

История конструирования искусственного интеллекта



На прошедшем недавно Всемирном экономическом форуме в Давосе из уст российских представителей прозвучало, что «событием 2017 года в мире стало развитие искусственного интеллекта», что России нужно создавать и развивать экосистему для продвижения приоритетных технологий (блокчейн, квантовые технологии, искусственный интеллект). А на Гайдаровском форуме в начале 2018 г. премьер-министр РФ Д.А. Медведев высказал предостережение, что развитие искусственного интеллекта может привести к переоценке фундаментальных ценностей, в том числе в связи с уменьшением личного пространства в деятельности человека.

Мир находится на пороге наступления нового долгосрочного экономического цикла — шестой кондратьевской волны. В качестве ее движущих сил называют развитие информационно-

коммуникационных, био- и нанотехнологий и их конвергенцию, курс на «экологичность» новых разработок и методов хозяйствования в целом. Согласно теории больших циклов Н.Д. Кондратьева, ставшей классической, социальные потрясения возникают легче всего именно в период бурного натиска новых экономических сил. До сих пор не удалось однозначно ответить на вопрос, что нас ждет, если мы научимся делать в большом количестве роботов с высокими интеллектуальными способностями, — катастрофа или благо. Поэтому нужны новые исследования, доказывающие пользу или вред их для всех нас. В интервью Александру Агееву, главному редактору журнала «ЭС», об истории создания в нашей стране микроэлектроники и ее инновационного центра в Зеленограде, об основных проблемах развития искусственного интеллекта, международных проектах в этой сфере, проблеме утечки умов и неизбежном социальном «сопровождении» каждой технологической революции рассказывает директор Центра глобальной экспертизы Глобального индустриального центра в странах Латинской Америки, Европы и Китае, доктор экономических и технических наук, профессор Валерий Валентинович Овчинников.



Валерий Валентинович, в одном из интервью Вы говорили, что искусственный интеллект в основе своей был разработан еще в 1960-е годы, когда Вы работали в Зеленограде, в научном центре микроэлектроники...

История с созданием разных форм искусственного интеллекта за последние триста лет повторяется с завидной периодичностью в 50–60 лет. Технологические революции, периодичность которых была с высокой точностью предсказана в первой половине прошлого века известным российским ученым Н.Д. Кондратьевым, неизбежно приводят к смене форм производительных сил.

Анализ хода событий последней технологической революции, которые мы наблюдаем сегодня, свидетельствует о том, что если в XX столетии завершилась эпоха производительных двигательных сил (преобразующих с помощью источника энергии сырье в товар), то в XXI веке доминируют разные формы производительных интеллектуальных сил (преобразующих интеллектуальную собственность, изобретения и открытия в знания, технологии и наукоемкую продукцию). А в этих силах проявляется сущность искусственного интеллекта (ИИ). И если эффективность производительных двигательных сил человек научился предсказывать с высокой точностью (взять тот же коэффициент полезного действия), то с производительными интеллектуальными силами дело обстоит значительно хуже.

И как все это мотивировало необходимость посещения А.Н. Косыгиным научного центра в Зеленограде?

Визит А.Н. Косыгина не был случайным. Он был связан с тем, что изначально по инициативе А.Н. Косыгина был разработан проект строительства в Зеленограде центра легкой промышленности (своего наукограда), объединяющего усилия ученых, производителей, специалистов в области международного разделения труда для приобретения передового опыта и применения принципиально новых стандартов в легкой промышленности. Но бла-

➤ В 1960-е годы использование искусственного интеллекта в глубоком машинном обучении еще только делало первые шаги; мы ждали появления новых персональных компьютеров.

годаря усилиям министра электронной промышленности СССР А.И. Шокина и поддержке военно-промышленного комплекса СССР вниманию Правительства СССР был предложен новый проект наукограда, концентрирующий все новейшие технологии в области микроэлектроники двойного назначения. Тем самым была предпринята попытка в кратчайшие сроки создать новейшую микроэлектронную элементную базу для многофункциональных вычислительных комплексов (МВК). Попутно в Зеленограде воздвигались здания и сооружения, где предлагалось разместить производственные мощности, которые должны были выпускать микросхемы для другого грандиозного проекта АН СССР — сверхбыстродействующего МВК «Эльбрус».



А.Н. Косыгин в научном центре Зеленограда. Слева направо: министр электронной промышленности СССР А.И. Шокин, главный конструктор МВК 5353 с использованием системы счисления в остаточных классах Д.И. Юдицкий, Председатель Правительства СССР А.Н. Косыгин и директор Научного центра микроэлектроники МЭП СССР Ф.В. Лукин

В этом смысле искусственный интеллект стал основой новой кондратьевской волны?

Он всегда был основой каждой кондратьевской волны и служил ускорителем очередной технологической революции. Начнем с того, что в 1965 году в Зеленограде была разработана основная схмотехника формальных нейронов для элементной базы вычислительного комплекса 5Э53. Причем сделано это было очень быстро. За два года были выполнены основные НИР и ОКР, впервые в международной практике освоено конструирование и заводское производство микросхем пороговой логики, обеспечивающей необходимые уровни наработки на отказ, помехоустойчивости, и разработано многократное аппаратное резервирование в соответствии с требованиями военной приемки.

Что послужило толчком к развитию такой схмотехники в 60-х годах прошлого века?

Прежде всего желание советского военно-промышленного комплекса не отставать от западных конкурентов. В то время в СССР основным средством вычислений в науке и в управлении служили универсальные монстры — МВК огромных размеров, пожирающие в огромных количествах электроэнер-

➤ **Чего пока не может делать нейронная сеть, так это принимать интуитивные решения.**

гию и используемые сотнями пользователей. У многих пользователей услуг этих монстров возникало непреодолимое желание иметь «маленького монстрика», но у себя дома. Сейчас мы решаем гораздо более сложные задачи, поскольку появились новые вычислительные возможности нейрокомпьютеров, подключенных к Всемирной паутине персональных компьютеров.

Новому поколению инженеров и ученых в конце прошлого века и в первой половине века нынешнего приходится осваивать в программном исполнении то, что было сделано в 60-х годах прошлого века нашим поколением в аппаратном исполнении. Приведу такой пример. Одной из важнейших задач было проектирование аппаратных быстродействующих микроэлектронных малоразрядных арифметических устройств, выполненных с помощью нейронных сетей. Такие устройства в то время назывались по-другому —

«арифметические устройства на пороговых логических элементах». Новизна этих решений заключалась в том, что модульные арифметические схемы могли обучаться разным арифметическим премудростям путем взвешивания сигналов на входах пороговых логических элементов, аналогов формальных нейронов и персептронов и регулирования порогов нейронов. Сейчас подобное обучение нейронных сетей производится точно так же, но только программным путем. Практическая ценность заключалась в конструировании системы, которая бы, например, была способна обучиться решать простые задачи, такие как расчет траекторий или распознавание образов, речи, сжатие и кодирование информации. Кстати, после развала СССР



Демонстрационный показ А.Н. Косыгину первой нейронной ЭВМ, «думающей» и решающей задачу «коммивояжер»

многие крупные специалисты, в частности И.А. Большаков, участвовавшие в проекте, эмигрировали в страны Северной и Южной Америки и создали там свои школы в области сжатия информации.

Сейчас решение подобных задач востребовано во многих областях промышленности и народного хозяйства, связанных с замкнутыми системами, такими как конвейерное производство, многооперационные обрабатывающие комплексы, судовые и железнодорожные погрузочные системы, перевозки грузов по замкнутому маршруту, расчет авиационных линий. Такую задачу можно привязать к задачам опознания траекторий различных быстро перемещающихся целей. Нужно помнить, что в 1960-е годы использование искусственного интеллекта в глубоком машинном обучении еще только делало первые шаги; мы ждали появления новых персональных компьютеров.

Что дал в итоге приезд А.Н. Косыгина в Зеленоград?

Демонстрационный показ небольшого микроэлектронного устройства для решения задачи «коммивояжер» в области прогноза различных событий и траекторий летательных аппаратов в аппаратном исполнении очень понравился А.Н. Косыгину, который не ожидал увидеть подобных разработок. Он тогда сказал: «Мне говорили о том, что где-то что-то подобное уже существует, и это можно использовать в управленческих целях. Но теперь я вижу: это чудо можно потрогать, и это не фантастика».

Под эти проекты впервые в международной практике был организован и профинансирован первенец Зеленограда — Научно-исследовательский институт физических проблем (НИИФП). В этом институте впервые в мировой практике были опробованы технологии конвергенции (об этом я скажу чуть позже), с которыми работали специалисты разных профессий (математики, физики, биологи, нейрохирурги, микроэлектронщики, программисты и другие). Возглавил НИИФП известный ученый с мировым именем физик по образованию В.И. Стафеев. Именно этот человек убедил тогдашнее ру-

ководство страны начать интенсивную проработку проектов нейронных сетей для противоракетной обороны на основе конвергенции микро- и биотехнологий. Идея была такая: взять у природы свое и на базе этого построить собственную систему с искусственным интеллектом. Эта идея благодаря усилиям другого известного ученого академика АН СССР А.И. Берга легла в основу такого научного направления, как бионика.

В НИИФП изучали высшую нервную систему и поведение животных, затем с помощью информационных технологий моделировали биологические механизмы и осваивали это приобретенное богатство с помощью когнитивных технологий. В разработке теории нейрокомпьютеров участвовали ученые и специалисты из МВТУ им. Баумана, МИФИ, Горного института (школы характеризационного анализа и нейрокомпьютеров В.А. Горбатова, Д.А. Пospelова). И когда А.Н. Косыгину продемонстрировали работу одной из первых в мире нейронных машин...

Думаю, что это произвело на него сильное впечатление. А каковы Ваши впечатления от этого визита, что Вас больше всего удивило? Если вы имеете в виду А.Н. Косыгина, то больше всего меня удивила его редкая ныне способность видеть самое главное в процессах системы, в частности то, как решаются задачи глубокого обучения аппаратной нейронной сети. Он понял этот механизм и сказал, что такая управленческая схема нужна управленцам. Но для этого нужно решить проблему мышления, сделать соответствующие тесты. А.Н. Косыгин понял, что мы разрабатываем искусственный интеллект, многократно усиливающий возможности человека, и обратился к нам с вопросом: «А можно ли сделать эту систему и поставить ее у меня в кабинете, запустить туда программы, чтобы она научилась делать что-то полезное для меня, экзаменовала моих подчиненных и, если возможно, учила бы меня принимать какие-то решения?» Вот кратко то главное, что он уловил. К сожалению, вскоре в мире произошли события, мало связанные с нейронами, но тем не менее сыгравшие важную роль в дальнейших исследованиях формальных нейронов в СССР и США.

Какие события Вы имеете в виду?
«Пражскую весну».

Они разрушили международное сотрудничество, которое начало налаживаться?

В том числе и это. Фактически с этого момента начались изменения, невыгодные для нас, да и для США тоже. Крупные чиновники нам ненавязчиво дали понять: незачем это делать. Ракет у нас великое множество. Ну, не попадет одна ракета в супостата, запустим еще 100. А с нейронной сетью, способной просчитать 100 тысяч вариантов и обеспечить высокую точность попадания ракет, пока надо подождать. Работы были остановлены. К сожалению, по ряду причин американцы поступили точно так же. Почему мы не могли двигаться

➤ Только теперь становятся всеобщим достоянием сведения о той блестящей плеяде людей, которые стояли у истоков советской микроэлектроники.

дальше? Во-первых, вычислительные ресурсы были строго ограничены, поскольку тогда доминировали вычислительные комплексы коллективного пользования — мейнфреймы. Во-вторых, победили сторонники копирования зарубежной вычислительной техники, тем самым закрепилось наше отставание в области искусственного интеллекта. В-третьих, у нас не было того, что есть сейчас: Всемирной паутины, использующей коллективный искусственный интеллект на персональных машинах, распределенных по всему миру.

А что сегодня с сотрудничеством?

Оно приблизительно на том же уровне. Приведу пример сотрудничества в образовании. Скажем, я преподаю использование искусственного интеллекта в банковской сфере. Студенты говорят: дайте нам задание, чтобы сделать что-то на современном уровне. Я предлагаю им создать нейронную сеть системы менеджмента качества такого-то предприятия. А как ее делать? Подсказываю им: есть сайты с типовыми программными продуктами компании *Microsoft* или *Oracle*, кото-

рые давно занимаются этими вещами. У них имеются хорошие фильмы, рассказывающие о том, как они дошли до жизни такой. Мои студенты все прекрасно поняли, на нужных сайтах получили соответствующие рекомендации и, что интересно, нашли понятный для них язык моделирования нейронных сетей. Так вот, эти студенты научились моделировать все, что угодно. С одной стороны, это хорошо (идет профессиональная подготовка высококлассных специалистов), а с другой — плохо, потому что лучшие кадры уже под прицелом. Они, как говорится, входят в реестр, а затем переманиваются в другие страны. Более того, *Microsoft* дает им несколько бесплатных часов машинного времени. Наши студенты получают возможность работать на мощнейших облачных машинах. Переманить их в западные компании не составляет труда. Вот эту проблему нам нужно как-то решать. В этом плане интересен опыт Китая — там обставляют такое обучение массой условий, не позволяющих просто так переманить специалистов.

У нас практически получается, что...

...мы, с одной стороны, даем им фундаментальные знания, которые иногда превосходят мировой уровень, а с другой стороны, своими действиями сами толкаем наших перспективных специалистов на Запад. То, что происходит сейчас, в худшем варианте повторяет то, что было тогда. В те годы мы находили решения, которые применяются до сих пор. Вот, скажем, резервирование из нейронных сетей, так называемые надежные практики поиска различных технических решений. В книге «Искусство вычислять», изданной в 1971 или 1972 году, описано практически то же самое, что сейчас и американцы, и мы пытаемся сделать с помощью нейронных сетей. Или есть еще книга «Быстродействующие микроэлектронные цифровые устройства». Мы давно об этих книгах забыли, а китайцы и американцы регулярно их используют.

Вы упоминали в своих книгах и статьях, что Китай в этой области проводит собственную политику. Чем эта политика отличается от нашей или американской?

Главное отличие в том, что она базируется на изучении и переосмыслении аппарат-

ного наследства 1960-х годов и на анализе мирового патентного фонда, касающегося конструирования схем искусственного интеллекта, в частности аппаратных нейронных сетей. Они организовали эту работу гораздо шире, чем мы и американцы, тратят огромные средства на дорогостоящие фабрики нанотехнологий, переводят разработанные программные средства в аппаратные нейронные сети, широко применяют в управлении цепочки распределенных баз данных и облака *Big Data*. У нас таких возможностей не было. В свое время мы могли моделировать биологические механизмы глубокого обучения с помощью МВК коллективного пользования «Эльбрус», занимавшего целый этаж одного из зданий в Институте точной механики и вычислительной техники (ИТМиВТ) АН СССР.

То, что делал Бабаян?

Не только Б.А. Бабаян. Это целый коллектив самых известных советских ученых и специалистов — В.С. Бурцев и его первые заместители В.Ф. Артюхов, Б.А. Бабаян, В.В. Бардиж, В.А. Катков, В.Н. Лаут, Ю.В. Никитин, А.А. Новиков, И.И. Наумов и многие другие. Все эти люди — классные специалисты, они были хорошо осведомлены о нуждах страны в вычислительных ресурсах. Конкуренция МВК «Эльбрус» с изделием Зеленограда 5Э53 была жесткой и не всегда справедливой. Так, основными организациями, разработавшими МВК «Эльбрус» помимо Института точной механики и вычислительной техники АН СССР, были такие предприятия, как ПО «Звезда» (Загорск), Московский завод САМ им. В.Д. Калмыкова, Пензенский завод ВЭМ. Слабым звеном в этой цепочке — сейчас ее назвали бы блокчейном — была элементная база, которую контролировали люди А.И. Шокина, ответственного за государственную программу, и американцы со своей элементной базой для машин ИБМ 360. Именно это обстоятельство заставило ИТМиВТ применить устаревшую к тому времени архитектуру с классической организацией МВК. Принятию такого решения способствовало то, что на разработчиков оказывали давление сторонники копирования из числа чиновников и ученых — по их мнению,



Встреча с Рокфеллером. Американцы не верят, что перед ними не простая машина, а нейронная обучаемая сеть. Крайний справа — Председатель Правительства СССР А.Н. Косыгин, который верит в могущество Советской России

наша страна не способна была догнать США и использовать стандартные языки моделирования и программирования. А изделие 5Э53 создавалось по лекалам революционной модели модулярной арифметики в остаточных классах с использованием в отдельных арифметических устройствах элементов пороговой логики.

И что в результате?

Мы тогда значительно опередили американцев в скорости вычислений малоразрядных чисел с арифметикой в остаточных классах — языки программирования и моделирования здесь не подтвердили опасений «копирователей». Благодаря модулярной арифметике (кстати, изобретенной древними китайцами) мы успешно конкурировали с американцами, которые сделали ставку на сверхпроизводительность элементной базы в ущерб таким важным показателям, как помехоустойчивость и потребление энергии (источники питания вместе с устройствами энергоснабжения составляли до двух третей оборудования высокопроизводительных вычислительных комплексов, занимавших иногда целый этаж большого здания). Я думаю,

Краткая справка об изделии ЭВМ 5953

Это вычислительная машина с применением пороговой логики, которая была прежде всего оригинальной по своей системе счисления — системе остаточных классов (СОК), благодаря которой ряд арифметических операций (типа сложения и умножение), а также процедур вычисления элементарных функций удавалось реализовать за один машинный такт (166 нс), равный времени выборки данных из малоразрядной таблицы. Этот машинный такт определял предельное быстродействие ЭВМ. Чтобы достичь показателей требуемой производительности, нужно было обеспечить непрерывную работу арифметики. Это значит, что все операции выборки команд, их дешифрации, модификации адресов и чтения и записи операндов не должны были замедлять работу арифметики. Достичь этого удалось путем применения всевозможных методов совмещения времени выполнения различных операций.

Для решения задач удалось привлечь и развить существовавшие методы в экономике (транспортная задача, задача коммивояжера, задача загрузки двух станков) и ряд других методов исследования операций (теория расписаний, теория графов, теория массового обслуживания, математическое моделирование). В результате для каждого метода организации устройств (параллелизма и трубопровода) были найдены эффективные алгоритмы распараллеливания множества операций. С их помощью строились оптимальные или близкие к оптимальным расписания для выполнения множества несвязанных или связанных операций на заранее заданном количестве операционных блоков, а также определялось количество таких блоков, которое целесообразно иметь для реализации изделия.

Конструкция изделия 5953. 1971 г.

Состав разработчиков

1. *Главный конструктор:* Д.И. Юдицкий.
Основные разработчики: И.Я. Акушский, В.М. Амербаев, В.М. Радунский, Л.Г. Рыков, М.Н. Белова, В.С. Хайков, В.С. Бутузов, Ю.Н. Черкасов, Ю.Е. Чичерин, В.В. Овчинников, В.Н. Главнов, А.И. Коекин, И.А. Большаков, В.Н. Шугин, Ю.Д. Сасов, М.Д. Корнев, Н.А. Смирнов, Н.В. Гаврилов, В.Н. Царев, П.В. Нестеров, П.П. Силантьев, В.А. Горшков, И.А. Князев, В.Н. Шмигельский, В.С. Кокорин, М.Н. Белова, И.П. Селезнев, Н.М. Воробьев, В.Н. Лукашов, Ю.Л. Захаров и др.
2. *Организация-разработчик:* Специализированный вычислительный центр (СВЦ) Центра микроэлектроники, Зеленоград.
3. *Назначенный изготовитель:* Загорский электромеханический завод.
4. *Годы разработки:* 1969–1971 гг.
5. Изготовление экспериментального образца опытным производством СВЦ, 1971 г.



6. *Область применения:* базовая ЭВМ Многоканального стрельбового комплекса (МКСК «Аргунь») системы ПРО, включающего РЛС дальнего наблюдения, РЛС наблюдения за целью и РЛС наведения противоракеты, системы управления комплексом.

Элементная база

Для построения 5953 была разработана специальная серия гибридных интегральных микросхем на основе ненасыщенных элементов с пониженным напряжением питания, повышенным быстродействием и внутренним резервированием (серия 243 «Конус»), которая многие годы после того выпускалась заводом «Экситон», г. Павловский Посад. (Ю.Е. Чичерин (ГК), В.В. Овчинников, Б.В. Шевкопляс, В.Л. Дшхунян и др.). Для ОЗУ на ЦМП в НИИ МЭ были разработаны специальные усилители серии «Ишим». В Ереване было организовано производство цилиндрических магнитных пленок (ЦМП) для ОЗУ. Кроме того, применялись новейшие в то время отечественные ИС серий «Тропа», «Посол», «Терек». Для реализации монтажа методом накрутки предприятиями МЭП были разработаны и производились специальные разъемы.

что именно в этот период нами была допущена стратегическая ошибка. Нужно было продолжать конкуренцию наших и американских МВК.

Как западный деловой мир относится к нашим достижениям в этой области?

Когда мы проводили выездные семинары под эгидой Всемирного экономического форума в Давосе, многие ученые и специалисты проявляли неподдельный интерес к искусственному интеллекту. Они очень удивились, узнав, что это было сделано в Советском Союзе, и не поверили — такого не может быть. Люди, которых я глубоко уважаю, например профессор Майкл Портер, говорят: «Как вы заставите машину мыслить? Это невозможно». Предприниматель Илон Маск, наоборот, уверяет всех: это возможно, но не всегда нужно, нейронные сети уже действуют у нас на производстве, мы рассчитываем всякие показатели, приезжайте, посмотрите, как все это работает. Так вот, я начал говорить о китайцах...

Вы хотели обсудить основные направления исследований искусственного интеллекта?

Конечно, очень кратко. Это нейронные сети на формальных нейронах, цепочки предприятий (сейчас эти цепочки называют модным словом блокчейн) и распределенные базы данных *Big Data*. Китайцы хотят лет через пять — семь подготовить около двухсот тысяч специалистов с разными компетенциями, которые будут способны эти технологии разрабатывать и применять. А для этого они с помощью нейронных сетей и облаков *Big Data* (тоже феномен американского всезнания) проанализируют весь мировой патентный фонд, насчитывающий свыше миллиарда изобретений по нашей части. Приведу такой пример: на одном из проектных семинаров ко мне подошел довольно известный китайский ученый и фактически предложил мне поработать с их научной организацией на очень выгодных условиях. Что я должен делать? Помочь им с патентными фондами Германии времен Второй мировой войны и СССР. Почему так? Не знаю. Возможно, китайцы считают, что наиболее успешные изобретения и открытия делаются во время войн.

➤ Мы ночевали на рабочих местах, работали сутками.

В чем заключалась Ваша помощь?

Нужно было описать объекты советских и германских изобретений на немецком и русском языках. Для решения этой проблемы была создана программа на китайском суперкомпьютере нейронной машины. Как выяснилось позже, программа нейронной сети охватила базу данных, содержащую фонды патентов и изобретений объемом около двух петабайтов. Из этого объема были извлечены сотни нужных схемотехнических решений. Чего пока не может делать нейронная сеть, так это принимать интуитивные решения. От меня требовалось также дать развернутые пояснения тех объектов изобретений в Германии, СССР и РФ, которые имеют прямое отношение к аппаратной реализации формальных нейронов. Это как раз то, что делает Китай.

До 1960-х годов существовал только персептрон, который изобрели американцы. Но у персептрона есть существенные недостатки, из-за этого американцы потихоньку от него отказались. Это прежде всего помехоустойчивость. Известная американская корпорация *IBM* сделала машину на двух тысячах элементов. Сейчас они способны реализовать в аппаратном исполнении сотни тысяч нейронов с миллионами связей между ними. У них появились мемристоры и другие новые аппаратные средства, выполненные на наносхемах, благодаря которым они смогли моделировать отдельные функции мозга кошки.

Еще в 1960-е годы?

В известной степени да. В 1960-е годы В.И. Стафеев и академик АН СССР А.И. Берг тоже занимались этой проблемой и получили хорошие результаты в нейрокибернетике. В.И. Стафеев любил повторять: «Мы должны изучить законы природы настолько, насколько сможем взять из них лучшие функции, механизмы, которые нам необходимы и которые мы способны запрограммировать на ЭВМ. А дальше уже идут задачи перевода программ в аппаратные средства и выясне-

ния морали и права государства — для обороны или для других допустимых для общества вещей».

Важным обстоятельством успеха ИИ в 1960-х послужило то, что первым директором Научного центра (в ранге заместителя министра электронной промышленности) был назначен Федор Викторович Лукин, доктор технических наук, профессор, автор многих учебников, известный ученый, работавший над созданием радиоэлектронной аппаратуры для радиолокационных станций, ракетной техники и связи. Лукин — человек удивительной скромности, сдержанный, необыкновенно много знал. Он любил все подтверждать или опровергать цифрами, сложные вопросы решал без шума и спешки, действовал продуманно и основательно.

Иначе говоря, Вы в тот период не доказывали вред или пользу кибернетики, а развивались в направлении искусственного интеллекта при полной поддержке своих руководителей? Безусловно, иначе мы бы ничего не смогли сделать и выиграть конкуренцию у американцев. Поясню это на следующем примере. На семинаре китайцы показали фильм о том,

что в Китае фабрики нанотехнологий заточены на успех на молекулярном уровне, для нас пока недоступном. Они предложили нам сотрудничество, в рамках которого российским организациям отводилась роль основных изобретателей и схемотехников аппаратных нейронных сетей (генераторов идей). Китайская сторона брала на себя перевод наших моделей и программ в аппаратные средства. Речь шла о сотнях тысяч, а в перспективе о миллионах элементов на кристаллах.

Почему эта идея не была использована для разделения труда?

Все дело в затратах. Казалось бы, выгодная сделка, но, когда речь заходит о затратах, китайцы в своем репертуаре: они считают, что их труд важнее нашей схемотехники и стоит во много раз дороже, чем наш труд. Хотя с американцами они договариваются на более выгодных для США условиях, поскольку знают, что схемотехника в США стоит очень дорого, а их компании более капризны. В то же время они прекрасно понимают, что без них мы не сможем строить нанофабрики и продавать наноизделия с собственной схемотехникой. Особенно приветствуется схемотехника многократного резервирования, хорошо освоенная еще в научном центре Минэлектронпрома СССР. Эта схемотехника очень интересует китайцев, поскольку правительство КНР взяло курс на надежность изделий как бытового, так и оборонного значения.

А как складывались в тот период отношения между американцами и нами?

В 1960-е годы американская компания *Control Data Corporation* пыталась наладить прямые контакты с советскими предприятиями с целью осуществления совместных разработок супернадёжных микроэлектронных нейронных устройств на пороговых логических элементах. Но дальше переговоров дело не пошло. Забавно вспоминать, как американские специалисты искали провода, соединяющие макет демонстрируемого порогового арифметического устройства со спрятанной где-то, по их мнению, вычислительной ма-



Переговоры А.Н. Косыгина с американскими предпринимателями из корпораций, занимающихся микроэлектроникой. 1971 г.

➤ **Надо энергичнее продвигать изобретения и открытия на рынки тех стран, которые солидарны с нами. А государству нужно более активно поддерживать российских ученых и специалистов и массово развивать проекты с использованием искусственного интеллекта.**

шиной, имитирующей действия аппаратных средств на пороговых логических элементах. Спустя много лет я с изумлением обнаружил, что подобными показами грешат многие весьма уважаемые компании в США.

По-моему, Control Data Corporation потом поглотили?

Да, это сделала вездесущая IBM. Сотрудники этой корпорации в одной из статей описали, как их изумили наши способности, когда мы вели с ними переговоры. Они не могли поверить в достижения наших инженеров в области создания вычислительных машин. Забавный случай произошел с представителями другой американской компании (к сожалению, я забыл ее название), также решившими доказать всему миру, что русские не способны создавать современные вычислительные комплексы на искусственных нейронах. Они хотели ознакомиться с работами, проводимыми в СССР в области нейронных вычислительных машин, и обратились к руководству научного центра Министерства электронной промышленности СССР с соответствующей просьбой. Речь шла о координации научных исследований в этой области. Директор научного центра (в то время это был Ф.В. Лукин) обратился к А.И. Шокину, который курировал элементную базу для всех видов вычислительных машин, с просьбой разрешить демонстрационный показ микро-ЭВМ в обмен на приобретение комплектующих для макета проекта ИТМиВТ АН СССР. Шокин с трудом добился от А.Н. Косыгина разрешения на показ, и в назначенный день мы привели американцев в нашу лабораторию. Они были ошарашены увиденным, даже представить себе не могли, что у нас могут делать нечто подобное.

Это был 1965 год?

Может быть, 1967 год. Главное, что в этот период мы определили основные задачи нейронного комплекса 5Э53: обнаружение и сопровождение целей, селекция реальных целей

среди ложных сигналов, наведение противоракет на цели, распознавание образов и обучение нейрокомпьютеров.

А как получилось, что после разгрома кибернетики как науки мы смогли за столь короткий срок совершить такой мощный рывок и опередить американцев?

Дело в том, что у нас очень талантливые и упорные люди. Прежде всего хочу отметить заслуги академика Акселя Ивановича Берга, фактически основавшего новое научное направление — бионику и биологическую кибернетику. Он не побоялся вступить в спор с самим Сталиным относительно перспектив кибернетики. Именно А.И. Берг рассматривал кибернетику как науку об оптимальном управлении сложными динамическими системами на основе математики, логики и ЭВМ. Сам он любил рассказывать о том, как защищает кибернетику: «После доклада подходит ко мне один очень крупный руководитель и спрашивает: „Скажите, пожалуйста, Аксель Иванович, но только честно, кибернетика — это наука?“ Я отвечаю вопросом на вопрос: „Вы член партии?“ — „Да. Но при чем здесь партийность?“ — „А при том, что вчера товарищ Брежнев в своем выступлении сказал, что кибернетика — наука, которая повышает умственные способности человека. Ему-то Вы, наверное, можете верить?“ Он в замешательстве хмыкнул. А я продолжал: „В программе партии и в решениях XXIII съезда записано, что кибернетикой не только можно, но и нужно заниматься. Вы решения съезда читаете?“ Вот так я его отделал! Только ничего он не читает, ни решения съезда, ни научные книги! Ведь он сплошной идиот!»

А как к кибернетике отнеслись чиновники, не замешанные в ваших делах?

Думаю, никак. Подавляющее большинство чиновников отнеслось равнодушно. Одним из «наших» чиновников, не побоявшихся не только сочувствовать развитию в СССР ки-

бернетики, но и что-то делать, был, безусловно, Александр Иванович Шокин. Он с самого начала говорил, что мы не должны обращать внимания на вопли недоброжелателей и должны построить такую «умную» ЭВМ, какой ни у кого нет. При необходимости к министру А.И. Шокину и к генеральному директору научного центра Ф.В. Лукину можно было зайти в любое время дня и ночи и получить поддержку — мы имели дело с вышколенным сталинским аппаратом. Если нам надо было что-то закупить, то сначала составлялся список по элементной базе,

виченко и мать начальников цехов. Когда мы обсуждали этот вопрос, они сказали, что нет проблем, мы изготовим для вас микросхемы по вашей эскизной документации в необходимом количестве, а рассчитаемся и оформим конструкторскую документацию потом, когда заработает первое устройство. Такой самоотдачи я более нигде не встречал. Если судить по воспоминаниям очевидцев, это очень напоминает первые месяцы Великой Отечественной войны, когда заводы разгружались в чистом поле и с ходу начинали выпускать военную продукцию.

➤ В нашем случае на первых порах был все-таки энтузиазм, а не как сейчас — деньги прежде всего. Такого повального стяжательства тогда не было. Давали небольшую дополнительную зарплату, награждали.

затем секретарь А.И. Шокина готовила встречу с министром и определяла ее время с точностью до минуты. Было негласное правило: если тебе назначено 15 минут, ты должен уложиться или перенести встречу. Все организационные мероприятия осуществляла секретарь. Так вот, приезжаю на встречу к Шокину, и после короткого разговора он спрашивает, что новенького с нашими нейронами. Я отвечаю, что надо, чтобы завод разработал конструкторскую документацию пороговых элементов с минимальным числом ошибок — мы сейчас должны сделать порядка десяти машин, а своими силами уже не справляемся. Их уже изготавливали небольшими сериями.

Сборочный завод?

Да. Шокин говорит, что хорошо. В конце дня министр звонит мне напрямую и сообщает, что все предприятия сейчас загружены заказами, но я для вас нашел завод в Павловском Посаде, поезжайте и посмотрите, что за завод, чем дышит. Оказалось, что у завода нет заказов. Я им рассказал, что нужно сделать пороговые гибридные микросхемы, они загорелись, и через месяц мы их получили. Я тогда обратил внимание на командный дух семейного менеджмента на этом заводе: отец семьи — генеральный директор, а два его сына — начальники цехов. Проработка схем элементов у семьи Вдовиченко продолжалась и дома. Об этом свидетельствовала жена старшего Вдо-

Чем сегодня объясняется феноменальный успех нейронных сетей в управлении качеством продукции?

Сейчас в управлении качеством нейронной сетью служит система из множества нейрокомпьютеров, соединенных между собой. В прошлом веке таких машин не было. Можно сказать, что современная нейросеть предпочитает накопление опыта и обучение программированию. Она готова и способна учиться на своем же опыте и использовать его для максимально эффективной работы. При этом она учитывает все стадии становления стандартов, конвенций, договоренностей. Нейронные сети уже умеют распознавать рукописный текст с точностью в 99 процентов, поэтому многие бюрократические и канцелярские функции попросту теряют смысл — потребитель может послать файл по защищенному каналу, а «умный» механизм искусственного интеллекта примет его в работу.

Успех цифровых систем менеджмента качества (СМК) основан на процессном документированном подходе с соответствующими корректирующими и предупреждающими действиями, хорошо гармонизирующимися с действиями, происходящими в нейросетях при решении задач менеджмента качества продукции, повышения ответственности руководства, менеджмента ресурсов, измерения, анализа и улучшения качества продук-

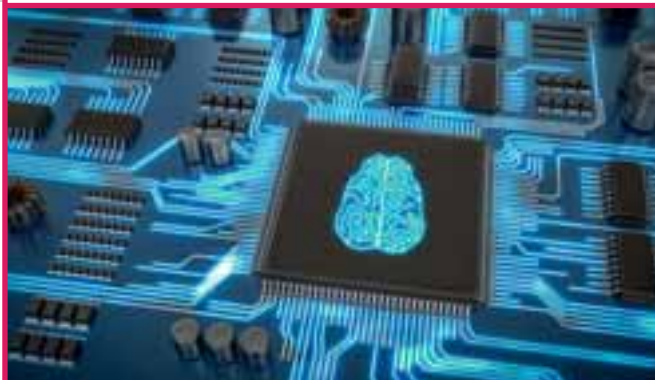


ции, а также управления процессами жизненного цикла продукции.

В чем специфика применения технологий Big Data в области качества в прошлом веке и сегодня?

В прошлом веке системы контроля качества документировали каждое корректирующее и предупреждающее действие «бумажным»

способом. Сейчас это делается с помощью цепочек персональных компьютеров — можно использовать наработки блокчейна для контроля действий одного выбранного в цепочке персонального компьютера всеми остальными ПК, что позволяет существенно повысить эффективность моделей, нацеленных на выявление и устранение несоответствий. В связи с этим на небольших предприятиях, где работают от одного до десяти сотрудников, можно обойтись данными объемом в не-



сколько гигабайт, используя несколько дисков или флешек. Если речь идет о СМК предприятия, на котором трудятся несколько тысяч сотрудников, то придется хранить данные объемом в сотни эксабайт в облаке. К этому следует добавить, что сегодня СМК каждый день накапливает огромный объем данных, среди которых очень сложно найти нужную запись.

Можно ли считать, что технологии Big Data являются более эффективным средством поиска данных?

Конечно. Применение технологии *Big Data* за счет синергетического эффекта открывает бизнесу широкий спектр новых возможностей, в том числе позволяя получать доступ к детализированной информации о потребительских предпочтениях, на основе которых можно выстраивать подробные аналитические профили для конкретных поставщиков, товаров и компонентов продукта. Можно интегрировать подробные данные о транзакциях и статистике потребления определенных групп товаров различными категориями пользователей. Можно получать подробные аналитические данные о цепях поставок и потребления, контролировать потери продукции при транспортировке (например, поте-

ри веса вследствие усыхания и испарения некоторых видов товаров). Система позволяет противодействовать фальсификации продукции и повышает эффективность борьбы с отмыванием денег, мошенничеством. Но главное, есть возможность мгновенно найти нужный файл, книгу, документ в огромном массиве информации. В свое время в Швейцарии я обратил внимание банковского служащего на то, что у них в банках до сих пор стоят те самые мейнфреймы, которые у нас давно списаны. Он ответил, что эту информацию нужно беречь как первоисточник, даже если с нее уже сняты копии, поскольку каждая копия — это возможность искажения информации.

Встречались ли Вам чудеса на этом пути?

Хороший вопрос. Бывали случаи, когда выручали умельцы, способные творить чудеса. Один такой случай связан с Л.И. Брежневым, который однажды обратился к А.М. Шокину с просьбой помочь починить какое-то импортное устройство для автомобиля. Шокин явно не был его любимчиком, но в тот выходной день он единственный из аппаратчиков оказался на рабочем месте. После звонка Л.И. Брежнев приехал к А.И. Шокину, чего прежде никогда не делал, и с порога заявил: «Вы тут все отдыхаете, а я один работаю». Присутствие А.И. Шокина в кабинете спасло многих высокопоставленных чиновников от разби-

рательства. Шокин стал звонить своим подчиненным, искать того, кто соображает в этой технике. Нашли одного умельца на павлово-посадском заводе, по-моему, его звали Вася Фильков, и срочно привезли в Москву. Он покрутил прибор и говорит: «Я вам новую машинку сделаю». Мужик сам рисовал схемы, сам паял и сделал. Подарили это Брежневу, тот говорит: «Вручить орден мастеру!» А умелец сделал чудо-юдо и уехал куда-то отдыхать. Помню, он мне звонит по телефону, а я говорю: «Слушай, тебя разыскивают». Он спрашивает: «Хотите в тюрьму сажать?» Я говорю: «Нет, орден вручать!» Потом этот рукастый мастер часто выручал разных чиновников МЭП.

Орден вручили?

Вручили. Вот такие чудеса способны творить мастера своего дела, в том числе крупные ученые и организаторы, талантливые инженеры. Для участия в проекте «Нейрон» приглашались опытные специалисты, вернувшиеся в страну из-за рубежа после хрущевской «оттепели». Они были знакомы с американским производственным опытом. Только теперь становятся всеобщим достоянием сведения о той блестящей плеяде людей, которые стояли у истоков советской микроэлектроники.

Другими словами, Вы им про последнее слово науки, а они — сейчас сделаем?..

Почти так. Нужно учесть, что в стране в тот период конкурировали гибридная и планарная технологии. Гибридная технология — это более дешевая схемотехника, что-то вроде детского конструктора, где транзисторы, резисторы и прочее напаялись как в обычных схемах, только сами резисторы и транзисторы были очень маленькими. На них можно было экспериментировать с еще не отработанными до конца схемными решениями. Вот тут были необходимы подобные мастера. Планарные технологии могли в то время использоваться только при копировании архитектуры вычислительных машин.

Это обстоятельство не учли академики, когда сделали выбор в пользу многофункциональ-



Осмотр лабораторий и производственных линий научного центра Зеленограда. 1965 г.

➤ **А.Н. Косыгин увидел перспективы интуитивного мышления, которое способны освоить машины. До сих пор удивляюсь, как он это сообразил.**

ных вычислительных комплексов «Эльбрус» на американских микросхемах.

Фаберже такое?

Да. Теперь вернемся к нашим технологиям и кадрам. Помимо планарной классики существовало еще одно направление исследований, которое обеспечивало молекулярную интеграцию сложнейших схем. Его возглавлял Камал Ахметович Валиев. Он ранее работал в Казанском университете и занимался теоретическими исследованиями в области физики твердого тела в своей небольшой лаборатории. А.И. Шокин предложил ему перебраться в Зеленоград и возглавить другой важный институт — Научно-исследовательский институт молекулярной электроники (НИИМЭ). Эти ребята могли делать микросхемы, у которых степень интеграции была на порядок больше, но оказались в центре политических дрызг. К.А. Валиев получил предложение возглавить научное направление в Академии наук СССР, стать академиком и, конечно, не смог от этого предложения отказаться.

К.А. Валиев вместе с Бурцевым уговорили А.И. Шокина развивать «американское» направление сверхбыстродействующих элементов обычной логики для машин, разрабатываемых институтами АН СССР. Трудно оценить этот шаг руководства Министерства электронной промышленности, поскольку проблем в это время хватало у всех. Наши элементы проигрывали в скорости, но выигрывали в логике, их можно было применять в аппаратных средствах с нейронной сетью, они не требовали особых условий эксплуатации многофункциональных вычислительных комплексов (МВК). Элементы ИТМ и ВТ были значительно миниатюрнее, у них была планарная технология, то есть не припаянные штучки, а технологии, сделанные в одной пло-

скости, позволяющие повысить число элементов в одном кристалле в несколько раз. Зато эти элементы предъявляли очень жесткие требования к конструкции и к охлаждению МВК.

А комплектующие были все свои или все-таки что-то импортировали?

Все свое. Хотя были случаи закупки за рубежом тех схем, которые наша микроэлектронная индустрия не могла дать разработчикам вычислительной техники в заданные сроки. Параллельно зарубежные элементы с классической логикой копировались на наших производственных линиях. Делать это тогда было легче через наших партнеров в Совете экономической взаимопомощи. В этом состояла проблема разделения международных производственных отношений.

В чем состояла эта проблема?

Для решения этой проблемы пришлось отказаться от наработанных за десятилетия схем обеспечения комплектующими. В чем здесь дело? Советская промышленность наработала большой опыт применения управленческих схем, когда нужная продукция и комплектующие для нее выпускались с огромными издержками времени и денег. Этот хаос был рукотворным и возникал вследствие высочайшего уровня централизации государственного управления в сочетании с элементарной некомпетентностью и безответственностью чиновников всех уровней, которые пресекали любую инициативу производителей. Эта беда не миновала и другие страны, например те же США. Как показывает практика, там, где комплектующие заканчиваются, возникает полный производственный хаос. Постоянно меняются планы, заказы, распоряжения, условия их выполнения. Даже в таких странах, как Германия в период Второй мировой войны, производство нужной продукции на предприятиях постоянно останавливалось, производственные процессы менялись, станки перенастраивались. К сожалению, я регулярно вижу это на экране телевизора.

А как это было у нас?

Неоднократно предпринимались попытки совершенствования управления народным хозяйством СССР. Взять хотя бы совнархозы Хрущева — пример территориального управ-

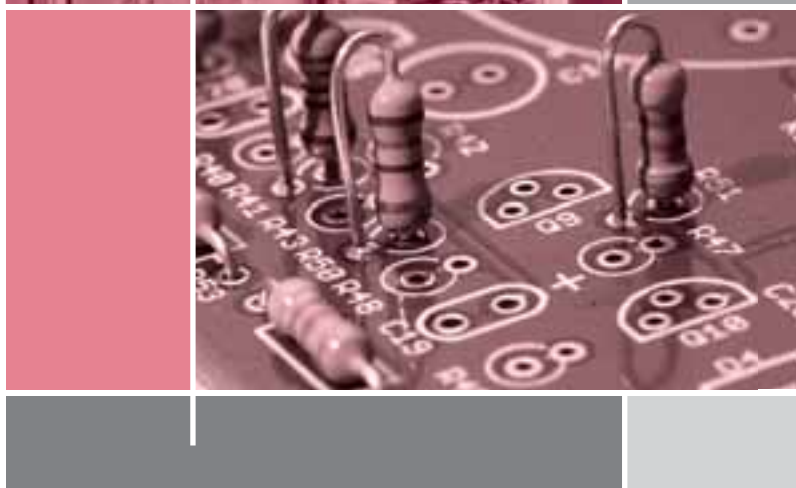
ления. По сути дела это были попытки избавиться Госплан СССР от функции распределения всего чего угодно. Не получилось. Захлебнулись в бумагах. Попробовали вернуться к вертикальным формам управления и получили такую махровую бюрократию, которая нам не снилась.

А что нужно было сделать?

Ни я, ни лучшие представители российской и международной экономической науки не знают этого и не могут дать рецептов. И американцы не знают, но любят другим давать советы. Могу только поделиться опытом изготовления комплектующих и продукции с ИИ в СССР в 1960-е годы практически без участия Госплана.

В чем заключался этот опыт?

Все комплектующие изготавливались на смежных советских заводах, которые подчинялись МЭП. Приведу пример. На наших заводах для решения важных народно-хозяйственных задач создавались временные научные и трудовые коллективы, допустим, схемотехнические группы предприятий, которые объединялись в цепочки. Каждое из этих предприятий выполняло определенные действия, направленные на выпуск комплектующих и конечной продукции. Что такое схемотехника в микроэлектронных вычислительных устройствах? Коллектив инженеров-схемотехников разрабатывает принципиальную электрическую схему, состоящую из электронных компонентов и связей между ними — диод, резистор и так далее. Первый коллектив разрабатывает и генерирует первую строку блока информации, содержащую всю информацию об элементной базе вычислительного устройства. Второй коллектив на другом предприятии осуществляет бюрократические процедуры, оформляет конструкторскую документацию и согласует ее с военной приемкой — вторая строка блока информации. Третий коллектив, не дожидаясь изготовления всей серии элементов, производит сборку устройства по мере поступления и проверки работоспособности элементов (третья строка блока информации) по графику поставки изделий потребителю. За счет хорошо продуманных скоординированных действий цепочка блоков предприя-



тий за короткий период делала первую машину, за ней вторую и далее. Тем самым мы получали четко скоординированный конвейер. Каждый участник цепочки блоков с помощью электронного ключа получал доступ к зашифрованным строкам блоков, но в связи с отсутствием второго ключа не способен был изменить или удалить информацию. Вам это ничего не напоминает? Совершенно верно, это тот самый блокчейн, которым гордится современная управленческая мысль. История повторяется. Блочный подход совершил революцию в решении проблемы комплектации изделий.

К этому нужно добавить наш природный патриотизм. Мы ночевали на рабочих местах, работали сутками.

■

ПЭС 17183 / 23.12.2017

Окончание следует