибо кардинальное изменение даже не принципов, а технологии производства потребует весьма значительных научных усилий и финансовых затрат.

Наиболее четко выраженным этот фактор является в производстве программного обеспечения и вообще информационных продуктов. Для создания новой копии программы, песни или фильма не нужно даже автоматической линии - достаточно не самого современного компьютера. А вот первоначальное производство программного продукта (пакета программ) требует и времени, и сил, и денег. Вместе с тем в настоящее время никто не пишет программы в машинных кодах - для создания одних программ используются другие программы: специальные пакеты разработки.

3.2. Вторым фактором - это **капиталистический** характер мировой экономики. Если сформулировать вкратце и не вполне точно, но в виде, пригодном для обсуждения в данном месте статьи, то "капитализм" - это принцип деятельности, при котором основной целью является достижение **максимальной прибыли** (в отличие, скажем, от "социализма", при котором основная цель - удовлетворение потребностей людей, пусть даже и за счет меньших прибылей). С рассматриваемой точки зрения к "социализму" относится, например, солидарная информационная экономика [5, 6].

Этот фактор в какой-то степени противодействует первому фактору, не допуская снижения цен на "железо" до себестоимости - ибо максимальная прибыль достигается при определенной "оптимальной" цене, ниже которой снижать цену уже невыгодно даже при практически нулевой стоимости производства. Особенно сильно это противодействие проявляется в индустрии программного обеспечения: снабдить всех пользователей компьютеров по всему миру копией какой-либо программы труда не составит, однако такое снабжение снижает прибыли компании-производителя.

3.3. Третий фактор, тоже экономический - это **конкурентность** мировой экономики. Фирмы и предприятия мира борются за наивысшую прибыльность своей работы путем расширения рынка и снижения издержек производства.

Этот фактор приводит к **увеличению разнообразия товаров при сохранении их принципиального устройства**. В самом деле: значительно дешевле не придумывать какой-то совершенно новый (инновационный) товар, при налаживании производства которого вполне возможны весьма большие трудности и возникает необходимость крупных денежных вложений, а усовершенствовать старый, снабдив его новыми дополнительными качествами - например, улучшенным дизайном. К

примеру, телевизоры различной стоимости в каждой из фирм-производителей обычно собираются на одной и той же электронике (производятся с помощью одного и того же технологического процесса), и различия между моделями нередко заключаются лишь в том, что у более дешевых моделей отключены уже имеющиеся функции. Эксперимент может провести каждый - с помощью определенных комбинаций клавиш пульта дистанционного управления зачастую можно включить прием телетекста даже на том телевизоре, в котором, согласно инструкции, такая функция не предусмотрена.

Кроме того, обратите внимание, что в последние 20-30 лет не было сделано практически никаких действительно революционных изменений компьютерного мира: шло лишь улучшение и удешевление уже созданных технологий. Те же модемы, CD-ROM'ы, жидкокристаллические мониторы, мыши, Flash-память, жесткие диски и сами процессоры были придуманы еще на заре развития персональных компьютеров, и с тех пор принципиально не изменились, хотя, бесспорно, достигли куда как большего совершенства и мощи, чем были изначально. Это не случайно: пока есть спрос, **безопаснее совершенствовать старое, чем создавать принципиально новое** - такое создание весьма рискованно и затратно.

Вместе с тем удачное принципиальное решение может дать такой экономический эффект, который превысит все ожидания и даст огромное преимущество в конкуренции. Поэтому поиск новых, революционных технологий продолжается, но им занимаются либо крупные корпорации, могущие выделить средства на рискованные проекты, либо мелкие фирмы, для которых такой поиск - единственный шанс выйти на рынок.

3.4. Ну и, наконец, фактор, который присутствовал у человека с самого первого дня его появления независимо от политических, экономических и иных перипетий и, будем надеяться, останется с ним всегда. Это - жизненная сила человечества: **стремление человека к**

творчеству и преобразованию мира, к созданию нового и к развитию. Сотни тысяч инженеров и изобретателей работают во множестве фирм по всему миру, и многие из них делают это не ради лишь получения денег, а и с целью сделать мир лучше - независимо от той прибыли, которую такая деятельность даст.

3.5. Есть еще пятый фактор, который, впрочем, сильно отличается по своей сути от первых четырех. Это - **наличие мощных каналов связи, Интернета**. Причем именно "наличие" - Интернет, как известно, первоначально создавался не коммерческими, а военными и научными организациями, большей частью государственными, для решения своих специальных задач. Торговая деятельность в Интернете началась лишь через 25 лет после появления этой сети. Имели ли бы мы сейчас Сеть Сетей, если бы не "холодная война" и не ученые - неизвестно; но, во всяком случае, она у нас есть, и сбрасывать со счетов ее наличие нельзя.

4. Взгляд в целом на развитие информационно-коммуникационных технологий

Однако вместо выделения факторов, влияющих на развитие информационных технологий, можно взглянуть на вопрос и с иной точки зрения - оценить развитие компьютеров как технической системы в целом. Согласно так называемой "Теории решения изобретательских задач" (см., например, [7], а также [8 - 10]), любая техническая система проходит в своем развитии четыре этапа:

1. Разработка основных принципов работы и компонентов системы.
2. Усовершенствование этих принципов и компонентов.
3. Приобретение системой динамичности и гибкости.
4. Замена системы на иную, выполняющую ту же функцию, но более совершенную.

Эти этапы хорошо прослеживаются практически у всех технических систем. Взять, скажем, полиграфию - изначально был придуман сам принцип: получение текста на бумаге путем нанесения оттиска краской, придуман основной компонент системы - типографский набор. Впоследствии печатный станок Ивана Федорова и Гуттенберга превратился в мощные ротاپринтные машины, действующие по прежнему принципу: набор текста (но уже тоже на специальных наборных машинах) и нанесение оттиска. Потом пришла пора динамизации системы: громоздкие машины и свинцовые литеры были заменены лазерными барабанами и компьютерными комплексами, в связи с чем, издание одной книги из трудоемкого процесса создания набора свелось к направлению файла на печать нажатием пары кнопок. И вот сейчас уже появляются признаки грядущего перехода к новой системе представления текстовой информации - не на бумаге путем нанесения оттиска краски, а на электронных дисплеях.

Путь развития компьютерных систем полностью соответствует указанной схеме: как уже упоминалось, основные узлы современного компьютера были созданы на самой заре его развития и с тех пор прошли долгий путь усовершенствований. Можно сказать, что в настоящее время идет третий этап развития - динамизация системы: продажи мобильных компьютеров (ноутбуков, смартфонов и т.п.) растут и уже заметно превышают продажи традиционных стационарных компьютеров. Когда-нибудь настанет время и четвертого этапа: но вот что из себя он будет представлять - вопрос... Может быть, система передачи информации сразу в сознание?

5. Тенденции

Учитывая упомянутые факторы, постараемся выявить тенденции развития информационно-коммуникационных компьютерных технологий на ближайшие пару десятилетий.

5.1. Железо (hardware)

5.1.1. Первая и самая главная тенденция - это максимальное **удешевление** производства компьютерных (и сетевых) комплектующих, сочетающееся с ростом их мощности. В настоящее время разработаны и отлажены технологии производства всех компонентов компьютера, а конкуренция на этом рынке достаточно велика, чтобы приводить к стремлению цен к себестоимости, которая, в свою очередь, также медленно снижается. Подтверждение может найти каждый, просто взяв прайс-лист какой-нибудь "компьютерной" фирмы пятилетней давности и сегодняшний: вы увидите, что "современный" процессор пять лет назад можно было купить долларов за 200, а сейчас - менее чем за 100, и это при условии, что нынешний "современный" кристалл раз в 50 мощнее тогдашнего.

Удешевление компьютерных комплектующих приведет к их широчайшему распространению. С ними произойдет то же самое, что и с другими достижениями цивилизации: синтетическая футболка требует для своего производства нефтяные скважины, трубопроводы, нефтеперегонные заводы - а носят ее даже папуасы на островах Тихого океана: все потому, что производство налажено и дешево. Компьютеры или приборы с чипами появятся даже в самых бедных странах. Кто знает, может быть, на среднюю месячную зарплату в России через 20 лет можно будет купить 30 батонов хлеба или десятков компьютеров средней руки - как сейчас произошло с калькуляторами, 30 лет назад стоившими как раз этот самый месячный заработок.

Бесспорно, стремление производителей к максимизации прибыли затормозит этот процесс, но не остановит его - как не остановило до сегодняшнего дня.

5.1.2. Одним из способов удешевления производства является "**централизация**" - объединение нескольких компонентов в один. Например, 40 лет назад тот компонент компьютера, который мы сейчас называем "микропроцессором", состоял из нескольких микросхем - всевозможные кэши и контроллеры были отдельными чипами. А то, что мы называем "чипом" и считаем основной характеристикой материнской платы, ранее вообще было рассредоточено по плате: всевозможные контроллеры винчестера, дисководов и т.д. можно было по отдельности заменять и перепаявать. Но - оказалось дешевле и проще все компоненты уместить в одном кремниевом кристалле.

Этот процесс наверняка продолжится и в будущем. Технологический директор компании Sun, Грег Папандопулос, даже предсказывал, что через десяток лет в компьютере вообще останется лишь один чип, который будет включать в себя все компоненты компьютера, кроме разве что дисплея, клавиатуры да накопителей (см. об этом в [11]). И он явно недалек от истины: уже сейчас производятся материнские платы, в которых и видеосистема, и звуковая карта, и даже все сетевые контроллеры размещены в одном чипе.

Но и в "централизованном" компьютере обязательно сохранится **модульность**. В самом деле: пользователи всегда будут желать самостоятельно улучшать показатели своего компьютера, приобретая к нему дополнительные компоненты. Собственно, именно модульность устройства IBM PC и привела к тому, что персональный компьютер из дорогой игрушки превратился в массовое устройство: выпускать его компоненты взялись все, кому не лень, и за счет этого достигли такого удешевления производства, что покупка компьютера стала доступна

индивидуальным пользователям и небольшим компаниям. Поэтому накопители информации, устройства ввода и вывода останутся отдельными устройствами, а вот содержимое всего остального переключается в один чип, как это уже произошло со звуковой подсистемой.

5.1.3. Третья тенденция, в отличие от первых двух, видна не сразу. Это стремление к уменьшению размеров компьютеров - к тому, что принято называть **миниатюризацией**. Вы, наверняка, сразу же возразите, что ваш компьютер нисколько не уменьшился в размерах по сравнению с теми, которые продавались десятком лет назад, и будете правы. Однако все больше пользователей приобретают не стационарные компьютеры, а ноутбуки (в Японии, например, ноутбуки составляют половину от всех продаваемых компьютеров), да и, положив руку на сердце, скажите: какой компьютер вы бы приобрели при равной стоимости - стационарный или ноутбук? Что ни говори, а ноутбуки, смартфоны, планшеты и другие аналогичные устройства растут в популярности одновременно со снижением цен на них, ибо они куда как удобнее большинству пользователей, чем серые ящики, занимающие полстола. И вышеупомянутая централизация тому в помощь: один чип всегда будет меньше комплекса из нескольких...

В настоящее время весьма многообещающей разработкой можно назвать "*воздушный дисплей*" - "Heliodisplay": с помощью оригинального технического решения изображение создается прямо в воздухе над проектором, причем это изображение может воспринимать воздействие извне - является еще и сенсорным экраном. На создание и отладку Heliodisplay были потрачены годы труда и миллионы долларов, однако же при массовом налаженном производстве такой дисплей вполне может оказаться дешевле традиционных, как это уже постепенно происходит с жидкокристаллическими дисплеями. Вместе с тем в плане миниатюризации (а значит, кстати, и определенного удешевления в

производстве - материалов-то потребуется меньше) Heliodyisplay более перспективен, чем традиционные "поверхностные" (пусть даже и гибкие, и ударопрочные), так как размер отображаемого им в воздухе экрана значительно больше его собственных размеров. Станет ли эта технология массовой или останется в ряду курьезов вследствие нежелания производителей менять налаженные технологии - покажет время.

5.1.4. Вместе с тем **не следует ожидать** внедрения **новых методов работы** - во всяком случае, в ближайшие 20 лет. Разрекламированные фантастами системы общения с компьютером на "естественном" языке, особенно ярко показанные в легендарном фильме Стенли Кубрика, так и останутся фантастикой. Причем даже не потому, что их сложно реализовать - при достаточном быстродействии и объеме памяти можно создать такое программное обеспечение, что компьютер вполне может выполнить тест Тьюринга (то есть разговор с ним будет нельзя отличить от общения с реальным человеком), а потому, что это не нужно пользователям, а, значит, не будет воплощаться и производителями.

В 2014 г. компьютерная программа разработчиков из России и Украины впервые в истории прошла тест Тьюринга, который выявляет искусственный интеллект. Чат-бот Eugene Goostman («Евгений Густман»), имитирующий 13-летнего подростка из Одессы, "обманул" жюри конкурса Turing Test - 2014, которое приняло его за человека. Программу начали разрабатывать в 2001 г. в Санкт-Петербурге Владимир Веселов из России и Евгений Демченко с Украины (Веселов в данный момент живет в США, а Демченко - в России). Английский математик Алан Тьюринг (1912 - 1954) предложил идею теста, который дает ответ на вопрос, может ли компьютер мыслить. Во время теста человек общается с виртуальным собеседником. По итогам беседы он должен решить, с кем разговаривал - с человеком или машиной. Тест пройден в том случае, если минимум 30% респондентов утверждают, что они общались с человеком. Задача компьютерной

программы - заставить собеседника сделать неверный выбор. 7 июня программа «Евгений Густман» впервые прошла тест Тьюринга за его 65-летнюю историю, сообщается на сайте Университета Ридинга, Великобритания (The University of Reading). В конкурсе Turing Test - 2014, который проводился при поддержке Лондонского королевского общества, Школы системного инжиниринга (University's School of Systems Engineering) и проекта RoboLaw (финансируется ЕС) приняли участие пять суперкомпьютеров. 33% жюри конкурса приняли программу «Евгений Густман» за человека. В 2012 г. программа смогла убедить 29% судей в том, что является человеком. Идея создания персонажа программы «Евгений Густман» заключалась в том, что 13-летний подросток может не знать некоторых вещей, но в то же время способен отвечать на вопросы собеседника, цитирует Владимира Веселова Университет Рединга. Команда потратила много времени, чтобы персонаж получился правдоподобным, отметил Веселов. В 2014 г. был улучшен диалоговый контроллер, который делает реплики программы похожими на человеческие, добавил ученый. По словам Веселова, он планирует и дальше работать над программой, чтобы сделать ее «умнее» [12].

По нашему мнению, компьютер - это средство работы с информацией, а не друг и собеседник, а с информацией проще работать привычными методами - набором символов с помощью клавиатуры с компьютерной мышью и восприятием текста с дисплея. В самом деле: куда как проще крутить колесико мыши, чем заставлять компьютер читать вслух страницу или чем даже просто отдавать команды вроде "двигай вниз" (ну, а собеседников не так и трудно найти через Интернет). Да и у опытных пользователей скорость набора текста нередко превышает скорость речи. Голосовое управление может стать лишь вспомогательным, предназначенным максимум для надиктовки длинных текстов, но никак не преобладающим: как ни крути, а мышью двигать быстрее, чем языком

ворочать. Не говоря уже про проблемы точности распознавания речи и передачи ее в соответствии с правилами правописания.

Так что клавиши, указатель и текст еще долго будут нашими спутниками, хотя и могут стать практически неузнаваемыми в процессе совершенствования: про Heliodyisplay уже было упомянуто, а перспективные разработки клавиатуры и мыши представляют собой проецирующиеся на любую ровную поверхность изображения клавиш и перстень с датчиком положения в пространстве, воспринимающий движения руки.

По размерам будущий компьютер может представлять собой прибор размером с карандаш, булавку или пуговицу, поскольку системный блок имеет пренебрежимо малые размеры, клавиатура и дисплей будут виртуальными, передача любых объем информации осуществляется через виртуальный офис в Интернете.

5.2. Софт (software) и Интернет

Тенденции развития мира программного обеспечения - это тема отдельного исследования. Слишком много факторов необходимо учитывать, причем многие из них отличаются от тех, что влияли на развитие компьютерного "железа". Но перечислить наиболее существенные из них целесообразно.

5.2.1. Усиление средств защиты от копирования

Несмотря на то, что возможности информационных технологий позволяют снабдить каждого пользователя компьютеров необходимыми ему программами фактически бесплатно, вследствие капиталистического характера мировой экономики производители софта не могут этого допустить и, вкупе с совершенствованием программ, снабжают их и системами защиты от свободного копирования.

А системы эти могут быть весьма эффективны. Особенно если они функционируют с использованием Интернет-технологий, проверяя каждую копию программы на каком-либо специально созданном для этого сервере. Заодно такая система сможет и сообщать разработчикам программы о всех замеченных случаях копирования и тем более попыток взлома. Бесспорно, взломать можно все, что угодно - но вот насколько это будет трудоемко...

То, что в настоящее время многие фирмы не используют защиту от копирования, может быть объяснено, например, их стремлением закрепиться на рынке. Не секрет, что успех фирмы Microsoft в России (ставшей практически "народной" компанией, продукты которой известны и используются всеми пользователями компьютера за очень редким исключением) обусловлен именно деятельностью пиратов, снабдивших всех желающих копиями программ Microsoft практически бесплатно. Однако уже в настоящее время в Microsoft'овские разработки встраиваются не такие уж и простые методы предотвращения копирования, а в будущем следует ждать их совершенствования.

Указанная тенденция приводит к двум другим:

5.2.2. Развитие мира свободнораспространяемого программного обеспечения

Стремление к разуму и свободе присуще немалой части людей, поэтому мир свободного и бесплатного распространения информации останется всегда. И тому подтверждение - история операционной системы Linux, по удобству интерфейса в настоящее время уже догоняющей Microsoft Windows. Лишь тот факт, что большинство копий Windows в мире сделано без оглядки на всякие лицензии, приводит к тому, что Linux'оидов значительно меньше, чем любителей продукции Microsoft.

Если же Microsoft усилит свою "борьбу с пиратством" и начнет делать попытки вытрясти немалые деньги по крайней мере с большинства

пользователей Windows, то наверняка найдутся компании или группы энтузиастов, которые дополнят Linux Windows-подобным интерфейсом (собственно, это уже во многом сделано) и полной поддержкой FAT, после чего Linux ожидает триумфальное шествие по компьютерам всего мира. Открытый стандарт Linux и возможность всем желающим дорабатывать эту ОС приведет к тому же, к чему привело открытие стандарта IBM на заре развития персональных компьютеров: за доработку Linux возьмутся множество фирм и частных программистов, что наверняка приведет к появлению качественных дистрибутивов по цене чуть выше стоимости носителя, а то и вообще бесплатных.

5.2.3. Развитие технологии "аренды программ" через Интернет

Другим последствием совершенствования систем защиты от копирования станет развитие принципа оплаты программ "по действию", а не "за приобретение". Иными словами, производители станут предлагать пользователям покупать не программы, а право работы с ними или выполняемые ими функции: например, плата будет браться за распознавание одной отсканированной страницы или за час набора текста. В самом деле: если пользователь работает с программой распознавания максимум раз в месяц, то "коробочную" версию за пару сотен долларов он вряд ли купит, а вот потратить пару центов в месяц он вполне может себе позволить. Разумеется, такая работа должна быть организована с использованием средств Интернета: основная часть программы вместе с блоком учета оплаты будет располагаться на удаленном сервере, а небольшая клиентская часть - на компьютере пользователя.

Вполне возможно, что и продажи самих компьютеров будут напоминать современное распространение сотовых телефонов: к компьютеру может прилагаться контракт на использование набора программ, и при покупке такого контракта на компьютер будет даваться скидка. Наверняка появятся и "заблокированные" компьютеры (то есть не

допускающие установки других программ, кроме имеющихся, особенно бесплатных), и услуги снятия такой блокировки. Вместе с тем наличие альтернативного мира свободного программного обеспечения не допустит сильного взлета цен на аренду программ.

5.2.4. Увеличение надежности и ресурсоемкости программ

С ресурсоемкостью - понятно из сказанного выше, а с надежностью как? И почему эти две характеристики перечислены вместе? Потому, что программы будущего наверняка будут создаваться на основе уже проработанных и протестированных блоков кода. Как, например, сделано и сейчас в средствах разработки вроде Visual Basic. Принцип объектно-ориентированного программирования позволяет один раз сделать блок, реализующий ту или иную функцию, отладить его, а потом использовать везде, где нужно, просто вызывая его из программы. Создав набор таких блоков и тщательно их оттестировав, можно свести вероятность технического сбоя в программах из них к минимуму - останется лишь опасность неправильного составления алгоритма самой программы, что, ясное дело, лежит лишь на совести программиста. Однако, так как в блоки включаются как нужные, так и не нужные в данной программе функции, то такой блок для своего выполнения будет требовать и больше ресурсов, нежели код, написанный непосредственно для решения конкретной задачи.

Впрочем, для ответа на вопрос "Будет ли софт будущего содержать больше ошибок и "багов"?" можно и просто посмотреть назад. Думается, никто не будет спорить, что Windows XP, будучи куда как сложнее Windows 95, еще и куда как более стабильна в работе. В самом деле: Windows XP очень редко "падает" от некорректно написанных программ, добавление новых устройств в компьютер обходится без переустановки системы. Бесспорно, свои "баги" есть и у этой ОС, однако их значимость для пользователя многократно ниже, чем ошибки Windows 95/98.

5.2.5. Сохранение общих принципов интерфейса

Как будет выглядеть программное обеспечение будущего? Вариантов, наверное, будет много. Проще сказать, чего не будет: не будет приспособления интерфейса к реальности. Старый добрый фильм о "виртуальной реальности", где доступ к файлам представлялся как выдвигание ящиков из сейфа, на которое надо затрачивать мышечные усилия, останется сказкой - ведь, в самом деле, куда как проще привыкнуть к пиктограммам и курсору, чем воспроизводить законы физики там, где они, в общем-то, только усложнят жизнь. Не будет "искусственного интеллекта" и общения с компьютером на языке образов: впрочем, о невозможности создания искусственного интеллекта подробно сказано в статьях [13, 14]. Однозначно останется текстово-рисуночное представление данных, разве что с добавками в виде звуковых и видео-комментариев, хотя использование компьютерной техники как хранилища мультимедиа-содержимого, кинофильмов и музыки, станет едва ли не основным. Как уже говорилось, не будет системы общения с компьютером на "естественном" языке, разве что за исключением устройств для инвалидов.

Вместе с тем, привычные нам представления информации могут достичь наивысшей точки своего развития. Например, в электронной книге, посвященной кинорежиссеру, можно будет найти обсуждаемые фрагменты из его фильмов, вставленные в текст так же, как сейчас вставляются картинки. Текст художественной книги может сопровождаться музыкой, меняющейся по мере его прочтения, а также видеофрагментами. Обзор ресурсов Интернета может представлять собой не набор ссылок с их описанием, как сейчас, а текст с включенными в него первыми страницами сайтов, при наведении курсора раскрывающимися на весь экран. Но это все останется на откуп самим авторам информации: самые же общие тенденции пребудут неизменными.

5.3. Другие отрасли

Вот где нас могут ожидать действительно революционные преобразования - так это в производственной (станки, датчики) и бытовой технике. Кратко обсудим будущее на примере бытовой техники.

Удешевление производства чипов и систем беспроводной связи приведет к тому, что встроить процессор и беспроводной адаптер можно будет во все бытовые приборы без особого удорожания последних. Это весьма широко расширит возможности создателей домашнего оборудования: как вам, например, выключатели, отслеживающие наличие в комнате человека и автоматически включающие и выключающие освещение? А они уже сейчас выпускаются, хоть и значительно дороже обычных.

Но это пока. Уже сейчас есть фирмы, предлагающие создать "Умный дом" - объединить различные устройства квартиры или дома в единую систему, позволяющую, например, с одного пульта (или с мобильного телефона) открывать и закрывать окна и шторы в комнатах дома. Или даже настроить автоматическое закрытие окон в случае начала дождя. Причем цены на все это удовольствие отнюдь не заоблачные, а компоненты системы обладают изрядной долей автономности: отказ центрального процессора квартиры приведет разве что к невозможности управлять окнами и дверями, сидя на диване перед пультом, а отнюдь не к вынужденному затворничеству жителей.

Будет ли сеть дома иметь подключение к Интернету? Вполне возможно, и по простой прозаической причине - за возможность издалека контролировать события в квартире готовы платить очень и очень многие пользователи (особенно те, у кого есть дети). Однако такая возможность все же появится лишь после разработки особых защищенных программ и протоколов, не допускающих возможности доступа к управлению домом нежелательных лиц. Нет, бесспорно, взлом будет возможен всегда - только

вот усилий на него потребуется не меньше, чем на физический взлом двери в квартиру.

Одно время весьма популярная идея внедрения компьютера в одежду реальностью вряд ли станет: в доме среднего американца можно найти до трех тысяч одних только костюмов и рубашек - как вы думаете, зачем в них всех компьютеры? Впрочем, полярники, спасатели, летчики наверняка будут использовать "компьютеризированные" куртки или шлемы. Вполне возможны и "извращения" капиталистической системы: в качестве курьеза через 20 лет будет демонстрироваться пакет с соком, демонстрирующий на дисплее количество оставшегося сока и его температуру вкупе с питательным составом в виде красивого коллажа. А что - вставляла же компания Logitech в упаковку своих оптических мышей ради рекламы и привлечения покупателей мигающий диод, лет 30 назад стоивший десятки долларов - даже несмотря на то, что упаковка после покупки будет выброшена...

Перейдет ли в Интернет система телевидения и радио? Возможно, но лишь частично, и - главное! - лишь для удовлетворения пользователей Сети, а не в качестве "нового носителя информации" вместо радиоволн. Теле- и радиопередачи мы все так же будем ловить на УКВ/АМ/FM, и лишь энтузиасты станут смотреть их на своих компьютерах через Интернет. Ибо отказываться от налаженной системы телевидения (и от огромных экранов), переводить ее на совершенно иной принцип лишь ради некоей "продвинутости" никому не надо (особенно самим производителям электроники).

Разумеется, будут развиваться и компьютеры, используемые в промышленности, науке, медицине. Но это - тема уже отдельного исследования, ибо там несколько иные закономерности. Хотя автоматические дозаторы лекарственных средств, имплантируемые в организм и, например, вводящие в кровь инсулин в зависимости от уровня

глюкозы в ней, пойдут в массовое производство наверняка: слишком высока потребность в таких устройствах.

6. Прогноз - итоги

Итак, подведем итоги в заключительной части статьи. Вот перенеслись мы на 20 лет вперед и зашли в "компьютерный" магазин. Что мы там увидим? Спрогнозируем на основе всего вышеизложенного [15].

Продавец с улыбкой преподнесет нам небольшой цилиндрик величиной с хорошую гаванскую сигару. Видя наше недоумение, он поставит его на стол и нажмет неприметную кнопку. И - над цилиндриком в воздухе появится удивительно четкое изображение с логотипом операционной системы, которое можно будет увеличивать или уменьшать по своему вкусу. А на столе - окажется изображение клавиатуры, спроецированное лазерным сенсором внутри цилиндрика, причем на ней вполне можно будет набирать текст. К услугам пользователя будет и система распознавания речи, которая, впрочем, не станет главенствующей: традиционный набор текста клавишами после небольшого опыта набора ввода текстов становится куда как быстрее, чем речь. Разумеется, компьютер будет снабжен и парой портов для соединения с более старыми моделями, а в магазине для любителей наверняка будет иметься нечто вроде переходника, с помощью которого можно будет присоединить к современным компьютерам старые жесткие диски и принтеры-сканеры из музея техники.

Впрочем, для полной победы "виртуальных" дисплеев и клавиатур 20 лет все же может быть малым сроком. Поэтому не исключено, что и те, и другие все же останутся на материальных носителях, но носители эти будут представлять собой гибкие и прочные листы, которые нетрудно будет складывать и скатывать.

Компьютер сохранит модульность, но это будут такие модули, которые уже объединить будет никак нельзя. В нашей фантазии, например, "сигара" будет являться столбиком "таблеток" - главной, включающей в себя систему расчетов, блока-проектора экрана и блока-проектора клавиатуры, и - наверняка - из пары-тройки многотерабайтных накопителей на основе энергонезависимой памяти. При желании хранить в компьютере больше информации нетрудно будет добавить в столбик еще "таблеток" - накопителей, а при необходимости расширить его возможности - специальные модули: например, электрокардиограф или звукорежиссерскую систему.

Привычные системы ввода-вывода информации - сканирование и печать - сохранятся: от бумаги человечество, бесспорно, откажется (как отказалось от папируса, пергамента), но явно не через 20 лет. Однако их техническое устройство придет почти что к совершенству: возможно, сканер будет из себя представлять подобие цифрового фотоаппарата, которым достаточно сфотографировать объект, чтобы получить изображение. Наверняка на рынке появятся системы с автоматическим переворачиванием страниц - будет достаточно сунуть в приемник книгу, чтобы она была оцифрована. Скорее всего, к 30-м годам 21 века практически все бумажные носители информации, наработанные человечеством, будут оцифрованы. Принтер же, скорее всего, сохранит свою принципиальную схему (бумагопротяжный механизм + печатающее устройство), однако наверняка появятся и портативные принтеры (наверное, напоминающие ползающие по бумаге спичечные коробки).

Общение между компьютерами и устройствами будет происходить по беспроводным технологиям - не в последнюю очередь из-за относительной дороговизны кабелей. Доступ в Интернет, скорее всего, останется лишь по системе сотовой связи - при налаженном производстве базовых станций развивать сотовую сеть куда как выгоднее, чем

проводную, из-за большой трудо- и ресурсоемкости последней. Разве что междугороднее и международное сообщение останется на основе оптоволоконных кабелей.

Отдав за компьютер небольшую часть нашего месячного заработка, мы принесем его домой и начнем работать. На компьютере окажется установленной операционная система и набор ссылок на программы в Интернете, за использование которых придется платить кредитной карточкой. Если нас это не устроит, то нам никто не помешает посетить ресурсы Интернета, созданные сторонниками "свободного софта", и загрузить оттуда не менее функциональные, но зато крайне дешевые, а то и бесплатные программы, за использование которых ничего и никому не придется отчислять. Заодно такая операционная система закроет от всевозможных контролирующих организаций накопитель нашего компьютера, и при желании мы сможем без опасений обмениваться с друзьями музыкой, фильмами и картинками, притом что пользователи платных ОС смогут делать такое, только отчисляя процент "правообладателям".

Как только наш компьютер будет внесен в квартиру, он включится в общую сеть электронных устройств дома, и с него можно будет управлять этими приборами. Например, посмотреть, что делается перед подъездом или кто стоит у входа в квартиру. Так как компьютер помещается в карман, то его нетрудно носить с собой по квартире.

Кроме своей основной задачи, компьютер сможет принимать программы ТВ (но распространяющиеся традиционным способом - в диапазоне УКВ), а также служить мобильным телефоном. Последние, впрочем, тоже останутся и будут успешно конкурировать с компьютерами, отличаясь от них большей направленностью на развлекательно-мультимедийное содержимое и более удобным для разговора дизайном.

Все рано или поздно приходит к завершению, и дальнейшим этапом развития компьютеров как средства работы с информацией будет уже совершенно иная техническая система. Может быть, она будет представлять собой средство внесения знаний прямо в мозг - без посредников в виде экрана, клавиатуры, бумаги... Но это будет уже явно не через 20, и вряд ли даже через 50 лет...

При разработке профессиональных стандартов в ракетно-космической промышленности необходимо учитывать прогноз развития информационно-коммуникационных технологий. Такой прогноз имеет две стороны - прогноз развития указанных технологий как таковых, позволяющий сформировать представление о компьютерах будущего, и прогноз их использования в производстве и управлении, в хозяйственной деятельности предприятий ракетно-космической отрасли. Первая из указанных сторон рассмотрена в настоящей статье, второй будет посвящено отдельное исследование. Более специальные вопросы рассмотрены в статьях [16, 17], монографии [18] и других работах. Для получения количественных оценок в ситуациях, рассмотренных в настоящей статье, целесообразно использовать статистические и экспертные методы прогнозирования [19].

Литература

1. Орлов А.И. Последствия принятия решений для научно-технического и экономического развития // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 113. С. 355 – 387.
2. Цисарский А.Д. Кадровое обеспечение процессов управления инновационной деятельностью на предприятиях ракетно-космической отрасли // Инновации в менеджменте. 2014. № 2 (2). С. 72 - 79.
3. Профессиональные стандарты. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=157436;fld=134;dst=100000001,0;rnd=0.10866944314321314> (дата обращения 30.12.2015)).
4. Мухин Ю.И. "Антиаполлон". Лунная афера США. - М.: Яуза, Эксмо, 2005. - 432 с.
5. Орлов А.И. Основные идеи солидарной информационной экономики - базовой организационно-экономической теории // Политематический сетевой

электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 52 – 77.

6. Орлов А.И. Солидарная информационная экономика - экономика без рынка и денег // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 113. С. 388 – 418.

7. Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в ТРИЗ — теорию решения изобретательских задач. - М.: Альпина Паблишер, 2014. - 319 с.

8. Пойа Д. Как решать задачу. Изд. 2-е. - М.: Учпедгиз, 1961. - 208 с.

9. Пойа Д. Математическое открытие. Решение задач: основные понятия, изучение и преподавание. - М.: Наука, 1970. - 452 с.

10. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. Изд. 2-е, испр.- М.: Наука, 1975. - 464 с.

11. Орлов А.А. Тайны и секреты компьютера. - М.: «Горячая Линия – Телеком», 2002. – 604 с.

12. Юзбекова И. Российский искусственный интеллект обманул жюри теста Тьюринга // РБК - РИА "Росбизнесконсалтинг" 09.06.2014 [Электронный ресурс]. URL: [http://top.rbc.ru/society/09/06/2014/929457.shtml#xtor=AL-\[internal traffic\]-\[rbc.ru\]-\[main body\]-\[item 11\]](http://top.rbc.ru/society/09/06/2014/929457.shtml#xtor=AL-[internal traffic]-[rbc.ru]-[main body]-[item 11]) (дата обращения 03.01.2016)/

13. Орлов А.И. Миф XX века: искусственный интеллект // Подводная лодка, 2003. № 11. С.102-103.

14. Орлов А.И. Искусственный интеллект или мощный калькулятор? // Магия ПК. 2003. № 3(59). С.42-45.

15. Орлов А.А. Компьютеры будущего. [Электронный ресурс] URL: <http://orlovs.pp.ru/comp.php> (дата обращения 01.09.2015).

16. Орлов А.И. Компьютерно-статистические методы: состояние и перспективы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 103. С. 163 – 195.

17. Орлов А.И. Взаимосвязь предельных теорем и метода Монте-Карло // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 114. С. 27 – 41.

18. Орлов А.И., Луценко Е.В., Лойко В.И. Перспективные математические и инструментальные методы контроллинга. Под научной ред. проф. С.Г. Фалько. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2015. – 600 с. В РИНЦ: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23209923>

19. Лындина М.И., Орлов А.И. Методы прогнозирования для ракетно-космической промышленности // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 103. С. 196–221.

References

1. Orlov A.I. Posledstvija prinjatija reshenij dlja nauchno-tehnicheskogo i jekonomicheskogo razvitija // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 113. S. 355 – 387.

2. Cisarskij A.D. Kadrovoe obespechenie processov upravlenija innovacionnoj dejatel'nost'ju na predpriyatijah raketno-kosmicheskoy otrasli // Innovacii v menedzhmente. 2014. № 2 (2). S. 72 - 79.

3. Professional'nye standarty. [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=157436;fld=134;dst=100000001,0;rnd=0.10866944314321314> (data obrashhenija 30.12.2015)).

4. Muhin Ju.I. "Antiapollon". Lunnaja afera SShA. - M.: Jauza, Jeksmo, 2005. - 432 s.
5. Orlov A.I. Osnovnye idei solidarnoj informacionnoj jekonomiki - bazovoj organizacionno-jekonomicheskoj teorii // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 112. S. 52 – 77.
6. Orlov A.I. Solidarnaja informacionnaja jekonomika - jekonomika bez rynka i deneg // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 113. S. 388 – 418.
7. Al'tshuller G.S. Najti ideju: Vvedenie v TRIZ — teoriju reshenija izobretatel'skih zadach. - M.: Al'pina Pablisher, 2014. - 319 s.
8. Poja D. Kak reshat' zadachu. Izd. 2-e. - M.: Uchpedgiz, 1961. - 208 s.
9. Poja D. Matematicheskoe otkrytie. Reshenie zadach: osnovnye ponjatija, izuchenie i prepodavanie. - M.: Nauka, 1970. - 452 s.
10. Poja D. Matematika i pravdopodobnye rassuzhdenija. Izd. 2-e, ispr.- M.: Nauka, 1975. - 464 s.
11. Orlov A.A. Tajny i sekrety komp'jutera. - M.: «Gorjachaja Linija – Telekom», 2002. – 604 s.
12. Juzbekova I. Rossijskij iskusstvennyj intellekt obmanul zhjuri testa T'juringa // RBK - RIA "Rosbizneskonsalting" 09.06.2014 [Jelektronnyj resurs]. URL: [http://top.rbc.ru/society/09/06/2014/929457.shtml#xtor=AL-\[internal_traffic\]-\[rbc.ru\]-\[main_body\]-\[item_11\]](http://top.rbc.ru/society/09/06/2014/929457.shtml#xtor=AL-[internal_traffic]-[rbc.ru]-[main_body]-[item_11]) (data obrashhenija 03.01.2016)/
13. Orlov A.I. Mif HH veka: iskusstvennyj intellekt // Podvodnaja lodka, 2003. № 11. S.102-103.
14. Orlov A.I. Iskusstvennyj intellekt ili moshhnyj kal'kuljator? // Magija PK. 2003. № 3(59). S.42-45.
15. Orlov A.A. Komp'jutery budushhego. [Jelektronnyj resurs] URL: <http://orlovs.pp.ru/comp.php> (data obrashhenija 01.09.2015).
16. Orlov A.I. Komp'juterno-statisticheskie metody: sostojanie i perspektivy // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 103. S. 163 – 195.
17. Orlov A.I. Vzaimosvjaz' predel'nyh teorem i metoda Monte-Karlo // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 114. S. 27 – 41.
18. Orlov A.I., Lucenko E.V., Lojko V.I. Perspektivnye matematicheskie i instrumental'nye metody kontrollinga. Pod nauchnoj red. prof. S.G. Fal'ko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2015. – 600 s. V RINC: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23209923>
19. Lyndina M.I., Orlov A.I. Metody prognozirovanija dlja raketno-kosmicheskoj promyshlennosti // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 103. S. 196–221.