

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ XX ВЕКА

УДК 519.7

## КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ... БУДЕМ ОСТОРОЖНЫ\*

П. С. Краснощёков

Обсуждаются позитивные и негативные последствия компьютеризации в науке и образовании.

*Ключевые слова:* компьютеры в науке и образовании.

Я считаю, что компьютерные технологии являются сегодня самым существенным фактором, влияющим на изменение мира. . . Влияние будет таким сильным, что не останется ни одной области, которая не будет охвачена компьютерными технологиями.

*Билл Гейтс*

“О настоящем и будущем компьютерных технологий”,  
Москва, Кремль, 10 октября 1997 года

Достаточно только открыть глаза, чтобы убедиться, что завоевания промышленности, обогатившие столько практических людей, никогда не увидели бы света, если бы существовали только люди практики, если бы последних не опережали безумные бессребреники, умирающие нищими, никогда не думающие о своей пользе и руководимые всё же не своим капризом, а чем-то другим.

*Анри Пуанкаре*

“Наука и метод”, 1908 год

И познаете истину, и истина сделает вас свободными.

*Иисус Христос*

“Новый Завет”, Евангелие от Иоанна, гл. 8 ст. 32

Билл Гейтс не первый человек, с воодушевлением говорящий о завоеваниях технического прогресса, о тех благах, которые он несет в мир, о тех радикальных изменениях, которым он этот мир подвергает. И действительно, все эти завоевания, блага и изменения отрицать трудно. Однако прислушаемся к тем, кто за блеском фасада достижений видит и обратную, негативную, сторону этого процесса.

Одним из первых в России, кто открыто подверг сомнению слепую веру в технический прогресс, был Лев Николаевич Толстой. “Я прошу читателя. . . вспомнить те простые факты, что раз увеличенное войско никогда уже не может быть уменьшено; что раз уничтоженные вековые леса уже не могут быть возобновлены; что раз развращенное население удобствами комфорта никогда уже не может быть возвращено к первобытной простоте и умеренности”. И далее: “Верующие в прогресс искренно веруют потому, что вера

\* Статья перепечатана из сборника “Математические события XX века”, М.: ФАЗИС, 2003, с разрешения автора и издательства ФАЗИС.

их выгодна для них, и потому-то с озлоблением и ожесточением проповедают свою веру. Я невольно вспоминаю Китайскую войну, в которой три великие державы совершенно искренно и наивно вводили веру прогресса в Китай посредством пороха и ядер”. (“Прогресс и определение образования”. Ответ г-ну Маркову. Русский вестник, 1862, № 5.)

Я — не противник технического прогресса. Жизнь сложилась так, что приходилось применять свои знания и способности в различных крупных технических проектах и даже в военном деле. Много лет отдано работе по созданию систем автоматизированного проектирования, которые, без преувеличения, можно считать образцом новых компьютерных информационных технологий. При их создании приходилось решать проблемы, о которых, возможно, Билл Гейтс и не подозревает. Решение этих проблем выработало уравновешенный и трезвый взгляд на скоропалительную компьютеризацию и привело к осознанию вечной истины: “чтобы двигаться дальше, надо оставаться под давлением необходимости”.

Первое эффективное применение, как и следовало ожидать, компьютер нашел в науке. Он дал толчок к бурному развитию многих научно-прикладных направлений (таких, например, как теория автоматов), вдохнул жизнь в развитие вычислительных методов (в математике выделилось самостоятельное направление — вычислительная математика). Кибернетика как наука об управлении демонстрировала свои неоспоримые достижения. Появилась новая профессия — программист, новая отрасль — программирование, новое научное направление — языки программирования.

Однако первая волна эйфории прошла. Неожиданно обнаружилось, что увлечение вычислениями стало тормозить чисто теоретические исследования. На научных семинарах всё больше обсуждались вычислительные результаты, интерпретация которых затруднялась отсутствием критического анализа теоретических моделей, положенных в основу вычислений.

В классической триаде “модель – алгоритм – программа” наметилась опасная тенденция. Стремление поскорее внедрить компьютерные технологии во все сферы жизни привело к тому, что качество используемых теоретических моделей стало снижаться.

Многие ученые, верящие в информацию как в абсолютное благо, вторглись с компьютером в различные отрасли человеческой деятельности, чтобы обрабатывать информацию и помогать принятию рациональных решений. Однако математические методы и теоретические модели следовали за компьютером значительно медленнее. А неадекватное программное обеспечение порождает у пользователя иллюзорное знание, в основе которого, как правило, лежит устоявшееся заблуждение. За истину принимается её трансформация, правдоподобная иллюзия. Особенно опасно, когда это происходит при принятии кардинальных решений в социально-экономической сфере.

Однако опасность еще не столь велика. В среде посвященных эйфории нет. Компьютер занял свое достойное место. Место умного, дисциплинированного помощника и даже, в определенном смысле, коллеги. Компьютер остался подспорьем в интеллектуальной деятельности человека, но не стал искусственным интеллектом, хотя случается, что шахматные программы вы-

игрывают партии и у чемпионов мира. К счастью, законы интеллектуальной деятельности скрыты от нас за семью печатями. Это особенно относится к высшей форме интеллектуальной деятельности — к творчеству. Это свойство Человека — дар Божий (по образу и подобию) или, если хотите, результат миллионов лет эволюции, что, в конечном счете, одно и то же. Однако способность человека к творческому мышлению дана ему в потенции — проявиться и успешно развиваться она может лишь в интеллектуальной среде, в живом общении с себе подобными, т. е. в человеческом обществе. Известно, что так называемые “маугли”, воспитанные животными, практически навсегда утрачивают интеллект. Компьютер же никогда не обзаведется подобной средой, что бы ни говорилось о самообучающихся системах и т. п. Поэтому принципы, на которых организуется компьютерный интеллект (а лучше говорить — псевдоинтеллект), совсем иные.

Сейчас распространено мнение, что главной причиной отставания во многих отраслях РФ от США явилась недооценка компьютерных технологий. Это не совсем так. Вспомним, что Советский Союз быстро догнал Соединенные Штаты в создании ядерного оружия, а в средствах доставки его опередил их и первым вышел в космос. Никто не осмелится утверждать, что советские компьютеры были лучше американских. Выиграл гонку живой человеческий интеллект, который удалось эффективно организовать на решение проблемы.

Поэтому хотелось бы предостеречь от компьютерного фундаментализма. Любое новое мощное средство, будь то автомобилизация или компьютеризация, помимо очевидных благ, несет в себе и, далеко не очевидную, угрозу гармоничному и стабильному существованию ноосферы. Компьютеризация опасна тем, что в первую очередь она воздействует на самую хрупкую и уязвимую составляющую ноосферы — на живую интеллектуальную среду. О пользе компьютеризации профессионально и вдохновенно сказал Билл Гейтс. Но стоит подумать о возможном необратимом негативе, который она может принести в жизнь.

Начнем, пожалуй, с самой важной, на наш взгляд, проблемы — с роли образования, — которая, по словам Гейтса, “зазвучит совсем по-новому”. Образование — очень ёмкое и многоплановое понятие. Дать исчерпывающее строгое определение этого понятия, скорее всего, невозможно. Поэтому когда Гейтс утверждает, что “в будущем ключевым вопросом, который будут задавать, чтобы понять, где и как может работать человек, станет: Какое образование вы имеете?”, далеко не ясно, как сформулировать ответ. Действительно, что делать пишущему эти строки, если в университетском дипломе он квалифицируется как механик, в дипломе доцента — как математик, в дипломе доктора — как кибернетик, в дипломе профессора — как исследователь операций, а в дипломе академика — как специалист по информатике и автоматизации? Как ему отвечать на поставленный выше вопрос? Ведь каждая из перечисленных профессий автора может быть определена как образование, и в то же время, взятые вместе, они также являют собой образование. Причем это образование — не просто совокупность мало связанных между собой профессий. Все они гармонично дополняют друг друга.

Действуя во взаимосвязи, они образуют качественно нечто новое и дают автору неизмеримо бóльшие возможности в научно-исследовательской работе, чем каждая, взятая по отдельности. И в России это скорее повседневность, чем исключение.

К сожалению, компьютерные технологии уже покушаются на тысячелетний духовный тандем “учитель – ученик”. Во многих институтах компьютер принимает экзамены, а точнее, тестирует. Такой экзамен лишен главного и самого важного элемента — диалога между учеником и учителем. Происходит “усреднение” всех экзаменуемых — компьютер не различает их неповторимой индивидуальности, он не может проследить логику мышления отвечающего, не дает ему возможность в диалоге отстоять свою точку зрения. Однако тестирование — это еще полбеда. Предполагается, что с помощью компьютерных технологий можно унифицировать лекционный процесс. Вот это уж совсем никуда не годится. Лектор не просто озвучивает теоретический материал. Он его интерпретирует. Сколько лекторов, столько и интерпретаций. Даже один и тот же лектор, читая одну и ту же лекцию, раз к разу не повторяет её дословно. Чтение лекций — процесс творческий. Это как у дирижеров — каждый по-своему интерпретирует одно и то же музыкальное произведение. Хотя, казалось бы, у оркестра есть ноты и этого достаточно. Не зря ведь существуют любимые дирижеры и любимые лекторы. В живом общении учеников с учителем или ученых на семинарах и конференциях и возникает та аура, среда, без которой живой интеллект не может существовать и развиваться.

Компьютерные технологии, в силу своей специфики, несут в сферу образования такие любимые американцами атрибуты, как унификацию и стандартизацию. Полезные в меру, они, если не остановиться вовремя, приведут к бюрократизации образования, и оно как ритуал приобщения человека к знаниям, к истине, перестанет существовать. Система станет штамповать (как метко заметил Солженицын) образованцев, справляющихся с рутинной работой, но начисто лишенных культуры творческого мышления. Начнется распад научных школ — явление, первые признаки которого уже налицо. И это опасно, так как людей, способных к творческому мышлению, в человеческом обществе не так уж и много: “. . . бóльшая часть людей не любит думать, и, может быть, это и к лучшему, ибо ими руководит инстинкт. . . Но инстинкт — это рутина, и если бы его не оплодотворяла мысль, то он и в человеке не прогрессировал бы больше, чем в пчеле или в муравье. Необходимо, следовательно, чтобы кто-нибудь думал за тех, кто не любит думать. . .” (А. Пуанкаре, “Наука и метод”, кн. 1 “Ученый и наука”, 1908 г.). Очень важно, чтобы как можно больше людей научилось думать. Прислушаемся к тому, что говорит Паскаль: “. . . всё наше достоинство состоит в мысли. В этом отношении мы должны возвышать себя, а не в отношении к пространству и времени, которые мы не сумели бы наполнить. Постараемся же научиться хорошо мыслить: вот принцип нравственности”. В связи с этим нельзя не сказать об Интернете — еще одной очень модной сейчас компьютерной технологии. Возможно, Интернет поможет нам наполнить собой пространство и время (не зря его еще называют Паутиной (Web)), но очень сомнительно, чтобы он помог нам научиться хорошо мыслить.

Таким образом, необходимо непрестанно заботиться о том, чтобы компьютерные технологии доставляли нам не только комфорт и развлечения, но высвобождали бы потенциальную способность нашего интеллекта к творческому мышлению. Это очень важно, так как в нашем мире технологический прогресс реализуется и направляется усилиями и интересами бизнеса.

А современный бизнес, при всех его неоспоримых достоинствах, имеет один весьма существенный недостаток: для него главным критерием является получение прибыли и, желательно, как можно быстрее. В силу этого, мягко говоря, он нейтрален по отношению к нравственности. Бизнес тороплив, ему некогда останавливаться под давлением необходимости — он её просто не замечает. Хорошо мыслить — это не принцип бизнеса. Его принцип — мыслить эффективно. Поэтому, по большому счету, бизнесу безразлично, что некоторые рекламируемые им компьютерные технологии породили компьютерных наркоманов, ушедших из реальной жизни в мир иллюзий виртуальной реальности. Складывается ситуация, когда жизнь должна адаптироваться к законам бизнеса, а не наоборот. Мир переворачивается вверх ногами: бизнес превращается в единственную объективную реальность, которую человечество должно осознать и принять. Всё, что не дает прибыли, утрачивает право на существование. Свободное занятие бизнесом переходит в свою противоположность — в необходимое занятие. Поэтому наиболее успешно развиваются те компьютерные технологии, которые в первую очередь пользуются спросом у деловых людей, а также в сфере развлечений.

Для людей, «достоинство которых состоит в мысли», а свобода обретается в познании истины, такой порядок вещей неприемлем. Исчезновение с арены жизни «безумных бессребреников» приведет к тому, что инстинктивное стремление «людей практики» к прибыли перестанет «оплодотворяться мыслью», и практика станет неэффективной. Просто нечем будет торговать.

Я намеренно сгущаю краски. Конечно, всё обстоит не так трагично. Но согласитесь, что тенденция просматривается. А ведь выход из создавшегося положения известен: компьютерные технологии должны совершенствоваться. Они должны становиться всё более наукоёмкими, расширяя, тем самым, сферу своего применения. Нельзя забывать, для чего в первую очередь создавался компьютер. Его создатели имели в виду, что он будет способствовать не столько техническому прогрессу, сколько прогрессу человечества в его извечном стремлении к познанию истины. А на этом пути, как показывает история, и с техническим прогрессом всё будет обстоять благополучно. Не случайно ведь Паскаль, призывающий нас прежде всего научиться «хорошо мыслить», был одновременно изобретателем суммирующей машины — первого, можно сказать, прототипа современного компьютера.

Так что же надо делать, чтобы компьютерные технологии становились всё более наукоёмкими? Я постараюсь сформулировать здесь ряд проблем, которые, как мне кажется, придется решать. Осознание их пришло в процессе двадцатилетней работы по созданию системы автоматизированного проектирования, однако сами проблемы имеют настолько общий характер, что можно говорить о компьютерных технологиях в общем плане.

В самых первых системах автоматизированного проектирования разработчики стремились наиболее полно реализовать возможности, которые предоставляет компьютер: быстрое выполнение большого числа вычислений; хранение и передачу большого объема информации; визуализацию результатов с помощью средств компьютерной графики; общение человека с компьютером в режиме диалога. Этот подход со временем вылился в компьютерную технологию, которую принято теперь называть экспертной системой. Такая система основывается на представлении о пользователе, как о специалисте в конкретной области знаний (врач, экономист, инженер, управленец и т. д.), которому необходимо эффективно помочь применить свои знания в конкретной работе. Эти системы используются сегодня в различных сферах деятельности. Например, оказалось, что они весьма успешно справляются со специфическими задачами диагностики, когда знания представимы в виде достаточно жестких инструкций, действующих в строгих рамках формальной логики. Однако попытки использования идеологии экспертных систем для автоматизации проектирования таких сложных объектов, как самолет, корабль, производственный комплекс или система управления ими, принципиальных проблем так и не решили. Это похоже на то, как автомобиль не снял с повестки дня транспортную проблему. Повсеместная автомобилизация породила новые проблемы: аварии и пробки на дорогах, загрязнение окружающей среды, трудности парковки и хранения. И когда современные КБ оснастили так называемыми персональными рабочими местами конструктора (некоторыми аналогами экспертных систем) и объединили их в сеть, предназначенную выполнять функции системы автоматизированного проектирования, то также возникли не менее острые проблемы. Одна из них заключается в том, что в системе стали обрабатываться громадные объемы информации. А из теории известно, что это приводит к повышению энтропии в системе, т. е. информация о текущем состоянии проекта искажается и тем больше, чем больше задействовано в ней исполнительных элементов, будь то программа или живой конструктор на своем персональном рабочем месте. Борьба с ростом энтропии в сложных системах можно только с помощью агрегирования (укрупнения, обобщения) информации и распределения её по уровням детализации (подробности), т. е. построением иерархической системы обработки информации. Так, в сущности, и обстоит дело в любом крупном КБ, только возникает такая иерархия стихийно под давлением обстоятельств и во многом зависит от практики проектирования, сложившейся в данном КБ. Поэтому простым «интегрированием этих программ со всеми остальными элементами», как это утверждает Билл Гейтс, не обойтись — придется вникать в «специализированные» проблемы отраслей. Очевидно также, что не все иерархические системы проектирования в разных КБ эквивалентны. Одни КБ работают более продуктивно, другие — менее. Таким образом, иерархия должна быть не произвольной, а естественно вытекающей из функциональной природы проектируемого объекта и степени его конструктивной сложности. Для проектирования гайки никакой иерархии не нужно.

Вопреки ожиданиям, проблема принятия инженерных решений не упростилась, а усложнилась. Появились жалобы, что невозможно сделать однозначный выбор, что его просто не существует. Попытки улучшить одни характеристики конструкции приводили к ухудшению других и наоборот. Безвыходность положения вынудила прибегать к произволу: “лишнюю” информацию старались не замечать. Традиционная методология проектирования “от прототипа”, по существу, не претерпела изменений. Однако привлечение компьютера в сферу проектирования практически впервые поставило инженера перед проблемой выбора во всей её неприятной неоднозначности. Пришлось остановиться под давлением необходимости.

А теперь забудем о проектировании. Дело в том, что обсуждаемые проблемы присущи не только проектированию. Они встречаются повсюду, где приходится принимать решения (делать выбор) в сложной информационной среде. Понимая проектирование предельно широко, можно любую целенаправленную деятельность определить как проектирование, но проблеме принятия решений более точно характеризует понятие “синтез”. Наука традиционно изучала реальность как данность. Её методом был анализ. Настали времена, когда люди стали преобразовывать мир (об этом говорит и Билл Гейтс). Эти преобразования мира — результат целенаправленной деятельности людей в различных проявлениях их жизни. Поэтому на повестку дня стала проблема целенаправленного синтеза систем и процессов разнообразной природы и сложности. Необходимо, чтобы компьютерные технологии позволили эту проблему решать наименее болезненно для нас и окружающей среды. А это возможно лишь в том случае, если сами технологии будут помогать нам “хорошо мыслить”. Но чтобы хорошо мыслить, сначала необходимо научиться правильно мыслить. Для этого надо привлекать на помощь достижения фундаментальных наук.

Вернемся к проблемам синтеза. Среди них центральной, безусловно, является проблема выбора. Но выбирать можно только тогда, когда есть из чего выбирать, т. е. множество альтернатив синтезируемой системы, объекта или процесса. Причем из теории известно, что выбор будет тем лучше, чем шире множество альтернатив. И здесь мы сталкиваемся с парадоксальной, на первый взгляд, ситуацией: чтобы построить оптимальный синтез, необходимо уметь синтезировать всё множество возможных альтернатив. Эта задача очень сложна, но фундаментальные достижения в теории оптимизации, теории игр, математическом моделировании — этих составляющих общей теории принятия решений, а также совершенство современных компьютеров укрепляют нашу веру в успешном её решении. Хотя проблем, стоящих на этом пути, еще предостаточно. И следующей является формирование системы критериев (оценок), на основе которых строится оптимальный синтез. Эта система критериев является не чем иным, как формализацией наших пожеланий или требований к качествам синтезируемого объекта или процесса. Без неё невозможно строить оптимальный синтез. Но беда заключается в том, что, как правило, наши пожелания и требования противоречивы и не могут быть формализованы в виде одного критерия.

Так каков же выход из такого положения? На этот вопрос дает ответ теория многокритериальной оптимизации: нужно отказаться от категорической формы требований, и тогда решение существует. Но оказывается, что решением является не совсем то, чего мы ожидали. Оно является неоднозначным. Оптимальный синтез представляет собой множество не улучшаемых по нашим требованиям альтернатив, и, в общем случае, что очень важно, содержит меньше элементов, чем исходное.

Итак, однозначного ответа нет. Однако, если вдуматься, это не так уж и плохо, так как за нами остается свобода дальнейшего выбора. Этот выбор может быть обусловлен соображениями более высокого уровня, обсуждать которые здесь нет возможности, либо выбор будет сделан на основе компромисса, т. е. согласования требований. Может случиться и так, что необходимость вынудит реализовать все результаты неоднозначного синтеза. Например, при производстве автомобилей приходится изготавливать и легковые автомобили, и грузовые. Оптимальный синтез в этом случае как бы подсказывает нам, что удовлетворить наши потребности только производством легковых автомобилей или только грузовых невозможно. Нужны и те, и другие.

Однако вернемся к проблеме синтеза исходного множества альтернатив. Обычно это делается с помощью структурно-параметрической модели синтезируемого объекта или процесса. Структурно-параметрическая модель — это такое описание, которое позволяет вариациями структуры и параметров в заданных пределах получить всё множество альтернатив. Причем каждая конкретная вариация выделяет из множества альтернатив конкретную альтернативу. Более сложному объекту или процессу соответствует и более сложная структурно-параметрическая модель. А, к сожалению, наука еще не умеет решать оптимизационные задачи, когда пространство варьируемых переменных имеет очень большую размерность. Поэтому модель нужно упрощать, чтобы снизить число варьируемых переменных до минимально возможного. Таким образом, приходится декомпозировать задачу, т. е. разбить на этапы — ввести иерархию структурно-параметрического описания по уровням детализации. Вспомним, что мы уже говорили о такой иерархии, когда обсуждали проблему роста энтропии в информационной среде. Так вот, это одна и та же иерархия, и реализуется она с помощью процедуры последовательного агрегирования структурно-параметрической модели. Наконец, нам потребуется модель функционирования объекта, так как без неё мы не сможем вычислять значения критериев и вести отбраковку вариантов (т. е. строить оптимальный синтез). Такие модели должны включать в себя все мыслимые режимы функционирования, и в технических отраслях их практически строить умеют. Хуже дело обстоит с функционированием социально-экономических систем. Но будем считать, что модель функционирования у нас имеется. Очевидно, что она по сложности не уступает структурно-параметрической модели и, следовательно, тоже подлежит декомпозиции. Причем декомпозиция той и другой модели должна быть согласована так, чтобы укладываться в одну и ту же иерархию.

Теперь остается в общих чертах описать сам процесс оптимального синтеза сверху вниз по уровням иерархии. Предполагается, что верхний уро-

вень — это наиболее агрегированный уровень, т. е. самый упрощенный в информационном и описательном смысле. На этом уровне имеют дело с макропараметрами и называют его, соответственно, макроуровнем. Здесь и решается, в основном, задача оптимального синтеза, т. е. отбраковываются заведомо неэффективные альтернативы. Это очень важный уровень. На нём определяются возможные обликотипические характеристики (макрохарактеристики) будущего объекта или процесса. Они обладают тем свойством, что улучшить их по совокупности исходных требований уже невозможно. Ни одной из альтернатив мы не можем отдать предпочтения, так как по выбранной системе критериев они несравнимы между собой. Далее результаты предварительного синтеза поступают на второй, более детальный уровень. На этом уровне сначала решают задачу дезагрегирования поступившей информации. Это очень трудная задача: необходимо найти все прообразы синтезируемого объекта или процесса данной детализации, которые соответствуют макрообразу, поступившему с верхнего уровня. Затем на полученном таким путем множестве альтернатив снова решают задачу оптимального синтеза по системе критериев второго уровня. И её решать уже легче, чем в случае, если бы мы процесс синтеза сразу начали со второго уровня, так как на первом уровне многие альтернативы были заранее отбракованы. И так вниз по уровням, пока не будет построен полный оптимальный синтез — получено описание объекта или процесса на всех уровнях иерархии.

Теперь традиционными методами анализа — поверочными расчетами на точных моделях или в эксперименте, если изготовлены опытные образцы, — мы должны выяснить, удовлетворяет ли нас построенный синтез. Если да, то проблема считается решенной, если нет, то процесс синтеза начинается сначала, с учетом всех внесенных в него корректив. И так до тех пор, пока итерационный процесс не сойдется к искомому результату.

Это далеко не всё, но на этом, пожалуй, придется остановиться. Я ведь обещал рассказать лишь о том, “о чем не сказал Билл Гейтс”, и не более. И я, и Билл Гейтс не сказали еще о многом, но и того, что есть, достаточно, чтобы понять всю сложность задач, которые приходится решать с помощью компьютерных технологий, и те высокие требования, которые они предъявляют к этим технологиям. А пока замечу, что реализация фрагментов этой схемы на одном из авиационных КБ России способствовала созданию одного из лучших маневренных самолетов мира.

Я не пророк. Поэтому мне трудно судить, пойдет ли развитие компьютерных технологий по намеченному здесь пути. И будут ли они компьютерными технологиями в интерпретации Билла Гейтса или превратятся в нечто такое, чему еще пока нет названия. Освободят ли они человеческий интеллект от забот повседневной рутины и откроют путь к истине или нет. Во всяком случае, пока существуют “безумные бессребреники”, надежда не потеряна. Выиграют все, в том числе и бизнес, доходы которого только возрастут, а сам он станет несравненно нравственнее. . . . Лишь одна мысль тревожит меня: не утратят ли мои дети, или внуки, или правнуки естественную потребность человека в интеллектуально-эмоциональном напряжении, успешное разрешение которого доставляет поистине ни с чем не сравнимое наслаждение.

**COMPUTERIZATION... LET US BE CAREFUL!**

*P. S. Krasnoschekov*

Some positive and negative after-effects of computerization in science and education are discussed.

*Keywords:* Keywords: computers in science and education.