

## ПЕРВЫЙ ЗВЁЗДНЫЙ ЧАС СОВЕТСКОЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Шестидесятилетию КБ Староса  
и пятидесятилетию первых  
советских БИС посвящается

Кто в океане видит только воду,  
Тот на земле не замечает гор.  
В.Высоцкий. «Шторм», 1976

Советская электронная промышленность в 70-80 годах прошедшего столетия трижды достигала вершин мирового уровня в области микроэлектроники, становясь с этими достижениями практически вровень с американской микроэлектроникой. К ним относятся:

➤ **декабрь 1970 года - первые советские оригинальные БИС** (большие интегральные схемы), положенные в основу микрокалькулятора Электроника-2471 (тоже первого в стране – фото 1);



а

б

Фото 1(а, б). Первый советский микрокалькулятор Электроника – 2471

➤ **декабрь 1975 года - первая советская 16-разрядная микро-ЭВМ Электроника С5-01 с набором плат ввода-вывода на оригинальном комплекте БИС** (фото 2);

➤ **октябрь 1979 года - первая советская 16-разрядная однокристалльная микро-ЭВМ Электроника С5-31 с системой команд серии Электроника С5 (фото 3).**

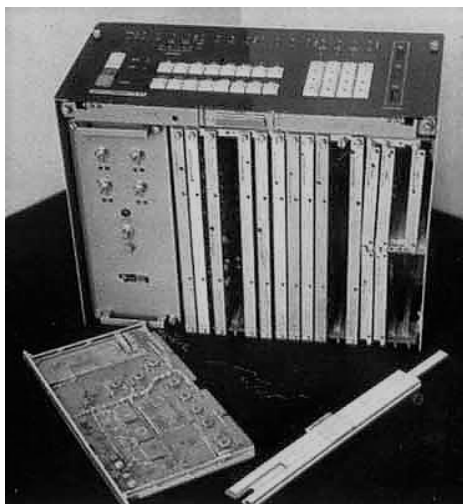


Фото 2. Микро-ЭВМ Электроника С5-01

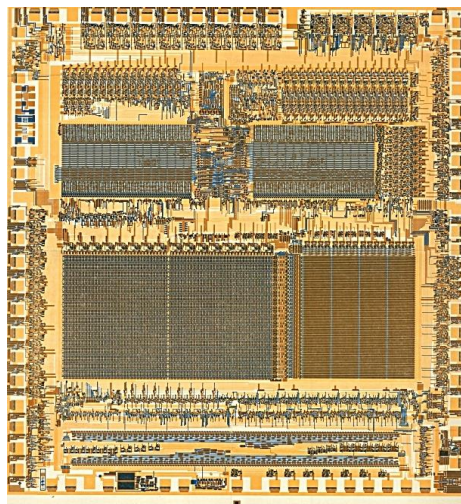


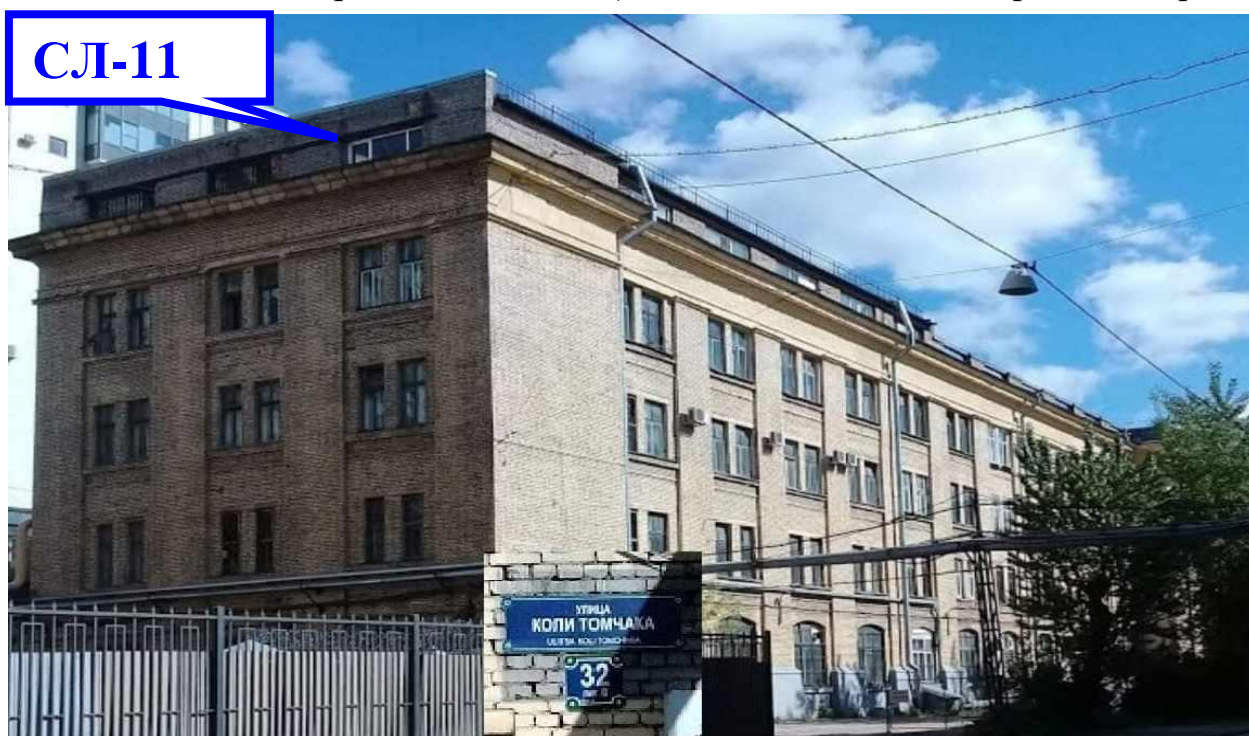
Фото 3. Топология однокристалльной микро-ЭВМ Электроника С5-31

Все эти вершины были покорены легендарным в шестидесятых-семидесятых годах КБ, руководимым до середины 1973 года директором Филиппом Георгиевичем Старосом (Алфредом Сарантом) и главным инженером Иосифом Вениаминовичем Бергом (Джоэлом Баром).

Эти талантливые учёные и инженеры входили в разведывательную группу Юлиуса Розенберга и через нашего резидента в Нью-Йорке А.С.Феклисова передали во время войны огромный объём ценных технических данных военного назначения [1,2]. В конце сороковых они разными путями покинули США и в 1956 году возглавили в Ленинграде лабораторию СЛ-11 в составе ОКБ п.я. (почтовый ящик) 998 Министерства авиационной промышленности. Лаборатория располагалась на чердаке здания на улице Волковской (ныне улице Коли Томчака - фото 4). Она и стала в 1959 году основой СКБ-2 предприятия абонемента ящик (а.я.) 233, созданного в Ленинграде Постановлением Совета Министров СССР № 2304 от 17.08.1959 в составе Государственного комитета радиоэлектроники. В 1961 году СКБ-2 было преобразовано в самостоятельное предприятие а.я.155 Государственного комитета по электронной технике, ставшего в 1965 году Министерством электронной промышленности. В феврале 1966 года нашему абонементному ящику было присвоено открытое название – Ленинградское Конструкторское Бюро (ЛКБ) и, лишив его почётного звания абонемента ящика, министерство сделало его предприятием п.я. Г-4783.

В середине шестидесятых советская микроэлектроника только зарождалась. И появление в 1970 году первого в стране оригинального

комплекта микросхем (а не путём «передёра», сошлифовывая и воспроизводя слой за слоем микросхемы аналога) с достойными по мировым меркам



**Фото 4. Здание на Волковской ул. (ныне ул. Коли Томчака), на чердаке которого (указан стрелкой) размещалась СЛ-11**

параметрами

(быстродействию, уровню интеграции) стало в Советском Союзе выдающимся событием в области технологии разработки и производства МОП-интегральных схем. Этот комплект позволил создать «от нуля» изделие, функционально эквивалентное популярному японскому микрокалькулятору всего на полтора года позже оригинала. Более подробно об этом ниже.

То же можно сказать и о микро-ЭВМ Электроника С5-01. КБ, уже обладая полученными при Ф.Г.Старосе и И.В.Берге определёнными технологическими и методологическими возможностями в части разработки и изготовления интегральных микросхем и опытом разработки ЭВМ, начав в 1974 году, к концу 1975 года (совместно с Киевским институтом кибернетики в части структуры) разработало первую в стране 16-разрядную микро-ЭВМ. По уровню системного решения она не уступала только-только появившимся американским аналогам, по сути ликвидировав по

большинству параметров отставание от США в данном разделе микроэлектроники [ 3 ].

Аналогичная ситуация была и с однокристалльной микро-ЭВМ «Электроника С5-31. Сделанная в 1979 году она не уступала появившейся в том же году функционально близкой и единственной в тот момент на Западе 16-разрядной «однокристалке» фирмы Texas Instruments TMS 9940 [3,4,5].

Никогда в то время (1970-1980), а уже тем более после, мы не были так близки к текущему американскому уровню микроэлектроники в других отечественных разработках в электронной промышленности. И надо отметить, что указанные работы имели продолжение в серийном производстве и техническом развитии. Всё это и позволяет назвать появление этих изделий звёздными часами советской микроэлектроники.

**Завязка.** Но вернёмся к первой работе. И потому, что она первая, и потому, что она подтвердила главенствующую роль Ф.Г.Староса и его КБ в отечественной микроэлектронике в этот период. И потому, что она в очередной раз показала, каких выдающихся руководителей он воспитал и, главное, дал возможность вырасти в своём коллективе. Это В.М.Вальков с УМ1-НХ и системой ВЫПУСК-4 и М.П.Гальперин с системой УЗЕЛ. А в данном случае речь идёт о Генрихе Романовиче Фирдмане (Эрике - для его друзей и большинства коллег), выбор которого в качестве руководителя разработки предопределил успех проекта (фото 5).

О появлении проекта хорошо рассказал он сам в выпущенной в США в 2006 году книге [ 6 ], по моему мнению, объективной и личностной, но беспощадной к себе, своим друзьям, коллегам и всем, с кем ему пришлось встречаться по работе.

*«Когда-то в 1969 году нашему министру (А.И.Шокину – прим. автора статьи) подарили японский микрокалькулятор производства Sharp на основе четырех МОП (металл-оксид-полупроводник), больших интегральных схем (БИС), спроектированных и изготовленных американской фирмой. Я думаю, что это был Мостек, но не уверен. Популярный микрокалькулятор был похож на взорвавшуюся бомбу. В то время на большинстве советских предприятий использовались счеты, а на самых передовых - электромеханические счетные машины. Министерство приборов средств автоматизации и систем управления (ПСАиСУ или Минприбор) пыталось производить*

огромные электронные калькуляторы, но они были настолько ненадежны, что многие из них просто не работали. Неудивительно, что Шокин «увидел свет» в этом направлении.

Воспроизведя популярный микрокалькулятор, Шокин надеялся убить двух зайцев одним выстрелом. Он мог бы поднять уровень МОП-технологии в своем министерстве и в то же время доказать, что его министерство более продвинуто и более способно разрабатывать высокотехнологичные продукты, чем любое другое, в частности Минприбор. Маленькая деталь в его грандиозных планах состояла в том, чтобы сделать это у Староса в его КБ точным воспроизводством аналога. Как человек сталинской эпохи, Шокин знал, что точное воспроизводство является более вероятным вариантом, чем разработка аналогичного или лучшего отечественного продукта, и это был его заказ Старосу.

Однако у нас был туз в рукаве, и это была наша интегрированная система автоматизированного проектирования. (Это в конечном итоге сработало и позволило нам разработать микрокалькулятор с нуля быстрее, чем воспроизвести японский.) Мы со



**Фото 5.** Справа налево Ф.Г.Старос, Г.Р.Фирдман и референт Ф.Г.Староса Н.Г.Жемова на оперативном совещании по калькулятору (видно, что всё не просто – прим. автора).

Старосом представили наш подход к проектированию Шокину. Поначалу он категорически отверг нашу идею, но поскольку мы продолжали доказывать преимущества нашего подхода, что-то в нем щелкнуло, и он неохотно согласился. Однако, оставаясь человеком этой эпохи, он увеличил вероятность успеха, утроив усилия. Он заказал двум конструкторским бюро в Киеве и Воронеже воспроизвести тот же самый микрокалькулятор. В их случае он даже прописал способ, которым они должны были выполнить проект. А именно, сфотографировав верхний слой Mostek LSI, затем сошлифовав его, фотографировав следующий и повторяя процедуру для всех четырех или пяти слоев LSI. Затем фотографии будут использоваться для создания фотошаблонов, которые, в свою очередь, будут использоваться для производства чипов LSI. Такая работа не требовала проектирования и теоретически могла бы сэкономить время по сравнению с проектированием микрокалькулятора с нуля. Увы, только теоретически!» (Перевод автора статьи).

Первая задача – работа на своих условиях – была решена. Теперь надо было разобраться с организацией работ и руководством.

И здесь ещё немного истории. Миграция СЛ-11 из Министерства авиапромышленности в Государственный комитет по радиоэлектронике, а отсюда в Государственный комитет по электронной технике, ставший в 1965 году Министерством электронной промышленности (МЭП), во-первых, отразила те изменения, которые происходили в административно-технических «верхах», а во-вторых, сделали КБ чужим предприятием на территории а.я 233 в здании «Дома Советов» на Московском проспекте Ленинграда. В 1965 году собственное здание на Московском шоссе, 46 только начало строиться, и до вселения в него было ещё пять лет. Поэтому для поэтапного освобождения занимаемых площадей предпринимались различные шаги. Один из них имел прямое отношение к описываемой работе. Город выделил КБ в аренду недалеко от «Дома Советов» только что построенное здание детского сада (фото 6).

Ф.Г.Старос принял решение перевести туда тех специалистов, работы которых не связаны с оборудованием. Таким подразделением оказался созданный в 1968 году отдел автоматизации проектирования, возглавляемый Г.Р.Фирдманом.



**Фото 6. «Детский садик»**

**Вспоминает Ю.И.Шендерович (фото 7).** В отдел (НИО-110) входили:

- лаборатория НИЛ-111 - автоматизация программирования для ЭВМ под руководством Эдуарда Викторовича Попова,
- лаборатория НИЛ-112 - структурное проектирование ЭВМ и тестовый контроль под руководством Юрия Иосифовича Шендеровича,
- лаборатория НИЛ-113 - логическое проектирование электрических схем под руководством Самария Иосифовича Баранова (фото 8),
- лаборатория НИЛ-114 - проектирование топологии интегральных микросхем под руководством Виктора Абрамовича Селютина (фото 9).

На период разработки калькулятора к отделу НИО-110 прикомандировали и также разместили в «садике» лабораторию НИЛ-33 — лабораторию схемотехники интегральных схем под руководством Владимира Семёновича Гальперина (фото 10).

Оборудование в «садик» тоже подтащили, когда началась работа над калькулятором. Там разместились установки на основе ЭВМ УМ-1НХ для получения первичных фотошаблонов и контроля микросхем.

*С.И.Баранов. Наше присутствие в «садике» не осталось без внимания жителей окружающих домов. Способствовали этому два обстоятельства. Охраной садика (а мы были режимным предприятием с высоким уровнем секретности, как и все предприятия нашего профиля в МЭПе) заведовал бывший лётчик, полковник в отставке. Ходил он в кителе с огромным количеством орденских планок, что вызывало у местных наблюдателей, с одной стороны, большое уважение, а с другой стороны, подозрение, что уж очень большие секреты он охраняет, вплоть до семи этажей в глубину под садиком (хотя строился он, я думаю, у них на глазах). Подкрепляло такое мнение этих людей и то, что за время нашей работы в этом строении три или четыре раза к нам на чёрных Волгах и Чайках приезжали высокие гости, в том числе, в военной и военно-морской форме (Из разговора по поводу статьи – прим. автора статьи).*

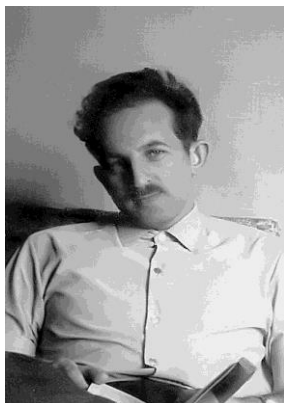


Фото 7.  
Ю.И.Шендерович



Фото 8.  
С.И.Баранов



Фото 9.  
В.А.Селютин



Фото 10.  
В.С.Гальперин

**ФУНДАМЕНТ. Проектирование.** Как писал Эрик Фирдман, у КБ был туз в рукаве в виде системы проектирования. Правда, в тот момент, когда это было сказано, системы, как таковой, ещё не было. Она, как интегрированная система проектирования БИС, родилась уже в процессе разработки БИС калькулятора. Но талант Эрика Фирдмана проявился в том, что он, во-первых, предвидел необходимость создания такой системы на базе опыта разработки узлов и модулей ЭВМ УМ-1, УМ-1НХ, УМ-2 для последующих разработок ЭВМ, а во-вторых, сделал эту систему основой для автоматизации проектирования БИС.

Основной научный и инженерный задел в этой системе создали группы разработчиков отдельных подсистем.

Расчёт топологических параметров элементов и формирование библиотеки элементов выполняли Владимир Семёнович Гальперин, Геннадий Израйлевич Берлинков, Юрий Вениаминович Беленький, Евгений Вигдорович Красник, Евгений Клавдиевич Овсянников.

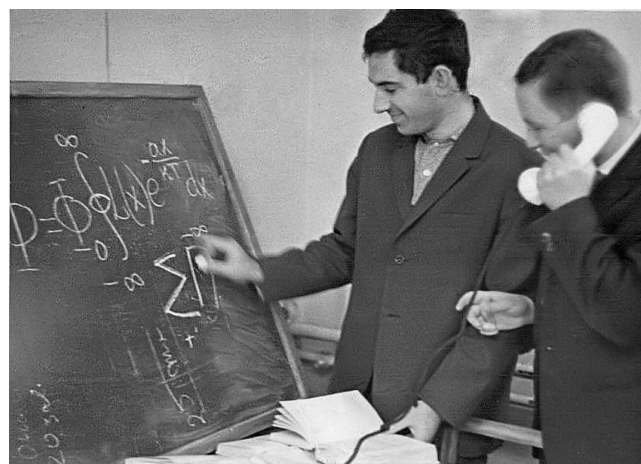
Разработку устройства управления и логический синтез схемы под руководством С. И. Баранова проводили Борис Викторович Морозов, Борис Самуилович Рувинский, Елена Дмитриевна Голованевская. Проверку схемы проводили Б.С.Рувинский и Сергей Абрамович Селютин с помощью системы логического моделирования. Алгоритмы и программы логического моделирования разрабатывали Илья Симонович Евзович, Александр Евгеньевич Видуецкий, Тамара Николаевна Петрова и Юрий Иосифович Шендерович. Тесты проверки БИС для контроля БИС разрабатывали А.Е.Видуецкий, Нонна Дмитриевна Симонова и



**Фото 11.**

Сидят слева направо Р.Н.Никаноров, Л.И.Шапиро и А.Е.Видуецкий. Стоит Ю.И.Шендерович.

Рудольф Николаевич Никоноров (фото 11, 12). Средства кодирования топологии и выдачи информации на перфоленте как для рисовки на графопостроителе с целью проверки топологии, так и для рисовки фотошаблонов разрабатывали В. А. Селютин и Дмитрий Залманович Гуревич. Для ручной (в те времена) рисовки топологии была привлечена из



**Фото 12.**

И.С.Евзович – у доски с Г.Р.Фирдманом



лаборатории Анатолия Леонидовича Харинского и тоже размещена в «сади́ке» Татьяна Николаевна Ковалевская (фото 13) с группой, в которую входили Анатолий Сергеевич Сыченников, Нина Ивановна Архипова. За конструкцию калькулятора в целом отвечал Борис Михайлович Алехов (фото 14).

Системы тестового контроля БИС на пластине и в корпусе и управления фотонаборной установкой на основе ЭВМ УМ1-НХ разрабатывались в отделе В.М.Валькова. Руководил работами начальник лаборатории Владимир Иванович Хлебников. Основные исполнители - Дмитрий Ильич Ажоткин и Марк Самуилович Кушуль (фото 15). В этой работе надо отметить создание контактирующего устройства для контроля БИС на пластине. Программирование этих систем велось специалистами отдела М.П.Гальперина Эсфирью Мордуховной Раскиной и Евгением Ефимовичем Фридманом.

Огромным подспорьем проектированию стало введение в строй в феврале 1970 года ЭВМ М-220М в новом здании на Московском шоссе, 46. Усилиями Григория Федосеевича Кучерова и Николая Ивановича Зорина, отвечавших за ввод ЭВМ в работу, и программистов отдела проектирования эта ЭВМ быстро стала штатным инструментом автоматизации процесса разработки БИС и интеграции отдельных подсистем в первую в стране Систему Автоматизации Проектирования (САПР) БИС.

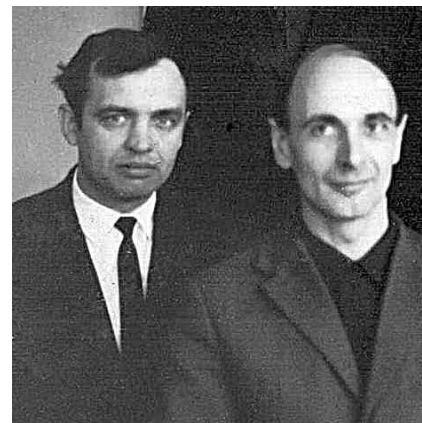
За фотошаблоны и все фотонаборное хозяйство стал отвечать приглашённый Эриком Фридманом в эту работу Борис Николаевич Котлецов (фото 16).



**Фото 13. Т.Н.Ковалевская**

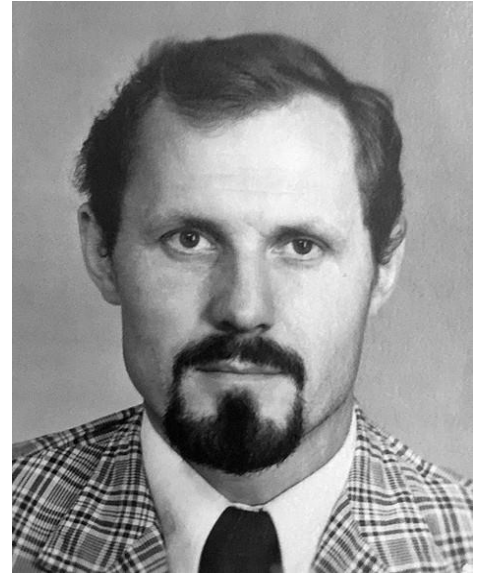


**Фото 14. Б.М.Алехов**



**Фото 15.  
Д.И.Ажоткин и М.С.Кушуль**

**Вспоминает Г.Р.Фирдман [ 6 ].** Борис Котлецов внес значительный вклад в наш успех. Он взял на себя как политические, так и технические переговоры с НИИ-35 и организовал относительно стабильное получение оригиналов фотошаблонов в ЛКБ. Это было нелегко. Сотрудники, управлявшие отличным импортным фоторепитером, не позволили Борису и его людям даже приблизиться к нему. Однако они изготовили для нас два или три комплекта фотошаблонов, которые прошли их контроль качества. Через несколько недель у нас появилось несколько рабочих микросхем LSI, прошедших все испытания на базе системы тестирования интегральных микросхем УМ-1НХ, разработанной в отделе Виталия Валькова. Мы получили доказательство того, что точные фотошаблоны были ключом к успешному производству LSI и, следовательно, довольно хорошим рычагом в наших отношениях с НИИ-35 (Перевод автора статьи).



**Фото 16. Б.Н.Котлецов**

**ФУНДАМЕНТ. Технология.** Удивительно, что выдающееся достижение в области разработки и изготовления МОП БИС КБ под руководством Ф.Г. Староса - основоположника (или как снисходительно иногда соглашаются наши московские коллеги - одного из основоположников) отечественной микроэлектроники практически нигде не описано.

**Вспоминает Альберт Матвеевич Скворцов (фото 17).** При формулировке роли и места Староса и Берга в советской микроэлектронике у М.Гальперина («Прыжок кита» - прим. автора статьи) много сказано о вертикальной интеграции, о создании вычислительных систем на микрокомпонентах разных поколений, об интегральных ферритовых кубах памяти, о преобразователях, и ещё о многих крайне важных и интересных вещах... и НИЧЕГО не говорится о работах в области твёрдотельной микроэлектроники. И как-то постепенно все, даже преданные памяти учителей друзья привыкли к этому – как будто уже всех назначили, все места под солнцем распределены.

Возможно, это связано с тем, что Ф.Г.Староса, взявшего первым очередную высоту МЭПа уже в области создания БИС, партийное руководство города руками генерального директора «Светланы»



**Фото 17. А.М.Скворцов**

О.В.Филатова вынудило вместе с Г.Р.Фирдманом

уйти из КБ в 1973 году. А их соратники, оставшиеся в деле в области МОП БИС, не смогли (или не захотели, или не решились) рассказать об этом достижении. Попытаюсь восполнить этот пробел.

**Вспоминает Ю.И.Шендерович.** С момента начала руководства СЛ-11 Ф.Г. Старосом и И.В.Бергом были заложены следующие принципы и направления работы, которым они следовали и в СКБ-2, и в а.я.155-ЛКБ:

- 1) микроминиатюризация электронной аппаратуры,
- 2) пленочная и с 1963 года планарная технологии,
- 3) самостоятельная разработка технологического оборудования,
- 4) создание вычислительной техники для военных и гражданских систем управления.

И устойчивое следование этим направлениям в части технологии и оборудования и позволило «выстрелить» в этой работе. Справедливости ради надо отметить, что в пленочной технологии значимых и перспективных результатов ни ЛКБ, ни другим предприятиям добиться не удалось.

**Вспоминает А.М.Скворцов.** Меня приняли на работу в ЛКБ ведущим инженером в июне 1962 г. в лабораторию, начальником которой была Лариса Григорьевна Фролова а заместителем – Леонид Маркович Норкин (фото 18), В лаборатории тогда разрабатывались бескорпусные транзисторы для ЭВМ.

У меня за плечами работа с 1956 г. на заводе «Светлана» сначала инженером-технологом первого в Союзе цеха «кристаллических триодов», как тогда называли у нас транзисторы, затем начальником цеховой лаборатории, старшим технологом цеха, зам. начальника цеха по технической части, начальником цеха.

В 1963 г. был согласован со Старосом вопрос о начале разработки планарной технологии, которая позволила бы начать разработку интегральных микросхем. Фактически можно сказать, что была основана лаборатория полупроводниковой микроэлектроники. Нам разрешили приглашать нужных специалистов. Первым приглашённым был начальник участка диффузии цеха полупроводниковых приборов «Светланы», талантливый инженер, выпускник кафедры физики полупроводников ЛПИ им. М.И. Калинина Цветков Владимир Васильевич (фото 19). Он начал работы по изготовлению установки для диффузии в кремний. Позже к работам по диффузии примесей были привлечены молодые специалисты Кайдановская Мария Наумовна (фото 20), студентка вечернего факультета Щелкунова Нина Сергеевна, а также опытный инженер Щетинина Нина Васильевна.

Организацию работ по созданию лабораторного оборудования для проведения процесса фотолитографии – основы планарной технологии возглавил Лёня Норкин. Была сделана центрифуга для нанесения фоторезиста на



Фото 18. Л.М.Норкин

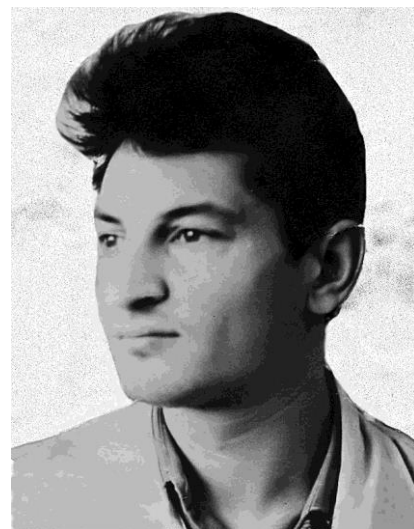


Фото 19. В.В.Цветков

кремниевые пластины на основе сельсин-генератора, приспособлено устройство для ультрафиолетового облучения грудных детей для целей экспонирования плёнок фоторезиста, бокса для проявления рисунка в фоторезисте и ряд других устройств и приспособлений, которые обеспечили возможность обрабатывать фотолитографию в слоях алюминия и  $\text{SiO}_2$ . Освоение операций процесса фотолитографии осуществляла лаборантка Эльвина Александровна Одинцова (фото 21), тогда студентка-вечерница. Позже к этим работам подключилась инженер-химик Людмила Александровна Житкова. К концу 1963 г. лаборатория обладала самодельным лабораторным оборудованием, позволившим реализовать основные процессы планарной технологии. И в это время, когда коллектив лаборатории начал работы по созданию МОП-транзистора, был создан отдел полупроводниковой микроэлектроники.

В отделе были сформированы три лаборатории: бескорпусных транзисторов, технологии микроэлектроники, схемотехники и измерения параметров изделий микроэлектроники. Начальники лабораторий соответственно: Ильющенко Ю.М., Фролова Л.А., Гальперин В.С., заместитель начальника отдела Л.М. Норкин.

В министерстве была сформирована программа по созданию технологии производства МОП-микросхем. В работах по этой программе мы оказались впереди, так как у нас оказался задел по планарной технологии для диодных матриц, хотя и сделан был задел на самодельном оборудовании.

**Весной 1966 года мы сдали Госкомиссии НИР по теме «Орнамент», где я был научным руководителем. В акте Госкомиссии было записано: «Впервые в СССР разработан МОП-транзистор с параметрами, позволяющими разрабатывать на его основе МОП интегральные схемы».**

По результатам «Орнамент» мы открыли ОКР «Ориентир» (Главный конструктор Ф.Г.Старос, заместители главного конструктора: по технологии А.М.Скворцов, по автоматизированной системе разработки фотошаблонов В.М.Вальков). **Этот ОКР был сдан в начале 1969 года[7].** Первоначально Госкомиссии было представлено 8 типов микросхем. Испытания микросхем прошли нормально, и на основании Акта Госкомиссии ЦБПИМС зарегистрировало эти микросхемы под 120 серией. **В Акте отмечалось, что в ЛКБ получены первые отечественные МОП интегральные схемы** (Выделено автором статьи).

**Вспоминает В.С.Гальперин.** На основе опыта разработки МОП ИС серии 120 был создан серьезный задел в области моделей элементов ИС, тестовых схем, контроля параметров и системы машинного анализа ИС (АМИС). Разработчиками АМИС были Гальперин В.С., Красник Е.В. и Овсянников Е.К.

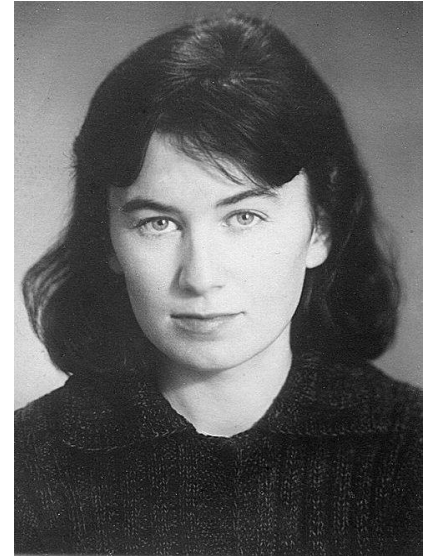


Фото 20. М.Н.Кайдановская



Фото 21. Э.А.Одинцова

Читая это, можно понять, почему именно Ф.Г.Старосу Министр первому предложил воспроизвести калькулятор. Но к 1969 году

технологический уровень процессов изготовления ИС в ЛКБ определялся, в основном, лабораторным оборудованием, созданным самими разработчиками технологии. Главную роль в этом сыграл В.В.Цветков. Всё оборудование было расположено в «Доме Советов» на Московском проспекте (фото 22, 23).



**Фото 22. Э. А. Одинцова около установки нанесения фоторезиста**



**Фото 23. Операторы лабораторных установок контроля фоторезиста и качества его нанесения**

**Из воспоминаний В.В.Цветкова.** В ЛКБ я появился в феврале 1963 года. Так же как и А.М. Скворцов, я пришёл туда с завода «Светлана», где проработал три года как молодой специалист в цехе 13. К слову сказать, первым светлановским технологом в коллективе Староса была Н.В.Щетинина, начавшая работать ещё в лаборатории Л.М. Норкина на «чердаке» на Волковской. С самого начала моей работы в ЛКБ передо мной была поставлена задача по разработке так называемой «планарной» технологии.

К этому времени в НИИ – 35 был разработан первый планарный транзистор, в технологии которого был использован метод локальной диффузии примесей в кремний, его мы и положили в основу своих работ. Процесс окисления кремния проводился в кварцевой трубе, специально изготовленной для нас по нашим чертежам на заводе кварцевого стекла. Труба устанавливалась в переделанную нами муфельную печь, где спиральный проволочный нагреватель был заменён на силитовые стержни, позволявшие разогревать кремний до температуры 1300 градусов.

Что касается фотолитографии, то первые опыты по созданию рисунка на окисле кремния проводилось с использованием стеклянных фотошаблонов, которые в специальном планшете прижимались через присоску, а необходимое для прижима разрежение воздуха создавалось медицинским компрессором, а для засветки использовалась ультрафиолетовая медицинская лампа.

Кремниевые пластины нарезались нами на шлифовальном станке от 20-мм слитков монокристаллического кремния (фото 24). После этого пластины сначала шлифовались абразивным материалом, а затем обрабатывались специальными



**Фото 24. Слиток монокристаллического кремния**

полирующими травителями, промывались дистиллированной водой двойной перегонки, получаемой от медицинского дистиллятора.

Вся эта работа проводилась группой специалистов под руководством А.М.Скворцова, куда кроме меня входили - недавняя выпускница ЛГУ М. Н. Кайдановская, Н.В. Щетинина и студентка вечернего отделения Э.А.Одинцова, ставшая прекрасным и надёжным специалистом. Этот коллектив стал костяком всей технологической цепочки, обеспечившей все поколения разработкой технологии изготовления интегральных схем ЛКБ, а в дальнейшем – отделения планарных технологий ЛКТБ объединения «Светлана».

К 1964 году мы уже располагали приличным комплектом лабораторного оборудования, пусть и самодельного, но отлично работающего и родного, и **методы планарной технологии были достаточно отработаны на изготовлении в больших количествах диодных матриц** (фото 25). Поэтому ничто не мешало нам приступить к созданию МОП – транзисторов. Материал был нам хорошо известен, это был кремний КЭФ-4, 5 с кристаллической решёткой <111>, процессы окисления и диффузии имелись в наличии, вакуумное напыление алюминия использовалось нами уже давно. И эти работы начались.

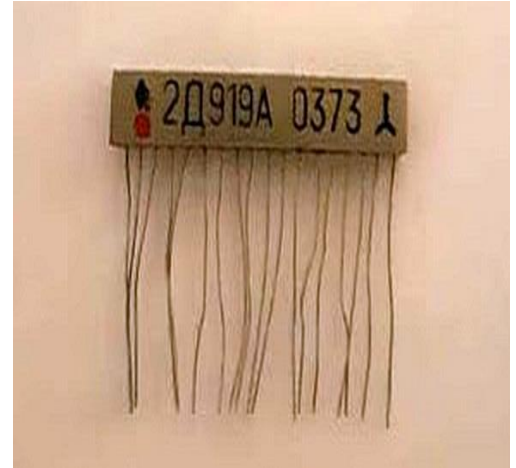


Фото 25.  
Интегральная диодная матрица

К 1968 году в воздухе уже витала идея построения чистых комнат, где в сравнительно маленьком помещении создавались бы и поддерживались необходимые параметры среды, чистоты стен и потолков, одежды и даже рук. К воплощению этой идеи приступили немедленно после завершения в 1969 году строительства нового лабораторного корпуса, проект которого, разработанный ещё в начале 60-х, содержал только большую гермозону, пригодную лишь для тех операций, в которых готовые кристаллы микросхемы уже сформированы и защищены от вредных внешних воздействий.

Сейчас бесполезно обсуждать, были ли наши комнаты первыми, построенными в Советском Союзе, знаю только, что все требования к ним, участие в проектировании, которое было выполнено проектным институтом в рекордные сроки, и строительство, которое тоже было выполнено в рекордные сроки, и всеми этими процессами руководил И.В.Берг (фото 26). За это он и поплатился, установив при этом не только личный, но и общеминистерский рекорд. За одно и то же деяние в течение трёх месяцев он получил два выговора в приказе Министра.

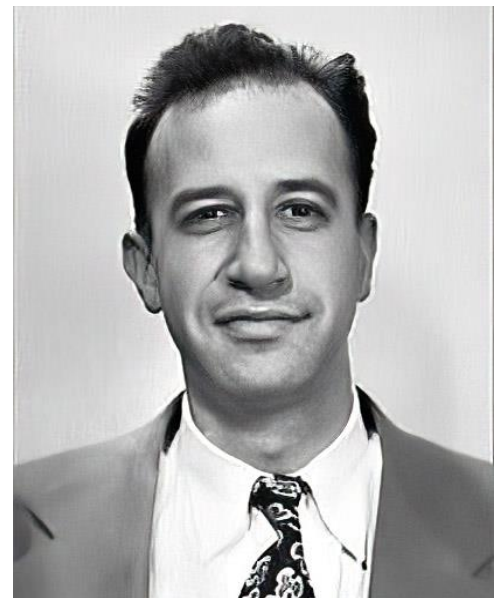


Фото 26. И.В.Берг

Дело в том, что проект реконструкции предусматривал строительство пяти чистых комнат на площадях, предусмотренных для цеха механообработки. При утверждении проекта у Первого заместителя Министра с трудом удалось отстоять саму идею чистой комнаты, и только почти истерические вопли И.В.Берга про необходимость этих комнат для полной победы коммунизма в отдельно взятой стране принесли разрешение построить одну комнату. Как потом Берг писал в своей объяснительной записке, он просто плохо знает русский язык и он не понял, что речь шла только об одной комнате, и по секрету

построил сразу три комнаты, за что и получил первый выговор. Вторым выговором был ему назначен за то, что он построил только три комнаты вместо пяти, которые были заложены в исходном проекте реконструкции. За этот короткий исторический срок понимание условий скорейшего строительства коммунизма охватило и руководителей отрасли, так как они познакомились с агентурными материалами о создании чистых комнат на заводах США (Выделено автором статьи).

Этот замечательный пример с чистыми комнатами лишний раз подтверждает тот факт, что и Филипп Георгиевич Старос, и Иосиф Вениаминович Берг в своих решениях на годы, а в своих идеях на десятилетия опережали тех, кто занимался микроэлектроникой в Советском Союзе.

Вспоминается ещё одно прагматичное инженерное решение наших руководителей, которое обеспечило почти на десяток лет работу предприятия в новом здании на Московском шоссе, 46. Располагалось оно на краю города между ЦНИИ им. Академика А.Н.Крылова и кольцевой железной дорогой – границей города. Для нужд ЦНИИ им. Крылова имелась одноколейка, проложенная за нашим зданием от кольцевой железной дороги. Наше же здание по генеральному плану должно было снабжаться теплом от строящейся для наших нужд и будущего Дизельного института котельной. К моменту готовности нашего здания планы ввода в строй не совпали по времени, а также возникли организационные неурядицы, и тепла не было. Не знаю автора идеи, но идея воплотилась в следующие решения. Позади здания от одноколейки дополнительно проложили небольшой железнодорожный тупичок. В этот тупичок загнали паровоз, доработанный таким образом, чтобы он подавал горячую воду для отопления на всё здание и пар на участок подготовки дистиллированной воды для технологических потребностей производства в чистых комнатах. Цистерны с мазутом подавались к паровозу по необходимости. Около паровоза были построены мазутохранилище и оборудованная всем необходимым избушка для отдыха сменных машинистов. Так у нас появилась хотя и временная, но собственная котельная.

**ФУНДАМЕНТ. Кадры.** Здесь, конечно, у руководителей КБ было замечательное преимущество перед другими руководителями предприятий, которое они в полной мере использовали. Они не были скованы советскими догмами в части «подбора и расстановки кадров», что позволяло им отбирать и продвигать по службе специалистов, опираясь только на их личные качества, невзирая на партийность и (или) национальность. Это конечно возбуждало яркие и устойчивые чувства у паталогического интернационалиста, ставшего во главе Ленинградского обкома партии с сентября 1970 года, Г.В.Романова. Но до середины 1973 года ему не

удавалось привести кадровый состав КБ в соответствие с упомянутыми принципами подбора и расстановки кадров. Гуляла в КБ байка (за реальность, в ней описываемую, не ручаюсь), что при встрече Ф.Г.Староса с Г.В.Романовым тот ещё в бытность одним из секретарей ленинградского горкома задал вопрос: «А правда ли, что у Вас, Филипп Георгиевич в КБ много евреев?». Ф.Г.Старос, блестяще чувствующий русский язык, ответил: «Да, Григорий Васильевич! У меня много хороших специалистов».\*)

Ф.Г. Старос сформировал в КБ три крупные команды специалистов под руководством В.М.Валькова, М.П.Гальперина и Г.Р.Фирдмана. Команда Э.Фирдмана и дала результат в области МОП БИС.

*Г.Р.Фирдман. Таких коллективов, как в ЛКБ, я нигде и никогда больше не увидел. (Из разговора по поводу статьи – прим. автора статьи).*

### **ФУНДАМЕНТ. Атмосфера.**

**Вспоминает А.М.Скворцов.** Именно в ЛКБ начался новый период работы, работы интересной, творческой. Быстро вжился в коллективы нашей лаборатории и смежных по тематике отделов. Старос дал направление работ и предоставил полную самостоятельность. Подключил к нашим работам куратора от ОНТИ (патентного бюро – прим. автора статьи) Ларису Трипольникову (впоследствии - Ларису Владимировну Осетинскую – прим. автора статьи), которая обрабатывала по нашей тематике зарубежную научную литературу и представляла её нам (фото 27). Когда была необходимость, проводили совместное считывание материала прямо из журнала. Мы с Лёней Норкиным периодически докладывали Старосу о ходе работ, решали у него возникающие вопросы.

Именно в эти годы родился у нас с Маргаритой старший сын. Старос выхлопотал мне, как и многим другим сотрудникам ЛКБ, квартиру. Рождение второго



**Фото 27. Л.В.Осетинская**

---

Примечание. Современным читателям стоит объяснить, почему в КБ Староса оказалось много толковых евреев. Это отнюдь не связано с любовью начальника КБ и его главного инженера к данной национальности. Они-то были реальными интернационалистами. Но существовавший порядок распределения по предприятиям студентов, заканчивающих обучение, формировал группы студентов с высоким средним баллом, но не отбирившихся в крупные и давно сформировавшиеся приборостроительные предприятия атомной, ракетной, космической и т.п. промышленности их кадровыми службами из-за различных «шероховатостей» биографии. А эти предприятия имели приоритет при отборе. Пресловутый «пятый пункт» - национальность в паспорте самого студента или его хотя бы одного родителя был в числе ещё некоторых аспектов биографии очень сильной «шероховатостью». Автор сам в 1960 году был свидетелем и участником этого процесса. А в КБ Староса такое ограничение не поощрялось руководством, и отбор шёл уже в группах студентов, отфильтрованных по указанному выше принципу.



сына, семейная устроенность, интересная работа, защита кандидатской диссертации, взаимопонимание в коллективе, доверительное отношение руководства – это дорогого стоит.

**Из воспоминаний В.В.Цветкова.** Ещё удивляло, что в каждом научно – исследовательском подразделении – отделе или лаборатории имелась своя макетная мастерская с отличным станочным парком и универсальными механиками, которые становились равноправными участниками практически всех работ. Нередко в макетку заходил Старос или Берг, о чём- то шептался с механиком, давал ему персональное задание, а если у него что- то не получалось, то один из шефов и сам мог встать к станку и показать, как это делается. Так что эти рабочие как бы составляли команду самих шефов, но распределённую по направлениям. Не возбранялось, если один из таких универсалов и приходил прямо в лабораторию шефов, где работали два самых близких им механика, они шептались, спорили, а потом вызывали одного из шефов, о чём секретарь обязана была сразу им сообщить, и нередко это приводило к прекращению споров во время очередного совещания, его завершение передавалось кому-нибудь из присутствующих, а шеф «смывался» в лабораторию.

Бывали ситуации, когда один из шефов, чаще всего это был И.В. Берг, после такого вызова пропадал в лаборатории на несколько дней, а то и суток, а заканчивалось это порой разрешением какой-нибудь головолмки, которая лихорадила всю контору. Так было, например, когда очень не ладился процесс прошивки отверстий в ферритовых пластинах, а найденное решение стало основой технологии производства этого изделия на многие десятилетия.

Такого высокоэффективного сотрудничества инженеров и высококвалифицированных рабочих не приходилось встречать ни в одной из фирм, с которыми мы работали.

**С.И.Баранов.** *Вспоминается случай в «садике». Распайка микросхемы в корпусе была в тот период филигранной работой, близкой к подковыванию блохи. С этим успешно справлялась только одна из монтажниц. И, вот как бывает некстати, она заболела. А всё надо было срочно. Надо сказать, что работали мы регулярно до 10-11 вечера. И нередко где-то после 7-8 вечера к нам приходил Филипп Георгиевич и интересовался, как дела. В очередной раз, придя и узнав об этом, Филипп Георгиевич ушёл и, вернувшись через некоторое время, принес с собой аккуратные коробочки. Из одной вынул миниатюрный паяльник с тончайшим жалом, из других – остальные принадлежности для паяния. Сел и распивал микросхемы до конца вечерней смены. И так несколько дней. Понятно, как это влияло на дух в коллективе. (Из разговора по поводу статьи – прим. автора).*

**Вспоминает В.С.Гальперин.** Дело в том, что микропаяльник Ф.Г. Староса не только не перегревал выводы БИС при пайке, но и самое главное, он был с заземленным жалом, что полностью снимало возможность пробоя затворов транзисторов в БИС статическим электричеством монтажниц.

**Э.А.Одинцова.** *Помню, что в одну из вечерних смен пришёл к нам в помещение перед чистой комнатой Филипп Георгиевич и принёс недавно сделанный калькулятор (Электроника 2471 - прим. автора). Поспрашивав у дежурного инженера и операторов, свободных в этот момент, о текущих делах он, показывая калькулятор, начал рассказывать о перспективах БИС. Слушалось это тогда как научная фантастика. А сегодня я понимаю, как далеко и реально он видел. Но его рассказ очень поднимал наше отношение, к тому, что мы делаем (Из разговора по поводу статьи - прим. автора).*

**Steven T.Usdin,** написавший книгу [ 8 ] на основе бесед с И.В.Бергом. Посторонним могло показаться, что такие люди, как Берг и Старос, живут внутри невидимой оболочки, где законы, управляющие советским, обществом, не работают. Старос организовал работу ЛКБ в непринужденной атмосфере, сочетающейся со

*строгой дисциплиной, которая не совпадала с принципами организации деятельности прочих советских предприятий. В отличие от устоявшейся системы возрастных приоритетов, он быстро продвигал молодых, талантливых людей на высокие ответственные должности. Большинство из работавших на подобных должностях в военной промышленности были в большей степени политиками и управленцами, нежели технически грамотными специалистами. А Старос гораздо предпочтительнее разговаривал с людьми, которые состоялись, как инженеры; он и Берг вникали во все мельчайшие подробности работы ЛКБ. Их имена светились на множестве патентов не потому, что они были боссами и могли требовать права авторства, присоединившись к идеям других, но потому, что они активно лидировали и в исследованиях.*

*Старос даже способствовал тому, чтобы его сотрудники работали напряженнее и более дисциплинированно, чем на большинстве советских предприятий. Они с Бергом изменили обычную атмосферу, при которой сотрудники чувствовали себя подавляемыми своими начальниками и поэтому сговаривались против них; в этом смысле ЛКБ было полной противоположностью системе работы в советской промышленности. Большинство сотрудников чувствовали, что у них есть нечто специфическое в этой атмосфере ЛКБ, и стоит стараться, чтобы не потерять этого. Было очевидно, что само ЛКБ и двое руководящих иностранцев были уникальны и отчетливо не советскими. (Перевод С.В.Колона).*

**ФУНДАМЕНТ. Информация.** А.М.Скворцовым уже упоминалась активная работа с патентным бюро. Сами руководители еженедельно проводили минимум половину дня в БАНе (библиотеке Академии Наук), изучая иностранную периодику. В библиотеке предприятия имелась регулярно получаемая свежая иностранная и отечественная периодика, связанная с темами физики, химии, оборудования в области производства интегральных микросхем. Американский журнал «Elektronics», переводимый и издаваемый министерством через 3-4 месяца после выхода оригинала был настольным руководящим указанием у всех ведущих специалистов предприятия. А оригиналы журналов просматривались и сотрудниками ОНТИ для подборки тезисов (и переводов важнейших статей) по направлениям, и самими специалистами. То есть руководство предприятия заставляло свою работу оценивать только по мировым меркам.

**Вспоминает Т.И.Нодельман.** Отдел был создан и предназначен для мощного информационного обеспечения в помощь истинным создателям отечественной микроэлектроники в условиях блокады. Прежде всего, это **команда кураторов**, которые вели определенные направления и были прикреплены к отделениям, отделам и лабораториям. **Переводчики.** Именно в эти годы пятеро сотрудников обеспечивали переводы с английского, немецкого и японского языков. Трое сотрудников **информационного подразделения** отдела регулярно просматривали реферативные журналы, составляли аннотированные указатели, вели систематический

каталог, и отслеживали (по открытым источникам) деятельность зарубежных фирм данного направления, а также работа в БАН и в Публичке, поездки в Москву на выставки новых поступлений зарубежной периодики. **Редакционно-издательская группа** работала в точном соответствии с названием группы, то есть редактировала и издавала. Ну и, конечно, **научно-техническая библиотека**. Уникальная по составу книг и периодики и это заслуга заведующей библиотекой, которая профессионально комплектовала ее фонд. И конечно в каждом отделе свой фольклёр. Ну, например: местный звонок, молодая сотрудница берет трубку, некоторое время слушает и потом зовет руководителя : - «Ир, послушай, я ничего не понимаю, там какой-то инопланетянин говорит» - Это был Иосиф Вениаминович Берг со своим американским рокочущим акцентом. Еще про телефон. Всем позарез нужно было выйти в город. Городской телефон один. Он занят. В нем беседуют двое мужчин и прервать их невозможно - сбой на линии, говорят долго и вроде ни о чем. Я подняла трубку и металлическим голосом сказала: "Молодые люди, прервитесь, пожалуйста, на минутку, я должна поменять бобину" (Бобина – магнитная лента в магнитофоне прослушивающего устройства - примечание автора статьи). Они прервались мгновенно и одновременно! История-то грустная, но мы долго смеялись.

Говоря об ОНТИ (фото 28) подчеркну - работа этих прекрасных дам (только начальник ОНТИ был мужчина), интеллигентных, начитанных и остроумных позволяла держать себя в научно-техническом тоне вплоть до кончины советской микроэлектроники в связи с завершением холодной войны в конце 80-х годов XX века.



**Фото 28.**

**«Боевой расчёт» ОНТИ. Сидят слева направо на первом плане Татьяна Волина и Ирина Соколова; сидят во втором ряду: Ирина Ермолова, Наталья Литвинская, Людмила Кузнецова, Татьяна Нодельман. Стоят слева направо: Ирина Васильева, Светлана Колдина, Лариса Супрун, Элеонора Флегонтова, Ольга Жданова и Галина Пекова. За всеми - Лидия Санюк.**

**Из воспоминаний В.В.Цветкова.** Многие решения находились в иностранных журналах, благо за ними надо было спуститься на один этаж, и всё под рукой. Но сведения в этих журналах мог почерпнуть только инженер, который следит за публикациями постоянно, да и сам напряжённо работает в этой теме.

Большим подспорьем были регулярно выпускаемые в МЭП бюллетени «Новости зарубежной электроники», за оперативностью этого издания следил лично министр электронной промышленности А.И.Шокин, он же был и постоянным её читателем.

Именно на такую важнейшую публикацию однажды указал нам Заместитель Главного инженера Юрий Иванович Данилин, а мы это сообщение, к нашему стыду, просмотрели или недооценили. Случилось это летом 1964 года.

И ещё, как бы про информацию. Ведущие специалисты в этой работе, не считая Ф.Г.Староса и И.В.Берга, в 1970 году были в возрасте 30-38 лет, но с опытом работы в данном коллективе и по близкому направлению не менее семи лет. Причём возрастная кривая имела вершину, заметно смещённую к 30 годам. Также надо отметить, что руководители предприятия, требуя от всех специалистов быть в курсе последних научных и практических изысканий, поощряли научную работу, создав мощную аспирантуру при КБ. А многие ведущие специалисты, в том числе, приведённые здесь на фото, были ребятами амбициозными, стремящимися достичь успехов во всех областях, начиная от баскетбола, футбола, настольного тенниса, взаимоотношений с прекрасным полом и кончая производственной и научной деятельностью. Не акцентируя внимания на их успехах во всём перечисленном, скажу, что только на приведённых фото 21 ведущего специалиста по разработке БИС, аппаратуры и технологии, а также руководителей предприятия 10 из них стали кандидатами технических наук, из них 6 - докторами технических наук. То есть 47,6% - неплохой научный «процент выхода годных» (термин, применяемый при оценке качества технологического процесса производства микросхем – прим. автора статьи). Не зря Ф.Г.Старос в разговоре с партийной фигурой ленинградского горкома сказал, что у него много хороших специалистов.

**РАБОТА.** Выше описано, как Ф.Г.Старос и Г.Р.Фирдман добились от Министра принять их план работы. Теперь эту работу надо было сделать, а шёл 1969 год, год, когда система УЗЕЛ в Лиенае готовилась к швартовным,

ходовым и Государственным испытаниям на дизельной подводной лодке. Состояние подготовки к этим испытаниям и их проведению потребовало с июня 1969 года присутствия в Лиенае Ф.Г.Староса [4,9]. И.В.Берг уже находился там с апреля 1969 года. Следовательно, надо было решать задачу назначения руководителя проекта. Первоначально общее руководство было возложено на С.И.Баранова. А Г.Р.Фирдман по согласованию с Ф.Г.Старосом, как он пишет в своей книге, обещая «приглядывать» за ходом дела, начал прикладные исследования в области искусственного интеллекта.

С момента появления «живого» аналога работа началась. Сейчас трудно восстановить формальное начало её, но известно, что состояла она из нескольких опытно-конструкторских работ – собственно по калькулятору, как изделию и ряда обеспечивающих его создание собственных и заказываемых в других предприятиях работ. Все они были начаты до конца 1969 года. Координация собственных и внешних работ была возложена на С.И.Баранова. Среди заказных работ вспоминаются три, показывающие бедность и отсталость страны в таких делах. Калькулятор Sharp имел микросхемы в оригинальных корпусах, витой гибкий сетевой шнур и индикатор результатов работы. Ничего подобного в стране не производилось. По приказу Министра трём предприятием отрасли было поручено эти изделия разработать в течение 1970 года и затем наладить их серийное производство.

*С.И.Баранов. Предприятие, которому было поручено разработать аналог индикатора, впоследствии превратилось в крупное объединение, снабжавшее всеми видами индикаторов для широкого круга аппаратуры. (Из разговора по поводу статьи – прим. автора статьи)*

**Вспоминает В.С.Гальперин.** Разработку газоразрядного индикатора поручили предприятию в Саратове. Причем в задании требовалось сохранить изображение цифр, как в японском калькуляторе для того, чтобы в случае срыва сроков можно было собрать первые образцы калькулятора на покупных индикаторах.

Помимо необходимой комплектации для калькулятора в начале работ были сформированы и утверждены в Министерстве заявки на поставку начинавшихся выпускаться в отрасли оборудования и материалов. Уже освящённые руководством отрасли чистые комнаты заполнились линией

фотолитографии «Таран-Куприт», отобранной Э.А.Одинцовой (и первой, и единственной, выпускавшейся в те годы в СССР), новыми диффузионными печами. Всё это устанавливалось и налаживалось под руководством Л.М.Норкина. МЭП стал поставлять заготовки кремниевых пластин. Благодаря технической эрудиции Ф.Г.Староса ЛКБ оказалось впереди всех и в части фоторезиста для фотолитографических процессов производства МОП интегральных схем.

**Вспоминает А.М.Скворцов.** Для разработки позитивного фоторезиста (по «наводке» Ф.Г.Староса – прим. автора статьи) был заключён договор с кафедрой анилиновых красителей Ленинградского технологического института им. Ленсовета. Работы по синтезу светочувствительных диазосоединений – основной компоненты фоторезистивного раствора, возглавил доцент этой кафедры Макс Соломонович Динабург. В результате совместных работ было опробовано несколько перспективных составов фоторезистов. Позднее М.С. Динабург по нашей рекомендации был приглашён на работу в НИИ материаловедения Зеленограда, где продолжил работы по фоторезистам для микроэлектроники - одному из важнейших направлений в работе этого института.

К концу осени 1969 года система УЗЕЛ прошла пик аппаратных и программных неурядиц и позволила, оставив М.П.Гальперина «на хозяйстве», вернуться руководству КБ из Лиепай в Ленинград. С удовольствием (как непосредственный участник лиепайской эпопеи с апреля 1969 по март 1970 года) скажу, что М.П.Гальперин и мы под его руководством успешно справились с подготовкой и проведением Государственных испытаний без личного присутствия Ф.Г.Староса. Но его роль во время работы в Лиепайе и личного нахождения на ПЛ в процессе ходовых испытаний (включая стрельбу подводной лодки торпедами из подводного положения) трудно переоценить.

Возвращение в Ленинград и анализ состояния дел по калькулятору заставил Ф.Г.Староса обратиться к теме руководства проектом, темпы реализации которого были явно не в соответствии с требуемыми.

**Вспоминает Г.Р.Фирдман [ 6 ].** *Генерального директора (Объединения «Позитрон», куда с апреля 1970 года вошло ЛКБ, - прим. автора статьи.) звали Голенищев. Это был крупный, похожий на крестьянина человек, почти без образования, но с большим опытом, связями в партии и интуицией. .... К нашей радости, Голенищев стал ярким сторонником Электроника-2471, что стало, наряду с УЗЛОМ, причиной продолжения существования ЛКБ. .... Я думаю, что Голенищев либо говорил со Старосом до нашей встречи, либо собрал на меня досье. Для первого знакомства*

Голенищев, казалось, слишком много знал обо мне. Во-первых, он не называл меня иначе, как "Доктор".- Не "товарищ Фирдман" и не "Эрик", а только "доктор". Он также знал о моей работе с Электроникой-300 и автоматизированным проектированием. ....

Я еще раз объяснил, что возьмусь за работу только в том случае, если почувствую, что могу ее выполнить, и для увеличения наших шансов мне нужна достаточная сила, чтобы управлять нашим проектом. Я подчеркнул слово "Наш", чтобы он знал, что мы все, он, Старос и я, были в этом деле вместе. Как я и ожидал, Голенищев понимал язык власти гораздо лучше, чем Старос. Однако он развел руками, заявив, что не в его силах в одиночку назначить кого-либо на должность выше начальника отдела. Возможно, он прав. Более высокое положение было бы уже номенклатурным, и горком или обком партии никогда не одобрил бы кандидатуру еврея, не являющегося членом партии. ...

Я нарушил молчание и подчеркнул, что мне не нужна номенклатурная работа. Я мог бы зарабатывать на жизнь гораздо лучше, занимаясь исследованиями. Мне нужен был достаточный уровень власти не ради этого, а чтобы выполнить работу. В противном случае, я бы не взял задание. Затем снова воцарилась тишина, и, поскольку я никогда не умел поддерживать паузу в разговоре, я снова нарушил ее. Я сказал, что Старос был не только директором ЛКБ, но и его главным конструктором. Если первое положение является административным, то второе - техническим. Я понимал, что Голенищев не может сделать меня заместителем директора, потому что это номенклатура, но я не просил об этом. Однако он мог сделать меня заместителем главного конструктора, а поскольку эта должность не входит в номенклатурный список, ему не нужно было ее утверждение в обкоме партии. Я остановился и поклялся себе, что на этот раз ничто не заставит меня нарушить молчание.

На этот раз его нарушил Голенищев. Он спросил меня: "Ты уверен, что справишься?" Я был готов к такому вопросу и ответил: "Нет, я не уверен, потому что я никогда не делал ничего подобного раньше. Тем не менее, я могу сказать вам, что вы не найдете никого, кто мог бы сделать это, если я не могу. Вы получаете лучшее, что у вас есть." .... Мы договорились, что я получу должность заместителя главного конструктора по микроэлектронике и уйду с поста руководителя отдела. Марик Баранов станет моей заменой.

Я поблагодарил Голенищева за доверие и сказал, что есть ещё одна просьба. Он рассердился, рявкнул, что обещал сделать все, что в его силах, и думая, что я хочу просить большего для себя. Я объяснил, что теперь, когда я получил палку, мне также нужна морковь, а именно «живые» деньги в кармане, чтобы я мог немедленно наградить членов проекта, которые сделали выдающуюся работу вовремя или раньше графика. Чтобы моя просьба звучала убедительнее, я сказал ему, что именно так американцы осуществляли свои самые приоритетные проекты. Я заметил, что Старос смотрит на меня со смесью удивления и восхищения. На самом деле, я понятия не имел, как американцы вознаграждают своих сотрудников, и с учетом моего опыта в этой стране я могу только сказать, что я был бы очень разочарован, зная тогда то, что я знаю сейчас.

К моему удивлению, это сработало. Голенищев выделил для этой работы 13 тысяч рублей, огромную сумму денег относительно существующей зарплаты. Он предупредил меня, чтобы я тратил их разумно и осмотрительно, что я и обещал сделать. На обратном пути в ЛКБ Старос сказал мне, что я должен приносить все премиальные списки ему на подпись, но это было нормально. Просто еще один способ разбавить вину!

Я понимал, что ЛКБ - уникальное явление во всей стране. Он был создан невероятным стечением обстоятельств, начиная с побега Староса и Берга из Соединенных Штатов, и он стал больше, чем наша личная судьба или благополучие. Как бы банально это ни звучало, я чувствовал историческую ответственность сделать все,

*что в моих силах, чтобы сохранить ЛКБ. Это была также Моя борьба против системы изнутри системы. Единственная сила, которой я обладал в этой борьбе, была сила моего интеллекта и решимости, и если было возможность применить все это, это было все, что я хотел.*

*Из предыдущего опыта я знал, что все усилия будут состоять из двух разных частей. Все, что должно быть сделано на бумаге, может быть сделано хорошо и более или менее вовремя, особенно с денежными стимулами, которые я контролировал. Моя главная забота заключалась в том, и мои основные усилия должны были быть сосредоточены на том, что должно было быть физически изготовлено. Этот срыв не был характерен только для моего опыта. Это была неотъемлемая черта советской промышленности. Годы отношения к ученым как к сливкам общества, а к инженерам и технологам как к гражданам второго сорта оказали влияние на состояние микроэлектроники и, даже в большей степени, более традиционных вспомогательных технологий, таких как точная механика, чистые материалы и химикаты, чистая окружающая среда и т.д. В этих условиях разработка чипов LSI, безусловно, была тяжелой битвой (Перевод автора статьи).*

Этот отрывок из книги показывает, насколько труден был в послевоенном Советском Союзе путь назначений на высокие позиции специалистов, которые не вписывались в государственную доктрину «подбора и расстановки кадров». Но в решающие моменты (разные и на разных уровнях - вспомним возврат осуждённых перед войной генералов из ГУЛАГа в ряды армии после начала войны, Эренбурга на радио, послабления церкви во время войны и т.п.) идеологический дарвинизм власти уступал циничному прагматизму. И в нашем случае случилось, как случилось.

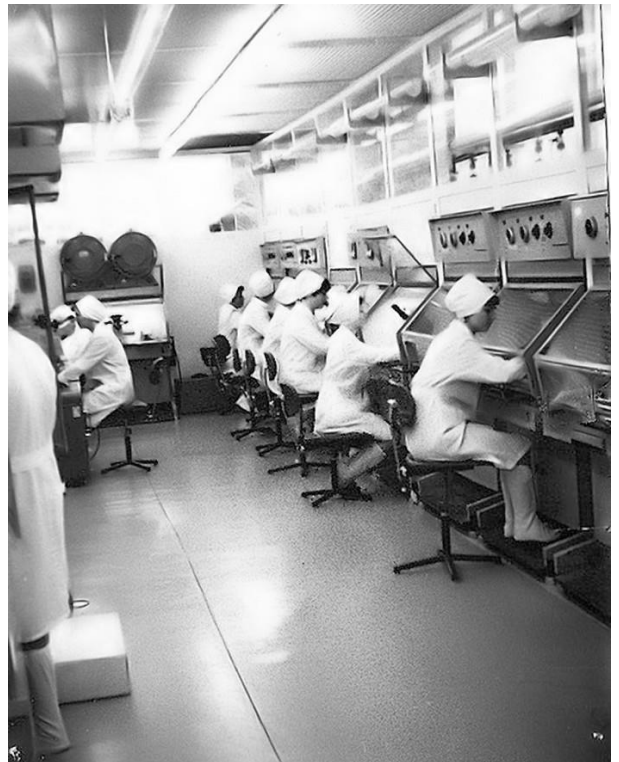
В то же время с мыслью Эрика Фирдмана в последнем абзаце мне трудно согласиться. Команды В.М.Валькова и М.П.Гальперина примерно в тот же период успешно справились с возложенными обязанностями по их тематикам, в которых значительную роль играло производство, хотя оговорюсь, что это конечно было традиционное приборное производство, в отличие от технологического. Но я считаю, что просто так сложилось. В технологическом направлении КБ, действительно сравнительно новом, тонком и сложном (ведомом высококлассными технологами, химиками, оптиками, инженерами по оборудованию и др.) у Ф.Г.Староса не вырос специалист, по своим техническим и организационным навыкам, а также, что важно, личным амбициям сопоставимый с требованиями момента. «Мы не делали скандала, нам вождя не доставало. Настоящих буйных мало, вот и



нету вожаков» - характеризует такую ситуацию незабвенный В.Высоцкий. Вот Эрику Фирдману и пришлось встать на это место.

А встав, начать преодолевать все проблемы этого, повторюсь, сравнительно нового, тонкого и сложного производства интегральных схем требуемого уровня. Сложность этого производства, включающего в себя одновременно и исследования, и разработку, и собственно изготовление с итерациями, заключалась, прежде всего, в следующем:

- отсутствие в стране опыта разработки и производства МОП-интегральных схем такого уровня интеграции;
- запуск чистых комнат, то есть монтаж, проверка и доведение до требуемых параметров систем и (или) правил подачи необходимых компонентов – энергетики, воздуха нужной очистки, кислорода, деионизованной воды, различных кислот и пр.;
- установка, подключение и испытания нового технологического оборудования в чистых комнатах – диффузионных печей, линии фотолитографии и теххимии «Таран-Куприт» (фото 29) и т.п.;
- воспроизведение в чистых комнатах результатов (вначале на интегральных диодных матрицах), достигнутых на лабораторном оборудовании в «Доме Советов»;
- создание новой оснастки, соответствующей требуемому уровню чистоты рабочего помещения и количества дефектов, вносимых при её использовании;



**Фото 29. Линия фотолитографии ТАРАН**

уровню чистоты рабочего помещения и количества дефектов, вносимых при её использовании;

- разработка и отработка описания технологического процесса на данном оборудовании с уточнением методов и средств пооперационного

контроля, а также нормирующих документов по всем элементам подготовки и проведения технологического процесса:

- набор и обучение персонала для работы в чистых комнатах на технологическом оборудовании; разработка и введение жёстких норм, материальное обеспечение этих норм и постоянное требование их соблюдения в части одежды и регламента личной подготовки к работе в чистой комнате.

Ко всему перечисленному смело можно было прилагать слово впервые. И на всё это накладывалась необходимость совершить примерно за год технологический скачок в уровне интеграции получаемых микросхем с 20-50 элементов на кристалле до 800-1800. В возможность этого не все технологи сразу поверили. И Г.Р.Фирдману пришлось потратить много сил и времени как на убеждение в возможности и, главное, жестокой необходимости сделать этот рывок, так и на организацию методических поисков тех просчётов, которые длительное время не позволяли добиться выхода хотя бы единичных годных кристаллов БИС. А комплект кристаллов состоял из четырёх микросхем. Но проблемы были не только в технологии.

**Ю.И.Шендерович вспоминает.** В разработке микрокалькулятора Электроника 2471 было много всяких проблем: технология МОП, проектирование топологии БИС, генерация и мультипликация фотошаблонов, контроль и пр. Я же вначале непосредственно был связан с обеспечением моделирования генерацией тестов и выдачи перфолент для тестовой установки на базе УМ-1НХ. .... Многократные изготовления БИС не приводили к положительным результатам из-за ошибок топологии. Вот тогда мне в голову пришла идея создания программы контроля топологии на соответствие электрической схеме. Как сейчас помню: как-то я спускался со 2-го этажа от Харинского и меня осенило. Я рассказал об этой идее Ильюше Евзовичу и мы обсудили, какие программы надо сделать. Я рассказал все Эрику Фирдману и мы стали уговаривать Харинского принять мое предложение. Для конструкторов главное препятствие заключалось в введении дополнительной информации в кодировку топологии дополнительной. Харинский отнесся со скепсисом, но не мешал, активно поддержала Ковалевская. Дополнительно разработчикам схемы надо было кодировать все электрические цепи. Наконец надо было разработать комплекс программ. Программу построения геометрических цепей поручили Боруховичу Жене, программу построения цепей электрической схемы из топологии – Евзовичу, сравнения цепей, полученных из топологии и описания электрической схемы, а также язык описания исходной информации – мне [ 10 ]. Алгоритмы и программы логического моделирования разрабатывали Евзович, Видуецкий, Петрова и я. Тесты для контроля БИС разрабатывали Видуецкий, Симонова, Никоноров. Помню, Борухович свою первую версию программы сделал за 3 недели.

{**Г.Р.Фирдман [ 6 ]** – Было понятно, что, используя обычную практику разработки программного обеспечения, на это потребуется в лучшем случае пять-шесть месяцев. Эдя Попов предположил, что его лучший программист Женя Борухович мог бы сделать работу быстрее. После некоторых переговоров мы остановились на трёх неделях. Сделка заключалась в том, что если его программа будет разработана вовремя и принята мною, ему будет присуждена его ежемесячная зарплата, в дополнение к обычной и официальной премии. За каждый день выполнения до срока он получал дополнительные десять процентов. За каждый день сверх установленного срока его премия уменьшалась на десять процентов. Женя принял вызов и сдал программу вовремя! (Илья Евзович разработал свою программу на тех же условиях - прим. автора статьи). ....

Побочным эффектом моей стимулирующей программы стали два анонимных письма в КГБ, где сообщалось, что я раздаю деньги евреям. О письмах и об их авторе я узнал от своих друзей из КГБ (Перевод автора статьи).}

Полностью все было сделано примерно месяца за три, хотя доработки продолжались уже в ходе проектирования БИС. Должен сказать, что впервые о таком же подходе я прочитал в американском журнале в 1975 г. У них было много графопостроителей и проблема правильности рисовки фотошаблонов, вероятно, была не так остра, как у нас – нищих. Где-то в 1970 г. нас посетил в детском саду Шокин. При показе Шокину разработки микрокалькулятора Старос назвал комплекс всех программных работ СИМПРО-71. Дальше эти работы развивались в направлении сокращения работ по вводу информации от разработчиков. А затем их развитие в сторону применения к печатным платам. ....

### **СИМПРО-71**

**Оборудование:** ЭВМ – М-220М (объем оперативной памяти – 4096 48-разрядных слов, объем памяти на магнитном барабане 40 тыс. слов); генератор изображений для рисовки фотошаблонов - ЭМ-516; установка контроля БИС на УМ-1НХ4 управляющая информация на перфоленте.

**Программное обеспечение:** моделирование логических схем; ручное кодирование топологии и электрической схемы; контроль геометрии на допуски; машинный контроль топологии БИС на соответствие электрической схеме БИС; формирование управляющей информации для рисования послойных фотошаблонов на перфоленте; формирование управляющей информации на перфоленте для контроля на пластине и в корпусе.

**Уровень интеграции** до 2000 элементов на кристалле [ 11 ].

**Вспоминает В.С.Гальперин.** Мы начали свою работу по схемотехнике с исследования образцов БИС японского калькулятора SHARP. Были вскрыты корпуса БИС и исследованы кристаллы под микроскопом. При этом мы констатировали, что наша технология в принципе не отличается от прототипа, не считая размеров элементов, которые у нас были значительно больше. Мы изучили четырехтактную схемотехнику, организацию топологии кристалла и сделали вывод, что основной проблемой разработки БИС будет разработка топологии кристалла, вызванной как большим количеством элементов, так и отсутствием в ЛКБ задела по адекватной подсистеме автоматизации топологического проектирования. Времени на создание такой подсистемы не было. Стало ясно, что разработка топологии будет вестись вручную, со всеми вытекающими последствиями, как-то: большая трудоемкость, неизбежные ошибки, необходимость стыковки с автоматизированными подсистемами логического проектирования, разработки тестов контроля, изготовления фотошаблонов и т. д. Во многом эту проблему удалось решить выпуском регламентирующего документа под названием «Правила проектирования», обязательного для исполнения всеми разработчиками.

Основными разделами в этом документе были:

- ◆ правила перевода логических схем в электрические схемы;
- ◆ общая организация топологии кристалла;
- ◆ типовое размещение вентиляей;
- ◆ расчет паразитных связей и их нейтрализация.

По существу «Правила проектирования» позволили максимально формализовать и упростить разработку БИС, упростить стыковку ручных и автоматизированных этапов. Авторами «Правил проектирования» были Гальперин В.С., Беленький Ю.В. и Берлинков Г.И.

Но вернёмся к технологии. В этой области Эрика Фирдмана ждали очень серьёзные трудности, о которых он откровенно говорит [ 6 ].

*Помимо вопросов, которые я задавал технологам, разбираясь в ограничениях и возможностях, я должен был внести что-то утвердительное, особенно потому, что многие из них стали смотреть на меня как на своего лидера, который скажет им, что делать. Проблема заключалась в том, что у меня не было достаточно глубоких знаний технологии всех процессов. Я мог контролировать, но я не мог внести творческий вклад. Другими словами, я мог управлять, но не мог вести.*

*Было два способа изменить это, и я пробовал оба как можно больше. Во-первых, я должен был узнать о той области, о которой раньше почти ничего не знал. Во-вторых, нанять людей, которые были бы экспертами в этой области и могли бы управлять. Я забирал домой все профессиональные американские журналы, которые мог найти в нашей библиотеке, и проводил выходные, читая их (Перевод автора статьи).*

Однако постепенно, благодаря безошибочной (в части схемы) топологии и качественным рабочим шаблонам, изготовленным и проверенным в НИИ-35, технологи и схемотехники получили возможность отрабатывать технологию без оглядки на упомянутые топологию и шаблоны. И, наконец, после многократных итераций единичные работающие микросхемы стали появляться, и некоторые из них оставались работоспособными даже после корпусирования (скрайбирования, ломки, монтажа в корпусе и разварки выводов кристалла в корпусе микросхемы).

**Вспоминает Г.Р.Фирдман [ 6 ].** *Получение первых рабочих чипов LSI было бы огромной победой, если бы не маленькая деталь. Некоторое время у нас не было полного набора рабочих микросхем, которые можно было бы разместить на плате микрокалькулятора. Я помню, что у нас были рабочие чипы трех типов из четырех. Получение оставшегося чипа требовало больше времени, но, когда это, наконец, случилось, это было историческое событие. Мы доказали себе, что чипы LSI могут быть произведены. Мы также доказали миру, что наша система автоматизированного проектирования позволяет нам спроектировать их без ошибок. Я считаю, что это была первая коммерчески используемая автоматизированная система проектирования LSI в мире. Примерно через год наша система Simpro-71 была удостоена серебряной медали на Всесоюзной выставке достижений народного хозяйства (ВДНХ).*

*Примерно через месяц мы, наконец, получили весь набор микросхем LSI и поставили по графику первый советский микрокалькулятор, построенный с чипами LSI, которые не были воспроизведены с помощью обратного инжиниринга, но спроектированы в Советском Союзе. В дополнение к микрокалькулятору, который мы*

дали Шокину (и я предполагаю, что он дал его Брежневу), у нас было еще два рабочих калькулятора и продолжали выпускать еще рабочие чипы, увы, с очень низким выходом годных, около 2%.

**{Вспоминает В.С.Гальперин.** Получение образцов БИС, прошедших тестовый контроль, было исключительно трудной задачей. Каждая первая работоспособная БИС воспринималась как большая удача, как результат отладки всей технологической цепочки, тем более получение комплекта из четырех работоспособных БИС.

30 или 31 декабря 1970 года вечером в нашу лабораторию схемотехники пришел Филипп Георгиевич Старос и принес собранный первый калькулятор, укомплектованный четырьмя БИС, ИС питания, индикацией и клавиатурой. Калькулятор НЕ РАБОТАЛ! Было необходимо провести диагностику, выяснить и устранить причину.

Работа проводилась на стенде, оснащенный единственным в ЛКБ высокочастотным японским осциллографом с очень маленьким емкостным входным сопротивлением. Я разобрал калькулятор, подключил его в розетку питания и начал проверку с шин питания на печатной плате. Осциллограф показал все четыре импульса с очень крутыми фронтами, но на шинах питания и земле просматривались высокочастотные помехи.

И в этот момент Филипп Георгиевич, сидевший справа от меня, не выдержал и попросил освободить рабочее место. Было понятно, что он уже все понял и готов действовать. Он подобрал необходимые конденсаторы и напаял их на выходы ИС питания. По сленгу электронщиков он «завалил фронты» импульсов питания БИС. Помехи исчезли. Филипп Георгиевич собирает калькулятор и, с удовольствием, демонстрирует собравшимся несколько примеров на сложение, вычитание, умножение и деление. Калькулятор «МК 24-71» РОДИЛСЯ! ЭТО БЫЛА ПОБЕДА! }

*Хотя я руководил проектом и внес, считаю, в него заметный личный вклад, основная заслуга в нашем успехе должна была достаться 700 с лишним людям, которые над ним работали. Я никогда раньше не видел и, вероятно, никогда не увижу такой бескорыстной преданности работе и готовности приложить дополнительные усилия, чтобы приблизить нас на дюйм к финишу или выиграть еще один день в нашем плотном графике. Конечно, денежные стимулы тоже не повредили, и они были фактором, но не единственным и даже не основным. Старая поговорка гласит, что они не знали, что это невозможно, и именно поэтому они сделали это. В нашем случае, мы знали, что это невозможно, но мы всё равно сделали это. Вызов и хорошо обоснованный менталитет “мы против мира ” были двумя основными факторами нашего успеха..*

У нас был большой праздник “мы сделали это”, большая вечеринка, а затем несколько небольших, и я никогда не забуду одну из них, вечеринку внутреннего круга с Филом, Джо и несколькими другими коллегами. После первого тоста, Старос сказал: **“Вы знаете, все эти микрокалькуляторы - это ничто. Сегодня мы открываем новую эру для человечества - эру персональных компьютеров.. Мы были несколько удивлены, и кто-то спросил: “что вы имеете в виду?” Старос улыбнулся и ответил: “я имею в виду то, что я только что сказал. Через пять - десять лет такие люди, как вы и я, смогут позволить себе иметь собственный компьютер дома, и он будет таким же мощным, как сегодня БЭСМ-6. Был 1971 год, и его пророчество было поразительным (Перевод и выделение текста автора статьи).**

Напомню здесь, что 1971 год - год разработки фирмой Intel первого в мире однокристалльного микропроцессора (тогда ещё четырёхразрядного – Intel 4004), а также комплекта микросхем памяти и ввода-вывода для него.

На этом я заканчиваю воспоминания об этой замечательной работе, позволяющей ещё раз высоко оценить выдающуюся роль КБ Староса в отечественной микроэлектронике. Сила его КБ была в новаторских идеях молодого талантливой коллектива, политике доверия Филиппа Георгиевича Староса и Иосифа Вениаминовича Берга к своим подчинённым и умения этого коллектива реализовать свои идеи в образцах.

Этот коллектив ещё не раз блеснёт своими талантами, создавая (зачастую испытывая явное или скрытое руководящее неприятие или торможение) первые в стране и одни из первых в мире изделия микроэлектроники, но, к сожалению, уже без Филиппа Георгиевича Староса, волею своих высокопоставленных партийно-хозяйственных ненавистников лишённого в июне 1973 года руководства предприятием. Но надо помнить, что указанные успехи были достигнуты благодаря ШКОЛЕ Ф.СТАРОСА И И.БЕРГА, школе технической, школе научной, школе человеческих отношений в работе.

***Печальное послесловие.** Уже виделось неспешное завершение данной статьи, когда от Марика Баранова из Канады по Skype пришло грустное известие, что 02 апреля 2020 года в городе Финикс, штат Аризона, США на 84 году жизни умер один из главных героев этой статьи - Эрик Фирдман.*

***Samary 2:28**(Время московское – прим. автора статьи)*

***Erik Firdman passed away today***

*Он был одним из тройки замечательных звёзд, зажжённых в КБ Ф.Г.Старосом (В.М.Вальков, М.П.Гальперин, Г.Р.Фирдман).*

*Эти трое были харизматичным и общепризнанными лидерами в своих коллективах и были демократичны в руководстве ими. В качестве лидеров они следовали путем Ф.Г.Староса и И.В.Берга. Они, будучи звёздами, не боялись делегировать свои полномочия технически и (или) организационно сильным своим подчинённым. Зачастую это были просто друзья (в том числе, друзья домами), приятели по пьянкам-гулянкам и порой по спортивным мероприятиям (люди то были все очень молодые), но спрос по делам был публичный и по полной программе. И это было залогом их производственных успехов.*

*Мои личные встречи с Эриком незабываемы. По моим впечатлениям он был звездой первой величины, а его работа в нашем КБ заслуживает высочайшей оценки.*

Ю.А.Маслеников

СПб, 06.04.2020

#### Литература

1. А. Феклисов. Признание разведчика. - М.: ЗАО «ЛГ Информэйшн Групп», Издательство «ОЛМА-ПРЕСС», 1999, 480 с.
2. А.Феклисов. За океаном и на острове. Записки разведчика. - М.: ТЕРРА-Книжный клуб, 2001, 288 с.
3. В.П.Цветов. ЛКТБ: история полета и жесткая посадка. – Очерки истории российской электроники. Вып. 3. Истоки российской электроники (к 120-летию АО «Светлана») - РИЦ «Техносфера», 2009, с 122-137.
4. М.П.Гальперин - Прыжок кита. - СПб. Политехника - сервис, 2010. - 352 с.
5. Б.М.Малашевич. 50 лет отечественной микроэлектронике. Краткие основы и история развития. Очерки истории российской электроники. Вып. 5. М.: Техносфера. 2013.-800 с. (с. 732-739).
6. Н.Е.Firdman - Maverick for life without parole. – ISBN: 1-4140-5021-6 (e-book), ISBN: 1-4140-5020-8 (Paperback); Library of Congress Control Number: 2003099380. – 2004, 513 p.
7. А.М.Скворцов. Основные тенденции развития МОП-интегральных схем. - Электронная техника. Сер. 6. Микроэлектроника. 1969, вып. 6, с. 3-9.
8. Usdin S. T. Engineering communism: how two Americans spied for Stalin and founded the Soviet Silicon Valley. London: Yale University Press. – 2005, 242 p.

9. Ю.А.Маслеников - Белая ворона (МВУ-110 - нестандартная история). - Изд. «Судостроение», «Морская радиоэлектроника», вып. 3(25), сентябрь 2008, стр. 38-46.

10. И.С.Евзович, Ю.И.Шендерович - Восстановление топологии электрической схемы по чертежам её конструкции. - «Электронная техника», серия 7, 1973 г., выпуск 4(56), с. 45.

11. Ф.Г.Старос, Г.Р.Фирдман, Ю.И.Шендерович - Вопросы комплексной автоматизации разработки БИС. - «Электронная промышленность», 1972, вып. 6 с. 32-36.