

ОТ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ЭВМ К ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫМ АСУ ТП

АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРОЦЕССОРЫ СИГНАЛОВ КАК ОСНОВА МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Мoiseй ГЕЛЬМАН,

кандидат технических наук

Всегообщая доступность персональных ЭВМ и их широкое применение для автоматизации вычислительных работ оказались возможными благодаря автоматизированному производству многофункциональной интегральной цифровой элементной базы, в первую очередь — больших интегральных схем (БИС) программируемых микропроцессоров и их комплектов. Интеграция в одном кристалле БИС основных функций ЭВМ, прежде выполнявшихся конструктивно выделенными блоками, позволила перевести их производство на индустриальную основу. Создание микропроцессора можно сравнить с изобретением печатного станка, позволившего начать массовое тиражирование книг, что привело человечество к всеобщей грамотности. Появление микропроцессора привело к массовому производству персональных компьютеров, что обеспечило широкое распространение компьютерной грамотности.

Однако автоматизация вычислений является лишь частью более общей и глобальной проблемы — автоматизации управления различными процессами, требующего обработки больших массивов измерительной информации. О серьезном отставании в автоматизации управления промышленными процессами говорит, в частности, тот факт, что сегодня в ЭВМ непосредственно с технологических объектов автоматически вводятся, по оценке, порядка 20% всей информации, получаемой в мире для контроля производственных процессов и управления ими. Причина — отсутствие соответствующих управляющих вычислительных систем (автоматизированных систем управления технологическими процессами — АСУ ТП), столь же тиражируемых, а значит доступных для приобретения и использования, как и персональных ЭВМ.

Перечень функций и задач АСУ ТП существенно шире, чем у обычных вычислительных машин. Причем далеко не все из них могут быть реализованы программными средствами и требуют применения соответствующей специализированной техники. Ведь цифровая ЭВМ оперирует числами, представляемыми электрическими импульсами (кодом), а окружающая нас среда, объекты контроля и управления выдают информацию о себе в непрерывном (аналоговом) виде. Она преобразуется измерительными датчиками в эквивалентные, обычно электрические, но также зачастую непрерывные сигналы. Если такие сигналы необходимо обработать, их предварительно кодируют и кодируют в ЭВМ.

Сложные объекты управления имеют множество источников измерительной информации, размещенных в различных точках. Если объект выдает сотни и тысячи параметров, требующих одновременной и быстрой обработки, то производительности одной ЭВМ может не хватить. Системы управления такими распределенными объектами тоже распределены в пространстве, и информация в них обрабатывается, как минимум, в два этапа. Вначале микропроцессорами по простейшим алгоритмам предварительно и быстро в местах получения обрабатываются данные контроля и измерений о текущем состоянии объекта. После чего процеженная и сжатая таким образом информация поступает

для окончательной обработки по более сложным алгоритмам в центральной ЭВМ системы, вырабатывающую по результатам предварительной (первичной) обработки данных соответствующие сигналы управления. Такое двухэтапное распределение вычислений существенно увеличивает общесистемное быстродействие.

Сегодня для первичной обработки измерительной информации обычно используются цифровые программно-управляемые микропроцессоры. Однако, будучи предназначенными для решения различных задач, они в силу своей универсальности в подобных случаях применения оказываются сложными, избыточными и потому относительно дорогими устройствами. Ведь подсоединенный к одному или ограниченному числу источников измерительной информации — датчикам программируемый микропроцессор постоянно решает одну и ту же или несколько неизменных задач. Например, вычисляет мощность или энергию электрического тока. А на некоторых объектах, к примеру, в бортовых системах самолетов и ракет, применение множества программируемых микропроцессоров в точках контроля и измерений ограничено по условиям энергопотребления, массы и размеров оборудования.

Очевидно, это доказывает анализ и многолетняя практика, когда постоянно решается одна и та же задача намного эффективнее использовать процессор специализированный, жестко запрограммированный по своей электрической схеме, а не универсальный перепрограммируемый. Специализированный процессор дешевле, так как намного проще и потому надежнее, и меньше потребляет электрической мощности и электроэнергии. Что же касается первичной обработки измерительной информации, то задачи эти типовые, и, как показал анализ, их набирается несколько десятков.

Еще в начале 1970-х годов автором этих строк предлагалось разработать и начать массовое производство соответствующих спецпроцессоров, в которых жестко в схемах «пронгнать» алгоритмы решения типовых задач контроля и измерений. По этому предложению в 1973 г. Военно-промышленная комиссия даже открыла НИОКР на их разработку. Но тогдашнее руководство подмосковной «Силиконовой долины» работу заблокировало — она не соответствовала принятой стратегии развития советской микроэлектроники, основанной на копировании зарубежных образцов. Такая стратегия во многом предопределила постоянное и существенное отставание отрасли от мирового уровня, а затем и ее развал с началом экономических «реформ».

Так как информация от большинства измерительных датчиков поступает в аналоговом виде, то предлагалось разработать и начать производство ряда аналого-цифровых микропроцессоров, решающих определенные типовые задачи контроля, измерения и регулирования в форме входных сигналов. Что это даст?

Дело в том, что в цифровых процессорах арифметические операции над числами выполняются как на бумаге — «столбиком», цифра за циф-

рой. А на это требуется количество поразрядных операций (тактов) и соответственно времени для их выполнения пропорционально разрядности и количеству суммируемых или перемножаемых кодируемых чисел. Поэтому для увеличения быстродействия цифровых процессоров необходимо уменьшать топологические размеры элементов соответствующих микросхем и расширять их функциональные возможности за счет более плотной «упаковки» в кристалле схемы большего числа элементов. Так как при этом сокращается длина путей прогона сигналов, то растет скорость вычислений. Но каждый новый этап увеличения быстродействия микросхем ведет к дальнейшему их удорожанию, причем существенному.

Аналого-цифровые микропроцессоры обрабатывают непосредственно сами аналоговые сигналы, которые обычно в виде тока или напряжения выдают различные измерительные датчики, во множестве устанавливаемые на объектах управления. Два числа в виде аналоговых сигналов суммируются или умножаются всего за один такт без всяких там «столбиков». Выдают такие процессоры информацию в виде кода. Поэтому при решении одной и той же задачи аналого-цифровые процессоры в сравнении с цифровыми требуют существенно меньшего количества схемных элементов, вследствие чего можно добиться идентичности их быстродействия с цифровыми микросхемами, используя (утилизировав) старые одно- и двухмикронные технологии, что обойдется намного дешевле. Таким образом, аналого-цифровые процессоры при использовании для их производства одних и тех же что и для цифровых процессоров интегральных технологий, и решении одинаковых задач, оказываются, как минимум, на два порядка более быстродействующими, чем цифровые. При этом аналого-цифровые процессоры оказываются более эффективными по сравнению с цифровыми и во всем другим основным показателям: энергопотреблению, габаритам, массе и стоимости.

Освоение проектирования и производства унифицированных рядов аналого-цифровых процессоров аналоговых сигналов позволит поставить в индустриальный «поток» производство более дешевых и эффективных управляющих систем различного назначения. Ниша эта на мировом рынке до сих пор не занята. Наличие стандартных вычислительных «кубиков» существенно упростит и, опять же, удешевит проектирование систем на их основе. Оно приблизится по своим принципам к структурному программированию обычных ЭВМ на основе типовых программных модулей ограниченной номенклатуры. Образно это напоминают проектирование и строительство зданий и сооружений по типовым каталогам типовых конструктивных и строительных элементов.

Подобные качественные изменения производства в рыночной конъюнктуре в прошлом уже происходили — сначала с появлением стандартных средств сопряжения элементов автоматических систем, а затем — программируемых микропроцессоров. Однако они в силу своей функциональной ограниченности не решили проблему индустриализации и массового производства самих управляющих вычислительных систем.

Основы теории и схемотехники спецпроцессоров аналоговых сигна-

лов изложены в моей книге «Системные поразрядные операции (тактов) и соответственно времени для их выполнения пропорционально разрядности и количеству суммируемых или перемножаемых кодируемых чисел. Поэтому для увеличения быстродействия цифровых процессоров необходимо уменьшать топологические размеры элементов соответствующих микросхем и расширять их функциональные возможности за счет более плотной «упаковки» в кристалле схемы большего числа элементов. Так как при этом сокращается длина путей прогона сигналов, то растет скорость вычислений. Но каждый новый этап увеличения быстродействия микросхем ведет к дальнейшему их удорожанию, причем существенному. Аналого-цифровые микропроцессоры обрабатывают непосредственно сами аналоговые сигналы, которые обычно в виде тока или напряжения выдают различные измерительные датчики, во множестве устанавливаемые на объектах управления. Два числа в виде аналоговых сигналов суммируются или умножаются всего за один такт без всяких там «столбиков». Выдают такие процессоры информацию в виде кода. Поэтому при решении одной и той же задачи аналого-цифровые процессоры в сравнении с цифровыми требуют существенно меньшего количества схемных элементов, вследствие чего можно добиться идентичности их быстродействия с цифровыми микросхемами, используя (утилизировав) старые одно- и двухмикронные технологии, что обойдется намного дешевле. Таким образом, аналого-цифровые процессоры при использовании для их производства одних и тех же что и для цифровых процессоров интегральных технологий, и решении одинаковых задач, оказываются, как минимум, на два порядка более быстродействующими, чем цифровые. При этом аналого-цифровые процессоры оказываются более эффективными по сравнению с цифровыми и во всем другим основным показателям: энергопотреблению, габаритам, массе и стоимости.

Исползование специализированных аналого-цифровых процессоров, помимо существенного увеличения быстродействия, снижения энергопотребления и массы, а также стоимости благодаря использованию старых технологий для их производства, позволит также значительно увеличить их надежность. Во-первых, это произойдет вследствие меньшего количества элементов в спецпроцессорах. А во-вторых, и это самое главное, существенно уменьшатся возможности для несанкционированного вмешательства в их работу, так как они не перепрограммируются извне. Сейчас, к большому сожалению, из-за отсутствия отечественных аналогов в военной технике нередко используются иностранные микросхемы, которые в час X могут оказаться троянским конем со скрытым в нем «взрывчаткой» и «вирусам».

Создание интегральных технологий потребовало интеграции всех этапов проектирования и производства микроэлектронной аппаратуры в единый процесс. На Западе организационно это вылилось в образование крупных вертикально интегрированных компаний, производящих определенную функционально и потребительски завершенную продукцию: системы управления, телевизоры, радиоприемники, измерительные приборы и системы, смартфоны, и пр. Вместе с тем

такие фирмы продают часть своих микросхем другим потребителям.

У нас же, по сути, ничего не изменилось по сию пору. Производство микросхем в советские времена было сосредоточено в министерстве электронной промышленности, и они в основном предназначались для вычислительной техники. И хотя большие интегральные схемы представляли собой сложные функциональные устройства, их по-прежнему именовали и именовали элементной базой. Но ее номенклатура была оторвана от потребности радиопромышленности, приборостроения, производства средств связи, точного машиностроения, станкостроения и бытовой техники, что и явилось причиной неконкурентности этой отрасли и их развала подобно такой электронной отрасли. К сожалению, прежний «местечковий» отраслевой принцип хозяйствования и управления не изжит у нас до сих пор. Он проглядывался и в принимавшихся, но так и не выполненных программах развития электронной техники.

В последней из них также говорилось не о производстве телевизоров, радиоприемников, систем управления и др., а об объединении изделий электронной техники производством средств связи, телевидения и радиосвязи, систем управления... И это мы тоже проходили: скопированные зарубежные микросхемы у нас были, а те же отечественные телевизоры на старой элементной базе с российской внутренней рынка были в 1990-х вытеснены телевизионными фирмами Японии, Китая и развивающихся стран Юго-Восточной Азии. Следует заметить, ежегодные объемы продаж в России импортной электронной техники превышают, по оценкам, 60 млрд долларов. Но, помимо легального импорта, существует еще «теневой». Отечественная же электроника производится ежегодно всего на несколько сотен миллионов долларов.

Сегодня большинство видов (по выполняемым функциям) производимых в мире микросхем имеют топологические размеры элементов и межсоединений, укладываемые в размеры 0,5 мкм. Они содержат до миллионов транзисторов на кристалле. Переход для повышения степени интеграции к субмикронным технологиям связан с определенными трудностями. И не только экономическими. Проектировать высокоинтегрированные микросхемы у нас сегодня почти никому: таких инженеров не готовят ни один российский вуз. Да с оборудованием для проектирования дела также обстоят из рук вон плохо — нам его не продают.

Чтобы в нынешних условиях иметь возможность «догнать и перегнать», мы должны развить и внедрять уже используемые у нас микроэлектронные технологии, совершенства для конкурентоспособности схемотехнических решений электронной аппаратуры. Одно из таких направлений совершенствования — разработка и производство аналого-цифровых спецпроцессоров сигналов, решающих типовые задачи автоматизации измерений, контроля, управления и связи, для промышленного, военного и потребительского применения.

Тот, кто первым и в массовых количествах начнет производить и «выбросит» на рынок разнообразную номенклатуру таких процессоров, станет законодателем в области индустриального автоматизированного производ-



Рис. 1

ства микроэлектронных управляющих систем, в том числе на базе персональных ЭВМ. То есть станет хозяином этого рынка. Как это сделать — предмет отдельного разговора.

Напомню, речь не идет о безусловной альтернативе цифровым микропроцессорам. Поэтому прочитавший эти заметки может поинтересоваться, а почему западные компании, выпускающие цифровые процессоры, до сих пор не создали рынок аналого-цифровых процессоров? Дело в их монополии и нацеленности на получение максимальной прибыли. Зачем им запускать в производство более дешевые специализированные изделия, если можно еще долгие годы продавать дорогие перепрограммируемые универсальные, предлагая их для всех применений?

Основной причиной катастрофического развала российской радиоэлектроники при наличии относительно большого платежеспособного спроса на внутреннем рынке явилась ее низкая конкурентоспособность. Дело в том, что еще до 1990 г., несмотря на относительно большие капиталовложения и приоритетное развитие электронных технологий, отечественная радиоэлектронная аппаратура по основным характеристикам отставала от лучших аналогичных зарубежных образцов на 5–7 лет. Из-за ее более худших, примерно на порядок, энергетических и массогабаритных показателей у нас существенно увеличивались затраты, в частности, на производство авиационной техники, которая несет в себе более энергоемкое и тяжелое отечественное электронное оборудование по сравнению с американской авиационной. Поэтому для бортовых систем оно было менее эффективным, в первую очередь, с точки зрения удельной полезной нагрузки и удельного энергопотребления. А за последние 20 лет мы отстали уже на три-четыре поколения интегральных микросхем.

По оценкам специалистов, вряд ли мы сможем наверстать упущенное и внедрить у себя раньше, чем лет через двадцать, новейшие интегральные технологии, которыми сегодня владеют США, Япония, Китай и ряд других стран. На это нет ни денег, ни производства соответствующих материалов и оборудования — оно во многом разрушено и устарело, ни кадров. Вместе с тем, вызывает большие сомнения, что можно достичь успеха на прежнем пути «догнать и перегнать Америку»

только видеть, что было, но и предвидеть, что будет». Этот принцип, актуальный в век супер-ЭВМ, сегодня гласит: «Вычисления должны производиться с той степенью точности, которая необходима для практики, причем всякая неверная или лишняя цифра составляет ошибку». Как известно, самые мощные ЭВМ бессильны в получении точного результата, если математическая модель примитивна.

Главное для инженера — усвоить принцип «субоптимизации», по которому для оптимального поведения системы не требуется оптимального поведения ее подсистем. Напротив, оптимальность подсистем — не есть условие оптимальности всей системы. Классическим примером успеха системного анализа явился план ГОЭЛРО. В докладе «Пятилетний план развития народного хозяйства Союза ССР» на V Съезде Советов в мае 1929 г. Кржижановский отмечал: «Мы имеем поразительное совпадение научного анализа, того анализа, который был нашим преимущественным средством в ту пору, когда мы составляли план ГОЭЛРО, с данными больших и сложных расчетов, которыми располагали при выработке пятилетки».

В науке результат отрицательный — тоже результат. В этом смысле ценность представляет ракета «Булава», которая разбилась на рифах «субоптимизации». Оказалось, что сборка ракетного комплекса из оптимальных элементов требуется в четыре раза больше времени и средств, чем компоновка изначально целостной системы. Прошли десятилетия и стали известны все те же причины катастрофы на Байконуре 24 октября 1960 года при испытании ракеты Р-16. Тогда вместе с первым главнокомандующим Неделиным погибли десятки человек.

Синдром «Булавы» виден и в пресловутом ЕТЭ, и в Нью-Васюках — Иннограде («Сколково»). Виден он и в решении Роскосмоса сконцентрировать серийное производство маршевых двигателей РН «Ангара» на пермском «Протоне-ИМ», а не на отлаженном технологическом химкинского «Энергомаша». Решение это таит в себе риск наступить во имя оптимальной стоимости двигателей «Ангары» на все тот же, хорошо известный садовый инструмент.

Идеолог ГОЭЛРО Ленин, оптимизируя систему народного хозяйства,

за счет копирования устаревших интегральных технологий и микросхем. Новейшие же нам никто не продаст, а разработать их самим сегодня не удастся. Поэтому для завоевания своей ниши в мировом производстве электронной техники нужно, как отмечалось, воспользоваться нетрадиционными конкурентоспособными решениями.

По пути копирования чужих устаревших микросхем отечественная микроэлектроника волею прежнего начальства двигалась со времен 1970-х годов, что и явилось основной причиной ее неконкурентности и развала. Отчасти это объясняется и недостаточностью в сравнении с США капиталовложениями — разница была в десятки раз — из-за непонимания высшим руководством страны необходимости и значимости электроники, как интеллектуальной составляющей современной сложной техники. Сегодня положение не лучше. И хотя принята программа по созданию нанотехнологий, но пока нет однозначного понимания, что это такое и для чего это нужно. Ведь нельзя валить в одну кучу различные по своей сути технологии для различных применений. В результате созданы возможности для всевозможных манипуляций, в том числе — финансовых.

Если говорить о нанотехнологических технологиях не как о цели их создания, а как о средствах производства сверхбыстродействующей аппаратуры, то, прежде чем выделять громадные финансовые ресурсы на это дело, необходимо было бы определить, где такое сверхбыстродействие потребуются. Но этот вопрос не возник, и ответа на него нет. Между тем сверхбыстродействие вычислений уже давно эффективно обеспечивается их распараллеливанием с использованием группы ЭВМ. Очевидно, нанотехнологии требуются для изготовления сверхминиатюрных устройств для ограниченных применений. В частности, насущной проблемой является изготовление наноминиатюрных датчиков, размещаемых в органах человека для диагностики их состояния, с бесконтактной передачей данных в наружное устройство обработки данных.

А пока громадные денежные средства, вырванные за продаваемые у нас ноутбуки, смартфоны, телевизоры и прочие электронные изделия иностранных компаний, утекают из страны за рубеж.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ИНЖЕНЕРОВ И КАЧЕСТВО ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Олег СЕРГЕЕВ,

кандидат технических наук, полковник

Больше года уже прошло со дня подписания президентом страны Указа «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки». Документ возлагает на Правительство РФ «в целях дальнейшего совершенствования государственной политики в области образования и науки и подготовки квалифицированных специалистов с учетом требований инновационной экономики» разработку и утверждение в декабре 2013 года Концепции развития математического образования в Российской Федерации. Декабрь наступил, а соответствующего документа пока нет. В основу Концепции надлежит положить «аналитические данные о состоянии математического образования на различных уровнях образования». Индикатором образования подобного сорта служит качество решений новых инженерных задач.

«Всякое рациональное творчество должно быть основано на числе и мере» — так учил будущих инженеров академик Алексей Крылов, математик и кораблестроитель. Очевидно, что организация рационального творчества исключает положение, когда талант лучших отечественных математиков идет во вред России и обществу (Мавроди), или не встречается Григорий Перельман). В последние десятилетия у нас горит зеленый свет научно-технологической некомпетентности, авантюризма и безответственности, доверию авторам заведомо провальных проектов. К их числу относятся, так называемое «новое поколение менеджеров» из юристов и финансистов, не имеющих ни малейшего представления о реальном производстве. Страна безвозвратно утратила опыт многих поколений советских инженеров. Сегодня только производственному альянсу «Рено-Ниссан» и АвтоВАЗ необходима тысяча инженеров. Подготовка специалистов по новым требованиям «Рено-Ниссан» ведет совместно с Тольяттинским госуниверситетом и Самарской аэрокосмической академией. Для этого воз-

вращена на производство часть инженеров, ушедших на пенсию.

Математическая компетентность инженеров, рассчитавших нагрузки на Саяно-Шушенской ГЭС, для официальной версии аварии весьма сомнительна. В обвинительном заключении причины аварии названа поломка креплений крышки гидроагрегата № 2 и креплений турбины. Под большим напором струи воды эта крышка стала подниматься вверх вместе с турбиной (!), и все дальнейшее разрушения продолжались уже стихийно. Точно оценить нагрузки, многократно превышающие расчетную прочность крепления крышки тысячеконной турбины, отброшенной, как перышко, в машинный зал, не составляло труда по сеймограммам вибраций 17 августа 2009 года. Разрыв креплений крышки стал чудом, спасшим регион от катастрофы космического масштаба, когда, при сохранности креплений, гидроагрегат силой инерции вращения ротора был бы целиком вырван из тела плотины. Некомпетентность экспертов проявилась во всех разделах математики, начиная от арифметики, до и механики — незнания свойств гироскопа, что позволило «менеджерам», принимавшим решение о вводе в эксплуатацию СШ ГЭС, уйти от ответственности.

Русские преподаватели точных и естественных наук, работающие в вузах США, свидетельствуют, что американские студенты, испытывают трудности со сложением дробей с разными знаменателями. Это было характерно для 5 — 6 классов советской школы. Увы, сегодня те же студенты слышатся от преподавателей российских вузов. Догнать и перегнать Америку в негативном соревновании оказалось до обидного просто. По словам одного из репетиторов ЕТЭ, уровень подготовки школьников по математике, физике и химии катастрофически отстал. О физике школьники говорят как о сакральном предмете, запредельном для изучения. Выпускники МГТУ имени Баумана старые чертежи читать

не могут, не то, что чертить новые. Туманно намеченое вхождение к 2020 году пяти российских университетов в первую сотню мирового рейтинга, зато вполне реален шанс утраты даже нынешних позиций.

Благодаря усилиям Билла Гейтса и его сторонников в 2007 г. Конгресс США принял ФЗ «О совершенствовании Америке», направленный на интенсификацию математического образования в сфере естественных наук, технологий, инжиниринга и математики (НТИМ). Главным лицом данной стратегии выступает Учитель, владеющий научно-методическим подходом к раскрытию таланта, эвристических способностей, готовности учащихся к инновациям и изобретательству.

Ныне инновационным примером для всего мира служит трудолюбивая Финляндия, сохранявшая старые, в том числе русские, образовательные традиции. Решающий вклад в будущее Финляндской Республики внес ее покойный президент Карл Маннергейм, выпускник русской Императорской Академии Генерального штаба, активный участник четырех войн и двух революций.

Критерий качества математического образования академик Крылов определяет так: «Настоящий инженер должен верить своему глазу больше, чем любой формуле». Не следует инженеру забывать и слова натуралиста и философа Геккеля: «Математика, подобно зернову, перемалывает то, что под него засыпают». Научная мысль принадлежит Альберту Эйнштейну такое определение образования: это то, что остается, когда забудешь все, чему тебя учили в школе. Можно образно представить себе сей сухой остаток в виде кристалла с граниями, отшлифованными предметным знанием, закрепленным математикой в оправу трудового воспитания, коему служит усвоенный общественно-исторический опыт.

Образование без принуждения не бывает. Поэтому трудовое воспитание, неразрывно связанное с патристическим, всегда было ядром просвещения и образования. К.Д. Ушинский отмечал, что «если педагогика хочет воспитывать человека во всех отношениях, она должна узнать его во всех отно-

шениях. В противном случае она превращается в простой набор практических советов и рецептов и перестает быть подлинной наукой, способной помочь учителю».

Это относится, в особенности, к математике с ее трудностью специфического восприятия мира через подсознание, абстрактные символы, цифровые коды и системы координат. В математической интуиции соединяется образное и понятийное мышление в сочетании с наглядностью — важнейшей целевой функцией образовательного процесса. Математика требует умения сосредоточиться и концентрации внимания, стремления к поиску и доказательству гипотез, систематизации, новым и неожиданным решениям в области бесконечно малых и больших величин, а также мобилизации всех интеллектуальных ресурсов человека на пути к искомому результату.

Источником математических инноваций всегда был творческий, продуктивный труд, открытый для фантазии и воображения, наполненный на ожидания результат. Математическое образование инженера должно включать в себя результаты начального профобразования (НПО). Известно, что оно дает будущим инженерам и техникам ценные эксклюзивные знания и опыт, необходимые для развития математического мышления и способности к моделированию.

Одним из замечательных русских корабельных инженеров был Петр Титов, чье образование началось с отделения пархода и рабочего в корабельной мастерской Невского завода. Это, однако, не помешало ему пройти все ступени служебной лестницы от подручного на плазе, до корабельного мастера. В конкурсе 1893 г. по проекту броненосца Морское министерство присудило первую и вторую премии проектам Титова под девизом «Непобедимый» и «Кремль». «Петр Акиндинович быстро увидел, что алгебра есть основной математический инструмент, и решил, что им надо научиться владеть быстро, уверенно и безошибочно», — так писал о Титове академик Крылов в книге «Мои воспоминания». За два года Титов усвоил весь курс математики, сопоставив

материалов и начала теории корабля. Обычно, по окончании расчетов конструктор, он открывал ящик своего письменного стола, вынимал эскиз и говорил профессору Крылову: «Да, гениал, твои формулы верные, я размеры назначил на глаз — сходятся». Титов, автору многих передовых технологий, в ту пору было 49 лет.

Значимость НПО и трудового воспитания в подготовке инженеров подтверждаю успехи индустриализации в СССР, японское «экономическое чудо» и прорыв в будущее Китая. Историей доказано: праздность и комфортные условия жизни рождает большое поколение с деформированной психикой, неспособное защитить себя и свою страну. Альтернативой трудовой деятельности, разрывающей талант, способности и познавательные потребности, сегодня служат стандарты развлекательности, снижение нагрузки на учащихся и легкость «лифтинга» для недючек и бездельников.

Венцом абсурда, в том числе законодательного, стал ЕТЭ, совместивший для любителей отдохнуть школьные выпускные и вступительные экзамены в вузы. В этом русле следует и новый закон — «Об образовании в РФ», узаконивший НПО и трудовое воспитание, и где слово математика в тексте отсутствует. Труд по усвоению научных понятий данный закон заменяет поверхностным освоением предмета, бессмысленным и опасным при подготовке специалиста.

Победы Советского Союза остались в прошлом. Отставшая на старте космической гонки Америка открыла путь в новый технологический уклад, построенный на мышлении в категориях больших систем. Научной основой для генерации технологий их построения и функционирования стали идеи кибернетики и системного анализа (инжиниринг), сформулированные в 1957 году американской Рэнд Корпорацией.

Выбор математического аппарата всегда считался трудоемкой работой при формализации описания сложных проблем элементарными упрощенными зависимостями. По мысли академика Крылова роль статистики в этих случаях состоит «в сведении чисел на чертешку бумаги и в их сопоставлении между собой, чтобы по ним не