

## К 50-ЛЕТИЮ ПЕРВОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭВМ «ВЕСНА» И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

Т.А. Сушкевич

*Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН*

В 2014 году отечественное IT-сообщество и специалисты по математическому моделированию и «computer sciences» могут отметить два исторических юбилея.

Во-первых, ровно 50 лет назад в августе 1964 года 20-го века была введена в строй ПЕРВАЯ отечественная полупроводниковая электронно-вычислительная машина (ЭВМ нового поколения) «Весна» общего назначения для решения «больших» стратегически важных задач с самой высокой по тем временам производительностью (до 300 тысяч операций-команд в секунду) [1] и с первой уникальной мультирежимной операционной системой, обеспечивающей многозадачный режим загрузки процессоров и параллельную работу нескольких устройств (когда во время испытаний одновременно запускали около десяти внешних устройств, в машинном зале было очень шумно). Идейными авторами и разработчиками операционной системы (ОС) для ЭВМ «Весна» являлись Михаил Романович Шура-Бура (21.10.1918 – 14.12.2008) и Всеволод Серафимович Штаркман (16.10.1931-21.02.2005), который осенью 1964 года защитил первую в СССР (кандидатскую) диссертацию по операционным системам [2].

Во-вторых, на ЭВМ «Весна» были построены первые компьютерные (машинные) графики и был реализован первый компьютерный анимационный фильм [3] – визуализация на экране характрона процесса обтекания цилиндра разреженной плазмой с покадровой фиксацией изображения путем фотосъемки на специальную пленку для последующей демонстрации с помощью проектора и размножения изображений путем печати снимков на бумажных носителях. Это был первый в СССР результат графического интерфейса в интерактивном режиме. Его авторами являются Ю.М.Баяковский, который обеспечивал технологию машинной графики и визуализации, и Т.А.Сушкевич, которая проводила математический расчет и формировала матрицы для изображения на экране характрона. Этот факт был признан Американской ассоциацией по компьютерной графике (ACM SIGGRAPH). В 1990 г. Ю.М.Баяковский был принят в члены Клуба Пионеров компьютерной графики ACM SIGGRAPH. Ю.М.Баяковский – первый среди русских получил диплом члена ACM/SIGGRAPH Pioneers CLUB. С самого начала формирования компьютерной графики как самостоятельного научного направления ИПМ им. М.В. Келдыша РАН являлся одним из ведущих научных центров в стране в этой области. Первые признаки появления этого нового научного направления в IT-технологиях относятся к началу 60-х годов прошлого столетия, в частности, в СССР это было связано с ЭВМ «Весна» [3-4].

Для начала эры освоения электронно-вычислительных машин (сначала называли кратко ЭВМ, позже из-за зарубежного влияния появился более универсальный термин «компьютер») было характерно распределение обязанностей и работ с учетом узкой специализации членов коллектива, который решал «большую» междисциплинарную задачу: в коллектив входили физики, математики, алгоритмисты, программисты, техники, лаборанты, кодировщики, набивальщицы перфокарт и т.д. Участвуя в математической сдаче «большой» ЭВМ «Весна», предназначенной для расчетов «больших» вычислительных и специальных задач, автор статьи впервые состоялась как один из самых первых специалистов в СССР по математическому моделированию и «computer sciences».

Первые специалисты по математическому моделированию и «computer sciences», когда в одной персоне сочетались все перечисленные выше специализации, появились в начале 60-х годов 20-го века и были преимущественно выпускниками кафедры математики (зав. кафедрой А.Н.Тихонов) физического факультета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова (МГУ). А.Н.Тихонов (30.10.1906-07.10.1993) уже имел уникальный опыт по проведению вычислительных экспериментов и решению больших задач в рамках «атомного проекта» [5]. Апофеозом научного творчества дважды Героя Социалистического Труда академика А.Н.Тихонова и одним из наиболее ярких достижений науки 20-го века является создание устойчивого метода решения широких классов обратных и некорректно поставленных задач [6]. В 1966 году за эти работы А.Н.Тихонов был удостоен Ленинской премии. Массовая подготовка «модельеров» связана с именем Героя Социалистического Труда академика А.А.Самарского – ученика и соратника А.Н.Тихонова [7]. Позже таких специалистов начали готовить в Московском физико-техническом институте (МФТИ). В 1957 году Н.Н.Моисеев стал первым деканом аэромеханического факультета МФТИ, а в 1969 году по его инициативе возник Факультет управления и прикладной математики и Н.Н.Моисеев стал первым его деканом. Затем при содействии А.Н.Тихонова были созданы кафедры в МИФИ и МИЭМ, которыми заведовали ученики А.Н.Тихонова – профессор Б.Л.Рождественский и будущий академик В.П.Маслов.

В 2014 году исполнилось 50 лет с момента публикации первой статьи Т.А.Сушкевич по теории переноса излучения [8], в которой были отражены результаты дипломной работы, выполненной на кафедре математики А.Н.Тихонова в МГУ и в «базовой организации» кафедры - Институте Келдыша (в те времена

заместителем М.В.Келдыша – директора института, а Тамара Алексеевна работает в этом институте до настоящего времени, начиная с практики в 1961 году и освоения ЭВМ «Стрела» (в 1954 году первый экземпляр «Стрелы» ввели в строй в ОПМ МИАН). С 1947 года в СССР работами по созданию ЭВМ руководил М.В.Келдыш и первая серийная ЭВМ «Стрела» - советская ЭВМ первого поколения – создана под его руководством. В 1954 году разработчики были удостоены Сталинской премии. Среди награжденных будущий академик Владимир Константинович Левин. Главному конструктору Юрию Яковлевичу Базилевскому было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

Сразу же после окончания МГУ в январе 1963 года стажеру-исследователю Т.А.Сушкевич (как раз с января 1963 года появились новые «должности» в академических институтах - первые стажеры-исследователи в СССР) доверили решение «большой» задачи по актуальному проекту покорения космического пространства, связанному с открытием на первых советских космических спутниках в 1958 году радиационного пояса Земли. Задача была действительно настолько «большая», что по своим параметрам её не удавалось поставить на действующие ЭВМ «Стрела», «М-20», «Восток», которые уже работали в Институте Келдыша. Единственная надежда была на новую ЭВМ «Весна», первый экземпляр которой ещё только разрабатывали, производили компоненты, собирали и готовили к государственной сдаче-приемке. Т.А.Сушкевич пришлось включиться в работы по запуску ЭВМ «Весна». А в итоге стала одним из первых специалистов по математическому моделированию, когда все этапы решения «большой» задачи выполнялись одним сотрудником и получилась «гремучая смесь» в одном лице «физика-математика-компьютер-космос», которая так и сохранилась на всем пути научной деятельности. С появлением «суперкомпьютеров» такое совмещение осложнилось тем, что вот уже более 20 лет почти каждые два года появляются новые вычислительные платформы, а вместе с ними и весь набор операционного и программного обеспечения, знание которых стало делом новых специалистов по использованию суперкомпьютеров и по параллельным вычислениям. Без таких супер-специалистов уже не обходится ни один коллектив, ориентированный на супер-вычисления.

Настоящая статья приурочена к 50-летию ввода в строй (август 1964 года) первой отечественной полупроводниковой высокопроизводительной электронно-вычислительной машины - ЭВМ «Весна» общего назначения. ЭВМ разработали в Конструкторском бюро Госкомитета по радиоэлектронике (с 1978 г. – НИИ «Квант» Минрадиопрома). Главный конструктор – В.С.Полин, заместитель - В.К.Левин, ныне академик и ведущий разработчик и конструктор современных суперкомпьютеров с высоким параллелизмом вычислений. Соисполнителем разработки являлся Институт Келдыша, созданный в 1953 году академиком М.В.Келдышем с названием «Отделение прикладной математики Математического института им. В.А.Стеклова АН СССР» (с 1966 года ОПМ МИАН СССР переименован в Институт прикладной математики АН СССР, в 1978 году ИПМ АН СССР присвоено имя М.В.Келдыша, с 1991 года это Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша Российской академии наук – правопреемницы Академии наук СССР, в 2007 году это уже «Учреждение Российской академии наук Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН»). После того, как в 2013 году Институт Келдыша отметил свое славное 60-летие в составе АКАДЕМИИ НАУК, с января 2014 года Институт из РАН передан в подчинение Федерального агентства научных организаций (ФАНО) с сохранением названия, установленного в 2011 году: статус подкорректировали и полное название стало «Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша Российской академии наук», чтобы сохранить в названии «корни» своих основателей и историю.

Под общим руководством АКАДЕМИИ НАУК СССР академические институты плодотворно сотрудничали с ведомственными отраслевыми институтами и учреждениями. Руководителем работ по созданию ЭВМ «Весна» от ОПМ МИАН являлся М.Р.Шура-Бура. Под руководством Михаила Романовича вместе В.С.Штаркманом коллективом сотрудников ОПМ МИАН было разработано уникальное операционное и программное обеспечение для ЭВМ «Весна», на которой

- впервые параллельно работали до десяти разных устройств ЭВМ;
- впервые были реализованы возможности параллельных расчетов (было введено понятие «фоновая задача» - это большая задача, требующая больших ресурсов ЭВМ и длительного времени расчетов, на «фоне» которой запускали на счет «маленькие» задачи или тестовые и отладочные расчеты);
- впервые в отечественной практике параллельно с расчетами работало первое АЦПУ с широкой печатью, которое доставили с ВДНХ; на этом АЦПУ строили первые графики;
- впервые в отечественной науке и практике были построены компьютерные графики в виде видеофильма с использованием характерна и съемки изображения на специальную фотопленку.

Группа программистов ОПМ под руководством В.С.Штаркмана разработала и реализовала на ЭВМ «Весна» уникальную операционную систему, которая стала прообразом ОС будущего. Это была первая ОС, реализующая многозадачный режим параллельного решения нескольких задач и одновременной работы нескольких разных внешних устройств. Было выпущено 19 комплектов ЭВМ. Первый экземпляр ЭВМ установили в вычислительном центре Министерства обороны.

Тестирование всех структур и компонент ЭВМ «Весна» и её «математическая» сдача-приемка проводилась на первом экземпляре при участии Т.А.Сушкевич, которая разработала алгоритмы и компьютерные коды для решения «большой» задачи, моделирующей прохождение ракет и спутников через радиационные пояса Земли [9-11]. Это была актуальная проблема, связанная с покорением космоса и разработкой методов и средств космической связи. Нужны были прогностические оценки воздействия ионизированной плазмы на

защиты от излучения. За космическим кораблем образовывался возмущенный «след» и для проблем космической связи нужно было установить его структуру в зависимости от формы и размеров аппарата, а также его скорости прохождения через ионосферу. На начальном этапе осваивать программирование в кодах для трехуровневой памяти и команд в два с половиной адреса и разными регистрами помогала Т.Н.Михайлова. Один вариант модели задачи рассчитывался в пределах 28-30 часов непрерывной работы ЭВМ. Несмотря на жаркий август, ЭВМ проработала без сбоя около 10 суток. Это был успех.

В это же время параллельно под руководством Главного конструктора академика Лебедева велись работы по созданию новой отечественной ЭВМ «БЭСМ-6» (первый «миллионник»), которая могла выполнять около миллиона операций в секунду и длительное время признавалась лучшей ЭВМ такого класса и в СССР и за рубежом. Эта ЭВМ в 60-ые годы могла претендовать на звание «супер-ЭВМ». Первый экземпляр БЭСМ-6 был запущен в ОПМ МИАН в середине 1966 года. Т.А.Сушкевич пришлось принимать участие в освоении и этой новой супер-техники для решения новых стратегических государственных проблем по космическим проектам, связанным с созданием системы ПРО с космической поддержкой упреждения стартов ракет из космоса (УС-К), «космического землеобзора», Лунной программой, астроориентацией ракет и т.п. [11-14]. Компьютерные коды писались на языке «Автокод» (программа около 25 тысяч перфокарт), разработанном под руководством В.С.Штаркмана в ОПМ. Для расчета одного варианта задачи требовалось 14 МЛ, 6 МД и около 300 часов работы процессоров. На БЭСМ-6 благодаря возможностям архитектуры (страничная память, виртуальная память, конвейерный режим обработки потоков данных, параллельная работа вычислительного устройства и внешней памяти на МЛ и МД и т.д.) были реализованы некоторые ПЕРВЫЕ приёмчики распараллеливания вычислений. Этот комплекс программ работал до 1992 года на БЭСМ-6 и АС-6.

В США ЭВМ были и помощнее. Но наши ученые и специалисты превосходили зарубежных в искусстве вычислительной математики, алгоритмах и программировании, т.е. в сфере интеллектуальной. А в итоге в космосе был достигнут паритет СССР-США, а в некоторых направлениях покорения космического пространства, как известно, мы были первыми [12-18]. Новые перспективные возможности математического моделирования атмосферной радиации Земли связаны с разработкой информационно-математической системы для широкой области приложений на суперкомпьютерах и кластерах с распараллеливанием вычислений и распределением ресурсов, а также привлечением «облачных» и GRID-технологий. В США, Японии, Германии, Англии, Франции, России и др. появились супер-ЭВМ нового поколения, ориентированные на массовый параллелизм и создание систем глобального мониторинга Земли. Такие системы тем более необходимы для развития перспективных гиперспектральных подходов для ДЗЗ [19-22]. Освоение КОСМОСА создало основы СОВРЕМЕННОЙ постиндустриальной цивилизации - информационное общество, базирующееся на трех «китах»: КОМПЬЮТЕР, ИНТЕРНЕТ и МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ, которые вышли из космических проектов! Важнейшая задача будущего космонавтики - это прогноз эволюции Земли с учетом антропогенных и естественно-природных факторов воздействия и обеспечение «безопасности» планеты.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проекты № 12-01-00009, № 14-01-00197) и Российской академией наук (проект 3.5. ПФИ ОМН РАН).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Э.С. Луховицкая, Г.Н. Езерова. "Информатика в ИПМ им. М.В. Келдыша. 1960-е годы" // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша, 2013, №29, 33с. <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-29>.
2. В.С. Штаркман, кандидатская диссертация (секр.). Москва, ОПМ МИАН СССР, 1964.
3. Ю.М. Баяковский, В.А. Галактионов "О некоторых фундаментальных проблемах компьютерной (машинной) графики" // Информационные технологии и вычислительные системы, 2004, №4, с.3-24. <http://www.keldysh.ru/pages/cgraph/articles/dep20/comgra.pdf>; [http://www.keldysh.ru/kur/cgraph/IPM\\_keldisha\\_Ran\\_files/history.htm](http://www.keldysh.ru/kur/cgraph/IPM_keldisha_Ran_files/history.htm).
4. Ю.Л. Кетков "История развития программного обеспечения. Школа программирования ИПМ им. акад. М.В.Келдыша". [http://www.computer-museum.ru/histsoft/school\\_keldish\\_sorucum\\_2011.htm](http://www.computer-museum.ru/histsoft/school_keldish_sorucum_2011.htm).
5. А.Н. Тихонов. Собрание научных трудов: в 10 т. / Ред.-сост. Т.А. Сушкевич; РАН. Т. 1 : Математика. М., Наука (Классики науки), 2012, 638с.
6. А.Н. Тихонов А.Н. Собрание научных трудов: в 10 т. / Ред.-сост. Т.А. Сушкевич; РАН. Т. 3 : Обратные и некорректные задачи. М., Наука (Классики науки), 2009, 630с.
7. Т.А. Сушкевич "УЧИТЕЛЬ и УЧЕНИК в совместных публикациях. Академики А.Н.Тихонов (1906-1993) и А.А.Самарский (1919-2008)" // Александр Андреевич Самарский. Сборник статей, посвященных 90-летию со дня рождения. М., Изд-во МАКС Пресс, 2014.
8. М.В. Масленников, Т.А. Сушкевич "Асимптотические свойства решения характеристического уравнения теории переноса излучения в сильно поглощающих средах" // ЖВМ и МФ, 1964, т.4, с.23-34.
9. М.В. Масленников, Ю.С. Сигов, Т.А. Сушкевич "Численное решение задачи о стационарном обтекании тела разреженной плазмой" // Тезисы докладов. Четвертое совещание по магнитной гидродинамике, Рига, 22-27 июня 1964 г. Рига, Изд. АН Латв.ССР, 1964.
10. М.В. Масленников, Ю.С. Сигов "Дискретная модель вещества в задаче об обтекании тел разреженной плазмой" // ДАН СССР, 1964, т.159, №5, с.1013-1016.
11. Ю.С.Сигов. "Вычислительный эксперимент: мост между прошлым и будущим физики плазмы". Избранные

12. Т.А. Сушкевич "Главный Теоретик М.В. Келдыш и Главный Конструктор космонавтики С.П. Королев - покорители космоса" // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011, т.8, №1, с.9-25.
13. Т.А. Сушкевич "М.В. Келдыш - организатор международного сотрудничества в космосе и первой советско-американской Программы "Союз-Аполлон" (ЭПАС)" // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011, т.8, №4, с.9-22.
14. Т.А. Сушкевич "К истории первого научного эксперимента по дистанционному зондированию Земли на пилотируемом космическом корабле" // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2008, вып.5, т.1, с.315-322.
15. Н.А. Альтовская, Г.В. Розенберг, А.Б. Сандомирский, Т.А. Сушкевич "Поле яркости зари, наблюдаемой с космических кораблей" // Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1971, т.7, №3, с.279-290.
16. Н.П. Альтовская, Г.В. Розенберг, А.Б. Сандомирский, Т.А. Сушкевич "Некоторые результаты фотометрических исследований дневного горизонта Земли с космических кораблей "Союз-4" и "Союз-5"" // Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1971, т.7, №6, с.590-598.
17. Г.В. Розенберг, А.Б. Сандомирский, Т.А. Сушкевич, Ю.Д. Матешвили "Исследование стратификации аэрозоля в стратосфере по программе «Союз-Аполлон» " // Изв. АН СССР, сер. ФАО, 1980, т.16, №4, с.861-864.
18. Т.А. Сушкевич. Математические модели переноса излучения. М., БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005, 661с.
19. Т.А. Сушкевич "Космические проекты: информационно-математический аспект и супервычисления (история и перспективы)" // Вестник Южно-Уральского государственного университета (серия Математическое моделирование и программирование), 2011, вып.8. №17(234), с.4-19.
20. Т.А. Сушкевич, С.А. Стрелков, В.В. Козодеров, С.В. Максакова, Б.А. Фомин, А.Н. Волкович, В.П. Шари, С.Д. Устюгов, А.К. Куликов. "Параллельные вычисления в задачах аэрокосмического дистанционного зондирования атмосферы и поверхности Земли методами поляриметрии" // Материалы Международной суперкомпьютерной конференции «Научный сервис в сети Интернет: эксафлопсное будущее». Изд-во Московского Университета, 2011, с.206-209.
21. Т.А. Сушкевич, В.В. Козодеров, Т.В. Кондранин, С.А. Стрелков, Е.В. Дмитриев, С.В. Максакова "Параллельные вычисления в задачах космического экологического мониторинга и гиперспектрального дистанционного зондирования Земли" // Материалы Международной суперкомпьютерной конференции «Научный сервис в сети Интернет: поиск новых решений». Изд-во Московского Университета, 2012, с.320-324.
22. Т.А. Сушкевич, С.А. Стрелков, С.В. Максакова "Теоретические основы и расчетные модели для супервычислений в проблемах мониторинга экосистемы, биосферы и климата Земли, возникновения и развития аварий и природных катастроф на основе аэрокосмического дистанционного зондирования" // Материалы Международной суперкомпьютерной конференции «Научный сервис в сети Интернет: все грани параллелизма». Изд-во Московского Университета, 2013, с.438-442.