

Старос и Берг – начало пути микроэлектроники

Автор: Шендерович Юрий Иосифович

В начале 1956 г. в конце Волковской улицы (ныне ул. Коли Томчака) на чердаке 5-этажного здания из белого кирпича проявилась специальная лаборатория (СЛ-11). Она формально (структурно и финансово) была создана как лаборатория Опытно-Конструкторского Бюро (ОКБ п.я. 998) Министерства авиационной промышленности.



Старос Ф.Г.

Через пару лет о лаборатории поползли слухи по Ленинграду, в них упоминались какие-то «чешские специалисты». Это были два инженера Старос Филипп Георгиевич и Берг Иосиф Вениаминович. История их появления в Ленинграде прояснялась постепенно и окончательно подтвердилась в конце 90-х годов [1]. Руководитель группы коммунистов («Волонтёры») Юлиус Розенберг был арестован в 1950 году и приговорен к смертной казни в 1951 г. Почти все участники группы были арестованы, но инженеры Альфред Сарант (Старос) и Джоэль Бар (Берг) бежали и через некоторое время оказались в Чехословакии, где в Праге работали в военном НИИ и разрабатывали функциональные

потенциометры для вычислительной техники. Из Праги они по приглашению Министра авиапрома Дементьева П.В. переехали в Ленинград.

Вероятно, идея создания цифровой управляющей машины (УМ) созрела у Староса и Берга давно. Так мой сокурсник Леонид Норкин уже в начале 1957 г. перешел в СЛ-11 из лаборатории ОКБ п.я. 998 и разрабатывал сумматор на основе схмотехники РТЛ (резисторно-транзисторной логики). Эту схмотехнику рассчитал доцент Мореходного училища к.т.н. Бородин Николай Иннокентьевич (вероятно в 1956 г.).



Берг И.В.

В качестве основы оперативной памяти была принята идея использования многоотверстных магнитных пластинок. Эту идею предложил американский ученый Ян Александр Райхман в 1955 г. Пластинки размером 2.54×2.54 см. предлагалось делать путем отливки. Старос и Берг, понимая недостатки, связанные с отливкой, отказались от этой технологии. Они решили изготавливать пластинки резкой из ферритового стержня, а отверстия формировать ультразвуковым сверлением. Это позволило уменьшить размер пластинки (1×1 см.), уменьшить размер отверстий (порядка 0.2 мм.) и стабилизировать однородность материала вокруг отверстий. Для ввода информации в 1957 г. был разработан макет малогабаритного преобразователя «угол-код».

СЛ-11 находилась на чердаке; в середине лаборатории располагались станки для механической обработки (токарный и фрезерный), специализированные станки. Станок для намотки малогабаритных функциональных потенциометров осуществлял намотку проволоки из нихрома. Шаг намотки определялся функцией, определяемой линией на фотопленке. Потенциометры были предназначены для аналоговых вычислителей. Разработка функциональных потенциометров заканчивалась и в конце 1958 г. их изготовление было передано в профильное предприятие. Ферритовые пластинки толщиной порядка 1 мм создавались на станке резкой проволокой из ферритового бруска. Для формирования 256 отверстий был создан сверлильный ультразвуковой станок для сверления отверстий в ферритовых пластинках. Инструмент для сверления, названный «ершик», создавался на фрезерном станке из твердого металла путем фрезерования 15 линий в одном направлении и 15 линий в другом (перпендикулярном).



Бородин Н.Н.

Вокруг станков были столы для двух конструкторов, двух физиков, химика и техников, обслуживающих специальное оборудование. Далее находились 6 комнатенок размером около 8 метров. В одной располагались Старос и Берг; в другой формальный начальник СЛ-11 Плетнев Михаил Александрович и Вера Георгиевна Шевалдышева (куратор, переводчик, гид, секретарь Староса и Берга).

Почти каждую среду Старос и Берг вместе с Шевалдышевой в библиотеке Академии наук знакомились с английской журнальной периодикой и другой технической информацией. В одной комнате располагалась химическая лаборатория, в другой слесарная мастерская. В двух других находилась группа разработчиков схемы УМ и группа разработки оперативной памяти на ферритовых пластинках.

Велись разработки по тонкопленочной технологии нанесения токопроводящих и изолирующих пленок путем фотолитографии на ферритовые пластинки и сегнетоэлектрики. Физики (Лурье М.С. и Филаретов Г.А.) работали над возможностью создания памяти на сегнетоэлектриках. Большая группа (руководители Бандура Вил Емельянович и Бородин



Норкин Л.

Николай Иннокентьевич) в составе нескольких инженеров занималась разработкой логической схемой УМ.

Норкин Л.М. разрабатывал схему одноразрядного сумматора. Бородин Н.И. разрабатывал сумматор и устройство управления. В 1958 г. к Бородину присоединились Иван Шилин и Игорь Грачев. Систему команд УМ разрабатывали Юра Пурынычев и Эрик Розенплентер. Всеми конструкторскими работами (станки, приспособления, электронная аппаратура) занимались Петров Петр Акимович и Турбина М.



Розенплентер Э.

Группа Гуревича М.И. с техниками (Анисимова Е., Мардер Л., Сидоренко Э.) работали над созданием куба оперативной памяти для вычислительной машины.

С Леней Норкиным автор этой публикации окончил ЛИАП 1956 г. Мы были распределены в ОКБ п.я. 998. В 1957 г. Леня перешел в СЛ-11, рассказывал мне о своей работе. В мае 1958 г. Леня Норкин порекомендовал меня руководителю СЛ-11 Старосу Филиппу Георгиевичу.

Старос расспросил меня о моей дипломной работе, и чем я занимался в ОКБ п.я. 998, и предложил мне заняться разработкой устройства памяти на ферритовых пластинках. Я сразу же согласился, поскольку попал под обаяние личности Староса, а предложенная работа была интереснее, чем разработка схем выпрямителей на транзисторах и даже схем управления движения антенной.

Меня включили в группу Гуревича Матвея и поручили сборку куба памяти (вместе Матвеем и техниками), а также я получил задание на разработку электронной схемы устройства оперативной памяти. Матвей, в первую очередь, занимался технологией изготовления ферритовых пластинок.



Шендерович Ю.



Гуревич М



Ферритовая пластинка в кассете

Вместе с Гуревичем и техниками я участвовал в сборке куба памяти. Куб памяти собирался из 16 ферритовых пластинок с нанесенным тонким слоем меди, образующим обмотку для ввода и считывания сигнала из одного из 256 отверстий на пластине. Собранные вместе пластинки

прошивались вручную двумя проводами диаметром 0,1 мм, обеспечивающими выбор одного из 256 шестнадцати разрядных слов.

Разработка преобразователя «вал-код», была успешно завершена Виталием Вальковым, который пришел в СЛ-11 в середине 1958 г. В конце 1958 г. разработка блока оперативного устройства и электронной схемы вычислительной машины были закончены (операционный блок и устройство управления), а также была создана конструкция плат и корпуса машины.



Вальков В.



Преобразователь «вал-код»

В конце 1958 г. была создана группа (Норкин Л., Фролова Л.Г.) для разработки малогабаритного транзистора с повышенным быстродействием путем уменьшения толщины базы транзистора на основе технологии фирмы «Fairchild». Хотя эта попытка не увенчалась успехом, но в результате этой работы появились новые направления: создание бескорпусного транзистора и планарная технология. Это подробно освещено в статье Альберта Скворцова [2].

1959 г. стал определенной вехой в истории СЛ-11. Старос стал начальником лаборатории. У него появился заместитель по общим вопросам – Себейкин Геннадий Аркадьевич, хорошо знакомый с коридорами власти (министерства и Военно-Промышленная комиссия ЦК КПСС).



Сидят: слева Аксель Иванович Берг, в центре Филипп Георгиевич Старос.

Стоят слева направо: Себекин Геннадий Аркадьевич (заместитель Ф.Г. Староса по общим вопросам, включая связи с министерством),

Розенплентер Эрик Николаевич (ведущий специалист по системам ввода вывода ЭВМ),

Майоров Сергей Александрович (будущий проректор ЛИТМО).

Крайний справа (опираясь на корпус ЭВМ следующего за УМ1-НХ поколения – УМ2) Владимир Ефимович Панкин, тогда начальник лаборатории систем ввода-вывода ЭВМ.



Фирдман Эрик, Гальперин Марк

Главной задачей Себекина Г.А. было привлечение внимания потенциальных потребителей цифровых машин к разработкам СЛ-11. Помогали ему два молодых специалиста Марк Гальперин и Эрик Фирдман, пришедшие в лабораторию в начале 1959 г.



Левоневский Ф.

В группу Матвея Гуревича были введены два молодых специалиста, и им была поручена разработка преобразователей «напряжение-код» (Феликс Левоневский) и «код-напряжение» (Эдик Шеверда).

В это же время Таймураз Цогоев начал разработку блока постоянной памяти на ферритовых сердечниках. Тогда же Шилин Иван собрал макетный образец УМ. Таким образом, была создана основа для создания полноценной управляющей машины. К концу 1959 г. настройка макетного образца УМ была закончена и начата разработка опытного образца, названного УМ-1, конструкцию которого разработали Петров Петр Акимович и Турбина Марина.

В коллективе СЛ-11 царил атмосфера оптимизма, определяемая уверенностью в значимости созидательной работы и демократичности отношений. Подавляющее число были молодыми специалистами. Старос и Берг были на 15-20 лет старше своих подчиненных. Отношения с сотрудниками строились не в парадигме «начальник-подчиненный», а основывались, с одной стороны, на полном доверии руководителей к выполнению порученной работы исполнителями, а с другой – на огромном инженерном авторитете руководителей. К тому же мы понимали, что нашу работу могли выполнять и руководители. К примеру, однажды Старос пришел на работу в рабочей одежде и на фрезерном станке изготовил несколько «ершиков» – инструментов для станка, на котором сверились ферритовые пластинки.

В середине 1959 г. постановлением ЦК КПСС и СМ СССР на базе трех опытно-конструкторских бюро, в одном из которых числилась СЛ-11, был создан Научно-исследовательский институт радиоэлектроники (НИИРЭ). В составе НИИРЭ было образовано четыре СКБ. СЛ-11 получила статус СКБ, которое было профилировано как подразделение разработки цифровых машин (СКБ-2).

Для НИИРЭ было выделено здание на Московском проспекте, называемое «Дом Советов» (архитектор Троцкий Н.А.). СКБ-2 получило пятиэтажное северное крыло здания «Дом Советов». В 1960 г. коллектив СЛ-11 переехал в «Дом Советов».



***«Дом Советов»
на Московском проспекте в Ленинграде (Санкт-Петербурге).
Кабинет Ф.Г. Староса – на третьем этаже
(два окна обведены рамкой)***

Группы разработчиков СЛ-11 в СКБ-2 были преобразованы в лаборатории. В лабораторию разработки электронных схем (начальник лаборатории Бородин Н.И.) вошли группы Бандуры В.Е. и Гуревича М.И. Конструкторский отдел возглавил Петров Петр Акимович. В физическую лабораторию вошла группа физиков для создания установок напыления тонких пленок и группа исследования транзисторов. Группу химиков и фотолитографии возглавила Сибирякова Н.А. Приемная и кабинет Староса Ф.Г. располагались на 3-м этаже. К кабинету примыкала личная лаборатория Староса и Берга. В ней наши руководители проверяли свои идеи прежде, чем начать знакомить инженеров; так например, начались работы по разработки бескорпусного транзистора, микрорадиоприемника др.

На втором этаже разместился УМ-1, и группа инженеров во главе с Шилиным И.Ф. начала отладку макетного образца. Продолжила отладку макетного образца группа молодых специалистов – из ЛИТМО Жуков Геша (Евгений), и – из ЛИАПа Кузнецов Володя и Тихомиров Юра в три смены, привлекая по мере надобности и разработчиков блоков постоянной, оперативной памяти и устройства ввода-вывода.



Кузнецов В.

Основной единицей конструкции являлась прямоугольная текстолитовая плата, в которой в матричном порядке было 132 отверстия для транзисторов П6. Между отверстиями имелись фрезерованные полосы для прокладки тонких эмалированных медных проводов, соединяющих выводы транзисторов. Все электронные схемы блоков машины конструктивно размещались на таких платах. На фото представлен опытный образец конструкции УМ-1. Информация в двоичном виде вводилась тумблерами, а выход отображался лампочками.

Жуков Е.



Управляющая машина УМ-1 и М. Гальперин

Макет УМ-1 был в рабочем состоянии. В конце 1960 г. машина заработала. В 1959-1960 гг. проводилась большая рекламная компания с разработанными блоками и самой УМ-1. В СЛ-11 нередко появлялись визитёры – генералы, адмиралы, академики, представители промышленности и ВПК. Одним из первых нас посетил академик Аксель

Иванович Берг, легализовавший в Советском Союзе кибернетику. Важнейшее значение для дальнейшего развития СЛ-11 имело посещение зам. председателя Госкомитета по радиотехнике Шокина А.И., также заведующего ВПК Устинова Д.Ф.

В первой половине 1961 г. начала работу комиссия по приемке УМ-1. Комиссию возглавили академик Дородницын А.А. и зав. кафедрой Военно-механического института Сергей Александрович Майоров. Машина проработала 100 часов без сбоев. Для завершения работы комиссии надо было представить полный комплект технической документации. Однако комплект конструкторской документации был неполный, в значительной мере в части таблиц соединения плат. В авральном порядке к этой работе была присоединена значительная часть сотрудников теперь уже СКБ-2. Руководство НИИРЭ включило в состав СКБ-2 группу новых выпускников вузов, которым в первую очередь и поручили составление таблиц.



***Машину УМ1-НХ и другие изделия Ф.Г. Старос демонстрирует Н.С. Хрущёву
Крайний слева – Главком ВМФ С.Г. Горшков, рядом – Д.Ф. Устинов, слева от Староса А.И. Шокин***



**После визита Н.С. Хрущёва.
На первом плане: Ф.Г. Старос, Министр А.И. Шокин,
В.Е. Панкин и зампред Военно-промышленной комиссии Г.А. Титов.
На втором плане: Э. Фирдман, М. Гальперин и А. Писаревский. Июль 1962
года**

Комиссия рекомендовала принять УМ-1, изготовить небольшую серию и принять меры по внедрению их в системы управления. Майоров С.А. предложил обеспечить техническое сопровождение и наладку силами аспирантов и студентов кафедры, а изготовить несколько машин на заводе, где он ранее был главным инженером.

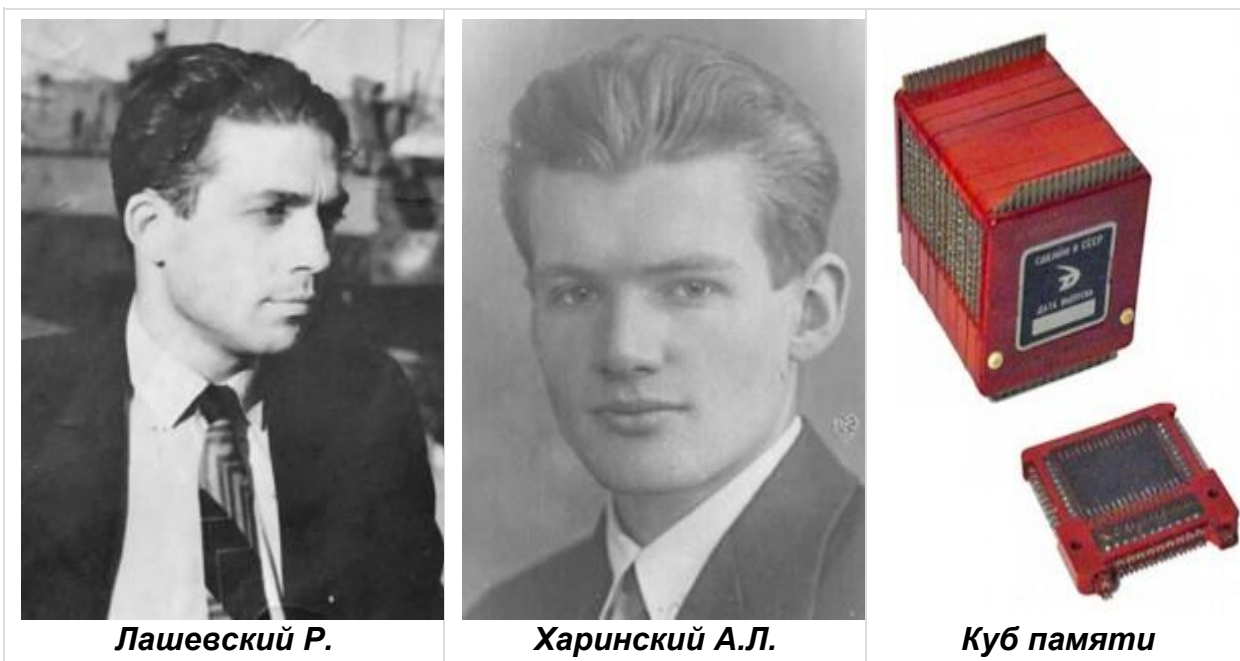


Серийная машина УМ1-НХ

В 1963 г. эту машину под названием УМ-НХ начал выпускать ЛЭМЗ. В течение нескольких лет были выпущены десятки машин, и завод стал флагманом электронного приборостроения в стране. За разработку УМ-

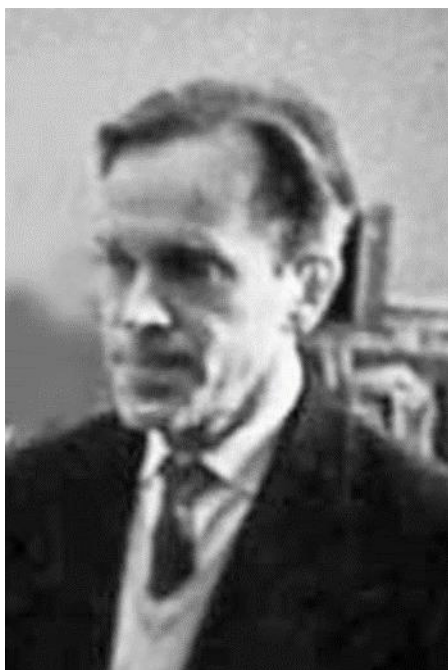
НХ, создание и внедрение систем управления в народное хозяйство в 1969 г. была присуждена Государственная премия СССР [3]. Следует отметить, что УМ-НХ была создана раньше малой машины Altair-8800 (1975г.), использованной создателями «Microsoft».

Главным направлением разработок НИИРЭ было создание радиолокационных изделий для авиации. Руководство института было заинтересовано в разработке малогабаритных цифровых управляющих машин. Поэтому главный инженер НИИРЭ Смирнов Вениамин Иванович перевел в СКБ-2 из СКБ-1 технологический отдел и лабораторию периферийных устройств Панкина Владимира Ефимовича. Технологический отдел возглавлял к.т.н. Харинский Анатолий Леонидович, лауреат Сталинской премии (за участие в разработке стандарта для маломощных силовых трансформаторов), преподаватель ЛЭТИ. Он, можно сказать, был «философом Технологии» и воспитал в отделе группу молодых специалистов во главе с Лашевским Рафаилом.



Эта группа стала основным разработчиком серийного изделия «Куб-2» [4] и одним из участников внедрения блока памяти для машины УМ-1НХ на Ленинградском электромеханическом заводе (ЛЭМЗ).

Лаборатории Панкина были переданы все разработки по устройствам ввода-вывода в УМ-1. Перед их разработчиками (Вальков, Левоневский и др.) была поставлена задача разработки других устройств ввода-вывода (перфолента, цифровые каналы ввода-вывода, индикаторы и пр.).



Панкин В.Е.

Уже в процессе создания УМ-1 Старос и Берг приняли решение о создании следующей управляющей машины УМ-2, отличающейся меньшими габаритами. Габариты УМ-1НХ (880×535×330 мм) определялись размерами корпуса транзистора Пб. Поэтому возникла идея создания транзистора без корпуса. Еще до практической реализации этой идеи началась разработка УМ-2. На основании изучения военных применений определялась разрядность чисел, после чего началась разработка системы команд. УМ-2 была создана в 1964г., но это уже другая история [5].

СКБ-2 в составе НИИРЭ просуществовало только два года. В конце 1961 г. СКБ-2 преобразовали в самостоятельную организацию – ЛКБ (аб. ящ.155) и перевели во вновь созданный Государственный Комитет по Электронной Технике (ГКЭТ).

Тем временем надо было решать дальнейшую судьбу УМ, что заставило заняться вопросами приложений для УМ-1НХ. Этим занялись Виталий Вальков, Марк Гальперин и Эрик Фирдман. Вальков занимался внедрением в системы управления технологическим оборудованием для нужд ГКЭТ, а Гальперин и Фирдман в других министерствах, и в том числе оборонных.

Важным событием для ЛКБ стало создание Центра Микроэлектроники. Представлю цитату из статьи Б.М. Малашевича [5]:

«Под руководством А.И. Шокина и его заместителя К.И. Мартюшова, при участии ученых и специалистов отрасли, в том числе из НИИ-35 (А.Ф. Трутко, Б.В. Малин, М.М. Самохвалов, Н.М. Ройзин и др.) и КБ-2 (Ф.Г. Старос, И.В. Берг) была разработана концепция организации Центра микроэлектроники. Параллельно с подготовкой постановления планомерно разворачивались работы по созданию гибридных (в СКБ-2) и планарных (в НИИ-35) технологий изготовления ИС.

Для окончательного решения нужно было продемонстрировать Н.С. Хрущеву преимущества микроэлектроники на наглядном примере. И А.И. Шокин эту задачу решил. 4 мая 1962 г. в Ленинграде планировалось совещание по проблемам судостроения с участием Хрущева. Одной из важнейших обсуждаемых проблем стала бортовая РЭА (ее массогабаритные характеристики). ... В СКБ-2 Ф.Г. Староса были подготовлены макеты управляющей ЭВМ «УМ1-НХ» и миниатюрного

радиоприемника. Они были изготовлены на основе миниатюрных и бескорпусных элементов. Их размеры были настолько малы, что это не могло не произвести впечатления на «больших начальников». Визит был хорошо организован. Почти месяц продолжалась энергичная подготовка. ... Накануне министр А.И. Шокин провел в СКБ-2 генеральную репетицию. И встреча прошла удачно...: УМ1-НХ и радиоприемник произвели на главу страны нужное впечатление.



Визит Н.С. Хрущёва в ЛКБ

Там же министр А.И. Шокин представил проект постановления о создании ЦМ в Зеленограде (спутнике Москвы), который был в целом одобрен. После множества согласований 8 августа 1962 года постановление ЦК КПСС и Совмина СССР было подписано... Ф.В. Лукин был назначен заместителем Председателя ГКЭТ и директором центра; заместителем по науке стал Ф.Г. Старос...».



Микроприёмник

Визит Н.С. Хрущева состоялся в июне 1962 г. Н.С. Хрущеву продемонстрировали УМ-1НХ и другие разработки, а также подарили первый в мире микроприемник. Главным результатом визита стало решение о серийном производстве УМ-1НХ на заводе [3]. Спустя всего год

на этом заводе начался серийный выпуск машин УМ1-НХ (шутка того времени, – «УМ-1 для Никиты Хрущева»).

Для обеспечения широкого внедрения УМ1-НХ в системы управления в ЛКБ была создана лаборатория под началом Валькова В.М.; в ней были образованы три группы: одна группа Валькова, вторая – Гальперина и третья – Фирдмана. Группа Валькова в 1962-1963 гг. создавала для предприятий ГКРТ системы управления для предприятий ГКЭТ (электроискровой станок для МЭЛЗа, измерительная система для завода в Воронеже и др.).

Группа Гальперина должна была определять возможные перспективные объекты для применений в промышленности (Череповецкий металлургический завод, Воткинская ГЭС, Белоярская АЭС и др.), а также привлекать внимание военных предприятий к использованию новой малогабаритной УМ-2 (ОКБ Туполева, ОКБ Королева, военных моряков и др.). Эти применения освещены в книге Марка Гальперина «Прыжок кита» [6].

Группа Фирдмана должна была обеспечивать разработчиков средствами автоматизации работ по проектированию систем и новых машин. В эту группу включили и автора этой статьи. Первой разработкой стал интерпретатор системы команд УМ-1НХ на универсальной ЭВМ «М-20», затем была разработана программа для выдачи документации для прошивки модулей постоянной памяти. Началась работа по созданию средств автоматизации для разработчиков электронных схем; первым шагом стало создание программы моделирования логических схем. Эти работы положили начало разработки средств автоматизации проектирования, в том числе, для разработки БИС [7, 8].

Понятие «микроэлектроника», вероятно, возникло в связи с постановлением о создании Центра Микроэлектроники (г. Зеленоград). В создании Центра активно участвовал Ф.Г. Старос. Он привлек к этой работе Эрика Фирдмана. Об участии Филиппа Георгиевича в этой работе написал Марк Гальперин в публикации «Красная папка» на страницах Мемоклуба (<https://memoclub.ru/2015/10/krasnaya-papka/>)



Центр микроэлектроники, Зеленоград

В 1962 г. разработка УМ-2 была закончена, и в 1963 начались государственные испытания. Однако визит Н.С. Хрущева имел и отрицательные последствия. Как-то раз Старос и Берг написали письмо Хрущеву и пожаловались на недостатки в электронной промышленности. Хрущев переслал это письмо Министру Шокину.



Через короткое время Никита Сергеевич был освобожден от занимаемой должности. Реакция министра последовала в 1965 г. на фоне неудачи испытаний первой версии машины УМ-2, в которой впервые использовались предложенные и примененные в ЛКБ бескорпусные транзисторы (см. фото). На общем собрании коллектива заместитель министра ГКЭТ устроил разнос, однако не нашел реальной поддержки, а Марк Гальперин выступил с яркой защитной речью, хотя и признал определенные недостатки.

Правда, Староса только отстранили от должности заместителя директора Центра Микроэлектроники, но оставили во главе ЛКБ. Тем не менее, разработка УМ-2 продолжилась и была успешно завершена, когда Берг и Старос решили применить дублирование бескорпусных транзисторов в логических схемах.

История создания нескольких экземпляров машины УМ-2Т для ОКБ самолетостроения Туполева, УМ-2М для ОКБ ракетостроения Королева, УМ-2С для системы управления в Министерстве электронной промышленности и ее успешное применение для Военно-Морского Флота прекрасно освещена в книге Марка Гальперина «Прыжок кита» [6].

В заключение можно утверждать, что основные концепции СЛ-11

– миниатюризация как элементов, так и электронной аппаратуры;

– пленочная технология, фотолитография;

– самостоятельная разработка технологического оборудования;

– создание вычислительной техники для управления;

были успешно реализованы во всех последующих разработках ЛКБ, в том числе и при создании первых в Советском Союзе больших интегральных схем [8].

Литература

1. Феклисов А.С. Признание разведчика. – М., ЗАО «ЛГ Информэйшн Групп», Издательство «ОЛМА-ПРЕСС», 1999, 480 с.

2. Скворцов А.М. – Основные тенденции развития МОП-интегральных схем, Электронная техника, Сер. 6. Микроэлектроника, 1969, вып. 6, с. 3-9.

5. УМ-1НХ|<http://csby.ru/istorija/um-1nh/>.

4. Лашевский Р.А., Хавкин В.Е., Лаврентьев Р.Н. – Интегральные Кубы памяти, Виртуальный компьютерный музей.

5. Малашевич Б. М. – Зеленоградский Центр микроэлектроники: создание, расцвет, закат... <http://www.electronics.ru/journal/article/517>

6. Гальперин М.П. – Прыжок кита. СПб. Политехника – сервис, 2010. – 352 с.

7. Старос Ф.Г., Фирдман Г.Р., Шендерович Ю. И., Вопросы комплексной автоматизации разработки БИС, журнал «Электронная промышленность», № 6, 1972, с. 32-36.

8. Маслеников Ю.А. – Первый звездный час советской микроэлектроники, 2020 – <https://memoclub.ru/2020/07/pervyyiy-zvyozdnyiy-chas-sovetskoj-mikroelektroniki/>



Шендерович Юрий Иосифович родился в Ленинграде в 1932 г. в 1956 г. окончил ЛИАП и был направлен на работу в ОКБ п.я. 998. В 1958 г. перешёл в СЛ-11 (ЛКБ, ЛКТБ), где проработал до 1994 г. Уволился с должности начальника отдела автоматизации проектирования (микросхем, печатных плат и пр.).

Принимал участие в разработке блока оперативной памяти на ферритовых пластинках для машин УМ-1 и УМ-1НХ, Занимался внедрением УМ-1 на химическом производстве.

С 1971 г. занимался разработкой средств автоматизации проектирования и создания 4-х поколений систем машинного проектирования (СИМПРО-71, -73, -77, -83).

В 1994 г. репатрировался в Израиль. В Иерусалиме работал дизайнером словарей, занимался разработкой дисков с самоучителями иврит-английский, иврит-испанский, созданием сайта. С 2009 г. проживает в г. Арад (Израиль), участвует в работе института ИПИ и изданиях научных работ в рамках очных и виртуальных конференций.
Доктор технических наук.