

МІКРОЕЛЕКТРОНІКА В УКРАЇНІ: МИНУЛЕ БЕЗ МАЙБУТНЬОГО?

http://www.icfcst.kiev.ua/MUSEUM/TXT/Malinovsky_Essay_mi_ukr.pdf

http://www.icfcst.kiev.ua/MUSEUM/chBooks_u.html

http://ukrainiancomputing.org/chBooks_u.html

© Б.М.Малиновський, 2001

© Б.М.Малиновський, 2004

© Видавництво "Інтерлінк".

**Глава з книги Б.М.Малиновського "Відоме і невідоме в історії інформаційних технологій в Україні", "Інтерлінк", 2004.
ISBN 966-8122-14-3. Українською мовою**

Старт промислової мікроелектроніки

Стан мікроелектроніки в сучасному світі є показником науково-технічного прогресу, економічної сили, обороноздатності, інформаційного комфорту в суспільстві. На її базі створюються засоби обчислювальної техніки — від персональних до супер-ЕОМ, розвивається планетарна система зв'язку, вдосконалюються приладобудування, військова й побутова техніка тощо. Рівень її розвитку визначає готовність країни впевнено увійти в ХХІ століття - століття інформатики.

Появі мікроелектроніки передувало створення перших ЕОМ - електронних гігантів, які містили величезну кількість електронних ламп, конденсаторів, опорів. Щоб зменшити їхні розміри, споживання енергії і вартість, а разом підвищити технологічність виготовлення, була виконана безпрецедентна за обсягом і стислістю термінів дослідницька робота, яка завершилася створенням засобів мікроелектроніки і технологічних процесів для їхнього виготовлення.

Мікроелектронні компоненти успадкували від своїх попередників тільки виконувани функції. В усьому іншому вони відрізнялися докорінно, оскільки зменшення розмірів у мільйони разів потребувало застосування нових матеріалів, використання нових фізичних властивостей, нової, дуже складної технології виготовлення, унікального устаткування для її здійснення.

Спочатку процес мікромініатюризації через його складність відбувався повільно, але з освоєнням нових технологій його розвиток набув фантастичних темпів.

Першим кроком на шляху до мікроелектроніки став транзистор, що замінив електронну лампу. Його було винайдено у США в 1947 р. Через чотири роки з'явився перший зразок, здатний надійно працювати. За розмірами він був значно меншим від електронної лампи, та все ж мав об'єм у кілька кубічних сантиметрів. Ще через 10 років транзистор став невидимим для ока. У наступний період перша "дитина" мікроелектроніки та обчислювальної техніки зменшилася до часток мікрона. Те ж саме відбувалося з конденсаторами, опорами, сполучними проводами. Стало можливим створювати складні електронні схеми шляхом єдиного технологічного процесу. Так з'явилися інтегральні схеми (ІС), призначені виконувати функції окремих типових блоків ЕОМ. Вони розвинулися у великі інтегральні схеми (ВІС), які реалізували функції основних пристроїв ЕОМ, потім надвеликі інтегральні схеми (НВІС), що містили на крихітних кристалах мільйони транзисторів, конденсаторів та опорів і виконували функції процесорів — основної частини ЕОМ, зберігаючи величезні обсяги інформації, тощо.

Нарешті, були створені дешеві й зручні для індивідуального користування персональні ЕОМ, супер-ЕОМ для обслуговування наукових центрів. Вони мали колосальну продуктивність і обсяги пам'яті. Всю планету охопили нові засоби зв'язку, з'явилися унікальні медичні прилади, надточна військова техніка, робототехніка, зручне

побутове устаткування та ін.

Розвиток мікроелектроніки в колишньому Радянському Союзі, в тому числі в Україні, як у дзеркалі відбивав, з одного боку, можливості держави з плановою економікою і командно-адміністративною системою управління зосередити сили й засоби для швидкого розвитку нового напрямку в науково-технічному прогресі, а з другого -- недоліки цієї системи, які гальмували вихід вітчизняної науки, техніки і промисловості на світовий рівень.

Мікроелектроніка в Україні розвивалася як частина мікроелектронної галузі всього колишнього Радянського Союзу. У 60-х і на початку 70-х років у Києві в короткий термін був створений і успішно працював потужний центр мікроелектроніки - Науково-виробниче об'єднання (НВО) "Кристал" з філіями в інших містах України. Про масштаб виконаної за вісім років роботи, пов'язаної з розгортанням наукових досліджень, створенням матеріальної бази й добором кадрів, переконливо свідчать такі цифри: було побудовано 148 тис. м³ площі для розміщення науково-дослідних установ і підприємств. Інститути і заводи були повністю оснащені необхідною технікою. На початку 80-х років на них працювало понад 30 тис. чоловік.

У ці роки об'єднання випускало розроблені ним же інтегральні схеми (у тому числі близько 30 типів ВІС), клавішні ЕОМ, калькулятори, мікроконтролери, мікро-ЕОМ та ін. Ця продукція забезпечила успішний розвиток багатьох галузей промисловості не тільки України, а й колишнього СРСР. Вона використовувалась для створення цифрової радіоелектронної апаратури літаків, ракет, кораблів, а також для випуску сучасної побутової техніки (радіоприймачів, магнітофонів). Наприклад, у 1974 р. самих лише калькуляторів було випущено понад 100 тисяч. НВО "Кристал" набуло статусу головної організації для країн РЕВ з МОП-інтегральних схем — основного напрямку розвитку ВІС і НВІС. У 70-х і на початку 80-х років його продукція лише трохи поступалася аналогічній західній.

Наприкінці 80-х років через помилкову науково-технічну політику, яка полягала у "советизації" американської техніки, НВО "Кристал" змушене було перейти на копіювання американських досягнень, що прирікало його на відставання. Проте і в "советизації" перших американських мікропроцесорів "Кристал" зумів відзначитися. Розроблені в об'єднанні й передані в серійне виробництво восьмирозрядні, а потім шістнадцятирозрядні мікропроцесори практично не відрізнялися від закордонних, що підтвердила проведена у США експертиза. Але на цьому досягненні закінчилися, оскільки "советизація" складніших ВІС і НВІС, "начинених" багатьма мільйонами транзисторів на кристали, виявилася неможливою.

Міністерство електронної промисловості СРСР, схаменувшись, почало готувати нову постанову уряду, щоб на основі нових фінансових вливань піднести технологічний рівень галузі. Передбачалося спорудити в Україні ряд заводів, оснащених сучасним технологічним устаткуванням, зокрема, що дуже важливо, - завод з виробництва устаткування для випуску ВІС і НВІС. Якби це було здійснено, Україна забезпечила б собі повну самостійність у галузі МОП-електроніки, оскільки мала б у себе все необхідне для її розвитку. Але цього не сталося. Розпочалася "перебудова", а потім — економічна криза, згорання наукового і промислового потенціалу...

НВО "Кристал" не був єдиним виробником мікроелектроніки в Україні. Майже одночасно з ним з'явилися ще п'ять об'єднань: "Родон" в Івано-Франківську, "Гравітон" у Чернівцях, "Гамма" в Запоріжжі, "Дніпро" в Херсоні, "Жовтень" у Вінниці. На всіх цих підприємствах разом, враховуючи і "Кристал", працювало понад 100 тис. робітників. Вони випускали близько 150 млн. напівпровідникових приладів та інтегральних схем щороку. Це забезпечувало потреби України, багатьох республік колишнього СРСР та країн РЕВ.

У 70-80-х роках Україна була монополістом у колишньому СРСР і другим в Європі постачальником напівпровідникових матеріалів - германію, арсеніду галію і

засобів їхньої обробки (запорізький НДІ "Титан", Світловодський завод чистих металів та ін.). Швидкому становленню мікроелектронної промисловості сприяв високий рівень наукових досліджень у цій галузі в Україні. Вони проводилися в Інституті напівпровідників, Інституті кібернетики, в Київському державному університеті ім. Т.Г. Шевченка, Київському політехнічному інституті і в багатьох інших наукових колективах. У 1969 р. було організовано НВО "Сатурн", яке розпочало освоювати найпрогресивнішу технологію виготовлення транзисторів на основі арсеніду галію. Новий напрям розвитку мікроелектроніки був проривом у майбутнє.

Тут згадані не всі організації, що внесли значний вклад у вітчизняну мікроелектроніку у 70-80-х роках. Але автор і не ставив собі за мету всебічно висвітлити тему становлення і розвитку цієї галузі в Україні. Ця розповідь — про найзначніші події та людей, до них причетних, -тих, кого автор знав особисто, з ким разом працював або зустрічався в процесі роботи. В умовах згасання мікроелектроніки, мабуть, варто нагадати, що було зроблено, що втрачено і як це може позначитися на майбутньому України. Отже, повернімося у 60-і роки.

...У 1962 р. уряд Радянського Союзу прийняв постанову про розвиток мікроелектронної промисловості та створення у Зеленограді під Москвою відповідного Наукового центру з філіями в Києві, Мінську, Ризі, Вільнюсі, Тбілісі тощо. Вже через кілька років невелике містечко під Москвою перетворилось на столицю мікроелектроніки - радянську "силіконову долину", на зразок відомого американського центру досліджень у цій галузі. Зеленоград був відбудований практично заново. Одночасно з великими науково-дослідними інститутами, обчислювальним центром і заводами, вузом і технікумом споруджувалися житлові масиви, будинки під установи культури тощо. Близькість до Москви допомогла залучити висококваліфіковані кадри, що забезпечило швидкий розвиток науково-дослідних робіт. Велику роль у цьому відіграв голова Державного комітету СРСР з електронної техніки (згодом міністр електронної промисловості) Олександр Іванович Шокін.

Не залишилась без уваги й Україна. З ініціативи та за допомогою Шокіна в Києві на початку 1962 р. відкрилася виставка засобів мікроелектроніки, випущених підприємствами Комітету. На неї були запрошені керівники київських приладобудівних підприємств. У яскравому та аргументованому виступі під час відкриття виставки Шокін переконливо показав переваги мікроелектроніки і необхідність її розвитку в Україні.

Першим на заклик голови Держкомітету відгукнувся Іван Васильович Кудрявцев — директор Київського НДІ радіоелектроніки (КНДІРЕ), який давно мріяв перевести громіздкі корабельні радіоелектронні системи на нову технічну базу. Відразу після виставки він доручив групі молодих інженерів на чолі зі Станіславом Олексійовичем Моральовим ознайомитися зі станом справ у СРСР і за кордоном і підготувати пропозиції щодо розвитку мікроелектроніки в інституті. Коли з'явилася урядова постанова про розвиток мікроелектронної промисловості, було створено Київське конструкторське бюро з мікроелектроніки (КБ-3) Державного комітету Ради Міністрів СРСР з електронної техніки. Його керівником призначили С.О. Моральова. За згодою І.В. Кудрявцева до нової організації перейшли деякі співробітники КНДІРЕ: В.Д. Борисенко, В.І. Кибальчич, Г.П. Аפרеленко та ін. Намічена спеціалізація КБ - мікромініатюризація радіолокаційної апаратури — відповідала інтересам Кудрявцева, тому спочатку нова організація розміщувалася у КНДІРЕ.

Згідно з рішенням Київського міськвиконкому цьому конструкторському бюро було передано майданчик з недобудованим приміщенням меблевої фабрики площею 1000 м³ на вул. Глибочицькій і місце під будівництво лабораторно-виробничого корпусу площею 10 тис. м³, у районі урочища Сирець. Уже до кінця 1963 р. реконструкцію будинку меблевої фабрики закінчили, встановили необхідне інженерне і технологічне устаткування. Колектив КБ-3 зміг приступити до роботи. Його

"засновники" -- С.О. Моральов, В.Д. Борисенко, О.І. Корнєв, В.П. Белевський та ін. вирішили зайнятися розробкою гібридних інтегральних схем (ІС) з використанням тонких плівок танталу.

Однак цей матеріал виявився "міцним горішком". Для одержання плівок треба було створити принципово нові типи електронно-променевих гармат великої потужності, складне вакуумне устаткування та установки контролю параметрів схем. Усе це зайняло досить багато часу, і серійний випуск ІС на основі танталу розпочався лише в 1968 р., коли вже два роки існував НДІ "Мікроприлад", створений на базі КБ-3.

За технічними завданнями, погодженими з генеральними конструкторами літакової бортової апаратури (Спіров, ВНДІРА, Ленінград) і космічної бортової техніки (Сергєєв, "Хартрон", Харків), був розроблений ряд гібридних тонкоплівкових ІС на основі танталу (система "Пенал"), а для побутової радіоелектронної апаратури, що випускалася Міністерством радіопромисловості, — система "Кулон".

Гібридні ІС та апаратура на їхній основі успішно пройшли випробування і показали високі техніко-економічні характеристики. Використання ІС "Пенал" у бортовій навігаційній апаратурі дало змогу зменшити її вагу в 2,5 рази, а об'єм - у 3 рази, збільшивши при цьому надійність у кілька разів. Застосування ІС "Кулон" у радіоприймачі "Меридіан" Київського БО ім. С.П. Корольова зменшило його габарити, збільшило термін служби, знизило трудомісткість складальних операцій і собівартість. "Меридіан" став першим радіоприймачем на інтегральних схемах, виробленим на заводах України.

За пропозицією О.К. Антонова, головного конструктора КБ Київського авіазаводу, були проведені спільні роботи з визначення оптимальних шляхів мікромініатюризації бортової літакової апаратури для управління польотом. Познайомившись у ці роки з Антоновим, Моральов зберіг дружбу з цим видатним конструктором і вченим на багато років і не раз обговорював з ним перспективи розвитку мікроелектроніки стосовно до завдань літакобудування.

Гібридні ІС "Пенал" і "Кулон" активно впроваджувались. Їхнє серійне виробництво було організовано на дослідному заводі інституту та його філії в Світловодську. Технологію виготовлення гібридних ІС на основі танталу передали на підприємства Ленінграда, Харкова, Москви, ліцензію на неї продали в Угорщину.

Великий внесок в організацію серійного виробництва ІС зробив Олександр Іванович Корнєв - головний інженер дослідного заводу "Мікроприлад", вихованець Київського державного університету, де він працював у лабораторії відомого українського фізика Миколи Григоровича Находкіна.

Технологія виробництва тонкоплівкових резистивних і ємнісних мікросхем на основі танталу була розроблена колективом КБ-3 вперше в колишньому СРСР. Вона дала змогу підвищити продуктивність при виготовленні гібридних ІС у 5-10 разів і збільшити відсоток виходу придатних ІС до 90%. Про складність завдання, виконаного в КБ-3 (перетвореного потім на НДІ "Мікроприлад"), свідчить те, що на той час таку технологію мали лише три фірми у світі, причому тільки одна з них (BM Laboratories, США) розробила її самостійно.

"Першим учителем для нас тоді був міністр електронної промисловості О.І. Шокін, - згадує С.О. Моральов. - Він був одним з організаторів радіотехнічної галузі країни. Особливо яскраво його таланти видатного організатора проявились в роки становлення мікроелектроніки - галузі високих технологій і високої культури виробництва. Спочатку він був призначений головою Державного комітету з електронної техніки, а після ліквідації раднаргоспів - міністром електронної промисловості.

Пам'ятаю його перший приїзд до Києва. Це сталося наприкінці 1963 р. Ми тільки-но закінчили реконструкцію корпусу на вул. Глибочицькій, встановили

устаткування, підключилися до електромережі, навіть організували буфет з гарячою їжею.

Після бесіди й розгляду планів робіт він уважно ознайомився на робочих місцях з процесами проектування і виробництва гібридних інтегральних схем, розмовляв з фахівцями та робітниками. При цьому багато уваги приділяв питанням культури виробництва й організації робочих місць. Підбиваючи підсумок, він схвалив наші розробки і тематику, похвалив за оперативність у підготовці приміщень та устаткування і пообіцяв виконати наше прохання — виділити ліміти з праці (50 штатних одиниць) і фонди на устаткування і транспорт. Незабаром ми отримали потрібні штатні одиниці, але не 50, а 150, і фонди не тільки на устаткування і транспорт, а й на будівництво житла. Він постійно стежив за нашим розвитком і постійно надавав необхідну підтримку". НДІ "Мікроприлад" Міністерства електронної промисловості був організований у 1966 р. на базі КБ-3. З ініціативи С.О. Моральова, призначеного його директором, і його заступника з науки Костянтина Михайловича Кролевця було прийняте рішення про поступовий перехід до розробки твердотільних ІС.

Пропозиції НДІ "Мікроприлад" щодо спеціалізації у галузі МОП-інтегральних схем були розглянуті на засіданні колеги Зеленоградського наукового центру. Колегія затвердила запропонований Моральовим план робіт інституту.

Почався новий етап у роботі "Мікроприладу". Фізико-технологічні питання розробки МОП-ВІС очолили К.М. Кролевець і Ю.А. Петін, схемотехніки - А.І. Молчанов і А.В. Кобилинський, машинне проектування топології - В.Г. Таборний. Наукове керівництво роботами здійснювали С.О. Моральов і К.М. Кролевець.

Спочатку була розроблена серія інтегральних схем "Кобра" з рівнем інтеграції до 30 елементів на кристалі. В 1968 р. розгорнулося її виробництво на дослідному заводі НДІ. Серія набула широкого застосування у виробках цифрової техніки Мінприладу.

За завданням Міністерства електронної промисловості в 1970 р. був створений перший у колишньому СРСР і Європі мікрокалькулятор на чотирьох великих інтегральних схемах МОП-ВІС зі ступенем інтеграції до 500 транзисторів на кристалі. ВІС випускалися на дослідному заводі НДІ "Мікроприлад". Мікрокалькулятори виготовлялися у Світловодську, де функціонувала філія дослідного заводу.

Вся ця робота була пов'язана для керівників "Мікроприладу" з багатьма переживаннями, близькими до стресу. Ось приклад.

22 квітня 1970 р. відзначалося 100-річчя від дня народження В.І. Леніна. Міністерство електронної промисловості, як і весь Радянський Союз, готувалося до цієї дати. Ще з осені 1969 р. міністр почав викликати "на килим" керівників підприємств і цікавився, якими досягненнями можна зустріти цю дату. У грудні дійшла черга й до Моральова.

Станіслав Олексійович захопив із собою нашвидкоруч зібраний макет калькулятора, в якому передбачалося використовувати підготовлені до виробництва ВІС. Міністр, який почав зустріч на високих тонах, почувши від Моральова про успішну розробку калькулятора, подобришав і розпорядився: "До 22 квітня п'ять зразків калькулятора повинні бути на моєму столі!"

Спочатку Моральов радів такому рішення, але, як з'ясувалося, передчасно. Завідувач відділу, в якому розроблявся калькулятор, раніше працював у Інституті кібернетики, тому підключив до цієї роботи не співробітників відділу, а групу фахівців Інституту кібернетики. А ті обурилися, що їх не запросили на розмову з міністром, отож забрали схеми і макет калькулятора. Завідувач відділу, залишившись ні з чим, пішов з інституту.

На його місце призначили Леоніда Федоровича Мараховського, який раніше також працював в Інституті кібернетики і мав досвід розробки машини-інтегратора МІМ, набутий у відділі Глушкова.

Мабуть, чутка про цю подію дійшла до міністерства. Там вирішили роботу

запаралелити. Завдання створити калькулятор дали ще одній організації - потужному Ленінградському КБ, керованому досвідченим і енергійним ученим Ф.Г. Старосом. Це, звичайно, стурбувало "Мікроприлад". Моральов і Кролевець робили все можливе, щоб виграти змагання - квапили конструкторів, забезпечували розробників усім необхідним, підключали виробничі ділянки. Міністр цікавився ходом робіт майже щодня. І тут, у розпалі робіт, серйозно занедужав Мараховський. Два місяці відділ працював без керівника, консультуючись з ним лише по телефону.

І все-таки встигли! За кілька днів до 22 квітня п'ять зразків були готові, і головний інженер об'єднання В.Ю. Тимофєєв повіз калькулятори до Москви. На засіданні колегії, що підбивала підсумки підготовки до 100-річчя від дня народження В.І. Леніна, першому запропонували виступити Ф.Г. Старосу. Він сказав, що завдання не виконане, оскільки взагалі в такі терміни вкластися неможливо. Тоді міністр дав слово Тимофєєву. Його десятихвилинний виступ став тріумфом "Мікроприладу". У Ф.Г. Староса загострилися відносини з міністром. Моральова нагородили орденом Трудового Червоного Прапора. Але у нього після цього з'явилися перші сиві пасма волосся.

Втім, були й інші приводи для хвилювань. Швидкий розвиток інституту, розширення тематики досліджень, освоєння нових технологій потребували будівництва та освоєння приміщень. Директору інституту довелося докласти чимало зусиль, щоб організувати й забезпечити цю роботу. Наведу розповідь самого С.О. Моральова.

"Виконання плану з будівництва було для кожного члена нашого колективу таким же важливим, як і виконання планів НДР і ДКР. Усі співробітники об'єднання брали особисту участь у спорудженні корпусу інституту, працюючи різноробочими, вантажниками, підсобниками. Десятки інженерів і техніків щодня за затвердженим графіком виходили на будівництво. Це пояснювалося тим, що потужності будівельних організацій не відповідали плановим обсягам робіт, не вистачало робітників-будівельників. Ми були змушені брати на себе виконання частини, як правило, найтрудомісткіших робіт і виконували їх безоплатно. Промислові приміщення для виробництва мікроелектроніки належать до першої категорії складності. Вони являють собою складні інженерні комплекси, які повинні відповідати вимогам вакуумної гігієни, тому для оздоблення тут застосовують мармур, граніт, пластикові матеріали. Під час спорудження інженерних комунікацій використовуються нержавіючі сталі, поліетиленові трубопроводи, алюмінієві будівельні конструкції тощо. Кожен виробничий поверх має так званий технічний поверх, де здійснювався монтаж інженерних комунікацій. У цій складній роботі брали участь і наші фахівці, що значно прискорювало справу. Разом з будівельниками ми розробили спеціальну балку оригінальної конструкції, застосування якої скорочувало строки складання залізобетонного каркасу будинку під мікроелектроніку й знижувало вартість будівництва".

Вперше в Європі

У грудні 1970 р. наказом міністра електронної промисловості було створено науково-виробниче об'єднання "Кристал" (НВО "Кристал"). До його складу увійшли: "Мікроприлад", Київський завод напівпровідникових приладів, дослідний завод "Мікроприладу". На об'єднання були покладені обов'язки головної організації Міністерства електронної промисловості з розробки і виробництва великих інтегральних схем на МОП-транзисторах, спочатку зі ступенем інтеграції понад 1000 транзисторів (для регулярних структур до 20 000 і вище), а на наступному етапі - до 100 тис. і більше (розміри елементів зменшувалися до 1 мікрона).

"Ручні" методи проектування ВІС і створена у 1969-1970 рр. примітивна система автоматизованого проектування для цього не підходили. У 1972-1973 рр. у

"Мікроприладі" з'явилася система машинного проектування на базі "БЭСМ-6" та інших ЕОМ, яка дала змогу проектувати ВІС з високим ступенем інтеграції. Час розробки ВІС скоротився до 50-70 днів.

Треба було розробити складний комплекс програм, який забезпечував би процес проектування ВІС. Вони містили сотні тисяч компонентів, котрі треба було з'єднати між собою відповідно до функціонального призначення ВІС і при цьому не зробити жодної помилки, інакше величезна праця, витрачена на їхнє виготовлення, не принесе користі. Таку роботу могла виконати тільки машина.

Установка обладнання, підготовка й налагодження програм потребували напруженої тризмінної роботи колективу відділу В.Г. Таборного впродовж кількох місяців. Перепало і керівникам "Мікроприладу".

З 1973 р. основним напрямом в об'єднанні стає розробка і виробництво великих інтегральних схем на МОП-приладах. Першими були спроектовані кілька типів ВІС для різних типів калькуляторів, ВІС пам'яті та ін. Для випуску нових ВІС знадобилося розробити більш прогресивні технологічні процеси, здатні забезпечити ступінь інтеграції понад 100 тис. транзисторів на кристалі та швидкість переключення до десятків мегагерц. При цьому доводилося починати, як кажуть, з "чистого аркуша", оскільки використовувати західний досвід було неможливо, публікації з цього питання у західній пресі тільки починали з'являтися. За короткий час вдалося змонтувати сучасні "чисті" кімнати зі складним технологічним і вимірювально-складальним устаткуванням, розробити і впровадити технологію виготовлення дешевих пластмасових корпусів ВІС тощо.

У 1974 р. на Заводі напівпровідникових приладів НВО "Кристал" був повністю освоєний технологічний процес виготовлення ВІС на МОП-приладах і розпочалося їх масове виробництво -- вперше в Україні, СРСР і Європі.

"Кристал" впорався з цим нелегким завданням. Організація безперервного циклу робіт від проектування до виробництва ВІС, здійснена в об'єднанні, дала змогу скоротити строки створення нових ВІС і засобів мікропроцесорної техніки, підвищити їхню якість, знизити вартість.

Протягом 1974 р. було випущено 200 тис. ВІС, 100 тис. калькуляторів, 200 тис. клавішних ЕОМ.

Щорічні підсумкові збори керівників галузі з виставками технічних досягнень підприємств, які проводилися у Москві (НДІ "Електроніка"), давали змогу "Кристалу" оцінювати рівень робіт колег, переймати позитивний досвід, знайомитися з новими досягненнями в галузі технології інтегральних схем. Поїздки на міжнародні виставки для ознайомлення з роботами іноземних фірм у галузі мікроелектроніки підтверджували, що об'єднання обрало правильний шлях.

С.О. Моральов, К.М. Кролевець і всі, хто відповідав за виконання робіт, уперше за довгі роки могли зітхнути з полегшенням...

У НВО успішно вирішувалися завдання збільшення обсягів випуску виробів, зниження їхньої собівартості, освоєння нових їх видів і нарощування потужностей.

Однак становлення НВО відбувалося не просто. Постійно поставало запитання: хто має бути головним в об'єднанні - інститут чи завод? Працівники заводу не витримували заданого інститутом темпу роботи й звинувачували керівника НВО у неправильній технічній політиці. Сперечатися і утверджувати силоміць свою правоту було не в характері С.О. Моральова. І в 1974 р. він залишив НВО, повернувшись до "Кванту".

"Кристал" продовжував успішно розвиватися, багато в чому завдяки К.М. Кролевцю. Поставали і вирішувалися нові завдання, пов'язані зі створенням і випуском сучасніших ВІС. Але чим більше зменшувалися розміри транзисторів, тим складнішими ставали технологічні процеси для їхнього виготовлення і вищими вимоги до устаткування для промислового випуску не тільки ВІС, а й НВІС.

Для переходу на нові технології та устаткування були потрібні великі капіталовкладення, яких "Кристал" не мав. Це призвело до того, що в 90-х роках його розробки та продукція почали відставати від світового рівня. З розпадом СРСР "Кристал" втратив ринки збуту своєї продукції. А через економічну кризу в Україні припинилося надходження необхідної фінансової підтримки від держави.

Чи означає це, що більш як тридцятирічна історія розвитку "Кристалу", позначена багатьма видатними досягненнями, може найближчим часом закінчитися?

Життя покаже...