

## СТАНОВЛЕННЯ І РОЗВИТОК ТЕОРЕТИЧНИХ ТА НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ ЗАСАД СТВОРЕННЯ ВИСОКОІНТЕГРОВАНИХ МОБІЛЬНИХ (БОРТОВИХ) ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МАШИН, СИСТЕМ І КОМПЛЕКСІВ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

---

**Abstract:** In the paper the question is about formation and development theoretical and scientific-technical principles of the creation and technical implementation of the board multichannel information systems of the special purpose on the base effective technologies of the complex integration, miniaturisation and failure stability of the computer means during 45 years of scientific-practical activity one of the Institute's department. The examples of the most important developments and the names of the designers are given.

**Key words:** information-measurement complexes of the real time.

**Анотація:** У роботі йдеться про становлення і розвиток теоретичних та науково-технічних засад створення і промислового впровадження бортових багатоканальних інформаційних систем спеціального призначення на основі ефективних технологій комплексної інтеграції, мініатюризації та відмовостійкості засобів обчислювальної техніки на протязі 45 років науково-практичної діяльності одного із відділів інституту. Наведено приклади найбільш визначних розробок та розробників.

**Ключові слова:** інформаційно-вимірювальні комплекси реального часу.

**Аннотация:** В работе идёт речь о становлении и развитии теоретических и научно-технических принципов создания и промышленного внедрения бортовых многоканальных информационных систем специального назначения на основе эффективных технологий комплексной интеграции, миниатюризации и отказоустойчивости средств вычислительной техники за 45 лет научно-практической деятельности одного из отделов института. Приводятся примеры наиболее значительных разработок и имена разработчиков.

**Ключевые слова:** информационно-измерительные комплексы реального времени.

### 1. Вступ

Наукова та науково-технічна діяльність відділу № 125 "Логічного синтезу високопродуктивних комплексів і систем спеціального призначення" ІПММС НАН України почалася з часу створення у жовтні 1963 року відповідної Лабораторії спеціального конструкторського бюро Інституту кібернетики АН УРСР. Ця діяльність безпосередньо пов'язана з реалізацією ідеї академіка В.М. Глушкова про нагальний розвиток другого стратегічного напрямку в інституті щодо створення нового класу машин, орієнтованих на економічні застосування [1–4]. Поряд з існуючими на той час машинами для інженерних (наукових) розрахунків "Промінь" та МІР (з двійковою плаваючою комою і багаторозрядною двійковою арифметикою та структурною інтерпретацією мови) необхідна була машина для сприйняття величезних об'ємів номенклатурних і статистичних даних, їх обробки і попередніх розрахунків економічних задач планування і управління (з послідовною багаторозрядною двійково-десятьковою арифметикою, високопродуктивною й розвинутою пам'яттю, структурною інтерпретацією вхідної мови та інш.). Сам академік В.М. Глушков у січні 1982 року про це згадував так: "...Надо сказать, что у нас в стране очень плохо были подготовлены к восприятию мыслей об обработке экономической информации на ЭВМ... В результате этого создалось такое положение, что у нас органы статистики и частично плановые органы были снабжены счетно-аналитическими машинами образца 1930 г., которые в Америке к тому времени были полностью заменены ЭВМ. Американцы до 1965 г. развивали две линии – линию научных машин (это двоичные машины с плавающей запятой, высокоразрядные) и линию экономических машин (последовательные двоично-десятичные с развитой памятью и т. д.). А впервые в машинах фирмы IBM эти две линии слились вместе.

Но у нас нечему было сливаться, потому что у нас были только машины для научных расчетов, а экономическими машинами никто не занимался. Первое, что я тогда сделал, – это попытался заинтересовать конструкторов, в частности, Б.И. Рамеева – конструктора ЭВМ “Урал-1” и “Урал-2”, а также конструктора ЭВМ серии “Минск” В.В. Пржиялковского в том, чтобы новые машины, которые они разрабатывали (а тогда “Минск-22”, “Минск-32”, “Урал-14”, “Урал-16” только создавались), проектировались в расчете на экономическое применение.

Я организовал коллектив в нашем институте, сам разработал программу по ознакомлению с проблемой. Скажем, сам я провел неделю в ЦСУ СССР и изучал подробно их работу. А затем я посмотрел всю цепочку от районной станции до ЦСУ СССР. Очень много времени... я провел в Госплане СССР. ...” [1 – 4].

Враховуючи складність задачі організації ефективного економічного та адміністративного управління [5, 6] і те, що універсальні операційні системи ЕОМ, які створювались, не досить ефективні для переважно регулярних потоків задач в АСУ, академіком В.М. Глушковим було вперше обґрунтовано поняття спеціалізованої операційної системи [1]. Крім того, у доповіді на семінарі з автоматизованих систем управління в Інституті кібернетики він визначив інформаційну систему як ядро автоматизованої системи управління підприємства та сформулював основну системно-технічну задачу проектування АСУП як задачу оптимального формування, раціональної обробки та комплексного використання інформаційних масивів у системі. Дійсно, при всьому різноманітті задач і технічних засобів саме масиви даних, що зберігаються та обробляються в АСУП, об’єднують в інформаційному плані усі ланки системи та усі задачі, що нею розраховуються. Від організації інформаційних масивів даних складної структури ІМДСС залежать оперативність і достовірність результатів, що генеруються системою, та, відповідно, ефективність управління у цілому. Базою для вивчення та дослідження цих процесів послужили аналітичні матеріали обстеження ряду великих підприємств, проведені у 1963–1967 рр. у відділі В.В. Шкурби (ІК АН УРСР) та в СКБ ІК АН УРСР [7]. Наявність в ІК фахівців з мови Кобол-60 (стандартизований у 1979 р. [2]), які могли оперувати з ІМДСС, незалежно від особливостей конкретних машин та на формальному рівні, досить ефективно описували для них транслятори [8].

Коллективом, якому було доручено розробку та виготовлення дослідного зразка такої ЕОМ як інформаційного ядра АСУ великих підприємств (що отримала шифр “Ода”), стало об’єднання виконавців відділу “Автоматизації статистичного обліку та планування” ІК АН УРСР під керівництвом В.В. Шкурби (оптимізація задач упорядкування, алгоритмічне та програмне забезпечення на основі високого рівня вхідної мови Кобол та інш.) з відділом № 25 “Логічного синтезу систем” СКБ ІК АН УРСР під керівництвом Л.С. Лозинського (розробка та організація технічних і програмних засобів та баз даних, структурна інтерпретація вхідної мови, управління високопродуктивною пам’яттю, швидкісною периферійною технікою і пристроями в реальному часі та інш.). ЕОМ “Ода” розроблялась у рамках проекту АСУП “Кунцево” під керівництвом В.С. Михалевича на основі тактико-технічного завдання, погодженого з Держпланом СРСР. Вона мала забезпечувати оперативне введення, збереження, переробку великих інформаційних масивів з метою найбільш раціонального вирішення єдиного комплексу задач обліку, планування та управління підприємством (відомством) від початкових первинних даних до вихідних документів (що призначались для обміну

між підприємствами) та видачі результатів обробки управляючим органам для прийняття рішень. Для реалізації цього завдання ретельним дослідженням, розробці та аналізу піддавались усі без винятку аспекти архітектурної і структурної організації складових машини; підлягали оптимізації їх інформаційні зв'язки та мініатюризація радіоелектронної апаратури, що проектувалась і виготовлялась на дослідному заводі СКБ; вивчались та використовувались методи імітаційного моделювання в теорії розкладів і календарного планування; сумлінно вивчались і критично порівнювались аналоги. І усе це заради врахування найменших дрібниць, щоб досягти необхідної тактової частоти, а саме не нижче 3-х МГц при наявній елементній базі (ЕБ) з частотою до 1,25 МГц [7]. Тут необхідно згадати, що проект подальшого розвитку принципів інтелектуалізації на основі структурної інтерпретації мов високого рівня в універсальній машині "Україна" не відбувся. Її Головний конструктор З.Л. Рабінович заявив: "...но она не была построена. Одной из причин, имевшей даже психологический характер, было то, что мы боялись скомпрометировать идею из-за отсутствия в то время необходимой для такой машины элементной базы" [3]. Потрібно було хоча б 5 МГц, але на схемах з трьома джерелами струму такої частоти принципово не можна було досягти. Цей висновок було зроблено за результатами тривалих експериментальних досліджень групою фахівців (у яких брав участь і автор). Результати цих досліджень у вигляді науково-технічного звіту захищались керівником групи Є.О. Мазуром на засіданні науково-технічної ради при Головному конструкторові машини "Україна".

У той же період на виготовленому макеті машини "Ода" в СКБ було реалізовано:

– 4-рівневу систему структурної інтерпретації вхідної мови Кобол [8, 9] методом конвеєрної вибірки двоадресних інструкцій та машинних команд [10], яка виконана групою інженерів і програмістів на оригінальному високочастотному пристрої мікропрограмного управління (ПМПУ), відповідальний виконавець Б.Г. Мудла;

– унікальний набір операторів для широкого класу економічних задач АСУ підприємства (відомства) та ефективний набір мікрооператорів. Вони визначили алгоритмічну структуру внутрішньої мови машини і були розроблені групою математиків і програмістів під керівництвом Т.О. Кімстач та А.А. Максименко [11];

– оперативне введення надвеликих масивів інформації (даних) із 4-х вхідних накопичувачів на магнітних стрічках (НМС) типу "Урал" у темпі їх безперервного руху;

– обробку (сортування, вибірку, об'єднання (влиття), коригування і дублювання масивів в інформаційній бібліотеці та інш.) та видачу вихідних масивів результатів для користувачів у темпі безперервного руху аналогічних 4-вихідних НМС;

– оперативне ведення інформаційної бібліотеки масивів результатів за допомогою високошвидкісного накопичувача на магнітному барабані (НМБ) та відповідне коригування інформаційної бібліотеки з 2÷3-разовою кількістю масивів – дублів. Все це виконувалось за допомогою спеціального процесора та системи комутації і управління периферійним обладнанням, розроблених під керівництвом І.А. Фрідман та Ю.М. Лося;

– одночасне обслуговування великої кількості телеграфних апаратів (основного на той час засобу оперативного зв'язку в управлінні) з обробкою вхідних даних і видачею результатів

обрахувань та оперативної управлінської інформації на місці у реальному часі забезпечувалось малогабаритними засобами [12, 13] та інш. Це мало забезпечити:

- проведення попередніх розрахунків для єдиного комплексу обліково-статистичних задач багаторівневого планування та управління підприємством;

- здатність ефективного функціонування як інформаційного ядра у складі АСУ відомств і підприємств типу “Львів” та “Кунцево”, що розроблялись.

Величезний творчий ентузіазм та інтенсивні дружні стосунки і взаємодопомога фахівців різного профілю СКБ та Інституту кібернетики панували повсюди. Це надавало наснаги і допомагало у скрутних ситуаціях долати складні задачі, які ставилися і розв’язувалися, як правило, вперше, породило немало яскравих ідей, методів і ефективних прийомів, що зберегли свою цінність на довгі наступні роки. До них можна віднести:

- унікальні методи структурних перетворень великих масивів інформації, що обіймали сотні тисяч багатозначних десятичних фраз і значно перевищували об’єми наявної на той час оперативної пам’яті, розроблені Л.С. Лозинським;

- повний набір типових операторів та мікрооператорів на двох парах матриць: ПЗУ рівня інструкцій (по 4096 двійкових комірок 80-розрядних слів кожна) та ПЗУ рівня машинних команд (по 4096 двійкових комірок 27-розрядних слів кожна). Для так необхідних 3-х МГц тактової частоти вибірки команд та інструкцій як елементної бази було розроблено підсилювачі на основі високочастотних тунельних діодів. Цю роботу виконала група розробників швидкодіючого ПМПУ під керівництвом автора;

- високопродуктивний центральний процесор з двійково-десятковим арифметико-логічним пристроєм та мультипрограмною обробкою обчислювальних економічних задач, який спроектовано і виготовлено відповідною групою спеціалістів під керівництвом І.А. Фрідман, О.О. Єрмоленко та І.Г. Кутняка;

- високонадійну багатоканальну систему синхронізації та комутації потоків даних від високочастотних зовнішніх пристроїв та документування результатів у темпі руху НМС та НМД на входах/виходах машини, яку спроектовано і реалізовано групою спеціалістів під керівництвом Ю.М. Лося та Л.М. Войтюка;

- надзвичайно просту і економну систему синхронізації і комутації декількох сотень телеграфних апаратів (ТА) на основі загальмованих багатофазних релаксаторів (мультивібраторів) за запропонованою автором схемою – один мультивібратор на один ТА канал – виконану під керівництвом Н.О. Касьяненко [13–14];

- жорсткі вимоги щодо показників надійності та мінімізацію показників габаритів, маси, енерговитрат для складових цього класу малих машин, виконані конструкторами відділу М.В. Сташкевича у співпраці з розробниками відповідних складових;

- вимоги керівників проекту щодо обов’язковості публікацій у науково-технічних журналах, тематичних збірниках та захист авторських прав на рівні винаходів або раціоналізаторських пропозицій. Це сприяло активній науковій, науково-технічній творчості практично усіх розробників проекту, їх фаховій зрілості та інш.

Головною та найбільш яскравою подією на початку 1969 року став блискучий захист Л.С. Лозинським Технічного проекту ЕОМ “Ода” на засіданні Вченої ради Інституту кібернетики під головуванням академіка В.М.Глушкова з демонстрацією усіх основних режимів роботи майбутньої машини на діючому макеті. На практиці була підтверджена повна перевага по всіх показниках результатів теоретичних розрахунків та математичного моделювання над машинами класу “Мінськ” (зокрема, на ЕОМ “Мінськ-22”). У кінці того ж року Л.С. Лозинський успішно захистив кандидатську дисертацію, основні результати якої опубліковані в монографії під загальною редакцією академіка В.М. Глушкова [7]. Це був помітний успіх, що став вагомим кроком на шляху ідеї розвитку інтелектуалізації малих ЕОМ завдяки створенню мікропрограмних машин з розвинутою архітектурою інтерпретації вхідних алгоритмічних мов високого рівня на другому стратегічному напрямку – автоматизації складних економічних задач планування, обліку та управління. Але відсутність фінансування подальших етапів робіт, проблеми навколо програм ОГАС і ГСВЦ [1–4] та деякі інші причини внутрішнього характеру не дали змоги розвинути цей успіх, більше того, макет і вся документація загинули у складі ескізного проекту ГСВЦ [1].

Необхідне фінансування відділу здійснювалось з різних джерел уже під керівництвом Б. А. Братуся. Так, одночасно з виконанням вищезгаданого проекту, групою співробітників під керівництвом І.А. Фрідман, І.Г. Кутняка та В.І. Журибіді було розроблено, виготовлено й передано у 1968 році замовникові – Інституту метеорології АН УРСР – в експлуатацію мобільний спеціалізований комплекс “Метеоролог” для управління радіолокатором та автоматичного обчислення метеорологічних задач, включаючи підрахунки інтенсивності опадів. Комплекс пройшов успішне випробування в польових умовах на Ржищівському полігоні, і силами розробників здійснювався авторський супровід його в умовах експлуатації.

Інша група інженерів, програмістів та математиків продовжувала обґрунтування вибору та проектування комплексу технічних засобів АСУ для Державного комітету СРСР з винахідництва та його підрозділів (Державного науково-дослідного інституту з проблем винахідництва та Державної патентної бібліотеки), включаючи канали відповідних інформаційних потоків між країнами Ради Економічної Взаємодопомоги за темою “АСУ-Винахід”. У 1973 році виконаний проект було передано Генеральному Замовникові, що спричинило відчутну реорганізацію цього відомства та унеможливило подальше фінансування робіт. Однак ця група вже виконувала роботи за проектами нового покоління автоматизованих систем управління у відділенні ТЗ АСУ під керівництвом А.О. Морозова, де за завданням академіка В.М. Глушкова концентрувались науково-технічні сили з наукових та науково-практичних проблем розвитку комплексних АСУ.

У 1968–1978 рр. в СКБ ІК АН УРСР проводилась велика комплексна робота щодо створення та виготовлення масштабної системи автоматизованого проектування (система “Чертёж”) під керівництвом Ю.Т. Мітулінського, С.Б. Погребінського та Г.І. Корнієнка. Наукове керівництво проектом здійснювалось В.І. Скуріхінім. Це мав бути потужний багаторівневий програмно-технічний комплекс, що забезпечував усі стадії досліджень при проектуванні підводних човнів та надводних кораблів у Центральному науково-дослідному інституті кораблебудування ВМФ. У зв’язку з цим, до розробки і виготовлення системи було підключено значну кількість підрозділів СКБ, включаючи дослідне виробництво, та окремих груп спеціалістів з необхідною кваліфікацією. Тому цілком

природно, що групам багатоканальних систем комутації та управління швидкісними потоками даних під керівництвом Ю.М. Лося, Л.М. Войтюка та Н.О. Касьяненко було доручено розробку й виготовлення комутаторів кінцевих пристроїв вводу/виводу цифро-алфавітної, графічної та відеоінформації (КОУ-1, КОУ-2 та КОУ-3) системи "Чертёж". Над цим працювала значна частина висококваліфікованих спеціалістів нашого відділу.

Інша, також велика група співробітників під керівництвом Г.І. Корнієнка, виконувала роботи щодо створення першої бортової ЕОМ "Експрес-1" на великих гібридних інтегральних схемах (ВГІС) для систем вимірювання й обробки інфранизькочастотних сигналів у комплексах захисту морських акваторій. Замовником був Всесоюзний науково-дослідний інститут оптико-фізичних вимірювань (ВНДІОФІ, м. Москва), якому належала поставка 5-ти таких машин для комплектування базових комплексів Гензамовника. При цьому фахівці нашого відділу не просто увійшли до складу діючої робочої групи, але у більшості випадків відігравали провідну роль. Це був принципово новий науково-технічний та технологічний рівень розробки ЕОМ з одночасною зміною науково-прикладного напрямку задач їх застосування в сторону автоматизації наукових досліджень. Саме на цей період припадають унікальні розробки, виконані спеціалістами відділу у надзвичайно стислий термін. Так, вперше в СРСР в міні-ЕОМ "Експрес-1" для відображення цифро-алфавітної та графічної інформації будь-якої складності було використано прогресивну телевізійну розгортку стандартної ЕЛТ промислового телевізора з частотою 50 Гц [15 – 17]. Спроековано і виготовлено відповідну систему управління розгорткою на одній ВГІС (Б.Г. Мудла, А.К. Бєляєв). Спільно з Київським науково-дослідним інститутом напівпровідникових приладів розроблено і виготовлено 12 типів ВГІС процесорних пристроїв, оперативної і пасивної пам'яті та каналів зв'язку з периферійним обладнанням машини "Експрес-1" (Я.І. Барсук, І.А. Фрідман, В.Ф. Берніков, Ю.М. Лось, С.К. Лісничий, М.М. Жулай). Це стало суттєвим науково-технологічним досягненням і початком застосування лінійки засобів мікроелектроніки для мікромініатюризації виробів обчислювальної техніки в СКБ ММС. Але розпорошеність спеціалістів відділу за різними підрозділами уже не задовольняла ні самих співробітників, ні їх керівництво, в тому числі і мене. Але допоміг випадок. В середині 1975 року повернувся із засідання Державного комітету з науки і техніки академік В.М. Глушков і на засіданні Вченої ради Інституту кібернетики сповістив, що в країні важливе значення надається проблемі автоматизації випробувань складних об'єктів нової техніки і що Інститут кібернетики є офіційно головним у країні щодо вирішення цієї проблеми.

У відділах Г.І. Корнієнка та С.К. Лісничого СКБ ІК уже був певний досвід створення автономних засобів локальних експериментів та випробувань, наприклад, навігаційних систем рухомих об'єктів за допомогою спеціального обчислювального комплексу (СОК) "Скорпіон", засобів випробування якості окремих вимірювальних та управляючих виробів ракетних комплексів (СОК: "Ромб 1", "Ромб 2", "Ромб 2/3"), або автоматичного контролю якості деталей авіаційних газотурбінних двигунів (система "Цикл"). Спільно з нашим відділом (Б.А. Братуся) велись роботи з виготовлення 5-ти міні-ЕОМ "Експрес-1" для обробки оптико-фізичних сигналів досліджень об'єктів в інфранизькочастотному діапазоні частот. Уже було затверджене ТТЗ на бортовий цифровий обчислювальний комплекс ЕКСПАН для натурних мореплавних випробувань кораблів. Ґрунтовні

знання з теорії і технології проектування кораблів отримали розробники системи “Чертёж”, яка вже пройшла попередні випробування.

Все наведене вище та наявність у СКБ ММС своєї експериментальної виробничої і елементної бази (12 типів ВГІС серії 230 виготовлялось у київському НВО “Кристал” та частково в СКБ, йшла передача документації на завод “Мікрон”, м. Зеленоград) дало підставу створити в СКБ ММС ІК “Відділення спеціалізованих обчислювальних комплексів і систем” ВСОКС. До його складу увійшло чотири відділи: № 161 Б.А. Братуся, № 162 С.К. Лісничого, № 163 Г.І. Корнієнка (заступник І.В. Новицький), № 205 Є.О. Шаясюка (заступник Г.С. Теслер) та одна лабораторія № 165 Г.Д. Давидюка. Конструювання бортової апаратури було покладено на відділ Б.Д. Яценка. Керівником ВСОКС призначено заступника директора СКБ ММС Г.І. Корнієнка, а посаду єдиного заступника керівника відділення на загальних зборах провідного складу фахівців новоствореного відділення було запропоновано мені.

## **2. Нові задачі – нові рубежі**

Рішення щодо єдиного заступника керівника відділення, як показала потім практика, було досить ефективним для оперативного управління плануванням численних етапів робіт за низкою договорів, що виконувались у відділах ВСОКС. Це різко скоротило час на багаторівневі дебати завдяки тому, що кінцеве рішення по всіх питаннях, у тому числі і по скаргах, без яких, певна річ, не обійшлося, приймалось керівниками відділення.

Доречно було б зробити відступ і з вдячністю згадати, що мені, молодому керівникові, надзвичайно згодився досвід наукової та організаційної роботи, який я отримав від Анатолія Олексійовича Морозова, працюючи майже чотири роки у керованому ним відділенні ТС АСУ заступником начальника відділу, головою профспілкової організації та в інших суспільних організаціях цього відділення. Це досвід усвідомлення необхідності поєднання наукової, технічної, організаційної й соціально активної роботи. Тому й організаційний період нового відділення пройшов досить швидко, хоча й не просто, оскільки різко загальмувалися роботи з комплексного налагоджування п'яти зразків міні-ЕОМ “Експрес-1”. І тут я виявив у одного з начальників відділів “під сукном” затверджене тактико-технічне завдання (ТТЗ) та проект Договору на розробку і виготовлення “Бортової автоматизованої системи обробки експериментальних даних” (БАСОЕД ЕКСПАН), за планами яких роботи мали розпочатися ще понад рік тому. Я порадився з провідними спеціалістами відділу № 161 (де я залишався заступником начальника відділу Б.А. Братуся) та заручився підтримкою дирекції про відновлення єдиного колективу з підписом цього договору. Кінцевий термін поставки системи скоригувати не вдалось, але договір було затверджено у Генерального Замовника – Головним управлінням кораблебудування (ГУК) ВМФ СРСР 23 вересня 1975 р., на виконання якого залишалось рівно один рік. Машина “Експрес-1” ще лише автономно налагоджувались для іншого Замовника. Для АСОЕД довелось збирати на дослідному заводі нову машину з урахуванням нових структурних та архітектурних вимог щодо розміщення системи ЕКСПАН безпосередньо на борту корабля, що підлягає мореплавним випробуванням, для багатоканального збору і обробки експериментальних даних (ЕД) та експрес-аналізу основних характеристик показників мореплавності в реальному часі проведення випробувань. Природно, що

це стало у певній мірі конкуруючим змаганням двох рівноцінних і взаємозалежних колективів-розробників за першість дострокової передачі готових виробів своїм замовникам. Та й умови були рівноцінними, оскільки алгоритмічне і програмне забезпечення та пакети прикладних задач розроблялись одним відділом № 205 (заступник начальника відділу Г.С. Теслер). Більш того, рівноцінними були замовники: ВНДІОФІ (м. Москва) та в/ч 13132 (м. Севастополь), спеціалісти яких були висококваліфікованими у своїх галузях і чітко формулювали цілі, задачі й вимоги щодо тактико-технічних параметрів мобільних систем і комплексів, володіли методами обробки ЕД у стаціонарних умовах із застосуванням великих універсальних ЕОМ БЕСМ-4, ЕС 10-20, а у в/ч 13132 працювала стаціонарна АСОЕД "Скорость" на базі ЕОМ "Мінськ-32" і "М-6000".

Завдяки цьому нам вдалося досить швидко адаптуватись із розробками і уже в липні 1976 р. бортовий комплекс ЕКСПАН [18] (рис. 1) було випробувано і передано у дослідну експлуатацію на морський полігон Замовника – в/ч 13132. З травня 1977 року його впроваджено у промислову експлуатацію ЦКБ по СПК (м. Горький) для обробки ЕД швартовних і польотних випробувань екранопланів "Орлюнок". Так, вперше у практиці кораблебудування їх розробниками отримано безпосередньо в натурних умовах експлуатації по 112 каналах надійні ймовірно-статистичні характеристики (ЙСХ) параметрів тривкості, мореплавної, гідродинаміки та аеродинаміки екранопланів – цієї принципово нової та надзвичайно складної техніки.



Рис. 1. Бортовий комплекс ЕКСПАН

Застосування ЦОК ЕКСПАН різко зменшило кількість і терміни експериментів, а саме: термін обробки кожного режиму з 5-ти діб до 3,5 годин, що дало можливість на один рік скоротити загальний



термін натурних випробувань об'єкта. Поліпшились якість обробки та глибина аналізу випробувань за рахунок об'єктивного тарування датчиків і вимірювання сигналів, що мають випадковий характер, надійної їх реєстрації та забезпечення обробки і експрес-аналізу випадкових швидкоплинних процесів із заданою точністю та вірністю у реальному часі. Це дало річний економічний ефект у розмірі 1395,2 тис. руб. (з Довідки та Розрахунку річного економічного ефекту в/ч 13132 про промислове впровадження цифрового обчислювального комплексу ЕКСПАН від 07.09.1978 р.).

У жовтні 1977 року міні-ЕОМ "Експрес-1" (рис. 2) з майже аналогічним математичним та програмним забезпеченням для виявлення та ідентифікації інфранизькочастотних випадкових сигналів у складі комплексу Замовника була впроваджена у промислову експлуатацію і вперше забезпечила проведення направлених експериментів, стала вахтовою установкою для реєстрації, розпізнавання і контролю об'єктів у робочих умовах. Економічний ефект від впровадження однієї машини склав 1328,9 тис. руб. (Акт ВНДІОФІ про впровадження у промислове виробництво та Розрахунок річної економічної ефективності від 01.10.1977 р.).



Рис. 2. Бортова міні-ЕОМ "Експрес-1"

Упевнившись в ефективності бортових АСОЕД та у можливостях СКБ ММС ІК, у 1976 р. ГУК ВМФ затвердив додаткову угоду на створення та розробку типової багатоканальної БАСОЕД "Пірс" для комплексних мореплавних випробувань кораблів та підводних човнів з можливістю варіювання кількістю каналів вимірювання ЕД. Це вимагало від розробників суттєвого збільшення обчислювальної потужності системи для цифрування сигналів з великою кількістю аналогових датчиків на борту та їх обробки. Проектування почали з проробки двомашинного комплексу на основі модернізації машини "Експрес-1". Однак в цей час у Міністерстві електронної промисловості почалася реорганізація, і наказом Міністра О.І. Шокіна технологічну лінію ВГІС було ліквідовано. Нам нічого не залишалось, як "модернізувати" нашу машину на основі наявних схем низької інтеграції (ІС) розширеної серії 155, що отримала шифр "Експрес-1М". У рекордно короткий термін під керівництвом В.Ф. Бернікова, О.М. Шалейка та А.К. Беляєва спільно з конструкторами відділу Б.Д. Яценка було розроблено та передано Мінському заводу "Еталон" РКД на виготовлення машини

“Експрес-1М”, яка при серійному випуску разом із Свідоцтвом про атестацію її за вищою категорією якості отримала шифр “Еталон”. Але це вже була 1,7-метрова стійка з автономних блоків замість настольного, хоча виготовлена за усіма канонами морського та авіаційного борту на протязі одного 1977 року. Досвід електронників та конструкторів бортових машин і систем виправдав ідею конструювання нової машини за нормативно-технологічною документацією серійного заводу “Еталон” та його обмежуючою нормаллю. Це дало змогу паралельно вести розробку і виготовлення машини без створення її макетного зразка та одночасне проектування і виготовлення двохмашинного цифрового обчислювального комплексу (ЦОК) “Пірс” на основі міні-ЕОМ “Еталон”. При цьому вирішувалась ціла низка наукових та науково-технічних проблем, які суттєво впливали на якість кінцевого продукту та ефективність застосування типової ЦОК “Пірс” для натурних мореплавних випробувань широкого спектру зразків нових кораблів ВМФ – основного та, як правило, єдиного безальтернативного джерела найбільш достовірних даних про поведінку та працездатність об’єкта у реальних умовах експлуатації [19, 20]. Це найбільш складний, довготривалий та витратно-коштовний етап їх створення, у процесі якого визначаються реальні тактико-технічні характеристики (ТТХ) на рівні комплексної оцінки взаємовпливу підсистем об’єкта поміж собою та під впливом зовнішніх (хвиле-вітрових та атмосферних) сил. Головною науковою проблемою комплексних натурних випробувань (НВ) є забезпечення достатньої адекватності експериментів реальним ситуаціям в умовах експлуатації об’єкта. Прикладною значущістю є створення та розробка відповідних і ефективних засобів автоматизації натурних експериментальних досліджень.

Процес організації НВ можна уявити у вигляді деякої кібернетичної системи, яка здійснює послідовне перетворення «простору задач» на вході у «простір результатів» на її виході. При підготовці та проведенні НВ необхідно розв’язувати низку специфічних задач, притаманних лише цьому етапові створення складних об’єктів [21, 22]. До них у кожному конкретному випадку причетні вибір методів та засобів проведення випробувань, визначення необхідної кількості експериментів та реалізацій, вибір параметрів, що підлягають аналізу у реальному часі експеримента, включаючи методи і засоби вимірювань, реєстрації, збирання, обробки ЕД та накопичення, аналіз і відображення результатів. Тобто ЦОК “Пірс” як символ загальності разом із системою інформаційно-вимірювальних комплексів (ІВК) є складна структура системи інформаційного забезпечення (СІЗ) натурних експериментів із гнучкою архітектурою можливостей її перебудови на різні типи об’єктів. Інтегральним показником його ефективності є забезпечення розв’язку зазначеної головної задачі у реальному часі або близького до нього за усіма основними параметрами кораблів (ЕД, з яких тривалий час обраховувались на стаціонарних АСОЕД) за рахунок досягнення необхідної сумарної обчислювальної продуктивності СІЗ при суттєвих її обмеженнях за габаритами, масою та енерговитратами. На рис. 3 зображено бортовий комплекс “Пірс”, детально описаний у [19, 20].

Він є багатопроцесорною системою з розподіленою архітектурою, яка включає як абоненти оперативної пам’яті (ОЗУ) два процесори базової міні-ЕОМ, спецпроцесори телевізійних установок (відеокамера, відеомагнітофон, телевізійні приймачі та монітори), передпроцесори-конвертори (до 16-ти комплектів) для перетворення ЕД (НЧ, ВЧ та СВЧ сигналів від багатоканальної апаратури

IBC) та організації єдиної структури їх бази даних і результати обробки на цифрових НМС і НМЛ, відображення їх на моніторах, телевізійних приймачах та документування інформації на пристроях каналів прямого доступу КПД, швидкісного СК та мультиплексного МК.



Рис. 3. Бортовий комплекс "Пірс"

Компактне програмне забезпечення (ПЗ) має блокову структуру відкритого типу з файловою ієрархією єдиної бази даних випробувань (БДВ). ПЗ забезпечує ефективну синхронізацію магістрально-конвеєрних процесів обробки інформації за рахунок можливості рентабельного (повторного) входження у кожний програмний блок, економної апаратної багаторівневої системи переривань та надшвидкого (менше 50-ти мкс) апаратного переключення буферів вводу / виводу. Організація доступу до пам'яті ОЗУ за методом стеків у сукупності з динамічним її розподілом є найбільш потужний і гнучкий механізм організації областей проблемних даних користувача та одночасного виконання до 16-ти задач завдяки також можливості здійснення арифметичних та логічних операцій над числами і текстами різних форматів. Крім того, передбачені засоби процесу автоматизації безпосередньої розробки програм користувача під егідою ОС і ДОС РЧ "ЕТА".

Бортовий ЦОК "Пірс", розроблений і виготовлений в СКБ ММС, успішно витримав Державні випробування, які відбулися у період з 10 по 18 вересня 1979 року на території в/ч 13132 (м. Севастополь) в умовах експлуатації на кораблі ОС-243 в морі у районах бухти Бателиман та мису Сарич. Метою Державних випробувань була всебічна перевірка якості технічних засобів та системи

програмного забезпечення, ефективність їх функціонування методом порівняння результатів обробки ЕД, отриманих на системі “Пірс” безпосередньо в морі, з результатами, отриманими на береговій стаціонарній АСОЕД “Скорость”. При цьому експерименти виконувалися фахівцями в/ч 13132, де обробкою ЕД на системі “Скорость” керував В.Я. Гальчук, а у морі на системі “Пірс” – В.І. Іванас. Результати порівнянь були вражаючими. Час отримання ЙСХ параметрів корабля на комплексі “ПІРС” був набагато менший при майже однакових величинах їх показників. При подальшій експлуатації комплекс неодноразово підтверджував свою ефективність щодо оцінки та підтвердження проектних розрахунків і гарантій специфікацій, які надаються замовникові проектувальниками та будівельниками різних типів кораблів.

Для подальшої експлуатації комплексів ЕКСПАН та “Пірс”, що належали вже в/ч 13132, спільним Рішенням АН УРСР та ВМФ СРСР у січні 1980 р. було організовано “Спецвідділ супроводу комплексів обробки даних” № 167 під керівництвом В.І. Іванаса. Він мав самостійний план наукових досліджень щодо розробки та впровадження у практику кораблебудування нових методів натурних експериментів та мінімізації їх об’ємів. Так, за допомогою типового комплексу “Пірс” у короткий термін забезпечено:

- у період з 03.07.1980 р. по 26.12.1980 р. відбулося виконання біологічних наукових досліджень та натурних експериментів із морськими тваринами за темою “Каліпса”, завдяки чому стало можливим проведення у відкритому морі таких експериментів, які раніше принципово не могли бути реалізованими;

- у період з березня по липень 1981 р. було підтверджено ідентичність параметрів мореплавності на заданих швидкостях та бальності моря при порівняльних випробуваннях двох кораблів на підводних крилах “Ураган” і “Сокіл”, що започаткувало нову технологію порівняння у реальних умовах поведінки двох суден по усьому спектру їх параметрів;

- у періоди з 03 по 20 квітня 1982 р. та з 23 жовтня по 23 листопада 1982 р. в екстремальних штормових умовах Північного моря (рис. 4) проведено повторні Державні граничні випробування головного із серії великих протичовнових кораблів “Удалой” на міцність та мореплавність у зв’язку із надмірними вібраціями корпусу корабля. З появою необхідної висоти хвиль система зареєструвала резонансні частоти сигналів, обробка яких методом обчислень взаємних ЙСХ різних джерел дала змогу виявити місце, пов’язане з таким явищем, як слемінг. Цей результат не тільки врятував репутацію конструктора і виробника, але й за рахунок невеликих доробок підтвердив експлуатаційні гарантії серії суден та дозволив Державній комісії прийняти рішення про завершеність їх натурних випробувань.

У результаті впровадження багатоканального (до 1000 каналів) бортового ЦОК “Пірс” у промислову експлуатацію річний економічний ефект склав 1 969,08 тис. рублів. (“Расчёт...”, затверджений 17.04.1981 р. начальником ГУК ВМФ СРСР). Значний внесок у виконання цих робіт зробив колектив відділу № 167 під керівництвом В.І. Іванаса.

Забезпечення експлуатації бортових АСОЕД “Пірс” і ЕКСПАН та систем “Рейд” і “Нептун” (розробник останніх – лабораторія Г.Т. Макарова, СКБ ММС) при виконанні науково-дослідних експериментів та проведенні комплексних натурних випробувань нової техніки за їх допомогою було досить високим як за рівнем розроблених нових методів і програм, так і рівнем набутих знань,

особливо у задачах планування експериментів, маючи можливість порівнювати результати моделювання на універсальних ЕОМ АСОЕД “Скорость” і “Геліограф” та на згаданих бортових комплексах. Це підтверджено результатами кандидатської дисертації В.І. Іванаса. Впровадження виробу “Пірс” у промислову експлуатацію з квітня 1983 р. по травень 1985 р. на об’єктах ВМФ оцінено повторним річним економічним ефектом, що склав 1969083,9 руб., і затверджено 08.05.1985 р. заступником начальника ГУК ВМФ.

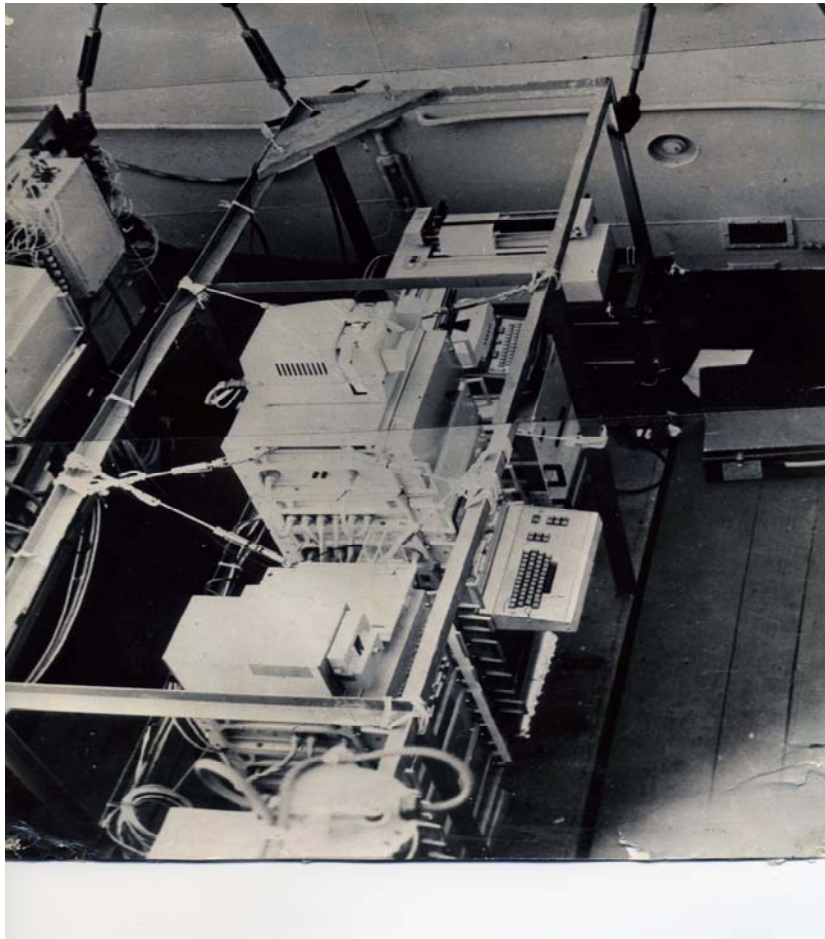


Рис. 4. Бортний комплекс “Пірс” по штормовому

Тут необхідно згадати про неоціненний внесок у розвиток теорії і практики цього напрямку науки і техніки колективів відділів № 164 і № 166 під керівництвом братів М.І. Діанова та В.І. Діанова. Їх поява у складі нашого відділення восени 1977 р. співпадає з закінченням основних робіт з розробки та виготовлення системи “Чертёж” (саме йшла підготовка до її передачі замовникові), а в цей же час із Мінська нам надійшла для налагодження перша партія міні-ЕОМ “Еталон”. Братам Діановим сподобалась архітектура машини та й взагалі перспективи тематики, і вони відразу ж приступили до виготовлення програмних засобів для автоматизованого процесу її налагодження. Оскільки ці процеси співпали у часі, то уже взимку 1977 – 1978 рр. ми мали зразок працюючої машини для моделювання процесів і задач за тактико-технічними вимогами до ЦОК “Пірс”. При цьому було запропоновано і внесено суттєві зміни та доповнення до архітектури та структури машини “Еталон” (позначився набутий досвід розробки системного та прикладного програмного забезпечення системи “Чертёж”), які оперативно відпрацьовувались фахівцями з електроніки і конструкторами та реалізовувались у “залізо” за допомогою досвідного виробництва СКБ ММС.

Таким чином, повністю налагоджений дослідний зразок разом із скоригованою РКД було передано заводу (за Актом міжвідомчих приймальних випробувань ЦВМ “Еталон”, затверджено 15.01.1980 р. віце-президентом АН УРСР академіком В.М. Глушковим та заступником голови Держстандарту СРСР В.І. Кипаренком) для гарантованого випуску якісної серії цифрової бортової проблемно-орієнтованої міні-ЕОМ “Еталон-1” (рис. 5) [23].



Рис. 5. Серійна бортова міні-ЕОМ “Еталон”

Вона підтвердила свою якість та ефективність не тільки у системі “Пірс” (при Державних випробуваннях якої В.І. Діанов перебував на кораблі у морі), але й у численних розробках як багатомашинних комплексів, так і у варіантах однієї машини для різних додатків натурних експериментальних досліджень у галузі науки та техніки. “...В період с 1980 г. по 1986 г. нашим заводом випущено 86 комплектов машини вычислительной цифровой проблемно-ориентированной “Эталон-1”. (Лист Головного інженера Є.О. Лозовика від 23.02.1987 р. за № 22/658), а “...доля СКБ ММС годового экономического эффекта от внедрения в народное хозяйство одного образца ЭВМ “Эталон-1” составила 121,3 тыс. рублей”. (“Розрахунок ...”, затверджений директором ВНДІОФВ, проф. Б.М. Степановим 02.12.1985 р., який був замовником цих машин для Держстандарту СРСР).

До того ж це відомство було надзвичайно зацікавлене у достроковому виконанні своєї власної програми під керівництвом Першого заступника Голови С.Б. Ісаєва щодо забезпечення єдності вимірювань та оперативної їх обробки при проведенні робіт щодо перевірення та атестації засобів перевірок – головної задачі територіальних (республіканських, обласних, районних і т. д.) центрів за рахунок автоматизації регламентних робіт з атестації засобів вимірювань та метрологічного супроводу їх випробувань, що підпорядковувались республіканським Центральним станціям метрології (УкрЦСМ, БелЦСМ, УзЦСМ і т.п.). Основними проблемами створення систем автоматизації були:

- стандартизація та уніфікація методів і засобів метрологічного забезпечення в країні, єдність методик та накопичення єдиної бази аналітичних даних для наукового аналізу;
- створення мережі мобільних систем автоматизованого збору, обробки та результатів контролю й аналізу за усіма підрозділами районних, міських та обласних територій;
- автоматизовані системи атестації та контролю промислових засобів вимірювань та перевірок мають задовольняти вимогам підвищеної (на порядок) точності вимірювань та інших метрологічних параметрів, а також вимогам реального часу їх проведення. Ці та інші вимоги стали основою переговорів, які ми вели з вищезазначеними та іншими ЦСМ при вивченні їх функціональних обов'язків і задач. Перевагу ми надали БелЦСМ із тих міркувань, що вони мали бажання та науковий потенціал у галузі метрології, були досить амбітними щодо лідерства з питань системної автоматизації виробничих процесів у галузі, до того ж поряд знаходився того ж таки відомства серійний завод “Еталон”, який уже випускав необхідну машину “Еталон”. За договором від лютого 1980 р. розробку та виготовлення РКД на мобільну АСОЕД “Стандарт” доручили відділам розробників технічних засобів (начальник А.С. Одинокий), програмного (начальник М.Р. Донченко) та конструкторського забезпечення (начальник Б.Д. Яценко) від СКБ ММС. Виготовлення, установка на шасі автомобіля типу ПАЗ та комплексне налагодження (спільно з розробниками СКБ ММС і з спеціалістами БелЦСМ) покладались на серійний завод “Еталон”. Виготовлені силами кооперації трьох підприємств у вересні 1981 р. два зразки мобільної АСОЕД “Стандарт” (рис. 6) пройшли міжвідомчі випробування та були передані у серійне виробництво.

Пілотними задачами системи “Стандарт” були задачі забезпечення у широкому діапазоні вимірювань, збору, оперативної обробки даних та накопичення результатів і оформлення документації на місці проведення робіт із перевірення та атестації камер холоду, тепла, вологи, тиску, а також устаткування для вібрацій, ударів та міцності на підприємствах, підпорядкованих БелЦСМ. При цьому структура системи враховує можливість обслуговування нових видів вимірювань, організації обміну даними та результатами їх обробки і експрес-аналізу із регіональними центрами. У листопаді – грудні 1980 – 1981 рр. вони демонструвались (за участю наших фахівців під керівництвом Л.Є. Горші) на декількох міжвідомчих виставках (“Сетунь” та Держплану СРСР), де отримали високу оцінку міністерств дев'ятки за широкі функціональні якості та за можливість використовувати їх у польових умовах як у спеку, так і зимовий період.

Відповідальним випробуванням на професійну зрілість колективів підрозділів нашого відділення стали два доручення за Рішенням комісії СМ СРСР від 03.03.1980 р.:

1) про забезпечення швартовних, мореплавних та польотних випробувань натурних зразків екранопланів “Лунь” та інших з метою комплексної оцінки їх параметрів у реальному часі виконання експериментів за рахунок створення і поставки багаторівневої системи комплексів: багатоканального мобільного полігонного АСОЕД “Курс” та бортового багатоканального (до 1200 датчиків) інформаційно-вимірювального і обчислювально-реєструючого комплексу БАРК за договорами з ЦКБ по СПК (м. Горький) від 19.12.1979 р. та від 29.06.1980 р. відповідно (Г.І. Корнієнко, Б.Г. Мудла, В.Ф. Берніков, А.К. Беляєв, В.М. Буртняк, Л.М. Войтюк, В.І. Іванас, А.І. Канівець, В.В. Леонідов, В.В. Соломонов, О.М. Шалейко, К.М. Шилов, Б.Д. Яценко);

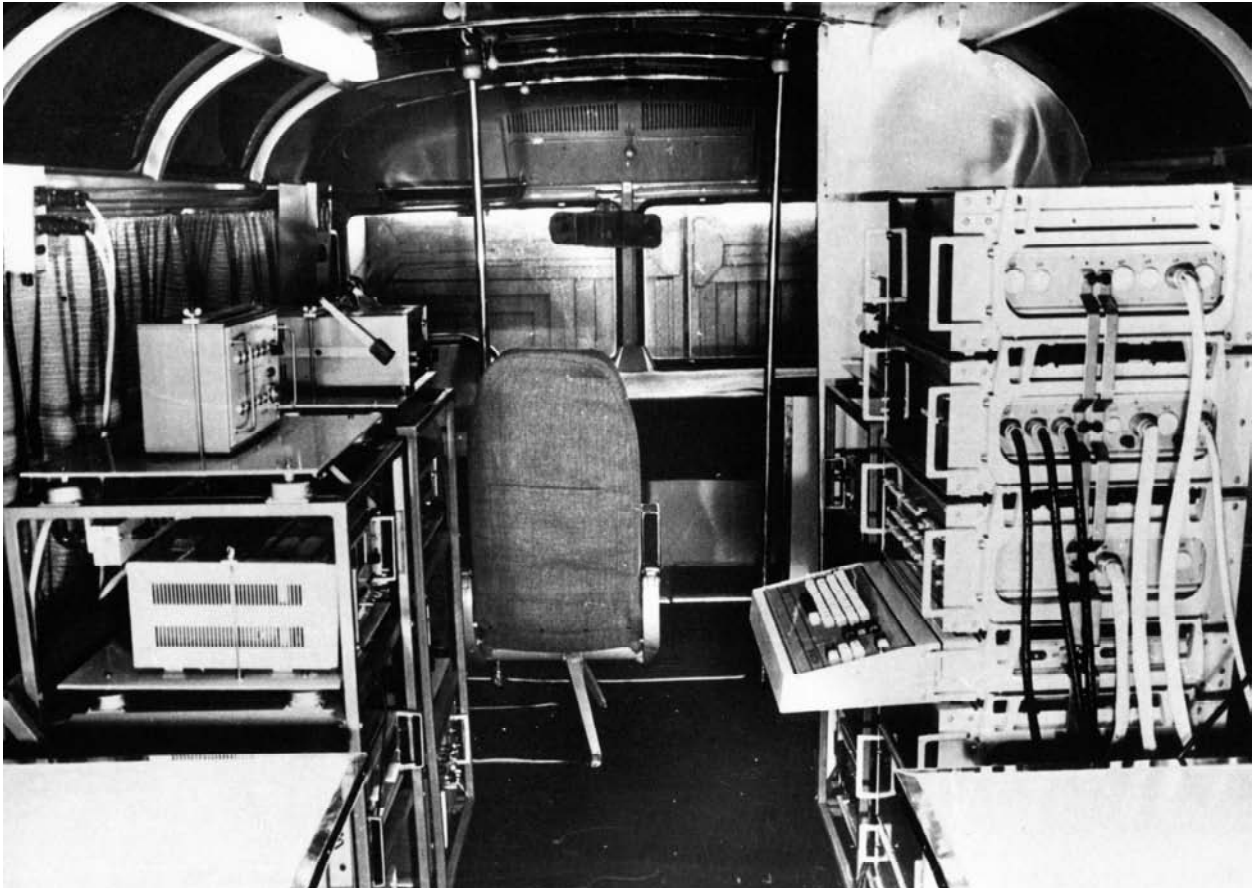


Рис. 6. Мобільна АСОЕД “Стандарт”

2) про забезпечення натурних випробувань та контролю надійності роботи комплексів “Світлана-Маяк” при експлуатації режимів злету та посадки літаків на палубу полігону “Нитка” за рахунок розробки, виготовлення і поставки полігонної цифрової обчислювальної і управляючої системи “Крос” за договором з ЛНВО “Пролетарський завод” (м. Ленінград) від 19.03.1980 р. (В.І. Діанов та М.І. Діанов).

Особливості останнього об’єкта – великі геометричні розміри, складність механізмів злету і посадки, динамічно напружені та повторно-короткочасні режими роботи поршня машини розгону та механізмів посадки з високою циклічністю, що вперше проектувались і виготовлялись у країні, – визначили особливості архітектури ЦОК “Крос”:



– складність надійної дискретизації високочастотних списоподібних сигналів, що відображають повторно-циклічні режими, а висока динаміка експериментів вимагає забезпечення оперативних вимірювань та обробки ЕД у реальному часі виконання робочих циклів із широким застосуванням нових методів експрес-аналізу ймовірно-статистичними характеристиками швидкоплинних сигналів та імпульсних процесів;

– велика протяжність об'єкта випробувань вимагає створення малогабаритних розгалужених засобів вимірювань ЕД по 320 імпульсних датчиках та підключення їх за допомогою кабельних високочастотних радіоканалів до периферійних процесорів-концентраторів і далі до центральної ЕОМ на віддалі 300 та більше метрів;

– унікальні й дуже коштовні літальні апарати типу МІГ та СУ, що взаємодіють із об'єктом випробувань, та висока вартість одного циклу випробувань вимагають підвищеної відповідальності щодо точності вимірювань, надійності збору та адекватності обробки ЕД, розрахунків ЙСХ параметрів і аналізу їх результатів, пов'язаних із прогнозуванням доцільності чергового циклу робіт.

Враховуючи випереджаючий темп налагодження та пуску в експлуатацію комплексу "Маяк", було прийнято рішення: розробку, виготовлення та поставку ЦОК "Крос" виконувати на основі бортової міні-ЕОМ "Еталон" у вигляді автономних одномашинних мультипроцесорних інформаційно-вимірювальних обчислювальних комплексів "Крос-1" і "Крос-2" (рис. 7 і 8). У травні 1982 р. вони успішно пройшли заводські (нині попередні) випробування, а у жовтні цього ж року "Крос-1" з високою оцінкою завершив міжвідомчі випробування та здійснив передачу у дослідну експлуатацію. Такий підхід виявився правильним як із позицій надійності системи в цілому, так і з тактичних міркувань, оскільки комплекс "Маяк" з липня 1983 р. запрацював на повну потужність і працює донині. Комплекс "Світлана" обмежився лише експериментами розгону так званих "болванок" з вагою реальних літальних апаратів. Але це дало можливість у квітні 1984 р. налагодити й завершити комплексну стиковку системи "Крос-2", провести її випробування у реальних умовах роботи розгінної машини та підтвердити високу точність, оперативність і надійність результатів. Відтак лише "Крос-1" вважається впровадженим у промислову експлуатацію, про якість розробки якого варто судити мовою висновків із "Акту впровадження", затвердженого Головним інженером ЛНВО М.В. Лебедєвим 05.11.1984 р.:

1. ЦОК "Крос-1" є проблемно-орієнтованим багатопроцесорним комплексом польового застосування з широкою номенклатурою зовнішніх пристроїв, периферійних та центральних процесорів, засобів відображення та документування результатів обробки.

2. У процесі натурних випробувань складних систем судна ЦОК забезпечив високу оперативність обробки при одночасному зниженні кількості циклів випробувань та безпеки їх проведення, високоінтерактивний доступ і комфортність роботи оператора-дослідника та надійність випробувань нових об'єктів у складних кліматичних умовах.

3. ЦОК "Крос-1" є однією із найбільш досконалих вітчизняних систем реального часу для вимірювання та обробки даних випробувань складних технічних об'єктів. Розробка виконана на високому науково-технічному рівні, а її впровадження є суттєвим внеском у практику автоматизації натурних експериментальних досліджень, робіт і комплексних випробувань нових об'єктів.



Рис. 7. Цифровий обчислювальний комплекс "Крос-1" на полігоні



Рис. 8. Цифровий обчислювальний комплекс "Крос-2" на полігоні

4. Покладені в основу розробки наукові, технічні та конструкторські рішення відрізняються новизною, оригінальністю та компактністю. При його розробці та виготовленні отримані та

використані винаходи за авторськими свідоцтвами №№ 1062900, 062705, 1051557, 1032478, 1091160, 1088114.

5. Цим актом підтверджується факт впровадження ЦОК "Крос-1" у промислову експлуатацію та його ефективність при натурних випробуваннях складних корабельних комплексів "Світлана-Маяк". При цьому річний економічний ефект, отриманий у результаті цього впровадження, склав 1370,7 тис. руб. ("Расчёт ...", затверджений 25.11.1985 р. заступником Міністра суднобудівної промисловості СРСР Г.Г. Пуляєвським).

Поява вітчизняних швидкісних суден і кораблів на підводних крилах (СПК і КПК) [24], суден і кораблів на повітряній подушці (СПП і КПП) [25] та особливо кораблів з динамічним принципом підтримки (КДПП) – екранопланів [26] серій "Орлюнок" і "Лунь" ("Монстрів Каспійського моря"), створених в ЦКБ по СПК Головного конструктора Р.Є. Алексєєва [27], докорінно змінили вимоги щодо підходів, засобів та методології їх натурних випробувань. Вони стали ще більш складними, об'ємними, відповідальними та надзвичайно коштовними, але дуже корисними. Це обумовлено такими чинниками:

- відмінними показниками гідроаеродинамічних якостей планера корабля, що дали можливість польоту на невеликій (2 метри) висоті від екрану понад водою, забезпечивши йому високу експлуатаційну ефективність при великих місткості (6 рот морського десанту з бронетехнікою або до півтори тисячі пацієнтів літаючого шпиталю), габаритах та підйомній вазі у 380 тон, швидкості польоту до 500 км на годину, дальності польоту без дозаправлення на рівні 3000 км та інш. [27, 28];

- унікальністю конструкції та різноманітністю видів руху (плавання, глісирування, біля та поза екранного польоту, повзання на міліні). Вимагають комплексних швартовних, мореплавних, польотних та спеціальних режимів випробувань. Такої кількості взаємно пов'язаних випробувань не має жоден тип сучасних об'єктів;

- низькою траєкторією руху та інших чинників, які ускладнюють застосування радіотелеметричних засобів передачі ЕД, та великою віддаленістю акваторій випробувань корабля, що вимагають прийняття різних рішень (про достатність експериментів, про стан цього коштовного об'єкта та оточуючого середовища і т.п.) безпосередньо у місцях проведення експериментів;

- вимірюваннями та ідентифікацією великої кількості (біля 450) взаємно пов'язаних параметрів (наприклад, руху, силової установки, управління, міцності, вібрації, контролю, спецобладнання і т.д.), що вимірюються понад 1200 датчиками з великою номенклатурою механічних і радіоелектронних комплексів та систем спецобладнання від різних постачальників, потребують участі багатьох спеціалістів у контурі вимірювань, обробки ЕД, аналізу та інтерпретації результатів і вимагають засобів оперативного відображення фізичних процесів та явищ, а також результатів їх обробки й оцінки;

- різноманітністю фізичної природи сигналів, що вимірюються, та шириною їх частотного діапазону (від часток Гц, наприклад, температури, тиску, коливання моря, до сотень КГц від ударів, вібрацій, ультразвукової дефектоскопії та до десяти МГц апаратури відеознімання процесів НВ), високою інформативністю кожного експеримента та великими об'ємами масивів інформації, що носять випадковий швидкоплинний характер;

– суперечливістю вимог щодо всебічних та достовірних розрахунків і оцінок ЙСХ параметрів екраноплана та зовнішніх сил у реальному часі випробувань, з однієї сторони, а, з іншої, – задоволення нормативних показників габаритів, маси, енерговитрат технічних засобів (ТЗ) та, відповідно, компактності засобів програмного забезпечення (ПЗ) у поєднанні з високою продуктивністю і відповідністю головним критеріям ефективності: різке скорочення термінів і вартості обробки ЕД та суттєве підвищення якості експериментів натурних випробувань складних об'єктів у порівнянні з наявними стаціонарними АСОЕД типу “Геліограф”.

Аналіз параметрів швидкісних кораблів, специфіки НВ та якостей комп'ютерних засобів їх автоматизації показав, що домінуючою залежністю тривалості випробувань є час збору, обробки та аналізу ЕД. Найбільшої ефективності можна досягнути лише організувавши наскрізну обробку даних НВ на трьох самостійних, технологічно взаємопов'язаних з чітко розподіленими функціями етапах (що включають рівні і фази [19]): а) на борту об'єкта, що випробовується; б) у безпосередній близькості на полігоні; в) на універсальних ЕОМ стаціонарних АСОЕД. До того ж вирішальне значення для виконання наведених головних задач НВ має ефективна організація оперативної обробки, аналізу даних випробувань та оцінка ЙСХ параметрів об'єкта на перших двох етапах. Тобто рутинні для універсальних ЕОМ процеси первинної, попередньої, вторинної і навіть повної обробки даних НВ мають виконуватися у місцях їх проведення.

Для цього запропонована нами структура узагальненої моделі синтезу системи багатоканальних бортових і полігонних ЦОК (з урахуванням задач стаціонарних АСОЕД) реалізує цей підхід на основі принципово нового способу системного узгодження – просторового поєднання джерел інформації з приймачами ЦОК [29, 30] по широкому спектру частот від часток Гц до десятка МГц. Сутність підходу: інформація про фізичні значення параметрів об'єкта та зовнішнього середовища складає єдину загальну інформаційну модель. Сукупність датчиків, що реалізують цю модель, розглядається як просторове поле вимірювань  $n$  сигналів та являє собою тривимірну обмежену царину параметрів  $A$ , що розподілені у просторі  $Q$  та у часі  $T$ . При цьому область  $T$  залежить від часу випробування об'єкта, а області  $A$  та  $Q$  обмежені, головним чином, розмірами об'єкта.

Розіб'ємо  $Q$  на локальні елементи  $q_i$  таким чином, щоб кожний із них об'єднував від 1 до  $m$  датчиків царини  $A$ . Кожен  $q_i$  визначається за територіальною (а не частотною) ознакою, тобто по мінімальній відстані датчиків один від одного та до локального засобу збору, який може об'єднувати сигнали з довільними вхідними частотами і технічно реалізується у вигляді програмно-апаратного контролера  $m$ -канальних АЦП [31].

Перетворення аналогових сигналів у цифрову форму у кожному такому контролері здійснюється гібридним способом, який включає аналогову нормалізацію, лінеаризацію та фільтрацію гармонік частот, що досліджуються [32], а також селективну (адаптивну) дискретизацію та накопичення “стиснутих” даних  $m$ -канальних реалізацій ЕД у програмно заданих (оптимальних) об'ємах вибірки по кожному датчику (каналу) у залежності від вхідної частоти його сигналу. Для цього на кожний канал встановлюється програмно управляючий ФНЧ зі змінною частотою зрізу ( $\Omega_{cp_i}$ ) та аналогова пам'ять. Остання забезпечує дискретизацію миттєвих величин усіх  $n$  сигналів

без зсуву у часі. ФНЧ, що перестроюється, усуває явище маскування частот вище ( $\Omega_{cp_i}$ ), у результаті чого суттєво підвищується достовірність обрахування та оцінок ЙСХ реалізацій ЕД та скорочується час виконання задач цифрової фільтрації сигналів. Лінеаризація забезпечує надійну цифрову форму для достовірного відновлення сигналів без додаткових витрат оперативної пам'яті та машинного часу на рутинне тарування датчиків. Хоча у загальному вигляді форма сигналу вважається невідомою, на практиці вже сам вибір типів датчиків та місць їх встановлення припускає апіорне знання або хоча б можливість його визначення.

Виходячи з умови уніфікації, виберемо АЦП таким, щоб частота регулярної дискретизації  $f_d$  для будь-якого  $q_i$  області  $A$  задовольняла такій вимозі:

$$f_d \geq 2\mathcal{F}_{c_{\max}}(A), \quad (1)$$

де у загальному випадку  $f_d = \frac{1}{T}$ , а  $f_c = \frac{\Omega_{cp}}{2\pi}$ , тоді

коефіцієнт надлишку

$$\gamma = \frac{f_d}{2f_c} = \frac{\pi}{\Omega_{cp}T}, \quad (2)$$

що компенсує вимогу нескінченності часу спостереження за сигналом у теоремі Котельникова. А оскільки  $f_d$  та  $\Omega_{cp_i}$  програмується по кожному окремому каналу, то у результаті первинної обробки сигналу в пам'яті контролера кожного АЦП накопичується до  $m$  "стиснутих" реалізацій ЕД в оптимальних об'ємах для відновлення кожного сигналу. Величина коефіцієнта стиснутих реалізацій  $Kcm_{q_i}$  визначається як відношення сумарного потоку ЕД при традиційному циклічному опитуванні датчиків до величини оптимального потоку ЕД при адаптивному опитуванні і відрізняється у рази [30].

Отримані реалізації ЕД у цифровій формі передаються по каналу прямого доступу у пам'ять периферійної ЕОМ для попередньої обробки. Вона включає процедури вводу та розпакування реалізацій, усунення тренду та викидів, визначення масштабу, розрахунку математичного очікування, дисперсій та інші, у залежності від продуктивності периферійної ЕОМ та кількості контролерів АЦП, що підключені до неї. У загальному вигляді їх може бути  $l$ . Тоді мінімальний час на обробку одного слова ЕД складає

$$\tau = \frac{1}{2\mathcal{F}_{c_{\max}}(A)ml} (c). \quad (3)$$

Оформлені у єдину структуру записів масиви ЕД передаються для більш детальної обробки на багатопроцесорну центральну проблемно-орієнтовану ЕОМ, яка за допомогою каналу ПДП об'єднує  $K$  периферійних ЕОМ та забезпечує оперативну вторинну обробку і експрес-аналіз масивів даних у реальному часі (РЧ): обчислення векторних, взаємних та інтегральних ЙСХ об'єкта, а також програмування задач наступних експериментів (виходів) між галсами, окремими випробуваннями або серіями експериментів.

Дослідження моделі такої архітектури підтвердили оптимальність структури з трьох етапів обробки як бортового, так і полігонного комплексу. Кожен із них включає три рівні проблемно-орієнтованих обчислювальних засобів різної функціональності та продуктивності. Регулюючи показники  $m$ ,  $l$  і  $k$ , можна отримати необхідні оцінки інформаційної потужності просторового поля вимірювань по  $n = m \times l \times k$  каналів з урахуванням високопродуктивних конвеєрних, паралельних та сумісних операцій обробки магістральних потічків ЕД. Така архітектура має адаптивні властивості, легко реалізує задачі паралельних обчислень та резервування, а також функції кореляторів та спектральних аналізаторів [33]. Створена методологія проектування і реалізації системи з багатоканальних бортових та полігонних комплексів для натурних випробувань екранопланів є досить універсальною, оскільки, окрім конспективно викладеної, включає:

- методику оцінки вибору методів та засобів системного узгодження бортових інформаційно-вимірювальних і цифрових обчислювальних комплексів із об'єктом НВ;
- методику оцінки вибору моделі архітектури та розрахунків параметрів ефективності структури багатоканальних ЦОК із розподіленою обробкою даних у реальному часі;
- методику організації складних високопродуктивних багаторівневих систем РЧ та вибору принципів взаємодії бортових, мобільних полігонних та стаціонарних АСОЕД [34].

Багатоканальний інформаційно-вимірювальний комплекс БАРК (рис. 9) за своєю побудовою є тривірнева ієрархія технічних засобів і програмного забезпечення, що управляються єдиною ОС та квазі ДОС РЧ [35–37], і включає:

- систему ІВК, до якої входять серійні авіаційні комплекси “Гамма-КМБ” (2 повних комплекти), “Гамма-АЧМ” (6 комплектів) та “Гамма-КН-1” (2 комплекти), модернізовані та виготовлені НВО “Сфера” (м. Ленінград) за нашою методикою єдиного часу синхронізації та одночасного опитування усіх інформаційних каналів, ЕД та службова інформація, з яких реєструється у кодовому та аналоговому форматах на відповідних накопичувачах на магнітних стрічках (НМС) КМБ, АЧМ та КН. Лише при такій умові на наступних рівнях обробки ЕД можливе автоматичне обрахування достовірних векторних, взаємних та інтегральних ЙСХ між довільною комбінацією каналів поля вимірювань, виключаючи рутинні процедури візуального пошуку міток часу та пригонка їх при обробці записів інформаційних каналів. Ці записи знаходяться на різних НМС-КМБ та НМС-АЧМ і до того ж різних комплектів ІВК та з різними форматами (цифрових та аналогових) записів. Процедури вимірювання та реєстрації у певних форматах записів відносять до первинної обробки інформації. Тому високочастотні контролери АЦП разом із пристроями підсилювачів сигналів також виконують функцію первинної обробки реалізацій ЕД.

Попередню обробку реалізацій сигналів виконують периферійні бортові мікропрограмні процесори (МПП – концентратори), перетворюючи різні формати даних до єдиних реалізацій, зручних для подальших розрахунків ЙСХ більш високих порядків на центральній БЦЕОМ. Слід відмітити, що перетворення та упорядкування вхідних потоків інформації включають операції вибірки, сортування, редагування, а також обрахування ЙСХ нижніх порядків таких, як математичне очікування, дисперсію ергодичних стаціонарних та випадкових сигналів, процесів і явищ.

БЦЕОМ БАРК є чотирипроцесорна машина, яка в основному зберегла проблемну орієнтацію, функціональну і програмну сумісність та структуру базової ЕОМ у системах РЧ “Пірс” та

“Курс”, але вона спроектована та виготовлена на основі малогабаритних конструктивів і комплектуючих авіаційного стандарту ARINC для “жорсткого” борту та умов експлуатації, а також на іншій елементній базі 133 серії та дещо інших (бортових) засобах периферійного обладнання у складі:

– високопродуктивного центрального процесора з арифметичним пристроєм та розподіленими пристроями прямого доступу до узагальненого ОЗУ зі змінним форматом даних [38, 39]. Він дозволяє одночасний обмін із декількома абонентами за рахунок розподілу процесу обробки команд і даних (на трьох різних типах фаз) та конвеєрного управління обчислювальним процесом на безперервних паралельних потоках (до 16-ти) задач [40], структурної інтерпретації мови оператора – експериментатора та проблемної орієнтації задач і алгоритмів. Він включає засоби оперативного відображення стану основних параметрів корабля та результатів самоконтролю всіх рівнів фаз роботи усього комплексу. Управління комплексом виконується засобами центрального пульта (ЦП), до складу якого входять блоки керування всіма ІБК “Гамма”, блок видання разових команд та блок формування єдиного системного (кодового) часу. Крім того, за допомогою клавіатури ЦП виконується програмування та налагоджування нових програм між експериментами, їх серіями та окремими виходами;

– процесора телевізійних пристроїв (ПТУ) з комплектом відеокамер та відеомагнітофоном для фіксування параметрів руху об’єкта і лінії горизонту [41, 42] та системним монітором для оперативного відображення напівтонових графіків реалізацій, заданих оператором. Кількість графіків, що відображаються одночасно, може змінюватися:

від 1 до 7 у представленні реалізацій ЕД 8-ма двійковими розрядами;

до 14 (2 поля з 7 графіків) у представленні ЕД 7-ма двійковими розрядами;

до 28 (4 поля з 7 графіків) у представленні ЕД 6-ма двійковими розрядами.

– процесора системного накопичувача на основі 2-х бортових касетних магнітофонів типу БВЗУ-4. На одному з них організована масова пам’ять для накопичення нерівномірного за часом потоку документів та імітації пам’яті прямого доступу (ДОС) РЧ. На іншому документуються результати обробки та експрес-аналізу вхідної інформації у формат касет і, навпаки, відбувається розпаковка програм випробувань на кожен вихід у море, підготовлених полігонною АСОЕД “Курс”. Таким чином, за допомогою бобін магнітних стрічок з аналоговою чи цифровою інформацією, записаних відповідними ІБК (“Гамма-АЧМ”, КМБ та КН-1), і цифрових касет БВЗУ-4 забезпечується інформаційний зв’язок між бортовим і полігонним комплексами. Ці магнітні стрічки називають архівними і їх кількість може сягати понад 50 комплектів за один вихід [43].

Крім того, приналежністю системи БАРК є Технологічний комплекс, на якому розвертається інформаційно-обчислювальний комплекс системи для написання та налагодження програмного забезпечення, підготовки і запису на магнітні стрічки БВЗУ-4 даних, програм та службової інформації, а також розміщуються блоки системи для проведення налагоджувальних та ремонтно-профілактичних робіт на стандартному бортовому енергопостачанні.

На рис. 9 наведено загальний вигляд центральної БЦЕОМ БАРК у повному складі вказаної бортової апаратури на атестаційному стенді перед установкою на борт екраноплана. За пультом управління Головний конструктор машини В.Ф. Берніков. БЦЕОМ практично є аналогом полігонного комплексу “Курс”, спроектованого для “жорсткого” борту, яким є екраноплан при злеті та посадці при

відповідній висоті хвиль у відкритому морі. Повна програмна сумісність дозволяє програмування нових програм як на БЦЕОМ між окремими експериментами, так і на комплексі "Курс". Свою надійність та ефективність комплекс БАРК проявив тим, що практично не було випадку його відмови чи суттєвого збою під час випробувань корабля. Навпаки, БАРК зафіксував аварійну ситуацію, коли при льотних випробуваннях виявився розбаланс тяги двигунів правого та лівого бортів, у результаті чого різко "попливли" параметри міцності. Наш оператор (В.Ф. Берніков) доповів про це Головному конструкторові екраноплана, який дав команду на аварійну посадку екраноплана, завдяки чому було попереджено можливу аварію.



Рис. 9. Бортовий багатоканальний ІВК БАРК перед установленням на борт екраноплана "Лунь"

Комплекс БАРК, пройшовши з 08 по 28 грудня 1986 року попередні (заводські) випробування, був переданий замовникові для монтажних та налагоджувальних робіт на борту екраноплана "Лунь" з метою дослідної експлуатації та підготовки його Міжвідомчих випробувань у складі "Луня". Вони були тривалими і відбувалися у Каспійську в період з 15 по 27 червня та з 22 по 30 листопада 1988 р. комісією, призначеною наказом начальника 2-го Головного науково-технологічного управління Мінсудпрому СРСР від 03 червня 1988 р. № 154. З "Акта межведомственных испытаний ...БАРК, затвердженого спільним Рішенням Мінсудпрому, ГУК ВМФ СРСР та АН УРСР № 2 / 3 – 30 від 06 лютого 1989 р.: "...Система БАРК в процессе испытаний заказа "Лунь" обеспечила решение в РВ проведения экспериментов следующих проблемных задач:

- 1) расчёты аэродинамических и гидродинамических (АГД) параметров;
- 2) экспресс-обработку параметров прочности;



- 3) расчёты оценок энергетического спектра для параметров, измеряемых ИРК-АЧМ;
- 4) обработку параметров вибрации и перегрузок;
- 5) расчёты статистических характеристик;
- 6) обработку параметров переходных процессов“.

При цьому швидкість виконання проблемних програм та операційної системи збільшилась у 7 – 15 разів у порівнянні з універсальною ЕОМ типу СМ-4. Цьому також сприяли оперативне відображення та розрахунки експрес-протоколів подій безперервного допустимого та порогового контролю параметрів екраноплана. Це суттєво скоротило об'єми даних від надлишкових ЕД та час оперативної їх обробки між виходами до 2-х годин.

Агрегатна конструкція комплексу із функціонально-блочних складових бортового застосування забезпечила надійне функціонування в умовах сильних ударів, вібрацій та у широкому діапазоні температур (від – 10° С до + 45° С) оточуючого середовища та морського туману. Основні характеристики комплексу БАПК за результатами його розроблення наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Результати випробувань

№ п/п	Найменування параметрів і характеристик	Вимоги ТЗ	Отримані результати за ТП і ТУ
1	Загальна кількість датчиків, що підключаються, шт., у тому числі:	600	810
	а) кількість каналів збору і реєстрації НЧ сигналів	600	432
	б) кількість каналів збору і реєстрації ВЧ сигналів	300	378
2	Основна зведена похибка перетворення сигналу, %	Не більше 1,0	0,8
3	Кількість параметрів, що постійно контролюються, шт.	60	128
4	Представлення і відображення результатів, види	Буквено-цифровий і графічний	Буквено-цифровий, графічний та кольорова палітра
5	Термін безперервної роботи, ЦОК, год.	До 22	22 і більше
6	Напрацювання на відмову, годин (вимога ТЗ 300 годин): за час міжвідомчих випробувань система БАПК працювала 1738 годин, при цьому відмов не було		

Поданий на МВВ дослідний зразок комплексу БАПК успішно витримав випробування і може використовуватися як для забезпечення НВ “Лунь”, так і багатьох інших об'єктів нової техніки Генерального Замовника. Комісія вважає за доцільне організувати промислове виробництво. Програмна сумісність бортового комплексу БАПК та мобільної системи “Курс” дозволила фізично об'єднати їх у єдиний комплекс обробки ЕД у місцях проведення випробувань, використовуючи переваги їх одночасної роботи.

На рис. 10 подано зовнішній вигляд полігонної АСОЕД “Курс”, яка виконує функції другого та третього етапів обробки даних НВ, забезпечуючи автоматизовану обробку та супровід магнітних стрічок з результатами випробувань екраноплана [43]. При цьому користувачі взаємодіють з АСОЕД за допомогою спеціалізованої мови директив, яка забезпечує спілкування із системою на рівні термінології експериментаторів (наприклад, міцності, вібрації, аеродинаміки, гідродинаміки, енергетики та управління); ведення бази даних випробувань; виконання фахових програм обробки

даних за спеціалізацією експериментаторів як команд директивної мови; розширення та модифікація базового набору директив спеціалізованої мови.



Рис. 10. Багатоканальна полігонна АСОЕД "Курс"

З рисунка видно, що структура системи "Курс" дещо перенасичена апаратурою накопичувачів НМС та НМД різних типів та видів ІВК. Це має пояснення орієнтуванням полігонного комплексу на роботу із ретроспективними даними, отриманими протягом багатьох і тривалих випробувань та експериментів низки серійних СПК та екранопланів [24]. Тому основний наголос зроблено на паспортизацію магнітних носіїв даних випробувань та організацію відповідної бази даних і методів доступу до неї з урахуванням вимог щодо її взаємодії з бортовим комплексом БАРК та стаціонарними АСОЕД. У зв'язку із цим АСОЕД "Курс" забезпечує:

1. Багатоканальне уведення ЕД процесорами (ППК-1 – ППК-4) із таких джерел ЕД:
  - бортових цифрових реєстраторів БР-44 безпосередньо або з його магнітних стрічок МС, записаних методом кодово-імпульсної модуляції до 1500 НЧ сигналів;
  - бортових цифрових реєстраторів "Гамма-КМБ" безпосередньо або з його МС, записаних на МЛП-14-3 через блоки відновлення кадрів БРК-1, БРК-2 або УВЗ-3;
  - апаратури аналогових НМС типів "Астра-2В", "Узор-5В" і "Узор-12Н" через блоки декодування (БДИ) та 16-канальні АЦП-8 перетворювачі ВЧ сигналів;
  - НМС комбінованого типу "Ікар" через перетворювачі 96-ти НЧ і ВЧ сигналів;
  - цифрових касет, записаних НМС типу БВЗУ-4, ІВК КСІМ 72 або ІВК "Орбіта".

2. Основний режим – оперативну обробку та супровід архівних МС з результатами натурних випробувань за допомогою таких процедур:

- розпакування, обробка та експрес-аналіз потоку ЕД одночасно до 64-х НЧ сигналів з загальною частотою надходження до 12,6 кГц;

- вибіркового експрес-аналіз, що характеризується уводом та накопиченням реалізацій ВЧ сигналів загальною частотою до 100 кГц на НМД ЕС-5060 та ІЗОТ-1370 з наступною обробкою й аналізом Центральним процесором (ЦПР);

- швидкий перегляд реалізацій ЕД на телевізійних приймачах за допомогою процесорів ПТУ (можна до 4-х комплектів). Докладно розглянуто у БЦЕОМ БАРК [29]. Відмітимо, що перегляд НЧ реалізацій відбувається у темпі їх надходження із вибраних джерел, а ВЧ реалізацій – із вказаних НМД;

- упорядкування каталогу паспортизованих МС з використанням часових позначок або по звукових голосових позначках (для більш ранніх ІВК) та супровід архіву МС;

- формування бази даних випробувань для всебічної обробки, аналізу й оцінок якості і значень параметрів та прийняття рішень;

- редагування масивів реалізацій ЕД у базі даних за результатами їх порівняльного аналізу та оцінок і т.п.

3. Ефективний автоматизований діалог із системою на рівні проблемно-орієнтованої мови експериментатора з проблем міцності, вібрації, аеродинаміки та гідродинаміки за допомогою функціональної і стандартної клавіатур, дисплейних процесорів та засобів автоматизації програмування задач користувачів до 4-х робочих місць експериментатора.

4. Відображення та документування ЕД і результатів їх обробки у буквено-цифровому, графічному та графічному на півтоновому дисплеї, графобудівники типу РЛ-1 і “Граніт-2М” на електрохімічний папір, відеомагнітофон та апаратуру мультиплексного каналу (МК), а також на ультрафіолетовий папір і спектроаналізатор.

5. Обчислення загальнономатематичних, науково-дослідницьких та прикладних задач, у тому числі, планування експериментів за уведеними програмами.

Комфортними є інтерактивні процеси підготовки МС на ІЗОТ-5003 для обміну результатами із стаціонарними ВЦ, що управляються єдиною мультипрограмною ОС і ДОС РЧ, організованими на основі пасивної пам'яті та швидкісного НМД типу ЕС-5060.

Усе це підтвердила Комісія з проведення Міжвідомчих випробувань (МВВ) АСОЕД “Курс”, призначена Рішенням заступника міністра МСП Г.Г. Пуляєвського від 15 грудня 1985 р. У ході випробувань із 19 по 28 грудня 1985 р. члени комісії (серед яких були представники ЦКБ по СПК, в/ч 27177, 4325 ПЗ МО, ЦНДІ ім. академіка А.Н. Крилова, КМЗ МАП, НВО “Сфера”, ЛНВО “Пролетарський завод”, в/ч 13132 (м. Севастополь) та Інституту кібернетики ім. академіка В.М. Глушкова) одностайно підтвердили задані ТТЗ і ТП величини параметрів, показників якості та характеристик технічних засобів, програмного забезпечення, конструкторської документації; високий науковий, науково-технічний, технологічний рівні розробки та фаховий досвід розробників. В “Акті міжвідомчих випробувань АСОЕД “Курс”, затвердженого 30.01.1986 р. заступником міністра МСП, зазначено: “...Вперше у практиці натурних випробувань суден система “Курс” забезпечує

повний цикл автоматизованої обробки ЕД у полігонних умовах. Наданий на МВВ дослідний зразок системи “Курс” успішно витримав випробування і рекомендується для прийняття на приробляння у ЦКБ по СПК з метою подальшого використання за прямим призначенням...”.

У березні 1981 р. дослідний зразок АСОЕД “Курс” після попередніх (заводських) випробувань було передано на полігон замовника для дослідної експлуатації, де він використовувався за призначенням для обслуговування так званих конструкторських випробувань виробу “Лунь”. Академік В.М. Глушков [1] так згадував про неї: “...Да, я забыл сказать, что автоматизация физических исследований тесно связана с автоматизацией испытаний. А испытанием сложных объектов занимаются В.И. Скурихин и Г.И. Корниенко. Корниенко делает работу для судостроителей, для флота, а Скурихин и Морозов – для авиации. Система, разработанная Корниенко, которая действует на Каспийском море, имеет 1200 каналов. Сейчас, правда, используется только 600, но, в принципе, может работать и с 1200 и все равно эта цифра является впечатляющей”. Тут можна лише уточнити, що замовником у ТТЗ було задано 600 каналів. Нами спроектовано систему на 1200 каналів, а в результаті було використано 810 (табл. 1). Близько 400 каналів планували використати розробники авіадвигунів морського застосування з Казані, але з невідомих мені причин не використали.

У 1986 – 1987 рр. система “Курс” використовувалась за призначенням для обслуговування швартовних, мореплавних та польотних випробувань екраноплана “Лунь” з метою підготовки його до МВВ. Одночасно вона забезпечувала розрахунки задач регламентного контролю та перевірки основних режимів роботи і окремих параметрів ланки екранопланів “Орлюнок”, які знаходились в експлуатації. Крім того, за її допомогою виконувались монтажні роботи та комплексне налагоджування бортового комплексу БАРК і відпрацювання сумісного функціонування системи двох комплексів. Це дало можливість у реальних умовах оцінювати та коригувати структуру просторового поля вимірювань за рахунок прямого моделювання та управління експериментами.

У період з 15 по 27 червня та з 22 по 30 листопада 1988 р. система “Курс” у двокомплексному режимі роботи забезпечила Міжвідомчі випробування інформаційно-вимірювального бортового комплексу БАРК у складі екраноплана “Лунь”. МВВ завершилися успішно при суттєвому зменшенні кількості виходів завдяки різкому підвищенню інформативності експериментів і якості контролю найбільш важливих параметрів екраноплана. То був момент істини, який підтвердив правильність наукового обґрунтування, теоретичних висновків та результатів низки науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт щодо архітектурно-структурних, системотехнічних та конструктивно-технологічних рішень, утілених у практику натурних випробувань,

У середині 80-х років минулого століття, коли перші комплекси цього класу впроваджувались у практику НВ (особливо “Пірс”, “Крос” та “Еталон”), ми відчули шалену зацікавленість та потребу у таких розробках зі сторони науково-виробничих об’єднань та підприємств, науково-дослідних центрів та окремих організацій міністерств і відомств, галузевої та академічної науки. Це стало особливо відчутним після включення системи “Пірс” у Каталог нових технологій, розроблених установами АН УРСР та рекомендованих до впровадження у народне господарство Південного економічного району. У лютому 1982 р. укладено договір з Інститутом

фізики Землі ім. О.Ю. Шмідта АН СРСР на пілотну систему “Автоматичного нагляду за сейсмологічною обстановкою” для Комплексної сейсмологічної експедиції (м. Талгар).

Особливості проблеми:

- сейсмологічний нагляд ведеться безперервно цілодобово;
- великі об’єми інформації так званого сейсмічного шуму (природний та техногенний) у діапазоні амплітуд  $A_{\min} = 2 \times 10^{-6} \div 4 \times 10^{-6}$  м;
- спектр природного шуму лежить переважно в інтервалі від 0,01 Гц до 10 Гц та має три основних піки на частотах 0,01 Гц; 0,125 Гц та 2 – 4 Гц; техногенний – 2 – 4 Гц;
- динамічний діапазон сигналів від землетрусів має 120 – 130 дБ ;
- сейсмологічна інформація багатоканальна, оскільки реєструються ортогональні складові  $(E - W; S - N; Z)$  вектора зміщення ґрунту, тобто один датчик – три канали.

Таким чином, визначення корисного сигналу здійснюється у жорстких часових обмеженнях і вимагає рішення двох суперечливих задач:

- високої надійності розпізнавання корисних сигналів;
- мінімального часу виконання програм експрес-аналізу.

Підходи щодо їх вирішення викладені нами у роботах [44, 45] та у матеріалах передескізного проектування системи, підтверджені результатами моделювання у порівнянні їх з результатами обрахування реальних записів сейсмологічних сигналів на міні-ЕОМ “Еталон”. Записи подані начальником обчислювального Центру комплексної сейсмоекспедиції ІФЗ АН СРСР А.В. Ситниковим. При його ж участі було виконано дослідницьку частину робіт і порівняно її результати з експериментальними. У результаті було закуплено дві міні-ЕОМ “Еталон” для організації пілотного проекту системи.

У червні 1982 р. за ініціативою Інституту космічних досліджень АН СРСР (заступник директора В.М. Балабанов) СКБ ММС ІК АН УРСР укладає договір з Державним науково-дослідним центром дослідження природних ресурсів (ДНДЦДП) на розробку та впровадження базового спеціалізованого обчислювального комплексу збору, обробки та відображення телеметричної інформації наукових досліджень та управління науковими аерокосмічними експериментами (шифр СОК “Дельта”). Основні функції СОК полягали в оперативному вирішенні інформаційного забезпечення таких задач:

- наукових досліджень близького і далекого космосу;
- автоматизованої експрес-обробки ЕД з наукових аерокосмічних комплексів “Океан-АСОД” для оперативної обробки і управління сеансами зв’язку з численними КА різного призначення;
- прийому і обробки зображень комети Галей за міжнародним проектом “Вега”;
- автоматичного випробування наукового обладнання космічних об’єктів “Прогноз-10” проектів “ІНТЕРШОК” і “ФОБОС”;
- збору, оброблення та геометричної корекції інформаційних даних у Центрах дистанційного зондування Землі для ДНДЦДПР (В.І. Діанов, М.І. Діанов, А.І. Канівець, І.Г. Кутняк, М.Р. Донченко).

Очевидною стала необхідність створення підрозділу для серійного випуску СОК “Дельта” з метою оснащення відповідних центрів. Тому у листопаді 1984 р. Рішенням Президії АН УРСР було створено нову структуру “Відділення систем обробки телеметричної інформації” (ВСОТІ) під

керівництвом В.І. Діанова. За пропозицією автора спеціалістів “поділили” так: хто подав заяву – переходить у новий підрозділ, а інші – залишаються в ОСВКС. Це було демократичне і дуже правильне рішення.

У червні 1985 р. було укладено великий договір з київським механічним заводом (КМЗ) Міністерства авіаційної промисловості на розробку та виготовлення базових агрегатних засобів інформаційно-вимірювальних систем збору та обробки інформації на борту при польотних випробуваннях авіаційної техніки (шифр “АС ІІС-2000”).

Основні функції “АС ІІС-2000”:

– агрегування бортових АСОЕД оперативної обробки та аналізу відображення результатів випробувань на борту літальних апаратів (ЛА);

– агрегування систем штатного електронного борту ЛА (В.В. Леонідов, І.В. Гожий, А.О. Кулик).

Знову виникла потреба створення нового підрозділу. За тим же принципом за наказом директора СКБ ММС було створено новий “Відділ бортових агрегованих засобів обробки інформації” під керівництвом В.В. Леонідова.

Фахівцями відділу було розроблено й виготовлено набір агрегованих засобів і на їх основі виготовлено варіант дослідного зразка бортового ІВК для “великого” борту. Але у зв’язку з незадовільним фінансуванням МАП СРСР цих робіт колектив відділу у 1989 р. з цією тематикою перейшов у НВО “Електронприлад” (фірма Ястребова) – головне підприємство з електронного борту для ЛА типу АН-70 під керівництвом Генерального директора Є.Г. Ісака.

На підставі плану науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, затвердженого Міністром оборони 09.06.1985 р. та договором між ГУК ВМФ і СКБ ММС ІК від 05.01.1987 р., почалися роботи з ДКР “Карабін” “Розробка, виготовлення та впровадження спеціалізованого вимірювального телевізійного комплексу ВТК”. У цій роботі сформульовано новий науковий напрямок автоматизації натурних експериментальних робіт, пов’язаний з широким використанням безконтактних засобів вимірювань на основі телевізійних та спеціалізованих обчислювальних засобів. Введено нову інформаційну категорію “відеореалізація візуального процесу”, дана загальна класифікація відеореалізацій.

На основі аналізу тенденцій обчислювальних систем, що пов’язані з обробкою візуальної інформації, обґрунтовано і доведено можливість використання телевізійних засобів вимірювань для вирішення задач натурального експерименту, подана коротка характеристика задач, які підлягають вирішенню. Запропонована архітектура і структура ВТК для моно- та стереовимірювань, розроблені компоненти математичного забезпечення й алгоритмів функціонування виробу та оцінено його надійність. Виготовлено дослідний зразок ВТК “Карабін” у складі 4-х електронно-оптичних датчиків вводу інформації (телевізійні камери типу “Взор”), спецпроцесора на основі бортового міні-ЕОМ БАРК, бортового відеоконтрольного пристрою ВКП (типу ВК 40/360) та цифрового відеомагнітофона ВМ (типу ЛОМО-403 та інш.). ВТК формує зображення у 5-ти режимах: На- півтоновий растр, Вектор, Примітиви, Введення з камер, Візуалізація. Як ознаки об’єктів вибрано Контур, Яскравість, Колір, Ступінь неоднорідності, Текстура (А.К. Беляєв, Г.Л. Гімельфарб, А.І. Сухомлин, В.М. Буртняк, В.І. Іванас, Л.Є. Горша).

Відеотелевізійний комплекс вирішує задачі:

1. Визначення параметрів качання судна за лінією горизонту: діапазон виміру  $\pm 25^\circ$  бортового нахилу та  $\pm 15^\circ$  диферент (кільового нахилу) у частотному діапазоні від 0 до 1 Гц.

2. Визначення параметрів та ідентифікації рухомого об'єкта. Дистанція до 600 м при швидкості руху від 0 до 300 км/год.

У січні 1990р. було розпочато НДДКР за договором між ЦКБ морської техніки "Рубін" та СКБ ММС "Система вводу та обробки вимірювальної інформації" (шифр "Краб") на основі ПК IBM PC AT для натурних випробувань перспективних підводних човнів нового покоління. Але виконана була лише перша науково-дослідна частина роботи. Вона завершилась у березні 1991 р. відповідним звітом (ЯЩ1.320.343 ПЗ, 1991.-103с.) і не була продовжена, незважаючи на позитивний відгук науковців та науково-технічних спеціалістів ЦКБ МТ "Рубін" (О.М. Шалейко, В.М. Буртняк, В.Ф. Берніков).

У травні 1990 р. за договором між ЦКБ "Арсенал" та СКБ ММС розпочалися роботи за ДКР "Розробка та виготовлення системи обробки сигналів" (шифр "СОС-216"). Основними функціями системи є пошук, виявлення, ідентифікація та автоматичний супровід повітряних і наземних об'єктів методами багатопотокової (2048 і більше каналів) обробки інфрачервоного (ІЧ) спектру сигналів.

Особливості цієї розробки полягають у тому, що це комплексна робота зі створення бортової оптико-електронної штатної апаратури для бойових авіаційних ЛА. СОС-216 має відповідати таким вимогам:

- необхідна сумарна потужність обчислювального середовища для обробки оптичного потоку сигналів ІЧ-діапазону у реальному часі виконання наведених функцій;
- інтелектуалізація процесів виявлення, ідентифікації та супроводу цілей;
- нормативні показники маси, об'єму, габаритів ЛА та конструктивної стійкості до вібрацій, перевантажень.

Ці проблеми вирішувались за допомогою принципово нової технології розробки та виготовлення надвисокоінтегрованих мініатюрних засобів обчислювальної техніки та потужних систем цифрової обробки сигналів на ідеї об'єднання складних радіоелектронних комплектуючих на рівні єдиної великоформатної (120×9,6×1мм) підложки, основою якої стала нітрид-кремнієва пластина, що й дало назву НКП-технології [46]. З 1986 р. на базі заводу мікроелектроніки СКБ ММС ІК діє створений спільно з ЦКБ "Арсенал" проектно-технологічний комплекс (ПТК) з наскрізним циклом виробництва (проекування-конструювання-виготовлення-випробування) складних мікромініатюрних комплексів і систем РЕА за рахунок використання надінтегрованих (безкорпусних та корпусних) мікропроцесорів та надвеликих і великих схем (ЗВІС/ВІС) спільно з технологією мікрозбірного монтажу на єдиній великоформатній НКП-теплопровідній металокремнієвій багатосаровій підложці з середньою товщиною структури комутації 3–5 мкм.

Змонтовані таким чином великоформатні мікробірки (ВФМЗ) у кількості однієї, двох або більше об'єднуються в геометричний мікроблок у залежності від необхідної функціональної потужності РЕА. Кожний такий мікроблок має необхідну кількість зовнішніх виводів сигналів на стандартні шини управління, команд і даних для інтеграції їх у більш складні системи.

Цей підхід до вирішення проблеми мікромініатюризації надвисокоінтегрованої та надпотужної РЕА повністю усуває численні недоліки та тупикові ситуації, що притаманні

традиційним мікробічним технологіям типу поліамідних, керамічних (МКП-1, МКП-2), ситаллових та інш. (табл. 2).

Таблиця 2. Порівняльні характеристики

Вид технології	Виробнича характеристика	Розмір, маса	Вартість	Примітка
Печатна плата	1	1	1	Двостороння
МКП-1	1,08	0,42	1,2	Товстоплівкова
МКП-2	0,34	0,20	0,65	Багатозарова
НКП-1	0,19	0,14	0,016	Одностороння
НКП-2	0,08	0,07	0,44	Двостороння

За темою “СОС-216” було виконано три етапи робіт: ескізний проект [ЕП “СОС-216”, СКБ ММС, 1990. – 316 с.], технічний проект [ТП “СОС-216”, СКБ ММС, 1991. – 640 с.] та макетування окремих блоків і пристроїв. Зокрема, розроблено, спроектовано та виготовлено на ПТК способом НКП-технології на одній підложці макетний зразок бортової мультипроцесорної БЦЕОМ універсального типу з симетричною архітектурою на вітчизняній елементній базі безкорпусних замовних ЗВІС/ВІС серії 1834ВМ86 (Б.Г. Мудла, А.К. Беляєв, В.Ф. Берніков, М.Д. Кардашук, О.М. Шалейко). Але цю роботу із-за фінансування її з союзних джерел спіткала та ж доля, що і попередні.

Настали відомі 90-ті роки. Почалася боротьба за виживання підрозділів. Головним і найбільш яскравим здобутком цієї боротьби було те, що завдяки гігантським зусиллям нашого директора А.О. Морозова з 01.10.1992 р. було створено Інститут проблем математичних машин і систем НАН України. Державна допомога (хоч і незначна) дала змогу перевести подих. Вчена рада ІПММС НАНУ, затвердивши основні напрямки наукової і науково-технічної діяльності з фундаментальних та прикладних досліджень, підтримала мою кандидатуру на посаду заступника директора Інституту з наукової роботи. Це, безумовно, надало впевненості нашим співробітникам. Враховуючи складнощі з фінансуванням нашого напрямку робіт на союзному рівні, ми почали переорієнтовуватись на потреби вітчизняних споживачів. Так, виконано фундаментальні дослідження на тему “Створення та дослідження нових форм організації високопродуктивних систем спеціального призначення та їх алгоритмічного базису для обробки широкого спектру сигналів у реальному часі” (шифр “Спектр”) у період з 1992 по 1996 рр. [Звіти. – К.: ІПММС НАНУ 1995. – 274 с.; К.: ІПММС НАНУ, 1996. – Т. II. – 65 с.] (Б.Г. Мудла, Є.І. Брюхович, А.К. Беляєв, Г.С. Теслер).

У рамках цієї теми виконано низку НДДР. Найважливішими з них є:

- НДР “Дослідження шляхів створення систем обробки, аналізу та розпізнавання багатозональних (кольорових) об’ємних зображень та процесів у реальному часі”, шифр “Віраж-УА” (А.К. Беляєв, А.І. Сухомлин, М.І. Шлезінгер, Г.Л. Гімельфарб, С.В. Ширшов, В.М. Пономарьов, В.М. Буртняк, Г.С. Теслер). Це була важлива робота як для всіх учасників, так і для Міністерства оборони України, яке уже створювалось. Основні задачі досліджень полягали у створенні та розвитку елементів теорії цифрової обробки багатоканальних кольорових зображень та стереозображень реальних просторових об’єктів, яка направлена на отримання якісних зображень при візуальному аналізі, сегментації зображень з метою автоматичного виявлення та розпізнавання рухомих об’єктів



та відновлення просторового рельєфу. Але було виконано лише два перших етапи роботи. Це був суттєвий крок на шляху створення бортових вимірювальних телевізійних комплексів багатоцільового застосування.

- ДКР “Розробка та виготовлення системи обробки відеоінформації виробу “Бархан” (шифр “СОВІ-Бархан”) за договором між ЦКБ “Арсенал” та ІПММС НАНУ від жовтня 1992р. є продовженням попередніх робіт з ЦКБ “Арсенал”, але для вітчизняного замовника Державного Харківського конструкторського бюро машинобудування ім. А.А. Морозова (Б.Г. Мудла, А.К. Беляєв, А.І. Сухомлин, О.М. Шалейко, Г.С. Теслер).

Основною особливістю системи “СОВІ-Бархан” є те, що вона бортова, інформаційна для автоматичного розпізнавання цілей. Система встановлюється на борт бронетанкових виробів і здійснює збір вхідних даних, які надходять від телевізійних, ІЧ датчиків та лазерних приладів огляду. Система виконує функції виявлення сигналів, визначення дальності, а також функції лазерних пеленгаторів та інших пристроїв. Вона багато в чому функціонально доповнює систему “СОС-216” при зборі, аналізі та класифікації об’єктів, що нею спостерігаються, і належать до так званих засобів пасивної локації (не помітної для противника) на відміну від активної.

Найбільші завантаження обчислювального середовища системи “СОВІ-Бархан” виникають при одночасній обробці відео- та теплової інформації ІЧ діапазону. Тому вимоги до виробу “СОВІ-Бархан” аналогічні “СОС-216”, але мають специфіку бронетанкового борту. За цією темою виконано лише три етапи робіт [К.: ЕП “СОВІ”, ІПММС НАНУ, 1992. – 208 с.; К.: ТП “СОВІ”, ІПММС НАНУ, 1993. – 311 с.] з причини недофінансування їх Генеральним Замовником.

- ДКР “Виконання робіт з оптимізації характеристик бортового цифрового обчислювального комплексу” (шифр “БЦОК-НКП”) як доповнення до ескізного проекту з теми “Мікросупутник” за договором між ДКБ “Південне” та ІПММС НАНУ від червня 1995р. (Б.Г. Мудла, О.М. Шалейко, А.К. Беляєв, А.І. Сухомлин, Т.І. Єфімова, М.Д. Кардашук).

Сучасний стан та подальший розвиток бортових засобів цифрової обробки тематичної інформації та систем керування космічних апаратів об’єктивно пов’язаний з вирішенням суперечливих проблем забезпечення надвисоких потужностей, швидкодії та відмовостійкості в умовах жорстких обмежень експлуатації перспективних субсупутників. Такими умовами є:

- надзвичайно малі масо-габаритні, енергетичні та конструктивні показники КА типу мікросупутник (до 50 кг);
  - велика інформативність і кількість наукових приладів та установок (до 10-ти типів апаратури корисного навантаження);
  - мала кількість наземних приймальних станцій керування та обмежена потужність радіотелеметричних каналів;
  - автоматичний з необхідними точностями режим роботи в реальному часі при терміні активного існування КА протягом 10-12 і більше років;
  - значні температурні перепади, ударні навантаження, впливи спецфакторів та інш.
- Функціонально БЦОК мікросупутника (МС) призначений для виконання таких задач:
- управління рухом космічної платформи навколо її центру маси та управління рухом центру маси;

- управління орієнтацією і стабілізацією мікроплатформи (погашення кутових швидкостей, які МКС отримує після його відділення від носія);
- побудова та підтримка тривісної орієнтації МКС з необхідною точністю протягом заданого терміну активного існування МС в усіх режимах орбітального польоту;
- підтримка роботи наукової апаратури корисного навантаження і в тому числі роботи бортової відеокамери;
- організація приймання, обробки і передачі інформації по каналах зв'язку з наземними станціями приймання;
- контроль правильності функціонування бортового обладнання та формування повідомлень про стан та функціонування апаратури МС;
- обчислення окремих логічних задач системи енергозабезпечення та навігаційних задач;
- забезпечення реконфігурації технічних та програмних засобів МС у випадках їх збоїв, відмов, за командами з Землі та інш.

БЦОК вирішувались за допомогою НКП-технології. Для цього паралельно було виконано науково-дослідні роботи спільно з підрозділами Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова за темами:

- НДР “Бортовий цифровий обчислювальний комплекс магнітної системи керування орієнтацією та стабілізацією мікросупутників”, шифр “Керування” (Д.В. Лебедєв, Б.Г. Мудла, О.І. Ткаченко, А.І. Сухомлин).

У цій роботі проаналізовані всі аспекти поведінки МС після відділення від носія, можливості засобів та інформації з пристроїв вимірювачів координат сонця (ВКС1 і ВКС2) і електромагнітних виконавчих органів (ЕМВО) та можливості БЦОК-НКП. Д.В. Лебедєвим та О.І. Ткаченко розроблені математичні моделі, які дозволяють виконувати процеси орієнтації та стабілізації МС за одне обертання навколо Землі. Таке рішення отримано вперше.

В результаті виконання наведених робіт з оптимізації характеристик “БЦОК-НКП” має рекордні показники: 3,5 кг маси, 5 куб.дм об'єму, 9,5 – 10 Вт споживання електроенергії при обчислювальній потужності 17/ 33 MIPS/MFLOPS з відмовостійкою двоканальною архітектурою. [ДЕП “БЦОК-НКП”, ЯЩ 320.357 ПЗ. – К.: ІПММС НАНУ, 1995. – 150 с.];

- НДР “Дослідження уніфікації обчислювальних засобів для військового та цивільного застосувань”, шифр “ВІКОНІКА-УА” (Б.Г. Мудла, В.І. Гриценко, Г.С. Теслер). У цій роботі на основі використання НКП-технології проаналізовано можливості такої уніфікації, досліджено варіанти побудови багатопроцесорного розподіленого відмовостійкого БЦОК-НКП. Досліджено і запропоновано структуру високопродуктивної відмовостійкої БЦЕОМ з помодульною деталізацією функцій кожного модуля. [Звіт “ВІКОНІКА-УА”. – К.: ІК НАНУ ім. В.М. Глушкова та ІПММС НАНУ, 1995. – 119 с.];

- НДР “Створення високонадійної інтегрованої системи керування КА, шифр “Ракурс” за розділом Державної космічної програми України “Теоретичні основи створення перспективних автоматизованих систем управління КА, шифр “Контур”, договір від 27.02.1996 р., замовник ДКБ “Хартрон” (м. Харків), Гензамовник - НКАУ (А.О. Морозов, Б.Г. Мудла, В.М. Буртняк, О.М. Шалейко, А.К. Беляєв, А.І. Сухомлин, О.В. Федухін, Д.В. Лебедєв, А.І. Ткаченко, Г.С. Теслер). У цій роботі проведено аналіз особливостей інтеграції бортового цифрового обчислювального комплексу

(БЦОК) системи управління (СУ) і вимог щодо відмовостійкості та надійності. В результаті виділено чотири рівні інтеграції БЦОК СУ: системний, функціональний, інформаційний та структурно-технологічний, які корелюють з рівнями надійності та відмовостійкості;

- доведена доцільність мінімізації резервних елементів з використанням ковзного резервування та перехід від структурного до функціонального холодного резервування;

- розроблені ефективні методики аналізу спостережень стану динамічних навігаційних систем та їх використання для вирішення задач ідентифікації параметрів руху КА;

- досліджені кількісні характеристики (міри) спостережень координат вектора стану лінійної динамічної системи;

- запропоновані рекурентні алгоритми визначення параметрів кутового руху КА на основі показань бортових магнітометрів, які забезпечують збіжність оцінок протягом половини орбітального періоду при довільній невизначеності даних про початкову орієнтацію КА;

- розроблені архітектура і структура високонадійного інтегрованого БЦОК для мікросупутника, що ґрунтуються на інтеграції високоінтегральних комплектуючих елементів на широкоформатній НКП-мікробірці з використанням мережної взаємодії між елементами БЦОК і відповідному резервуванні каналів зв'язку та функціональних елементів [Звіт про НДР "Ракурс". – К.: ІПММС НАНУ, 1996. – Т. 1. – 34 с.; К.: ІПММС НАНУ, 1997. – Т. 2. – 133 с.].

Ще одним напрямом науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт відділу є розробка та впровадження рухомих (мобільних) технічних засобів морально-психологічного забезпечення та виховної роботи основного складу військових формувань. До них належать:

- ДКР "Модернізація звукомовних станцій", шифр "Голос", договір від 30 вересня 2003 р. за ДОЗ (Б.Г. Мудра, О.М. Шалейко, А.І. Сухомлин, В.І. Попович, О.В. Федухін, Б.Д. Яценко).

Головними науковими та науково-технічними результатами НДР є:

- 1) вперше в теорії і практиці розробки (модернізації) бортових інформаційних систем і комплексів застосовано та суттєво розвинуто теорію дослідження і оцінок надійності, довговічності і ресурсу з єдиних позицій найбільш адекватного ймовірно-фізичного підходу, базові методи якого ґрунтуються на аналізі дифузійних розподілів фізичних процесів деградації матеріалів незалежно від їх електричної чи механічної сутності;

- 2) розроблено і впроваджено методику прогнозування надійності складних радіоелектронних комплексів після тривалого зберігання, за допомогою якої оцінено визначальні параметри (процеси деградації) та виконано прогнозування надійності і залишкового ресурсу станцій за розрахунковими даними одиночних мініреалізацій елементів та складових системи;

- 3) доведено доцільність, ефективність та універсальність дифузійних двопараметричних моделей DM- і DN-розподілів (на противагу однопараметричним лямбда-методам) при визначенні параметрів залишкового ресурсу після 20-ти років зберігання ЗС і прогнозування їх ресурсу (довговічності) при відновленні експлуатації після модернізації. Визначення цих параметрів проводилось за умов жорстких обмежень щодо наявності даних на етапах розробки, випробувань та експлуатації станцій. [Науково-технічний звіт. – К.: ІПММС НАНУ, 2004. – Ч. 1. – 180 с.; К.: ІПММС НАНУ, 2004. – Ч. 2. – 84 с.].

– ДКР “Розробка військових радіовузлів“, шифр “Трансляція“ (Б.Г. Мудла, Т.І. Єфімова, А.І. Сухомлин, О.М. Шалейко, Б.Д. Яценко).

Щодо цієї ДКР розроблено і виготовлено військовий стереофонічний мультимедійний комплекс ВСТУ-50 для перебудови методик морально-психологічного впливу та військово-патріотичного виховання особового складу Збройних сил та інших збройних формувань України, який не має аналогів в Україні і країнах СНД. Комплекс пройшов Державні випробування (Акт Державних випробувань, затверджений Рішенням МО України та НАН України від 29.01.2007р.) та прийнятий на озброєння (Наказ Міністра оборони від 11.06.2007 р. № 336). Робоча конструкторська документація на ВСТУ-50 передана для серійного виробництва. Виготовлена перша партія виробів;

– ДКР “Розробка пересувного кіновідеосалону“, шифр “Клуб“ (А.С. Пивоваров, В.Г. Сербін, В.В. Третяк).

За цією ДКР розроблено і виготовлено багатофункціональний пересувний кіновідеосалон ПКВС для морально-психологічного та військово-професійного навчання і виховання в польових умовах особового складу підрозділів Збройних сил та інших військових формувань України, у тому числі, Миротворчих сил поза її межами. Дослідний зразок ПКВС пройшов Державні випробування (Акт Державних випробувань, затверджений Рішенням МО України та НАН України від 29.01.2007 р.), прийнятий на озброєння (Наказ Міністра оборони від 11.06.2007 р. № 337). Робоча конструкторська документація на ПКВС передана на ВАТ “Завод “Маяк“” для серійного виробництва.

Матеріали з ДКР “Трансляція“ і “Клуб“ опубліковані на сайті <http://conference.immsp.kiev.ua>.

Виконані за відомчими темами з наукових фундаментальних досліджень НДР “Дослідження комплексу проблем архітектурної, структурної та технологічної організації високопродуктивних обчислювальних засобів для роботи в умовах жорстких обмежень“ (Б.Г. Мудла, Г.С. Теслер) [Звіт з НДР “Обмеження“. – К.: ІПММС НАНУ, 2000. – 183 с.] та “Дослідження відмовостійких обчислювальних засобів у критичних інформаційних системах обробки інформації і керування об’єктами на основі мережної взаємодії“ (Г.С. Теслер, Б.Г. Мудла) [Звіт з НДР “Відмовостійкість“. – К.: ІПММС НАНУ, 2004. – 264 с.] безпосередньо пов’язані з актуальністю рішення найважливіших наукових і прикладних проблем новими засобами інформатики, обчислювальної техніки та інформаційних технологій для низки Національних і Державних програм розвитку галузей України: Державна програма розвитку озброєння на період до 2005 та до 2010 рр.; Національна космічна програма України на 1994–1997 рр.; Загальнодержавна (Національна) космічна програма України на 1997–2002 рр.; Державна програма з інформатизації та інш., до яких мають пряме відношення наведені вище роботи.

### **3. Висновки**

З викладеного видно, який складний, але славний шлях пройшли співробітники відділу та відділення за цей період, який мав декілька кардинально поворотних етапів розвитку цього напрямку дуже необхідних народному господарству робіт, а саме:

1) вирішення проблеми другого стратегічного напрямку створення малих машин для економічних розрахунків за проектом машини “Ода“ як інформаційного ядра АСУП різних рівнів;

2) вирішення проблеми автоматизації натурних випробувань складних об'єктів нової техніки за рахунок створення принципово нової технології та обчислювальних комплексів збору, обробки та аналізу сигналів і повної обробки результатів експериментів безпосередньо на борту або у полігонних умовах їх експлуатації;

3) вирішення проблеми забезпечення єдності вимірювань та оперативної обробки Держстандартом країни за рахунок автоматизації регламентних робіт з атестації засобів вимірювань та метрологічного супроводу їх випробувань за рахунок мобільних інформаційно-обчислювальних систем;

4) вирішення проблеми створення та виробництва базових агрегатних засобів штатних бортових інформаційно-вимірювальних комплексів з переходом до повного електронного борту у вітчизняному літакобудуванні на основі міжнародного стандарту ARINC;

5) вирішення проблеми нового наукового напрямку автоматизації натурних експериментальних робіт із широким застосуванням засобів вимірювань, пошуку, ідентифікації та супроводу об'єктів на основі відеотелевізійних, інфрачервоного та інших випромінювань для авіаційної, бронетанкової та морської техніки;

6) вирішення задач оптимізації характеристик високоінтегрованих відмовостійких цифрових обчислювальних систем управління мікросупутниками з метою суттєвого збільшення корисного навантаження за рахунок мікромініатюризації систем управління та забезпечення терміну активного існування мікросупутника протягом 10–12 і більше років;

7) вирішення задач морально-психологічного та військово-професійного забезпечення навчання, виховання та розвитку особового складу підрозділів військових формувань у польових умовах з допомогою багатофункціональних інформаційних технічних засобів.

За результатами науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт підготували і захистили докторські дисертації: Г.І. Корнієнко, М.І. Діанов, В.І. Діанов та Г.С. Теслер і кандидатські: Б.Г. Мудла, В.І. Іванас, В.М. Буртняк, А.К. Беляєв.

За цикл робіт “Створення та промислове впровадження бортових багатоканальних вимірювально-обчислювальних комплексів обробки даних натурних випробувань” автори Б.Г. Мудла, В.І. Діанов, М.І. Діанов, В.Ф. Берніков, А.І. Канівець, О.М. Шалейко стали лауреатами Державної премії УРСР у галузі науки і техніки за 1987 рік.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Академик В.М. Глушков – пионер кибернетики / Сост.: В.П. Деркач. – К.: Издательство «Юниор», 2003. – 384 с.
2. Малиновский Б.Н. Очерки по истории компьютерной науки и техники в Украине. – К.: Феникс, 1998. – 452 с.
3. Малиновський Б.Н. Історія обчислювальної техніки в особах. – К.: Фірма «КІТ», ВТОВ «А.С.К.», 1995. – 384 с.
4. Малиновський Б.Н. Академік В. Глушков. – К.: Наукова думка, 1993. – 144 с.
5. Шкурба В.В. Задачи создания автоматизированных систем управления в народном хозяйстве // Автоматизированные системы управления предприятием: Республиканский межведомственный сборник. – К.: Наукова думка, 1966. – С. 8 – 39.
6. Шкурба В.В., Скурихин В.В., Кузнецов В.К. Автоматизированные системы управления предприятием // Автоматизированные системы управления предприятием: Республиканский межведомственный сборник. – К.: Наукова думка, 1966. – С. 40 – 54.
7. Обработка информационных массивов в автоматизированных системах управления / В.М. Глушков, В.П. Гладун, Л.С. Лозинский и др. / Под общ. ред. академика В.М. Глушкова. – К.: Наукова думка, 1970. – 180 с.
8. Бабенко Л.П. Об использовании языка типа Кобол для описания трансляторов // Кибернетика. – 1965. – № 5. – С. 41 – 54.

9. Кобол (программированное учебное пособие / Под ред. Е.Л. Ющенко, Л.П. Бабенко, Е.И. Машбиц. – Киев: Вища школа, 1973. – 292 с.
10. Погребинский С.Б., Лозинский Л.С. Реализация типовых операторов обработки экономической информации // Автоматизированные системы управления предприятием: Республиканский межведомственный сборник. – К.: Наукова думка, 1966. – С. 154 – 164.
11. Кимстач Т.Н., Максименко А.А. Об одном способе записи алгоритмов решения задач учёта // Автоматизированные системы управления предприятием: Республиканский межведомственный сборник. – К.: Наукова думка, 1966. – С. 82 – 92.
12. Устройство для синхронизации работы цифровой вычислительной машины с телеграфным аппаратом: А. с. 261777 СССР, МКИ 53 G 06 3/04 / Б.Г. Мудла, Л.С. Лозинский, С.Б. Погребинский. – Не публ.
13. Мудла Б.Г. Организация обмена информацией между ЭВМ и группой телеграфных аппаратов / Б.Г. Мудла, Н.А. Касьяненко, Б.А. Братусь // Механизация и автоматизация управления. – 1970. – № 2. – С. 61 – 65.
14. Мульти vibrator со встроенной регулируемой задержкой запуска и привязкой фазы / Б.Г. Мудла, Н.А. Касьяненко, И.Б. Воловенко и др. // Механизация и автоматизация управления. – 1970. – № 2. – С. 58 – 60.
15. Мудла Б.Г. Об одном подходе к выводу информации на ЭЛТ в проблемно-ориентированной мини-ЭВМ / Б.Г. Мудла, А.К. Беляев, Г.И. Корниенко // Средства диалога при решении инженерных задач. – Киев: Об-во “Знание” УССР, 1974. – С. 29.
16. Устройство для отображения системы координат на экране электронно-лучевой трубки: А. с. 529469 СССР, МКИ 52 G 06 K 15/20 / Б.Г. Мудла, А.К. Беляев, В.Ф. Берников и др.; Оpubл.25, 09, 76. Бюл. № 35. – 5 с.
17. Мудла Б.Г., Беляев А.К., Гальчук В.Я. и др. Устройство для отображения графической информации на экране телевизионного приёмника. А. с. 1032478 СССР, МКИ 53 G 03 G 1/16. – Оpubл. 30. 07. 83, Бюл. № 28. – 6 с.
18. Корниенко Г.И. Система экспресс-анализа экспериментальных данных для натуральных испытаний сложных объектов // УСиМ. – 1978. – № 6. – С. 125 – 128.
19. Мудла Б.Г., Корниенко Г.И. Методы и средства организации систем обработки данных натуральных испытаний объектов // Мини- и микро-ЭВМ в АСУТП и научном эксперименте. – Киев: ИК АН УССР, 1981. – С. 3 – 9.
20. Корниенко Г.И. Цифровой вычислительный комплекс многоканальной обработки экспериментальных данных в реальном времени / ЦВК “ПИРС” // УСиМ. – 1979. – № 6. – С. 104 – 106.
21. Натурный эксперимент: Информационное обеспечение экспериментальных исследований / Н.И. Баклашов, А.Н. Белюнов, Г.М. Солодихин и др.; Под ред. Н.И. Баклашова. – М.: Радио и связь, 1982. – 304 с.
22. Гирс И.В. Испытания мореходных качеств судов: [Справочник] / И.В. Гирс, А.А. Русецкий, Ю.А. Нецветаев. – 2-е изд. испр. и доп. – Л.: Судостроение, 1977. – 192 с.
23. Корниенко Г.И. Проблемно-ориентированная цифровая вычислительная машина “Эталон” для систем реального времени // УСиМ. – 1979. – № 1 – С. 104 – 106.
24. Ильин В.А. Адмирал скоростного флота. – М.: Политиздат, 1983. – 94 с.
25. Рой Макливи Суда на подводных крыльях и воздушной подушке / Пер. с англ. – Л.: Судостроение, 1981. – 208 с.
26. Белавин Н.И. Экранопланы (по данным зарубежной печати). – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1977. – 232 с.
27. Евтушенко А. Монстры высочайшего полёта // Комсомольская правда. – 1993. – 31 августа.
28. Ершов А. Боевой экраноплан станет спасателем // Известия. – 1994. – 4 января, № 1 (24108).
29. Мудла Б.Г. Вопросы создания и внедрения бортовых и передвижных информационно-измерительных ЦВК // Цифровые вычислительные комплексы обработки данных натуральных испытаний. Проектирование и внедрение. – Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР, 1983. – С. 37 – 53.
30. Мудла Б.Г. К вопросу повышения производительности ЦВК для натуральных испытаний объектов на основе пространственной совместимости // Построение автоматизированных систем обработки экспериментальных данных: Сб. науч. тр. – Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР, 1985. – С. 6 – 13.
31. Программируемый контроллер многоканальных АЦП в системах с распределённой структурой обработки данных / Б.Г. Мудла, В.В. Леонидов, Г.И. Корниенко и др. // УСиМ. – 1984. – № 1. – С. 3 – 8.
32. К вопросу линеаризации выходной характеристики первичного преобразователя и выбор входного оптимально согласованного фильтра в системах обработки экспериментальных данных / Б.Г. Мудла, В.В. Леонидов, Г.И. Корниенко и др. // Кибернетика. – 1984. – № 5. – С. 48 – 55.
33. Дианов М.И. Принципы построения цифровых многоканальных экспресс-анализаторов / М.И. Дианов, В.И. Дианов, Г.И. Корниенко // Кибернетика. – 1980 – № 6. – С. 63 – 67.
34. Мудла Б.Г. Разработка, исследование и внедрение бортовых многоканальных измерительно-вычислительных комплексов обработки данных испытаний экранопланов // Автор. дис... канд. техн. наук. – Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР, 1987. – С. 138.
35. Бортовой информационно-измерительный комплекс / Б.Г. Мудла, В.В. Леонидов, Ю.Ф. Лукьянов и др. // Цифровые вычислительные комплексы обработки данных натуральных испытаний. Проектирование и внедрение. – Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР, 1983. – С. 3 – 7.
36. Коммутационная система обработки многоканальной статистической информации: А.с. № 989560 /СССР/. МКИ 52 Н 03 К 12/04 / Б.Г. Мудла, А.К. Беляев, В.Ф. Берников, В.Я. Гальчук, М.И. Дианов и др.; Оpubл. в Б. И., 1983, № 2. – 8 с.
37. Коммутационная система – Т: А. с. 213493 /СССР/, МКИ 52 Н 03 К 12/04 / Б.Г. Мудла, А.К. Беляев, В.Ф. Берников, В.Я. Гальчук, В.И. Дианов и др. – Не публ.
38. Пат. України № 24128. Запам'ятовуючий пристрій зі змінним форматом / Б.Г. Мудла, А.К. Беляев, Л.Є. Горша, В.І. Гриценко та інш. – 1998. – 13 с.

39. Мудла Б.Г. Расчет объемов ОЗУ величины выборки N при статистической обработке экспериментальной информации в системах с распределенной структурой / Б.Г. Мудла, В.И. Гриценко, В.В. Леонидов и др. // Кибернетика. – 1984. – № 4. – С. 54 – 59.
40. Берніков В.Ф. Конвеєрна обробка команд в обчислювачах проблемно-орієнтованих комплексів // Построение автоматизированных систем обработки экспериментальных данных: Сб. науч. тр. – Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР, 1985. – С. 36 – 42.
41. Способ экспериментального определения параметров качки судна по линии видимого горизонта: А. с. 803610 СССР, МКИ 53 G 01 B 21/20 / Б.Г. Мудла, В.О. Гоголев, А.К. Беляев, В.Я. Гальчук та інш. – Не публ.
42. Установка для экспериментального определения параметров бортовой и килевой качки судна по линии видимого горизонта: А. с. 897632 СССР, МКИ 53 B 53 B 30/14 / Б.Г. Мудла, В.О. Гоголев, А.К. Беляев, В.Я. Гальчук та інш.; Опубл. 15.01.82, Бюл. № 2. – 6 с.
43. Автоматизированная система обработки и сопровождения архивных магнитных лент с результатами испытаний сложных технических объектов / Б.Г. Мудла, В.В. Гайдук, Т.Г. Панченко и др. // УСИМ. – 1982. – № 3. – С. 109 – 112.
44. ЦВК для оперативного обнаружения и классификации сейсмологических сигналов / Г.Д. Давидюк, В.А. Черногор, В.В. Здрок и др. // Цифровые вычислительные комплексы обработки данных натуральных испытаний. Проектирование и внедрение. – Киев: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН УССР, 1983. – С. 26 – 32.
45. О методах расчетов одного класса адаптивных систем обработки экспериментальных данных при проведении натуральных испытаний / Б.Г. Мудла, В.В. Леонидов, Ю.Н. Лось и др. // Построение автоматизированных систем обработки экспериментальных данных: Сб. науч. тр. – Киев: ИК АН УССР, 1981. – С. 28 – 43.
46. Базова технологія мікромініатюризації бортової радіоелектронної апаратури (РЕА) для систем обробки інформації і управління / А.О. Морозов, О.О. Голубченко, М.Д. Кардашук и др. // Міжнародний симпозіум «Аерокосмічна індустрія та екологія. Проблеми конверсії і безпеки». Тези доповідей. – Дніпропетровськ, 1996. – 21 – 25 травня. – С. 20 – 21.

*Стаття надійшла до редакції 04.08.2008*