

## ПРОГРАММИРОВАНИЕ — ВТОРАЯ ГРАМОТНОСТЬ

А. П. Ершов

УДК 519.7

**Предисловие архивариуса.** Это широко известное изречение в наши дни порой приписывается народному творчеству. На самом деле так называлось выступление академика Андрея Петровича Ершова (1931–1988 гг.) на 3-й Всемирной конференции ИФИП (Международной федерации по обработке информации) и ЮНЕСКО по применению ЭВМ в обучении, которая прошла в июле 1981 г. в Лозанне (Швейцария).

Выступление Андрея Петровича Ершова в свое время получило широкий резонанс, его текст неоднократно издавался на разных языках, но не был опубликован вместе с иллюстрациями, подготовленными для выступления художником Михаилом Михайловичем Златковским.

В дни 30-летнего юбилея первого школьного учебника „Основы информатики и вычислительной техники“, изданного в 1985 г. под редакцией А. П. Ершова и В. М. Монахова, учебника, который знаменовал эру информатизации образования в СССР, мы публикуем эту работу, которая сохранила свою актуальность и поныне.

Академик А. Ершов рассматривал программирование как „выражение органической способности человека“. Он считал, что если еще не все человечество погрузилось в написание программ, то „оно живет в мире программ и само постоянно программирует“, а „продуктивность информационных моделей внешнего мира придает новый смысл библейскому изречению „Вначале было слово“. Современность со всей очевидностью подтверждает справедливость ее основных тезисов.

27 октября 1980 г. А. П. Ершов получил приглашение Президента ИФИП Пьера Бобилье выступить с заглавным докладом на пленарном заседании 3-й Всемирной конференции ИФИП и ЮНЕСКО по применению ЭВМ в обучении. Сейчас трудно восстановить,



А. П. Ершов

Одно из самых известных выступлений А. П. Ершова прозвучало на Третьей всемирной конференции ИФИП и ЮНЕСКО по применению ЭВМ в обучении и было опубликовано на английском языке в Трудах этой конференции: Programming, the Second Literacy// Computer and Education: Proc. IFIP TC-3 3rd World Conf. on Computer Education. WCCE 81. Lousanne, Amsterdam, 1981. Part 1. P. 1–17. Затем оно неоднократно перепечатывалось на русском и других языках. Здесь мы впервые публикуем текст вместе с оригинальными рисунками художника М. М. Златковского.

как родилась у Ершова идея столь афористично назвать свою речь, но он настаивал именно на этом названии, хотя организаторы форума предлагали ему другое, гораздо более традиционное: „Основополагающая роль компьютеров в образовании“. „Техническое задание“ художнику А. П. Ершов сформулировал так: „Аудитория будет довольно пестрая и не очень известная. Академическая элита, характерная для конференций по естественным наукам, будет в явном меньшинстве. Большая часть аудитории будет внушаемой, и доклад поэтому подготовлен в стиле наступательной проповеди... Доклад должен быть заведомо уважаемым, без балаганства, но достаточно острый. Однако очень хотелось бы, чтобы риторика текста была бы скомпенсирована живостью иллюстративного материала, ... не говоря уже о двух-трех порциях юмора для разрядки аудитории“.

М. М. Златковский подготовил 32 цветных графических листа, которые в острой, ироничной, подчас парадоксальной форме иллюстрировали основные тезисы докладчика. Несомненно, стиль „умной графики“, как впоследствии художник назвал свою манеру работы, существенно дополнял выступление академика Ершова и способствовал ее широкой международной известности.

В настоящее время М. Златковский — заслуженный художник России, обладатель высшей профессиональной премии Союза журналистов России „Золотое перо“ и звания „Лучший художник в средствах массовой информации России“, Кавалер Ордена Почетного легиона, почетный член союзов художников нескольких стран.

И. А. Крайнева

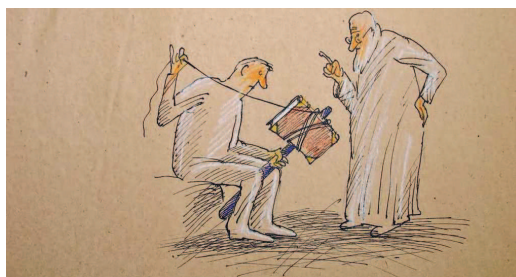
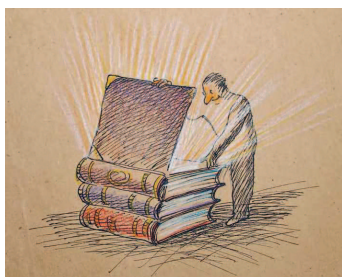


Решив так назвать свое выступление, я сознаю, что это — метафора, которая многим покажется рискованной. По одну сторону нашего уравнения — экзотическая, хотя уже и весьма массовая профессия, требующая способности и длинного обучения, а по другую — общее достояние, фундаментальнейшее свойство современного человека. Тем не менее, я постараюсь продемонстрировать поучительность и плодотворность этой метафоры. Не желая ни убивать читателя длинными силлогизмами, ни поражать его фокусами, объясню заранее схему раскрытия основного положения.

Во-первых, нам будет легче сравнивать программирование с грамотностью, если мы вспомним, что грамотность — это историческая категория, имеющая свое предначало, возникновение и развитие. СССР — страна практически сплошной грамотности: уже 10 лет назад грамотные в ней составляли 99,7 % общего числа населения в возрасте от 9 лет и старше. 100 лет назад этот процент был чуть выше 20. Еще сейчас на Земле насчитывается порядка 800 млн неграмотных.



Во-вторых, как в основе грамотности, так и в основе программирования лежит техническое изобретение: печатный станок и ЭВМ соответственно. Если развитие и распространение книгопечатания привело к всеобщей грамотности, то развитие и распространение ЭВМ приведет ко всеобщему умению программировать.



В-третьих, как грамотность, так и программирование являются выражением органической способности человека, т. е. способности, подготовленной организацией его нервной системы и присущей человеку во всех его социальных функциях: в общении друг с другом, в труде, в созерцании природы и в борьбе с ней.

В-четвертых, и это, пожалуй, самое главное: грамотность и программирование не только выстраиваются в параллель, соединяясь мостиками аналогий, но и дополняют друг друга, формируя новое представление о гармонии человеческого ума.

Этот тезис заслуживает того, чтобы, хотя и без подробностей, но быть раскрытым немедленно.

Мы привычно понимаем грамотность как способность человека воспринять и выразить знание в текстовой форме. С детства мы слышим простые и емкие слова Максима Горького: „Любите книгу, источник знания“. Однако остается проблема: как перейти от знания к действию. „Сообразуйте действие со словом, а слово с действием“, — говорит один из героев Шекспира. Вот здесь и возникает программирование.

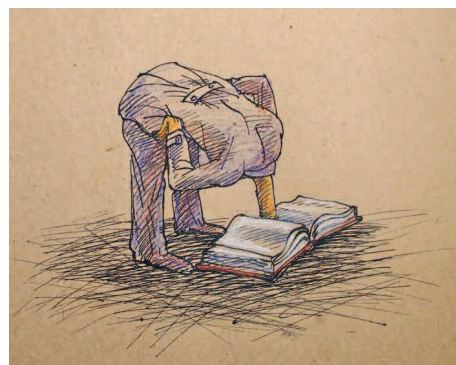
В докнижный период единство слова и дела осуществлялось естественно и постоянно. Накопление опыта и знания было совмещено с прямым и постоянным контактом старшего учителя и младшего ученика.

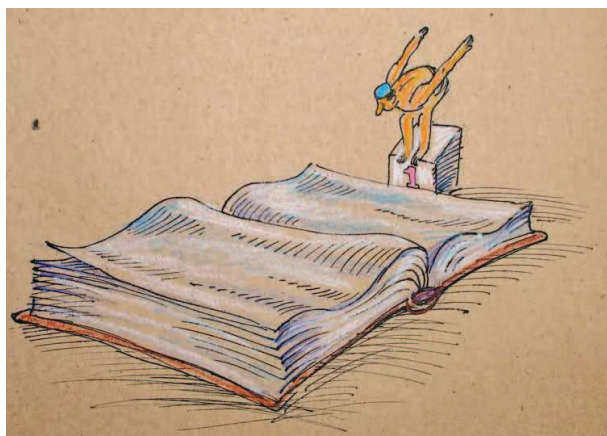
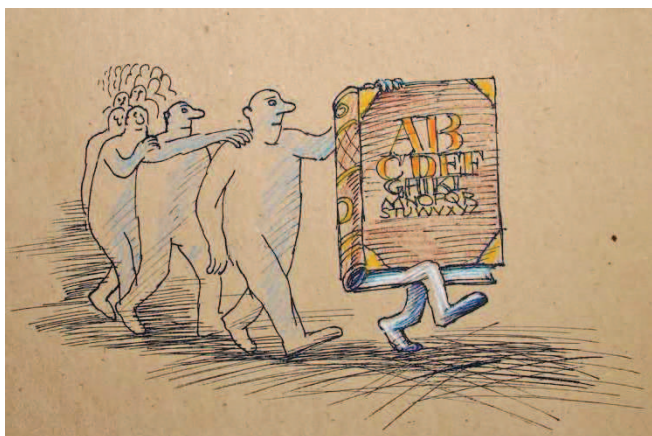
Конечно, это была не оптимальная схема обучения, так как при этом сужалась база для формирования общих понятий и построения теории предмета обучения, но зато и не возникало проблемы перехода от знания к действию, поскольку момент истины ощущался не умственным озарением, а достижением цели. Как мы сказали бы сейчас, обучение было предметным.

Появление книги нанесло сильнейший удар единству слова и дела, отделило процесс накопления знаний от их применения, создало новые формы жажды и знаний и новые ощущения постижения истины.

Во всех языках появились специальные определения для людей, которые в своем стремлении к знанию отдавали предпочтение книге. Во всех этих выражениях, от „книжного ума“ до „яйцеголовых“, был оттенок пренебрежения, в целом несправедливого, но иногда и заслуженного.

Как сказал Монтень уже в XVI веке: „Ученость чисто книжного происхождения — жалкая ученость!“ Действительно, обнаружилось, что книжное накопление знаний требует новых подходов к формированию исполнительных механизмов человека. Это означает, что задача программирования появилась задолго до появления





ЭВМ. ЭВМ актуализировало проблему программирования так же, как книгопечатание актуализировало проблему грамотности.

Если вторая проблема привела к появлению Яна Амоса Каменского и его „Великой дидактики“ и „Материнской школы“, заложивших основы современной школы, то первая проблема — это вызов нашей аудитории, и я горячо надеюсь, что она выдвинет великого учителя, который вооружит поколение, вступающее в XXI век, видением школы будущего.

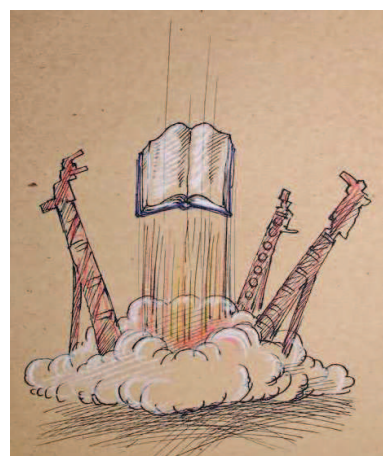
Грамотность и способность к действию сами по себе еще ничего не значат. Развитие только одной из них еще не решает проблемы. В этом противопоставлении трудно сказать, от чего мы страдаем больше: от невежества или бездеятельности. Еще Гете предупреждал: „Нет ничего страшнее деятельного невежества“, однако наш опыт подсказывает, что оно произрастает только при дефиците активной жизненной позиции образованных и культурных людей. Мы знаем, что грамотность — это не только умение читать, но и воспитание интеллигентного человека.

Похоже, теперь нам нужно потребовать от образования большего. Вот почему я позволю себе закончить введение дополнительным тезисом о том, что вторая грамотность — это не только умение писать команды для машин, но и воспитание человека, решительного и предусмотрительного вместе.

**Мир книги.** Вернемся снова к отправной точке раскрытия нашей метафоры, книгопечатанию, более точно, к ее продукту — книге. Я позволю себе сделать небольшую выдержку из энциклопедического словаря, поскольку лаконичность его текстов придает им особую выразительность:

„**Книга**, печатное произведение (в старое время также и рукопись) в форме сброшюрованных и переплетенных вместе печатных листов...

В средние века книги переписывались в монастырях монахами и имели главным образом религиозный характер. С развитием городов сменившие монахов городские писцы переписывали и светские книги. Настоящий поворот в книжном деле произведен книгопечатанием, изобретенным в середине 15-го века... Отливка шрифтов, изобретение скоропечатной машины, стереотипы, применение наборной и ротационной машин превратили книгу в мо-



гучее средство распространения знаний и подъема культуры“ (Малый энциклопедический словарь, Москва: Советская энциклопедия, 1936 г.)



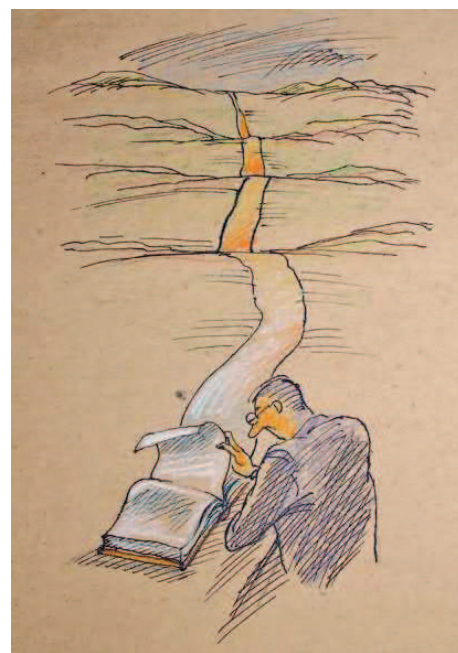
Мне бы хотелось верить, что наше трудное дело создания ЭВМ и их программирования когда-нибудь будет подытожено далеким потомком в столь лапидарных и эпических строчках. Мне довелось прочитать несколько сочинений, посвященных истории книги и развитию грамотности. Это в высшей степени интересная глава в истории нашей цивилизации. Несмотря на то, что становления книгопечатания и вычислительной техники разделены периодом в пять столетий, их сопоставление, особенно если выровнять временные масштабы с учетом разницы скоростей и пропускной способности коммуникационных каналов, обнаружит много сходства, и технического, и социального характера. В способах книгопечатания мы найдем смену поколений, основанную на изменениях производственной базы и технологических процессов. Так же, как и в вычислительном деле, мы познакомимся с историей становления больших производящих компаний со всеми типичными компонентами массового производства: неустанная ассимиляция технических новшеств и их переплавка в общепринятые техни-

ческие стандарты, организация рынка и сбыта, драматические столкновения в сочетании с неотъемлемостью сосуществования большого и малого бизнеса, появление вторичной индустрии исходных материалов и компонент.

С историей технической идет рука об руку история социальная: появляются авторы и издатели, книготорговцы и читатели. Возникает понятие интеллектуальной продукции и вместе с ней новые виды собственности. Информация становится товаром. Особенно интересной и — как ни странно — слабо изученной с позиций современных представлений главой социальной истории книгопечатания является формирование массового пользователя — читателя. Взаимобусловленность развития книгопечатания и необходимой для него всеобщей грамотности, совокупное их влияние на становление и реализацию концепции всеобщего образования, массовый характер всей этой деятельности — вот тема, ждущая своего исследования, вот те процессы, которые нам предстоит пережить в связи с внедрением ЭВМ во все сферы человеческой деятельности.

Приведем лишь некоторые данные, которые характеризуют темп, размах и взаимобусловленность развития книгопечатания и грамотности.

Появление первых изданий изобретателя печатного станка Иоганна Гутенберга датируется 1445 годом (латинская грамматика „О восьми ча-



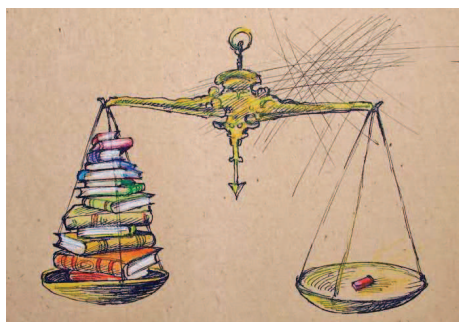
стях речи“ Элия Доната и знаменитая „42-строчная“ Библия). Еще не истек XV век, а уже в мире работало свыше тысячи типографий, выпустивших около 10 млн экземпляров книг, почти мгновенно превысив наличный фонд рукописных книг. В 1962 г. во всем мире было напечатано 10 млрд книг. Характерным является то, что не видно никаких реальных признаков насыщения книжного рынка.

Данные 1962 г. говорят, что каждый житель Земли приобрел в среднем две книги. Средняя семья в СССР покупает в год около 30 книг и готова покупать больше. Простая экстраполяция этих цифр дает оценку потенциального книжного потребления для нынешнего населения в 40 млрд книг в год.

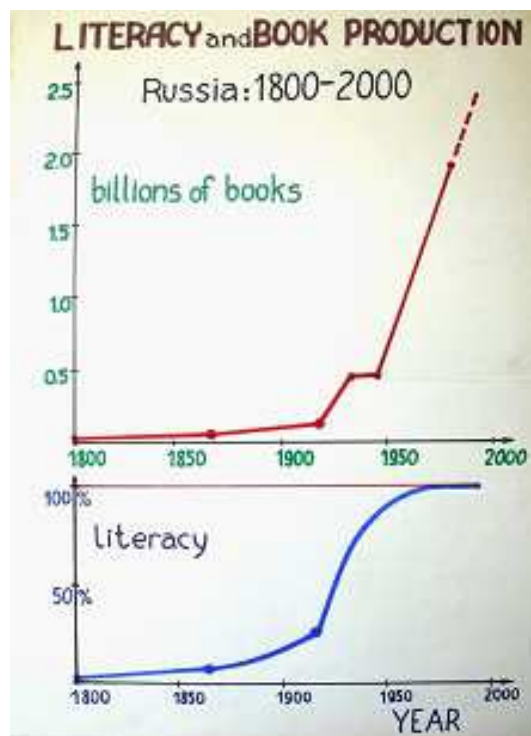
Есть, как мне кажется, глубокие аналогии между книгой и ЭВМ как продуктом и их общие отличия от остальных изделий. Все остальные изделия носят специализированный характер, рассчитаны на некоторую функцию. Отношение объема производства такого продукта к числу потребителей выражается малой константой. С книгами и ЭВМ дело обстоит по-другому. И книги, и вычислительные машины являются носителями информационной модели внешнего мира во всем его разнообразии и изменчивости. Здесь не приходится рассчитывать на то, что пытливость и любознательность человека найдут свой предел.

Я позволю себе еще раз коснуться опыта СССР, чтобы показать взаимозависимость между грамотностью и книгопечатанием за последнее столетие (данные по изданиям „Советской энциклопедии“).

Если мы поверим в справедливость наших аналогий, то тогда анализ этой таблицы даст нам некоторое представление о размахе и объеме работы, которую надо предпринять для подготовки встречи мира ЭВМ с миром людей.



и ошибочно. Машина будущего — это не только и не столько гигантский электронный мозг, заполняющий охраняемое здание планирующего центра, промышленной дирекции,



**Мир ЭВМ.** Средства массовой информации, научно-популярные издания и рекламные проспекты, несмотря на короткий век ЭВМ, уже создали у нас некоторое клише, привычное видение вычислительной машины. Его атрибуты — экран и клавиатура дисплея, бобины магнитных лент, кружево перфоленты, полотно длинных выдач с АЦПУ, мигающие огоньки инженерного пульта, угловатые шкафы, забитые электронными деталями. На техническом языке все это объединяется одним термином: установка (mainframe). Если, однако, думать о месте ЭВМ в мире человека на основе этого представления, это будет не только поверхностно, но



банка или командного пункта, а, прежде всего, крошечный срез кристалла кремния в миниатюрной рамке, опутанной паутиной тончайших проводов, вставленный в укромное место практически любого промышленного изделия.

Естественно, вы поняли, что речь идет о микропроцессорах, которые, хотя и появились всего чуть больше десяти лет тому назад, но уже производятся десятками миллионов штук в год. Первое наиболее очевидное их применение — выпуск разнообразных карманных калькуляторов. Но это только надводная часть айсберга. Появление и развитие микропроцессоров, по моему глубокому убеждению, самое революционное техническое новшество XX века. Вот некоторые аспекты и последствия, которые в наибольшей степени соответствуют линии нашего анализа.

— Информационно-вычислительная мощность с показателями: по скорости — 100 тыс. операций в секунду, по емкости оперативной памяти — 5 тыс. чисел (слов) и по емкости внешней памяти в число знаков, образующих книгу средней величины, помещается в объеме величиной со спичечный коробок, стоит примерно один человекодень труда и может производиться практически в неограниченных количествах.

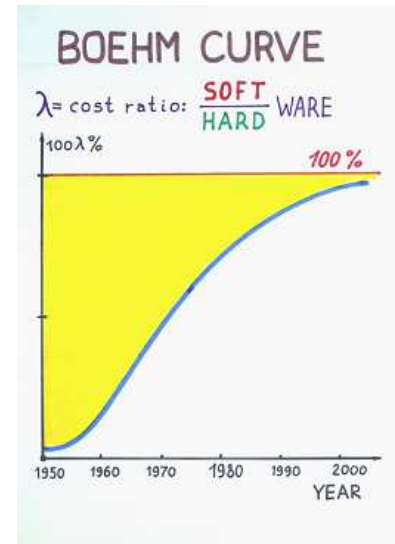
— Микропроцессор, сопряженный с промышленным изделием — потребительским товаром или средством производства, — придает ему совершенно новые качества и сильно влияет на характер взаимодействия человека с изделием.

— Не менее сильно включение микропроцессора в схему изделия влияет на способ его проектирования, во время которого должны быть найдены, осмыслены и реализованы отмеченные выше новые качества изделия.

Время не позволяет мне раскрывать подробно эти положения, хотя, возможно, это и была бы наиболее увлекательная часть моего выступления. Специальная литература полна анализа новых проблем, лавиной обрушивающихся на специалистов по организации производства, проектантов рабочих мест, инженерных психологов, конструкторов, собственно говоря, всех инженерно-технических работников. Тысячи профессий меняют свое лицо. Миллионы людей — операторов производства, наладчиков, машинисток, банковских служащих, продавцов-контролеров, библиотекарей, монтажников, секретарей, сборщиков на конвейере — садятся за полностью переоборудованные рабочие места, на которых ЭВМ становится их партнером и собеседником. И если даже этот партнер дружелюбен и надежен, у работника должна произойти глубокая психологическая и квалификационная перестройка для того, чтобы сохранить свою целостность и достоинство в этой новой обстановке. Мы уже сейчас говорим о миллионах людей, вовлеченных в этот процесс (в

одной Западной Европе число терминалов ЭВМ и линий передачи данных приближается к миллиону), а через пару поколений это коснется практически каждого человека, вовлеченного в общественное производство.

На пути этого экспоненциального развития, подстегиваемого самыми разнообразными факторами, возникает, однако, одно принципиальное препятствие. В настоящее время способность человека к передаче знаний машине безнадежно отстает от способности создать эту машину. Если затраты общественного труда на создание микропроцессора исчисляются в человекочасах, то затраты на создание программного обеспечения до сих пор выражаются в человекомесяцах, даже с учетом тиражирования программ. Логистическая кривая Барри Боэма, показывающая динамику соотношения затрат на оборудование и программы при проектировании системы обработки информации, стала благодаря бесчисленным повторениям настолько привычной, что уже не вызывает никакого беспокойства. Конечно, специалисты по программированию трудятся вовсю, чтобы сделать труд программиста более производительным. Однако даже если мы примем гипотезу десятикратного увеличения производительности труда при производстве программ, элементарные расчеты показывают, что для того, чтобы через двадцать лет запрограммировать все производимые микропроцессоры, нам надо будет посадить за программирование все взрослое население земного шара.



К сожалению, в настоящее время значительная часть перегруженных заботами организаторов промышленности отмахнется от подобных расчетов как от еще одного парадокса, к которым в нашем сложном мире не привыкать. До сих пор сохранилось еще немало самоуверенных руководителей, привыкших к тому, что спрос порождает предложение и на хорошие деньги профессионалы всегда найдутся. И опять параллели с грамотностью помогут нам в разрешении этого парадокса. Артур Кларк, уже побывавший силой своего предвидения в XXI веке, сказал:

*„В будущем всякий человек, полностью несведущий в естественных науках, окажется, честно говоря, необразованным. И если он будет, как делают это сейчас некоторые, кичиться своей неосведомленностью, он окажется точно в таком положении, как неграмотные средневековые бароны, гордо заявлявшие, что счетом и письмом у них занимаются секретари...“*

Средневековые бароны и их потомки ушли в небытие, считать и писать научился каждый, а у секретарей появились новые хозяева и новые обязанности.

То же должно произойти и с программированием: руководители, не имеющие представления об ЭВМ и программировании, уйдут в небытие, профессиональные программисты станут системными аналитиками и системными программистами, а программировать сумеет каждый, что я и называю второй грамотностью.

Таким образом, мы переходим от мира машин к миру программ.

**Мир программ.** Герой Мольера, месье Журден, был в высшей степени удивлен, когда узнал, что всю жизнь говорил прозой, не подозревая этого. Благодаря появлению ЭВМ и вызванному этим появлением возникновению вычислительной науки или информатики, человечество оказывается в положении месье Журдена, с удивлением обнаруживая, что оно живет в мире программ и что продуктивность информационных моделей внешнего мира придает новый смысл библейскому высказыванию „Вначале было слово“.

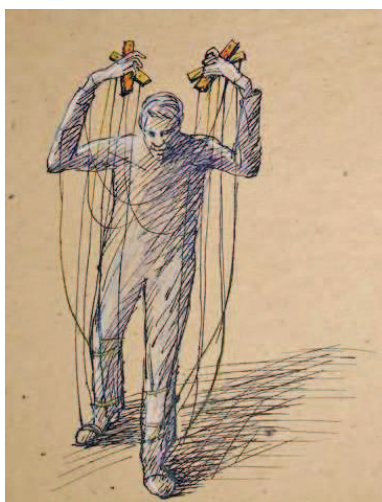
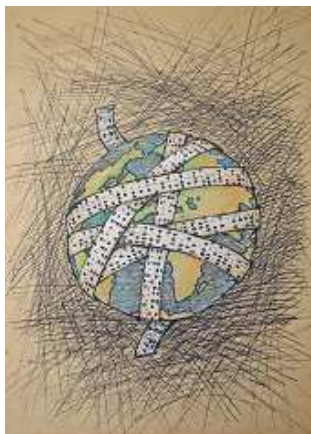
Да, мы живем в мире программ, и сами постоянно программируем, не сознавая этого.

Можно спорить о том, что является самым выдающимся открытием XX века. Но если взять первую пятерку, даже первую тройку открытий, то, думаю, можно будет уговорить каждого, что в этот узкий круг входит открытие того, что развитие организма есть выполнение генетической программы, записанной в его геномном наборе. Не имея возможности говорить об этом подробно, хотел бы

только заметить, что использование программистских терминов является не метафорой, а выражает суть внутриклеточных процессов роста и развития, по отношению к которым молекулярные структуры и химические процессы являются своего рода элементной базой и способом реализации микрокоманд. Программами буквально напичкан наш организм. Все без исключения физиологические процессы — это огромная, тщательно отлаженная и сложно устроенная библиотека программ, в которой анализ структуры программ (программисты сказали бы „граф вызовов“) и информационных связей позволяет делать далеко идущие выводы и прогнозы о поведении организма.

Практически вся область производственных отношений, особенно непосредственно в производственном процессе, — это работа по программам. Устойчивый производственный процесс всегда внутренне формализован, его эффективность зависит от степени отлаженности программ, выполняемых людьми. Даже если процесс стохастичен (например, охота или вождение автомашины), случайность и непредсказуемость сказывается лишь на выстраивании цепочки ситуаций, но не на реакциях на эти ситуации, которые осуществляются по программе, почти всегда выполняемой в автоматическом режиме.

Даже обучение, то есть приобретение знаний или, скорее, способности что-то сделать, — это программирование. Лет десять назад профессор Массачусетского технологического института Сеймур Пейперт, один из первых психологов и педагогов, взявший на вооружение концепции программирования, в серии своих работ убедительно показал, что ребенок научается что-то делать только после того, как он поймет, как это делается. Только после выработки такого понимания повторная тренировка достигает успеха. Заметим, что



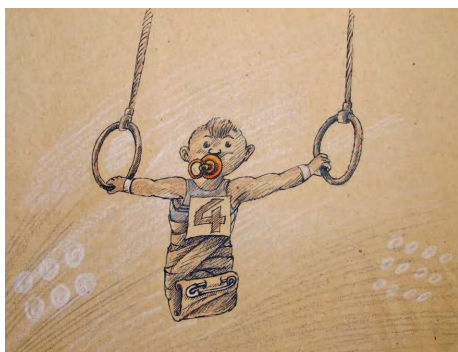
это касается не только программ, представляющих собой цепочки логических реакций на заранее известные стимулы, но и программ реального поведения, включая всяческую моторику (спорт, музыка, игры и т. п.).

Повседневная жизнь человека, особенно городская, — это деятельность по программам. Каждый человек, придерживающийся режима, с гордостью почувствует себя программистом, если вспомнит свои заполненные до предела утренние процедуры, начиная от звонка будильника и кончая началом работы. Поразмышляйте над процедурой уборки в квартире, и вы увидите, что разработка этой программы сделает честь любому профессиональному программисту — составителю пакетов прикладных программ.

Мы жалуемся на социальные болезни века, в частности абсентеизм, пассивность, ратуем за формирование активной жизненной позиции. Что это такое? Попросту говоря, это способность выработать программу действия и следовать ей.

Таким образом, мир программ — это далеко не только начинка памяти ЭВМ. Это, прежде всего, огромный запас операционного знания, накопленный человечеством и теперь лишь актуализируемый вычислительными машинами, роботами, автоматическими устройствами. Еще более огромный запас программ хранится в генофонде всего живого: его расшифровка и использование в значительной степени составляют предмет биологии и ее новых разделов, включая генную инженерию. Психология развития и теория поведения тоже в значительной степени формируют новые представления, сближающиеся с понятиями программирования.

Но если это так, то мы естественно приходим к проблеме фундаментализации программирования, выделению в нем некоторых „натуральных“ сущностей, позволяющих сблизить мир машин и мир живого, программы природы и программы, составленные человеком. Если же мы хотим сделать эти натуральные сущности осознанным достоянием человека, то у нас нет иного пути, как отразить их в структуре и содержании всеобщего образования.

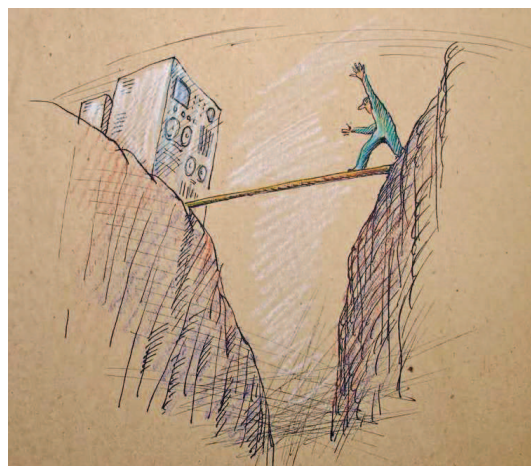


Хотелось бы подчеркнуть, что речь идет не о том, чтобы навязать детям новые, несвойственные им навыки и знания, а о том, чтобы проявить и сформулировать те стороны мышления и поведения, которые реально существуют, но формируются стихийно, неосознанно.

Рассмотрим, каковы же предпосылки и препятствия к осуществлению этого плана?

#### **Общая задача обучения программированию.**

Итак, мы хотим учить детей законам программирования. Еще не зная их, мы понимаем, что они неизбежно будут выражены в сумме некоторых достаточно специфических приемов. Нам еще предстоит разбираться, в какой мере они сильны детям, но общие наблюдения таковы, что интеллектуальный и операционный потенциал детей далеко не исчерпан. Посмотрите, как помолодели за последние годы технические виды спорта, в особенности, плавание, гимна-



стика. Не знаю, как на Западе, но у нас автомашины еще дороги и люди зачастую накапливают деньги для их покупки, когда уже, как говорится, лучшие годы позади. Многие с горечью спрашивают, сколько жизней, потерянных из-за дорожных происшествий, мы сэкономили бы, если бы все без исключения научились водить машину в 14–15 лет.

Нет, однако, никакой возможности нагружать детей конденсатом всего жизненного опыта, которым обогащено человечество. В этих попытках нас подстерегают и другие опасности. Каждый человек в СССР знает детскую песенку, которую поет Алла Пугачева, о горестной жизни школьника:

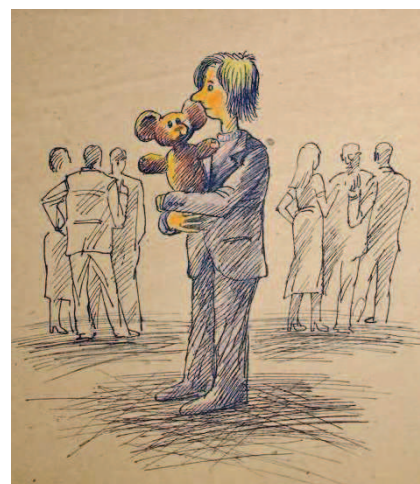
*Нагружать все больше нас  
Стали почему-то.  
Нынче в школе первый класс  
Вроде института.  
Не бываю я нигде,  
Не дышу озоном,  
Занимаюсь на труде  
Синхрофазотроном.  
То ли еще будет,  
То ли еще будет,  
То ли еще будет, ой-ой-ой.*

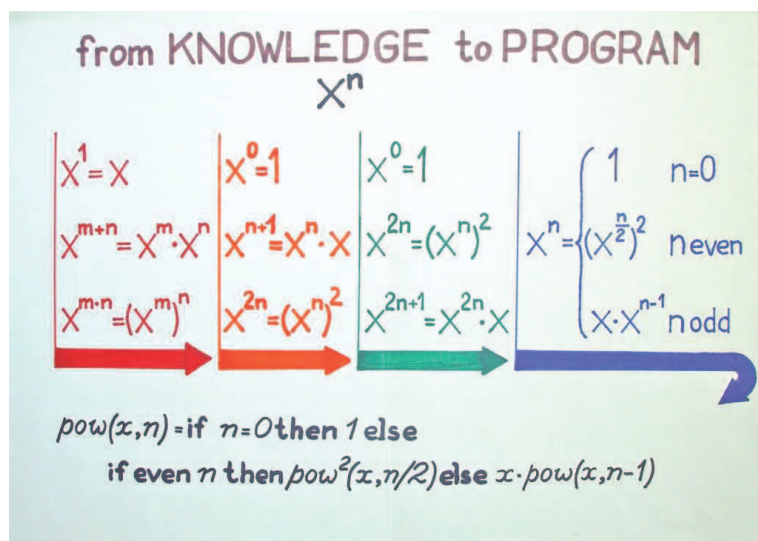
Все также знают романтическую историю Р. Киплинга о Маугли, мальчике, выросшем у волков, а потом вернувшемся к людям. В теплых странах похожие вещи иногда случались, но с гораздо более печальным исходом, и психологи называют „эффектом или синдромом Маугли“ невозможность для ребенка восстановить свои позитивные возможности, погубленные чужеродной средой или перенапряжением душевных сил в раннем детском возрасте.

Этот импринтинг детских лет происходит, естественно, со всеми; можно сказать, что каждый из нас является Маугли своего детства, все дело в том, что с нами происходит и чему нас учат в эти годы.

В последние десятилетия психологи развития сделали немало важных наблюдений, подчеркивающих критическую важность раннего возраста в процессе обучения. Вопрос о том, как учить детей способности планировать свои действия и их последствия, какая операционная обстановка при этом нужна, очень далек от тех методических альтернатив, которые мы обсуждаем, например, при профессиональном обучении программированию. С одной стороны, мы должны сделать эту обстановку естественной для ребенка, с другой стороны, она должна быть достаточно богатой для того, чтобы он мог, как говорят психологи, сам создавать теорию познаваемого явления.

Законы программирования, законы обработки информации, по моему убеждению, существуют. С одной стороны, они появляются в форме операционных правил, отражающих непосредственный опыт

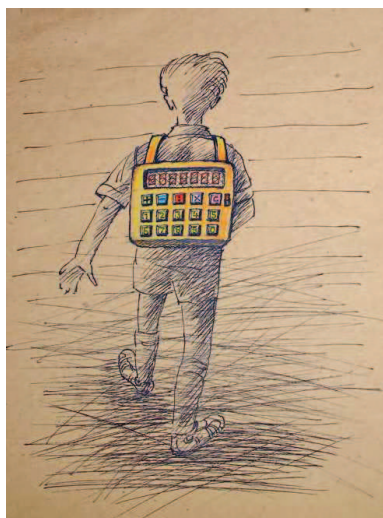




человечества. Все мы знаем знаменитое римское изречение „Разделяй и властвуй“, воспринимая его, главным образом, как образец политического цинизма. Однако лишь только современная математика и программирование придали ему (в виде метода ветвей и границ) совершенное выражение мощного по своей силе и продуктивности эвристического принципа решения задач. Каким бы случайным этот пример ни оказался, он иллюстрирует важное положение о глубокой и нерасторжимой связи операционного знания и алгоритмического мышления с другими компонентами образования.

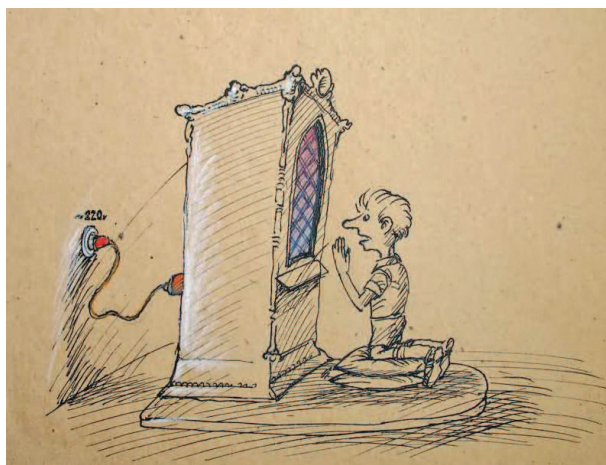
Таким образом, с другой стороны, законы программирования смыкаются с математическим образованием, образуя единый, но еще не построенный фундамент воспитания операционного и комбинаторного мышления, способности к абстракции, рассуждению и действию.

На меня всегда производит сильное впечатление один простой пример задачи на программирование как демонстрация перехода от знания к действию. Я выпишу последовательные этапы перехода от спецификации, выражающей знание, к программе, выражающей действие, для задачи возведения числа  $x$  в целую степень  $n$ :



Предлагаю каждому дать свою интерпретацию того, какие законы и какое знание он применяет при переходе от этапа к этапу, для того чтобы перейти от очевидного знания к весьма нетривиальной программе. Хочу лишь сказать, что если бы мы умели в таком стиле строить любую программу, да при этом, рассуждая вслух, комментировать это построение, то это и была бы та фундаментализация программирования, о которой мы мечтаем.

**ЭВМ в школе.** Сейчас, после появления микропроцессоров, вопрос о том, быть или не быть ЭВМ в школе, становится схоластикой. ЭВМ уже есть в школах и будут приходить туда в нарастающих количествах. От нас требуется активная интеллектуальная и организационная работа, чтобы придать этому процессу управляемый и педагогически мотивированный характер.



Есть, конечно, очень активно высказываемое мнение, что ЭВМ с программой это то же самое, что и задача с известным решением, и появление электронного помощника воспитает леность ума и ничего больше. Одна из лучших, на мой взгляд, юмористических картинок последних лет (журнал „Нью-Йоркер“) изображает бедного Джонни, уныло глядящего на кучку карманных калькуляторов перед ним, и не менее измученную маму, терпеливо повторяющую свой вопрос: „Ну, посмотри, если у тебя пять карманных калькуляторов, и я возьму два, то сколько у тебя останется?..“

Предостережения от опасности „кнопочного образования“ раздавались и раньше, однако обширный опыт, подкрепляемый и нашими экспериментами работы с детьми разных возрастов, подтверждает обратное: активность, пытливость, а с ними и способность ребенка сильно возрастают. Но очень важна организация операционной обстановки, которая должна быть побудительной.

Методы и приемы активизации обучения с помощью ЭВМ неисчислимы: они ограничиваются только пределами нашей фантазии и степенью конкретного знания детской психологии.

В школе № 130 Новосибирска половина класса выучила исторические даты наизусть, когда один из юных программистов спроектировал для ЭВМ базу данных по историческим датам и загрузил ее, а другой, подвергнув учительницу экзамену с помощью ЭВМ, поймал ее несколько раз на неточностях.

Какая-то компания выпустила на рынок игру-компьютер, которая проверяет спеллинг английских слов. С помощью синтезатора речи слово произносится, ребенок набирает это слово по буквам, машина проверяет и реагирует. В карманную игру трудно вложить хороший синтезатор речи, но авторы обратили его недостаток в достоинство, сделав его очень похожим на голос Буратино. Представляете себе восторг детей, когда игрушка пищит им голосом Буратино: „Пробуй снова, пробуй снова, ты не знаешь это слово!“

Еще одно очень интересное наблюдение. На конкурсных вступительных экзаменах в вуз для абитуриентов установили консультационную информационную систему, реализованную на ЭВМ. Около терминалов всегда толпилась очередь. В интересах ребят рядом посадили двух преподавателей, чтобы разгрузить машину. Преподаватели сидели без де-



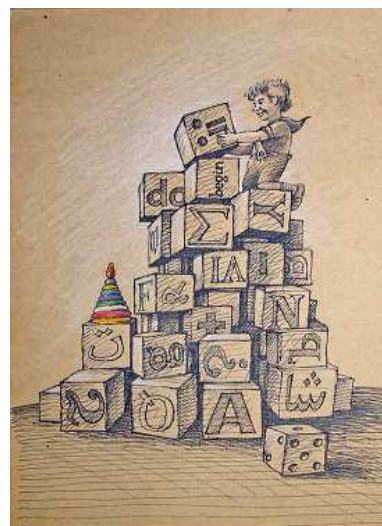
ла, а у терминала по-прежнему была очередь. Почему? „А мы не стесняемся перед машиной обнаружить свое незнание, а перед преподавателем стесняемся“, — объяснили ребята. Действительно, по многим показателям ЭВМ является гораздо более удобным для детей источником и контролером знаний. С одной стороны, это всезнающий партнер, а с другой — всего лишь орудие, вещь. ЭВМ создает игровую обстановку, которая в обучении гораздо ценней реальной жизни тем, что из игры можно выйти, не утратив достоинства. Примеры подобного рода можно было бы умножить.

Есть и более серьезные предпосылки к продвижению ЭВМ в школу. Я уже упоминал о работах профессора Сеймура Пейперта, работающего в Лаборатории искусственного интеллекта Массачусетского технологического института. На недавнем конгрессе ИФИП-80, состоявшемся в Японии и Австралии, профессор Пейперт выступил с докладом „Детство по-новому: присутствие ЭВМ как эксперимент в психологии развития“. Этот доклад привлек всеобщее внимание.

Профессор Пейперт предсказывает всестороннее вторжение ЭВМ в мир ребенка, когда машина станет интеллектуальным орудием, применяемым ребенком с той же непосредственностью, с какой он использует перо и карандаш, но с гораздо большим разнообразием. Интерпретируя наблюдения Ж. Пиаже над тем, что ребенок совершает большинство своих интеллектуальных открытий самостоятельно при условии, что окружающий его фон достаточно богат, — профессор Пейперт показал, что компьютеризация этого фона создаст новую, невиданную ранее операционную обстановку, которая потребует новых представлений в психологии развития. В качестве примеров им было приведено значительное ускорение овладения алфавитным языком и более раннее развитие комбинаторных способностей, что позволяет детям овладеть этими фундаментальными умениями практически до вступления в подростковый возраст. Одним из положительных последствий этого изменения может стать преодоление инфантилизма и чувства зависимости, столь характерных для современного городского общества.

Собственно говоря, этот позитивный вывод профессора Пейперта может быть взят в качестве кульминации нашего анализа. Не нужно большого воображения, чтобы понять, к каким большим сдвигам в образовании приведет реализация подобной педагогической задачи.

**Заключение.** Я начал свое выступление с метафоры. Сейчас мы можем раскрыть ее конкретное содержание. Мы стоим на пороге практически беспредельного развития и распространения электронной вычислительной техники в обществе. Машина становится интеллектуальным орудием и партнером практически во всех сферах жизни и деятельности человека. Необходимость актуализировать в виде программ информационную модель мира, постоянное усложнение окружающей среды требуют и одновременно делают возможным существенно повысить интеллектуальную силу человечества. Значительное место в этом поступательном развитии человеческого интеллекта должны занимать законы обработки информации, способы перехода от знания к действию, способность строить программы, рассуждать о них и предвидеть результаты их выполнения. Сумма знаний по этим вопросам должна подвергнуться тщательному концептуальному анализу и в объ-





единении с математическими и лингвистическими концепциями стать фундаментальной компонентой общего образования.

Вычислительная машина станет не только техническим орудием учебного процесса. Она приведет к формированию нового интеллектуального фона, новой операционной обстановки, органически и естественно используемой ребенком в его развитии в школе и дома. Возможности, предоставляемые машиной, и новые задачи образования неизбежно окажут заметное влияние на основные положения психологии развития, сложившиеся дидактические принципы и формы обучения.

Их реализация ускорит интеллектуальное созревание ребенка, повысит его активность, сделает его лучше подготовленным к профессиональной деятельности, в частности, к осуществлению второй индустриальной революции, вызванной появлением ЭВМ и новых форм автоматизации.

Другими словами, программирование — это вторая грамотность. Это по-прежнему метафора, но которая, как мне кажется, наилучшим образом фокусирует цели и содержание нашей конференции.