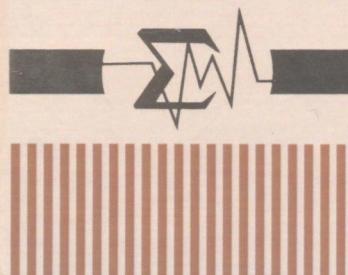
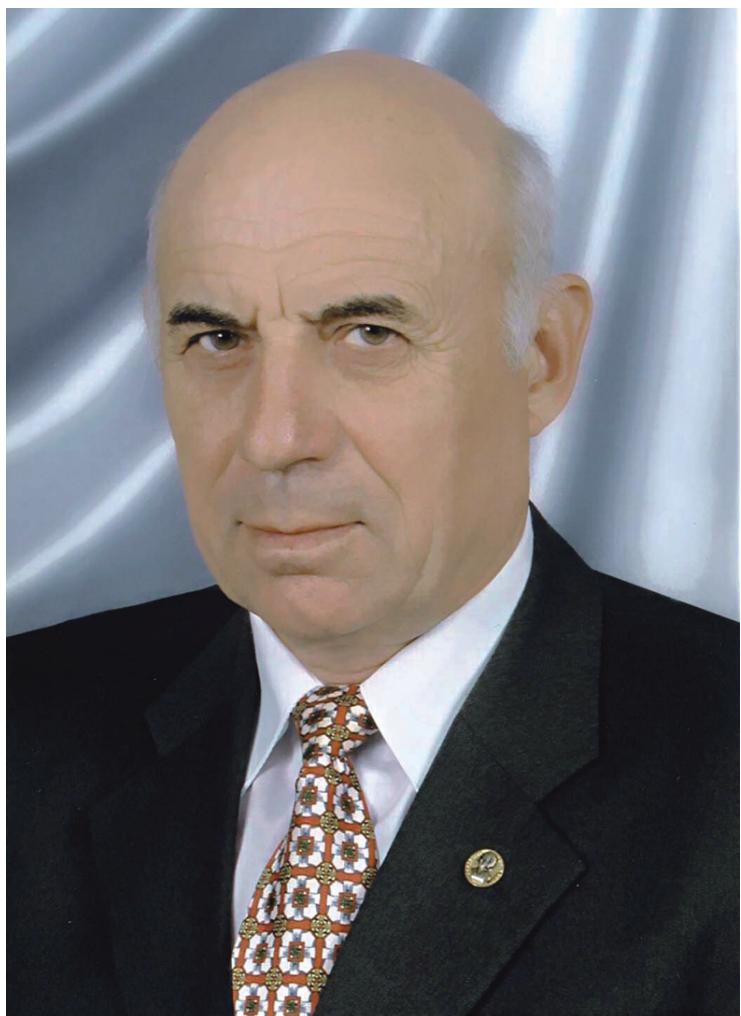


**ВИКТОР  
ГАВРИЛОВИЧ  
ХОРОШЕВСКИЙ**

**УЧЕНИК. УЧЕНЫЙ. УЧИТЕЛЬ**



**Наука Сибири в лицах**



B. B. S.

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ  
им. А.В. РЖАНОВА**

**В.Г. ХОРОШЕВСКИЙ  
УЧЕНИК. УЧЕНЫЙ. УЧИТЕЛЬ**

Ответственный редактор  
М.Г. Курносов

Новосибирск  
2015

УДК 001  
ББК 72.3  
Х 234

Серия «Наука Сибири в лицах»  
Основана в 2001 г.  
Главный редактор серии А.П. Деревянко

Х 234 В.Г. Хорошевский. Ученик. Ученый. Учитель. — Новосибирск:  
Автограф, 2015. — 208 с.

ISBN 978-5-9906983-7-6

Книга посвящена памяти известного российского ученого, члена-корреспондента РАН Виктора Гавриловича Хорошевского (1940–2012). Основную часть книги составляют воспоминания коллег, учеников, друзей и близких Виктора Гавриловича.

В книгу включены материалы, которые отражают историю развития вычислительных систем с программируемой структурой и становление Научной школы В.Г. Хорошевского.

***Рецензент:***

кандидат исторических наук  
*Куперштех Наталья Александровна.*

***Редакционная коллегия:***

Курносов М.Г. (отв. ред.), Хорошевская Э.Г., Павский К.В., Лычагина А.А.

## **ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ**

Предлагаемая вниманию читателей книга посвящена жизни и деятельности известного ученого, члена-корреспондента РАН Виктора Гавриловича Хорошевского (1940–2012), доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, лауреата премии Правительства Российской Федерации в области образования. Он был крупным специалистом в области архитектуры вычислительных систем (ВС) с программируемой структурой, анализа и организации функционирования большемасштабных распределенных ВС (производительность, надежность, живучесть, технико-экономическая эффективность ВС; осуществимость параллельного решения задач; параллельное мультипрограммирование).

Авторы данного издания — коллеги, ученики, друзья и близкие Виктора Гавриловича.

Первая часть книги — биографическая. Она освещает жизненный путь ученого.

Во второй части приведена статья В.Г. , Хорошевского,, посвященная истории развития вычислительных систем с программируемой структурой и становлению Научной школы, а также взгляд коллег на развитие вычислительных систем в разные периоды времени.

Третья часть книги отражает педагогическую деятельность В.Г. Хорошевского.

В четвертой части собраны воспоминания коллег и друзей Виктора Гавриловича.

В приложении приведены первая публикация Виктора Гавриловича (дипломная работа) и фотографии из личного архива.

Надеясь на продолжение нашей работы, просим присыпать свои отзывы по адресам: 630102, г. Новосибирск, ул. Кирова, 86, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Кафедра вычислительных систем; 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 13, Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Лаборатория вычислительных систем.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ . . . . .</b>	3
<b>БИОГРАФИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ . . . . .</b>	7

### **I. СТАНОВЛЕНИЕ**

<i>К.Г. Лопухина, Л.А. Смирнова, Л.Ф. Макевнина, О.В. Шишкина, Э.Г. Хорошевская</i>	
<b>ВОСПОМИНАНИЯ . . . . .</b>	11
1. Из семейных преданий . . . . .	11
2. Сороковые роковые . . . . .	19
3. Школьная пора . . . . .	25
4. Студенчество . . . . .	32
5. Старт в науку . . . . .	37
6. Семья . . . . .	39
<i>Л.М. Кабаков</i>	
<b>ШКОЛА . . . . .</b>	45
<i>Н.С. Овсянникова</i>	
<b>МЫ ГОРДИМСЯ ТОБОЙ, ВИКТОР . . . . .</b>	52
<i>А.Ю. Матросова</i>	
<b>УЧЕБА НА РАДИОФИЗИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ ТГУ . . . . .</b>	56

### **II. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С ПРОГРАММИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ**

<i>В.Г. Хорошевский</i>	
<b>РАЗВИТИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПРОГРАММИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ . . . . .</b>	63
<i>В.В. Корнеев</i>	
<b>О РАЗВИТИИ КОНЦЕПЦИИ ОДНОРОДНЫХ УНИВЕРСАЛЬ- НЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ВЫСОКОЙ ПРОИЗВО- ДИТЕЛЬНОСТИ . . . . .</b>	116

<i>В.А. Павский</i>	
<b>О ХОРОШЕВСКОМ В.Г.</b>	120
<i>Н.Г. Загоруйко</i>	
<b>ВЗГЛЯД НА ИСТОРИЮ ИНФОРМАТИКИ В ИНСТИТУТЕ МАТЕМАТИКИ</b>	123

### **III. НАУЧНАЯ ШКОЛА. ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

<i>В.К. Трофимов</i>	
<b>ВОСПОМИНАНИЯ О ВИКТОРЕ ГАВРИЛОВИЧЕ ХОРОШЕВСКОМ</b>	137
<i>А.В. Ефимов</i>	
<b>ВИКТОР ГАВРИЛОВИЧ ХОРОШЕВСКИЙ</b>	142
<i>М.Г. Курносов</i>	
<b>ОБ УЧИТЕЛЕ</b>	144
<i>К.В. Павский</i>	
<b>МОЛОДОЙ КОЛЛЕКТИВ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ</b>	147
<i>С.Г. Седухин, Л.А. Седухина</i>	
<b>ВОСПОМИНАНИЯ</b>	151

### **IV. СЛОВО КОЛЛЕГАМ, ДРУЗЬЯМ**

<i>С.С. Кутателадзе</i>	
<b>КЛАССИК ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА</b>	155
<i>И.Г. Неизвестный</i>	
<b>НАВСЕГДА В МОЕЙ ПАМЯТИ</b>	157
<i>Л.А. Потеряева</i>	
<b>ВИКТОР ГАВРИЛОВИЧ ХОРОШЕВСКИЙ</b>	159
<i>О.Н. Пьявченко</i>	
<b>СВЕТЛАЯ ПАМЯТЬ О ВИКТОРЕ ГАВРИЛОВИЧЕ</b>	161
<i>В.А. Святный</i>	
<b>О ВИКТОРЕ ГАВРИЛОВИЧЕ...</b>	164

*Содержание*

---

<i>Е. Г. Великанов</i>	
<b>ПАМЯТЬ О ДРУГЕ . . . . .</b>	167
<i>В.И. Знак</i>	
<b>ПАМЯТИ ВИКТОРА ХОРОШЕВСКОГО . . . . .</b>	168
<i>В.В. Зуенко, В.С. Зуенко</i>	
<b>НЕЗАБЫВАЕМЫЕ ДНИ... . . . . .</b>	171

**V. ПРИЛОЖЕНИЕ**

<b>ДИПЛОМНАЯ РАБОТА В.Г. ХОРОШЕВСКОГО . . . . .</b>	177
<b>КОПИИ ДОКУМЕНТОВ . . . . .</b>	183
<b>ФОТОГРАФИИ ИЗ СЕМЕЙНОГО АЛЬБОМА . . . . .</b>	193

---

## **БИОГРАФИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Виктор Гаврилович Хорошевский родился 22 августа 1940 года в городе Горно-Алтайске, Алтайского края. Отец — Хорошевский Гаврила Маркелович, мать — Хорошевская (Артамонова) Василиса Дементьевна, 1894 года рождения, уроженцы села Пайва Баевского района Алтайского края.

В 1948 году Виктор Гаврилович поступил в Среднюю школу № 13 г. Горно-Алтая и окончил ее в 1958 году с серебряной медалью. С 1958 по 1963 гг. обучался на радиофизическом факультете Томского госуниверситета им. В.В. Куйбышева по специальности радиофизика и электроника, присвоена квалификация физик-радиоэлектроник.

В феврале 1964 года по приглашению академика С.Л. Соболева принят на работу в Институт математики (ИМ) СО АН СССР (стажер-исследователь). С 1966 г. — младший научный сотрудник. В 1968 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности «техническая кибернетика». С 1970 г. — заведующий Лабораторией вычислительных систем ИМ СО АН СССР. В 1973 г. защитил докторскую диссертацию по специальности «вычислительная техника» (дата присуждения ученой степени — 17 июля 1974 г.). Тема диссертации «Исследование функционирования однородных вычислительных систем».

За время работы в ИМ АН СССР В.Г. Хорошевским разработаны основы теории функционирования большемасштабных распределенных ВС. Создано семейство вычислительных систем с программируемой структурой. Виктор Гаврилович — один из ведущих разработчиков первой в мире системы с программируемой структурой «Минск-222» (одномерная структура, 1965 г.), руководитель разработок: исследовательской ВС с кольцевой топологией (1967 г.), мини-ВС МИНИМАКС (grid-топология, 1975 г.) и СУММА (машины-трехполюсники, 1976 г.).

В.Г. Хорошевский внес крупный вклад в создание теории функционирования большемасштабных распределенных вычислительных систем. Им построены вероятностные дискретные и континуальные модели функционирования ВС с массовым параллелизмом и созданы основы теории стохастической осуществимости параллельного решения сложных задач. Выполнены первые работы по теории живучести большемасштабных вычислительных систем, разработаны математический аппарат и технология экспресс-анализа надежности, живучести и технико-экономической эффективности ВС. Созданы основы теории параллельного мультипрограммирования, а также базовые параллельные алгоритмы организации функционирования ВС с массовым параллелизмом.

Алгоритмы основываются на точных, эвристических и стохастических методах и обеспечивают экстремумы целевых функций и гарантируют оптимальную обработку информации в системах.

С 1983 по 1987 гг. работал в Институте теоретической и прикладной механики (ИТПМ) СО АН СССР.

В 1987 перешел на работу в Институт физики полупроводников (ИФП) СО РАН, где проработал до 2012 года в должности заведующего Лабораторией вычислительных систем. В период с 1985 по 1996 год под его руководством созданы семейства микроВС: МИКРОС (1986 г.), МИКРОС-2 (1992 г.), МИКРОС-Т (1996 г.). Системы МИКРОС явились прототипом семейства отечественных высокопроизводительных вычислительных систем МВС-1000 (НИИ «Квант», г. Москва). В 2003 году создана пространственно-распределенная мультиклUSTERная ВС коллективного пользования (ИФП СО РАН, СибГУТИ). Данные системы относятся к классу MIMD-архитектур, имеют распределенное децентрализованное управление, обладают живучестью и масштабируемостью.

В 2000 году избран членом-корреспондентом РАН по Отделению информатики, вычислительной техники и автоматизации.

Активно участвовал в воспитании и подготовке специалистов и кадров высшей квалификации. В 1967–1983 гг. преподавал в Новосибирском электротехническом институте (в настоящее время НГТУ, Новосибирский государственный технический университет). В 1995–2004 гг. — в Новосибирском государственном университете, с 1983 г. — в Новосибирском электротехническом институте связи (в настоящее время СибГУТИ, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики). В 1999 г. создал в СибГУТИ Кафедру вычислительных систем, а в 2002 г. — Центр параллельных вычислительных технологий.

В.Г. Хорошевский — основатель и председатель (с 1982 г.) Международной конференции «Распределенная обработка информации» (Distributed Data Processing — DDP). Создатель и руководитель ведущей научной школы России в области распределенных вычислительных систем, параллельного мультипрограммирования и моделирования (гранты Президента для поддержки ведущих Научных школ России: НШ-9505.2006.9; НШ-2121.2008.9; НШ-5176.2010.9; НШ-2175.2012.9).

Научные достижения В.Г. Хорошевского получили высокое общественное признание. Он награжден медалями СССР. В 2009 г. присвоено Почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации». Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области образования (посмертно, 2012 г.). Лауреат премии им. С.А. Лебедева РАН (посмертно, 2012 г.).

---

# **I. СТАНОВЛЕНИЕ**

---

---

---

---

---

---

*К.Г. Лопухина, Л.А. Смирнова, Л.Ф. Макевнина,  
О.В. Шишкина, Э.Г. Хорошевская*

## **ВОСПОМИНАНИЯ**

### **1. Из семейных преданий**

Фамилия «Хорошевский» считается малораспространенной в географических регионах России и, возможно, происходит из Польши или соседних с Польшей государств (Белоруссии, Украины). В семье есть предания разной степени достоверности. Так, например, считается, что предок Виктора Гавриловича Хорошевского по отцовской линии был польским офицером Кондратием Хорошевским, сосланным вместе со своим братом в Сибирь, вероятно, в XVIII веке. Они шли по этапу до Сузуна, но брат не дошел до места 200 верст, заболел и умер. Кондратий жил работником в семье; женился, вскоре родился сын Абросим. Не успел подрасти сын, как умерла жена. Через некоторое время Кондратий женился вторично на богатой бездетной вдове. Отношения с чужим ребенком у мачехи не складывались, она часто выгоняла его из дома. Однажды, когда его выгнали в очередной раз, и он, завернувшись в тряпье, дрожал на холода, его подобрала киргизская семья, которая его и вырастила. Из этой семьи юноша был призван в армию. Во время службы Абросима в армии умер его отец, и мачеха, не имея ни сил, ни здоровья управляясь с большим хозяйством, ни собственных детей, готовых его унаследовать, направила письмо царице с просьбой освобо-

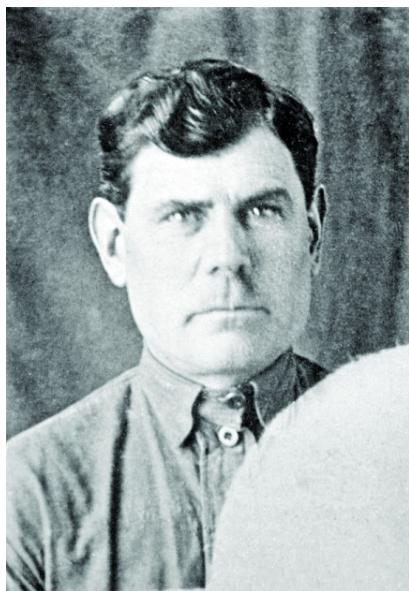
*Лопухина Клавдия Григорьевна — дочь двоюродного брата Василисы Дементьевны Хорошевской — Лопухина Григория Алексеевича, экономист, г. Горно-Алтайск*

*Смирнова Людмила Анатольевна — дочь Лопухиной Клавдии Григорьевны, экономист, г. Горно-Алтайск*

*Макевнина Лариса Фёдоровна — дочь брата В.Г. Хорошевского — Фёдора Гавриловича Хорошевского, химик-технолог, г. Москва*

*Шишкина (Хорошевская) Ольга Викторовна — дочь В.Г. Хорошевского, окончила механико-математический факультет МГУ, математик, PD Dr., Институт Макса Планка динамики и самоорганизации, г. Гётtingен, Германия*

*Хорошевская Элла Георгиевна — жена В.Г. Хорошевского, математик, к.т.н., г. Новосибирск*



Гаврила Маркелович  
Хорошевский (1894–1951)

Зиновьи Федоровны было две дочери — Агафья и Афимья, и четыре сына — Иван-солдат, Дементий, Евграфий и еще один Иван, названный в честь старшего брата, Ивана-солдата. В семье Дементия Филатовича Артамонова и его супруги Пелагеи Федоровны Артамоновой (урожденной Молоковой) были дочь Василиса и сын Илларион.

В семье прадеда по отцовской линии, Кондратия Абросимовича Хорошевского, было пятеро детей: дочь Мавра и сыновья Трофим, Тимофей, Тихон и Маркел. Маркел Кондратьевич Хорошевский был отцом Агапа, Лаврентия, Гаврилы и Варвары.

Семьи Артамоновых и Хорошевских породнились в начале 1913 года, когда обвенчались Гаврила Маркелович Хорошевский и Василиса Дементьевна Хорошевская, урожденная Артамонова.

Крестьянские хозяйства и Хорошевских, и Артамоновых были крепкими, зажиточными. Говорили, что даже посуда в доме была из золота и серебра. Большой кирпичный дом Артамоновых, построенный в 1910 году, использовался впоследствии как колхозный молокозавод, а двухэтажные дома Хорошевских — в качестве школы и сельского административного здания.

Мама Виктора Гавриловича Хорошевского Василиса Дементьевна вспоминала в день своего столетия в 1994 году: «Хлеба много сеяли; по 50 гектар свекор сеял хлеба. Лошадей считали табунами, было много коров

дить пасынка от дальнейшей службы. Прошение было удовлетворено, и, отслужив пять лет, Абросим вернулся на родину. Трудолюбивый и смекалистый, он приумножил хозяйство.

Достоверно есть сведения про прадедов Виктора Гавриловича, что они и по линии матери, и по линии отца происходили из трудолюбивых многодетных крестьянских семей села Верх-Пайва Баянского района Алтайского края. Официально известно, что село Верх-Пайва было основано в 1796 году на берегу реки Пайвы выходцами из села Жарково Тимофеем Васильевичем Хорошевским, Алексеем Ивановичем Нечунаевым и Павлом Семеновичем Кусовым.

У прадеда Виктора Гавриловича Хорошевского по материнской линии, Филата Максимовича Артамонова, и его жены

и овец». Надо заметить, что Василиса Дементьевна и в 100 лет отличалась удивительной памятью, помнила все, от событий начала века по дням недели и до подробного списка того, что грабили красные, а что белые, с указанием цен утраченного в рублях и в ценах на корову на тот момент. Василиса Дементьевна прожила долгую и непростую жизнь. Она охотно делилась радостными воспоминаниями из своей жизни, однако о некоторых событиях старалась не говорить.

Василиса Дементьевна вспоминала, что ее тетя, Агафья Филатовна Артамонова, убежала («убегом») замуж за Алексея Степановича Лопухина, обвенчалась с ним. Ее отец, Филат Максимович Артамонов, долго не мог простить дочь за это — до тех пор, пока не родился внук Григорий.

Только тогда Филат Максимович простил дочь и дал ей надел земли. Так сложилось, что из всего клана Артамоновых Василиса Дементьевна до последних дней была дружна со своим двоюродным братом Григорием Алексеевичем Лопухиным (1904–1980) и его семьей, принявшей самое активное участие в жизни семьи Василисы Дементьевны.

Василиса Дементьевна не знала точной даты своего рождения. Дни рождения никогда не отмечали, но праздники были: Пасха, Покров и другие. Когда пришло время получать паспорт, записали дату рождения — 16 марта. Семья родителей была зажиточной, жили очень дружно и работали много. Если зимы выдавались малоснежные и снег падал на сухую землю, лошади сами добывали себе корм на пастбище. В такие зимы было легче перезимовать. Если же снег ложился на сырую землю, кормить скотину нужно было дома. Чтобы управиться с таким большим хозяйством, подоить коров, накормить все поголовье, приходилось трудиться, не покладая рук.

В 1910 г. у Василисы умер отец, мать осталась вдовой с двумя детьми — Василисой 16 лет и Илларионом (Ларием) 12 лет. Василисе, как



Василиса Дементьевна Хорошевская  
(1894–1996)

старшей из детей, пришлось стать первой помощницей, хозяйствкой в семье. Спустя 90 лет Василиса Дементьевна вспоминала: «Тятя в пятницу умер, в субботу похоронили, перед Масленкой, в десятом году. Мама болела, замуж не выходила».

На вопрос, почему ее так рано замуж отдали, Василиса Дементьевна со смехом отвечала: «Да женихи одолели! Соседи все посыпали, да из других деревень... Одни за столом сидят, угощают, другие уже лошадь привязывают, приехали... Я еще молода была совсем, мне смешно даже было». Когда сваты приезжали, самовар ставили, угощали гостей, так было принято. При самом сватовстве Василиса не присутствовала, но в очередной раз, когда гости уехали, ей объявили, что ее сосватали за Гаврилу Маркеловича Хорошевского, и будет венчание. «А что мама с его родителями говорила, она мне не передавала», — вспоминала Василиса Дементьевна.

Обвенчались они весной 1913 г., получили хороший надел в 20 га земли и живность. В первый год замужества перед сенокосом Василиса тяжело переболела тифом. Свекор Маркела Абросимович с супругой любили свою младшую сноху Василису, красивую, проворную, аккуратную, бесконфликтную и очень трудолюбивую, и жалели ее, не будили зимой на первую дойку, чем иногда вызывали недовольство старшей снохи. Прожили молодые пять лет в доме родителей и купили свой домик, светлый и удобный, построили баню и надворные постройки. Зажили дружно, в достатке и труде.

Почти три года у Василисы Дементьевны и Гаврилы Маркеловича не было детей, зато потом каждый рожденный ребенок принимался как вымоленное счастье. Василиса Дементьевна и Гаврила Маркелович вырастили семерых детей: Анну (1915 г.р.), Федора (1917 г.р.), Ивана (1920 г.р.), Михаила (1922 г.р.), Александру (1927 г.р.), Валентину (1931 г.р.) и Виктора (1940 г.р.), — пережили продразверстку и раскулачивание, гражданскую и Великую Отечественную войны.

В семье уже было трое детей: Анна (Нюся), Федор и Иван. Уговаривала Василиса Дементьевна мужа спрятать в поле хотя бы один сундук с нажитым, как все делали, но не до того было Гавриле Маркеловичу, спешил хлеб с поля убрать. На пашне были, когда прискакали вестовые из села: «Белые в деревне. Мужиков убивают, женщин насилуют». Пересидели, отправили верхового узнать обстановку. Когда вернулись, дом был совершенно пуст. Забрали все, осталось только то, что было на них.

Грабили и белые, и красные. Крестьяне прятали хлеб, кто как мог — зимой в стога сена, летом увозили на пашню в осинники, где сами работали и жили в шалашах, пока шла страда. В деревне оставались дети, старшим приходилось следить за младшими и смотреть за домом. Василиса Дементьевна придумала свой способ, как сохранить муку. За-



Анна Гавриловна Хорошевская  
(1915–2000)



Федор Гаврилович Хорошевский  
(1917–1994)



Иван Гаврилович Хорошевский  
(1920–1967)



Михаил Гаврилович Хорошевский  
(1922–1979)



Александра Гавриловна  
Хорошевская (1927–2010)



Валентина Гавриловна  
Хорошевская (1931–2008)



Виктор Гаврилович  
Хорошеский (1940–2012)

сыпали ее в мешки и раскладывали по кроватям, как матрацы. Приходили белые-красные, рыскали по подполам и погребам, искали, где зарыто, а ребяташки сидели на кроватях, громко плачали и так спасали хлеб.

Из воспоминаний Василисы Дементьевны: «Убрали хлеб, измололи, провеяли, в Камень свозили. Ему [Гавриле Маркеловичу] керенками-деньгами заплатили и временными, а эти временные деньги не пошли, керенки не пошли, мы сюда поехали — куда эти деньги? То ли бросить, то ли еще, может, пойдут? В хомут сложили их, повезли, а потом их вывязали да и в печку бросили, посмотрели, как они горели... А хлеб-то повывозили в Камень...».

Невыносимо трудными были 1920–1921 годы. От членов семьи требовали, чтобы они продолжали возить в

г. Камень по два воза хлеба, которого у них уже и не было, при этом Гаврилу Маркеловича забрали на лесоповал, а Василисе Дементьевне подселили двух нахлебников, «начальников, которые заставляли сдавать хлеб и скотину». О событиях записано со слов Василисы Дементьевны, о них она рассказывала в марте 1994 года, в день своего 100-летия. Удивительно, как ее память сохранила события, боль и горечь тех лет.

В 1922 году (очевидно, с окончанием продразверстки) семья переехала в поселок Сосновку. С собой перевезли свой деревянный дом и баню, оконные рамы поставили новые. Родители Гаврилы Маркеловича и братья Агап и Лаврентий тоже переехали, чтобы начать новую жизнь. Там у Василисы Дементьевны и Гаврилы Маркеловича родились Михаил и Александра, родились также девочки-близнецы и еще одна девочка, но они не выжили, умерли в младенчестве.

В 1927 г. — новая беда. Пожар начался с краиного дома в поселке, когда все взрослое население было в поле. По воспоминаниям Федора Гавриловича Хорошевского, которому тогда было 10 лет, поднялся сильный ветер, огонь распространялся очень быстро, он буквально перепрыгивал через дома. Сгорела ровно половина поселка, 36 домов по одну сторону от дороги. Василиса Дементьевна рассказывала о том, как она узнала о пожаре, примерно так: «Бегут, кричат: «Пожар! Пожар!». Я вижу, мои в рубашонках бегут, пересчитала их и с благодарностью давай Богу молиться: живы, все живы...». Все сгорело тогда, «даже пепла не осталось»: дом, баня, амбар, 20 пудов зерна, овес, 24 курицы, 2 петуха, 3 утки и много чего еще. Люди добрые телегу выкатили, сундуки успели вытащить, которые были почти пустые после всех грабежей. Зерно все сгорело, а мука лишь обгорела; ее на самогон пустили. Такие были последствия. Жизнь нужно было начинать с нуля.

После пожара братья Хорошевские разъехались: семья Гаврилы Маркеловича вернулась в Верх-Пайву. Агап Маркелович покинул Алтай и с 1928 г. жил со своей семьей в Ташкенте. Лаврентий Маркелович остался в поселке Сосновка, где в феврале 1938 г. был арестован и обвинен тройкой при УНКВД по статьям 58-2, 9, 10, 11. Дальнейшая его судьба неизвестна. Был реабилитирован в августе 1957 г. военным трибуналом СибВО.

Таким образом, после пожара в 1927 г. Василиса Дементьевна с мужем и пятью детьми вернулась в Верх-Пайву, в родительский дом. Там они прожили до 1931 г. В апреле 1931 г. родилась Валентина. Вскоре 15-летней Нюсе и 13-летнему Феде было предписано в течение 24 часов собраться и явиться на сборный пункт для отправки на Лесохим Троицкого района для сбора живицы (смолы), сроком на 3 месяца. Василиса



Анна, Федор, Гаврила Маркелович и Василиса Дементьевна

речки. Оттуда тоже пришлось уйти, и фактически беженцами осенью 1931 г. семья Хорошевских переехала в город Улала (до 1928 г. — село Улала, административный центр Ойротской автономной области; в 1932 г. его переименовали в г. Ойрот-Тура, а в 1948 г. город был переименован в Горно-Алтайск). У неграмотных родителей было одно страстное желание — дать образование своим детям. В Улале приютил их двоюродный брат Василисы Дементьевны, Григорий Алексеевич Лопухин. Трудно представить, как размещалась семья в восемь человек в небольшой комнатке в пристройке к дому, где была, правда, русская печь.

Жизнь продолжалась. К зиме купили ветхую избушку на ул. Зеленой, а на следующий год, с помощью родственников, которые дали денег в долг, — дом на улице Луговой. Василиса Дементьевна вела хозяйство, Гаврила Маркелович стал работать конюхом в Доме ребенка, а дети — учиться в школе.

Не зря родители стремились в город: за исключением Анны, которая как самая старшая вынуждена была помогать по хозяйству, все дети получили в итоге высшее образование: Федор, Иван, Михаил, Александра

Дементьевна и Гаврила Маркелович решили поехать вместе с детьми, опасаясь отправлять их одних и спасаясь от колхоза.

К началу 1931 г. в Верх-Пайве уже раскулачили и выслали на спецпоселение несколько семей, в том числе Артамоновых, а в колхоз, как говорила Василиса Дементьевна, записывались только ленивые. На вопрос Виктора Гавриловича, младшего сына Василисы Дементьевны: «Как же вы дом-то родительский в Верх-Пайве оставили?» — Василиса Дементьевна ответила: «А дом оставили так: закрыли и уехали. Люди говорили: в колхоз загонят, будете в колхозе работать, дети будут неграмотны, а надо нам было, чтобы вы грамотны были».

Отработав на Лесохиме, они всей семьей уехали в село «Петровское озеро» около Большой

и Валентина окончили педагогический институт в Горно-Алтайске. Они всю жизнь проработали учителями, преподавая физику и математику: Федор Гаврилович был директором школы в Чойском районе, Иван Гаврилович преподавал в Горно-Алтайске в педучилище, Михаил Гаврилович сначала учительствовал в Горно-Алтайске, а затем был директором школы в Барнауле, Александра Гавриловна работала завучем в техникуме в Москве, Валентина Гавриловна работала учителем в Новосибирске.

22 августа 1940 г. в г. Горно-Алтайске (тогда: г. Ойрот-Тура) у 46-летних Василисы Дементьевны и Гаврилы Маркеловича родился последний ребенок, Виктор.

## **2. Сороковые роковые**

В феврале 1940 г., еще до рождения Виктора, братья Федор и Иван были призваны в армию. В это время у Анны (25 лет) и у Федора (23 года) были уже свои семьи, и они жили отдельно. Михаил (18 лет) жил активной молодой жизнью.

И вот опять беда, горе для всей страны. Началась Великая Отечественная война. Михаил вслед за братьями ушел в армию, а отца, Гаврилу Маркеловича, призвали на трудовой фронт в Барнаул: по трудовой мобилизации с Алтая было призвано 117 тыс. человек. Алтай принял во время войны более 100 эвакуированных предприятий, в том числе 24 завода общесоюзного значения.

Мама, Василиса Дементьевна, осталась с тремя младшими детьми. Нянчиться с Витей приходилось школьницам — сестрам Александре (15 лет) и Валентине (11 лет).

Как они позже вспоминали, играть с Витей было одно удовольствие, «как с куклой: пухленький, красивенький, неплаксивый».



Родительский дом на ул. Луговой (г. Горно-Алтайск)



Валя, Гаврила Маркелович, Саша, Витя, Василиса Дементьевна

Рассказывали, как с ним дрова во дворе дома пилили. Посадят его на шею старшей сестре и пилят дрова двуручной пилой, а он держится изо всех сил. Заходят соседи, он им и сообщает: «Мы тут дрова пилим».

С фронта регулярно приходили письма от Федора и Ивана, за исключением времени, когда они оба, не зная ничего о местонахождении друг друга, были в Сталинграде:

один в северной части города, а другой — в южной. От Михаила письма закончились в самом начале войны. Потом пришло письмо от однополчанина Михаила, в котором сообщалось, что артиллерийское подразделение Михаила было окружено на Украине. Когда снаряды закончились, Михаил взорвал орудие и погиб сам. Пришла и похоронка. Около четырех лет не было весточки от Михаила, но мать не верила в гибель сына. Василиса Дементьевна «плакала, выла и молилась», и вымолила у Бога — все сыновья вернулись с фронта!

Из газеты «Алтайская правда» от 10 мая 1965 г.: «... Три раза бежал из фашистского плена артиллерист Михаил Хорошевский. В конце сорок первого он был тяжело ранен и схвачен гитлеровцами, но они так и не сумели сломить воли советского человека. Вместе со своими товарищами Хорошевский в сорок пятом году поднял восстание в концлагере и уничтожил фашистов еще до прихода наших войск. Вернувшись в строй, боец Хорошевский дошел до самого Берлина и здесь был снова ранен. 9 мая он встретил в госпитале...».

И Михаил, и Иван расписались на стенах рейхстага. Иван Гаврилович вспоминал, что все писали имя и фамилию, и откуда родом, а он решил, что никто не знает такого города Ойрот-Тура и написал: «Иван Хорошевский из Барнаула». Но сколько до этой надписи пришлось ему пройти по дорогам войны! В письме брату Михаилу 4 ноября 1945 г. он написал из Германии:

«Дорогой мой брат Миша, здравствуй! После того, как получил твоё письмо, я написал тебе два письма и одну открытку. Сегодня же нашел время для большого письма. Намерен сообщить кое-что о своем прошлом, неизвестном тебе. А не знаешь ты обо мне многое, ибо мы не имели с тобой связи более четырех лет. Сообщаю кратенько. Тебе уже известно, что я до мая месяца 1940 года служил на Урале, в городе Белорецке и в Алкинских лагерях, что близ Уфы. С мая месяца 1940 года служил на Кавказе в городах: Тбилиси, Хашури, Сухуми, Кировокане, Диличане, Степанована, Ленинакане, Баку, Кусари, Казах, Сумгаите. На Кавказе служил во многих частях (артиллерийских). В начале 1942 года служил в городе Павлово-Посаде (от Москвы 60 км). С апреля 1942 г. беспрерывно находился на фронте. Начал свой боевой путь с Донца (северного), от г. Изюм. В мае под Харьковом попал в окружение. Из окружения вышел, несмотря ни на какие трудности и опасности. Оттуда попал в город Острогожск Воронежской области. А из Острогожска шел до самого Сталинграда, где и остановили мы немецкую армию. Под Сталинградом окружили 6-ю немецкую армию под командованием Паулюса. 2 февраля закончили разгром ее. С тех пор начался мой наступательный путь. Прошел всю Украину. Побывал за Днестром. После этого перебрался к Ковелю. Участвовал во взятии Люблина, Варшавы, Познани. Пройдя всю Польшу, начал топтать германскую землю. Добрался до Берлина. После взятия Берлина закончился мой боевой путь.

Это очень краткий, вернее, очень неполный маршрут моего боевого пути. За описание отдельных эпизодов не берусь, ибо их было так много, что в письме описать невозможно. Было много веселых, радостных дней, но еще больше трудных, иногда даже кажущихся невыносимыми, дней.

Благодаря какой-то счастливой случайности остался жив и даже невредим, лишь только волосы покрылись сединой. Но это ничего, седина почетная.

Я не знал, где ты. Мне почему-то думалось всегда, что ты жив, но находишься в неметчине. И я не ошибся. Когда шел в бой — всегда помнил о тебе, моя ненависть к противнику достигала наивысшей точки, а потому я забывал об опасности и бился насмерть, как говорят. Да, Родина и народ не должны на меня обижаться, ибо не за что. Сколько перемолол я из своего орудия живой силы противника и техники — теперь уже учесть невозможно, но я знаю, что много.

Имею восемь правительственные наград: медали «За отвагу» (две), «За боевые заслуги», «За оборону Сталинграда», «За освобождение Варшавы», «За взятие Берлина», «За победу над фашистской Германией в Отечественной войне 1941–1945 гг.» и орден «Славы 3-й степени».

Награды, как видишь, маленькие. Но я же не офицер, а «унтер». С января 1945 года — член ВКП(б). В скором будущем, надеюсь, демобилизуют меня. Дело стоит из-за справки, удостоверяющей в том, что я до службы в армии работал преподавателем, которой у меня нет. Справку затребовал. С тех пор прошел ровно месяц. По-моему, справка должна скоро прийти. Обещал написать большое письмо. Как будто обещание выполнил. На этом письмо заканчиваю. Пиши ты, Миша. До скорого свидания, дорогой брат. С приветом, Ваня. 4.11.45 года».

Старший брат Федор тоже прошел войну артиллеристом и тоже был участником Сталинградской битвы. С войны День ракетных войск и артиллерии отмечал как особо дорогой свой праздник и поздравлял своих родных. Из письма Федора Гавриловича своему младшему брату Виктору Гавриловичу от 15.11.1977 г.:

«Раннее морозное утро 19 ноября 1942 г. Тишина над городом, над Волгой, над фронтом. Грязная тишина перед бурей!.. И вдруг земля словно раскололась и заколебалась под ногами. Началось историческое артиллерийское наступление. На всем протяжении многокилометрового фронта заблистали тысячи «молний». Более часа грохотал могущественный «бог войны». С каждым мгновением нарастала мощь огня. Орудия всех калибров вели небывалое в истории артиллерии наступление, прокладывая дорогу советским войскам — дорогу Победы!

— Вот он, радостный праздник на нашей улице! — говорили солдаты.

Таким встает в моей памяти этот незабываемый день. В этом [1082-м зенитном артиллерийском] полку я получил первое боевое «крещение», участвовал в обороне г. Сталинграда, в боях по окружению и ликвидации группировки немецких войск.

В Сталинградской битве мне пришлось участвовать от начала до конца в качестве командира огня — помощника командира 5-й батареи. В начальный период боев под Сталинградом, когда немцы пытались сходу прорваться к Волге, мы оказались один на один с врагом (мы

зенитчики, мы и пехота — боевое прикрытие). В книге [«Залпы возмездия. Подвиг Сталинградской битвы»] об этом только упоминается, а в самом деле пришлось преодолеть неимоверные трудности и лишения.

Были и радостные минуты в нашей нелегкой судьбе. В этом полку я получил первую правительенную награду — орден Красного Знамени, вступил в партию.

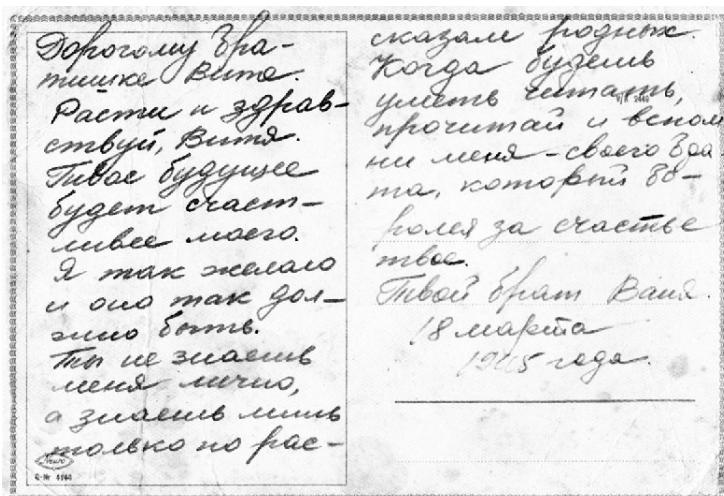
В составе 62-й армии в Сталинградской битве воевал и Иван Хорошевский — кавалер ордена Славы. Он был в самом пекле огня. От полка, в котором он воевал, остались единицы, но ценой крови и жизни победили врага.

Михаил Хорошевский тоже артиллерист, и ему пришлось пережить трагедию начального периода Великой Отечественной войны, обильно полить кровью русскую землю и штурмовать Берлин».

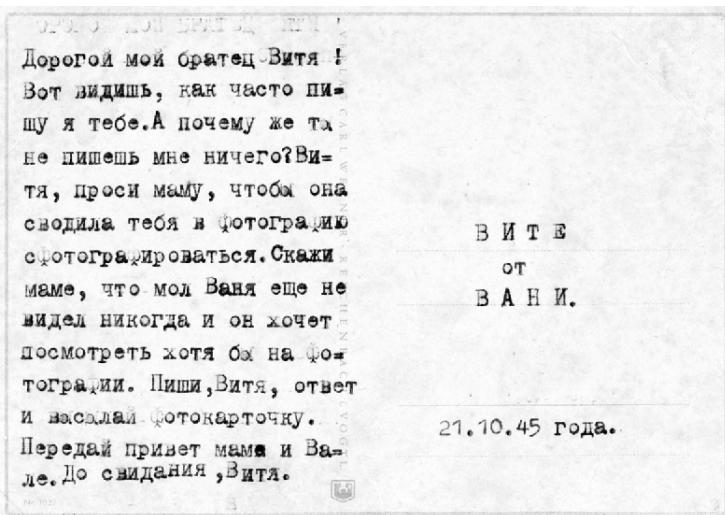
Федор Гаврилович был награжден орденами Красной звезды, Отечественной войны I степени, Красного знамени, медалями «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «За боевые заслуги», «За оборону Советского Заполярья», «За оборону Сталинграда».

Когда Федор и Иван писали письма с фронта домой маме и сестрам, они обязательно делали приписки маленькому Вите, которого они еще и не видели. Потом, уже из Германии, фронтовики посыпали открытки лично ему, младшему братишке.

Иван: «Дорогому братишке Вите. Расти и здравствуй, Витя. Твое будущее будет счастливее моего. Я так желаю, и оно так должно быть. Ты не



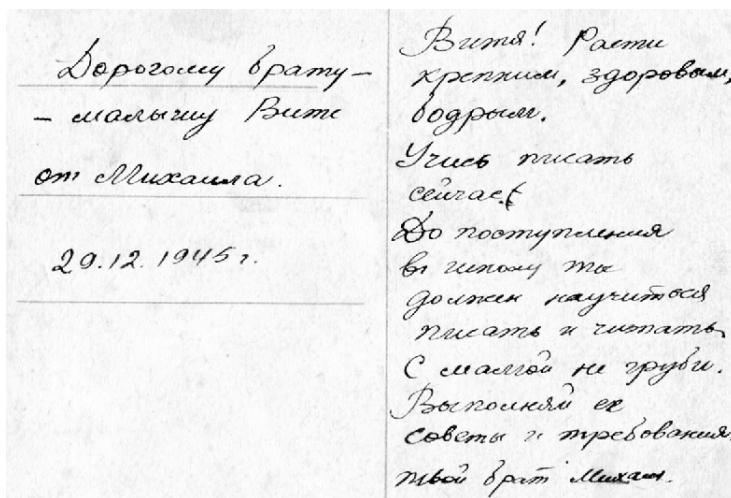
Открытка из Германии от брата Ивана (18 марта 1945 г.)



Открытка из Германии от брата Ивана (21 октября 1945 г.)

знаешь меня лично, а знаешь лишь только по рассказам родных. Когда будешь уметь читать, прочитай и вспомни меня — своего брата, который боролся за счастье твое. Твой брат Ваня. 18.03.1945 г., Германия».

И еще от Ивана: «Дорогой мой братец Витя! Вот видишь, как часто пишу я тебе. А почему же ты не пишешь мне ничего? Витя, проси маму, чтобы она сводила тебя в фотографию сфотографироваться. Скажи маме, что, мол, Ваня не видел никогда, и он хочет посмотреть, хотя бы



Открытка из Германии от брата Михаила (29 декабря 1945 г.)



Братья Михаил, Иван и Федор вернулись с войны

на фотографии. Пиши, Витя, ответ и высыпай фотокарточки. Передай привет маме и Вале. До свидания, Витя. 21.10.1945 г.».

Михаил: «Дорогому брату — малышу Вите от Михаила, 29.12.1945 г. Витя! Расти крепким, здоровым, бодрым. Учись писать сейчас. До поступления в школу ты должен научиться писать и читать. С мамой не груби. Выполняй ее советы и требования. Твой брат Михаил».

Федор: «Милый Витечка! Эту открытку посылаем тебе. Скоро приедем домой. Пришлось задерживаться по некоторым причинам (по приезде расскажем). Но в этом месяце выедем. Разрешение имеем оба, но еще не берем документы, т. к. тогда будут идти дни за счет отпуска. Поэтому буду получать документы перед выездом. С приветом, Федя, Катя, Герочка. 5.12.1947 г.».

Виктор сохранил письма и открытки с войны. Он научился читать по азбуке с кармашками для 1-го класса, которую ему смастерили вернувшись с фронта Михаил.

Виктор Гаврилович любил своих братьев и гордился ими, был счастлив каждой встрече с ними. Братья жили в разных городах, но несколько отпусков проводили вместе, в Новосибирске, Горно-Алтайске, на Телецком озере и на даче Виктора Гавриловича в д. Ерестная.

### 3. Школьная пора

1 сентября 1948 г., восьми лет от роду, Витя пошел в первый класс школы № 13 (была открыта в 1937 г.). На первой школьной фотографии Витю продвинули вперед «для украшения» снимка, т. к. у него, единственного из всего первого класса, было новое пальто, которое ему при-



Первый класс (1948 год). Нижний ряд, первый справа — Виктор Хорошевский вез Иван из Германии. Большинство детей было одето в старые, редко в новые, телогрейки и курточки.

Многие дети были из семей, где не было отцов, и с очень скучным достатком. Но все до одного ребенка были приняты в школу, обеспечены учебниками, многие — ручками и чернильницами. У Вити была своя чернильница, но он часто забывал ее дома, и во время уроков крутился, макая ручку в чернильницу за партой сзади. В дневнике неоднократно появлялась запись учителя: «Прошу родителей приобрести для Вити чернильницу!». Последняя такая запись датирована 28 ноября 1956 г. в дневнике за 9-й класс. И еще одно замечание: «Оценка за поведение снижена до балла 4 за опоздание на урок литературы».

Мама его не наказывала и никогда не ругала. Но был случай, когда они с ребятами забрались в местный питомник, где росли фруктовые деревья. Ребята устраивала туда набеги, чтобы полакомиться фруктами. В один из набегов их поймала милиция и проводила по домам. Мама, узнав, взяла прутник, как она вспоминала, и попыталась «воспитать». Витя схватил ее за запястья и потребовал, чтобы такого больше никогда не было, но и сам дал слово, что с его стороны такое больше не повторится. И правда, в питомник он больше не лазил, а когда в 1949 г. родители купили дом с садом на ул. Трудовой, прямо по соседству с домом Григория Алексеевича Лопухина, двоюродного брата Василисы Де-

ментьевны, девятилетнему Вите, вооруженному знанием о набегах, и самому приходилось иногда ночами охранять свой сад.

Картошку сажали на горе. По осени мама выкапывала, а Витя должен был таскать картошку до дома в ведрах вручную. Работа была трудной и продолжалась несколько дней, изнурительно долго для девятилетнего мальчишки. Вите это быстро надоело, и он смастерили тачку, найдя где-то небольшое колесо. С тачкой работа была быстро завершена.

Василиса Дементьевна училась грамоте уже после войны, чтобы читать Библию, но память у нее была отменная. Когда Витя учил вслух заданные в школе стихи, мама раззадоривала его тем, что подсказывала ему всякий раз, как только он «спотыкался»: Василиса Дементьевна запоминала на слух гораздо быстрее сына, чем немало огорчала его.

Проверять домашние задания, следить за учебой Вити Василиса Дементьевна не могла, но всячески поддерживала любое увлечение Вити. Не жалела керосина для лампы (часто не было света), когда он поздними вечерами что-то мастерил, выпиливал по дереву, паял, бесконечно



Выпускной класс (1958 год)

проявлял и печатал фотографии, мотал вручную катушки для приемников и прочее, и прочее. Все его поделки для дома находили применение, украшали дом.

Иногда к воспитанию Вити подключались старшие братья: письмами, разговорами при встречах. Была такая история: у Михаила были прекрасные лыжи, а у Вити на тот момент своих лыж не было, но ему разрешалось брать лыжи брата. Как-то, катаясь с гор, Витя сломал носок лыжиной, расстроился, пришел домой, приладил носок, будто так и было, и молчком поставил их на место. Когда Михаил собрался с девушкой кататься на лыжах, то, естественно, все раскрылось, и прогулка не состоялась. Михаил устроил дознание, потребовал, чтобы Витя признался и извинился, но тот почему-то молчал. Ничего не дождавшись, старший брат поставил Витю в угол у русской печи и ниточкой обозначил границу, за которую ему не разрешалось переходить. Оставил его подумать над своим поступком, а сам ушел по делам. Через достаточно продолжительное время вернулся, увидел, что виновник честно стоит в углу, но прощения и не собирается просить. Михаил прочитал брату лекцию и выпустил из-под «ареста». Братья часто вспоминали эту историю, а Виктор Гаврилович и через десятки лет не мог объяснить, почему молчал. Так и осталось на всю жизнь самым тяжелым, непосильным — попросить прощение.



С любимым учителем Тишковым К.И. (второй справа)



Виктор в школьном кабинете физики

Вот и выпускной десятый класс с его 16 предметами: астрономией, алгеброй, геометрией, литературой, машиноведением, немецким языком, тригонометрией, историей СССР, новой историей, физикой, химией, электротехникой, физкультурой, военным делом, пением и черчением. Из двадцати выпускников 1958 года одиннадцать получили высшее образование и стали учеными, инженерами, журналистами, учителями.

С благодарностью вспоминал Виктор Гаврилович учителей родной школы № 13 г. Горно-Алтайска. В выпускном десятом классе преподавали Зоя Ивановна Васильева (немецкий язык), Константин Иванович Тишков (физику), Алексей Прокопьевич Чечушкин (географию), Антонина Федоровна Сёмина (литературу), Валентина Матвеевна Кургина-Баразанова (математику), Василий Анисимович Кочнев (автодело), Клавдия Иосиповна Суртаева (историю). Директором школы с 1952 по 1961 год была Вера Пантелеимоновна Казанцева.

Физику в школе преподавал Константин Иванович Тишков, учитель божьей милостью.

Чуть старше своих учеников, он так умел увлечь ребят, что они каждую свободную минуту проводили в кабинете физики. Опыты и всевозможное конструирование различных приборов переносили и домой. Так, опыты с катушками Витя принес домой и, смастерив свой трансформатор, улучшил освещение своего дома. Соседи обижались, что он

у них «забирает электричество». У всех ребят, увлеченных физикой, были самодельные радиоприемники.

Константин Иванович увлекал своих учеников не только физикой, но и прививал им вкус творчества, воспитывал в них аккуратность и умение довести все до цели. Участие и награды во всевозможных творческих выставках давали ребятам веру в свои силы и радость победы.

Вожатой была тогда юная Нина Сергеевна Овсянникова. Ныне она Ветеран педагогического труда, 45 лет проработавшая в школе № 13, из них 12 лет — директором (с 1970 по 1982 год), Заслуженный учитель школ Российской Федерации, руководитель штаба «Поиск». К 60-летию школы № 13 г. Горно-Алтайска «Поиск» выпустил газету, разослав ее выпускникам и подарил тем, кто приехал на встречу. Из газеты: «В 1936 г. началось строительство школы. Строительство было народным, все делали вручную. Уже в 1937 г. школа встречала детей».

В этом же юбилейном номере есть статья Елены Викторовны Фроловой-Ларионовой, выпускницы этой школы, под названием «У школы нет старости».

Из статьи: «У школы, как и человека, есть биография. Только, в отличие от человека, у школы нет старости, она всегда молода. Во время моей учебы школа № 13 г. Ойрот-Туры была семилетней. Осуществить мечты выпускникам не дала проклятая война, много выстрадать пришлось нашей школе. В этот период стояли лютые морозы. Дров не хватало. Разбитые стекла, окна, прикрытые фанерой. Но школа продолжала работать. В пальто и в варежках сидели мы на уроках, а в чернильницах порой замерзали чернила. Желтоватую бумагу для контрольных и классных работ нам выдавала наша учительница Александра Яковлевна Ушакова. Домашнее задание мы выполняли на газетах. На переменах школьные коридоры заполнялись грохотом, это бегали мы в ботинках на деревянных подошвах.

Дети эвакуации сделали школу поистине интернациональной бригадой, здесь учились латыши и эстонцы, немцы и поляки, украинцы и белорусы, объединенные общим горем.

Мы, пионеры, вместе с пионервожатыми, ученицами 6- и 7-го классов Азой Ешковой и Галей Суртаевой, готовили подарки бойцам. Шили кисеты, вязали теплые носки и варежки. Хотелось доставить хоть маленькую радость бойцам, и еще каждый втайне мечтал, что его подарки попадут отцу.

К сожалению, отцов наших с каждым боем становилось все меньше. К 1944 г. у детей нашего класса не осталось ни одного отца. Как это бы-

ло горько! Но, несмотря на горе, мы пели песни, читали вместе о подвигах народа.

Помню притихший наш класс. Александра Яковлевна читала, глотая слезы, «Русский характер» А.Толстого. Мы открыто плакали.

...Трудными были и послевоенные годы. Но здесь начался расцвет школы. Появился с тросточкой в руках новый директор — Степан Демьянович Алексеенко, первый мужчина в чисто женском коллективе. Школа преобразилась. Нас он готовил в комсомол: проводил беседы по уставу и программе комсомола. Много мы говорили о культуре и этике, на темы житейской морали...

Директор сумел сделать комсомольскую организацию своим активным помощником. Секретарем организации у нас была Маша Стукова, надежный и трудолюбивый человек.

Степан Демьянович вел драмкружок. Эмоциональная и неугомонная учительница физкультуры Татьяна Иоффе проводила соревнования, а также руководила хором и вела музыку.

Завучем был замечательный педагог, прекрасный воспитатель, биолог Александр Семенович Бурундуков. Он был суров и требователен к негативным явлениям, весел и добр — во всем хорошем. Вел кружок народных инструментов, сам отлично играл на балалайке.

А каким был Михаил Гаврилович Хорошевский! Ученик прославленной учительницы немецкого языка Натальи Федоровны Петровой, он вел у нас уроки немецкого языка. Как у самой Натальи Федоровны (позднее я училась у нее), в методике обучения у Хорошевского М.Г. все было четко, ясно, понятно.

Со своим аккордеоном он в школе творил чудеса... Вернувшись с войны, он тоже ходил с тросточкой. Но это не мешало ему возглавлять наши походы в столь прекрасную алтайскую природу.



Михаил Гаврилович Хорошевский

В Горьком, где я теперь живу, живет и мой одноклассник — Володя Алексенцев. Энергетик Горьковской железной дороги, уважаемый человек, орденоносец, он превращается в мальчишку, когда вспоминает школу! И мы часто это делаем вместе — восстанавливаем в памяти нашу молодость.

Счастливого пути тебе, родная школа, в новое столетие!».

И зимой, и летом походы по окрестностям Горно-Алтайска и в горах Алтая организовывал председатель туристского клуба Михаил Гаврилович Хорошевский. Он сам разрабатывал маршруты, вел дневники походов. И благодаря его характеру, труду и энтузиазму многим школьникам было присвоено звание «Юный турист СССР».

По воспоминаниям Виктора Гавриловича, за все время учебы в школе, во время каникул он не мог дождаться 1 сентября, чтобы вновь окунуться в интересную, кипучую школьную жизнь.

По окончании школы мальчики получили водительские права. Получил права и Виктор Хорошевский — права шофера-профессионала! На легендарном ЗИС-5, который изучил до болтика, он ездил по крутым поворотам горных дорог.

Еще одно страстное увлечение Виктора — это лыжи. У многих ребят были разряды, у Виктора был первый. Как он вспоминал, начинали на валенках кататься. Утром огурчик соленый с хлебом — и на лыжи! Часто в конце дистанции падали без сил от усталости, да и от недоедания тоже.

Занимался Виктор и фотографией, посещал шахматный кружок. Получил квалификационное удостоверение киномеханика № 503 Министерства культуры СССР: ему была присвоена квалификация демонстратора звукового узкопленочного кино.

Жизнь кипела! Школу Виктор окончил с серебряной медалью, свободного времени на безделье не было — книги, кино, друзья, девушки.

#### **4. Студенчество**

Юрий Штанаков, старший друг Виктора, окончивший школу с золотой медалью годом раньше, уже учился в Томском государственном университете. И, как вспоминал Виктор Гаврилович, самое большое влияние на выбор вузаоказал именно Юрий, его рассказы и письма. Из письма Юры: «Здравствуй, дорогой друг Виктор! Во-первых, Витя, поздравляю тебя с успешным окончанием школы и желаю тебе от всей души получить медаль. Хоть сейчас и нет медалистам привилегий, она будет для тебя хорошим воспоминанием о школьных годах. А теперь, Витя, напишу тебе о том, что тебя сейчас больше интересует.

У нас в университете есть радиофизический факультет. Подготавливают в основном научных работников, а также и практиков, стипендия 395 рублей на I курсе.

В политехническом тоже есть радиофизический факультет. Подготавливают практиков. Стипендия что-то около 400 рублей. Смотри, Витя, сам, куда тебе лучше поступить. Для будущего, мне кажется, тебе было бы лучше поступить в университет. А лучше подумай еще сам... До скорой встречи. Твой друг Юрий».

Всю жизнь Виктор Гаврилович с благодарностью вспоминал Юрия, считал, что это именно он подвиг его на поездку в Томск. Юрий был из второго выпуска десятилетки, первый золотой медалист, спортсмен, шахматист и пример для подражания. Виктору же было очень непросто решиться на отъезд в другой город, оставить маму...

Василисе Дементьевне в то время шел 65-й год. Старшие дети давно разъехались по разным городам, у всех были семьи и свои заботы. Она с Виктором жила на минимальную пенсию по потере кормильца (Гаврила Маркелович умер в 1951 году), да еще был кормилец-сад, в котором росло несколько деревьев, так называемых полукультурок, которые Василиса Дементьевна называла «яблочками». Эти «яблочки» сда-



Томск. Первый курс. Виктор Гаврилович в центре

вала она осенью на Горно-Алтайский винзавод, а излишки ягод и овощей с огорода продавала на рынке. Витиной задачей было донести все это до рынка. Идти было около 30 минут, ох и долгим казался ему этот путь! Было стыдно, боялся встретить знакомых ребят и девушек. И так было почти все его школьные годы.

В год окончания школы заработать денег было особенно необходимо, так как предстояла дальняя дорога: видя целеустремленность Вити, мама понимала, что сын будет учиться после школы дальше, и готовила его к отъезду. Виктору был куплен красивый серый плащ, очень к лицу! Но в первый же месяц учебы в Томске его украли, осталась только фотография, где Виктор в этом плаще. Огорчению не было конца. Маме он долго не мог признаться, что плаща уже нет.

Виктор с другими ребятами быстро освоились и стали подрабатывать по ночам на разгрузке леса и сажи. Стипендия, подработка грузчиками, бесплатные хлеб, соль, горчица, а зимой и чеснок на столах в столовых, посылки с вареньем из дома, с фруктами и продуктами для других ребят делали студенческую жизнь вполне сносной, веселой и счастливой.

Помогали жить тогда и письма учителей, друзей, одноклассников. Константин Иванович Тишков (преподаватель физики) писал Виктору письма как другу, ровеснику, делился проблемами в школе, новостями, увлечениями, давал советы. Все письма заканчивались: «Крепко, крепко жму твои руки! Твой Константин». Не мог Виктор подводить его.

Бывшие ученики К.И. Тишкова становились его друзьями. С Виктором Хорошевским, Леонидом Кабаковым, Владимиром Зяблицким Константин Иванович сохранил дружбу на всю жизнь. В каждый приезд Виктора в Горно-Алтайск они встречались. Первые статьи, рефераты диссертаций Виктор дарил прежде всего Константину Ивановичу и обязательно получал отклик, отзыв на свою работу. Константин Иванович навещал Василису Дементьевну и, как мог, помогал ей.

Умер К.И. Тишков в 2000 г. в возрасте 66 лет. За несколько дней до этого он получил последнюю открытку от Виктора Гавриловича: «Дорогой Константин Иванович! Работу в Техническом университете города Ильменау заканчиваю 31 октября. Придерживаюсь немецкого режима, поэтому есть время для прогулок и путешествий. Много хожу по горам и вспоминаю наши походы по Алтаю. Крепкого Вам здоровья!». Эти строки из письма члена-корреспондента РАН В.Г. Хорошевского были опубликованы в газете «Звезда Алтая» от 18 ноября 2000 г., посвященной памяти К.И. Тишкова. Горько оплакивали кончину Константина Ивановича 60-летние седые ученики. Интеллигентный, глубоко порядочный

человек и любимый учитель невидимо держал планку, которую его ученики стремились достичь и преодолеть ради него и ради себя, конечно!

В 1952 г. в ТГУ открылась кафедра радиофизики, которую возглавил профессор, доктор физико-математических наук Владимир Николаевич Кессених. С 1957 г. на кафедре началась подготовка студентов по специальности «электронно-вычислительная техника и автоматика», а в 1960 г. на базе кафедры радиофизики открылась кафедра электронно-вычислительной техники и автоматики (ЭВТиА), которую возглавил ученик В.Н. Кессениха Феликс Петрович Тарабенко. Это было время, когда еще совсем недавно и кибернетика, и генетика считались «буржуазными лженауками», на защиту которых встали несколько выдающихся ученых. Среди них был и академик Сергей Львович Соболев, который в 1955 г. подписал «Письмо трехсот» против лысенковщины. В этом же году вышла статья С.Л. Соболева, А.И. Китова, А.А. Ляпунова «Основные черты кибернетики» в журнале «Вопросы философии» (№ 4), которая сыграла определяющую роль в изменении отношения к кибернетике. В результате медалисты и краснодипломники радиофизического факультета ТГУ — братья Феликс Петрович и Владимир Петрович Тарабенко, Аркадий Дмитриевич Закревский, Александр Федорович Терпугов, Геннадий Алексеевич Медведев — будущие томские корифеи — собрали группу студентов под руководством доцента П.П. Бирюлина и начали заниматься изучением кибернетики.

Вот в это время (1958 г.) Виктор Хорошевский поступает в ТГУ изучать физику и радиотехнику (День радио — праздник, который он всегда отмечал). Вскоре увлекается изучением кибернетики под руководством молодых, талантливых, одержимых педагогов.

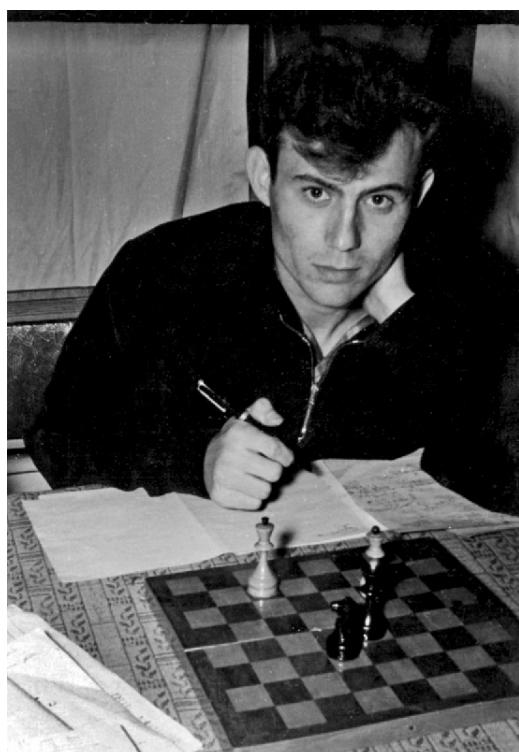
Но сначала была электродинамика. Лекции читал В.Н. Кессених. Владимиру Николаевичу было в то время 55 лет. Это был худенький, с абсолютно лысой головой, строгим взглядом, просвечивающим, как рентген, с выпрямкой военного преподаватель (в ноябре 1952 г. В.Н. Кессених уволился в запас из армии в звании инженера-полковника; во время войны, в 1942 г. был награжден орденом Красной звезды). Виктору он казался в то время значительно старше своих лет, и студенты побаивались его. Виктор не сразу понял, что уловить на лекции материал и действительно знать предмет — не одно и то же. На первом коллоквиуме Владимир Николаевич отправил Виктора доучить материал со словами: «Способности без труда — ничто». Этот урок Виктор запомнил на всю жизнь и не раз с благодарностью вспоминал Владимира Николаевича, хотя в «любимчики» к нему так и не попал.

Подобную историю вспоминал А.Ф. Терпугов, когда с красным дипломом он поступал в аспирантуру к В.Н. Кессениху, который сам при-

нимал экзамены по специальности (в то время было два экзамена по специальности), и не сдал экзамен.

В.Н. Кессених был талантливым педагогом, умел заинтересовать студентов. «Он пользовался огромным авторитетом среди своих учеников и сотрудников. Чуткий и отзывчивый, он был образцом принципиальности и требовательности. Никогда не был злопамятным. Знал меру и цену своим острым и резким, но всегда остроумным замечаниям. Высокоинтеллигентный и эрудированный, он поражал собеседников своей богатой памятью», — так вспоминали о нем на 60-летии кафедры.

А сам В.Н. Кессених на страницах рукописи «Из опыта работы одной кафедры» (1963 г.) поделился некоторыми своими взглядами на подготовку научных кадров. «Все успешно растущие, если под успехом понимать не только последовательный размеренный подъем по ступеням степеней, а творческий плодотворный труд исследователя, прокладывающего новые пути в науке, — неизбежно должны преодолевать старое, от которого они отправляются, хотя это старое неизбежно, как стартовая площадка, и его нужно хорошо и критически осмыслить.



Виктор Гаврилович за курсовой работой

В ходе подготовки молодого ученого иногда бывает легче скомпенсировать недостатки в развитии отдельных способностей, чем отсутствие самодисциплины и главной способности — способности к самостоятельному неутомимому одухотворенному труду...». В.Н. Кессених умер в 1970 г. в возрасте 66 лет.

Физик-радиоэлектроник, аспирант В.Н. Кессениха, Аркадий Дмитриевич Закревский набирает свою группу студентов-энтузиастов и вместе с ними начинает заниматься новой наукой — кибернетикой, принимает активное участие в получении ЭВМ УРАЛ-1, установке и запуске ее в ТГУ. В 1957–1958 гг. он предлагает проект оригинальной вычислительной машины с той же производительностью, что и УРАЛ-1 (требующий для своего

размещения зал в 100 кв. м), но всего на 18 триггерах. По этому проекту потом обучалось не одно поколение студентов-кибернетиков. В их числе В.А. Воробьев, Б.А. Сидристый, В.Г. Хорошевский. Свои курсовые работы они выполняли уже с расчетами на ЭВМ УРАЛ-1.

Из молодых преподавателей, «с кого жизнь делать», был, несомненно, Феликс Петрович Тарасенко. Из семьи журналистов, с активной жизненной позицией, комсомольский вожак, он окончил школу с золотой медалью, в 1955 г. с отличием окончил радиофизический факультет ТГУ, был сталинским стипендиатом. Затем Ф.П. Тарасенко был аспирантом В.Н. Кессениха, а в 1960 г. возглавил Кафедру электронно-вычислительной техники и автоматики (ЭВТиА). По воспоминаниям Виктора Гавриловича, этот человек излучал свет и счастье, вместе с братом Владимиром Петровичем Тарасенко они вызывали восхищение. Встречаясь в более поздние годы с Феликсом Петровичем, Виктор Гаврилович буквально заряжался его энергией, увлеченностью и страстью жить.

Томский государственный университет — храм науки, *alma mater*. Все в нем прекрасно: аудитории, ботанический сад, оранжерея, Академический хор, а главное — профессура, братство студенческое и научное. Много лет после окончания ТГУ среди тех, кто работал в Академгородке, существовало «томское братство» выпускников. Это было как пропуск: «томич» — значит свой, а своим нужно помогать. И помогали, и многие годы встречались в юбилейные годовщины выпуска ТГУ.

28 декабря 1963 г. Виктор Гаврилович получил диплом об окончании Томского государственного университета им. В.В. Куйбышева по специальности «радиофизика и электроника» с присвоением квалификации физик-радиоэлектроник. В выписке из зачетной ведомости из 41 экзамена и зачета: 16 — отлично, 20 — зачет, 4 — хорошо, 1 — удовлетворительно (по диалектическому и историческому материализму). Эта единственная оценка «удовлетворительно» не позволила получить красный диплом. В выписке указана специальность — «радиофизика и электроника», специализация — «электронно-вычислительная техника и автоматика».

## 5. Старт в науку

Остались позади университетские годы, где встретилось много замечательных, талантливых, жизнерадостных преподавателей и друзей. Начинался новый период жизни...

В 1963 г. Виктор Гаврилович окончил ТГУ и его дипломная работа под названием «Об алгоритмах распределения задач по ЭЦВМ» была успешно защищена и рекомендована к печати. Работа была опублико-

вана в «Трудах СФТИ», вып. 47, Томск, изд-во ТГУ, 1965, с. 29–34. Работу эту Виктор любил, считал ее «стартовой», определившей направление его научных интересов.

Но этого могло не случиться, если бы не... На преддипломную практику лучших студентов Сидристого Б.А., Воробьева В.А. и Хорошевского В.Г. направили в Новосибирский Академгородок, в Институт математики с вычислительным центром СО АН СССР, которая продолжалась с 1 июня по 26 декабря 1962 г.

Жили в самой зеленой и красивой части Академгородка (Цветной проезд, 27, кв. 59), недалеко от Обского моря, рядом с кафе «Улыбка» ОРСа (его так и называли — «Улыбка ОРСа»). Работали взахлеб: новые люди, много молодежи, сумасшедшие перспективы, нравилось все! Все получалось. Нравилось жить и жизнь!

И вдруг неожиданно приходит письмо из университета, что их, лучших, — В. Воробьева и В. Хорошевского — затребовали на военную службу в Министерство обороны. Как гром среди ясного неба! Обещалось многое: жилье, зарплата, льготы, а у них планов громадье, да и вкусили они уже самостоятельной вольной жизни. И, пережив первое потрясение, принимают решение: писать письмо-прощение на имя Н.С. Хрущева. Всем общежитием писали текст, выверяли каждое слово (помнили 37-й год). Сколько пива было выпито, сколько ребят произнесли: «Ну-ну...». Письмо было написано и отправлено. Текст не сохранился, но в пересказе главный смысл был такой: доучившись и получив хорошее образование, они принесут Родине больше пользы, в том числе и на службе в рядах Советской Армии.

Через некоторое время пришло письмо из Главного управления кадров Министерства обороны СССР, дatedированное 13 июля 1963 г.: «Ваше письмо, адресованное на имя товарища Н.С. Хрущева, с просьбой освободить Вас от военной службы, по поручению находится на рассмотрении в Главном управлении кадров Министерства обороны. О результатах рассмотрения Вам будет сообщено дополнительно». И подпись: «Зам. начальника 2 управления ГУК, генерал-майор Буряк».

«Болельщики» напряглись, устно и письменно комментировали ситуацию. Больше пессимистично, как Борис Сидристый, например: «Весьма интересно, если не сказать хуже...». Но надо было писать диплом и ждать... Прошло долгих три месяца. И вот он, долгожданный ответ! В письме от 14 октября 1963 г. сообщалось: «Ваши письма с просьбой освободить Вас от военной службы рассмотрены в Главном управлении кадров Министерства обороны. Сообщаю, что в настоящее время принято решение не призывать Вас в кадры Вооруженных Сил». Подпись: «Начальник 2 Управления ГУК, генерал-майор Чернов».

Защита диплома у Виктора прошла на «отлично». Отличными были и отзывы о практике в Академгородке руководителя Макарова Г.П. (Позже Макаров Г.П. был одним из разработчиков системы коллективного пользования «АИСТ-0» на базе М-20 под управлением «Минск-32». Среди разработчиков — А.П. Ершов, Г.И. Кожухин, М.И. Нечепуренко, И.В. Поттосин), и, как следствие, приглашение на работу в Институт математики, подписанное Сергеем Львовичем Соболевым. В трудовой книжке появилась запись: «21.02.1964 г. зачислен на должность стажера-исследователя».

И это был еще один подарок судьбы. Молодой, строящийся, сказочно красивый Академгородок. Новый институт, где работала увлеченная молодежь, молодой директор — академик С.Л. Соболев, которому в ту пору было 55 лет.



Академик С.Л. Соболев  
(1908–1989)

## 6. Семья

В июле–августе 1963 г. состоялся сбор туристов Академгородка на Тянь-Шане. Это было грандиозное мероприятие. Могли принять участие все желающие: студенты, аспиранты, преподаватели, научные сотрудники. Разбившись на группы по 10–15 человек, туристы осваивали приемы скалолазания, организации страховок и т. д. Вечерами все группы возвращались в лагерь, и после ужина — песни под гитару у костра, игры и обмен впечатлениями о прошедшем дне. Через неделю обучения и акклиматизации разошлись по разным маршрутам Терской Ала-тоо (южнее озера Иссык-Куль). После двухнедельного похода, отдохнув на Иссык-Куле, десять энтузиастов отправились в более сложный поход (четвертой категории) по Кунгей Алатау (севернее озера Иссык-Куль). В этой группе оказались Виктор Хорошевский, проходивший преддипломную практику в Академгородке, и Элла Прохорова, студентка четвертого курса механико-математического факультета Новосибирского государственного университета (НГУ).

Туристы договорились с водителем грузовой машины, чтобы он максимально дальше провез группу по ущелью. Воспользовавшись этой



Виктор Гаврилович и Элла Георгиевна

шел к Элле и сказал: «У тебя килограмм риса? Дай его мне». Так все начиналось. Через год сыграли комсомольскую свадьбу, еще через год родилась дочь Ольга, а еще через пять лет — сын Дмитрий.

По инициативе Эллы в канун свадьбы написали письма друг другу, чтобы прочитать их через год, в годовщину свадьбы, и чтобы сверить видение семейной жизни и соответствие этого видения на текущий, т.е. через год, момент. Через год прочитали. Письма, к сожалению, не сохранились. С волнением Элла ждала 25 июля 1965 года. В праздничной, волнительной обстановке, без гостей, искупав и уложив дочку спать (ей уже исполнился месяц и неделя), немного поспорив, чье письмо читать первым, сначала прочитали письмо Эллы, конечно же, о любви, верности, детях и так далее. Затем Виктора — «тезисы семейной жизни». Главное в жизни — работа, потом семья; жена — друг, соратник и т.д. В тот момент Элла сочла это обидным, «все как у Владимира

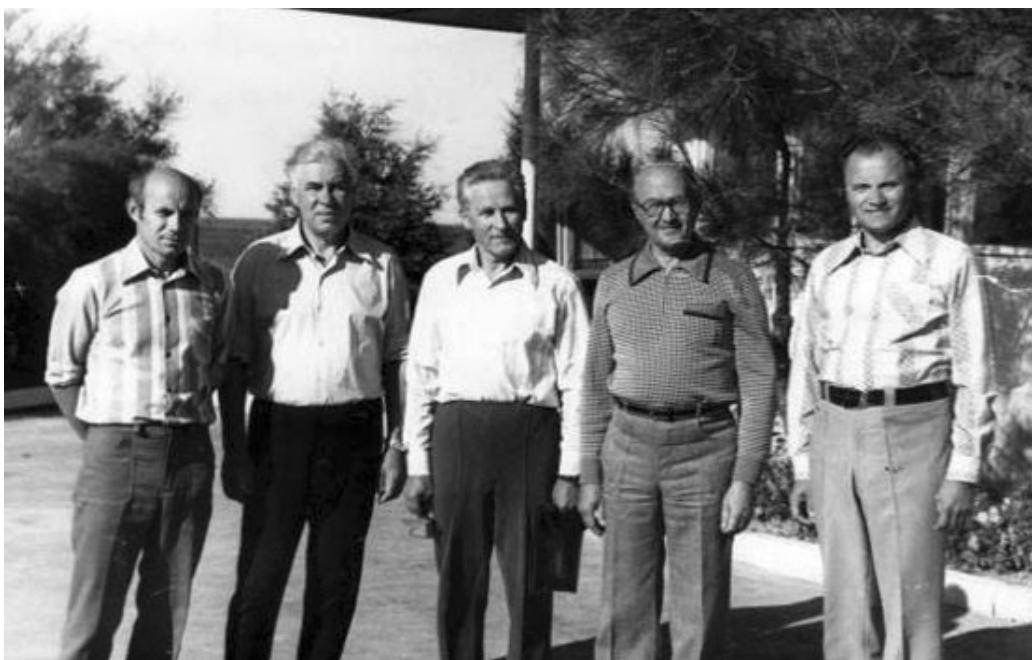
возможностью, дополнительно к рюкзакам загрузили в машину фрукты. Рюкзаки были очень тяжелыми, поднять и надеть их на спину самостоятельно было невозможно, требовалась помощь. С собой несли все: палатки, веревки, ледорубы, триконы, кошки, карабины, спальники и т.д., а еще и продукты, аптечку, спирт, кирогаз, личные вещи от дождя и холода. Когда после ночевки укладывали рюкзаки, казалось, что и половины всего не войдет, но укладывали. А еще хотелось и фруктов прихватить, а перед ледником — немного палочек-древышек хотя бы на один-два костерка на снегу. Тяжело. Поэтому с восторгом реагировали на приказ завхоза выдать продукты на завтрак, обед, ужин. Уменьшение веса даже на один килограмм делало рюкзак «легким» на первых метрах пути. Однажды, когда у Виктора появилось место в рюкзаке, он подо-

Ильича с Надеждой Константиновной», и письма, к сожалению, не сохранила. Праздник закончился, недоумение со временем улетучилось, жизнь пошла по заданному тезисами курсу на протяжении счастливых 48 лет. На самом же деле, эти тезисы помогли избежать многих проблем, выяснений отношений, обид и прочего. Действительно, главным в жизни Виктора Гавриловича была работа и, вообще, труд во всех его проявлениях. Представить его праздно лежащим на диване просто невозможно.

Первое совместное жилище Виктора и Эллы — угловая комната в коммунальной квартире, перегороженная шкафом и письменным столом на две «спальни», детская кроватка за шкафом и диван у двери из комнаты. За этим письменным столом и работал Виктор Гаврилович «для души» до 23:30. В институте надо было выполнять хоздоговорные работы, проходящие, в основном, по первому отделу; ездить в продолжительные командировки, связанные с внедрением разработок; участвовать в подготовке и проведении своих конференций, выступать на других научных конференциях и многочисленных семинарах, на которые приглашались известные ученые. Научные интересы, направления исследований согласовывались с Эдуардом Владимировичем Евреиновым, и через систему семинаров контролировались и доводились до завершения, в том числе и до защит диссертаций. Прикладникам, кто занимался «железом», приходилось готовиться к кандидатскому минимуму, писать статьи и т. д. в свободное от основной работы время. Интерес к вычислительным системам охватывал все большее количество людей. Конференции, проводимые в Новосибирске, Таганроге, Киеве, Ленинграде, Москве, становились более представительными, дискуссии были острыми. У Э.В. Евреинова появлялось все больше единомышленников и друзей. Многие из них вошли в круг друзей и соратников Виктора Гавриловича. Среди них — академик РАН Анатолий Васильевич Каляев. Познакомился с ним Виктор Гаврилович в 1967 г. в Новосибирске на Первой Всесоюзной конференции по вычислительным системам. Виктору Гавриловичу тогда было 27 лет, а Анатолию Васильевичу — 45.



Элла Георгиевна Хорошевская



Школа-семинар «МВС-80». Геленджик, спортивный лагерь «Витязь», сентябрь 1980 г. Первый слева — Хорошевский В.Г., второй справа — Каляев А.В., первый справа — Балашов Е.П.

Из статьи В.Г. Хорошевского «Ученый, Гражданин, Человек», посвященной 90-летию со дня рождения А.В. Каляева: «Во время работы конференции я познакомился с Анатолием Васильевичем, именно познакомился. А не был представлен мэтру: известному ученому, доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой вычислительной техники и проректору по научной работе Таганрогского радиотехнического института (ТРТИ). Меня, молодого исследователя, поразила скромность, доброжелательность и простота в общении с Анатолием Васильевичем. Таково начало консолидированного плодотворного сотрудничества наших близких научных школ, начало нашей дружбы. Прекрасные черты характера Анатолия Васильевича сохранились на всю его яркую жизнь: он с моими молодыми учениками и в начале XXI столетия общался так же, как и со мной.

...Путь развития направлений вычислительной техники, основанных на новых архитектурных принципах, был достаточно тернист. Он сопровождался невосприятием работ по параллельным вычислениям и по параллельным средствам обработки информации, даже со стороны специалистов. Конечно, критика этих работ не была столь ожесточена,

ченной, как кибернетики в 1950-х годах. От наших научных школ требовалась напряженная разъяснительная работа. Неиссякаемая энергия Анатолия Васильевича, его огромный труд, популяризаторская деятельность, научные и особенно практические достижения сыграли решающую роль в преодолении консерватизма в среде специалистов по вычислительной технике.

...Встречи с Анатолием Васильевичем всегда были интересными. Он был всегда желанным не только в наших научных коллективах, но и в моей семье. В любой визит в Новосибирск Анатолий Васильевич посещал наш дом. Мы с радостью ждали этих встреч. Многие советы Анатолия Васильевича нам были очень нужны. Я не помню, чтобы какая-либо моя просьба не была выполнена, я всегда был рад ответить взаимностью. И это была дружба, творческая и человеческая».

Киевскую школу кибернетики возглавлял академик АН УССР Георгий Евгеньевич Пухов. Как и Виктор Гаврилович, Георгий Евгеньевич учился в Томске, любил этот город. Он участник Великой Отечественной войны. После войны преподавал в вузах Томска, а потом в Таганрогском радиотехническом институте, где тесно сотрудничал с А.В. Каляевым. В 1959–1971 гг. Георгий Евгеньевич работал в Институте кибернетики АН УССР. В это время и началось сотрудничество школ А.В. Каляева, Г.Е. Пухова, Э.В. Ереинова. Это было время активной работы, обмена опытом, тесного общения. Конференции проводили в краси-



Конференция «Моделирование-85», Киев, 1985 г. В президиуме справа налево:  
Хорошевский В.Г., Васильев В.В., Пухов Г.Е.

вейших уголках страны: киевляне — в Симеизе на территории Крымской астрофизической обсерватории, таганрожцы — на базе отдыха ТРТИ «Витязь» в Дивноморске, новосибирцы — на Алтае, Байкале, на берегу Обского водохранилища.

Чуть позже установились научные связи с учеными Ленинграда, работавшими в области вычислительной техники, и прежде всего с кафедрой вычислительной техники Ленинградского электротехнического института (ЛЭТИ), с ее руководителем профессором Владимиром Борисовичем Смоловым. Кафедра вычислительной техники ЛЭТИ была крупнейшей в своем направлении в Советском Союзе. С В.Б. Смоловым работал большой коллектив ученых, среди них Д.В. Пузанков, возглавлявший впоследствии кафедру вычислительной техники и Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ). Среди учеников В.Б. Смолова — Евгений Павлович Балашов, доктор технических наук, профессор. Он был одним из оппонентов докторской диссертации Виктора Гавриловича. На момент защиты 25 апреля 1973 г. Виктору Гавриловичу было 32 года, а Евгений Павлович, хотя и был старше Виктора Гавриловича, но на тот момент был самым молодым доктором технических наук по специальности «05.13.13 — вычислительная техника». Этим обстоятельством он очень гордился и щутил, что его учитель Владимир Борисович Смолов не допустит, чтобы его ученика лишили этого удовольствия (в то время В.Б. Смолов был членом Высшей аттестационной комиссии — ВАК СССР — и членом Комиссии АН СССР по высокопроизводительным ЭВМ и системам). И эти шутки, и достаточно жесткие замечания по диссертации создавали значительное напряжение перед защитой. Но на заседании Совета по присуждению ученой степени факультета Автоматики и вычислительной техники ЛЭТИ защита В.Г. Хорошевского прошла успешно, и Совет проголосовал единогласно, хотя обсуждение было очень бурным. Члены Совета великодушно приняли приглашение на банкет по поводу защиты, хотя в этот период участие членов Совета в банкетах по поводу защит было запрещено, и дружно собрались в ресторане гостиницы «Октябрьская».

## ШКОЛА

Школа № 13, в которой мы учились, была школой рабочих окраин. Школа для нас, детей рабочих, была вторым домом. Это был иной мир, мир будущего. Из серых рабочих будней школа вела нас в иную реальность, где всегда присутствовала радость. Радость от новых знаний, радость от доброты окружающего мира, радость за свою родину, только что «начистившую мурсало одному агрессору» и показывающую кукиш потенциальному новому, в лице США.

Это чувство радости и гордости за свою страну покинуло нас с началом 90-х и пока не вернулось.

Обстановка в школе всегда была доброжелательной. Хотя мы, как водится, временами доводили учителей, но делали это без злого умысла, развлечения ради. В ответ на наши шалости мы не встречали злобы со стороны учителей. Да они, как правило, и директору-то не жаловались. Недоразумения не раздувались, и они как бы сами по себе разрешались.

Я уже говорил, что школа была окраинная. Но это по расположению. По уровню передаваемых знаний, успеваемости, участию в жизни города, достижениям в спорте, художественной самодеятельности — была в числе лучших. Мы гордились своей школой.

Это было тогда. Сейчас в местных СМИ редко упоминается школа № 13, хотя располагается она в новом, пожалуй, лучшем в городе, учебном комплексе. Увы, видно не одни стены красят учебное заведение.

После того как ушла из школы на пенсию, без преувеличения можно сказать, душа школы Нина Сергеевна Овсянникова, нас вообще перестали приглашать на встречи выпускников.

Я постоянно предлагал Виктору, когда он приезжал в Горно-Алтайск,



Одноклассники Кабаков Л., Хорошевский В. и Казаков Г.

Кабаков Леонид Михайлович —  
к.т.н., г. Горно-Алтайск

зайти в новый корпус школы. Он отказывался: «Зачем я пойду, если нас не хотят видеть».

Слава богу, жива Нина Сергеевна. Встречи с нею — это наше свидание со школой. Той, нашей школой. Я уже говорил о добром отношении к нам учителей. Но доброта не была помехой требованию от нас знаний по полной программе, а зачастую и сверх программы.

Особенно нам не давал расслабляться молодой, только что окончивший вуз, преподаватель физики Константин Иванович Тишков, ставший впоследствии кумиром мужской половины класса. Наверное, он действительно был преподавателем от бога. Почти ровесник нам, он был одним из нас вне школы и бескомпромиссным учителем в классе. На его уроках, без преувеличения, можно было слышать, как пролетает муха. Такая обстановка достигалась без повышения голоса.

На контрольных нам, наиболее успевающим, давал он задачи, далеко выходящие за рамки школьной программы. Это не вызывало у нас протеста. Наоборот, мы были горды его доверием.

В год получения аттестата мы, пятеро парней, сдавали вступительные экзамены в Томский госуниверситет. Виктор на радиофизический, остальные на мехмат. Все пятеро сдали физику на «отлично». Из мехматовской четверки шли мы друг за другом, я отвечал на билет последним. После моего ответа экзаменационная комиссия беззастенчиво начала задавать провокационные вопросы сверх школьной программы. Но сбить им меня не удалось. В конце председатель комиссии поинтересовался, кто у нас в школе преподаватель физики. Узнав, сказал, передайте ему благодарность от университета, мы обязательно напишем ему письмо. И слово сдержал: Константин Иванович действительно получил от университета благодарственное письмо.

В дальнейшем мы использовали каждую возможность встречи с Константином Ивановичем. После его ухода из жизни в моей душе стало чего-то не хватать. Об этом же говорил и Виктор.

В целом об уровне преподавания в школе можно судить по тому, что мы пятеро, приехавшие из заштатного городка, поступили в вузы с первого захода. Конкурс на мехмат был 4,5 человека на место, на радиофизический — существенно больше. Двое из нас не набрали проходной балл на мехмат, но были по результатам экзаменов приняты в политехнический институт.

После окончания вузов трое ушли в науку.

Из них:

- Виктор Хорошевский — д.т.н., член-корр. РАН.
- Валерий Попов — д.т.н.
- Леонид Кабаков — к.т.н.

Двое оставшихся работали в промышленности:

— Валерий Чертов — нефтяник. Трагически погиб на нефтепромыслах, при крушении вертолета.

— Герман Казаков — программист, ушел из жизни на полгода раньше Виктора.

Из одноклассников, о которых мы имеем сведения, вузы окончили 11 человек. О пятерых я уже сказал. Остальные:

— Владимир Зяблицкий — технолог легкой промышленности, руководящий работник ведущих местных промышленных предприятий.

— Фаина Блинова — журфак МГУ, корреспондент газеты.

— Виктор Фисков — педагог.

— Валентина Кузнецова — педагог.

— Нина Торопова — педагог.

— Людмила Кардаманова — педагог.

Закончили наш 10-й класс 20 человек, с золотой медалью — Фаина Блинова, с серебряной — Хорошевский Виктор.

Не одними уроками жила школа: работали различные кружки, спортивные секции, художественная самодеятельность, организовывались туристические походы и зимой, и летом.

Виктор хорошо бегал на лыжах, увлекался радиолюбительством. В радиокружке собрал несколько приемников. Начинал с детекторного. Работающий детектор — это уже победа. Собрать же ламповый приемник мало кому удавалось. Полупроводников тогда не было. Приемники работали на огромных лампах, рабочее напряжение на которых достигало сотен вольт.

Увлечение радиотехникой в школе предопределило и его путь в жизни. У него не было сомнения, на какой факультет поступать. Как серебряный медалист, он мог пойти учиться куда угодно.

Проводились в школе вечера танцев, концерты художественной самодеятельности, торжественные собрания по случаю государственных праздников, пионерские и комсомольские мероприятия.

Особенно весело было в дни выборов в стране. В школе с утра до вечера демонстрировались кинофильмы, шли концерты местных артистов и самодеятельности учебных заведений и предприятий. Выборы обычно были зимой или ранней весной. Поэтому по городу носились разукрашенные тройки, на которых развозили урны для голосующих на дому или привозили престарелых и инвалидов на избирательный участок. Гремела музыка. Из громкоговорителей неслись бравурные марши и зажигательные песни. У всех было приподнятое настроение. Выборы были, наверное, самым веселым праздником. Современные выборы для меня — это очередная панихида по утраченному.

Проводили мы, старшеклассники, и не формальные мероприятия. Одни из них планировались и готовились заранее, другие были чистым экспромтом. Вот, например. Около 23:00 в школе закончилось какое-то мероприятие. Мы, группа парней, с нашим кумиром Константином Ивановичем вышли на улицу. Погода была чудесная, ночь безлунная, домой идти не хотелось. «А не сходить ли нам на пасеку?» — высказал кто-то идею. Несогласных не оказалось, согласен был и учитель.

Пасека находилась в горах, километрах в восьми от города, идти нужно было по горной тележной дороге, пасечники нас знали. Выйдя за город, мы поняли, что все-таки темная ночь отличается от дня светлого. Нужно было перейти через ручей, протекающий сразу за городом в заболоченной низине, превращенной в месиво грязи стадами коров, а коров в то время держала почти каждая семья. Днем это препятствие можно было легко преодолеть, прыгая с кочки на кочку, ночью кочек не видно, а в грязь лезть не хотелось. Возникшие трудности нас только развеселили. Выход скоро нашелся. Руками в темноте нашупывали надежную кочку, ставили на нее ногу и искали следующую. На сушу выбрались почти чистыми. Форсирование многочисленных ручьев, встречавшихся дальше на пути, уже не представляло для нас проблемы.

На пасеке встретили нежданных гостей радушно, напоили чаем с медом и, конечно, угостили медовухой. Пасечник был большим специалистом в этом деле. То, что сейчас продаётся на всех перекрестках под брендом «медовухи», ничего общего с ней не имеет.



Утром на пасеке. Третий слева — Кабаков Л., четвертый — Хорошевский В., третий справа — преподаватель физики Константин Иванович Тишков, кумир мужской половины класса

Возвращаясь назавтра домой, мы с интересом пытались понять, как нам в темноте удалось выйти «сухими из воды».

На серьезном уровне в школе было поставлено и профессиональное образование. Вначале из нас, парней, готовили токарей. Мы даже проходили практику на предприятиях города. Но, после того как одно из автопредприятий подарило школе грузовой автомобиль, нас переквалифицировали в шоферов. Обучение проводилось по программе подготовки шоферов-профессионалов.

Вождению мы обучались на подаренном нам автомобиле ЗИС-5 — легендарном труженике фронта и тыла. В процессе вождения много было забавных и не очень забавных случаев, но экзамены на получение водительских прав сдали все. Правда, профессиональные права выдавали не всем, их получила лишь часть из нас, которые не имели троек на экзаменах.

Права профессионала получил и Виктор. Остальным выдали любительские права. В то время было такое деление. Любители не имели права водить грузовики и работать по найму.

Права-то мы получили, но в шоферы идти не собирались, а свои автомобили купили много позже. Надо пояснить, в то время нарушения ПДД отмечались в прилагающихся к правам специальных талонах. Талонов было три, после трех нарушений 1-й талон менялся на 2-й. После 3-го талона нужно было заново сдавать экзамены.



Легендарный ЗИС-5 — подарок школе одного из автопредприятий города. На нем получили права шофера-профессионала представители мужской половины 10-го класса

Так вот, когда я выехал на личном автомобиле через <...>надцать лет со школьными правами профессионала с чистеньkim первым талоном, сотрудники ГАИ при проверках чуть ли не отдавали мне честь. Видеть первый талон через 15–20 лет без единого прокола было для них чудом! Мне прощали все нарушения (грубых я не допускал) и отпускали со словами: «Зачем же портить такой талон!».

Об этом же взахлеб рассказывал и Виктор при наших встречах. К сожалению, золотой век для нас с ним закончился вместе с отменой талонов. Да и права стали меняться через 10 лет.

Школа не стояла в стороне от текущих дел государства. А дел было не-вповорот. Только закончилась война, не хватало рабочих рук. Особенно в сельхозпредприятиях. В период уборки урожая нас, школьников, привлекали к его уборке. Чаще всего мы помогали плодово-ягодному опорному пункту (в простонародье — питомник) в сборе плодов и ягод.

Это сейчас в Сибири растут культурные сорта яблок и винограда. В то время в собственных садах росли либо яблони-дички, либо ранетки, поэтому для нас было в диковинку увидеть крупноплодное яблоко, почувствовать его запах и вкус. Это было здорово!

Помогали мы и в уборке хмеля и картофеля. Здесь, конечно, экзотики было меньше, но новая обстановка, шутки, смех создавали праздничное настроение. Ведь все мы росли на частных подворьях, и труд для нас был привычен.

Когда начался подъем целинных и залежных земель, учеников старших классов стали привлекать для работы в колхозах и совхозах, на месячный срок. Наш девятый класс направили в пригородный колхоз на уборку хлебов. Парни в основном на току. Девчонок привлекали в поле для вязки снопов. Такая в то время была технология уборки. Комбайн в колхозе мы видели всего один. На току работа тоже была в основном ручная.

Из оборудования помню только зерносортировочную машину и веялку. Веялка была с ручным приводом. Крутили ее за рукоятку два человека. Сортировочная машина была уже с электроприводом. Работали в дневные иочные смены. Зерно перекидывали деревянными лопатами или большими совками-плицами. Самым приятным занятием была перевозка зерна на элеватор. Мы по два человека сопровождали машины. Их тоже нужно было разгружать на элеваторе вручную. Поездка на зерне, в открытом кузове, — что может быть лучше.

В колхозе разместили нас в новом амбаре. Спали на полу, вповалку на матрацах, набитых соломой. Амбар представлял собой строение под общей крышей. Внутри он был разделен на отсеки, каждый с отдельным входом с улицы. Потолка отсеки не имели, поэтому по верху перегородок можно было гулять по всему амбару.

Во время одного из таких гуляний кто-то обнаружил в одном из отсеков закрытые фляги. Естественно, возникло желание узнать, что в них. Оказался мед. И у нас началась сладкая жизнь. Потянуло на сладенько — ложку за пояс и вперед.

Идилию разрушили мы сами. Как-то мы втроем, заметив, что один из наших полез подкрепиться, решили над ним пошутить. Подошли к двери отсека со словами «давай ключ», загремели замком. Столующийся с перепугу ретировался, забыв закрыть флягу, но, надо отдать ему должное, ложку не забыл.

На нашу беду вскоре действительно появились колхозники. Открыв отсек, они увидели открытую флягу. Началось расследование. Студентки то ли вуза, то ли техникума, жившие в отсеке, через который пролегал наш путь к яству, и отыхавшие после ночной смены, сознались, что видели парня в синих штанах. В синих штанах оказалось трое. Следствие зашло в тупик. Нам было выражено общественное порицание и, в качестве превентивной меры, нас перевели на жительство в клуб.

По завершению уборки «передовикам» колхоз вручил подарки. Получил подарок и Виктор. Но самую неожиданную награду мы, «передовики», получили весной следующего года на общешкольной линейке — медаль за освоение целинных и залежных земель. Об этом мы с улыбкой вспоминали с Виктором на последней встрече с ним. «Я тоже был в синих штанах», — смеялся Виктор. В каких штанах был я — не помню.

В своем повествовании я намеренно не переходил на личности. Во-первых, за пеленой времени многие детали забылись, во-вторых, у нас в коллективе были доброжелательные отношения, без выпячивания собственного эго в отношениях с друзьями. Это у нас работало только при освоении знаний.

Как я уже отмечал, у нас в классе было два непререкаемых отличника. Это Фаина Блинова и Виктор Хорошевский. У Блиновой в ее поведении чувствовалось небольшое дистанцирование от менее успешных учеников. В поведении Виктора я этого никогда не замечал, ни в школе, ни после.

---

---

Н.С. Овсянникова

## МЫ ГОРДИМСЯ ТОБОЙ, ВИКТОР

На стенах музея в школе № 13 г. Горно-Алтайска находятся материалы о выпускниках, которые своим трудом снискали почет и уважение людей. Многие из них стали заслуженными работниками в какой-то отрасли производства, учеными, чемпионами спорта, награждены орденами и медалями. Среди них почетное место занимает материал о Викторе Гавриловиче Хорошевском.

Он учился и жил среди нас. Обыкновенный паренек, но с необыкновенными способностями.

Виктор родился в большой семье, где было семеро детей. Родители его, Василиса Дементьевна и Гаврила Маркелович, были малограмотными людьми. Мама — домохозяйка, отец — конюх, но сумели воспитать своих детей так, что все они стали достойными людьми. Шестеро получили высшее образование. Все дети страстно любили математику. Иван Гаврилович преподавал в пединституте, Михаил Гаврилович прекрасно знал немецкий язык, учил ему детей в школе, долгие годы он работал директором школы в Барнауле. Федор Гаврилович был военным. Валентина Гавриловна — учитель математики. А Виктор Гаврилович стал доктором технических наук. Многие годы жил и работал в Академгородке в городе Новосибирске, работал и преподавал в институте. На его счету много научных открытий.

Гаврила Маркелович умер в 1951 году, и главным воспитателем Виктора была его мама. Совершенно безграмотная, очень религиозная, она от природы была прекрасным воспитателем. Сумела привить детям трудолюбие, честность, ответственность за порученное дело. Виктор преклонялся перед матерью, любил ее и старался поступать так, как она его учила. Мама прожила 102 года. Ее домик Виктор не продавал, а еще в течение 17 лет приезжал туда. Так дорога ему была память о родителях, детстве и юности.

В школе № 13 он учился с первого по десятый класс, окончил ее с серебряной медалью. Одноклассница Виктора, Фая Блинова, училась с ним с восьмого по десятый класс. Она вспоминает, что он всегда был прилежным, очень умным, начитанным, обладал прекрасной памятью. На уроках математики раньше всех решал трудные алгебраические задачи. Учитель математики, Валентина Матвеевна

Овсянникова Нина Сергеевна —  
заслуженный учитель России,  
г. Горно-Алтайск

Мы гордимся тобой, Виктор

---



Школа № 13 города Горно-Алтайска



Преподавательский состав школы перед праздничной демонстрацией

Кургина, давала ему дополнительные задания из институтских учебников, с которыми он прекрасно справлялся. Всегда казалось, что ему все дается легко, но это не так. Его учеба была результатом постоянной и упорной работы над собой.

Его отличной учебе помогало и то, что коллектив преподавателей в школе № 13 в то время состоял из настоящих профессионалов, людей, фанатически преданных своей профессии, не жалеющих времени на работу с учениками. Учителя были настоящими друзьями и наставниками. Они учили школьников самих добывать знания, проводили занятия кружков, ходили в походы. Так, преподаватель физики Константин Иванович Тишков сам прекрасно знал свой предмет и требовал от учеников твердых и прочных знаний, показывал, где в жизни пригодятся знания физики. Он постоянно был в школе, вместе с учениками они оборудовали кабинет физики, делали физические приборы. Летом Константин Иванович ходил с учениками в походы. Виктор любил своего учителя и до самой его смерти был его другом. Приезжая в Горно-Алтайск, всегда навещал Константина Ивановича и всю жизнь был ему благодарен.

Василий Анисимович Кочнев преподавал юношам автодело. Прекрасно знал свой предмет, был очень строг с учениками, научил уже в школе водить автомобиль, ремонтировать его. И все, конечно, стали заядлыми автомобилистами. Витя прекрасно водил машину.

Алексей Прокопьевич Чечушков, влюбленный в свой предмет — географию, водил учеников в походы, учил их премудростям походной жизни, учил любить свой край и ценить его. Виктор с одноклассниками исходил все окрестности города пешком. И потом, когда он жил в Новосибирске, приезжая в город, старался бывать на природе, подпитываясь от нее энергией после трудных своих докторских обязанностей.

Виктор умел ценить прекрасное не только в природе, но и в искусстве. Он любил уроки литературы, которые преподавала в школе Антонина Федоровна Семина. Она поражала школьников своей начитанностью, читала стихи, учила их писать сочинения, делать выводы по прочитанным произведениям, учиться жить у героев книг.

Учеба в школе многое дала Виктору. Недаром, поступая в Томский государственный университет, он показал прекрасные знания на экзаменах. Директор школы Вера Пантелеимоновна Казанцева вспоминает, что встретила после экзаменов в школе своих учеников. Одетые по-походному, с рюкзачками за плечами, они встретились ей на вокзале. Кабаков Леонид, Чертов Валерий, Попов Валерий, Хорошевский Виктор и Казаков Герман сказали, что поедут в Томск сдавать экзамены в политех. Вера Пантелеимоновна очень удивилась, как они решили

ехать из такой глуши в Томск и хватит ли у них знаний? Но юноши великолепно сдали экзамены, и в школу пришла телеграмма из Томска, в которой были слова благодарности преподавательскому составу за отличные знания учеников. Я сама читала эту телеграмму. Все радовались и гордились, что сумели дать свои ученикам знания. Когда Виктор защитил свою докторскую диссертацию, он подарил директору школы Вере Пантелеимоновне Казанцевой автореферат. Она вспоминает: «Мне так было стыдно перед Виктором, что я когда-то не поверила в его знания, хотя он учился прекрасно».

Виктор и его друзья на деле показали, что годы учебы в школе не прошли даром.

Я хорошо знала Витю с 1952 года, так как работала старшей пионерской вожатой. Видела его на пионерских сборах, на уроках, во время спортивных соревнований. Это был веселый, подвижный мальчик. Он во всех мероприятиях принимал активное участие, вечерами вместе со своими сверстниками играл на спортивной площадке в футбол. Жил он рядом со школой, и она у него была вторым домом.

Иногда мне приходилось заменять заболевшего учителя, я в классе, где учился Витя, проводила уроки литературы и видела, как он внимательно, с восторгом и восхищением слушал рассказ учителя. Я понимала, что ему нужны были знания и что он был эмоциональным человеком, хотя старался скрывать это.

В каждый свой приезд в Горно-Алтайск он обязательно звонил мне,правлялся о здоровье, о делах, а я ведь была для него просто старшая пионерская вожатая!

Виктор Гаврилович очень достойно прожил свою жизнь. Он многое сделал для науки. Мы гордимся своим учеником. Жаль, что коварная болезнь очень рано унесла его из жизни. Еще многое он мог бы дать науке, своей семье. Память о нем всегда будет в наших сердцах.

## **УЧЕБА НА РАДИОФИЗИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ ТГУ**

С Виктором Гавриловичем Хорошевским (тогда — Витей Хорошевским) мы познакомились в колхозе, куда поехали в конце августа — начале сентября 1958 года, после зачисления на первый курс радиофизического факультета. Отправили нас в Тегульдетский район Томской области, добирались туда долго, сначала на поезде Томск — Асино. Вагоны были переполнены студентами разных вузов, большинство стояли в проходах, с вещевыми мешками, было жарко. В Асино пришлось сидеть целую ночь, размешались около вокзала, кто где мог.

Помню, что я пыталась уснуть на скамейке, положив под голову вещевой мешок. Из радиофизиков образовали группу, в которой мы впервые увидели, с кем будем вместе работать. Старшим в нашей группе был студент по фамилии Николаев (имя забыла), из офицеров, которые, попав под сокращение в армии, могли поступать в вузы на льготных условиях. Им достаточно было получить тройки по всем предметам. (Для школьников конкурс был, как мне помнится, 4 человека на место.) Остальные — либо вчерашние школьники (большинство), либо отработавшие два года после школы абитуриенты, например Игорь Пухов. Игорь Пухов сразу запомнился: он обладал поразительным остроумием, не всегда безобидным. Однако по большей части его насмешки были справедливыми. На протяжении всех пяти лет Игорь был душой компаний. К сожалению, его очень давно нет среди нас: умер вскоре после 25-летней юбилейной встречи однокурсников.

Утром мы добрались до реки Чулым, ближе к вечеру сели на пароходик и поплыли вверх по реке. Деревни, мимо которых мы иногда проплывали, выглядели довольно уныло и безлюдно. Зато природа поражала дикостью и красотой. В это время деревья полыхали яркими красками на фоне елей и сосен. В Тегульдет приплыли утром, дня через два. Дальше мы должны были добираться пешком до полевого стана (12 км), там жить и работать. Перед дорогой нас покормили в чайной, особенно понравились блины. Идти было нелегко, большинство девочек и мальчиков были в телогрейках и сапогах, резиновых или кирзовых. Дорога шла вдоль болот, иногда жидкая грязь почти достигала краев сапог.

*Матросова Анжела Юрьевна — д.т.н., профессор, заведующая Кафедрой программирования Томского государственного университета, г. Томск.*

К этому времени мы частично перезнакомились. В нашей группе оказалась Люся Тюнина, мы с ней уже были знакомы по приемным эксзаменам. Она меня познакомила со Светой Быковой и ее братом Валерой. Со Светой и Люсей мы стали очень близкими друзьями на всю жизнь. С нами же оказалась Лариса Чурсина, которую я знала еще по музыкальной школе.

Надо сказать, что наши мальчики относились к нам всем очень хорошо. Они старались нам помочь, если работа была тяжелой, защищали нас перед местными начальниками, как могли. Толя Харитоненко и Валера Шапцев работали на машинах — отвозили и разгружали зерно в районном центре. Они привозили сахар! Это было большим лакомством.

В колхозе кормили плохо. В основном овсянкой кашей и супом из овсянки, картошки и без мяса. Молока сначала не было. Работа у мальчиков была тяжелая, таскали и таскали мешки, мы за них переживали, но другой работы не было. Наши мальчики решили потребовать молока и мяса. Призвали местное начальство. Прислали корову, которая ежедневно уходила в лес и пытаясь вернуться в родную деревню, так что молоко практически отсутствовало.

Спасали нас орехи. Мальчики забирались на кедры, приносили несколько авосек, полных шишечек. Мы их жарили в бараке, в котором жили. Один барак был студенческий: половину нар занимали мальчики, половину — девочки, и была нейтральная полоса. Матрасы и подушки были набиты соломой: наволочки и матрасовки привезли с собой. Одеяла какие-то были, но грели слабо, накрывались телогрейками.

С каждым днем становилось холоднее. Вечером печку растапливали докрасна, было тепло. Снимали телогрейки и танцевали. Толя Симахин привез баян, под него и танцевали. Помню, что я танцевала в мамином халате. Танцевать умели не все мальчики. Не помню, чтобы Витя танцевал. Мне кажется, что Витя жил в другом бараке вместе с механизаторами, там мы все ели. Мальчики играли в Кинга, иногда долго. Помню, открываю глаза, а Володе Бержанскому лупят по носу картами, но не очень агрессивно, а со смехом и шутками: нос у него удобный, большой.

Я вытащила жребий поварихи. Работа не очень тяжелая, но раньше всех вставать и позже всех ложиться, и страшно ходить за картошкой в поле. Далековато от бараков, поле рядом с лесом, а там, по слухам, медведь. Появились добровольцы варить, я была этому рада и перешла в разнорабочие. Иногда мы работали с Витеем в одной команде на сушилке. Я радовалась, когда она ломалась, можно было отдохнуть на теплом зерне, пожевать его и горох. Подпечененный в сушилке горох особенно нравился.

Запомнилось, как в очередной антракт мы лежали на зерне и разговаривали. Витя рассказал мне, что он из Горно-Алтайска, про свою школу. Горно-Алтайск был для меня чем-то очень далеким. Витя был скромным, но наблюдательным, и со своим мнением. Заводилой в колхозе был Валера Быков, из очень обеспеченной по тем временам семьи, раскованный и дерзкий, без хамства. Его компания задавала тон. Из мимоходом сказанной Витея фразы я поняла, что он не одобряет мою дружбу с ними, сначала удивилась, а потом задумалась. Кстати, вся эта компания рассеялась в первый же год, большинство из них не смогли у нас учиться и были отчислены.

Потом в течение двух лет мы с Витеем Хорошевским оказались в разных группах и вместе стали учиться только с третьего курса. Витя был одним из умников в нашей группе, преподаватели его выделяли. Мне казалось, что он никогда не старался обратить на себя внимание, предпочитал быть в тени.



Слева — Матросова А.Ю., справа — Хорошевский В.Г. (Томск, ТГУ, 2010 г.)

В конце четвертого курса была практика. К этому времени мы уже сделали две курсовые работы, и наши преподаватели знали, кто из нас что может. Наши учителя на кафедре электронной вычислительной техники и автоматики, возглавляемой Феликсом Петровичем Тарасенко, были молодыми. Феликс Петрович — самый старший, едва за тридцать. Многие из них стали известными профессорами в Томске, Минске, Севастополе: Владимир Петрович Тарасенко, Аркадий Дмитриевич Закревский, Геннадий Алексеевич Медведев, Александр Федорович Терпугов, Евгений Артемович Бутаков. В те же времена они были молодыми кандидатами наук и аспирантами, увлеченными своей наукой и передававшими это увлечение студентам.

Феликс Петрович Тарасенко активно сотрудничал с учеными новосибирского Академгородка. Он хотел, чтобы его студенты проходили там практику и набирались знаний и традиций в других научных коллективах. Многие студенты нашей кафедры, на год старше нас, были отправлены в различные институты Академгородка на практику. К сожалению, не все из них достаточно активно работали, и Феликс Петрович был разочарован результатами. Когда дошла очередь до нашего курса, было решено отправлять самых лучших. Среди них выбрали Виктора Хорошевского, Бориса Сидристого и Владимира Воробьевса (из девочек — меня, но я отказалась по личным причинам).

Это событие и стало началом новосибирской жизни Виктора Хорошевского. После практики они втроем вернулись в Томск сдавать сессию, были полны впечатлений от работы и жизни в Академгородке, куда они вернулись на дипломирование, а затем — на работу. Помню, Света Быкова, я, Витя и Володя Воробьев ходили в наш старый драмтеатр. Вышли — лохматый мокрый снег, самое начало зимы — и стали играть в снежки. Мне тогда запомнилась их игра каким-то выплеском огромной энергии и уверенности, что впереди все будет замечательно.



---

---

## **II. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С ПРОГРАММИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ**





---

В.Г. Хорошевский

## **РАЗВИТИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПРОГРАММИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ\***

### **2.1. Этапы исследований**

Десять лет, прошедшие с момента появления первой ЭВМ, позволили выявить пределы в развитии средств обработки информации, базирующихся на концептуальной машине Дж. фон Неймана, на модели вычислителя [1–14]. Функционирование таких средств основано на имитации процесса решения задачи специалистом-вычислителем и на принципах последовательного выполнения операций, фиксированности логической структуры и конструктивной неоднородности [15–17]. Исследователи и проектировщики средств обработки информации уже в начале 60-х годов XX столетия пришли к ясному пониманию необходимости технической реализации новых принципов обработки информации.

Исследования по созданию вычислительных средств, базирующихся на модели коллектива вычислителей, были начаты в Институте математики (ИМ) Сибирского отделения АН СССР в начале 1960-х годов по инициативе математика и механика С.Л. Соболева (1908–1989; академик АН СССР с 1939 г.). Непосредственным руководителем работ стал специалист в области вычислительной техники Э.В. Евреинов (1928; доктор технических наук с 1968 г., профессор с 1972 г.). Успех в исследованиях ИМ СО АН СССР был бы немыслим, если бы они не опирались на достижения советских и западных научно-технических школ и прежде всего школы основоположника отечественной вычислительной техники С.А. Лебедева (1902–1974; академик АН СССР с 1953 г.). Особенno плодотворное влияние и поддержку в становлении и развитии направления «Вычислительные системы с программируемой структурой» оказали академики С.Л. Соболев, Н.Н. Яненко (1921–1984; академик АН СССР с 1970 г.), А.В. Ржанов (1920–2000; академик АН СССР с 1984 г.), А.С. Алексеев (1928–2007; академик АН СССР с 1984 г.).

Первая работа сотрудников ИМ СО АН СССР [18] о возможности построения вычислительных систем (ВС) высокой производительности определила американские публикации в данной области примерно на 6 месяцев. В середине 1960-х годов выходит в свет монография [19], обобщающая первые результаты работ ИМ СО АН СССР по функциональным структурам вычислительных систем и параллельному программирова-

\* Хорошевский В.Г. Распределенные вычислительные системы с программируемой структурой // Вестник СибГУТИ. 2010. № 2. С. 3–41.

нию; под руководством Э.В. Евреинова создаются первые ВС [15]: «Минск-222» (1965–1966 гг.) и управляющая ВС [15] для автоматизации научных исследований (1964–1967 гг.). К началу 1970-х годов завершается формирование концепции вычислительных систем с программируемой структурой как средств обработки информации, основанных на модели коллектива вычислителей. Уместно заметить, что первоначальное название рассматриваемых средств — «Однородные вычислительные системы» [19], в конце 1970-х годов закрепляется название «ВС с программируемой структурой» (см. [15], с. 26), так как оно точнее отражает архитектурные возможности систем — коллективов вычислителей. «Однородные ВС» и «ВС с программируемой структурой» следует рассматривать как синонимические термины.

Начиная с 70-х годов XX столетия теоретические и проектные работы в Сибирском отделении АН СССР (ныне СО РАН) по вычислительным системам с программируемой структурой ведутся под руководством одного из разработчиков первой в мире ВС с программируемой структурой «Минск-222» В.Г. Хорошевского (1940; д.т.н. с 1974 г., чл.-корр. РАН с 2000 г.). Главными направлениями работ становятся:

- архитектура вычислительных систем;
- теория структур ВС: анализ и синтез структур коммуникационных сетей ВС;
- теория функционирования ВС: организация оптимального (субоптимального, стохастически оптимального) функционирования ВС в моно- и мультипрограммных режимах (обработки наборов и обслуживания потоков параллельных задач);
- надежность и живучесть (потенциальная и структурная) ВС;
- самодиагностика и самоконтроль ВС;
- отказоустойчивые параллельные вычислительные технологии;
- проектирование и конфигурирование вычислительных систем;
- распределенные операционные системы;
- системы параллельного программирования;
- параллельные алгоритмы и программы для решения прикладных задач.

Работы по вычислительным системам из академической сферы распространяются в промышленность, под руководством В.Г. Хорошевского создается ряд систем: МИНИМАКС (1975 г.), СУММА (1976 г.), МИКРОС-1 (1986 г.), МИКРОС-2 (1992 г.), МИКРОС-Т (1996 г.). Выходит в свет большое число публикаций как сотрудников СО АН СССР (СО РАН), так и других организаций. В 1978 г. издательством «Наука» публикуется монография [15]. Академик С.Л. Соболев дал (23.12.1977 г.) следующий отзыв:

«Книга — фундаментальный труд по теории и практике высокопроизводительных систем, основанных на новых принципах обработки информации. Созданное и развитое авторами научное направление однородных вычислительных систем является стержнем книги. Концепция однородных вычислительных систем позволяет в максимальной степени исчерпать современные достижения технологии микропроцессоров.

Книга представляет большой интерес для широкого круга ученых и специалистов промышленности».

Значимость разделов этой книги, посвященных теории функционирования вычислительных систем, была оценена с достаточной полнотой только через 20–25 лет после ее опубликования. Это объясняется тем, что лишь в конце XX столетия появились реальные условия для создания вычислительных систем действительно с массовым параллелизмом.

## **2.2. Понятие о вычислительных системах с программируемой структурой**

*Вычислительные системы с программируемой структурой* — это распределенные средства обработки информации, основанные на модели коллектива вычислителей [15]. В таких ВС нет единого функционально и конструктивно реализованного устройства: все компоненты (устройство управления, процессор и память) являются распределенными. Тип архитектуры ВС — MIMD; в системах заложена возможность программной перенастройки архитектуры MIMD в архитектуры MISD или SIMD.

Основная функционально-структурная единица вычислительных ресурсов в системах рассматриваемого класса — это *элементарная машина* (ЭМ). В качестве ЭМ могут быть использованы ЭВМ, вычислительные ядра, многоядерные микропроцессоры, вычислительные узлы (композиции микропроцессоров), оснащенные средствами межмашинной коммутации. Допускается конфигурирование ВС с произвольным числом ЭМ. Следовательно, ВС с программируемой структурой относятся к масштабируемым средствам обработки информации и допускают формирование конфигураций с массовым параллелизмом (*Scalable Massively Parallel Computer Systems*).

В системах с программируемой структурой диалектически сочетаются архитектурные свойства универсальных и специализированных средств обработки информации. Рассматриваемые ВС — это универсальные параллельные компьютеры, которые способны программно настраиваться под структуру и параметры решаемых задач. Отмеченные архитектурные свойства ВС с программируемой структурой оценены математиком и механиком Н.Н. Яненко: «Чем шире класс задач, охватываемый специализированной машиной, тем сложнее ее структура,

и как наиболее совершенную форму ЭВМ следует рассматривать ЭВМ с перестраиваемой архитектурой» [20].

При построении ВС с программируемой структурой доминирующими являются следующие три принципа:

- 1) *массовый параллелизм* (параллельность выполнения большого числа операций);
- 2) *программируемость* (автоматическая перестройка или реконфигурируемость) структуры;
- 3) конструктивная однородность.

Следует подчеркнуть, что принцип программируемости структуры ВС является таким же важным, каким в свое время были предложения С.А. Лебедева и Дж. фон Неймана относительно организации в ЭВМ автоматической модификации программ. *Принцип программируемости структуры требует, чтобы в ВС была реализована возможность «хранения» программного описания функциональной структуры и программной ее модификации (перенастройки) с целью достижения адекватности структурам и параметрам решаемых задач.*

Выделяют подкласс пространственно-распределенных ВС. В него включаются макросистемы — системы сложной конфигурации, в которых в качестве функциональных элементов выступают пространственно-распределенные вычислительные средства, основанные на моделях вычислителя и коллектива вычислителей, и сети связи, обеспечивающие взаимный теледоступ между средствами обработки информации. *Пространственно-распределенная ВС — это объединение географически удаленных друг от друга сосредоточенных ВС, основанное на принципах:*

- 1) *параллельности* функционирования вычислительных ресурсов (т. е. способности нескольких или всех сосредоточенных ВС совместно и одновременно решать одну сложную задачу, представленную параллельной программой);
- 2) превалирующего использования массовых аппаратурно-программных средств и существующих компьютерных сетей, включая Internet;
- 3) совместимости (информационной и программной) сосредоточенных ВС.

Пространственно-распределенные ВС в общем случае предназначаются для реализации параллельных программ решения задач произвольной сложности (с произвольным объемом вычислений) в монопрограммном и мультипрограммных режимах (на рассредоточенных в пространстве ресурсах). Они должны быть приспособленными и для выполнения функций, присущих вычислительным сетям.

Первая пространственно-распределенная ВС с программируемой структурой АСТРА [15] была создана ИМ СО АН СССР и Новосибирским

электротехническим институтом МВ и ССО РСФСР; работы по проектированию ВС были начаты в 1970 г., а первая модель была сдана в эксплуатацию в 1972 г. Было построено семейство моделей АСТРА, среди которых были городские и междугородные конфигурации (Новосибирск, Москва). Модели формировались из ЭВМ «Минск-32» и использовали телефонные каналы связи. Были выполнены проекты распределенных ВС и на базе машин третьего поколения семейства ЕС ЭВМ [15].

Целесообразно подчеркнуть, что информационное пространство первого десятилетия XXI века — это локальные и распределенные корпоративные вычислительные сети и глобальная сеть Internet. Дальнейшим шагом в развитии архитектуры сетей должны были стать распределенные вычислительные системы, способные реализовать параллельные алгоритмы решения сложной задачи на географически рассредоточенных ЭВМ и ВС. В самом деле, в конце прошлого столетия получают распространение распределенные информационные технологии: метакомпьютинг (Metacomputing), масштабируемый (Scalable), глобальный (Global), Интернет (Internet) компьютеринг и P2P-компьютинг (Peer-to-peer Computing).

В 1997 году Национальный научный фонд США инициировал программу развития информационных технологий PACI (Partnerships for Advanced Computational Infrastructure). В ходе работ по программе PACI возникла концепция GRID (Global Resource Information Distribution), изначально рассматриваемая как аналогия распределенной электротехнической инфраструктуры. Аксиоматически ясно, что GRID-системы должны предоставлять распределенным пользователям разнообразные услуги по обработке и хранению данных и, главное, они должны быть способны реализовать параллельные алгоритмы решения суперсложных задач на своих рассредоточенных ресурсах.

Следует особо подчеркнуть, что для любого этапа развития индустрии обработки информации характерно создание суперкомпьютеров. К последним относятся вычислительные средства, обладающие рекордной эффективностью (производительностью, надежностью, живучестью и технико-экономической эффективностью) для фиксированного этапа. Суперкомпьютеры могут быть основаны на любой из архитектурных парадигм, однако в них всегда присутствует параллелизм. Если придерживаться терминологической строгости, то их следует называть *superBC*. Архитектура современных высокопроизводительных ВС, как правило, отличается от своих изначальных канонов. Архитектура одних и тех же систем в зависимости от уровня рассмотрения их функциональных структур может выглядеть и как MISD, и как SIMD, и как MIMD. Таким образом,

можно констатировать, что *мультиархитектура стала парадигмой при конструировании высокопроизводительных ВС.*

*Обобщая опыт развития индустрии обработки информации, можно заключить, что независимо от изначальной архитектурной парадигмы фирмы-создатели суперкомпьютеров к началу XXI столетия перешли на платформу ВС с программируемой структурой.*

Ниже будет представлено несколько фрагментов теории функционирования большемасштабных распределенных ВС; в последнем разделе будут описаны функциональные структуры советских и российских систем с программируемой структурой.

### **2.3. Анализ эффективности функционирования большемасштабных распределенных ВС**

Одним из важнейших разделов теории функционирования распределенных ВС является анализ их эффективности (производительности, надежности, живучести и экономичности) и осуществимости параллельного решения задач. Сложность и специфичность такого анализа обусловливается рядом факторов.

*Масштабируемость и большемасштабность ВС.* Современные суперкомпьютеры — это ВС с массовым параллелизмом, их архитектура допускает варьирование количества ЭМ (вычислительных ядер) в пределах  $10^2$ – $10^7$ . Например, система Tianhe-2 (первое место в 41-й редакции списка Top500, июнь 2013 г.) обладает быстродействием 54 902 TeraFLOPS и включает 3 120 000 процессорных ядер. В будущих системах с производительностью порядка ExaFLOPS количество процессорных ядер может достичь значения  $10^8$ – $10^{10}$ .

*Программируемость структуры ВС.* Суперкомпьютеры уже обладают способностью самоадаптации, т. е. в них допускается программная организация множества подсистем и настройка виртуальных конфигураций, адекватных структурам и параметрам поступающих задач.

*«Стохастичность» ВС.* По своей природе ВС (из-за неабсолютной надежности ресурсов) — стохастический объект, который предназначается в общем случае для обслуживания вероятностных потоков заданий, представленных параллельными программами со случайными параметрами (числом ветвей, временем решения и т. п.).

Успех анализа большемасштабных распределенных ВС, безусловно, определяется моделями, описывающими их функционирование. Адекватность моделей изучаемым объектам — распределенным ВС — должна гарантировать простоту и удовлетворительную для практики точность расчетов показателей эффективности.

## 2.4. Виртуализация архитектуры распределенных ВС

Архитектура любого средства обработки информации раскрывается через совокупность его свойств и характеристик. Постоянное совершенствование архитектуры ВС, а ныне и острая потребность в системах, обладающих производительностью порядка  $10^{12}$ – $10^{18}$  опер./с, стимулируют развитие методов их анализа и организации функционирования. При этом комплексная проблема живучести распределенных ВС выдвинулась на передний план. Живучесть вычислительных систем является более емким понятием, чем надежность ВС. Под *живучестью* понимается способность ВС (достигаемая программной организацией структуры и функционального взаимодействия между ее компонентами) в любой момент функционирования использовать суммарную производительность всех исправных ресурсов для решения задач.

Вычислительное ядро любой высокопроизводительной ВС компонуется из однородных ЭМ. Будем говорить, что ВС находится в состоянии  $k \in E_0^N \{0, 1, \dots, N\}$ , если в ней имеется  $k$  работоспособных ЭМ.

Под *живучей ВС* понимается (виртуальная) конфигурация из  $N$  элементарных машин, в которой:

- указано минимально допустимое число  $n$  работоспособных ЭМ, гарантирующее производительность системы не менее требуемой;
- обеспечена возможность решения сложных (с большим числом операций) задач, представленных адаптирующимися параллельными программами;
- отказы любых ЭМ (вплоть до числа  $N - n$ ) и восстановления отказавших машин приводят только к увеличению или уменьшению времени реализации параллельной программы;
- при изменении состояния  $k = 1, 2, \dots, N$  производительность подчиняется следующему закону:  $(k) A_k (k \mid n) (k, )$   
где  $A_k$  — коэффициент;

$$(k \mid n) = \begin{cases} 1, & \text{если } k \leq n, \\ 0, & \text{если } k > n, \end{cases}$$

— показатель производительности элементарной машины;  $(k, )$  — неубывающая функция от  $k$  и  $(k, )$  (как правило,  $(k, ) \leq k$ ). К *адаптирующимся* относятся программы, при реализации которых автоматически устанавливается число параллельных ветвей, равное числу (работоспособных) ЭМ в текущий момент времени (в последнее время такие программы иногда называют масштабируемыми).

Следует обратить внимание на то, что в живучей ВС число избыточных ЭМ — переменное и заключено между 0 и  $N - n$  в ней нет резервирования,

нет простоев исправных машин. Все исправные ЭМ такой ВС включаются в *вычислительное ядро* и участвуют в реализации параллельных процессов, что приводит к уменьшению времени решения задач.

Современные ВС, как правило, восстанавливаемые (или даже самовосстанавливающиеся). Будем считать, что ремонтные работы в ВС осуществляются некоторой *восстанавливающей системой*, состоящей из  $t$  устройств (ВУ), 1  $t \leq N$ . Каждое ВУ в любой момент времени может производить ремонт только одной ЭМ. Будем полагать также, что для формирования в системе виртуальных конфигураций имеются специальные (аппаратно-программные) средства, составляющие *реконфигуратор*. Он предназначается для выполнения следующих функций:

- исключения из вычислительного ядра отказавших машин и включения в него машин после их восстановления;
- формирования вычислительного ядра из оставшихся работоспособных ЭМ и вновь отремонтированных машин;
- преобразования адаптирующейся параллельной программы с целью достижения соответствия между числом ее ветвей и числом машин вычислительного ядра;
- вложения преобразованной программы в ядро с новой структурой и организации ее прохождения.

Вычислительные системы с программируемой структурой обладают гибкими структурными возможностями [15–19] для такой виртуализации. При этом живучесть ВС рассматривается в двух аспектах: потенциальном и структурном. При изучении потенциальных возможностей ВС особенности структуры или сети межмашинаных связей в явном виде не учитываются и считается, что в системе обеспечиваются возможности для достижения необходимой связности  $k$  исправных ЭМ,  $k \in \{n, n-1, \dots, N\}$ .

## 2.5. Континуальная модель функционирования ВС

Математическое ожидание  $N(i, t)$  числа работоспособных машин определяет в момент времени  $t = 0$  и производительность ВС, и емкость ее распределенной памяти;  $i$  — начальное состояние ВС, очевидно, что  $N(i, t) \geq i$ ,  $i \in E_0^N$ . Именно  $N(i, t)$  машин составляют в среднем в момент времени  $t = 0$  вычислительное ядро ВС, а функция

$$N(i, t) = N(i, t)/N, i \in E_0^N$$

характеризует потенциальную живучесть системы.

Функция  $N(i, t)$  безусловно, может быть рассчитана классически с использованием аппарата теории массового обслуживания. Такой расчет

трудоемок, т. к. он связан с приближенными вычислениями переходных вероятностей дискретных состояний ВС [16]. Указанных трудностей можно избежать, если учесть то, что высокопроизводительные ВС — большемасштабные (математически:  $N \rightarrow \infty$ ). В самом деле, при исследовании потенциальной живучести вычислительной системы вместо рассмотрения всего ее пространства состояний  $E_0^N = \{0, 1, \dots, N\}$ , т. е. учета функционирования каждой ЭМ, можно изучать поведение ВС в целом как ансамбля большого числа идентичных машин. Такой подход основывается на допущении, что в любой момент времени производительности вычислительной и восстанавливающей систем пропорциональны соответственно не случайному числу исправных ЭМ и не случайному числу занятых ВУ, а математическим ожиданиям соответствующих чисел. Допущение естественно для большемасштабных ВС (для систем с большим числом ЭМ и ВУ), в которых случайности, связанные с выходом ЭМ из строя или их восстановлением, либо с включением ВУ в ремонт ЭМ или освобождением ВУ, мало сказываются на значениях суммарной производительности систем. Эти значения для каждого момента времени оказываются близкими к средним значениям производительности систем. Случайности, связанные с выходом машин из строя и освобождением ВУ, сказываются, если число работоспособных ЭМ в ВС становится небольшим или если число занятых устройств в восстанавливающей системе становится близким к  $t$ . Однако вероятности таких событий при существующем уровне надежности микропроцессоров (интенсивности отказов  $10^{-8} \text{ 1/ч}$  чрезвычайно малы.

На основании вышесказанного при изучении потенциальной живучести ВС за основу берется стохастическая модель функционирования [21], представленная на рис. 2.1. Производительность ВС в любой момент времени  $t \geq 0$  определяют  $N(i, t)$  машин вычислительного ядра, т. е. те работоспособные ЭМ, которые непосредственно используются для реализации адаптирующейся параллельной программы. В случае отказа ЭМ «покидает» вычислительное ядро и берется на учет реконфигуратором ВС;  $\lambda$  — интенсивность отказов машины. Пусть  $L(i, t)$  — среднее число отказавших ЭМ, управляемых реконфигуратором ВС в момент  $t \geq 0, i \in E_0^N$ . Реконфигуратор исключает из вычислительного ядра отказавшие машины, образует из оставшихся работоспособных ЭМ связную подсистему, сокращает число параллельных ветвей в адаптирующейся программе и организует ее прохождение на вычислительном ядре с новой структурой. В результате выполнения таких функций реконфигуратор с интенсивностью  $\mu$  «переключает» отказавшие ЭМ из ядра

в число машин, подлежащих восстановлению. Пусть  $K(i, t)$  — математическое ожидание числа отказавших машин, учитываемых восстанавливающей системой.

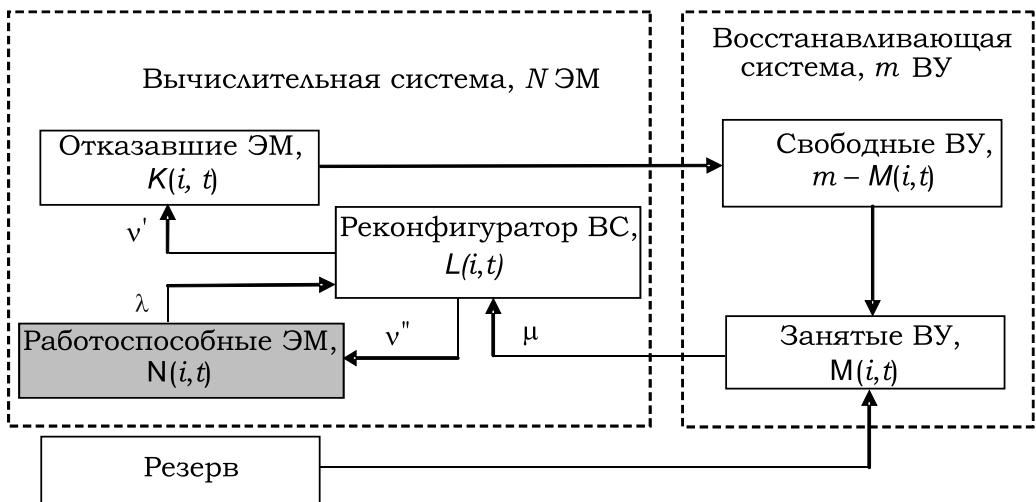
Пусть  $M(i, t)$  — среднее число устройств, занятых восстановлением отказавших ЭМ;  $v'$  — интенсивность восстановления отказавших ЭМ одним ВУ. После восстановления элементарные машины берутся на учет реконфигуратором ВС. Пусть  $L(i, t)$  — среднее число восстановленных ЭМ, взятых на учет реконфигуратором ВС. Включение восстановленных ЭМ в состав ядра ВС осуществляется с интенсивностью  $\lambda$ . Среднее время  $1/v'$  такого включения зависит от времени образования связного подмножества машин из существовавшего ядра и восстановленных ЭМ, времени перенастройки параллельной программы на большее число ветвей и времени запуска этой программы на вновь созданном ядре.

При изучении большемасштабных реконфигурируемых ВС, в общем случае, используются виртуальные восстанавливающие устройства и «ремонт» обнаруженных отказавших ЭМ сводится к их замене на машины из резерва. В этих случаях интенсивность воспринимается как среднее число машин резерва, включаемых в единицу времени одним виртуальным ВУ в состав вычислительной системы.

Очевидно следующее равенство

$$L(i, t) = K(i, t) + N(i, t) - N,$$

где  $L(i, t) = L(i, t) = L(i, t)$  — среднее число ЭМ, с которыми работает реконфигуратор ВС.



**Рис. 2.1.** Модель функционирования живучей ВС

## 2.6. Анализ потенциальной живучести ВС

Произведем расчет функции  $N(i, t)$  потенциальной живучести ВС. Ясно, что при использовании континуальной модели функционирования ВС естественно пойти по пути вывода разностных и дифференциальных уравнений непосредственно для  $N(i, t)$  и  $M(i, t)$ . В качестве иллюстрации здесь рассмотрим наиболее вероятную для практики ситуацию:

$$K(i, t) = M(i, t) \quad m, \\ i \in \{N-m, N-m+1, \dots, N\},$$

которая, как легко показать, имеет место при выполнении неравенства [16]

$$N - m( \quad / \quad ).$$

Тогда

$$N(i, t) = \frac{N}{1-2} - \frac{N}{1} (i-j) + i( \quad ) E_1 - \frac{N}{1} (i-j) + i( \quad ) E_2,$$

где

$$\begin{aligned} & , \\ &_{1,2} = \frac{1}{2} ( \quad ) \mp \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2}{2} - \frac{2}{2} - 2( \quad )}, \\ & j = L(i, 0), \quad E_1 = \frac{e^{-1t}}{1-2}, \quad E_2 = \frac{e^{-2t}}{2-1}. \end{aligned}$$

Полученные формулы позволяют оценить поведение ВС в переходном режиме. Для высокопроизводительных систем естественен стационарный режим эксплуатации:

$$N = \lim_{t \rightarrow \infty} N(i, t) = \frac{N}{1},$$

$$M = \lim_{t \rightarrow \infty} M(i, t) = \frac{N}{1},$$

$$\begin{aligned} L &= \lim_{t \rightarrow \infty} L(i, t) = N - N = M, \\ K &= \lim_{t \rightarrow \infty} K(i, t) = M. \end{aligned}$$

Неравенство  $N - m( \quad ) \leq 0$ , как известно, имеет место всегда. Если учесть последнее, то получим предельно простые формулы:

$$N = N( \quad )^{-1}, \quad M = N( \quad )^{-1},$$

Описанный континуальный подход одинаково применим и для анализа живучести и технико-экономической эффективности ВС, и для анализа осуществимости решения сложных задач, представленных параллельными программами [16, 17]. Простота расчетных формул приводит к нетрудоемкой технологии экспресс-анализа эффективности большемасштабных распределенных ВС, систем с произвольным числом элементарных машин. Экспресс-анализ возможен и для стационарного, и для переходного режимов функционирования ВС.

## 2.7. Структуры вычислительных систем

Теория структур ВС — раздел, в котором рассматриваются формальные описания, осуществляется анализ и синтез сетей связи между элементарными машинами (вычислительными узлами).

*Под структурой (Structure, Topology) вычислительной системы понимается граф G, вершинам которого сопоставлены элементарные машины, а ребрам — линии связи между ними.* Проблема анализа и выбора (синтеза) структур ВС не является тривиальной. В самом деле, универсальное решение — структура в виде полного графа (Complete graph), однако такая структура практически реализуема при небольшом числе ЭМ. Для достижения производительности ВС в диапазоне  $10^{12} \dots 10^{18}$  опер./с при существующих интегральных технологиях необходимо  $10^2 \dots 10^8$  ЭМ. Следовательно, полно связные структуры суперВС практически не реализуемы (хотя бы из-за ограничений существующих технологий БИС). Нужны такие структуры ВС, которые были бы существенно проще полных графов и которые бы позволяли достичь «эффективного» решения задач (с учетом ненадежности компонентов ВС).

## 2.8. Требования, предъявляемые к структурам ВС

Остановимся на основных требованиях, которые предъявляются к структурам современных вычислительных систем.

1. *Простота вложения параллельных алгоритмов решения сложных задач в структуру ВС.* Структура ВС должна быть адекватна достаточно широкому классу решаемых задач; настройка проблемно-ориентированных виртуальных конфигураций и реализация основных схем обмена информацией между ЭМ [17] не должны быть связаны со значительными накладными расходами.

2. *Удобство адресации элементарных машин и «переноса» подсистем в пределах ВС.* Вычислительная система должна предоставлять возможность пользователям создавать параллельные программы с виртуальными адресами ЭМ. Следовательно, структура ВС должна позво-

лять реализовать простейший механизм преобразования виртуальных адресов ЭМ в реальные (физические) адреса. Необходимость организации одновременного решения нескольких задач на ВС (т. е. необходимость разделения «пространства» элементарных машин между задачами) обосновывает требование простоты перемещения подсистем в пределах системы (при сохранении их топологических свойств). При выполнении данных требований будет достигнута эффективность ВС при работе как в моно-, так и мультипрограммных режимах. Кроме того, следует отметить, что данные требования являются необходимыми условиями для создания отказоустойчивых параллельных программ.

3. *Осуществимость принципа близкодействия и минимума задержек при межмашинных передачах информации в ВС.* Принцип близкодействия предопределяет реализацию обменов информацией между «удаленными» друг от друга ЭМ через промежуточные машины системы. Следовательно, в условиях ограниченности числа связей у каждой ЭМ структура должна обеспечивать минимум задержек (латентности) при транзитных передачах информации.

4. *Масштабируемость и большемасштабность структуры ВС.* Для формирования конфигураций ВС с заданной эффективностью необходимо, чтобы структура обладала способностью к наращиванию и сокращению числа вершин (машин). Изменение числа ЭМ в ВС не должно приводить к коренным перекоммутациям между машинами и (или) к необходимости изменения числа связей для любых ЭМ.

5. *Коммутируемость структуры ВС.* Система должна быть приспособлена к реализации коллективных межмашинных обменов информацией, а также к формированию в ней подсистем (для мультипрограммирования). Следовательно, структура ВС должна обладать способностью осуществлять заданное число одновременных непересекающихся взаимодействий между элементарными машинами.

6. *Живучесть структуры ВС.* Важным требованием к ВС в целом является обеспечение работоспособности при отказе ее компонентов или даже подсистем. Основой функциональной целостности ВС как коллектива ЭМ является живучесть структуры. Под последним понимается способность структуры ВС обеспечить связность требуемого числа работоспособных ЭМ в системе при ненадежных линиях межмашинных связей.

7. *Технологичность структур ВС.* Структура сети межмашинных связей ВС не должна предъявлять особых требований к элементной базе, к технологии изготовления микропроцессорных БИС. Системы должны быть восприимчивы к массовой технологии, их «вычислительное ядро» должно формироваться из однородных микропроцессорных

БИС. Последнее позволит достичь приемлемых значений технико-экономических показателей вычислительных систем.

Анализ путей удовлетворения перечисленным требованиям приводит к безальтернативному выбору однородных (или регулярных, т. е. описываемых однородными графами) структур для формирования ВС. В современных условиях при формировании суперВС используют разнообразные структуры; в системе, как правило, несколько межмашинных сетей, но среди них превалируют однородные.

## 2.9. Структурные характеристики ВС

*Структурные задержки* при передачах информации между машинами ВС определяются расстоянием между вершинами структуры, сопоставленными взаимодействующим ЭМ. Для оценки структурных задержек в ВС используются диаметр  $d$  и средний диаметр  $\bar{d}$  структуры. Диаметр структуры ВС — максимальное расстояние, определенное на множестве кратчайших путей между вершинами всевозможных их пар:

$$d = \max_{i,j} \{d_{ij}\} \quad (1)$$

средний диаметр

$$\bar{d} = (N - 1)^{-1} \sum_{l=1}^d ln_l, \quad (2)$$

где  $d_{ij}$  — расстояние, т. е. минимальное число ребер, образующих путь из вершины  $i$  в вершину  $j$ ;  $i, j \in \{0, 1, \dots, N - 1\}$ ;  $n_l$  — число вершин, находящихся на расстоянии  $l$  от любой выделенной вершины графа  $G$ .

Показателем, оценивающим *структурную коммутируемость* ВС, является вектор-функция

$$K(G, s, s) = \{K_h(G, s, s)\}, h \in \{1, 2, \dots, [N/2]\}, \quad (3)$$

в которой координата  $K_h(G, s, s)$  есть вероятность реализации в системе при заданных структуре  $G$  и коэффициентах готовности  $s$  и  $s$  соответственно одной ЭМ и линии связи  $h$  одновременных непересекающихся межмашинных взаимодействий (обменов информацией между ЭМ);  $[N/2]$  — целая часть числа  $N/2$ .

*Структурная живучесть* ВС оценивается вектор-функцией

$$L(G, s, s) = \{L_r(G, s, s)\}, r \in E_2^N \subset \{2, 3, \dots, N\}. \quad (4)$$

Здесь  $L(G, s, s)$  — вероятность существования подсистемы ранга  $r$  (т. е. подмножества из  $r$  работоспособных ЭМ, связность которых уста-

навливается через работоспособные линии) при заданных структуре  $G$ , коэффициентах готовности  $s$  и  $s$  ЭМ и линии связи соответственно.

Введенные показатели позволяют осуществить с достаточной полнотой анализ структурных возможностей ВС и анализ структурной живучести ВС в частности. Отметим прикладное значение введенных показателей.

Диаметр  $d$  и средний диаметр  $\bar{d}$  — это структурные характеристики, связанные с производительностью ВС. Диаметр структуры ВС определяет максимально необходимое число транзитных вершин при межмашинных обменах информации, следовательно, он является количественной характеристикой для максимальных структурных задержек. Средний диаметр структуры ВС можно использовать в качестве показателя, оценивающего средние задержки при выполнении межмашинных взаимодействий.

По значениям координат *вектор-функции структурной коммутируемости*  $K(G, s, s)$  можно судить относительно возможностей ВС по реализации обменов информацией между ее машинами. Данная характеристика важна для анализа структур ВС, работающих в мультипрограммных режимах. В этих режимах система программным способом разбивается на подсистемы. Максимальное число подсистем в ВС определяется, очевидно, величиной  $[N/2]$ . В случае мультипрограммирования обмены совершаются в пределах каждой из подсистем. Тогда, например, координата  $K_h(G, s, s)$  будет информировать о приспособленности структуры к генерации в пределах ВС  $h$  подсистем или к одновременному решению на ВС  $h$  задач,  $1 \leq h \leq [N/2]$ .

Координаты *вектор-функции структурной живучести* ВС характеризуют приспособленность системы в условиях отказов ЭМ и линий связи к порождению подсистем тех или иных рангов, следовательно, ее приспособленность к решению задач заданной сложности. В частности, координата  $L_r(G, s, s)$  определяет возможности структуры по реализации на ВС задач ранга  $r$ , т. е. сложных задач, представленных параллельными программами с числом ветвей, равным  $r \in \{2, 3, \dots, N\}$ .

Подмножество координат

$$\{L_{r^0}(G, s, s), L_{r^0-1}(G, s, s), \dots, L_{r^*}(G, s, s)\}$$

характеризует приспособленность ВС к выполнению на ней *адаптирующихся параллельных программ*, допускающих автоматическое изменение своих рангов от  $r^0$  до  $r^*$ , где  $1 < r^0, r^* \leq N$ . При  $r^0 = n$  и  $r^* = N$  вектор-функция структурной живучести ВС будет характеризовать ее способность к организации в ней виртуальных образований, обладающих живучестью.

## 2.10. Простейшие структуры ВС

В суперВС предшествующих десятилетий использовались нульмерные, одномерные и двумерные простейшие структуры. В первом случае структура сети связей «вырождена», взаимодействие между машинами ВС осуществляется через общую шину (Common bus, Unibus). В случае одномерных структур («линейки» — Linear graph или «кольца» — Ring) обеспечивается связь каждой ЭМ с двумя другими (соседними) машинами. В нульмерных структурах имеется общий ресурс — шина, в одномерных же структурах этот ресурс трансформируется в распределенный, т. е. в локальные связи между вычислителями. Следовательно, характеристики последних структур существенно лучше, чем у нульмерных.

Увеличение размерности структуры повышает структурную живучесть ВС. В самом деле, двумерные структуры предоставляют каждой ЭМ непосредственную связь с четырьмя соседними. В качестве примеров двумерных структур может служить 2D-решетка (Two-dimensional Grid) и 2D-тор (Two-dimensional torus). Следовательно, в системах с двумерной структурой при отказах некоторых ЭМ и (или) связей между ними сохраняется возможность организации связных подмножеств исправных машин.

В  $n$ -мерных структурах каждая ЭМ связана с  $2n$  соседними машинами. Существуют технико-экономические и технологические ограничения в наращивании размерности структуры ВС.

## 2.11. Гиперкубические и тороидальные структуры ВС

Гиперкубы, или структуры в виде булевых  $n$ -мерных кубов, а также торы нашли широкое применение при построении современных высокопроизводительных ВС с массовым параллелизмом. Гиперкуб (Hypercube) по определению — это однородный граф, для которого справедливо

$$n = \log_2 N,$$

где  $N$  — количество вершин;  $n$  — число ребер, выходящих из каждой вершины;  $n$  называют также *размерностью* гиперкуба. Каждая ЭМ в гиперкубической ВС имеет связь ровно с  $n$  другими ЭМ. Гиперкуб размерности  $n$  называют также  $n$ D-кубом.

Если вершины гиперкуба пронумеровать от 0 до  $N - 1$  в двоичной системе счисления так, что каждый разряд соответствует одному из  $n$  направлений, то получим булев  $n$ -мерный куб.

Тор — это многомерная решетка, в которой имеют место отождествления связей граничных вершин в каждом из направлений. Простей-

ший вариант —  $2D$ -тор — образуется из решетки путем отождествления связей граничных вершин в каждой «строке» и в каждом «столбце». Четырехмерный гиперкуб ( $N = 16$ ,  $n = 4$ ) является также  $2D$ -тором.

Возможности распространенных структур ВС отражены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Показатель	Тип структуры ВС					
	Полный граф	Линейка	Кольцо	$2D$ -решетка	$2D$ -тор	Гиперкуб
Диаметр	1	$N - 1$	$[N/2]^*$	$2(\sqrt{N} - 1)$	$2(\sqrt{N} - 2)$	$\log_2 N$
Количество ребер	$N(N - 1)/2$	$N - 1$	$N$	$2(N - \sqrt{N})$	$2N$	$(N \log_2 N)/2$

\* $[N]$  — целая часть числа  $N$ .

Из табл. 2.1. следует, что структуры с меньшим диаметром имеют большее количество ребер; удвоение числа вершин в гиперкубе увеличивает его диаметр только на единицу.

## 2.12. Перспективные структуры ВС

Рассмотрим структуры, удовлетворяющие требованиям, изложенным выше, т. е. перспективные для формирования масштабируемых и большемасштабных вычислительных систем (в частности, ВС с программируемой структурой).

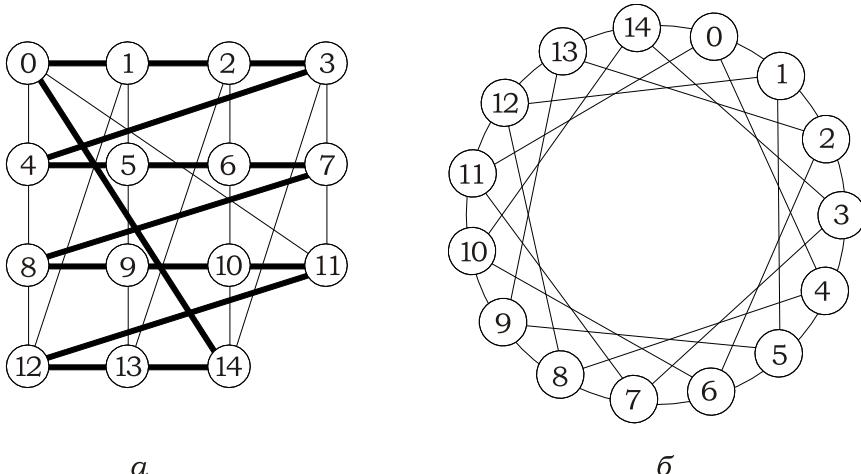
В компьютерной индустрии получили распространение  $n$ -мерные структуры ВС, известные сейчас как циркулянтные (Circulant Structures). Впервые они были определены и исследованы в Отделе вычислительных систем ИМ СО АН СССР в начале 1970-х годов и первоначально назывались  $D_n$ -графами [17]. По определению,  $D_n$ -граф, или циркулянтная структура, есть граф  $G$  вида:  $\{N; \{1, 2, \dots, n\}\}$ , в котором:

- $N$  — количество вершин или порядок графа;
- вершины помечены целыми числами  $i$  по модулю  $N$ , следовательно,  $i \in \{0, 1, \dots, N - 1\}$ ;
- вершина  $i$  соединена ребром (или является смежной) с вершинами  $i + 1, i + 2, \dots, i + n \pmod{N}$ ;
- $\{1, 2, \dots, n\}$  — множество целых чисел, называемых образующими, таких, что  $0 < 1 < 2 < \dots < n < N$ , а для чисел  $N: 1, 2, \dots, n$  наибольшим общим делителем является 1;
- $n$  — размерность графа;
- $2n$  — степень вершины в графе.

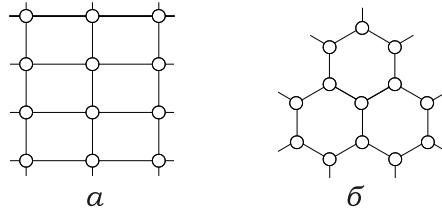
Графы  $G$  вида  $\{N; 1, 1, \dots, n\}$ , т. е.  $D_n$ -графы или циркулянты с единичной образующей (Loop Networks — петлевые структуры), интенсивно изучаются в последнее время. Циркулянтные структуры  $\{N; 1, 2\}$  широко внедрены в практику ВС, и читатели хорошо знают, что циркулянт отражает структуру квадранта ВС ILLIAC-IV [15, 17]. Равновероятно используют изображения циркулянтов с единичной образующей в виде и двумерных «матриц», и хордовых колец (рис. 2.2).

Целые числа  $i \{0, 1, 2, \dots, N-1\}$  отмечающие вершины  $D_n$ -графа, называют *адресами*. Адресация вершин в таких структурах называется *диофантовой* (в честь древнегреческого математика из Александрии Диофанта, Diophantos, III в.). В циркулянтных структурах при полном переносе какой-либо подструктуре (всех вершин подструктуры на одно и то же расстояние в одном из направлений) сохраняются все ее свойства и адресация вершин. Таким образом, при диофантовой адресации элементарных машин ВС можно простыми средствами реконфигурации осуществить виртуальную адресацию вершин-машин и, следовательно:

- 1) создавать отказоустойчивые параллельные программы, не ориентированные на физические номера машин;
- 2) реализовывать мультипрограммные режимы обработки информации;
- 3) исключать отказавшие вершины-машины из подсистем, а значит, обеспечить живучесть ВС.



**Рис. 2.2.**  $D_2$ -граф:  $\{15; 1, 4\}$   
 $a$  — двумерная матрица;  $b$  — хордовое кольцо



**Рис. 2.3.** Фрагменты  $\Lambda(N, , g)$ -графов:  
 $a = 4, g = 4$ ;  $b = 3, g = 6$

Пусть параллельная программа реализуется на некоторой подсистеме ВС (т. е. на подграфе в пределах  $D_n$ -графа). Далее, пусть  $i$  — физический номер элементарной машины (вершины  $D_n$ -графа), исключаемой из подсистемы (подграфа), а  $j$  — номер ЭМ, включаемой в нее,  $i, j \in \{0, 1, \dots, N - 1\}$ . Тогда, очевидно, алгоритм преобразования виртуального адреса машины, используемого в параллельной программе, сводится к его изменению по формуле

$$: [ (j - i)] \bmod N,$$

где  $, i, j \in \{0, 1, \dots, N - 1\}$ .

В качестве структур ВС, допускающих масштабирование (изменение числа машин) без коренной перекоммутации уже имеющихся межмашинных связей, используются  $\Lambda(N, , g)$ -графы. В такие графы [22] вкладываются  $D_n$ -графы;  $\Lambda(N, , g)$ -граф — это неориентированный однородный граф с числом и степенями вершин соответственно  $N$  и  $g$  (значением обхвата  $g$  (рис. 2.3)). В  $\Lambda(N, , g)$ -графах каждая вершина при  $g \geq 3$  входит в не менее  $g$  кратчайших простых циклов длиной  $g$  (длина кратчайшего цикла в графе называется *обхватом*). При  $g = 2$   $\Lambda(N, , g)$ -граф является простым циклом с  $N$  вершинами.

## 2.13. Анализ и синтез структур ВС

Введенные показатели (1)–(4) в равной степени пригодны и для анализа, и для синтеза структур ВС. Как в том, так и в другом случае требуется осуществлять расчет значений структурных показателей ВС. Получение аналитических выражений для координат вектор-функций структурной коммутируемости ВС (3) и структурной живучести (4) является задачей, разрешимой лишь для частных случаев. Для расчета этих показателей используют метод статистического моделирования (Монте-Карло).

Проблема синтеза структур заключается в поиске таких графов  $G^*$ , которые реальные (физические) конфигурации ВС делали бы максимально приспособленными для программирования виртуальных конфигураций. Если при проектировании ВС преследуется цель ее адапта-

ции под какую-либо область применения, под класс решаемых задач, то физическая структура  $G^*$  должна быть максимально приспособлена для программной настройки проблемно-ориентированных виртуальных конфигураций. Если же требуется достичь живучести ВС, то  $G^*$  должна быть адаптирована под программирование живущих виртуальных конфигураций. Или же, если при создании ВС требуется максимизировать эффективность использования ЭМ, то определяется структура  $G^*$  которая минимизирует задержки (Latency — латентность) при транзитных передачах информации между ЭМ.

На этапе выбора структур ВС заметную роль играют интуитивные соображения. Так, например, было очевидно, что кольцевые и тороидальные структуры ВС обладают большей живучестью, чем «линейка» и «решетка» соответственно.

Проблема синтеза структур ВС может быть сформулирована с ориентацией на любой из структурных показателей (1)–(4). Здесь мы дадим следующую постановку: найти структуру  $G^*$  которая обеспечивала бы максимум координаты вектор-функции структурной живучести (4), т. е.

$$\max_G L_r(G, s, s) \quad L_r(G^*) \quad (5)$$

при заданных значениях  $N, r, s, s$ . Структура  $G^*$  для которой выполняется (5), называется *оптимальной*. В упрощенной постановке можно ограничиться поиском  $G^*$  в некотором классе структур, например, в классе  $D_n$ - или  $\Lambda(N, g)$ -графов.

К сложным относится проблема синтеза оптимальных структур большемасштабных ВС, она практически решается при помощи статистического моделирования и, следовательно, с использованием мощных вычислительных средств. Трудоемкость поиска  $G^*$  можно заметно снизить, если воспользоваться двумя нижеприведенными гипотезами.

**Гипотеза 1.** Структура  $G^*$ , при которой достигается  $L_N(G^*)$  — максимум живучести ВС, обеспечивает  $L_r(G^*)$  — максимум живучести подсистем ранга  $r < N$ .

**Гипотеза 2.** Структура с минимальным (средним) диаметром относится к  $G^*$  т. е. обладает максимальной структурной живучестью.

Справедливость гипотез, высказанных автором в 1970-х годах, подтверждена результатами статистического моделирования структур ВС.

## 2.14. Оптимальные структуры ВС

Основываясь на гипотезах, оптимальными будем считать структуры  $G^*$  имеющие при заданных порядке  $N$  и степени вершин минимальный диаметр. Существуют алгоритмы синтеза оптимальных структур ВС для

конкретных классов графов. Для практических целей созданы и пополняются каталоги [22] оптимальных структур ВС ( $D_n$ - и  $\Lambda(N, , g)$ -графов). Пользование каталогами так же просто, как таблицами элементарных функций. Фрагмент каталога оптимальных  $D_n$ -графов отражен в табл. 2.2.

Таблица 2.2

$D_n$ -граф	Характеристика					
	$N$	1	2	3	4	5
$D_2$ -граф	16	1	6			
	32	1	7			
	64	1	14			
	128	1	15			
	256	1	92			
$D_3$ -граф	16	1	2	6		
	32	1	4	10		
	2048	37	116	202		
		48	407	615		
$D_4$ -граф	16	1	2	3	4	
	32	1	2	8	13	
	64	1	4	10	17	
$D_5$ -граф	16	1	2	3	4	5
	32	1	2	3	4	12
	1024	22	189	253	294	431
		30	133	230	253	485
		6	317	403	425	475

Как уже отмечалось, гиперкубы весьма популярны при формировании сетей межмашинных связей большемасштабных ВС. Представляет интерес сравнить структурные показатели гиперкубов, оптимальных  $D_n$ - и  $\Lambda(N, , g)$ -графов. В табл. 2.3 отражены результаты сравнения называемых структур по степени  $\Delta$ , диаметру  $d$  (1) и среднему диаметру  $\bar{d}$  (2) для одинаковых чисел вершин графов. При этом следует заметить, что степень вершины  $D_n$ -графа (циркулянта) равна степени гиперкуба или (в случае нечетной степени) меньше на единицу.

Таблица 2.3

$N = 2$	Гиперкубы		Циркулянты			$\Lambda(N, , g)$ -графы			
	$= d$	$\bar{d}$		$d$	$\bar{d}$		$g$	$d$	$\bar{d}$
64	6	3,0	6	4	2,5	6	6	3	2,29
256	8	4,0	8	4	3,3	8	6	3	2,7
512	9	4,5	8	5	4,02	9	6	3	2,81
1024	10	5,0	10	5	4,04	10	6	4	3,01
2048	11	5,5	10	6	4,70	11	6	4	3,47
4096	12	6,0	12	6	4,68	12	6	4	3,57
8192	13	6,5	12	6	5,34	13	6	4	3,78
16384	14	7,0	14	6	5,38	14	6	4	3,83
32768	15	7,5	14	7	6,09	15	6	4	3,89
65536	16	8,0	16	7	6,12	16	6	5	4,06
131 072	17	8,5	16	8	6,73	17	6	5	4,39
262 144	18	9,0	18	8	6,75	18	6	5	4,62
1 048 576	20	10,0	20	8	7,41	20	6	5	4,85
16 777 216	24	12,0	24	10	8,76	24	6	6	5,56
268 435 456	28	14,0	28	11	10,15	28	6	6	5,94

Заметим, что диаметры  $D_n$ - и  $\Lambda(N, , g)$ -графов значительно меньше диаметров гиперкубов даже при одинаковых (или меньших на единицу) степенях их вершин. Более того,  $D_n$ - и  $\Lambda(N, , g)$ -графы обладают и меньшими средними диаметрами по сравнению с гиперкубами. Рассматриваемые показатели для  $\Lambda(N, , g)$ -графов при  $g > 4$  являются самыми лучшими: так, диаметры для оптимальных  $\Lambda(N, , g)$ -графов оцениваются величиной  $0.21\log_2 N$ , в то время как в гиперкубах —  $\log_2 N$ . Из сказанного следует, что в ВС, структура которых является  $D_n$ - и  $\Lambda(N, , g)$ -графами, время межмашинных обменов информацией значительно меньше по сравнению с временем гиперкубических ВС.

Таким образом,  $D_n$ - и  $\Lambda(N, , g)$ -графы более перспективны для формирования сетей межмашинных (межпроцессорных) связей в ВС, чем гиперкубы.

Численный анализ показал, что большемасштабные ВС (с массовым параллелизмом) при существующей физико-технологической базе могут обладать высокой структурной живучестью. Учет топологии межмашинных связей и надежности линий связи не приводит к существенной разнице между реальной и потенциально возможной живучестью ВС.

## **2.15. Организация оптимального функционирования ВС и параллельное мультипрограммирование**

В зависимости от сложности (трудоемкости) решаемых задач и характера их поступления принято выделять три режима функционирования ВС [23]:

- решение сложной задачи;
- обработка наборов задач;
- обслуживание потоков задач.

Первый режим является монопрограммным, в нем все ресурсы ВС используются для решения одной сложной задачи. При разработке параллельных программ применяется методика крупноблочного распараллеливания [15, 18], обеспечивающая линейный рост ускорения ВС при увеличении количества входящих в нее ЭМ. Эффективность использования ресурсов ВС определяется и алгоритмами вложения в них параллельных программ. СуперВС 1970–1990 годов были ориентированы именно на этот монопрограммный режим функционирования. Однородность структуры таких суперВС позволяла простыми средствами решить проблему вложения в них параллельных программ. Современные суперВС, характеризующиеся иерархической структурой и различными пропускными способностями каналов связи между ресурсами (вычислительными узлами, ЭМ, процессорами и их ядрами, оперативной памятью, кеш и т. п.), потребовали разработок новых алгоритмов вложения параллельных программ [24, 25].

Как уже отмечалось, вычислительные системы XXI века рассчитываются на производительность 1 TeraFLOPS — 1 ExaFLOPS, они больше масштабные и масштабируемые. Обеспечить эффективную загрузку таких суперВС представляется возможным только при помощи средств параллельного мультипрограммирования.

*Под параллельным мультипрограммированием следует понимать теоретическую и практическую деятельность по созданию методов, алгоритмов и программ, оптимизирующих использование ресурсов ВС при одновременной реализации множества параллельных программ.*

Рассмотрим мультипрограммные режимы функционирования ВС: обработку наборов задач и обслуживание потоков задач. В этих режимах ресурсы ВС распределяются между одновременно решаемыми задачами, представленными параллельными программами с различными количествами ветвей.

Режим обработки на ВС набора задач организуется тогда, когда они известны априори, и для каждой из них заданы такие параметры, как ранг (число параллельных ветвей в программе), время решения и/или

штраф за задержку решения на единицу времени. Режим обслуживания потока задач является наиболее общим. В нем ВС используется для обслуживания вероятностных потоков заданий, представленных параллельными программами со случайными параметрами. Математические методы, алгоритмы и программы, организующие работу ВС в последних двух режимах, составляют *инструментарий параллельного мультипрограммирования*. Этот инструментарий должен быть практически эффективным. Он не должен приводить к временным затратам ВС, существенно уменьшающим долю системного времени, приходящуюся на реализацию пользовательских параллельных программ. Эффективность [17] инструментария должна оцениваться такими же количественными характеристиками, как и параллельные алгоритмы: показателями сложности, коэффициентами ускорения и накладных расходов.

Современная суперВС (в силу своей природы) относится к сложным вероятностным системам. Следовательно, эффективный инструментарий параллельного мультипрограммирования должен, безусловно, базироваться на эвристике [15, 26] и стохастике [27–29]. Применяются два подхода к стохастической оптимизации функционирования больших масштабных и масштабируемых распределенных ВС. Оба подхода ориентированы на организацию работы ВС при обслуживании потоков параллельных задач (заданий) со случайными параметрами. Первый подход – теоретико-игровой [21, 27, 28] – применим к потокам с очередями заданий, а второй основан на методах стохастического программирования [29].

## **2.16. Теоретико-игровой подход к организации функционирования ВС**

При рассмотрении игрового подхода к оптимизации работы ВС снимем ограничение об «абсолютной» надежности элементарных машин, что имело место в работе [27]. Итак, пусть имеется вычислительный центр (ВЦ), который эксплуатирует ВС, состоящую из  $N$  не абсолютно надежных ЭМ. Реализация параллельных программ осуществляется на основной подсистеме из  $n$  ЭМ;  $N - n$  машин составляют структурную избыточность. В случае отказа любой машины основной подсистемы в ВС реализуется процедура восстановления, которая заключается в поиске в пределах основной подсистемы отказавшей ЭМ и реконфигурации структуры ВС. Поиск отказавшей ЭМ осуществляется средствами (само)диагностики ВС. Реконфигурация системы заключается в программной настройке новой  $n$ -машинной конфигурации из всех исправных

ЭМ существовавшей основной подсистемы и части ЭМ структурной избыточности. Последняя процедура осуществляется в ВС реконфигуратором.

Средства (само)диагностики и реконфигуратор ВС являются компонентами операционной системы (ОС). Эта композиция, по сути, является виртуальным восстановливающим устройством (ВУ); здесь, следуя традиции, ее будем называть просто ВУ. В соответствии с принципом децентрализованного управления можно считать, что в распределенной ВС количество ВУ равно количеству ЭМ, входящих в ее состав. Тогда для распределения  $\{p_i\}$ ,  $i \in E_0^N$ , вероятностей состояний системы в стационарном режиме работы справедлива [16] формула

$$p_i = \frac{N!}{(N-i)!i!} \frac{i^N}{(\ )^N} s. \quad (6)$$

Далее допустим, что на ВС поступает случайный поток параллельных задач (заданий) такой интенсивности, что имеет место их конечная очередь . Пусть ожидающая решения задача  $I_j^r$  представлена парой чисел  $\langle t_j^r, r \rangle$ , где  $t_j^r$  — время решения задачи,  $r$  — ее ранг.

Пусть  $r$  — подмножество задач  $I_j^r$  ранга  $r$ ,  $\bigcup_j I_j^r = r$ ,  $r \in E^*$ . Очевидно, что  $r = \bigcup_r r$ ,  $r = k$  для  $r = k$ ,  $r, k \in E^*$ . Считается, что

число элементов в подмножестве  $r$  достаточно большое и допускает разбиение  $r$  на такие группы  $G^r$ , для которых выполняется равенство  $\left| \begin{array}{c} t_j^r \\ j \end{array} \right| = o(r)$ , где  $t_j^r$  есть суммарное время решения всех задач  $I_j^r \in G^r$ , а  $r$  — константа времени, выбранная заранее. Будем в дальнейшем считать, что  $r$  есть единица времени, и оперировать с каждой группой  $G^r$  как с задачей, имеющей ранг  $r \in E^*$  и единичное время решения.

Допускаем также, что  $0^0 = 1$ . Любая задача, принадлежащая  $0^r$ , требует для «своего решения» точно единицу времени и ноль машин ВС. Следует заметить, что если некоторое  $r$  то подмножество ранга  $r$  должно быть сформировано из групп  $G^k$ ,  $k < r$ ,  $k, r \in E^*$ .

Далее, имеется также диспетчер (компонент ОС), который в дискретные моменты времени  $t = 0, 1, 2, \dots$  назначает параллельные задачи (точнее: группы  $G^r, G^{r+1}, \dots$ ) для решения на ВС. Затраты на решение той или иной задачи  $G^r, r \in E^*$ , будем интерпретировать как «платеж» диспетчера вычислительному центру. Требуется создать такой алгоритм работы комплекса «ВЦ — диспетчер», чтобы в условиях не абсолютной надежности ресурсов ВС затраты на решение задач в единицу времени были минимальны.

## 2.17. Игровые модели функционирования ВС

Имеется ВЦ, который в дискретные моменты времени выделяет ресурсы ВС для решения задач. Пусть ресурсы ВЦ составляют  $n$  элементарных машин ВС. Известно подмножество  $P = \{p_i\}, i \in E^*$ , значений вероятностей состояний ВС. Пусть также имеется диспетчер, который в дискретные моменты времени  $t$  назначает для решения на ВС задачи  $G^r$  различных рангов  $i \in E^*$ , но с единичным временем решения.

Следуя игровой терминологии, объекты «ВЦ» и «диспетчер» будем называть *игроками*. Фактически эти игроки являются виртуальными, они представлены соответствующими компонентами ОС. Далее, считаем, что ВЦ и диспетчер используют чистые стратегии  $i$  и  $r, i, r \in E^*$  соответственно, если первый игрок для решения задач отводит  $i$  машин, а второй игрок назначает задачу ранга  $r$ . Если ВЦ выбирает стратегию с номером  $i$ , а диспетчер — стратегию с номером  $r$ , то диспетчер «платит» ВЦ сумму  $c_{ir}$ . Элементы  $c_{ir}, i, r \in E^*$  составляют матрицу **C** платежей.

Предложенная модель функционирования ВС относится к классу антагонистических игр двух объектов с нулевой суммой, так как интересами ВЦ является получение максимального дохода от выделенных ресурсов, а диспетчера — минимизация затрат на решение задач.

Подбор элементов платежных матриц **C** должен осуществляться с учетом конкретных условий эксплуатации ВС; в частности, эти элементы могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$c_{ir} = \begin{cases} rc_1 & (i = r)c_2 \quad \text{при } i = r, \\ rc_2 & (i > r)c_3 \quad \text{при } i > r, \end{cases} \quad (7)$$

где  $c_1$  — цена эксплуатации одной ЭМ системы в единицу времени (платеж вычислительному центру за решение задачи единичного ранга);  $c_2$  — величина штрафа, выплачиваемого диспетчером в единицу времени за одну простоявшую ЭМ;  $c_3$  — величина штрафа, налагаемого на диспетчера в единицу времени, если номер его стратегии больше на единицу номера стратегии ВЦ, т. е. если  $r = i + 1, i, r \in E^*$ .

Практически наиболее вероятной и общей ситуацией является та, при которой в потоке имеются задачи всех рангов. Поэтому алгоритм функционирования ВС, состоящий в назначении задач одного ранга, представляется неэффективным. Следовательно, рассматриваемая игра не должна иметь решения в чистых стратегиях, т. е. матрица  $\mathbf{C} \|c_{ir}\|$  не должна иметь седловых точек [30]. Легко доказать следующее утверждение: матрица  $\mathbf{C}$  не имеет седловых точек тогда и только тогда, когда  $c_1 < \min\{c_2, c_3\}$ .

Ясно, что при стратегии диспетчера  $r > i, i, r \in E^*$ , ресурсов ВС недостаточно для решения назначенной задачи, следовательно, имеет место простой всех  $i$  выделенных машин. Данное замечание позволяет осуществлять расчет элементов матрицы  $\mathbf{C}$  платежей по формуле

$$\begin{array}{ll} c_{ir} & \begin{cases} rc_1 & \text{при } i = r, \\ rc_4 & \text{при } i \neq r, \end{cases} \end{array} \quad (8)$$

где  $c_4$  – удельные потери диспетчера из-за невозможности решения задачи вследствие того, что ее ранг больше количества выделенных ЭМ. Матрица  $\mathbf{C}$  не будет иметь седловых точек, если неравенство  $c_1 < \min\{c_2, c_4\}$  выполняется.

В [27, 28] разработаны игровые модели и параллельные алгоритмы отыскания оптимальных смешанных стратегий ВЦ и диспетчера при заданных матрицах платежей.

**Модель 1.** Пусть заданы матрица  $\mathbf{C} \|c_{ir}\|$  платежей,  $i, r \in E^*$ , и смешанная стратегия  $P \|p_0, p_1, \dots, p_i, \dots, p_n\|$  вычислительного центра. Пусть также  $P$  является распределением вероятностей состояний ВС, тогда все исправные ЭМ системы автоматически выделяются для решения задач. Требуется найти оптимальную смешанную стратегию  $\Pi^* \|0^*, 1^*, \dots, r^*, \dots, n^*\|$  диспетчера. Предложенная модель суть игра с «природой», в которой в качестве последней выступает ВС.

Оптимальная смешанная стратегия  $\Pi^*$  диспетчера есть решение следующей экстремальной задачи:

$$F(\Pi^*) = \min_{\Pi} F(\Pi), \quad F(\Pi) = \sum_{r=0}^n \sum_{i=1}^n p_i c_{ir}, \quad (9)$$

где целевая функция  $F(\Pi)$  суть расходы диспетчера при применении смешанной стратегии  $\Pi \|r\|, r \in E^*$ .

Так как вероятности состояний ВС известны, то оптимальная смешанная стратегия  $\Pi^*$  диспетчера имеет координаты  $r^* = 0, r \in E^*, r \neq r^*$ ,

$r^* \leq 1$ , где  $r^*$  — любая стратегия диспетчера, для которой выполняется условие

$$\min_{\substack{i=0 \\ r}} p_i c_{ir^*} \leq \min_{\substack{r \\ i=0}} p_i c_{ir}. \quad (10)$$

Таким образом, в данной ситуации наиболее эффективно решать задачи ранга  $r^*$ , определяемого из приведенного условия. При решении трудоемких задач этому требованию легко удовлетворить. В самом деле, для достаточно широкого круга задач с большим объемом вычислений [15–18] могут быть составлены адаптирующиеся параллельные программы, которые могут настраиваться на любое число ЭМ, в частности, равное  $r^*$ .

**Модель 2.** В отличие от модели 1, здесь будем считать, что если вычислительная система находится в состоянии  $k \in E^*$ , то ВЦ может выделить  $i$  элементарных машин для решения задач,  $0 \leq i \leq k$ .

Рассматривается следующая трехходовая игра. Первый ход делает случайный механизм, который выбирает число  $k \in E^*$  с вероятностью  $p_k$ . Вычислительный центр, зная  $k$ , выставляет для решения  $i$  машин, где  $0 \leq i \leq k$  (2-й ход). Диспетчер, независимо от ВЦ, назначает задачу ранга  $r$  (3-й ход) и платит ВЦ  $c_{ir}$  денежных единиц ( $c_{ir}$  определяется только  $i$  и  $r$ , не зависит от  $p_k$ ).

Модель 2 позволяет организовать матричную игру, в которой информации о вероятностях состояний системы «скрыта» от диспетчера. Последнее достигается путем изменения платежей

$$\tilde{c}_{ir} = c_{ir} \sum_{k=1}^n p_k.$$

Итак, требуется для матрицы платежей  $\tilde{\mathbf{C}} = [\tilde{c}_{ir}]$ ,  $i, r \in E^*$  найти решение и цену  $V$  игры, где  $P^*$  и  $\Pi^*$  — оптимальные смешанные стратегии ВЦ и диспетчера, соответственно;  $V = P^* \tilde{\mathbf{C}} (\Pi^*)^T$ ,  $(\Pi^*)^T$  — транспонированный вектор  $\Pi^*$ ;  $p_k$  определяется формулой (6); в качестве  $c_{ij}$  используются либо элементы, рассчитываемые по формуле (7), либо элементы  $c_{ij}$  (8).

Для решения «теоретико-игровых» проблем организации функционирования большемасштабных распределенных ВС и суперВС (с массовым параллелизмом) эффективен параллельный алгоритм [21], основанный на композиции симплекс-метода и модифицированного метода Брауна-Робинсон [30].

## 2.18. Организация функционирования ВС и стохастическое программирование

Убедимся в плодотворности стохастического программирования [31] для мультипрограммирования. Пусть ВС состоит из  $N$  ЭМ, а  $L$  — число терминалов, воспринимающих поток задач. Под терминалом здесь понимается не только физическое устройство, предназначенное для загрузки программ, но и виртуальное устройство, формирующее поток задач. Такая постановка особенно актуальна, когда работа с ВС осуществляется через локальную сеть или Internet.

Каждая из задач, поступающих в систему, характеризуется рангом, т. е. числом ветвей в ее параллельной программе. Считается, что на каждый терминал поступает поток задач всевозможных рангов. Спросом на подсистемы ранга  $j$  с терминала  $l$  назовем величину  $a_{jl}$  выражющую количество подсистем, требующихся за некоторый промежуток времени  $T$  терминалу  $l$  для решения задач ранга  $j$ ,  $j \in \{1, 2, \dots, N\}$ ,  $l \in \{1, 2, \dots, L\}$ . Другими словами,  $a_{jl}$  — среднее число подсистем ранга  $j$ , которые могут быть загружены с терминала  $l$  за время  $T$ . Таким образом, для каждого терминала спрос на подсистемы различных рангов заранее неизвестен. Допустим, известно, что  $a_{jl}$  — случайная величина с плотностью распределения вероятностей  $p_{jl}(a)$ ; очевидно, что

$$\int_0^{\infty} p_{jl}(a)da = 1, j \in \{1, 2, \dots, N\}, l \in \{1, 2, \dots, L\}.$$

Полагаем, что разбиение ВС на подсистемы происходит в фиксированные моменты времени, причем  $T$  — интервал между разбиениями. Особенность такого подхода заключается в том, что для каждого промежутка времени  $T$  расчет разбиения производится только один раз, и считается, что в течение этого промежутка состав подсистем не меняется.

Пусть  $d_{jl}$  — цена эксплуатации подсистемы ранга  $j$ , а  $c_{jl}$  — стоимость ее формирования и обслуживания для терминала  $l$ ;  $y_{jl}$  и  $x_{jl}$  — количества подсистем ранга  $j$ , выделяемых терминалу  $l$  соответственно в обязательном порядке и дополнительно.

Ожидаемая прибыль от эксплуатации подсистем ранга  $j$  с терминала  $l$  определяется величиной

$$r_{jl}(x_{jl}) = (d_{jl} - c_{jl})(x_{jl} - y_{jl}) + d_{jl} \int_0^{x_{jl}} (x_{jl} - y_{jl} - a)p_{jl}(a)da,$$

причем  $x_{jl} = 0$  при  $j = \overline{n+1, N}$ .

Задача стохастической оптимизации функционирования ВС имеет вид:

$$\begin{aligned} & \max_{\{x_{jl}\}} r_{jl}(x_{jl}), \quad j = \overline{1, n}, l = \overline{1, L}; \\ & jx_{jl} \leq n, \quad n \leq N \leq \sum_{j=1}^n x_{jl}. \end{aligned}$$

Для решения поставленной задачи эффективен параллельный алгоритм, базирующийся на технике динамического программирования [29].

Таким образом, описанный стохастический инструментарий параллельного мультипрограммирования не трудоемок, он оптимизирует загрузку ресурсов ВС множеством задач, представленных параллельными программами с произвольными количествами ветвей, и может быть положен в основу распределенных операционных систем.

## 2.19. Практика вычислительных систем с программируемой структурой

Интерес к практической реализации ВС с программируемой структурой постоянно проявлялся начиная с 60-х годов XX века. Первоначально он поддерживался прежде всего необходимостью проверки теоретических основ построения ВС, необходимостью отработки архитектурных решений и функциональной структуры ВС, а также параллельных вычислительных технологий. Позднее возрастающую роль стал играть утилитарный компонент целей создания ВС, в 1970-х годах этот компонент стал превалировать над исследовательским. Последнее обосновывается потребностью в ВС, обладающих и высокой производительностью, и надежностью, и живучестью.

Работы по построению ВС, основанных на принципах модели коллектива вычислителей, были инициированы в ИМ СО АН СССР в 1964 г.; вскоре в институте было организовано и мини-производство ВС [32].

## 2.20. Вычислительная система «Минск-222»

Система «Минск-222» [15, 17] — первая в мире ВС с программируемой структурой. В проекте «Минск-222» были отработаны архитектурные, технические и программные решения, значительная часть из которых была «канонизирована» разработчиками не-фон-неймановских вычислительных средств.

Система «Минск-222» была разработана и построена Отделением вычислительной техники ИМ СО АН СССР совместно с Конструкторским бюро завода им. Г.К. Орджоникидзе Министерства радиопромышленности СССР (г. Минск). Руководитель работ по созданию ВС «Минск-222» — Э.В. Евреинов; основные разработчики: В.Г. Хоршевский, Б.А. Сидристый, Г.П. Лопато (1924 – 2001; чл.-корр. РАН с 1979 г.), А.Н. Василевский. Работы по проектированию ВС «Минск-222» были начаты в 1965 г., а первый ее образец был установлен в апреле 1966 г. в Институте математики АН БССР. Системы «Минск-222» были смонтированы в нескольких организациях Советского Союза (в частности, на плавбазе «Феликс Кон») и эксплуатировались более 15 лет.

*Архитектура ВС:*

- MIMD, распределенность ресурсов;
- параллелизм, однородность, программируемость структуры;
- одномерная (кольцевая) топология;
- масштабируемость: 1–16 элементарных машин;
- быстродействие:  $AN$ , где  $N$  — число ЭМ, — быстродействие одной ЭМ,  $A = 1$  (при крупноблочном распараллеливании сложных задач);
- использование промышленных ЭВМ второго поколения.

### **2.20.1. Элементарная машина ВС**

В системе «Минск-222» каждая ЭМ состояла из вычислительного модуля (ВМ) и системного устройства (СУ). В качестве ВМ были использованы конфигурации серийных ЭВМ «Минск-2» или «Минск-22», выпускавшиеся заводом им. Г.К. Орджоникидзе (г. Минск). Указанные ЭВМ имели одну и ту же двухадресную архитектуру, «Минск-22» в сравнении с «Минск-2» обладала магнитной памятью удвоенной емкости (8К 37-разрядных слов).

Обращаем внимание на то, что подход к построению параллельных ВС, ориентированный на применение серийных ЭВМ, был впервые применен в Сибирском отделении АН СССР [15], а не за рубежом (см., например, разработки 1970-х годов Университета Карнеги-Меллона [17], а также современные кластерные ВС).

В состав *системного устройства* (рис. 2.4) входили локальный коммутатор ( $\Lambda K$ ) каналов связи и блок операций системы (БОС). Коммутатор  $\Lambda K_i$  состоял из вентиляй, которые открывали или закрывали канал связи, идущий к соседней справа ЭМ, т. е. к коммутатору  $\Lambda K_j$ , где  $j = (i+1)\text{mod}N$ . Вентили управлялись сигналами, поступавшими из БОС.

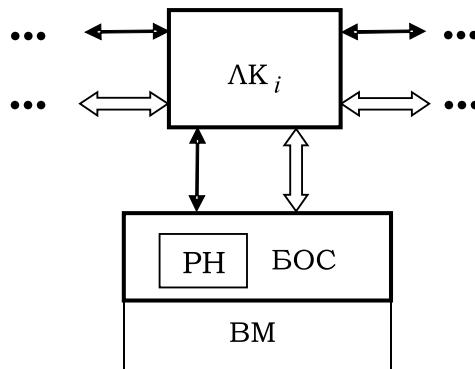


Рис. 2.4. ЭМ системы «Минск-222»:

↔ — рабочий канал, → — управляющий канал

Блок операций системы включал в себя регистр настройки (РН) и узел, реализующий системные команды. Содержимое РН определяло вид соединительной функции коммутатора и степень участия ЭМ при системных взаимодействиях. Регистр настройки состоял из трех разрядов:  $TR$ ,  $TQ$ ,  $T$ .

Триггер  $TR$  позволял разбивать систему на функционально изолированные подсистемы. Триггеры  $TQ$  и  $T$  конкретизировали степень участия машин в выполнении некоторых системных команд. В частности, триггеры  $T$  использовали выработки обобщенных признаков

$$k \underset{i \in E}{\&} k_i, k = 1, 2, 3,$$

где  $E$  — подмножество номеров машин, управлявших ходом вычислений (т. е. отмеченных единицей в разряде  $T$ ),  $E \subseteq \{0, 1, \dots, N-1\}$ ;  $k_i$  — признаки, вырабатываемые ЭМ с номером  $i$ .

Системное устройство было реализовано на 80 стандартных элементах и составляло менее 1,5 % объема оборудования устройств управления и арифметико-логического ЭВМ «Минск-22».

### 2.20.2. Системные команды ВС

К системным относятся команды, обеспечивающие организацию и реализацию параллельных вычислительных процессов, в частности, обменов управляющей информацией и данными между ветвями параллельной программы. Набор системных команд ВС «Минск-222» составляли команды *настройки*, обмена, обобщенных безусловного и условного переходов [15, 17]. Команды *настройки* позволяли программировать структуру ВС и задавать степень участия каждой ЭМ в реализации параллельных процессов.

*Команды обмена* — это команды передачи (П) и приема (ПР). По команде П передающая ЭМ выдавала в (предварительно настроенный) канал межмашинной связи определенное количество слов из своей памяти. При выполнении команды ПР машиной осуществлялся прием из канала заданного количества слов. Такой способ организации обменов информацией между машинами ВС подобен функционированию радио- и телепередающих систем. Он не зависит от числа ЭМ в системе и позволяет избежать трудностей с адресацией машин. Описанные команды межмашинного обмена информацией не требуют сложной аппаратурной поддержки, они адекватны большемасштабным и масштабируемым ВС.

*Команды обобщенного безусловного перехода (ОБП)* предназначались для принудительного управления работой ВС. Управляющая машина при выполнении ОБП засыпала в канал содержимое заданной ячейки своей памяти, которое воспринималось как команда только ЭМ, содержащими единицу в разрядах  $TQ$ -регистров настройки. Команды ОБП позволяли осуществлять инициирование работы ВС и ее загрузку данными из любой ЭМ, а также вмешиваться в параллельные вычислительные процессы и принудительно управлять работой подмножеств машин системы из любой ЭМ. В частности, при помощи команды ОБП из любой ЭМ можно было и инициировать программирование структуры ВС.

*Команды обобщенного условного перехода (ОУП)* и содержимое  $T$ -регистров настройки элементарных машин ВС позволяли управлять параллельными вычислительными процессами по значениям обобщенных признаков  $k$ . Одна из команд ОУП служила для синхронизации параллельных процессов (машин, выполняющих ветви параллельной программы).

По сути, эта команда позволяла реализовать *механизм синхронизации*, получивший позднее название «*Barrier*». Команды ОУП использовались, в частности, для организации ветвлений в параллельных вычислениях, для реализации параллельных циклов.

### **2.20.3. Программное обеспечение «Минск-222»**

В системе «Минск-22» программное обеспечение (ПО) было ориентировано лишь на реализацию в монопрограммном режиме параллельных программ (*P*-программ). Оно состояло из двух частей: *системы P-программирования* и *пакета прикладных адаптирующихся P-программ*. Система параллельного *P*-программирования включала средства автоматизации *P*-программирования, отладки, редактирования и анализа *P*-программ.

*Средства автоматизации P-программирования* — языки и трансляторы. В качестве входных в системе «Минск-222» использовались рас-

ширенные языки [17]: автокод АКИ, ЛЯПАС, ALGOL, BASIC. В расширенные языки были включены средства для описания взаимодействий между параллельными ветвями вычислений. Каждый транслятор для ВС состоял из двух частей: обычного транслятора для ЭВМ и системного блока для реализации межмашинных взаимодействий в ВС. Любой системный блок представлял собой совокупность программ для реализации операций настройки, обмена, ОБП и ОУП, которые были включены в библиотеки трансляторов. Системные блоки имели относительно небольшое количество команд. Так, отношение объема системного блока к общему для трансляторов с АКИ и ЛЯПАС не превышало 0.1, а для транслятора с ALGOL (ТАМ-2/22) — 0,025.

*Средства отладки и редактирования P-программ* — совокупность четырех программ. Первая программа преобразовывала отлаживаемую P-программу в последовательную и выявляла ошибки, не связанные с использованием системных команд.

Вторая программа служила для моделирования на одной машине выполнения Рпрограммы из двух ветвей. Всевозможные (допустимые и недопустимые) взаимодействия ветвей были представлены матрицей переходов к моделирующим или авостным подпрограммам. Эта же программа могла определять время простоев машин, время работы отдельных блоков P-программы и точность вычислений.

Третья программа позволяла вывести на печать заданное количество раз содержимое интересующих областей памяти перед выполнением команд обмена в процессе контрольной реализации параллельной программы на ВС «Минск-222».

Четвертая программа служила для корректировки P-программ.

*Средства анализа P-программ* были представлены тремя программами.

Первая программа служила для анализа распределения памяти между блоками исследуемой программы.

Вторая программа предназначалась для измерения времени простоев машин ВС.

Третья программа применялась для измерения времени работы участков P-программы.

*Пакеты прикладных адаптирующихся P-программ* были ориентированы на решение задач повышенной сложности. Параметры таких задач, как правило, не позволяли решать их на ЭВМ «Минск-22» за удовлетворительное время.

Из опыта создания ПО для системы «Минск-222» установлено, что его объем отличается от объема программного обеспечения ЭВМ «Минск-22» не более чем на 10 % .

#### **2.20.4. Опыт эксплуатации ВС «Минск-222»**

Полный набор схем обмена информацией между ветвями  $P$ -программ, как показала эксплуатация ВС «Минск-222», составляют: дифференцированный (ДО), трансляционный (ТО), трансляционно-циклический (ТЦО), конвейерно-параллельный (КПО) и коллекторный (КО) обмены.

При *трансляционном обмене* (современный термин «*One-to-all Broadcast*») осуществляется передача одной и той же информации из одной (любой) ветви одновременно во все остальные ветви  $P$ -программы.

*Трансляционно-циклический обмен* («*All-to-all Broadcast*») реализует трансляцию информации из каждой ветви во все остальные. Следовательно, если трансляционный обмен выполняется за 1 такт, то трансляционно-циклический — за  $N$  тактов.

*Конвейерно-параллельный обмен* обеспечивает передачу информации между соседними ветвями; он выполняется за два такта. Так, например, при четном  $N$  в первом такте осуществляется передача информации из ветвей  $P_1, P_3, \dots, P_{i-1}, \dots, P_{N-3}, P_{N-1}$  соответственно в ветви  $P_2, P_4, \dots, P_i, \dots, P_{N-2}, P_N$  во втором такте информация из последней последовательности ветвей поступает соответственно в ветви  $P_3, P_5, \dots, P_{i+1}, \dots, P_{N-1}, P_N$ .

*Коллекторный обмен* представляет собой инвертированный трансляционный обмен, в одну ветвь последовательно собирается информация из  $l < N$  ветвей. Такой обмен требует  $l$  тактов и реализуется как последовательность из  $l$  дифференцированных обменов.

Статистическая информация, отражающая частоту использования схем обмена при реализации крупноблочных параллельных алгоритмов или программ, представлена ниже:

Схема обмена	ДО	ТО	ТЦО	КПО	КО
Частота использования, %	2	17	40	34	7

Таким образом, коллективные схемы обмена информацией между ветвями параллельных алгоритмов или программ (именно ТО, ТЦО, КПО) составляют более 90 % от общего количества обменов. Это позволяет создавать высокоеффективные параллельные алгоритмы и обеспечивает одновременную работу всех ЭМ системы.

Было установлено, что при решении задач на ВС «Минск-222» системные команды в  $P$ -программах составляли, как правило, менее 10 % их общего объема. Следовательно, можно считать, что затраты при разработке параллельных и эквивалентных им последовательных программ имеют один и тот же порядок. Выявлено также, что для ВС «Минск-222»

доля затрат времени на системные взаимодействия (включая синхронизацию) составляет, как правило, несколько процентов, что является следствием применения методики крупноблочного распараллеливания задач. Кроме того, выяснилось, что за счет большей емкости оперативной памяти в системе «Минск-222» по сравнению с одной ЭВМ «Минск-22» и за счет быстродействия каналов связи, сравнимого с быстродействием ЭВМ при выполнении операций, получается дополнительный значительный выигрыш во времени решения задач на ВС.

Следует обратить особое внимание на «парадокс параллелизма» — нелинейный рост производительности ВС при повышении количества Н ЭМ (что противоречит якобы здравому смыслу). «Парадокс параллелизма» был впервые обнаружен при работе именно на системе «Минск-222» [17]. Реакцию на обнаруженный факт легко восстановить, если учесть, что в 1960-х годах существовало устойчивое мнение о невозможности создания параллельных средств обработки информации с большим количеством арифметико-логических устройств (АЛУ). Считалось и «доказывалось», что увеличение быстродействия ВС происходит только при наращивании количества АЛУ до 10, после чего наблюдается замедление, обусловленное накладными расходами на организацию совместной работы нескольких АЛУ. Да, все это было правильно, только неверными были концептуальные подходы к организации параллельных вычислительных систем.

Экспертные оценки показали, что сложность программирования для ВС «Минск-222» (по сравнению со сложностью программирования для одной ЭВМ «Минск-22») возрастает на 10...20 %, а при развитой библиотеке стандартных параллельных программ — на 5...10 %. Вычислительные системы «Минск-222» в течение многолетней эксплуатации в различных организациях СССР показали высокую эффективность при решении широкого круга задач.

Следует особо подчеркнуть, что архитектурные решения, реализованные в ВС «Минск-222», стали, по сути, каноническими. Схемы обмена информацией между ветвями Р-программ и рассмотренные в данном параграфе системные команды нашли отражение в современном инструментарии, используемом при построении распределенных и параллельных ВС. Так, в MPI (Message Passing Interface) — библиотеке функций, предназначеннной для поддержки параллельных процессов — применяются как дифференцированный (Point-to-point Communication), так и коллективные взаимодействия (Collective Communications). В табл. 4 приведены основные виды системных взаимодействий и реализующие их команды ВС «Минск-222» и функции MPI.

Таблица 2.4

Вид взаимодействия	Команды ВС «Минск-222»	Функции MPI
Дифференцированный обмен	<b>П, ПР</b>	<code>MPI_Send</code> , <code>MPI_Recv</code>
Трансляционный обмен	<b>П, ПР</b>	<code>MPI_Bcast</code>
Трансляционно-циклический обмен	<b>П, ПР,</b> $N$ итераций	<code>MPI_Alltoall</code> или <code>MPI_Allscatter</code>
Коллекторный обмен	<b>П, ПР,</b> $N - 1$ итерация	<code>MPI_Gather</code>
Синхронизация элементарных машин	<b>ОУП</b>	<code>MPI_Barrier</code>
Разбиение ВС на подсистемы	<b>Н</b>	<code>MPI_Comm_group</code> <code>MPI_Group_incl</code> <code>MPI_Comm_create</code> <code>MPI_Cart_create</code>

Полученный опыт по проектированию, математической и технической эксплуатации «Минск-222» был использован в последующих проектах вычислительных систем с программируемой структурой.

## 2.21. Вычислительные системы из мини-ЭВМ

Вычислительные системы, которые формировались из аппаратурно-программных средств мини-ЭВМ, относились к группе мини-ВС. Построение таких ВС было одной из основных мировых тенденций развития вычислительной техники 1970-х годов. Опыт эксплуатации показал, что при решении большого круга задач мини-ВС были более эффективны с точки зрения производительности, надежности, живучести и стоимости, чем одна или даже несколько больших ЭВМ третьего поколения.

Работы по созданию ВС из мини-машин достаточно интенсивно велись в США, однако общей концепции построения таких систем американские специалисты не выработали. Анализ проектов показывает, что использовались в основном три способа организации ВС:

- 1) системы с общей памятью;
- 2) ВС с общей шиной (или системой шин), к которой подключались процессоры, запоминающие и другие устройства;
- 3) системы, в которых машины взаимодействовали через общую группу устройств ввода-вывода информации. Как правило, системы не имели программируемой структуры и обладали ограниченными возможностями к наращиванию.

При создании мини-ВС в Советском Союзе за основу была взята концепция ВС с программируемой структурой. Архитектурные решения в области мини-ВС, опыт их проектирования, разработки системного и прикладного ПО нашли массовое применение только в конце XX века. Именно вычислительные кластеры являются, по существу, многопроцессорными или многомашинными ВС, конфигурируемыми из микропроцессоров или персональных ЭВМ (например, IBM PC). При этом следует отметить заметную архитектурную близость мини-ЭВМ и современных персональных компьютеров.

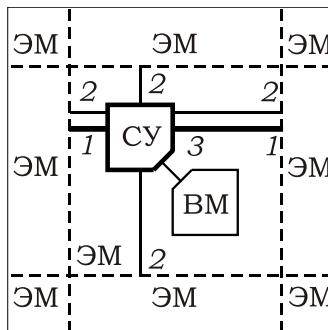
## 2.22. Вычислительная система МИНИМАКС

МИНИМАКС (МИНИМАшинная программно-Коммутируемая Система) создана ИМ СО АН СССР (Отделом вычислительных систем) и Научно-производственным объединением «Импульс» Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР (г. Северодонецк). Технический проект МИНИМАКС разработан в 1974 г., а опытно-промышленный образец системы был изготовлен и отработан в 1975 г.

*Архитектура системы:*

- MIMD;
- распределенность средств управления, обработки и памяти;
- параллелизм, однородность, модульность;
- программируемость структуры;
- двумерная (циркулянтная) топология;
- масштабируемость;
- живучесть;
- максимальное использование промышленных средств мини-ЭВМ.

*Функциональная структура мини-ВС МИНИМАКС* — композиция из произвольного количества элементарных машин и программно настраиваемой сети связей между ними. Взаимодействия между ЭМ в системе МИНИМАКС осуществлялись через сеть связей (рис. 2.5), которая формировалась из одномерных 1 и двумерных 2 полудуплексных каналов. Одномерные каналы связи 1 были управляющими; они служили для программирования соединений между ЭМ по каналам связи 2, а также для передачи между ЭМ управляющей информации, регламентирующей использование общих ресурсов (внешних устройств, сервисных программ, файлов и т. п.). Двумерные каналы связи 2 являлись рабочими; они применялись для следующих целей: реализации основных межмашинных взаимодействий, пересылки массивов данных между памятьями передающей ЭМ и одной или нескольких принимающих ЭМ,

**Рис. 2.5.** ЭМ мини-ВС МИНИМАКС

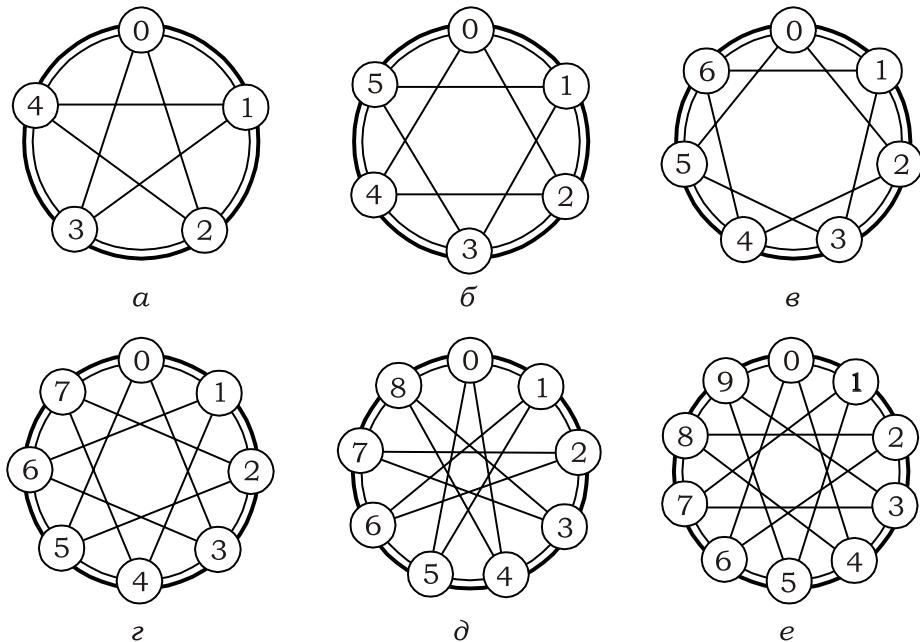
передачи адресов из одной ЭМ в другую и обмена логическими переменными между машинами.

Межмашинные взаимодействия при функционировании мини-ВС реализовывались с помощью специальных подпрограмм — *системных драйверов*, которые, в свою очередь, использовали специальные команды (занесение кода на регистр настройки, считывание его содержимого, занесение информации в СУ о начальном адресе передаваемого массива данных и т. п.).

Очевидно, что допускалось формирование конфигураций системы МИНИМАКС с торOIDальной структурой; для специальных областей применения использовались оптимальные  $D_2$ -графы (рис. 2.6).

В пределах мини-ВС МИНИМАКС допускалось формирование произвольного числа подсистем из любого количества ЭМ. Подсистему в мини-ВС составляли взаимодействовавшие друг с другом ЭМ вместе с машинами, которые использовались в качестве транзитных пунктов передачи информации. Каждая ЭМ мини-ВС могла входить только в одну из подсистем (ПС2), образованных по связям 2. Вместе с тем, она могла входить и в одну из подсистем (ПС1), образованных по связям 1. Машина, принадлежавшая подсистемам ПС1 и ПС2, не могла одновременно участвовать в нескольких взаимодействиях. Подсистемы ПС2 могли сохраняться в течение нескольких следующих друг за другом взаимодействий. Подсистемы ПС1 образовывались только на время одного взаимодействия и разрушались после его выполнения.

*Элементарная машина* МИНИМАКС — это композиция из ВМ и СУ (см. рис. 2.5). Структура ЭМ данной мини-ВС не была жестко заданной и определялась областью применения. Состав каждой ЭМ допускал варьирование; компоновка ЭМ проводилась по правилам, которые были приняты для агрегатных средств ВТ на микроэлектронной основе (ACBT-M) или для средств системы малых ЭВМ (СМ ЭВМ). В качестве ВМ могли быть использованы любые конфигурации ми-



**Рис. 2.6.** Оптимальные структуры мини-ВС МИНИМАКС,  $D_2$ -графы вида:  
а — {5; 1,2}; б — {6; 1,2}; в — {7; 1,2}; г — {8; 1,3}; д — {9; 1,4}; е — {10; 1,4}

ни-ЭВМ на базе процессоров М-6000, М-7000, СМ-1П. Архитектура системы МИНИМАКС была рассчитана также на применение мини-ЭВМ моделей HP 2114–2116 семейства Hewlett-Packard.

Системное устройство было спроектировано как автономное устройство АСВТ-М. Оно подключалось к ВМ через связи 3 (см. рис. 2.5). При выборе способа реализации связей 3 учитывались принципы построения АСВТ-М и следующие отсюда ограничения:

- целесообразность построения системного устройства в виде отдельного модуля;
- недопустимость изменений в схемах и конструкции процессоров АСВТ-М.

Программное обеспечение мини-ВС МИНИМАКС состояло из управляющей системы, средств Р-программирования, пакетов Р-программ и комплекса программ технического обслуживания.

## 2.23. Вычислительная система СУММА

В 1970-х годах для управления процессами в реальном времени широко применялись не только мини-машины, но и вычислительные сети и системы из мини-ЭВМ. В данном разделе описывается вторая отечественная мини-ВС: Система Управляющая Мини-Машинная (СУММА).

Система СУММА\* была разработана ИМ СО АН СССР (Отделом вычислительных систем) совместно с Производственным объединением «Кварц» Министерства электронной промышленности СССР (г. Калининград). Техническое проектирование мини-ВС было выполнено в 1975 г., опытно-промышленный образец был изготовлен и отработан в 1976 г.

Данная Мини-ВС, как и система МИНИМАКС, имела программируемую структуру и свои архитектурные особенности:

- $\Lambda(N, 3, g)$ -структуру;
- единый канал для управляющей и рабочей информации;
- аппаратурно-программную реализацию системных взаимодействий.

Функциональная структура мини-ВС СУММА характеризовалась большой гибкостью. Ее можно было легко расширять или сократить в соответствии с предъявляемыми требованиями. Принципиальные ограничения на структуру мини-ВС (количество ЭМ и порядок их соединения) не накладывались, однако при любой структуре каждая ЭМ могла взаимодействовать не более чем с тремя соседними машинами с помощью полудуплексных каналов (рис. 2.7). В мини-ВС была заложена возможность «программировать» адресацию ЭМ, в частности, система могла быть настроена на относительную адресацию ЭМ.

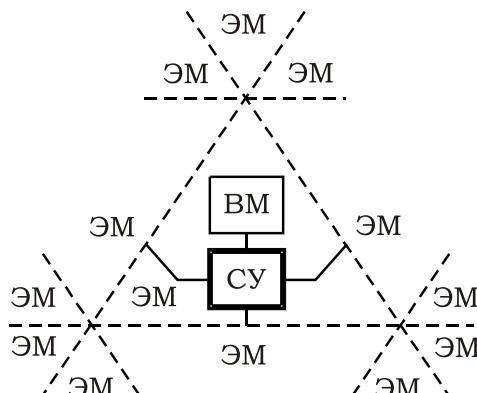


Рис. 2.7. ЭМ мини-ВС СУММА

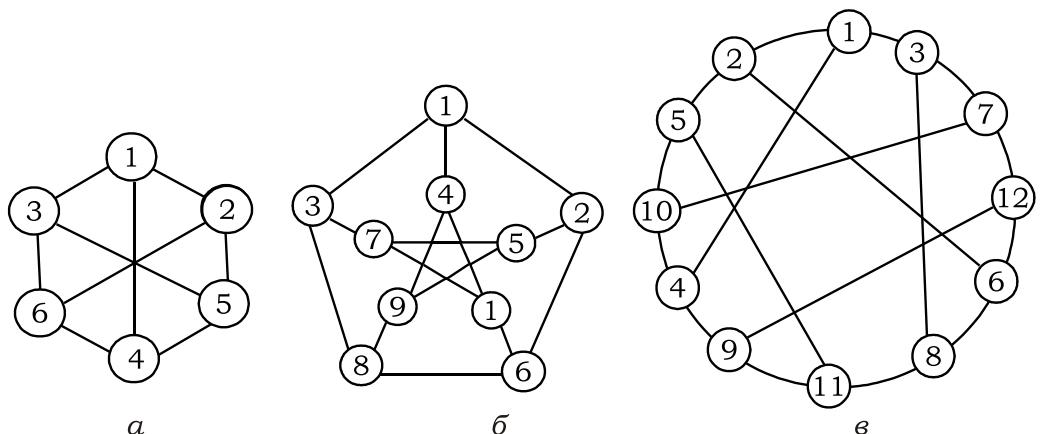
\* Непосредственными участниками проекта СУММА были аспиранты В.Г. Хоршевского: М.П. Желтов, генеральный директор ПО «Кварц», А.П. Еремин, главный инженер, В.П. Афанасьев, начальник лаборатории. В ПО «Кварц» планировалась реализация ВС «Электроника СС БИС-1», разрабатываемой под руководством В.А. Мельникова (1928–1993; академик АН СССР с 1981 г.). Именно в ПО «Кварц» произошло слияние интересов двух научных школ по достижению их главной цели — создать в СССР индустрию суперкомпьютеров.

Системы управления, на применение в которых была рассчитана мини-ВС СУММА, характеризуются стабильностью решаемых задач, нежесткими требованиями к реактивности на изменение операционной обстановки (преимущественно детерминированный поток запросов на обслуживание). Следовательно, в системах управления пере-программирование структуры мини-ВС требовалось выполнять редко и время обмена управляющей информацией в общем времени работы машин системы составляло незначительную часть. Эти факторы позволили ограничиться единым каналом для обмена управляющей (настроекной) информацией и данными между ЭМ мини-ВС.

Единый канал обмена управляющей и рабочей информацией между машинами системы СУММА вместе с программной реализацией некоторых функций позволили по сравнению с системой МИНИ-МАКС существенно упростить СУ (например, программными средствами в системе СУММА реализовывалась выработка обобщенного признака ).

Из-за использования для всех взаимодействий одних и тех же связей перепрограммирование структуры мини-ВС можно было осуществлять только в границах сформированных подсистем. Снятие границ образованной подсистемы производилось только «изнутри».

К системам управления предъявляются повышенные требования по живучести, следовательно, их вычислительные средства должны обладать структурной живучестью. Для формирования мини-ВС СУММА использовались оптимальные  $L(N, 3, g)$ -графы (рис. 2.8).



**Рис. 2.8.** Оптимальные структуры мини-ВС СУММА:  
а —  $L(6, 3, 4)$ ; б —  $L(10, 3, 5)$ ; в —  $L(12, 3, 5)$

Элементарная машина системы СУММА формировалась как «трехполюсник», или, точнее, композиция из ВМ и СУ, рассчитанного на три межмашинные связи (см. рис. 2.7).

Вычислительный модуль предназначался для выполнения всех операций, связанных с переработкой информации, в частности, для инициирования реализации системных операций. Системное устройство использовалось для реализации системных взаимодействий машин, в частности, для программирования структуры мини-ВС. В качестве ВМ использовали произвольные конфигурации мини-ЭВМ «Электроника-100И». Следует заметить, что архитектура системы СУММА была ориентирована также на применение мини-ЭВМ PDP-8 фирмы Digital Equipment Corp.

Программное обеспечение мини-ВС СУММА — проблемно-ориентированное. В его состав входили супервизор (являвшийся программой управления процессами в реальном масштабе времени), система Р-программирования (включающая макроассемблер MACRO8P), системы для автоматизированного управления технологическими процессами и комплекс программ технического обслуживания.

## **2.24. Вычислительные системы семейства МИКРОС**

Прогресс в индустрии обработки информации неразрывно связан с достижениями в области элементной базы и в интегральной технологии. В конце 1970-х годов мини-процессоры вытесняются микропроцессорами, на смену мини-ЭВМ пришли микроЭВМ; создаются параллельные ВС как коллективы микропроцессоров.

В начале 1980-х годов в Отделе вычислительных систем СО АН СССР инициируются работы по научно-исследовательскому проекту МИКРОС [33], целью которых было создание МИКРОПроцессорных Систем с программируемой структурой (МИКРОС). Результатом работ явилось семейство МИКРОС, включающее модели МИКРОС-1 (1986); МИКРОС-2 (1992); МИКРОС-Т (1996). Разработка моделей семейства МИКРОС осуществлялась в содружестве с подразделениями Научно-производственного объединения «Алмаз» и Научно-исследовательского института «Квант» Министерства радиопромышленности СССР (г. Москва).

### **2.24.1. Функциональная структура МИКРОС**

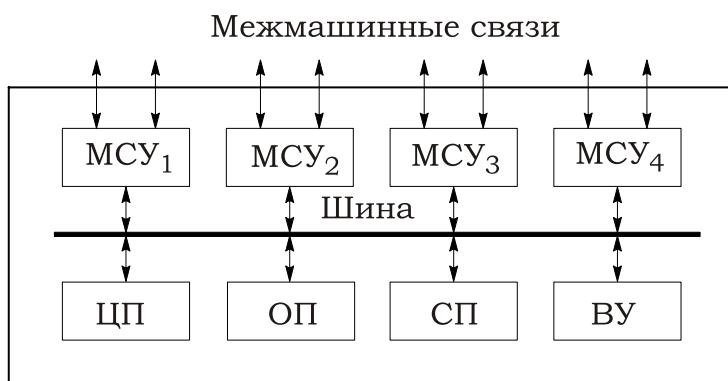
Возможности систем семейства МИКРОС определяются количеством ЭМ, входящих в их состав, конфигурациями ЭМ и топологией сетей межмашинных связей. Количество ЭМ в любой из моделей (МИКРОС-1, МИКРОС-2, МИКРОС-Т) не фиксировано. Каждая ЭМ —

это многополюсник, число полюсов в первых моделях систем составляло от 2 до 8, а в модели МИКРОС-Т = 4.

Каждая генерация ВС семейства МИКРОС адекватно учитывала текущие возможности вычислительной техники и интегральной технологии. Для формирования конфигураций ЭМ моделей МИКРОС-1 и МИКРОС-2 использовались средства микроЭВМ отечественного семейства «Электроника»; элементарная машина (рис. 2.9) представлялась композицией из модулей микроЭВМ и модулей системного устройства (МСУ).

Свойством масштабируемости обладали не только модели семейства МИКРОС, но и их ЭМ. Простейшая конфигурация ЭМ состоит из одного МСУ, центрального процессора (ЦП) и оперативной памяти (ОП). Модуль СУ обеспечивал реализацию системных операций в ВС и непосредственную связь данной ЭМ с двумя соседними машинами через полудуплексные каналы. Модуль СУ позволял использовать в качестве каналов различные средства, в частности, экранированные провода (при расстоянии между ЭМ до 30 м), либо радиочастотные кабели (если расстояние между ЭМ не превышало 300 м), либо коммутируемые или выделенные телефонные каналы связи (с использованием аппаратуры передачи данных независимо от расстояния между ЭМ). Заложенная в модуль СУ схема обеспечения связности машин была равно пригодна для формирования пространственно сосредоточенных и распределенных ВС.

В моделях ВС МИКРОС-1 и МИКРОС-2 в качестве базовых машин были использованы микроЭВМ «Электроника 60М» и «Электроника 60-1» соответственно. Расширенные конфигурации ЭМ (см. рис. 2.9) систем МИКРОС-1 и МИКРОС-2 могли иметь до четырех модулей СУ, специальный процессор (СП), дополнительные модули оперативной памяти, набор внешних устройств (ВУ). Специальные процессоры «Электроника МТ-70», или «Электроника 1603» расширяли вычислительные



**Рис. 2.9.** ЭМ систем МИКРОС-1 и МИКРОС-2

возможности ЦП при решении научно-технических задач, связанных с обработкой значительных массивов данных и с выполнением больших объемов однородных вычислений.

Модули системного устройства для системы МИКРОС-2 обладали большими функциональными возможностями, чем в системе МИКРОС-1. Их аппаратура, в частности, позволяла осуществлять:

- обработку входных/выходных запросов для межмашинных связей;
- анализ семафоров; формирование пакетов выходных сообщений;
- управление входными и выходными портами при выполнении системных команд;
- мультиадресные передачи информации;
- совмещение межмашинных обменов информацией с вычислениями.

Система МИКРОС-Т базируется на транспьютерных технологиях [34]. Такие технологии позволяют формировать двумерные ВС с массовым параллелизмом. Двумерные структуры ВС формируются путем отождествления полюсов-линков (Link — связь).

Простейшая конфигурация ЭМ представляется транспьютером (например, Inmos T805) с памятью, развитые конфигурации ЭМ могли включать в себя: коммуникационные транспьютеры и высокопроизводительные микропроцессоры — Intel 860 (компания Intel), PowerPC (альянс компаний IBM, Apple и Motorola), Alpha (компании DEC и Compaq) и другие. Для формирования ЭМ системы МИКРОС-Т могли быть использованы стандартные решения зарубежных и отечественных фирм-производителей транспьютерных модулей.

### ***2.24.2. Программное обеспечение МИКРОС***

Эффективная работа ВС и ее пользователей немыслима без ОС и среды параллельного программирования. Любая система семейства МИКРОС, как и ее ПО, были открыты к совершенствованию. Ряд моделей семейства ВС — МИКРОС-1, МИКРОС-2 и МИКРОС-Т — породил и соответствующий ряд генераций ПО [17]. .

В основу *операционной системы* МИКРОС положены следующие принципы:

- независимость от структуры ВС и от числа машин в ней;
- модульность построения;
- распределенность и децентрализованность модулей по машинам ВС;
- локальность связей между модулями;

- асинхронность взаимодействий модулей;
- развиваемость (изменяемость и пополняемость состава модулей, в частности, возможность замены программных модулей на аппаратурные);
- иерархичность построения: стратификация системы на уровни, каждый из которых строится на основе предыдущих и освобождает пользователя от специфических для уровня операций по погружению задачи в систему;
- преемственность с ОС базовых микропроцессорных средств (либо микроЭВМ «Электроника», либо транспьютеров, в зависимости от моделей семейства МИКРОС).

Все генерации ОС (МИКРОС-1, МИКРОС-2, МИКРОС-Т) являются распределенными и децентрализованными. Децентрализованная распределенная ОС МИКРОС способна функционировать в произвольной конфигурации ВС; ОС создает в каждой ЭМ «окружение», позволяющее осуществлять динамическую настройку адаптирующейся параллельной программы на существующую конфигурацию ВС (или подсистемы). Децентрализованные процедуры маршрутизации обеспечивают передачу сообщений между любыми ЭМ системы. Указанные свойства ОС МИКРОС являются основой для поддержки живучести ВС (и, следовательно, для организации отказоустойчивых вычислений).

В среде *программирования* МИКРОС имеются языки параллельного программирования *P-ФОРТРАН* и *P-С*. Эти языки построены путем расширения соответствующих традиционных языков FORTRAN и С примитивами организации межмашинных взаимодействий и примитивами оценки параметров подсистем, на которых исполняются параллельные программы. Первые позволяют организовать взаимодействия между любыми ветвями программы, вторые дают возможность использовать параметры подсистемы для адаптации программы к текущей конфигурации последней. Это свойство существенно с двух точек зрения: простоты организации параллельных вычислений и отказоустойчивости. Реализация данных примитивов основывается на средствах распределенной децентрализованной операционной системы МИКРОС.

### **2.24.3. Архитектурные свойства систем семейства МИКРОС**

Опишем архитектурные свойства ВС семейства МИКРОС.

*Класс архитектуры* любой модели ВС — это MIMD; допустима трансформация архитектуры MIMD в архитектуру MISD или SIMD путем программной перенастройки системы.

*Класс ВС* — система с программируемой структурой и с распределенным управлением.

*Характер пространственного размещения вычислительных ресурсов* — сосредоточенный или распределенный.

*Основная функционально-структурная единица вычислительных ресурсов* — элементарная машина.

*Функции ЭМ* — традиционные для ЭВМ функции по переработке информации плюс функции, связанные с управлением ВС в целом как коллектива (ансамбля) машин.

*Масштабируемость ВС* поддерживается аппаратурными средствами (системным устройством либо коммуникационным транспьютером) и программным обеспечением.

*Количество N элементарных машин* не фиксировано, что обеспечивает принципиально неограниченное наращивание производительности ВС.

*Виды структуры сети межмашинных связей* — произвольные (нерегулярные) графы;

*Рекомендуемые структуры ВС:*

- для сосредоточенных ВС: оптимальные  $D_n$ - и  $L(N, , g)$ -графы;
- для пространственно распределенных ВС: в условиях отсутствия жестких технико-экономических ограничений те же оптимальные структуры, что и для сосредоточенных систем; в противном случае — любые структуры реально существующих сетей передачи информации или сетей, обеспечивающих при заданных ограничениях связность вычислительных ресурсов.

*Наращиваемость* (масштабируемость) *размерности* структуры ВС — 1...8.

*Тип оперативной памяти* — распределенная и общедоступная.

*Аппаратурно-программная база системы:*

- для моделей МИКРОС-1 и МИКРОС-2 — средства микромашинной техники и спецпроцессоров семейства «Электроника»;
- для модели МИКРОС-Т — транспьютерные средства семейства Intmos T800 (компании SGS-Thomson) и средства высокопроизводительных микропроцессоров.

*Конфигурации ЭМ:*

- для моделей МИКРОС-1 или МИКРОС-2 — всевозможные допустимые комплексы на основе микроЭВМ «Электроника 60М» или «Электроника 60-1» (или совместимых с ними других микроЭВМ), которые могут иметь в своем составе, в частности, спецпроцессоры «Электроника МТ-70» и «Электроника 1603»;

— для модели МИКРОС-Т — либо один из транспьютеров T805 или T800 (простейшая конфигурация), либо транспьютер и один из высокопроизводительных микропроцессоров: Intel 860, PowerPC, Alpha и дополнительная оперативная память (расширенная конфигурация).

*Коммуникационные средства ЭМ для реализации функций управления системами:*

— МИКРОС-1 или МИКРОС-2 — модули СУ, выполненные на полных платах конструктивов для микроЭВМ «Электроника 60М» или «Электроника 60-1»;

— МИКРОС-Т — транспьютер Inmos T805 (или T800).

*Число коммуникационных средств в одной ЭМ в системах:*

— МИКРОС-1 или МИКРОС-2 — одно СУ в составе от одного до четырех модулей;

— МИКРОС-Т — один транспьютер Inmos T805 (или T800).

*Программное обеспечение ВС:*

— МИКРОС-1 или МИКРОС-2:

- распределенные децентрализованные ОС, являющиеся расширением ОС микроЭВМ «Электроника 60М» или «Электроника 60-1»;

- языки параллельного программирования P-FORTRAN и P-PASCAL, являющиеся языками семейства микроЭВМ «Электроника», дополненными средствами организации системных взаимодействий.

— МИКРОС-Т:

- распределенная децентрализованная ОС МИКРОС-Т;
- языки параллельного программирования P-FORTRAN и P-C.

*Режимы функционирования ВС:*

— монопрограммный, обеспечивающий решение сложной задачи, при котором все ресурсы ВС используются для реализации параллельных программ и обеспечения требуемого уровня надежности и живучести;

— мультипрограммные (обработка наборов и обслуживание потоков параллельных задач, разделение «времени и/или пространства» и другие), при которых для решения любой задачи или для обслуживания любого задания используется лишь часть ресурсов системы.

*Способы обработки данных в ВС:*

— распределенный (параллельный), когда однородно расчлененные данные и ветви параллельной программы их обработки рассредоточиваются по ЭМ;

— матричный, при котором программа вычислений размещается в одной или нескольких ЭМ, а данные (однородно) распределяются по всем ЭМ;

— конвейерный, когда сегментированная программа распределяется по машинам предварительно настроенного конвейера (или «кольца»

или «линейки») и обеспечивается последовательное «пропускание» данных через все ЭМ конвейера.

Рекомендуемая методика распараллеливания сложных задач — крупноблочное распараллеливание, позволяющее за счет минимизации затрат на межмашинные взаимодействия достичь линейной зависимости производительности ВС от числа ЭМ.

Требуемые уровни производительности, емкости памяти, надежности и живучести ВС достигаются путем подбора количества ЭМ и их состава, выбора структуры сети межмашинных связей, использования широких возможностей системных аппаратурно-программных средств по статической и динамической реконфигурации структуры и по варьированию состава системы.

*Области применения ВС:*

— традиционные сферы применения ЭВМ и векторных процессоров, в которых возросли требования по обеспечению производительности, емкости памяти, надежности и живучести и где целесообразно сохранить совместимость вычислительных средств;

— сферы применения, связанные с решением трудоемких задач, таких как сложные задачи физики, механики сплошной среды, аэrodинамики, баллистики, метеорологии, обработки изображений и речевых данных, задачи организации баз знаний, искусственного интеллекта;

— сложные большемасштабные системы, среди которых системы управления энергетическими установками, системы управления динамическими объектами и другие системы, характеризуемые высокой эффективностью, безотказностью, живучестью, развивающейся способностью, компактностью либо распределенностью своих ресурсов и т. п.

Таким образом, ВС семейства МИКРОС основываются на перспективных принципах обработки информации, строятся из аппаратурно-программных средств микропроцессорной техники, обладают гибкими возможностями по статической и динамической реконфигурации своих структур, позволяют достичь высокой производительности, надежности и живучести в широкой области применения.

Продолжением ряда ВС МИКРОС-1, МИКРОС-2 и МИКРОС-Т являются высокопроизводительные ВС с массовым параллелизмом семейства МВС.

*Опыт, приобретенный при создании мини-ВС и микропроцессорных систем, может быть положен в основу будущих разработок суперВС как ансамблей микропроцессоров, размещаемых на крупномасштабных полупроводниковых пластинах.*

## 2.25. Пространственно-распределенная мультиклusterная ВС

*Кластерные ВС* — параллельные средства обработки информации, интуитивная оценка архитектурных возможностей которых вытекает из семантики слова кластер (*Cluster* — группа). Такие системы получили широкое распространение уже в 1990 годах. В списке Top500 кластерные системы доминируют.

Термин «вычислительный кластер», по-видимому, был впервые введен DEC (Digital Equipment Corporation). По определению DEC, кластер — это группа компьютеров, которые связаны между собой и функционируют как единое средство обработки информации. Из приведенного определения видно, что корпорация DEC, по сути, ввела синоним термину «вычислительная система», а не особый тип средств обработки информации. Для создания кластерных ВС используются и MISD-, и SIMD-, и MIMD-архитектуры, различные функциональные структуры и конструктивные решения.

В наиболее общей трактовке *кластерная ВС*, или *кластер*, — это композиция множества вычислителей, сети связей между ними и программного обеспечения, предназначенная для параллельной обработки информации (в частности, реализации параллельных алгоритмов решения сложных задач). При формировании кластерной ВС могут быть использованы как стандартные промышленные компоненты, так и специально созданные средства. Однако в кластерных ВС, как правило, преvalируют массовые аппаратурно-программные средства. Последнее, по существу, является принципом конструирования кластерных ВС, обеспечивающим их высокую технико-экономическую эффективность.

Начало XXI века ознаменовалось созданием сосредоточенных мультиклusterных ВС (IBM RoadRunner состоит из 18 кластеров) и характеризуется переходом от «виртуальных метакомпьютеров» (использующих ресурсы нескольких суперкомпьютеров) к большемасштабным пространственно-распределенным мультиклusterным ВС как макроколлективам рассредоточенных кластеров, взаимодействующих между собой через локальные и глобальные сети (включая всемирную сеть Internet).

Объединенным коллективом Лаборатории вычислительных систем Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН и Центром параллельных вычислительных технологий Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ) создана масштабируемая GRID-модель — пространственно-распределенная мультиклusterная ВС.

Текущая терафлопсная конфигурация пространственно-распределенной ВС имеет в своем составе более 10 кластеров, расположенных в институтах СО РАН и СибГУТИ. Для формирования кластеров использовались, в частности, процессоры AMD Opteron и Intel Xeon (включая двух- и четырехъядерные). МультиклUSTERная ВС оснащена операционной системой GNU/Linux и специально разработанными подсистемами: мультипрограммирования, оптимизации вложения параллельных программ в ВС, анализа MPI-программ, самоконтроля и самодиагностики ВС, организации распределенной очереди задач, удаленного доступа и мониторинга ВС. В вычислительной системе имеются средства для разработки последовательных программ:

- компиляторы: GNU, Intel, Oracle, PathScale;
- библиотеки: GNU GSL, AMD ACML, Intel MKL;
- средства отладки и анализа;
- и параллельных программ:
- MPI: MPICH2, OpenMPI, Intel MPI;
- OpenMP: GCC, Oracle, Intel;
- средства отладки и анализа: Vampir/VampirTrace.

Пространственно-распределенная ВС используется не только в научных исследованиях, но и при подготовке специалистов в области GRID- и параллельных вычислительных технологий.

### **Литература**

1. Нейман Дж. фон. Теория самовоспроизводящихся автоматов: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Варшавского. М.: Мир, 1971. 382 с.
2. Сергей Алексеевич Лебедев. К 100-летию со дня рождения основоположника отечественной электронной вычислительной техники. М.: Физматлит, 2002. 440 с.
3. Мельников В.А., Митропольский Ю.И., Шнитман В.З. Архитектура высокопроизводительной вычислительной системы «Электроника СС БИС-1» // Программные продукты и системы. 1992. № 1.
4. Бурцев В.С. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ. М.: ИВВС РАН, 1997. 152 с.
5. Иванников В.П. Архитектура операционной системы суперЭВМ. М., 1984.
6. Томилин А.Н. Использование моделирования в анализе и разработке вычислительных систем // Труды Шестого международного семинара «Распределенная обработка информации». Под ред. В.Г. Хорошевского. Новосибирск: СО РАН, 1998. С. 273–277.

7. Каляев А.В. Однородные коммутационные регистровые структуры. – М.: Советское радио, 1978. 335 с.
8. Каляев А.В. Многопроцессорные системы с программируемой структурой. М.: Радио и связь, 1984. 240 с.
9. Каляев И.А., Левин И.И., Семерников Е.А., Шмойлов В.И. Реконфигурируемые мультиконвейерные вычислительные структуры. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2008. 320 с.
10. Поспелов Д.А. Введение в теорию вычислительных систем. М.: Советское радио, 1972. 280 с.
11. Евреинов Э.В., Прангисвили И.В. Цифровые автоматы с настраиваемой структурой (Однородные среды). М.: Энергия, 1974. 240 с.
12. Прангисвили И.В., Стецюра Г.Г. Микропроцессорные системы. М.: Наука, 1980.
13. Пухов Г.Е., Евдокимов В.Ф., Синьков М.В. Разрядно-аналоговые вычислительные системы. М.: Советское радио, 1978. 255 с.
14. Велихов Е.П. Об организации в Академии наук СССР работ по информатике, вычислительной технике и автоматизации // Вестник АН СССР. 1983. № 6. С. 24–38.
15. Евреинов Э.В., Хорошевский В.Г. Однородные вычислительные системы. Новосибирск: Наука, 1978. 320 с.
16. Хорошевский В.Г. Инженерный анализ функционирования вычислительных машин и систем. М.: Радио и связь, 1987. 256 с.
17. Хорошевский В.Г. Архитектура вычислительных систем. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 520 с.
18. Евреинов Э.В., Косарев Ю.Г. О возможности построения вычислительных систем высокой производительности. Новосибирск: СО АН СССР, 1962. 39 с.
19. Евреинов Э.В., Косарев Ю.Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. Новосибирск: Наука, 1966. 308 с.
20. Яненко Н.Н. Перспективы развития вычислительной математики на основе вычислительных систем // Препринт «ЭВМ. Перспективы и гипотезы». Новосибирск: ИТПМ СО АН СССР, 1981. № 46. С. 3–6.
21. Хорошевский В.Г. Модели функционирования большемасштабных распределенных вычислительных систем // Электросвязь. 2004. № 10. С. 30–34.
22. Монахов О.Г., Монахова Э.А. Исследование топологических свойств регулярных параметрически описываемых структур вычислительных систем // Автометрия. 2000. № 2. С. 70–82.

23. Хорошевский В.Г. Архитектурные концепции, анализ и организация функционирования вычислительных систем // Труды конференции «Моделирование-2008». Киев: ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины, 2008. Т.1. С. 15–24.
24. Хорошевский В.Г., Курносов М.Г. Алгоритмы распределения ветвей параллельных программ по процессорным ядрам вычислительных систем // Автометрия. 2008. № 2. С. 56–67.
25. Хорошевский В.Г., Курносов М.Г. Моделирование алгоритмов вложения параллельных программ в структуры распределенных вычислительных систем // Труды конференции «Моделирование-2008». Киев: ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины, 2008. Т. 2. С. 435–440.
26. Хорошевский В.Г., Седельников М.С. Эвристические алгоритмы распределения задач по машинам вычислительной системы // Автометрия. 2000. Т. 40. № 4. С. 76–87.
27. Хорошевский В.Г., Власюк В.В. Теоретико-игровой подход к организации стохастически оптимального функционирования распределенных вычислительных систем // Автометрия. 2000. № 4. С. 17–25.
28. Хорошевский В.Г., Мамойленко С.Н. Стратегии стохастически оптимального функционирования распределенных вычислительных систем // Автометрия. 2003. Т. 39. № 2. С. 81–91.
29. Хорошевский В.Г., Подаков М.Н. Поиск стохастически оптимального разбиения большемасштабных вычислительных систем // Автометрия. 2000. № 2. С. 52–59.
30. Дрешер М. Стратегические игры. Теория и приложения. М.: Сов. Радио, 1964. 352 с.
31. Хедли Дж. Нелинейное и динамическое программирование. М.: Мир, 1967. 506 с.
32. Хорошевский В.Г. Вычислительные системы с программируемой структурой // Международная научная конференция, посвященная 80-летию со дня рождения академика В.А. Мельникова. Сборник докладов. – М.: Научный Фонд «Первая исследовательская лаборатория имени академика В.А. Мельникова», 2009. С. 51–62.
33. Хорошевский В.Г. Вычислительная система МИКРОС // Препринт. Новосибирск: ИМ СО АН СССР, 1981. № 38 (ОВС-19). 52 с.
34. Транспьютеры. Архитектура и программное обеспечение / Под ред. Г. Харпа. М.: Радио и связь, 1993. 303 с.

## О РАЗВИТИИ КОНЦЕПЦИИ ОДНОРОДНЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ВЫСОКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

В 60-х годах прошлого века Э.В. Евреинов и Ю.Г. Косарев сформулировали концепцию развития вычислительной техники, изложенную ими в монографии «Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности», Новосибирск: Наука, 1966. Впервые на основе анализа физических ограничений развития микроэлектроники были четко сформулированы подходы к повышению производительности вычислительных систем, включая: увеличение тактовой частоты, рост числа одновременно (параллельно) функционирующих обрабатывающих устройств и программная настройка (программируемость) структуры — связей между обрабатывающими устройствами. Программируемость структуры при этом рассматривалась как средство достижения универсальности вычислительной установки, позволяющее получить высокую производительность при исполнении разных алгоритмов за счет программной реализации для этих алгоритмов специализированных вычислительных систем.

Под руководством Э.В. Евреинова в Институте математики СО АН СССР и нескольких других организациях выполнялись научно-исследовательские и даже опытно-конструкторские работы по практическому применению этой концепции. Так, на базе компьютеров «Минск-22» была построена вычислительная система «Минск-222», для которой разрабатывались параллельные программы и технология параллельного программирования. Были и другие экспериментальные проекты, например, построение трехмашинной однородной системы на пороговых элементах. Следует отметить, что в то время идеи Э.В. Евреинова разделяли далеко не все, что, в том числе, привело к его отъезду из Новосибирска. Дальнейшее развитие работы по параллельным вычислительным системам в Институте математики СО АН СССР получили в отделе вычислительных систем под руководством В.Г. Хорошевского, тогда

молодого кандидата наук, ученика Э.В. Евреинова. Под руководством В.Г. Хорошевского в отделе проводились исследования, в основном связанные с проблемами обеспечения масштабирования размеров

Корнеев Виктор Владимирович — д.т.н., профессор, зам. директора по научной работе ФГУП «НИИ «Квант», г. Москва

вычислительных систем, что позволило бы повышать их производительность, пропорционально суммарной производительности используемых в системе машин (процессоров). Результаты этих исследований изложены в большом количестве статей и обобщены в некоторых монографиях.

В монографиях [1, 2] исследовались стохастические модели функционирования ВС с целью определения надежности, коэффициента готовности, эффективности решения набора и потока задач, осуществимости решения задач как функции от количества машин в ВС и параметров решаемых задач. Эти исследования показали высокую потенциальную эффективность параллельных ВС при росте числа машин в них.

Предметом монографии [3] стало исследование решений по объединению микропроцессоров в вычислительные системы, обладающие свойствами масштабируемости (развиваемости) и открытости. Исходя из принципа близкодействия при взаимодействии машин ВС, введен класс масштабируемых распределенных коммутаторов, позволяющих устанавливать соединения с минимальным количеством транзитных передач между взаимодействующими машинами. Предложены универсальные и специальные путевые процедуры, позволяющие устанавливать пути передачи данных между машинами, исполняющими ветви одной параллельной программы. Разработаны децентрализованные алгоритмы построения подсистем, способных поддерживать исполнение параллельных программ на изменяемом, в том числе в результате отказов, оборудовании. Исследованы архитектурно-структурные проблемы построения ВС, и показано, что технология сверхбольших интегральных схем (СБИС) обуславливает построение параллельных ВС из серийных коммерчески доступных микропроцессоров. Осознание того факта, что на базе СБИС можно строить только параллельные ВС, привело к унификации архитектур ВС и развитию параллельного программирования на базе общепринятой парадигмы обмена сообщениями. Рассмотрены вопросы децентрализации процессов обработки данных и управления большими распределенными ВС, состоящими из совокупности локальных (клUSTERНЫХ) ВС.

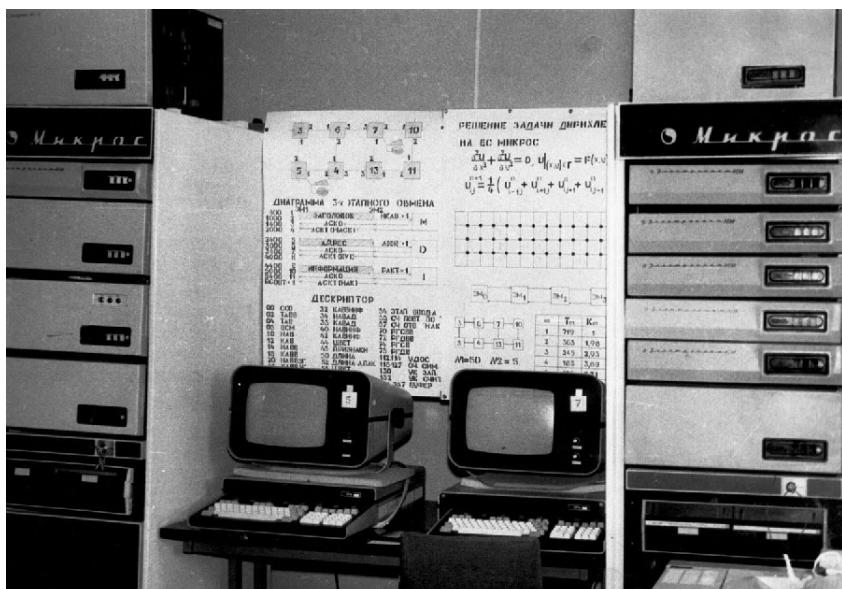
Хорошевский В.Г., как руководитель отдела, хорошо понимал необходимость создания экспериментальных систем, воплощающих достигнутые на момент их построения теоретические результаты. Так в отделе были построены системы МИНИМАКС (1972 г.), СУММА (1974 г.) [4], а также МИКРОС (1985 г.). Как установлено в акте Комиссии СО АН СССР под председательством академика А.С. Алексеева от 5 февраля 1986 г., «комиссии представлен макет вычислительной системы с программируемой структурой МИКРОС в совокупности с программным

обеспечением, состоящим из драйвера системного устройства, ядра операционной системы ЭМ, программ формирования подсистем, путевых процедур, интерпретатора языка управления заданиями и программ инициации ВС, а также библиотеки подпрограмм для параллельного программирования на языках MACRO-11С, ПАКАЛЬ-С, ФОРТРАН-С и демонстрационной параллельной программы решения двумерного уравнения Лапласа по явной схеме.

В результате испытаний макета комиссия пришла к следующим заключениям.

1. Представлен работоспособный макет ВС, состоящий из 8 микроЭВМ «Электроника-60М», объединенных посредством 12 системных устройств, и включающий в качестве периферии два накопителя на гибких магнитных дисках ГМД-7012, два дисплея 15 ИЭ-00-013 и печатающее устройство ROBOTRON 1156.

2. Разработанное оригинальное программное обеспечение работоспособно и дает возможность строить широкий спектр вычислительных средств от специализированных вычислительных систем до универсальных, совмещающих режимы функционирования сетей ЭВМ и высокоеффективного параллельного счета».



Вычислительная система МИКРОС, 1985 г. (ускорение решения на 2, 3, 4 машинах соответственно 1,98, 2,93, 3,89)

Успешная демонстрация возможностей вычислительной системы МИКРОС по решению ряда задач математической физики привела к разработке академиком Н.Н. Яненко проекта построения на ее основе «цифровой аэродинамической трубы». Создание такой системы планировалось на базе однокристального процессора с архитектурой DEC PDP-11, выпуск которого в то время только что был начат предприятием микроэлектроники «Ангстрем». Однако осуществление этого плана прекратилось после смерти Н.Н. Яненко.

При непосредственном участии В.Г. Хорошевского были организованы выступления сотрудников отдела на всесоюзных и международных конференциях и выпускались сборники трудов, посвященные проблеме высокопроизводительных вычислений. Не следует переоценивать понимание важности параллельных вычислений у всех участников этих конференций. Было достаточно скептических рассуждений о «падении» производительности при росте параллелизма, которые были связаны с неадекватным пониманием природы параллельного программирования. Следует отметить, что почти всеобщая надежда на получение доказательства некоторой теоремы о существовании параллельных алгоритмов и на возможность автоматического создания таких программ за более чем 50-летнюю практику параллельного программирования не оправдалась и не привела к чему-то принципиально более продвинутому, по сравнению с подходами, развитыми в отделе вычислительных систем. Подавляющее большинство параллельных программ сейчас создаются на базе явного программирования пересылок данных между параллельно выполняемыми ветвями.

Сегодня компьютерная индустрия успешно осваивает вычислительные системы из многоядерных процессорных кристаллов, создавая на их основе весь спектр применений от высокопроизводительных суперкомпьютеров, состоящих из миллионов кристаллов, до мобильных устройств.

1. Хорошевский В.Г., Евреинов Э.В. Однородные вычислительные системы. Новосибирск: Наука. 1978. 319 с.
2. Хорошевский В.Г. Инженерный анализ функционирования вычислительных машин и систем. М.: Радио и связь. 1987. 256 с.
3. Корнеев В.В. Архитектура вычислительных систем с программируемой структурой. Новосибирск: Наука. 1985. 168 с.
4. Димитриев Ю.К., Хорошевский В.Г. Вычислительные системы из миниЭВМ. М.: Радио и связь. 1982. 304 с.

## О ХОРОШЕВСКОМ В.Г.

Практически вся моя трудовая жизнь была связана с Виктором Гавриловичем. Заведующий лабораторией вычислительных систем Института математики СО АН СССР, он принимал меня на работу, был руководителем моей дипломной работы и кандидатской диссертации, консультантом по докторской диссертации, соавтором многих статей. Его отличительной особенностью всегда была высокая самоорганизация, педантичность в работе, тактичность при обсуждении полученных результатов, непоколебимая вера в перспективность развития вычислительных систем как ведущего направления среди высокопроизводительных средств вычислительной техники.

В.Г. Хорошевский был учеником и продолжателем работ Эдуарда Владимировича Евреинова, который сформулировал концепцию однородных вычислительных сред, и являлся непосредственным руководителем этими работами в 60-е годы в Институте математики СО АН СССР. К началу 70-х годов, когда «среда» окончательно трансформировалась в «систему», в рамках однородных вычислительных систем (ОВС) была сформулирована концепция ВС с программированной структурой.

С 70-х годов теоретическими и проектными работами в СО АН СССР по ОВС с программируемой структурой руководил Хорошевский В.Г. Это было естественно, так как Виктор Гаврилович, будучи радиофизиком, владел математикой, автоматикой, проектировал вычислительные системы. Трудность создания инженерной теории для руководителя состоит в постоянном тренинге своего коллектива, с целью опережения развития объекта этой теории. Это тем более важно в такой индустрии, как быстродействующие вычислительные средства. Виктор Гаврилович с этим хорошоправлялся. Развитие теории шло по трем направлениям: 1) организация функционирования ВС — динамические и стохастические оптимизационные модели; 2) надежность и осуществимость решения задач — теория надежности, теория массового обслуживания и случайных процессов, теория игр, имитационное моделирование; 3) архитектура (структура сети связи) ВС — абстрактная алгебра, теория графов. Широко известны успехи, достигнутые в архитектуре и проектировании ВС с программируемой структурой. Как со-

Павский Валерий Алексеевич — д.т.н., профессор, заведующий Кафедрой высшей математики ФГБОУ ВПО «КемТИПП», г. Кемерово

трудник лаборатории, а в дальнейшем — заведующий кафедрой высшей математики, я занимался развитием теории вычислительных систем, в основном, надежностью и осуществимостью решения задач (основы этого направления были заложены В.Г. Хорошевским). Под его руководством были получены новые результаты, имеющие определенное значение не только для теории ВС, но и для теорий надежности и массового обслуживания.

После появления первых быстродействующих ЭВМ с середины 20-го века (1 млн и более операций с плавающей запятой в секунду) стали возникать споры о неэффективности аналитических решений. Поскольку с развитием техники математические модели становятся сложнее, а аналитические решения либо труднообозримы, либо не существуют, то проще и точнее для исследования модели использовать численные методы. На самом деле это не совсем так. Дело в том, что применение численных методов менее продуктивно, поскольку здесь математика используется как инструмент исследования (например, как прибор для измерения той или иной постоянной), а не как метод исследования, чем является формула. Виктор Гаврилович всегда считал, что аналитическое решение, если оно существует, предпочтительнее. Если формула труднообозрима, то всегда можно найти ее эффективную оценку. Таким образом, эффективность модели можно оценивать формулами, удобными в инженерных расчетах.

Последние годы Виктор Гаврилович занимался исследованием большемасштабных и масштабируемых распределенных ВС. Коллективом лаборатории разработаны нетрудоемкие средства вложения параллельных программ в пространственно-распределенные кластерные ВС, получены аналитические решения для расчета показателей надежности и осуществимости решения задач в основных режимах функционирования ВС и другие. Приведу результаты, полученные в последнее время в области надежности, масштабируемых распределенных вычислительных систем.

Использование колоссальных потенциальных возможностей современных ВС, безусловно, определяется их живучестью, производительностью и способами организации функционирования. Особую актуальность приобретает анализ именно потенциальных возможностей ВС, поскольку оптимистический прогноз на сегодня, как показывает опыт, в ближайшее время становится нормой.

Рассматриваются распределенные, масштабируемые вычислительные системы с резервом, состоящие из десятков и сотен тысяч вычислительных узлов, которые считаются основной причиной отказов. Поддержку производительности ВС осуществляет резерв. Если он пуст, то

считается, что ВС находится в режиме низкой производительности. Если узел вышел из строя, то он попадает в восстанавливающую систему и ждет восстановления (под восстанавливающей системой и восстановлением понимается или ремонт, или замена, или автоматическая настройка дублирующего узла, или какой-либо другой способ восстановления рабочего ресурса). Требуется провести анализ эффективности функционирования ВС.

Была разработана стохастическая модель функционирования ВС. В качестве базовых рассматривались вероятности ее состояний, для которых составлена система дифференциальных уравнений. Получено аналитическое решение этой системы в переходном и стационарном режимах функционирования ВС. На основе полученных вероятностей введены и рассчитаны показатели эффективности. В рамках построенной модели, найдена функция распределения времени нахождения ВС в состоянии низкой производительности. Приведены числовые расчеты, отражающие современное состояние надежности узлов ВС. Формализация модели основана на методах теории массового обслуживания и случайных процессов. Подобные модели почти не рассматриваются в теории массового обслуживания, поскольку не все состояния обеспечены параметрами. В нашем случае это состояние ожидания восстановления. Проблема решается средствами, недоступными для модели. Введение в модель фиксированной вероятности либо параметра усложняет систему уравнений, аналитическое решение которой в переходном режиме получить не представляется возможным. Кстати, имитационное моделирование предложенной модели показало хорошее согласование результатов при описании отказов узлов распределением Вейбулла формы 1 — экспоненциальное распределение, в нашем случае, и формы 0,78 — по данным статистики отказов 20 действующих ВС (приведенных в иностранных источниках, в которых показано, что описание отказов узлов формы 0,78 наилучшее). Это позволяет считать использование в моделях экспоненциального распределения по-прежнему эффективным.

Для меня Виктор Гаврилович навсегда останется талантливым ученым, товарищем, посвятившим свою жизнь науке, семье, просто человеком, всегда готовым прийти на помощь друзьям.

## ВЗГЛЯД НА ИСТОРИЮ ИНФОРМАТИКИ В ИНСТИТУТЕ МАТЕМАТИКИ

Предыстория. Информатика, которая проникла сейчас во все области науки, техники и быта, возникла в Сибирском отделении с самого его начала. Один из создателей СО АН СССР Сергей Львович Соболев включил в структуру своего Института математики отделение вычислительной техники и вычислительный центр. Для руководства этими отделениями С.Л. Соболев пригласил двух молодых кандидатов технических наук Эдуарда Владимировича Евреинова и Юрия Гавриловича Косарева. Они работали в Москве в одном из НИИ, назовем его НИИ Криптографии.

В самом начале холодной войны в СССР решением Политбюро ЦК ВКП(б) были выделены три важнейших области исследований и разработок в интересах обороны. Два из них хорошо известны — это атомный проект во главе с И.В. Курчатовым и ракетный проект во главе с С.П. Королевым. Курировал эти направления Л.П. Берия. Третье, менее известное публике, направление было связано с криптографией: методы и техника кодирования нашей информации и декодирования информации противника. Это направление было оставлено в прямом подчинении ЦК, курировал его секретарь ЦК Г.М. Маленков. Институты и КБ этого направления имели те же материальные, административные и финансовые возможности, что и первые два направления. В частности, в нескольких ведущих вузах, в том числе и в МГУ, были созданы специальные группы, собранные из лучших студентов, которых обучали по программе, ориентированной на задачи криптографии.

Важнейшее достижение этого направления было связано с успешной разработкой специализированной вычислительной машины, которая оказалась в состоянии расшифровывать коды дипломатической радиопереписки посольств всех ведущих стран. По мнению специалистов этих стран, уровень лучших машин того времени был явно ниже то-

го, который требовался для декодирования их переписки. Неожиданный и неизвестный им прорыв наши специалисты сделали благодаря применению принципа распараллеливания вычислений. Предложил и раз-

Загоруйко Николай Григорьевич — д.т.н., заведующий лабораторией анализа данных Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН, г. Новосибирск

работывал идею параллельности, в основном, Э.В. Евреинов. Значимость полученного результата для государства была столь велика, что когда была учреждена Ленинская премия, то премия № 1 (1957 г.) была присуждена специалистам именно этого направления, в том числе и Э.В. Евреинову.

После смерти И.В. Сталина третье направление было передано под управление Л.П. Берия. Начатые работы над высокопроизводительной машиной гражданского назначения стали тормозиться. Только благодаря тому, что в этой работе участвовал сын всесильного секретаря ЦК М.А. Суслова, удалось довести до конца лишь слабый ее вариант — ЭВМ «Весна». Сотрудники НИИ криптографии, занимавшиеся перспективными разработками в области вычислительной техники, стали искать более благоприятные условия для продолжения своих работ.

Среди научных консультантов НИИ криптографии был академик С.А. Лебедев, который работал заместителем директора Института точной механики и вычислительной техники АН СССР, директором которого был М.А. Лаврентьев. Когда началась работа по созданию Сибирского отделения АН СССР, в котором С.Л. Соболев стал организатором Института математики, то при обсуждении вопроса о делах, связанных с вычислительной техникой, С.А. Лебедев предложил пригласить в институт Э.В. Евреинова и Ю.Г. Косарева. С.А. Лебедев хорошо знал их работы. Он был оппонентом по их кандидатским диссертациям. Свою рекомендацию он аргументировал так: «Слабейший из этих двух сильнее сильнейшего из всех моих». Э.В. Евреинов и Ю.Г. Косарев согласились с предложением С.Л. Соболева и, после сложного процесса ухода из НИИ криптографии, в 1960 г. поехали в Новосибирск. Перед отъездом из Москвы Ю.Г. Косарев вместе с женой Валентиной Захаровой пошли на строительную выставку около Киевского вокзала, где был представлен макет будущего Академгородка, и выбрали себе тот дом, в котором они благополучно прожили все эти годы.

**История первых 10 лет.** Ю.Г. Косарев руководил созданием институтского ВЦ. Первая машина — ламповая М-20 — занимала правое крыло первого этажа строящегося здания Института геологии. Машина делала 20 тысяч операций в секунду и имела оперативную ферритовую память из 4096 48-и разрядных чисел. Главный вход в здание еще строился, и первые пользователи с перфокартами в карманах забирались в машинный зал через окно по доскам с поперечными перекладинами.

Посмотреть на чудо техники приходило много разных людей. Помню, однажды наш заместитель директора по хозчасти взял за руку одного гостя и повел его в подвал со словами: «Пойдемте, я покажу вам главное». А в подвале гудели могучие вентиляторы, которые по трубам

охлаждали шкафы с ячейками ЭВМ. Это лучше ассоциировалось с понятием «машина».

Среди гостей бывали президент Финляндии Урхо Кекконен, композитор Д.Д. Шостакович и многие другие. Был и Н.С. Хрущев, который посмотрел на длинный ряд шкафов с лампами и цветными проводами, послушал объяснения и шутя сказал одному из сопровождавших «Ну ты, наверное, все понял, объяснишь мне потом». Справедливости ради надо сказать, что Н.С. Хрущев сделал очень много для быстрого развития электроники и вычислительной техники в нашей стране. При нем был построен Центр микроэлектроники в подмосковном Зеленограде и создана первая в мире полупроводниковая мини-ЭВМ УМ-1, прообраз будущих персональных компьютеров. Дальнейшее развитие «этых хрущевских штучек» былопущено на самотек с появлением Л.И. Брежнева.

Кроме сотрудников Института математики, машиной начали пользоваться сотрудники и других институтов. Наш институт ставил одной из своих задач пропаганду вычислительной техники среди научных работников и работников промышленных предприятий Новосибирска. С этой целью были организованы курсы программистов, которые в 1961 и 1962 годах окончили более 200 человек. Сотрудники института читали лекции о возможностях применения ЭВМ в управлении предприятиями. Одним из наиболее активных пропагандистов, как теперь бы мы назвали, информатизации производства был И.М. Бобко. На заводы Новосибирска и других городов выезжали группы сотрудников института для знакомства с возможными областями применения математических методов и ЭВМ.

После посещения нашей делегацией Института систем энергетики (тогда он назывался Сибирский энергетический институт — СЭИ) СО АН в г. Иркутске академик Мелентьев Л.А. принял решение создать в своем институте вычислительный центр. Его возглавил наш сотрудник Миренков А.П., который затем стал заместителем директора, а впоследствии — и директором СЭИ СО РАН.

Очень плодотворными оказались контакты с заводом им. Чкалова. На нас большое впечатление произвел плазовый цех завода. Оказалось, что для разработки программы для станка с программным управлением нужно указать точные значения координат точек поверхности обрабатываемых деталей. Основой для построения профиля служил макет самолета в масштабе 1:50, с поверхности которого снимались размеры разных сечений. Затем в огромном зале на бетонном полу рисовались профили несущих конструкций самолета в натуральную величину. Естественно, что рисунок содержал погрешности. Для их устранения в точках профиля устанавливались тяжелые держатели, на которых

крепилась многометровая стальная линейка. Если на профиле были отклонения от гладкой кривой, то это можно было видеть по локальным бликам линейки. Перемещая подставки, проектировщик добивался устранения этих бликов, после чего измерялись и вводились в программу уточненные координаты точек профиля. Нам стало ясно, что задачу сглаживания профиля можно формализовать и решать на машине, исключив из процесса подготовки производства сложный и длительный этап плазового сглаживания.

Из этой задачи выросло научное направление, связанное с использованием сплайн-функций, которое успешно развивалось под руководством Ю.С. Завьялова. Совместно с заводскими специалистами эта задача была доведена до промышленного внедрения и помогала нашему авиазаводу занимать передовые позиции в технологии авиастроения. Помимо автоматизации проектирования в авиастроении методы сплайн-функций стали использоваться для проектирования сложных профилей лопаток гидротурбин на Ленинградском металлическом заводе. Оказались полезными эти методы в автомобильной промышленности, а затем и в швейной — для проектирования манекенов, на которых примеряются проектируемые изделия.

Довелось нам поучаствовать и в деле, которое оказало некоторое влияние на политику правительства по отношению к вычислительной технике. В 1962 году в Академгородок приехал секретарь ЦК ВЛКСМ Ю. Торсуев. Он интересовался тем, как молодые ученые участвуют в развитии науки. Посетил он и наш институт. Тем более, что наш сотрудник Ю.И. Журавлев был в то время председателем Совета молодых ученых СССР. Довольно долго Ю. Торсуев беседовал с Э.В. Евреиновым, который рассказывал и о наших работах, и о большом отставании советской вычислительной техники от американской. Под впечатлением от услышанного, Ю. Торсуев предложил: «Изложите все это в справке, и мы попытаемся обратить внимание Правительства на эту проблему».

Вскоре в ЦК ВЛКСМ была собрана группа молодых специалистов из Новосибирска, Москвы, Ленинграда и Киева, которая в течение недели сочиняла справку о состоянии ВТ в СССР и мире. От Новосибирска в эту группу входил Ю.И. Журавлев, работник Обкома комсомола Ю.А. Михеев и я. Киев представлял В.С. Михалевич, который позже стал академиком Украинской академии наук и директором Института кибернетики им. В.М. Глушкова. Из Ленинграда был В. Кошкин, а из Москвы — И.В. Прангишвили, ставший потом академиком АН Грузинской ССР и директором Института проблем управления им. В.А. Трапезникова. Справка была изложена на 20 страницах. Много времени уходило на проверку фактов и цифр, указания ссылок на источники

информации и на формулировку выводов и рекомендаций. Материал оказался таким острым, что в конце работы один из ее авторов в шутку предложил: «А давайте мы подпишем справку не в конце текста, а в начале, после слов «Дорогой Никита Сергеевич!»

Кроме справки, была написана краткая двухстраничная выжимка из нее: нам объяснили, что высокое начальство 20 страниц читать не станет, а две прочитает. Первый секретарь ЦК ВЛКСМ С. Павлов попросил еще для себя совсем короткую шпаргалку на полстраницы, чтобы при докладе Хрущеву чего-нибудь не забыть и не перепутать. В этой шпаргалке мы изложили суть проблемы без всякой дипломатии: мы отстаем катастрофически и чем дальше, тем больше; Академия наук практически отстриналась от развития ВТ, передав эту проблему промышленным министерствам, которые ориентируются на повторение и закупку устаревающих американских машин.

С. Павлов с этими бумагами пошел к Хрущеву. Тот послушал рассказ Павлова, прочитал нашу справку, приказал срочно собрать Политбюро с приглашением Президента Академии М.С. Кедыша и министров электронных министерств. С. Павлов по растерянности отдал Хрущеву все бумаги, в том числе и краткую шпаргалку, и Хрущев начал заседание с того, что зачитал ее присутствующим. Попытка министров усомниться в правильности приведенных цифр и фактов успеха не имела. Хрущев устроил им «форменный разнос» и приказал принять срочные меры.

Правительство поручило заняться этой проблемой заместителю Премьера Ю. Рудневу, который возглавлял Государственный комитет по науке и технике. Он пригласил нас и выслушал наши предложения. В результате было принято постановление Правительства, в котором кроме призывов «усилить», «обратить особое внимание» были и некоторые конструктивные меры, связанные с дополнительным финансированием министерств. В ГКНТ был создан отдел вычислительной техники, возглавить который было поручено нашему земляку Ю.А. Михееву. К сожалению, волна, поднятая нами, слегка покачала верхние слои правления и вскоре затухла, оставив в сохранности тенденцию нашего ускоряющегося отставания.

Между тем, круг пользователей нашего институтского ВЦ быстро расширялся и вскоре это отделение института преобразовали в самостоятельное научное учреждение — Вычислительный центр СО АН. Его возглавил молодой и энергичный член-корреспондент АН СССР Гурий Иванович Марчук. Под его руководством, а затем его учеников, ВЦ СО АН вырос в сильный академический институт в области вычислительной математики, математической геофизики, информационных систем и других компьютерных наук. В годы реконструкции СО АН СССР

из этого института были сформированы Институт вычислительной математики и математической геофизики, Институт систем информатики и Институт вычислительных технологий.

В первые же годы становления СО АН вычислительная техника стала появляться и в других институтах Академгородка, прежде всего в Институте ядерной физики. Затем компьютерная тематика стала развиваться в Институте катализа, куда перешла группа наших специалистов, в Институте автоматики и электрометрии и в других институтах. В каждом из них развивались свои направления информатики. Мне уместно рассказывать о тех направлениях, которые изучались в Институте математики.

Отделение вычислительной техники (ОВТ) возглавлял к.т.н. Э.В. Евреинов. Перед ОВТ была поставлена задача разработки новых принципов построения ЭВМ. Исследовались три фундаментальных принципа построения вычислительных средств — параллельность процессов, однородность физической структуры и перестраиваемость архитектуры. В 1962 году была опубликована работа Э.В. Евреинова и Ю.Г. Косарева «О возможности построения вычислительных систем высокой производительности», в которой впервые были сформулированы эти принципы и намечена программа их исследования. В 1966 году эти же авторы опубликовали монографию «Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности». В ней изложены методы построения многомашинных однородных вычислительных систем (ОВС), основанных на параллельности выполнения операций, программируемости структуры, конструктивной и программной однородности.

Идеал, казалось, близкого будущего состоял в следующем. Элементарной ячейкой вычислительной среды должен быть универсальный элемент, который может выполнять логические функции, функции элемента памяти и функции соединительного провода. На любую из этих функций ячейка настраивается внешним сигналом. Множество логических элементов образует логическую среду. Настройка части ячеек на функцию памяти делает эту среду автоматной. Настройка части ячеек на функцию коммутации делает среду вычислительной.

Ячейки располагаются в узлах правильной  $n$ -мерной решетки и взаимодействуют со своими ближайшими соседями. Сигналами настройки в этой среде создается вычислительная система любой заданной структуры: формируется необходимое количество параллельно работающих процессоров, создается требуемый объем памяти. В зависимости от особенностей решаемой задачи или даже отдельных ее этапов, ресурс среды можно оперативно перестраивать, изменяя число процессоров или объем памяти.

Чтобы реализовать эту идею, требовалось создать универсальные элементы с очень малым потреблением энергии и очень малыми размерами. Прогресс в микроэлектронике внушал надежды на их появление в будущем. Было большое желание поучаствовать в ускорении этого прогресса. С этой целью в Институте математики несколько десятков молодых научных сотрудников и инженеров стали заниматься технологией производства микроэлектронных элементов и схем. Как ни удивительно это звучит, но первые в СССР пленочные микросхемы, на основе тонкопленочных полевых транзисторов, не уступавшие по своим характеристикам лучшим мировым образцам, в Новосибирске были получены в Институте математики, в ОВТ. За 1960–1964 гг. там была создана современная по тем временам физико-технологическая база, с исключительно высокой вакуумной культурой. К этим работам проявляли постоянное внимание академики С.Л. Соболев, М.А. Лаврентьев, В.М. Глушков, которые неоднократно бывали в группе Э.Г. Косцова, где создавалась новая элементная база, в 1964 году к ним приходил и М.В. Келдыш\*.

Разработанная в ОВТ технология создания микросхем была передана, с заключением соответствующего договора в НЭВИ, п.я. 55, где был полностью воспроизведен цикл создания микросхемы, включая тонкопленочный полевой транзистор.

Позже, после того как промышленность освоила эту технологию, стало ясно, что соревноваться с электронными НИИ и КБ в области «железа» Институту математики бессмысленно, и работы физико-технологического направления стали сворачиваться, перемещаясь в новый Институт физики полупроводников.

Основное внимание коллектива ОВТ было направлено на разработку теории вычислительных систем и сред, теории параллельного программирования, а также на разработку методов решения различных новых задач на ЭВМ. В этих направлениях из молодых коллективов выросло несколько известных научных школ.

Можно отметить работы в области однородных вычислительных систем, по отношению к которым было много предубеждений. Было неясно, например, какие задачи поддаются эффективному распараллеливанию. Чтобы разобраться в этом, Ю.Г. Косарев, кроме известных ему задач криптографии, изучил широкий класс задач, трудоемкость которых требовала больших вычислительных мощностей. Это были задачи из области экономики, физики, космической техники и другие. В своей докторской работе он показал, что задачи, которые не поддаются рас-

\* Косцов Э.Г. *Становление микроэлектроники в Новосибирске. Очерк // Проблемы информатики, 2014, № 1.*

параллелизации, как правило, по своей трудоемкости могут решаться и на последовательных машинах. А все те задачи, для которых мощности последовательных машин недостаточны, легко распараллеливаются. Было показано, что на неалгоритмические операции, связанные с обменами между машинами, затрачиваются единицы процентов вычислительных мощностей многомашинной системы. Этим был развеян миф о быстрой потере эффективности системы при увеличении числа машин в ней. Еще одно предостережение состояло в опасении высокой трудности распараллеливания задачи.

Чтобы показать, что создание многомашинных систем возможно уже на базе имевшихся тогда машин, в 1965 году под руководством Ю.Г. Косарева и В.Г. Хорошевского была построена и испытана первая в стране вычислительная система ВС «Минск-222», которая состояла из двух машин «Минск-22», расположенных в Новосибирске, и одной в Москве. Система подтвердила ожидаемые характеристики. Проводились эксперименты и с исследовательскими системами, имевшими кольцевую топологию и grid-топологию.

Одной из актуальных задач в области космической техники была задача быстрой перекачки информации со спутников на наземные приемные устройства. Оперативная память принимающей машины быстро заполнялась, и требовалась пауза для перекачки этой информации в другие накопители. Минскому Институту вычислительных машин с участием наших сотрудников удалось разработать базовую машину, и система из таких машин позволила решить эту задачу. Созданная ими система параллельно работающих однородных машин была установлена в космическом центре в Крыму и успешно использовалась для связи со спутниками.

Велись разработки и в области вычислительных сред. Исследовались принципы программной организации в средах структур с различной топологией. Этим занимались коллективы В.А Скоробогатова и О.Л. Бандман.

Работы института в области вычислительных систем и сред получили широкую известность. В 1965 году в Академгородке прошла первая Все-союзная конференция по вычислительным системам и средам. В ней принимали участие такие ведущие специалисты СССР в области вычислительной техники, как К. Бурцев, А. Каляев, И. Прангишвили и другие.

О работах института в области вычислительных систем было известно и за рубежом. Один из сотрудников СО РАН, побывавший в Рэнд Корпорэйшн, с удивлением рассказывал, что в числе первых вопросов к нему был такой: «А что сейчас разрабатывает Евреинов?». Приезжавший в Москву один из разработчиков вычислительного комплекса американ-

ской системы противоракетной обороны Safeguard проф. А. Слотник сказал, что он знаком с работами Э.В. Евреинова и Ю.Г. Косарева. Полушутя-полусерьезно он сказал: «Я даже стал изучать русский язык, чтобы читать эти работы». Однажды в редакционный отдел института зашел человек и купил все имевшиеся там работы по вычислительным системам. Уходя, он вручил сотрудникам свою визитную карточку. Оказалось, что это был работник посольства США, что сильно взволновало сотрудниц РИО и некоторых других сотрудников.

А в нашей стране к тому времени был взят четкий курс на развитие вычислительной техники путем копирования американских образцов. Отечественная машина БЭСМ-6 была последним конкурентоспособным изделием нашей промышленности. Дальше началось победное шествие фирмы IBM на нашем рынке. Машины знаменитого «Ряда» окончательно поставили нас на позиции отстающих. Пробиться в нашу промышленность с новой идеей, перпендикулярной Ряду, было невозможно. Это создавало проблемы в понимании необходимости развития в нашей стране новых направлений в области вычислительной техники.

Неоднозначным (как сейчас говорят) было отношение к этим работам и в нашем институте. Ситуацию усугубляло и то, что большой по масштабам института коллектив отделения вычислительной техники, в котором под руководством двух докторов и нескольких кандидатов технических наук занимались чем-то, близким к технике, нарушал структурную гармонию Института математики. И в одной из многочисленных реорганизаций института в 1972 г. было принято решение оставить в ИМ СО АН только те лаборатории, которые занимались методами решения задач. А те лаборатории, тематика которых была направлена на развитие вычислительных средств и программирования, передать в другие институты.

Э.В. Евреинов вернулся в Москву. Лаборатория В.Г. Хорошевского перешла в Институт физики полупроводников СО РАН, где очень успешно развивала и развивает направление многопроцессорных вычислительных систем высокой производительности. Получены фундаментальные результаты по проблемам живучести систем при выходе из строя отдельных машин системы. Признанием высокого уровня этих исследований явилось избрание В.Г. Хорошевского членом-корреспондентом РАН. Под руководством В.Г. Хорошевского создана кафедра параллельных систем в СибГУТИ.

Лаборатория вычислительных сред под руководством д.т.н. О.Л. Бандман продолжила исследование однородных вычислительных структур (моделей мелкозернистого параллелизма) в Вычислительном центре СО РАН. Исследования по теории универсальных клеточных структур, вы-

полненные в этой лаборатории, позволили выявить структуры, пригодные для построения новых поколений спецпроцессоров высокой производительности, в том числе и трехмерных (многослойных).

В Институте автоматики и электрометрии СО РАН группа д.ф.-м.н. Э.Г. Косцова, который вместе с В.Л. Дятловым проводил пионерские исследования в области пленочной микромеханики, ведет успешную разработку проблем нанотехнологии. Профессор Миренков Н.Н. выступает на международных конференциях с докладами о параллельном программировании в качестве представителя Японии.

Этап разработок перспективных средств вычислительной техники в ИМ СО РАН закончился. Можно услышать разные оценки результатов этих разработок. Мне кажется, что объективная оценка научных результатов должна зависеть от ответа на вопросы об их значимости, новизне для своего времени и перспективности. Ответы на эти вопросы в нашем случае очевидны.

О значении разработки новых направлений развития вычислительной техники сейчас спорить не приходится.

Что касается новизны, то результаты исследований в области однородных систем и сред были настолько новыми, что поначалу многие считали их беспочвенными фантазиями. Миллиарды операций в секунду? Но свет за одну миллиардную долю секунды проходит всего 30 см. Вы надеетесь поместить большое число элементов в таком малом объеме? Но энергия переключения растет, как третья степень частоты, и ваш кубик испарится сразу же после включения. Системы из тысяч машин? Сколько ДнепроГЭСов вам потребуется для питания таких систем? И т.д., и т.п.

Перспективность проведенных исследований подтверждена всеми последующими событиями. Современное развитие вычислительных средств идет по пути создания систем из большого числа параллельно работающих машин. И архитектур, которые способны заменить это направление, пока не видно. Идея создания многомерных однородных вычислительных сред еще больше обогнала свое время. Современная технология пока не в состоянии решить эту задачу в полном объеме. Но реализуемость этой идеи уже не вызывает сомнения.

Так что ответы на поставленные вопросы утвердительны: идеи и результаты были новыми, направление важнейшим, развитие вычислительной техники во всем мире идет и еще долго будет идти по пути развития параллелизма вычислений, однородности структуры и настраиваемости архитектуры вычислительных средств.

Мне кажется, что Институт математики СО РАН вправе гордиться этой страницей своей биографии.

**Продолжение истории.** После реорганизации в институте продолжили свою работу коллективы, связанные с численными методами решения различных прикладных задач. Отдел под руководством Ю.С. Завьялова занимался развитием теории сплайн функций и методов их приложения в машиностроении. Сейчас это направление продолжает успешно развиваться в лаборатории численных методов математического анализа под руководством д.ф.-м.н. Фадеева С.И. и Мирошниченко В.Л. Здесь продолжается взаимно полезное сотрудничество с заводом им. Чкалова и Металлическим заводом в Санкт-Петербурге. Кроме того, численные методы анализа стали успешно применяться для исследования биологических объектов, в частности, генных сетей.

Лаборатория, которой довелось руководить мне, называлась «Лабораторией внешних устройств». Первые ЭВМ были слепо-, глухонемыми. Они могли общаться с пользователями, только шупая отверстия в перфокартах. Ставилась задача расширить контактные возможности ЭВМ, для чего надо было научить машину читать тексты и понимать человеческую речь. Развитие методов решения таких задач стало основой для появления научного направления «Распознавание образов». Оказалось, что методы распознавания воспроизводят основные процессы взаимодействия человека с внешним миром. Ориентируясь в среде, человек постоянно занимается классификацией объектов и явлений, формирует их образы, сравнивает каждый новый объект с известными ему объектами или образами, запоминает отличительные характеристики одних объектов от других, по одним характеристикам прогнозирует другие и т. д. Поэтому неудивительно, что методы распознавания образов стали применяться в самых различных прикладных областях и ими начали заниматься сотрудники разных институтов. Активную группу распознавателей в Институте геологии и геофизики возглавлял Юрий Александрович Воронин. Он был ярким пропагандистом математических методов в естественно-научных областях, и прежде всего в геологии и медицине. В ВЦ СО АН, куда перешел работать Ю.А. Воронин, задачами распознавания занимается В.П. Пяткин. В СО АН был создан и долгое время работал Научный совет по проблеме «Распознавания образов», которым по очереди руководили мы с Ю.А. Ворониным. Сибирский семинар по этой проблеме помнится многим ветеранам-распознавателям острыми обсуждениями трудных вопросов распознавания, которые стоят на грани математики, психологии и философии. Ю.А. Воронин придавал незабываемый колорит этим семинарам своей неукротимой энергией, острыми репликами, оценками удач и неудач типа «бред сивой кобылы», «гарантии — на Ваганьковском кладбище» и т.д.

Наша лаборатория занималась разработкой методов распознавания и решением прикладных задач в области речевых технологий, в гидро-

акустике, в экономике, медицине и в других направлениях. В области распознавания и синтеза речевых сигналов мы были одним из лидирующих коллективов СССР. Процессы восприятия и понимания речи изучают психологи, физиологи, лингвисты, акустики, инженеры и математики. Для объединения усилий этих специалистов в 1965 году была создана Всесоюзная школа-семинар по проблеме «Автоматическое распознавание слуховых образов» (АРСО). За период с 1965 по 1992 годы АРСО собиралась в разных города Советского Союза 17 раз. Мне довелось быть постоянным председателем программного комитета АРСО. В первые один-два «школьных» дня слушались учебные и обзорные лекции, которые читали представители разных научных направлений. Затем на семинарской части участники АРСО делали доклады о результатах своих работ. В заключение составлялся перечень наиболее актуальных задач, который служил хорошим ориентиром молодым ученым для выбора направлений исследований.

В отличие от больших конференций с разноплановой тематикой, на которую каждый раз собираются новые люди, АРСО сохраняла высокую стабильность состава основных участников. «АРСОшники» хорошо знали друг друга, что исключало возможность недобросовестной рекламы сомнительных результатов. По-существу, АРСО играла роль неформального, но эффективно работающего Всесоюзного центра по координации исследований в области речевых технологий. Очень жаль, что с распадом СССР прекратило свое существование и это уникальное научно-организационное явление.

Занятие проблемой распознавания привело к осознанию того, что центральная математическая проблема этого направления, как и более общего направления «Искусственный интеллект», состоит в автоматизации процесса обнаружения закономерностей, скрытых в массивах данных. Этой проблемой мы занимаемся и до сих пор. Данные, которые приходится сейчас анализировать, часто обладают особенностями, не позволяющими использовать классические подходы. Их объемы измеряются гигабайтами и терабайтами, объекты описываются разнотипными и разномодальными признаками, количество объектов может быть на порядки меньше количества признаков, в данных имеются пробелы. Попытки преодоления возникающих трудностей привели к появлению направления, которое на западе называют Data Mining, а у нас — «Когнитивным анализом данных». На этом направлении выросло восемь докторов и более 30 кандидатов наук. Хорошая творческая атмосфера в институте, дипломники, магистранты и аспиранты НГУ поддерживают рабочий тонус. Жизнь продолжается...

---

---

### **III. НАУЧНАЯ ШКОЛА. ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

---

---

---

---

*В.К. Трофимов*

## **ВОСПОМИНАНИЯ О ВИКТОРЕ ГАВРИЛОВИЧЕ ХОРОШЕВСКОМ**

Когда хочешь поделиться своими воспоминаниями о великом человеке, невольно ловишь себя на мысли, что все они, как бы ни хотелось, получаются воспоминаниями о твоей жизни и твоей близости к этому человеку.

В студенческие годы мы, студенты математического факультета НГУ, начиная с третьего курса, распределялись по кафедрам университета, выбирая себе научного руководителя. Заведующие кафедрами и руководители подразделений институтов Сибирского отделения АН СССР представляли своих сотрудников и тематику своих подразделений. Запомнилось выступление профессора Э.В. Евреинова, который рассказал о работе своего отдела, где создавались мини-ЭВМ. На том собрании я впервые услышал фамилию Хорошевский.

После окончания университета и двухгодичной службы в армии я был принят на работу в Институт математики СО РАН. Во время посещений различных семинаров и лекций, разговоров старших товарищей, волей-неволей складывался некий кругозор о работе всего института. Оказалось, что в отделе вычислительной техники работает В.Г. Хорошевский, о котором я когда-то уже слышал, и коллектив отдела принимает активное участие в создании и производстве машин серии «Минск».

Намного позднее мне стало известно, что именно В.Г. Хорошевский и его сотрудники внесли основополагающий вклад в эти работы.

Институт математики нельзя было удивить ранними защитами диссертаций, в том числе и докторских. Однако два отдела института, отдел кибернетики и отдел вычислительной техники, несколько отставали по этим показателям. И вот осенью 1973 г. на очередном собрании прозвучало, что сотрудником отдела вычислительной техники Виктором Гавриловичем Хорошевским защищена докторская диссертация. Произошел прорыв и в отделах, занимающихся прикладными исследованиями. После этих событий я на некоторое время потерял из вида Виктора Гавриловича. Нет, я по-прежнему встречал его в стенах Института, но не знал ни круг его на-

*Трофимов Виктор Куприянович —  
д.т.н., профессор, декан факультета  
информатики и вычислительной тех-  
ники Сибирского государственного  
университета телекоммуникаций и  
информатики, г. Новосибирск*

учных интересов, ни, тем более, о прикладных исследованиях, которыми он занимался.

В 1980 г. я перешел работать из Института математики в Новосибирский электротехнический институт связи (НЭИС). При устройстве на работу меня пригласил на беседу проректор по научной работе Э.А. Демин, который ввел меня в круг задач, интересных для института. Он сказал мне, что в институте работают три доктора из Академии наук, в частности на кафедре вычислительной техники работает профессор В.Г. Хорошевский.

Обычно совместители были мало заметны, но это не относилось к Виктору Гавриловичу. Он вел огромную работу, не только научную, но и общественную. Он был членом Ученого совета НЭИС, членом центрального правления Всесоюзного научно-технического общества им. А.С. Попова, членом редколлегии издательства «Радио и связь». Были у него и другие общественные нагрузки, но я выделил основные.

В начале 80-х годов в НЭИС был создан первый в истории вуза Совет по защите диссертаций с правом присвоения ученой степени кандидата наук, естественно, что его активным членом был Виктор Гаврилович.

Для развития Института много сил приложил избранный в 1989 г. ректором НЭИС профессор В.П. Бакалов. Это при нем наш институт стал академией, а затем университетом. В начале 90-х годов по стране прокатилась волна создания общественных академий. Не обошел стороной этот процесс и наш вуз. В декабре 1993 г. в нашем институте состоялось учредительное собрание Сибирского отделения Международной академии информатизации. Активными строителями этого образования выступили В.П. Бакалов, И.М. Бобко, Н.Б. Суторихин, В.Г. Хорошевский. Именно этим людям мы обязаны тем, что в Сибирском отделении МАИ превалирующими были научные, а не коммерческие интересы. Начиная с создания СО МАИ у нас с Виктором Гавриловичем установились теплые дружеские отношения.

Развивая университет, В.П. Бакалов создал в 1995 г. факультет «Информатики и вычислительной техники», мне поручили возглавить его. На факультете была только одна специальность — «программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем», соответствующая названию факультета. В 1998 г. Виктор Гаврилович выступил с идеей открытия новой специальности — «вычислительные машины, комплексы, системы и сети». Мы приступили к созданию учебного плана по этой специальности, и тогда я в полной мере осознал, с каким ученым, человеком, товарищем мне посчастливилось работать.

Начнем с того, что мы оба с ним прекрасно понимали, что план для открытия специальности и план для обучения — это два разных плана.

В процессе работы над планом В.Г. Хорошевский по каждому из технических предметов делал набросок содержания и устанавливал его связь с остальными предметами, сразу прикидывая, кто может читать этот курс. Забегая вперед, скажу, что в результате этой работы мы сделали план, по которому и открыли специальность, и учили первый набор. В дальнейшем я это пытался осуществлять и при открытии других направлений.

При подготовке к открытию специальности мы столкнулись с некоторыми сложностями, которые первоначально не могли предвидеть. Например, по инструкции для открытия специальности должна быть выпускающая кафедра, а с другой стороны — для создания выпускающей кафедры должны быть студенты, обучающиеся по этой специальности. Только пробивная сила Виктора Гавриловича помогла нам преодолеть это, казалось бы, непреодолимое препятствие. В 1999 г., за год до открытия специальности, у нас в СибГУТИ появилась кафедра ВС. Появились и первые сотрудники кафедры: К.В. Павский, С.Н. Мамойленко, Ю.С. Майданов. Были привлечены к работе известные ученые: чл.-корр., д.ф.-м.н., профессор В.Д. Мазуров; лауреат Государственной премии СССР д.ф.-м.н., профессор А.Д. Рычков и другие.

Само открытие специальности прошло как-то чересчур легко. На первом этапе мы проходили УМО в МФТУ им. Н.Э. Баумана. Беседовали с председателем УМО по нашей специальности — Смеловым П.А. Смелов упомянул несколько фамилий, являющихся корифеями по этой специальности. И тут оказалось, что со всеми из них Виктор Гаврилович не только знаком, но и ведет научную работу. У одних он защищался, другим помогал в защите либо участвовал в защите, третьи — его друзья по жизни, с которыми в Москве он встречался накануне. Далее беседа плавно перешла в научную плоскость, где и Смелову, и Виктору Гавриловичу было что сказать.

Второй этап, после одобрения УМО — Министерство образования. При открытии специальности нужно было собрать порядка десяти подписей. Первые несколько подписей мы собирали в кабинетах, в которых сидело по несколько сотрудников. Я должен сказать, что отношение к нам было самое радушное. Всякий бюрократический документ обычному человеку составить без ошибок практически невозможно. Были и в наших документах ошибки, но если другим бумаги возвращались, то нас слегка журили и подписывали.

Запомнилась последняя подпись у зам. министра. Референт, ознакомившись с нашими документами, составила проект приказа, показала нам его, зашла к своему шефу и вернулась с подписанным приказом, вручив нам его копию.

Итак, в 2000 г. у нас состоялся первый набор по специальности «вычислительные машины, комплексы, системы и сети».

2000 год был щедр на события. Именно в этом году Российская академия наук признала научные заслуги Виктора Гавриловича, и он был избран членом-корреспондентом РАН.

Многогранность его научного и педагогического талантов подтверждается также тем, что в 2002 г. был открыт Центр параллельных вычислительных технологий при СибГУТИ. Открытие новой структуры позволило преподавателям нести новые знания в студенческую среду.

Одной из самых значимых черт Виктора Гавриловича была открытость и желание поделиться всем тем, что он имеет и знает, с теми, кто хотел и был готов принять его помошь. В силу этого он болезненно переживал предательство, но и в этом случае, если человек нуждался в его помощи, он не отказывал.

У Виктора Гавриловича большая научная школа. Мне наиболее тесно приходилось общаться с его учениками, которые прошли через кафедру «вычислительные системы».



Сырямкин В.И., Хорошевский В.Г., Трофимов В.К., Тарабенко Ф.П., Томск, ТГУ, 2010 г.

Он мог часами говорить о том, чем его порадовали ученики, но никогда не говорил, чем огорчили. Первыми защитили кандидатские диссертации на кафедре С.Н. Мамойленко и К.В. Павский. Среди его учеников отмечу также М.Г. Курносова, А.Ю. Полякова, А.В. Ефимова, А.А. Пазникова. Все они в настоящий момент составляют «костяк» кафедры и, на мой взгляд, служат украшением не только факультета, но и университета.

Болезнь как-то незаметно подкралась к Виктору Гавриловичу, и все мы не ожидали, что все так плохо. Но и во время болезни он постоянно был в гуще событий. Примерно за два месяца до смерти Виктор Гаврилович пригласил меня к себе и стал говорить о своих учениках. В тот момент мне показалось, что он начал побеждать свой недуг, но это, скорее всего, была его сила воли и нежелание перекладывать на чужие плечи свои страдания. В этом разговоре он сказал, что в его школе выросли три сотрудника, которых он хотел бы видеть докторами наук. Это — С.Н. Мамойленко, К.В. Павский и М.Г. Курносов. Защиту С.Н. Мамойленко он полностью организовал сам. Тяжело больной, договаривался с оппонентами, с ведущей организацией и т.д.

Виктор Гаврилович обладал всеми или почти всеми научными знаниями и наградами. Но он постоянно подчеркивал, что всего этого он добился благодаря своей семье и Родине, которые его воспитали. Он всегда подчеркивал, какое влияние на него оказали его мать, братья, сестры, жена и дети. И я не покривлю душой, если скажу, что всех своих учеников он считал своими детьми и радовался сам, как ребенок, каждому их успеху.

Мне бы хотелось, чтобы мы прежде всего выполнили все его напутствия и не совершили поступков, за которые нам было бы стыдно перед Виктором Гавриловичем.

## **ВИКТОР ГАВРИЛОВИЧ ХОРОШЕВСКИЙ**

Первая встреча с Виктором Гавриловичем у меня состоялась на лекции «Архитектура вычислительных систем» в Сибирском государственном университете телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ). Студенты для него были коллегами, о чем он неоднократно говорил вслух. Материал он читал размежено, подробно освещая порой даже очевидные вещи, чтоб всем в аудитории было понятно. Помимо научных и технических особенностей Виктор Гаврилович останавливался и на всевозможных трудностях, возникающих на пути ученых и инженеров при достижении того или иного результата. Когда он рассказывал о достижениях отечественной научной и инженерной школы создания высокопроизводительных вычислительных средств, я невольно проникался чувством уважения к упоминаемым им людям и гордостью за страну.

У Виктора Гавриловича хотелось учиться. Я решил, что непременно нужно выучить и сдать его дисциплину на отлично. Добиться намеченного результата удалось лишь с третьей попытки. Поскольку Виктор Гаврилович был очень занятым человеком, то экзамен у группы он мог принять за 15–20 минут, при этом можно было чем угодно пользоваться при подготовке. То есть примерно по 1 минуте на человека и на «оценить», и на «поставить оценку в ведомость и в зачетку». Сейчас, когда мне предоставилась честь читать его дисциплину и возможность ознакомиться с его методическими материалами, начинаешь понимать, что оценки ставились не случайно, а по некой выстроенной им системе. Незнание формул — это неуд. Поэтому он иногда вызывал на первые парты 4–5 человек и просил написать на листе одну из формул из теории надежности. Кто неправлялся, сразу отправлялись на пересдачу. Те, кто написал формулу правильно, получали возможность ответить на очень точно сформулированный вопрос. Неточное понимание вопроса или неуверенный ответ могли послужить поводом для снижения оценки. При этом он мог обратиться к кому угодно в аудитории и спросить,

согласен ли студент с ответом коллеги и почему. В процесс сдачи экзамена вовлекались все студенты группы. В любой момент студент, отвечающий на вопрос своего билета, мог быть прерван, и

*Ефимов Александр Владимирович —  
к.т.н., заведующий лабораториями Ка-  
федры вычислительных систем  
СибГУТИ, г. Новосибирск*

кто-то из присутствующих должен был продолжить его ответ. Таким образом, от студентов требовалось знание материала всех лекций, а не только своего билета. После ответов, прежде чем поставить оценку, Виктор Гаврилович всегда интересовался, на какую оценку претендует студент. Он мог как повысить, так и понизить ожидаемую оценку. Чем в тот момент руководствовался Виктор Гаврилович, к сожалению, мы уже никогда не узнаем, но воспоминания о нём как о превосходном преподавателе навсегда останутся у нас в памяти.

Хорошо помню, как однажды после лекции, уже в коридоре, я обратился к Виктору Гавриловичу с вопросом: «Важно ли сейчас для кого-то развитие отечественной школы создания вычислительных средств?». В ответ на мой вопрос он пригласил меня в аспирантуру после защиты диплома. Поскольку Виктор Гаврилович не приветствовал работу в сторонних организациях при обучении в аспирантуре, мне довелось узнатъ его как руководителя. Он был строгим, но справедливым. Все называли его «шеф». На коллективных мероприятиях он иногда интересовался, не тревожат ли меня проблемы, которые мешают сосредоточиться на работе. И всегда старался помочь, если в его силах было что-то сделать. Всегда подчеркивал важность составления плана и самодисциплины при его реализации. Требовал не только результатов, но и умения правильно и корректно их оформить. В процессе написания публикаций он очень внимательно относился к словам. На его столе в это время лежали 3–4 словаря, чтобы каждое слово максимально точно отражало требуемый смысл и не допускало многозначного толкования. Все имеющиеся навыки Виктор Гаврилович прививал нам, своим ученикам. На ошибки он реагировал конструктивной критикой и всегда повторял: «Главное — чтобы человек был хороший».

Когда о смерти руководителя узнал мой дедушка, он, хоть и не был знаком лично с Виктором Гавриловичем, сказал: «Большая потеря. Ты еще не понимаешь, но именно он сделал из тебя человека». А ведь действительно, Виктор Гаврилович был для нас не просто учителем и руководителем, он был в некотором роде наставником, дающим жизненно важные ориентиры и ценности. Мы будем с благодарностью вспоминать о нем всю оставшуюся жизнь.

## **ОБ УЧИТЕЛЕ**

Весной 2005 года я заканчивал обучение на физико-математическом факультете Горно-Алтайского государственного университета (ГАГУ). Моя дипломная работа была посвящена созданию дистрибутива операционной системы GNU/Linux для построения вычислительных кластеров на базе бездисковых машин. Тематикой вычислительных систем и параллельного программирования я начал заниматься в 2003 году, работая педагогом дополнительного образования в Детском центре компьютерных технологий Республиканского центра детского творчества (ДЦКТ, URL: <http://school-sector.relarn.ru/dckt/>, г. Горно-Алтайск). Здесь для школьников были организованы кружки по программированию, Web-дизайну и анимации. Одним из сильных направлений было создание инструментальных средств программирования: учебных языков программирования, их интерпретаторов и сред разработки. В один из таких проектов был вовлечен и я. Мы занимались разработкой интерпретатора языка программирования Рапира++ — объектно-ориентированного диалекта алгоритмического языка Рапира. Созданный язык и интегрированную среду разработки мы на протяжении последующих нескольких лет использовали для обучения школьников азам программирования.

После окончания вуза я планировал продолжить обучение в аспирантуре. Наш факультет сотрудничал с Институтом гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН (ИГиЛ СО РАН), что и определяло возможные направления дальнейшей научной работы аспирантов. В феврале 2005 года меня «распределили» для подготовки к поступлению в аспирантуру ИГиЛ СО РАН по тематике теории мелкой воды. Я начал входить в тему — изучать гидродинамические модели, уравнения теории мелкой воды и прочее. В то же время меня не оставляла надежда найти аспирантуру по компиляторам или параллельному программированию. Я написал письмо в Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, но оно так и осталось без ответа. Ситуация

резко изменилась в конце февраля 2005 года. После моего отчета о ходе подготовки дипломного проекта один из преподавателей Кафедры сообщил мне, что у факультета появился контакт с профессором В.Г. Хорошев-

*Курносов Михаил Георгиевич — к.т.н., директор Центра параллельных вычислительных технологий СибГУТИ, г. Новосибирск*

ским из Новосибирска, который занимается тематикой вычислительных систем. Я переговорил с деканом нашего факультета С.П. Соловьевым и мы позвонили в Новосибирск. От Виктора Гавриловича мы получили приглашение приехать на неделю в СибГУТИ и ИФП СО РАН.

Наша поездка состоялась в середине апреля 2005 года. Мы приехали в Академгородок рано утром и долго не могли найти лабораторно-технологический корпус ИФП СО РАН. Найдя институт, мы дождались Виктора Гавриловича, и он пригласил нас в свой кабинет. Мне он устроил опрос по основным понятиям из области вычислительных систем. После моего «разноса» он показал нам Лабораторию вычислительных систем и познакомил с сотрудниками. Меня Виктор Гаврилович отправил читать его книгу «Однородные вычислительные системы», а сам остался обсуждать с деканом варианты возможного сотрудничества с Горно-Алтайским государственным университетом. Виктор Гаврилович всегда стремился помочь ГАГУ. При возможности он встречался с ректором университета, участвовал в работе ГАК физиков, а также стремился привлечь преподавателей университета к грантовым программам РФФИ.

Следующий день мы провели в СибГУТИ, на Кафедре вычислительных систем. На тот момент Кафедра имела в своем распоряжении несколько компьютерных классов, на базе которых было настроено программное окружение для выполнения параллельных MPI-программ. Система использовалась для проведения экспериментов и подготовки студентов. Мне выделили компьютер, я вникнул в тематику научной школы. Было принято решение, что я сделаю доклад на семинаре «Вычислительные системы». Я подготовил презентацию, и в очередную пятницу коллектив собрался в конференц-зале лабораторно-технологического корпуса ИФП СО РАН. В докладе я рассказал о своем дистрибутиве операционной системы GNU/Linux для построения кластеров на базе бездисковых машин и двух 10-машинных системах, которые я сконфигурировал в Горно-Алтайске. Доклад был немного затянут, но воспринят положительно. На всех семинарах Виктор Гаврилович подводил резюме. Если докладывал его ученик, то после выступления начинался интенсивный «воспитательный процесс». Сначала Учитель оценивал логику изложения материала, затем переходил к сути работы и заканчивал общей резолюцией — публиковать, дорабатывать, в каком направлении развивать. Виктор Гаврилович требовал от нас четкого соблюдения терминологической корректности, логики в изложении сути проблемы и ясности. Он всегда критически оценивал как подачу материала, так и сами результаты. Все это делалось во имя роста членов

Школы. И все, кто активно делали доклады на семинарах, испытали это на себе и глубоко благодарны Виктору Гавриловичу за это.

После семинара Виктор Гаврилович пригласил меня поступать в аспирантуру СибГУТИ. В декабре 2005 года я успешно сдал вступительные экзамены и включился в работу по конфигурированию новых вычислительных кластеров. В начале 2006 года мы запустили в ИФП СО РАН кластер на базе процессоров AMD Opteron в стоечном исполнении. Через некоторое время в СибГУТИ, на базе Центра параллельных вычислительных технологий, было организовано серверное помещение, в котором мы разместили новые системы на базе процессоров Intel Xeon. Наша пространственно-распределенная мультиклUSTERная вычислительная система росла. На ней мы отрабатывали свои модели, алгоритмы и программное обеспечение. Использовали ее и для подготовки студентов. Дело его продолжается и сейчас — появляются новые результаты, защищаются ученики.

Виктор Гаврилович был требовательным руководителем. Ко всем своим делам он подходил крайне ответственно и требовал от нас соответствующего исполнения его поручений. Он всегда учили нас одному из главных его принципов — не требуй от других больше, чем ты требуешь сам от себя. Особенно приятно вспоминать наши совместные с Виктором Гавриловичем поездки на конференции в Киев, Сербию, Черногорию. Там, в минуты, свободные от работы, Виктор Гаврилович делился своими воспоминаниями, наблюдениями — учили жить, расставлять приоритеты и принимать решения.

Я благодарен судьбе, что на мою долю выпало счастье быть учеником Виктора Гавриловича Хорошевского. Память об Учителе будет жить, пока живем и помним его мы — его ученики, пока продолжается его дело.

---

*К.В. Павский*

## **МОЛОДОЙ КОЛЛЕКТИВ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ**

Каждый раз, приезжая в командировку в Новосибирск, мой отец, Павский Валерий Алексеевич, не упускал возможности пообщаться со своими друзьями, коллегами, с которыми он долго проработал в Институте математики СО АН. Во время очередной такой командировки он забежал ко мне в общежитие и предложил прогуляться и познакомиться с интересными людьми. Это была весна 1990 года, я учился на втором курсе Новосибирского университета. Мы дошли до небольшого строения (Модуля), которое примыкало к Институту теоретической и прикладной механики. Часть этого строения была отведена под Лабораторию ВС. Здесь и состоялось знакомство с Виктором Гавриловичем Хорошевским, руководителем Лаборатории. Хорошо запомнился разговор с Виктором Гавриловичем, в котором он в общих словах объяснил концепцию вычислительных систем и параллельного программирования. В 1992 году я получил диплом о высшем образовании, поступил в магистратуру НГУ. И вот, по прошествии двух лет, снова пришел в Лабораторию ВС, которая уже переехала в новый (Лабораторный) корпус Института физики полупроводников СО РАН. Работать начал инженером на полставки, занимался разработкой параллельных программ, сначала для вычислительной системы МИКРОС, затем — МИКРОС-2 на базе вычислительных машин семейства «Электроника». Стоит заметить, что программы запускались непосредственно с дискеты, загрузка шла очень медленно. Пожалуй, запуск по времени был сравним с поиском ошибок в коде программы и отладкой. Часто происходили сбои, как программные, так и аппаратурные. И процесс загрузки начинался заново. Подключение электронной памяти для хранения программ к системе очень ускорило время отладки. Однако данные хранились в памяти до очередной перезагрузки системы, и опять начиналась загрузка в память с дискеты. Поэтому проблема разработки отказоустойчивых программ была актуальной, а их исполнение должно было стать достаточно показательным. После такой работы на вычислительных машинах «Электроника» появление транспьютеров (INMOS T800 и INMOS T805) стало маленькой революцией. Небольшой транспьютерный модуль — платка размером, сравнимым со спичечным коробком, — приблизи-

*Павский Кирилл Валерьевич —  
д.т.н., заведующий Лабораторией  
вычислительных систем ИФП СО  
РАН, г. Новосибирск*

тельно равнялся по производительности компьютерам на базе процессоров Intel 386–486. А таких транспьютеров можно было разместить в корпусе IBM PC около десяти, в то время как в Лаборатории тогда было всего два персональных компьютера (на базе процессора Intel 286). За относительно быстрое время в Лаборатории была разработана живущая вычислительная система МИКРОС-Т на базе транспьютеров. Вся работа велась на компьютерах типа IBM PC в операционной системе DOS, откуда и велась загрузка ОС МИКРОС-Т непосредственно в транспьютеры. После вычислительных машин «Электроника», программирование на транспьютерах было более продуктивным. Со временем приобрели транспьютерную стойку с 64 транспьютерами. Разработали пакет демонстрационных отказоустойчивых параллельных программ обработки изображений. Изображения вводились с помощью фотоприемной камеры, визуальный контроль вводимого изображения осуществлялся посредством телевизионного монитора. Камера и монитор подключались к модулю фреймграббера (модулю фиксации кадра), который был выполнен как специализированный транспьютерный модуль, реализующий две функции: ввод изображения в видеопамять и выполнение вычислений в составе ВС. Особенностью его применения в транспьютерной ВС являлась параллельная передача вводимого изображения в остальные транспьютерные элементы ВС. Выводились обработанные изображения также через специализированный транспьютерный элемент — графический контроллер MODG-3. Результаты обработки отображались на специализированном графическом мониторе высокого разрешения. В ходе демонстрации можно было инициировать отказ транспьютеров (как аппаратно, так и программно), и при этом обработка изображений продолжалась выполняться на исправленных транспьютерах.

В непростое время Лабораторией были организованы и проведены Пятый и Шестой международные семинары «Распределенная обработка информации», Новосибирск, 10–12 октября 1995 г., 23–25 июня, 1998. В подготовке семинаров принимали участие несколько институтов СО РАН. Периодически Виктор Гаврилович собирал программный комитет у себя в кабинете, где в живой дружеской обстановке обсуждались текущие вопросы. Семинар был распределен по секциям, проводимым в нескольких институтах СО РАН и Доме ученых. Между заседаниями проводились экскурсии по городу, в музей Института геологии. Удачным получился выезд на теплоходе по Обскому морю до базы отдыха Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН. Отдых на базе организовал Марат Саматович Хайретдинов, хороший друг и коллега Виктора Гавриловича. Для уставших

гостей на базе отдыха были предложены ухоженные комнаты в летних домиках. В уютной обстановке на природе был организован замечательный пикник.

В 1999 — начале 2000 гг. произошла реорганизация Лаборатории. Под руководством Виктора Гавриловича остался небольшой коллектив — молодые ребята, недавно окончившие университет. Зарплаты были не высокие, если не сказать очень низкие. Виктор Гаврилович характеризовал то время — «зарплаты хватало только на бензин до дачи». Трудно было удержаться от дополнительного не профильного заработка, но несомненно, стимулировал нас к научной работе личный пример Виктора Гавриловича. Очень поражало его трудолюбие. Основным его требованием к работе было — «расставляйте приоритеты». Этому и учились: работать, планировать время, расставлять приоритеты. Заметной финансовой составляющей было и есть это вознаграждение за выполнение научно-исследовательских работ. Непростым делом было написание заявок и отчетов по грантам, государственным контрактам и другим проектам. Виктор Гаврилович, Руководитель и Учитель, в своеобразном ему спокойном стиле, корректировал тексты. Бывало, что чуть ли не каждая страница была покрыта красными правками.

Особое внимание Виктор Гаврилович уделял преподавательской деятельности и обращал внимание на то, что это способствует научному росту ученого. Он нам часто рассказывал, что, будучи молодым ученым, работая в Институте математики СО АН, начал преподавать в Новосибирском политехникуме (в настоящее время — Высший колледж информатики НГУ). Это было не только дополнительным финансовым подспорьем, но и хорошим опытом. А после защиты кандидатской диссертации он уже преподавал в Новосибирском электротехническом институте, затем — в Новосибирском государственном университете и Новосибирском электротехническом институте связи.

В 2000 году под его руководством была организована Кафедра вычислительных систем в Сибирском государственном университете телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ). По истечении небольшого времени, уже все ребята нашего коллектива вели учебные занятия в СибГУТИ. На ежегодном университете конкурсе на звание аккредитованного преподавателя большинство членов нашего коллектива (из года в год) становятся победителями. Постоянно Кафедра вычислительных систем занимает одно из первых мест в ежегодном рейтинге кафедр СибГУТИ. Со временем при кафедре был открыт Центр параллельных вычислительных технологий (ЦПВТ) СибГУТИ. Коллективом была создана и развивается пространственно-распределенная мультиластерная вычислительная система, являющаяся объединением вы-

числительных машин, расположенных в ЦПВТ СибГУТИ и Лаборатории вычислительных систем ИФП СО РАН. Данная мультиклusterная ВС входит в состав глобальной сети программы «Университетский кластер» (Минобрнауки РФ, Институт системного программирования РАН, ЗАО «Синтерра», Hewlett-Packard). Основное назначение пространственно-распределенной мультиклusterной ВС — исследование архитектуры распределенных ВС, отработка инструментария параллельного мультипрограммирования, моделирование сложных физико-технических процессов и природных явлений, подготовка специалистов и научно-педагогических кадров высокой квалификации в области распределенных вычислительных технологий.

Время шло, коллектив обновлялся, пришли молодые ребята. Те, кто вынужден был сменить работу, все равно продолжают поддерживать дружеские отношения с Лабораторией. Начиная с 2004 года в нашем коллективе было защищено весемь кандидатских, три докторских диссертаций; три члена нашего коллектива стали Лауреатами премии правительства РФ в области образования (В.Г. Хорошевский, М.Г. Курносов, С.Н. Мамойленко).

---

---

С.Г. Седухин, Л.А. Седухина

## ВОСПОМИНАНИЯ

Людмила: «Мы в отделе вычислительных систем в Институте математики с Виктором Гавриловичем работали около 12 лет, пришли студентами и он был руководителем наших дипломных работ и позже — руководителем докторской работы Станислава. Меня он даже как-то в шутку назвал «лучшей ученицей», но я как-то не оправдала его надежд по стечению разных обстоятельств. В отделе под его руководством

разрабатывались параллельные вычислительные системы от системных устройств до программного обеспечения и организации параллельных вычислений, что актуально и сейчас».

Станислав: «Мы его помним как доброжелательного и приветливого

Седухин Станислав Георгиевич —  
д.ф.-м.н., профессор, университет  
Айзу, Япония

Седухина Людмила — Айзу, Япония



Виктор Гаврилович Хорошевский



Седухин С.С., Хорошевский В.Г., Седухина Л.А., Павский В.А., ИФП СО РАН, Новосибирск, 2009 г.

человека. Потом, уже много лет спустя, когда я работал профессором в японском университете, в составе делегации мы были с визитом в Новосибирском университете, где мы вновь встретили Виктора Гавриловича. Казалось, он совсем не изменился, легко поднялся по лестнице, радушно так нас встретил и представил: «Это мои ученики».

После совещания и обеда он пригласил к себе, в свой рабочий кабинет и, хотя было мало времени, мы были рады встрече с ним. Светлая память ему».

---

---

## **IV. СЛОВО КОЛЛЕГАМ, ДРУЗЬЯМ**





---

C.C. Кутателадзе

## КЛАССИК ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА

О Викторе Гавриловиче Хорошевском я всегда вспоминаю с добротой, благодарностью и сочувствием. Двадцать пять лет мне довелось работать в Институте математики СО АН вместе в Виктором Гавриловичем, наблюдать ступени его стремительного роста как ученого и человека. Виктор Гаврилович был отчасти белой вороной для математиков-теоретиков, составляющих ядро Института математики. Во-первых, он не доказывал теорем, а во-вторых — электронная вычислительная техника в 1970–1980-х гг. была довольно бесполезна теоретикам — эра Интернета казалась несбыточной фантазией.

В те годы Институт математики потрясали различные конфликты как между теоретиками и прикладниками, так и внутри коллективов теоретиков и прикладников. В эти годы я лучше узнал Виктора Гавриловича и его замечательные качества ученого и человека — преданность истине, непрестанный поиск возможностей при ограниченных ресурсах, принципиальность, незлобивость, твердость и настойчивость в достижении цели. Виктор Гаврилович был надежным товарищем, наши позиции по многим вопросам академической жизни и вопросам положения в стране совпадали, что способствовало взаимопониманию и единству, которые сохранились до его последних дней...

Виктор Гаврилович — жрец инженерной науки. В академических кругах, особенно у математиков-теоретиков, какое-либо понимание ценности технических наук и инженерного искусства практически отсутствует. Между тем, ни одно гениальное теоретическое открытие не становится достоянием людей без анализа инженерной мыслью.

Виктор Гаврилович был настоящим инженером, поднимавшим инженерное искусство до вершин науки. Одна из его последних книг наиболее ярко выражает суть вклада Виктора Гавриловича в науку. Это — «Инженерный анализ функционирования вычислительных машин и систем». Осталась в памяти наша беседа в 1988 г. о соотношении ин-

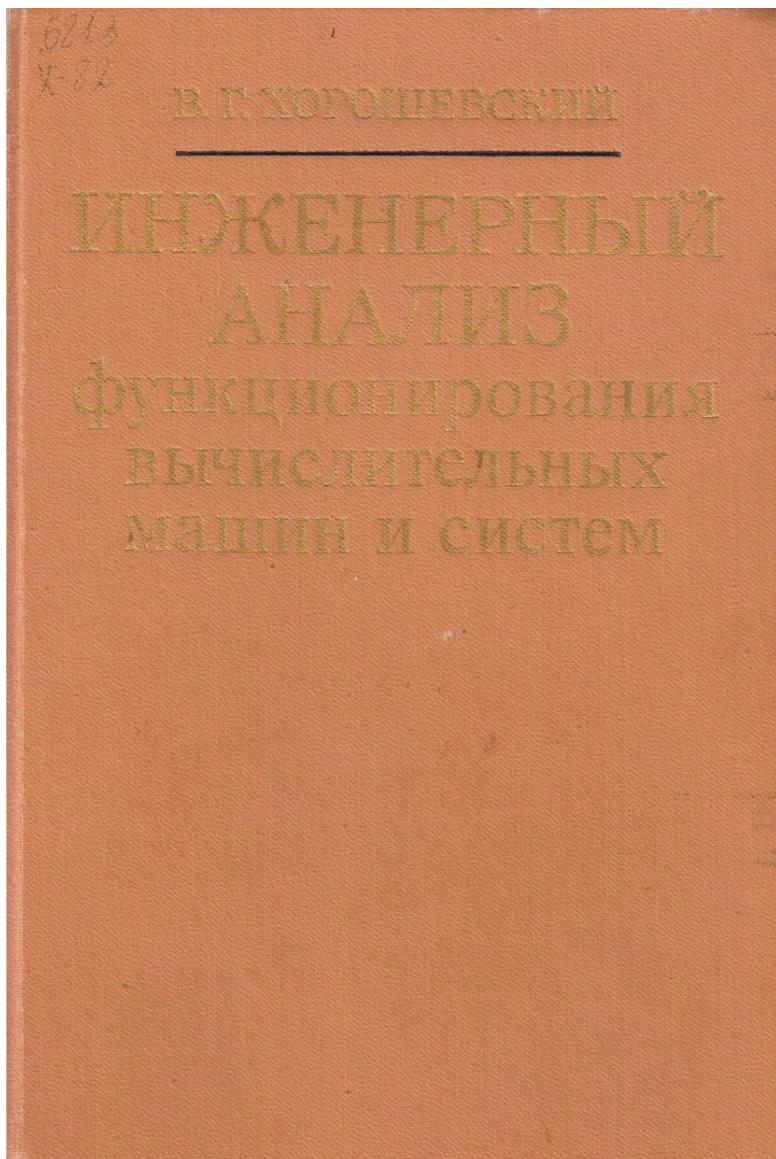
женерного искусства и анализа, когда Виктор Гаврилович зашел ко мне домой, чтобы подарить мне эту книгу.

Путь Виктора Гавриловича при внешнем благополучии никогда не был украшен розами, он не раз

Кутателадзе Семён Самсонович — д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник Лаборатории функционального анализа Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН, г. Новосибирск

сталкивался с непониманием, завистью и злобой окружающих. Однако все тяготы судьбы он преодолевал с честью и достоинством.

Память о нем радует и согревает.



---

И.Г. Неизвестный

## НАВСЕГДА В МОЕЙ ПАМЯТИ

Я познакомился с Виктором Гавриловичем Хорошевским в 1987 году. В этот год, по договоренности с академиком А.В. Ржановым, Виктор Гаврилович постановлением Президиума СО АН СССР был вместе с руководимым им коллективом переведен в Институт физики полупроводников из ИТПМ СО АН СССР. В то время я был на должности заместителя директора ИФП СО АН СССР и по долгу службы занимался размещением новой лаборатории и организацией условий для работы. Большая работа была проведена и по согласованию тематики, по которой новая лаборатория будет сотрудничать с нашим коллективом.

С первых же дней взаимодействия с Виктором Гавриловичем я высоко оценил его большой профессионализм и организационные способности. Он достаточно быстро нашел нужные точки соприкосновения с тематикой ИФП и создал структуру, обеспечивающую вхождение ИФП в современную схему информатизации Академгородка (Группа Задорожного). Он быстро стал активным членом Ученого Совета института, где его принципиальная позиция и выступления серьезно помогали при решении многих важных вопросов.

Постепенно, хотя и не являясь специалистом, я смог оценить и значимость его работ в области информатики. Это произошло в основном благодаря отзывам ведущих ученых из Отделения информационных технологий и вычислительных систем АН СССР, членом которого я стал в 1990 году. На высокий уровень и большую значимость его работ мне указывали академики А.В. Каляев, В.К. Левин и другие, когда узнавали о переходе Виктора Гавриловича в наш институт. Я думаю, что именно высокая оценка его работ среди профессионалов в соответствующей области подготовила его успешное избрание чл.-корр. РАН в 2000 году и последующее присвоение ему высокого звания Заслуженного деятеля науки РФ.

Виктор Гаврилович вел огромную работу по подготовке кадров в

СибГУТИ на созданной по его инициативе кафедре. Высокому уровню подготовки, несомненно, содействовали и учебные пособия по специальности, изданные в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Виктором Гавриловичем было инициировано создание Совета по

Неизвестный Игорь Георгиевич — чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор, советник РАН, руководитель Отдела тонкопленочных структур для микро- и фотозелектроники ИФП СО РАН, г. Новосибирск



Хорошевский В.Г., Неизвестный И.Г.

зашите докторских и кандидатских диссертаций по информатике и вычислительной технике в СибГУТИ, который приобрел высокий авторитет в нашей стране. Он очень успешно руководил этим советом до последних дней жизни. Я имел удовольствие это оценить как член совета, куда меня он пригласил для участия.

Для меня Виктор Гаврилович был еще и человеком, с которым я просто по-товарищески мог обменяться мнениями по вопросам политики, искусства, обустройства загородного участка, личного автотранспорта и т. д. Всех тем наших разговоров невозможно перечислить, но главное — это было взаимопонимание, доброжелательность и взаимное интеллектуальное обогащение. Виктор Гаврилович часто заходил ко мне для беседы в кабинет «на огонек», что особенно было приятно, когда после моего перехода на должность Советника РАН значительно сократились рабочие контакты с коллективом института.

Виктор Гаврилович обладал огромным научно-организационным потенциалом (лаборатория, кафедра, диссовет), который особенно ярко проявился при формировании заявки на соискание Премии РФ в области образования. К сожалению, она была присуждена коллективу, который он возглавлял, уже после его ухода из жизни.

Светлый образ этого прекрасного человека навсегда останется в моей памяти.

---

---

Л.А. Потеряева

## **ВИКТОР ГАВРИЛОВИЧ ХОРОШЕВСКИЙ**

Неожиданно оборвалась жизнь Виктора Гавриловича Хорошевского, заведующего кафедрой, профессора, члена-корреспондента РАН.

Уходит человек, но остаются его дела, его ученики, память о нем.

Мы признательны Виктору Гавриловичу за то, что в наше непростое, но интересное время, когда Россия претерпевает и политические, и экономические, и научные перемены, он сумел создать и сохранить замечательный творческий коллектив, один из лучших среди высших учебных заведений. Инновационный, творческий подход к решению сложнейших задач, стоящих перед кафедрой, получил достойное признание, способствовал росту популярности Сибирского государственно университета телекоммуникаций и информатики. Талантливые ученики научной школы В.Г. Хорошевского, защитившие кандидатские и докторские диссертации и успешно работавшие под его руководством, являются его достойными преемниками в науке.

Заслуживают восхищения и личные качества Виктора Гавриловича, который обладал удивительной способностью находить единомышленников. Созданный им коллектив не раз подтверждал свой высочайший профессиональный уровень. Талант руководителя, строгого и требовательного, способного сопереживать и прийти на помощь, позволял решать самые трудные проблемы на самом высоком уровне.

Виктор Гаврилович ушел в расцвете сил. Это трагедия. Но тот яркий след, который он оставил как представитель Российской науки, как человек, преданный своим коллегам, студентам и друзьям, позволит сохранить о нем добрую и долгую память.

Потеряева Лариса Анатольевна —  
проректор по социальной работе  
(до 2012 г.), Сибирский государствен-  
ный университет телекоммуника-  
ций и информатики, г. Новосибирск

### **В.Г. Хорошевскому**

Есть много титулов и званий,  
От них порой кружится голова!  
Но я сегодня в знак признанья  
Скажу правдивые слова...  
Лишь тот достоин уваженья,  
Кто пронесет сквозь многие года  
То обаянье, простоту общенья,  
Что восхищают нас всегда.  
Стремясь всю жизнь к заветной цели,  
Все испытав земные чувства,  
Вы стержень жизни сохранить сумели,  
А это высшее искусство!  
Заражены студенческим задором,  
И юные флюиды в Вас живут!  
Вы знайте, что одно бесспорно —  
В знакомых наших стенах все Вас ждут.  
Мы знаем, что средь жизненного круга  
Дороже нет любви и теплоты  
Тех, что дарит Вам много лет супруга,  
Живое воплощение мечты.  
Короткий миг общенья с нею  
Мне позволяет утверждать,  
Что оптимизм ее нисколько не стареет.  
Она готова вспоминать  
События, что душу согревали  
В далекой юности (как будто бы вчера!),  
Пусть теплота сердец не остывает,  
И подводить итоги не пора!  
И как бы жизнь в дальнейшем ни сложилась,  
Какая бы судьба ни позвала,  
Что б в Вашей жизни ни случилось,  
Вы помните, что есть одна звезда,  
Которая согреет, ободрит  
И где-то даже вдохновит.  
Звезда та — кафедра, друзья,  
То, без чего Вам жить нельзя.  
Желаю Вам лишь вечного движенья,  
Пусть будет неразрывной творческая нить.  
Любовь родных, коллег всех уваженье  
Желаю Вам надолго сохранить.

## СВЕТЛАЯ ПАМЯТЬ О ВИКТОРЕ ГАВРИЛОВИЧЕ

Я был знаком с Виктором Гавриловичем много лет, где-то с 70-х годов. Все попытки вспомнить, где и когда состоялась первая встреча, закончились неудачей.

Наиболее ярко запомнилась конференция в Академгородке СО АН СССР в апреле 1986 г., организатором которой был Виктор Гаврилович. Интересные доклады. Обсуждения результатов. Дискуссии о близких и далеких перспективах. Сказочная погода. Ласковое солнце. Лодочные прогулки.

Виктор был интересным собеседником. Он мог говорить много, долго, захватывая внимание слушателей, и в то же время умел внимательно слушать и слышать других.

Прошла информация по радио об аварии на Чернобыльской АЭС. Много вопросов. Практически без ответов. Тревожно. Виктор сохраняет хладнокровие. Все должно утрястись. Мы не сомневались в этом.

В то время у нас была Великая Держава, а с техногенными катастрофами такого масштаба мы еще не были знакомы. Однако транспорт работает. Вовремя улетаем домой в Восточную Европу.

Затем снова была работа, встречи на конференциях, короткие разговоры по телефону: «Как дела? — Нормально. Как дети? — Все хорошо. Оля в Германии. Родила внуков. Дима растет. — Элла не болеет».

Виктор Гаврилович с коллективами Лаборатории вычислительных систем Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН и Центра параллельных вычислительных технологий Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики, которые он возглавлял, занимался исследованиями в области сверхпроизводительных однородных вычислительных систем. Он решал вопросы обеспечения надежности разрабатываемых высокопроизводительных образцов новой техники.

Под его руководством и при его непосредственном участии в интересах ведущих предприятий страны были созданы оригинальные образцы высоко-надежных высокопроизводительных вычислительных систем. В Центре Си-

Пьявченко Олег Николаевич — д.т.н., профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий Кафедрой микропроцессорных систем Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону (23.10.1937–14.01.2015)

бирского государственного университета телекоммуникаций и информатики построена уникальная распределенная вычислительная система, которая и сегодня используется в учебном процессе при подготовке высококвалифицированных специалистов, а также для апробации результатов теоретических исследований магистрантов и аспирантов.

Он был широкомасштабным выдающимся ученым, прекрасным педагогом и научным руководителем. Вызывают восхищение работы его и его учеников в области программного обеспечения распределенных вычислительных систем, отличающиеся обоснованными и отшлифованными оригинальными решениями.

Его монографии сегодня служат и еще долгие годы будут служить настольными пособиями многих поколений студентов и аспирантов, вызывая живой интерес и поражая изяществом изложенных идей.

Виктор Гаврилович вел активный образ жизни, совершая ежегодные поездки по ведущим Российским организациям, принимая участие в Международных конференциях и симпозиумах, сотрудничая с видными зарубежными учеными и фирмами.



Школа-семинар «МВС-80». Геленджик, спортивлагерь «Витязь», сентябрь 1980 г. Хорошевский В.Г., Пьявченко О.Н.

Всегда открытый для общения, дружелюбный и внимательный к просьбам, он руководствовался правилом: пообещал — выполнил. За многие годы нашего сотрудничества мне не известно ни одного случая его необязательности.

Ушел из жизни талантливый ученый, хороший руководитель, прекрасный человек и товарищ. До боли обидно, когда такие замечательные люди так рано покидают нас.

Светлая память о нем сохранится в наших сердцах.

---

*В.А. Святный*

## **О ВИКТОРЕ ГАВРИЛОВИЧЕ...**

Ребята предвоенных годов рождения имели суровое детство с похоронками на своих отцов и отцов друзей двора, с вопросами «а где твой?» к тем, у кого отцы бесследно исчезли в 37–38-м, они взрослели рано в семейных трудах, лелеяли мечты о лучшей жизни («вот наши придут» — на оккупированных землях, «вот победим» — в землях восточнее фронтовых линий), начинали учиться в конце войны и в начале послевоенных лет. Учителя и школы им достались строгие, но справедливые и высокопрофессиональные, предметники увлекали ребят в уже познанное и открывали им глаза на проблемы, которые науке предстояло решать с активным участием поколения конца тридцатых. К периоду окончания средней школы в пятидесятых этих ребят уже ожидали жесткие конкурсы в вузах по новым специальностям — электро- и радиотехника, радиофизика, автоматика, преданная анафеме кибернетика под псевдонимом «счетно-решающие приборы и устройства»... У них был единственный и самый демократичный способ приобщиться к этим захватывающим областям научно-инженерного дела — набрать 25 баллов в пяти конкурсных экзаменах и далее прилежнейшим образом учиться, живя впроголодь в общежитии на стипендию.

Об этом и многом другом мы говорили с Виктором Гавриловичем в мае 2008 года в весенне чудном Киеве во время конференции «Моделирование — 2008». Мы были членами программного комитета, выступили с пленарными докладами, которые рядышком опубликованы в трудах конференции. Я знал Виктора Гавриловича по публикациям, его книги по однородным вычислительным системам, по анализу функционирования ЭВМ и систем мы использовали как учебные пособия для студентов и аспирантов. Это была наша первая и, к глубокому сожалению, последняя встреча. После пленарных докладов мы обменялись визитками, вспомнили былье работы по союзным программам в области распределенных и аналого-цифровых вычислительных сис-

тем. Мне приятно было узнать, что он высоко ценит наши с НИИ Счетмаш разработки АЦВС, которые в 80-е годы широко использовались для модельной поддержки оборонных проектов. Общение продолжилось на секции «Применение па-

*Святный Владимир Андреевич — д.т.н., проф., заведующий кафедрой компьютерной инженерии Донецкого национального технического университета, г. Донецк, Украина*

ралльных вычислений», где сибиряки делали два содержательных доклада. Виктор Гаврилович был блестящим пленарным докладчиком и активнейшим участником в работе секции: задавал развивающие темы докладов вопросы и давал яркие комментарии в коротких дискуссиях. Я уверен, что все докладчики запомнили его доброжелательный интерес к проблематике параллельного моделирования, оценку актуальности исследований и получили позитивный заряд для дальнейших работ. На секции мы с ним представляли старшее поколение «симулянтов», которые с начала 90-х активно решают проблемы параллельного моделирования.

На экскурсию по Киеву мы поехали вместе, рядом сели в автобусе, рядом ходили в группе экскурсантов, прогулялись по ботаническому саду. Фрагментами разговора установили ряд параллелей в наших судьбах: я — электрик, он — радиофизик, в вычислительную технику пришли с двух сторон: он — с цифровой, а я — с аналоговой с переходом в аналого-цифровые системы, объединила нас параллельная вычислительная техника. Мы за пять лет после дипломирования стали кандидатами, а вот по докторской он всех опередил, посвятив ей тоже всего пятилетку. В год ее защиты Виктором Гавриловичем (1973) я оказался на научной стажировке в ФРГ. Это была особая тема разговора, он подробно и с интересом расспрашивал о нашем многолетнем научном сотрудничестве со Штутгартским университетом. Мы пришли к выводу, что есть все основания организовать кооперацию Донецк — Штуттгарт — Новосибирск, договорились о встрече в Киеве в мае 2010 г., я пообещал познакомить его с членом программного комитета конференции проф. Михаэлем Рэшем, директором суперВЦ (HLRS) Штутгарта. Тематика сотрудничества — разработка и реализация распределенных параллельных моделирующих сред универсального и проблемно ориентированного назначения. Именно по этой теме я делал пленарный доклад, наши подходы и результаты заинтересовали Виктора Гавриловича, мы увидели поле взаимных интересов в данной проблеме, а в вопросах реализации идей сомнений не оставалось, т. к. мы очень плодотворно работали и работаем с немецкими коллегами, с 1992 г. имеем стабильный удаленный доступ ко всем параллельным ресурсам HLRS.

В июне 2008 г. я получил от него книгу «Архитектура вычислительных систем» с автографом. Это было знаменательное событие для всех сотрудников кафедры, мы радовались успеху нашего уважаемого Виктора Гавриловича, зная, каких усилий стоили подготовка и издание такого солидного учебного пособия. Идеям сотрудничества содействовало и то, что в 2009 г. Виктор Гаврилович принял на работу нашу выпускницу магистратуры и аспирантуры Ольгу Владимировну Молдованову.

Его реакция на мою просьбу поговорить с ней была мгновенной. Мы готовились к конференции — 2010, в ней приняли участие пять сотрудников HLRS, проф. Рэш сделал пленарный доклад, а В.Г. Хорошевский, к сожалению, не смог приехать. А в программе «Моделирование — 2012» его фамилия уже была в траурной рамке...

Я держу в руках его книгу и слышу голос АРХИТЕКТОРА, так много сделавшего в теории и реализации многопроцессорных вычислительных систем. Уверен, что многочисленные благодарные ученики Виктора Гавриловича, его коллеги в России, Украине и других странах успешно продолжат его дело и будут развивать его идеи как памятник этому мудрому, доброму, талантливому ученому, гражданину и человеку.



Конференция «Моделирование — 2008».  
Святный В.А., Хорошевский В.Г., Киев, 2008 г.

## ПАМЯТЬ О ДРУГЕ

1966 год. Горный ас Вилли Соколенко собирает группу туристов на Центральный Памир. Собрал уже имеющих опыт высокогорных походов Виктора Хорошевского, его жену Эллу Хорошевскую, Валентина Шумского и меня, на то время без опыта пребывания на планируемых высотах. Маршрут такой: акклиматизация с выходом на перевал Пулковский (4500 м) — к средней части ледника Федченко с запада через перевал Кашал-Аяк (4281 м) — ледник Федченко (4200 м) с посещением гидро-метеорологической станции (с 1983 г. им. академика Горбунова) — перевал Абдукагор (5054 м) — кишлак Ванч. Поход 4-й категории сложности.

В группе одна женщина, что всегда обязывает особо соблюдать безопасность во всем, мужчины сдержанны, внимательны. Виктор во всем спокоен, доброжелателен, без лишних эмоций делает все, что необходимо в таком походе. Несомненно, что его заслугой явилось такое же спокойное, уверенное поведение и действие Эллы. Поход прошел без каких-либо происшествий. Мы стали близки друг другу, и все годы после этого похода наши, к сожалению, нечастые встречи всегда были как праздник и награда.

Скорблю о безвременной кончине своего друга Виктора. Буду помнить о нем всегда.



Великанов Евгений Григорьевич —  
Заслуженный путешественник России, г. Новосибирск

Хорошевский В.Г., Великанов Е.Г., Соколенко В.А., Хорошевская Э.Г. Памир.

## ПАМЯТИ ВИКТОРА ХОРОШЕВСКОГО

Мои первые воспоминания о Викторе Гавриловиче связаны с Томском.

Я приехал туда после окончания Высшего военно-морского училища. Подготовка в нем позволила поступить на третий курс госуниверситета. Однако уровень подготовки, полученный в училище, пусть и высокий, уступал университетской. Поэтому первый год учебы был особенно напряженным. Нужно было восполнять объем знаний. И здесь я с чувством глубокой благодарности вспоминаю преподавателей нашей кафедры. Прежде всего, хочу отметить преподавателей статистики и теории вероятностей — Феликса Петровича Тарасенко и его брата Владимира. К сожалению, несколько имен и фамилий затерялись в глубинах памяти, вспоминаются в основном образы и характеры. Но образ Феликса Петровича, всегда улыбчивого и веселого, особенно ярок. На его лекциях даже сложный материал укладывался в моей памяти и моем понимании. Вспоминается также профессор Сапожников Александр Борисович, с несколько старомодной строгой внешностью, который не просто преподавал мат. анализ, он учил нас понимать математику. Я хотел бы отметить также преподавателя мат. логики и дискретной математики Геннадия Алексеевича Медведева. Его саркастическая ironia не обижала нас, студентов. Несмотря на строгость, полагаю, все любили его. И еще самые хорошие воспоминания связаны у меня с деканом нашего факультета Артуром Сергеевичем Майдановским. В его отношении к нам чувствовалось что-то родительское. В принципе, все преподаватели кафедры были отличными профессионалами и просто хорошими людьми.

Первоначальные воспоминания о Викторе Гавриловиче, в студенческие годы — просто Викторе, почему-то ассоциируются с шумным подвижным парнем, как я тогда полагал, его другом, который занимался профсоюзной работой. Виктор же вспоминается серьезным, с редкой скромной улыбкой. Эта улыбка, несколько скептическая, была очень характерна. Да и все его поведение было сдержаным, неброским, но остающимся в памяти. Несмотря на то, что в то время я был изрядным шалопаем, много времени приходилось тратить на занятия. Виктор же уже в то время был трудоголиком. Поэтому мы редко пересекались в

Знак Владимир Ильич — к.т.н.,  
с.н.с., Институт вычислительной  
математики и математической  
геофизики СО РАН, г. Новосибирск

свободное время, тем более что проживали в разных общежитиях. Да и свободного времени было мало, т. к. в особенно тяжелые периоды приходилось подрабатывать, например, разгружать баржи с тесом.

Наше сближение с Виктором началось в Академгородке. Здесь начались моя работа в Институте автоматики, он же был в городке старожилом, т. к. ранее проходил здесь дипломную практику. Виктор раньше меня защитил кандидатскую и обзавелся семьей. И в моей памяти его образ неразрывно связан с его женой, Эллой Георгиевной. Внешне это были совершенно разные характеры. Если Виктор был сдержан и немногословен, то Элла отличалась энергией и всегда была душой компаний. Это была дружная и хлебосольная семья, и я, пока был холостяком, частенько пользовался их гостеприимством. А затем сам привез жену из моего родного города Красноярска. Свадьбу сыграли в Академгородке, в подготовке которой активную роль сыграла Элла. Моя жена, Любовь Владимировна, и Элла стали близкими подругами.

В то время городок был полон молодежи. Песни под гитару и шумные веселые застолья. Вспоминается, например, Эдик Кирайт, этакий округлый, с постоянной радостной улыбкой, наш местный бард, и еще несколько других так или иначе примечательных личностей. Вокруг было полно талантов, увлеченных и непоседливых. У нас сложился круг близких друзей, среди которых вспоминается Валерий Смирнов, физик. Добродушный и подвижный, настоящий кладезь анекдотов. Чтобы отметить противоположность характеров активного Валеры и сдержанного в поведении и речах Виктора, остановлюсь на одном эпизоде, сохранившемся в памяти. Это связано с нашим походом (Виктор, Валера и я) за грибами. Если Виктор методично «прочесывал» лес, то Валера постоянно спешил, перескакивал с места на место. Эти характеры отражались и на их отношении к работе. И Виктор, и Валерий были, несомненно, талантливы. Но Виктор отличался постоянством и последовательностью в своих интересах. В то время как Валерий горел разными идеями. Одной из них он увлек и меня, но тогда я не мог оторваться от текущих задач. К большому сожалению, и Виктор, и Валерий рано ушли от нас.

Сейчас городок остыл, постарел. Кого уж нет, а кто далече. У современной молодежи совсем другие интересы.

Хочу сказать, что я очень благодарен судьбе за то, что она свела меня с таким глубоким человеком, как Виктор Гаврилович. Его помощь неоценима в моем становлении как научного сотрудника. И эта помощь была многосторонней. Моим научным руководителем первоначально был сотрудник Института автоматики. Однако мои увлечения в определенной мере отличались от его научных интересов. И здесь я получил

неоценимую поддержку Виктора Гавриловича. Тематика моих работ пересекалась с исследованиями лаборатории Института математики, которой в то время руководил Виктор Гаврилович. Мое выступление на семинаре его лаборатории позволило опубликовать соответствующую статью. При подготовке моей кандидатской диссертации Виктор Гаврилович уделил время знакомству с ее основными положениями. Критические замечания Виктора Гавриловича весьма помогли мне. Наконец, Виктор Гаврилович сохранил связи с Томским госуниверситетом. Именно Виктор Гаврилович помог мне выйти на Севастопольский приборостроительный институт, где работали несколько выпускников Томского госуниверситета. Там я нашел нового научного руководителя и защитил кандидатскую диссертацию.

В последние годы интенсивность нашего общения сократилась. У него был огромный объем работы, и я был постоянно занят. Последняя наша встреча с Виктором Гавриловичем состоялась в бытность его председателем Совета по защите дипломных работ студентов НГУ, где защищались мои дипломники. Однако хлебосольство Эллы Георгиевны время от времени сводило нас за одним столом, и ничего не предвещало трагической и безвременной кончины Виктора Гавриловича.

Его светлый образ не меркнет и в моей памяти, и в памяти моей супруги, которая также с глубоким уважением относилась к Виктору Гавриловичу.



Скобцова З. (жена Сидристого Б.А.), Знак Л., Хорошевская Э.,  
Знак В. Академгородок, июнь 1966 года

---

---

B.B. Зуенко, B.C. Зуенко

## НЕЗАБЫВАЕМЫЕ ДНИ...

*...Природа — мать! Когда б таких людей  
ты иногда не посыпала миру, заглохла б  
нива жизни...*

*Некрасов Н.А.*

С семьей Виктора Гавриловича и Эллы Георгиевны Хорошевских нас связывают около пятидесяти прожитых в тесном контакте и общении лет. Сколько вместе пройдено дорог, сколько всего пережито! Рождение детей, их первые шаги, свадьбы, годовщины, новоселья, защиты диссертаций, утраты близких.

Как правило, все важные жизненные события и праздники, особенно семейные, мы отмечали вместе. Душой компаний всегда был Виктор. Это был очень светлый, добрый, деликатный человек, с великолепным чувством юмора, великодушный и отзывчивый, всегда готовый прийти на помощь. Он умел прощать и никогда не таил обиды. В любой ситуации с ним никогда не чувствовалось неловкости, на него всегда можно было положиться. Он любил природу и отдых на природе. Часто в майские праздники мы ходили на берег речки Зырянки (что в конце улицы Золотодолинской Академгородка) на шашлыки. Первые теплые дни, яркое солнце, уже успевшее растопить лед по краям речки красивыми узорами, дети, собирающие хворост для костра, мужчины, разводящие костер и нанизывающие мясо на шампуры, сделанные из прутиков, женщины, накрывающие импровизированный праздничный стол. Красота!

Невозможно не упомянуть и наши летние походы на Алтай (родину Виктора). Инициатором и организатором, конечно, был Витя. Как только начинались летние отпуска, мы набивали походные рюкзаки продуктами и всем необходимым примерно на месяц для четырех взрослых и детей. Получался приличный вес рюкзаков (мужчинам нашим не позавидуешь, да и женщинам хватало ноши), но предвкушения от удовольствия, которое ждало нас впереди, добавляло нам сил. Добирались

мы до Горно-Алтайска, останавливались, как всегда, у Витиной мамы, гостеприимной Василисы Дементьевны, доброжелательной и хлебосольной бабы Васени, на пару дней. Далее до Телецкого озера

Виктор Владимирович Зуенко —  
к.г.-м.н., г. Новосибирск

Валентина Степановна Зуенко —  
г. Новосибирск

на вертолете. Затем на теплоходе до устья Чулышмана. Отсюда пешком примерно день хода до нашего условного лагеря на берегу этой реки. Ставили палатки, обустраивали лагерь, и начиналась веселая лагерная жизнь. Ловили хариусов в чистой, прозрачной воде — это самое главное и любимое время препровождение наших мужчин. Виктор любил рыбачить, но нельзя сказать, что он был заядлым фанатичным рыбаком, способным сутками стоять с удочкой, дожидаясь поклевки. Он предпочитал ловить рыбу более надежным способом, так называемым самодуром, или «корабликом» (это особая дощечка на длинной леске с одним-двумя десятками поводков, запускаемая против течения на 20–30 метров от берега). Поводки с крючками касаются воды, подразнивая хариуса. За зиму Витя изготавливал великолепные кораблики, настоящие произведения искусства (один из них до сих пор хранится у нас дома). Хочется отметить, что у него были золотые руки. Кто бывал у них в доме, конечно же, видел в кабинете этот изящный тонкой работы стеллаж для книг, полностью сделанный руками Виктора. Незабываемы и впечатления об организованных Витей на берегу Чулышмана банных днях. Импровизированная баня — куча раскаленных на костре камней, накрытых полиэтиленовой пленкой. Выползаешь из под пленки и ныряешь в реку. Ни с чем несравнимое удовольствие!

Недели через две отправляемся снова в поход вверх по Чулышману до его притока Башкаус (река красоты неописуемой!), где и отдыхаем до конца наших отпусков. Здесь мы не только ловили, варили, жарили,



Хорошевский В.Г., Хорошевская Э.Г., Зуенко В.С.

но и коптили рыбу (по «технологии Хорошевского»). Ни с чем не сравнить вкус свежего закопченного хариуса! Во время отдыха Виктор был принципиально против всякой связи с внешним миром — ни газет, ни радио, ни телефонов. Отдых так отдых! Когда мы выходили, что называется из леса, то узнавали, что за это время, например, сменился президент Америки и другие сногшибательные новости. Незабываемые впечатления и великолепный отдых!

Мы бесконечно благодарны судьбе за то, что рядом с нами шли по жизни такие замечательные и надежные друзья Витя и Элла Хорошевские.

Горько и тяжело осознавать, что все это осталось в прошлом, что больше нет рядом с нами Вити, Виктора Гавриловича Хорошевского, человека с большой буквы.

Светлая ему память.



---

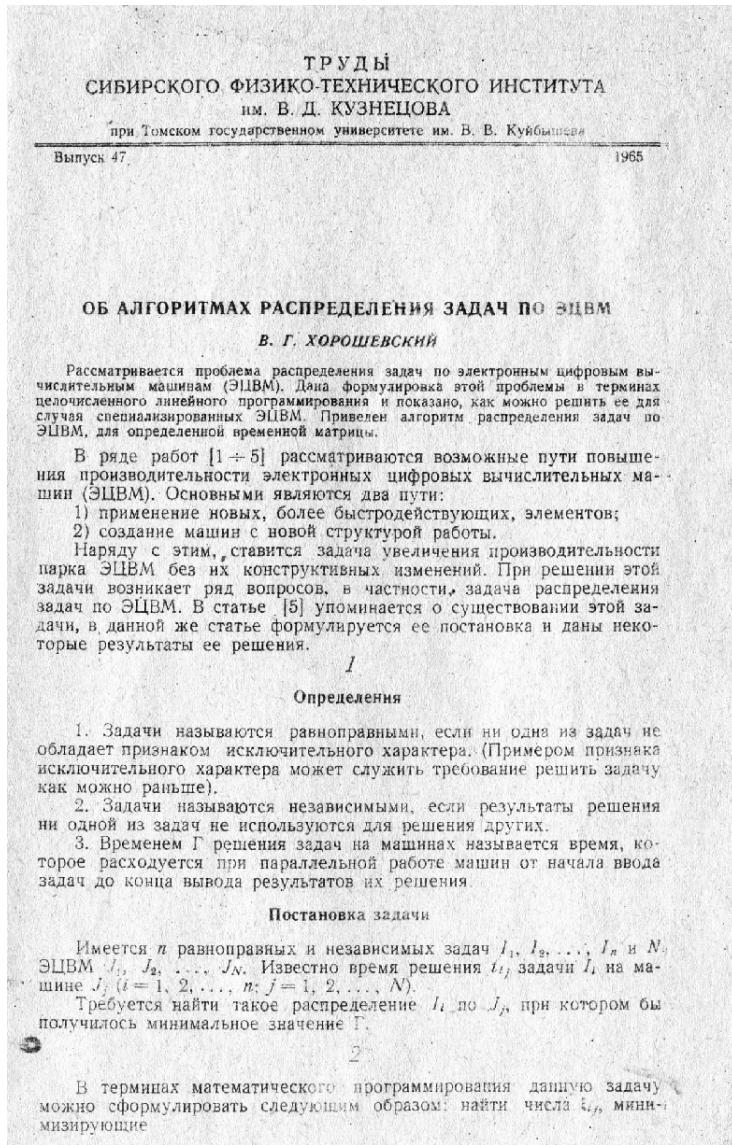
---

## **V. ПРИЛОЖЕНИЕ**





# ДИПЛОМНАЯ РАБОТА В.Г. ХОРОШЕВСКОГО



Рассматривается проблема распределения задач по электронным цифровым вычислительным машинам (ЭЦВМ). Дано формулировка этой проблемы в терминах целочисленного линейного программирования и показано, как можно решить ее для случая специализированных ЭЦВМ. Приведен алгоритм распределения задач по ЭЦВМ, для определенной временной матрицы.

В ряде работ [1 – 5] рассматриваются возможные пути повышения производительности электронных цифровых вычислительных машин (ЭЦВМ). Основными являются два пути:

- 1) применение новых, более быстродействующих, элементов;
- 2) создание машин с новой структурой работы.

Наряду с этим, ставится задача увеличения производительности парка ЭЦВМ без их конструктивных изменений. При решении этой задачи возникает ряд вопросов, в частности, задача распределения задач по ЭЦВМ. В статье [5] упоминается о существовании этой задачи, в данной же статье формулируется ее постановка и даны некоторые результаты ее решения.

## 1

### Определения

1. Задачи называются равноправными, если ни одна из задач не обладает признаком исключительного характера. (Примером признака исключительного характера может служить требование решить задачу как можно раньше).

2. Задачи называются независимыми, если результаты решения ни одной из задач не используются для решения других.

3. Временем  $\Gamma$  решения задач на машинах называется время, которое расходуется при параллельной работе машин от начала ввода задач до конца вывода результатов их решения.

### Постановка задачи

Имеется  $n$  равноправных и независимых задач  $I_1, I_2, \dots, I_n$  и  $N$  ЭЦВМ  $J_1, J_2, \dots, J_N$ . Известно время решения  $t_{ij}$  задачи  $I_i$  на машине  $J_j$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, \dots, N$ ).

Требуется найти такое распределение  $I_i$  по  $J_j$ , при котором бы получилось минимальное значение  $\Gamma$ .

## 2

В терминах математического программирования данную задачу можно сформулировать следующим образом: найти числа  $t_{ij}$ , минимизирующие

$$T = \max_j \{T_j\} = \max_j \left\{ \sum_i \xi_{ij} t_{ij} \right\}$$

при условиях

$$\xi_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{если } I_i \text{ распределена для решения на } J_j, \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$\sum_{j=1}^n \xi_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

К сожалению, данную задачу известными методами линейного программирования пока решить не удается.

### 3

Рассмотрим более простой случай специализированных ЭЦВМ. Для специализированной ЭЦВМ  $J_i$  существует "класс  $\phi_j$ " задач, для которого  $t_{ij} \leq t_{im}$  при  $k \neq j$ .

Предполагая  $n$  достаточно большим (когда найдутся задачи, входящие в различные "классы  $J_j$ ") можно требовать, чтобы в результате распределения задач по ЭЦВМ каждой ЭЦВМ была бы поставлена в соответствие по крайней мере одна задача.

Допустим также, что  $n = N$ . Заметим, что случай  $n \neq N$  можно стандартным методом, принятым в теории линейного программирования, свести к случаю, когда  $n = N$ . Можно сформулировать следующую задачу: найти такие числа  $\xi_{ij}$ , которые минимизируют

$$\sum_{i,j} \xi_{ij} t_{ij} \quad (1)$$

при условиях

$$\xi_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{если } I_i \text{ распределена для решения на } J_j, \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^n \xi_{ij} = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \xi_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n).$$

Двойственная задача состоит в нахождении таких целых чисел  $\xi_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) и  $\eta_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), когда максимально

$$\sum_{i=1}^n \xi_i + \sum_{j=1}^n \eta_j \quad (3)$$

при условиях

$$\xi_i + \eta_j \leq t_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n). \quad (4)$$

### Теорема двойственности

Если переменные  $\xi_{ij}$ ,  $\xi_i$ ,  $\eta_j$  принимают только целые значения, то минимум (1) при ограничениях (2) равен максимуму (3) при ограничениях (4).

Методика доказательства данной теоремы аналогична методике доказательства теоремы двойственности для задачи об оптимальных назначениях в [6].

Следствие. Если переменные  $\xi_{ij}$  минимизируют (1) при условиях (2), то величина времени  $\Gamma = \max_j \left\{ \sum_i \xi_{ij} t_{ij} \right\}$  также минимальна.

Используя теорему двойственности, можно получить распределение задач по специализированным ЭЦВМ, в результате которого будет получено минимальное значение величины  $\Gamma$ .

## 4

Для временной матрицы (табл. 1), обладающей свойством

$$t_{i,j-1} \leq t_{i,j} \leq t_{i,j+1} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 2, 3, \dots, N-1),$$

можно предложить следующий алгоритм распределения задач по ЭЦВМ.

Прежде всего определяется время  $T_j = \sum_{i=1}^n t_{ij}$ , т. е. время решения  $n$  задач на ЭЦВМ  $J_j$  ( $j = 1, 2, \dots, N$ ).

Назовем скорость решения  $n$  задач на ЭЦВМ  $J_j$  величину

$$V_j = 1/T_j \quad (j = 1, 2, \dots, N),$$

Таблица 1

$J_j$	$J_1$	$J_2$	...	$J_{N-1}$	$J_N$
$I_i$	$t_{11}$	$t_{12}$	...	$t_{1,N-1}$	$t_{1,N}$
$I_2$	$t_{21}$	$t_{22}$	...	$t_{2,N-1}$	$t_{2,N}$
$I_{N-1}$	$t_{N-1,1}$	$t_{N-1,2}$	...	$t_{N-1,N-1}$	$t_{N-1,N}$
$I_N$	$t_{N1}$	$t_{N2}$	...	$t_{N,N-1}$	$t_{N,N}$

а скоростью решения  $n$  задач на  $N$  ЭЦВМ величину

$$V = \sum_{j=1}^N V_j = \sum_{j=1}^N 1/T_j.$$

Легко показать, что нижней границей  $\Gamma$ , т. е. времени решения  $n$  задач на  $N$  ЭЦВМ, является величина  $\Theta = 1/V$ .

Можно указать и верхнюю границу  $\Gamma$ , это будет величина  $\Theta_{\text{верх}} = T_N$ .

Необходимо произвести такое распределение задач по ЭЦВМ, чтобы  $\Gamma$  было как можно ближе к  $\Theta$ .

Для этого  $n$  задач разобьем на  $N+1$  подмножества  $n_j$ , где  $j = 1, 2, \dots, N, N+1$ , следующим образом.

I. Подмножество  $n_{N+1}$  является пустым.

II. Подмножества  $n_j$ , где  $j = 2, 3, \dots, N$ , по индукции определим следующим способом.

Пусть известно подмножество  $n_{j+1}$ . Чтобы построить подмножество  $n_j$ , необходимо выполнить следующие операции.

Определить для задач  $I_i \in n_k$ , где  $k > j$ , верхнее приближение  $(\Theta_u)_k$  к  $\Theta$  как минимальную сумму  $t_{ij}$ , которая не меньше  $\Theta$ , т. е.

$$(\Theta_u)_k = \min_I \sum_j t_{ij} \geq \Theta.$$

2. Определить для задач  $I_i \in n_k$ , где  $k > j$ , нижнее приближение  $(\Theta_n)_k$  к  $\Theta$  как максимальную сумму  $t_{ij}$ , которая не больше  $\Theta$ , т. е.

$$(\Theta_u)_j = \max_i \sum_l t_{ij} \leq \Theta.$$

При этом возможны следующие 2 случая.

Случай 1.  
 $(\Theta_u)_j$  — не существует, тогда необходимо найти  $\Theta^l$  для  $i_l$  ( $i = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, j-1$ ).

- a) Если  $\Theta^l < (\Theta_u)_j$ , то процесс повторить сначала, но без учета  $t_{ik}$ , где  $k > j-1$ .
- б) Если же  $\Theta^l > (\Theta_u)_j$ , то задачу  $I_l$  с  $t_{ij} = (\Theta_u)_j$  включить в подмножество  $n_j$ , и процесс повторить с пункта II. 1. для  $(j-1)$ .

Случай 2.

$(\Theta_u)_j$  — существует, тогда необходимо найти:

- a)  $(\tau_u)_j = (\Theta_u)_j - \Theta$ ;
- б)  $(\tau_u)_j = \Theta - (\Theta_u)_j$ .

При этом возможны следующие ситуации:

- а)  $(\tau_u)_j > (\tau_v)_j$ . Тогда в  $n_j$  включается минимальное число задач  $I'_j \in n_k$ , где  $k > j$ , для которых  $\sum_l t_{lj} = (\Theta_u)_j$ .
- б)  $(\tau_u)_j < (\tau_v)_j$ ; в этом случае в  $n_j$  включается минимальное число задач  $I'_j \in n_k$ , где  $k > j$ , для которых  $\sum_l t_{lj} = (\Theta_v)_j$ .

III. В подмножество  $n_j$  включаются все задачи, которые не вошли в подмножества  $n_j$  ( $j = 2, 3, \dots, N$ ).

Таким образом, получено распределение задач по ЭЦВМ, т. к. каждой ЭЦВМ  $J_j$  поставлено в соответствие подмножество  $n_j$ .

Для решения задач  $I'_j \in n_j$  на ЭЦВМ  $J_j$  потребуется время  $\Gamma_j = \sum_l t_{lj} (j = 1, 2, \dots, N)$ .

Временем решения  $n$  задач на  $N$  ЭЦВМ будет  $\Gamma = \max_j \Gamma_j$ .

Приведем 2 примера, которые иллюстрируют алгоритм.

Пример 1. Пусть имеются 3 одинаковых ЭЦВМ  $J_1, J_2, J_3$  и 7 задач  $I_1, I_2, \dots, I_7$ ; временная матрица приведена в табл. 2.

$I_2$	$I_1$	$I_3$	$I_4$
$I_4$	6	6	6
$I_5$	3	3	3
$I_3$	1	1	1
$I_6$	2	2	2
$I_7$	4	4	4
$I_2$	7	7	7
$I_1$	8	8	8

1. Найдем  $\Theta$ .

$$\Theta = \frac{1}{V} = \frac{1}{\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^7 t_{ij}} = 10,33.$$

2.  $(\Theta_u)_3 = 11; (\Theta_u)_2 = 10; (\tau_u)_3 = 0,67; (\tau_u)_2 = 0,33$ .

Так как  $(\tau_u)_3 > (\tau_u)_2$  ( $0,67 > 0,33$ ), то в  $n_3$  включим задачи  $I'_3$ , для которых  $\sum_l t_{3l} = (\Theta_u)_3$ , а именно  $I_2, I_6$ .

Выделим жирным шрифтом  $t_{23}, t_{63}$ .

## Об алгоритмах распределения задач по ЭЦВМ

**Замечание.** Для одинаковых ЭЦВМ в подмножестве  $n_j$  можно включать не обязательно минимальное число задач  $I_i \in n_k$ , где  $k > j$ , для которых  $\sum t_{ij} = (\Theta_u)_j$  при условии  $(\tau_u)_j \geq (\tau_n)_j$ , либо  $\sum t_{ij} = (\Theta_u)_j$  при условии  $(\tau_u)_j < (\tau_n)_j$ .

3. Аналогично строится подмножество  $n_2$ ; в него войдут  $I_1, I_7$ . Выделим жирным шрифтом  $t_{42}, t_{72}$ .

4. В подмножество  $n_1$  включаются все задачи, не вошедшие в  $n_2$  и  $n_3$ ; это  $I_1, I_3, I_5, t_{11}, t_{31}, t_{51}$  — выделим жирным шрифтом.

5. Время решения 7 задач на 3 ЭЦВМ для данной матрицы равно  $\Gamma = \max\{11, 10, 10\} = 11$ .

Это значение является минимальным для величины  $\Gamma$ .

Пример 2. Пусть имеется временная матрица (табл. 3).

Таблица 3

	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J_4$	$J_5$	$J_6$
$I_j$						
$I_1$	2	2	4	10	20	200
$I_2$	4	4	8	20	40	400
$I_3$	3	3	6	15	30	300
$I_4$	6	6	12	30	60	600
$I_5$	7	7	14	35	70	700
$I_6$	8	8	16	40	80	800
$I_7$	5	5	10	25	50	500
$I_8$	10	10	20	50	100	1000
$I_9$	9	9	18	45	90	900

Произведем распределение задач в соответствии с алгоритмом.

1. Вычислим  $\Theta_1$ :

$$\Theta_1 = \frac{1}{V} = \frac{1}{\sum_{i=1}^6 1 / \sum_{j=1}^7 t_{ij}} = 19.217.$$

2.  $(\Theta_u)_4 = 200$ .  $(\Theta_u)_4$  — не существует; таким образом, мы имеем случай из пункта II. 1. алгоритма.

3. Найдем  $\Theta^t$  для  $t_{1l}$  ( $l = 1, 2, \dots, 9$ ;  $t = 1, 2, \dots, 5$ ).

$$\Theta^t = \frac{1}{V} = \frac{1}{\sum_{i=1}^6 1 / \sum_{j=1}^7 t_{ij}} = 19.285.$$

4. Так как  $\Theta^t < (\Theta_u)_6$  ( $19.285 < 200$ ), то, ориентируясь на  $\Theta^t$ , находим  $(\Theta_u)_6 \cdot (\Theta_u)_5 = 20$ . Видно, что это снова случай 1 пункта II. 1.

5. Найдем  $\Theta^t$  для  $t_{im}$  ( $i = 1, 2, \dots, 9$ ;  $m = 1, 2, 3, 4$ ). Т. к.  $\Theta^t = 20$ , то в подмножество  $n_5$  включим задачи  $I_1, I_{13}$  — выделим жирным шрифтом.

6. Снова ориентируясь на  $\Theta^t$  видим, что  $(\Theta_u)_4 = 20$ ;  $(\Theta_u)_1 = 15$ . Это случай 2 пункта II. 2. Т. к.  $(\tau_u)_4 < (\tau_n)_4$ , то за  $n_4$  возьмем элемент  $I_2$ . Выделим  $t_{24}$ .

3. Том. 47

7.  $(\Theta_n)_3 = 20$ ;  $(\Theta_n)_8 = 18$ .  
 $(\tau_3)_3 < (\tau_{n_2})_3$ , поэтому в  $n_2$  включим минимальное число задач  $I_1 \in n_k$ , где  $k > 3$ , для которых  $\sum t_{1j} = (\Theta_n)_3 = 20$ . Видно, что  $n_3$  будет состоять из одной задачи  $I_8$ ;  $I_{83}$  — выделим жирным шрифтом.

8. Аналогично найдем  $n_2$ ; в него войдут задачи  $I_8$ ,  $I_5$ ,  $I_6$ . Выделим  $t_{12}$ ,  $t_{55}$ ,  $t_{62}$ .

9. В подмножество  $n_1$  включим все задачи, не вошедшие в  $n_j$ , где  $j = 2, 3, \dots, 5$ . Таковыми будут  $I_4$ ,  $I_6$ ,  $I_7$ ;  $t_{41}$ ,  $t_{61}$ ,  $t_{71}$  — выделим жирным шрифтом.

10. Время решения 9 задач на 6 ЭЦВМ для данной временной матрицы равно  $\Gamma = \max \{19, 19, 20, 20, 20, 0\} = 20$ ; нетрудно заметить, что это минимальное значение величины  $\Gamma$ .

### 6

Практически возможны случаи, когда вычислительный центр, имеющий парк ЭЦВМ, может эксплуатироваться различными организациями  $R$  в течение времени  $T_R$ .

Если окажется, что  $T_R \gg \Theta$ , то приведенный алгоритм останется в-енде.

Если же  $T_R < \Theta$ , то в алгоритме необходимо произвести ниже следующие изменения.

1.  $n$  задач разбивается на  $N + 2$  подмножества  $n_j$ , где  $j = 0, 1, \dots, N, N + 1$ .

2. Подмножества  $n_j$ , где  $j = 1, 2, \dots, N$  по индукции определяются изложенным способом, только здесь вместо  $\Theta$  следует взять  $T_R$ .

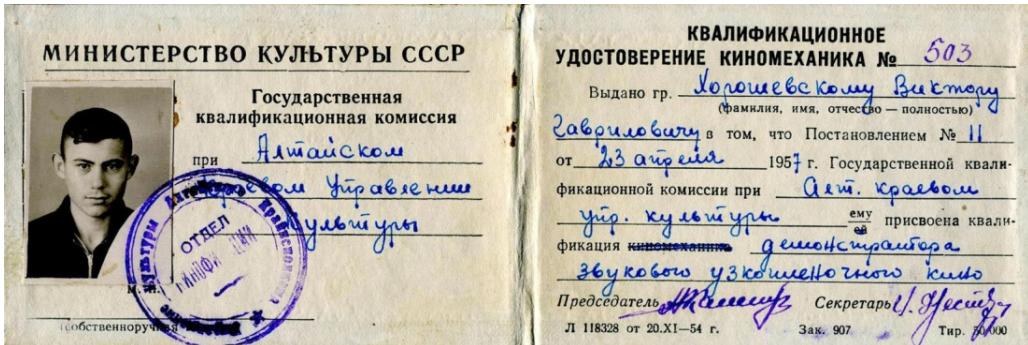
3. В подмножество  $n_0$  включаются все задачи, которые не вошли в подмножества  $n_j$ , где  $j = 1, 2, \dots, N$ . Задачи подмножества  $n_0$  фактически за время  $T_R$  не будут решены.

Автор благодарит Кирюхина В. В., Косарева А. А. и Сидристого Б. А. за полезное обсуждение.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Ф. Содд. *Multiprogramming. Advances in computers*, v1. 3. Academic Press, New-York—London, 1962.
2. Э. Ф. Код, Э. С. Лоури, Э. Мак-Донаф, С. А. Скэлз. *Мультипрограммирование для машинки „Стретт“*. Рассмотрение возможностей. Кибернетический сборник, 2. ИЛ, 1961.
3. Э. В. Евреинов, Ю. Г. Косарев. *О возможности построения вычислительных систем высокой производительности*. Издательство СО АН СССР, 1963.
4. Курс программирования для Гамма-66. ИЛ, 1962.
5. Д. А. Паспелов. *О структуре вычислительной машины с несколькими арифметическими блоками*. Грузин московского Энергетического института; Вычислительная техника, 41, 1962.
6. Д. Гейл. *Теория линейных экономических моделей*. ИЛ, 1963.

## КОПИИ ДОКУМЕНТОВ



# ДИПЛОМ КАНДИДАТА НАУК



МТН № 039781

Москва 3 января 1969 г.

Решением  
Совета по физико-математическим и техническим наукам  
СО АН ССР  
от 22 октября 1968 г. (протокол № 5<sup>o</sup>)

Хорошевскому Виктору Гавриловичу  
ПРИСУЖДЕНА УЧЕННАЯ СТЕПЕНЬ КАНДИДАТА  
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



Председатель  
Совета  
Ученый Секретарь  
Совета

Г. Горбунов  
||||| Енгизубин

# АПТЕСТАП ДОЦЕНТА



МДЦ № 086339

Москва 4 июля 1977 г.



Решением  
Высшей Аттестационной Комиссии  
от 15 марта 1977 г. (протокол № 14/Б)  
*Горошевский Виктор Гаврилович*  
УТВЕРЖДЕН В УЧЕНОМ ЗВАНИИ ДОЦЕНТА  
ПО КАФЕДРЕ

„Высшего народного техника“



Зас. Председатель Высшей  
Аттестационной Комиссии  
Ученый Секретарь Высшей  
Аттестационной Комиссии

*Д. Горошевский*  
*В. Баринов*

# ДИПЛОМ ДОКТОРА НАУК



МНН № 006866

Москва 17 июля 1974 г.



Решением  
Высшей Аттестационной Комиссии

от 26 апреля 1974 г. (протокол № 32)

Хорошевскому Виктору Гавриловичу  
ПРИСУЖДЕНА УЧЕННАЯ СТЕПЕНЬ ДОКТОРА  
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



Председатель Высшей

Аттестационной Комиссии

Ученый Секретарь Высшей

Аттестационной Комиссии

М. Емельян  
Васильев

АППЕСТАТ  
СТАРШЕГО НАУЧНОГО  
СОТРУДНИКА



МСН № 044181

Москва 11 ноября 1974 г.

Решением  
Президиума Академии Наук  
Союза ССР

от 4 апреля 1974 г. (протокол № 379)

Горошевский Виктор Гаврилович  
УТВЕРЖДЕН В УЧЕНОМ ЗВАНИИ  
СТАРШЕГО НАУЧНОГО СОТРУДНИКА

ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

«*техническая кибернетика и теория информации*»



Б. Президент Академии Наук  
Ч. о. Главный Ученый Секретарь  
Президиума Академии Наук





Российская Академия Наук

РОССИЙСКАЯ  
АКАДЕМИЯ НАУК

НА ОСНОВАНИИ УСТАВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ИЗБРАЛА

Виктора Гавриловича  
ХОРОШЕВСКОГО

ЧЛЕНОМ-КОРРЕСПОНДЕНТОМ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

по Отделению информатики, вычислительной техники  
и автоматизации  
на вакансию для Сибирского отделения

26 мая 2000 г.

Президент  
Российской академии наук  
академик

Ю.С. ОСИПОВ

№ 2089

Главный научный секретарь  
Российской академии наук  
академик

Н.А. ПЛАТЭ



*Хорошевский*  
(фамилия)  
*Виктор*  
(имя)  
*Гаврилович*  
(отчество)

Присвоено почетное звание

*"Заслуженный деятель науки  
Российской Федерации"*



*Андрей*

Указ Президента  
Российской Федерации

от 11 мая 2009 года

ДУБЛИКАТ



# ДИПЛОМ

ПРЕЗИДИУМ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

постановлением от 30 октября 2012 года присудил

ДОКТОРУ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Виктору Владимировичу  
КОРНЕЕВУ

ДОКТОРУ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

Алексею Оттовичу  
ЛАЦИСУ

ЧЛЕНУ-КОРРЕСПОНДЕНТУ РАН

Виктору Гавриловичу  
ХОРОШЕВСКОМУ  
(посмертно)

ПРЕМИЮ имени С.А. ЛЕБЕДЕВА

ЗА СЕРИЮ НАУЧНЫХ РАБОТ ПО ЕДИНОЙ ТЕМАТИКЕ  
«ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ОСНОВ РАЗРАБОТКИ  
И РЕАЛИЗАЦИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РОССИИ»

ПРЕЗИДЕНТ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
АКАДЕМИК

ГЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
ПРЕЗИДИУМА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
АКАДЕМИК



Ю.С. Осипов  
B.B. Костюк

№ 1899

Москва



**ДИПЛОМ**  
ЛАУРЕАТА  
ПРЕМИИ ПРАВИТЕЛЬСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РАСПОРЯЖЕНИЕМ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*от 15 ноября 2012 г. № 2111-р*

ПРИСУЖДЕНА

**ПРЕМИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ**

ХОРОШЕВСКОМУ  
Виктору Гавриловичу (посмертно)–

---

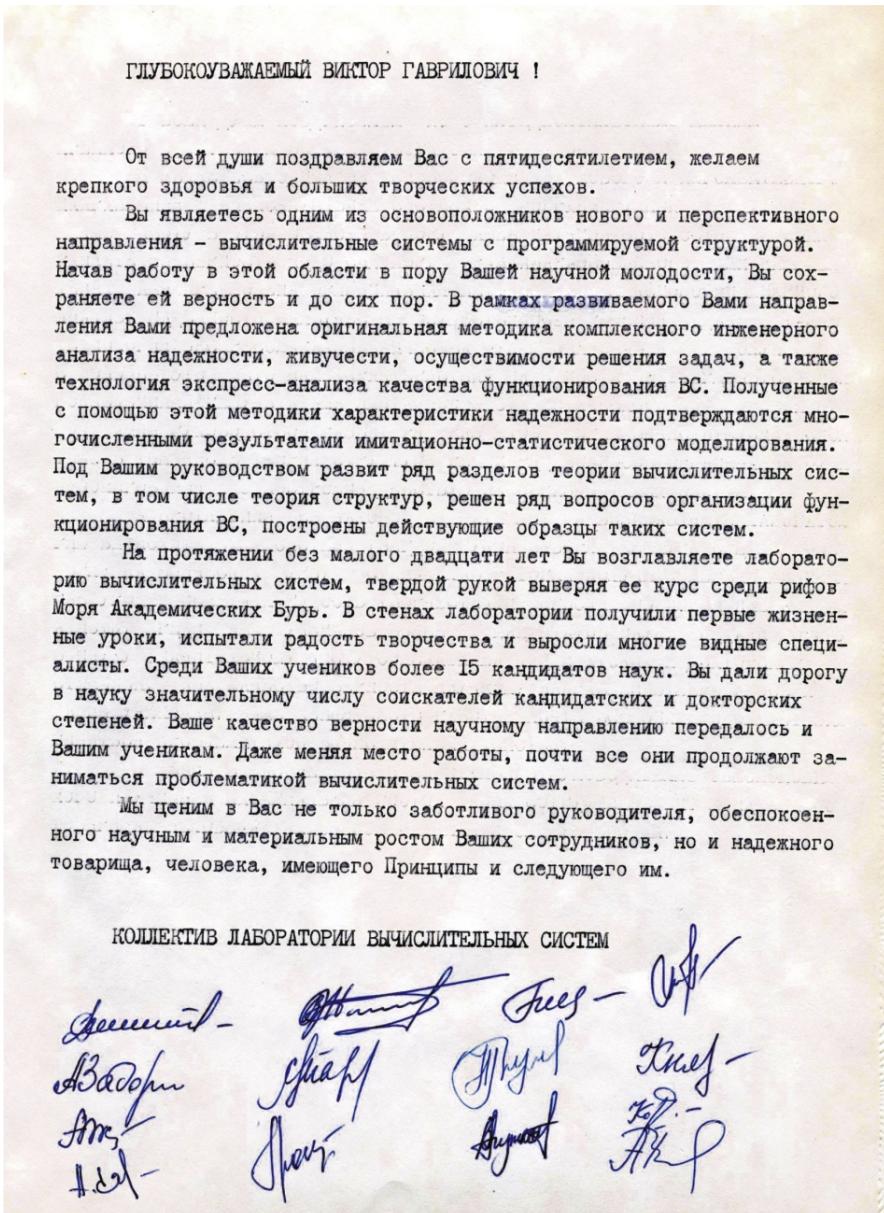
## ФОТОГРАФИИ ИЗ СЕМЕЙНОГО АЛЬБОМА



Лаборатория вычислительных систем, Институт математики СО АН СССР  
Воробьев В.А., Хорошевский В.Г., Шум Л.С., Серухин С.Г.



Лаборатория вычислительных систем, Институт математики СО АН СССР, 1986 г. Первый ряд:  
Монахова Э.А., Ануфриева О.М., Потапова Ю.Н., Зеброва Е.С., Морозова Л.Е. Второй ряд:  
Димитриев Ю.К., Минин Е.П., Тарков М.С., Корнеев В.В., Монахов О.Г., Задорожный А.Ф.,  
Хоропьевский В.Г.





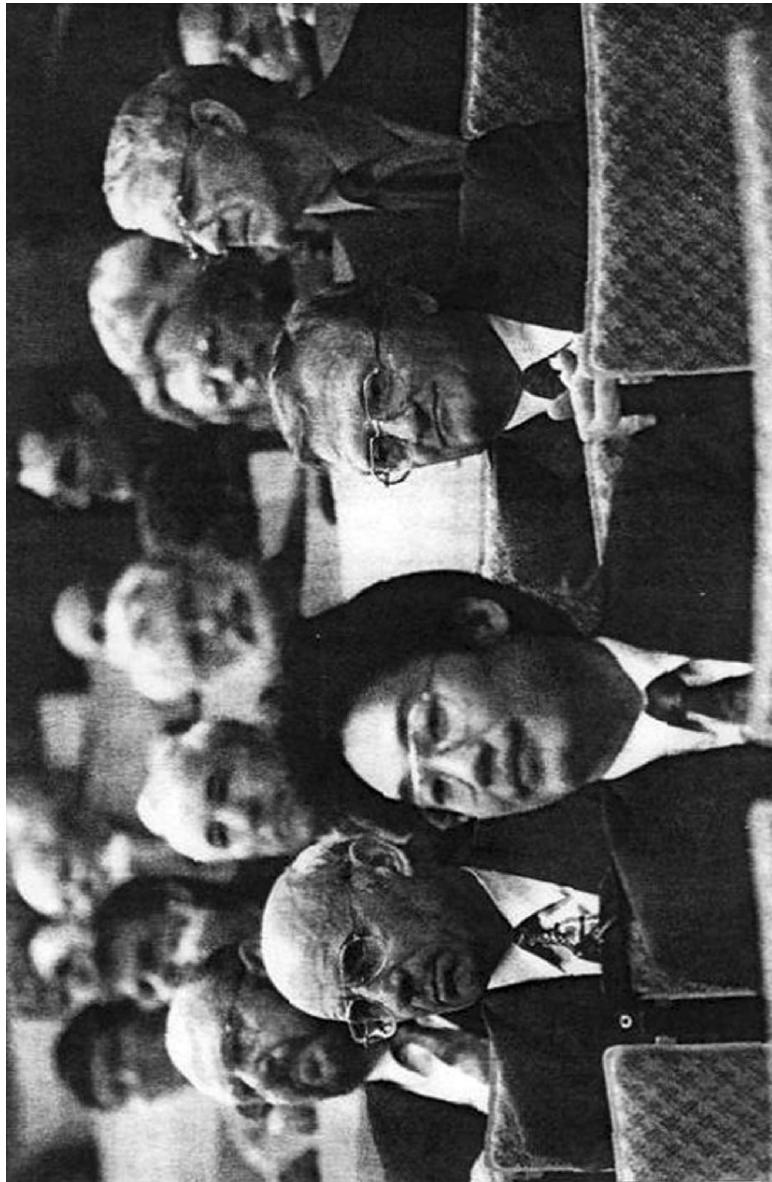
Лаборатория вычислительных систем, ИФП СО РАН, весна, 2014 г.

Сидят: Перышкова Е.Н., Павский К.В., Головина И.П., Ефимов А.В.

Стоят: Посохов А.С., Поляков А.Ю., Мамойленко С.Н., Пазников А.А., Маркус Е.Д.,  
Курносов М.Г., Кулагин И.И.



Конференция «Системотехника-81», Карловы Вары,  
28 апреля 1981 г., Хорошевский В., Боянов К.



42-й международный научный конгресс, Ильменау, Германия, 1997 г.,  
Второй ряд: профессор Хорошевский и профессор Шенефельд



Братья Иван и Михаил Хорошевские после войны



Виктор Гаврилович (26 лет) с дочерью Ольгой (1 год)



Встреча выпускников. 50 лет школе № 13, Горно-Алтайск, 10 октября 1987 г.  
Второй ряд, слева направо: Гиликов К.И. (учитель физики), Четушкин А.П. (учитель  
географии), Штанаков Ю.В. (выпуск 1957 г.), Хоролевский В.Г., Кабаков Л.М.,  
Зяблицкий В.Е.



Виктор Гаврилович с близким другом Валерием Смирновым на Телецком озере



Отпуск. Коптильня на реке Чулышман (Горный Алтай)



Братья Михаил, Виктор и Федор на реке Чулышман (Горный Алтай)



На Чулышмане с тайменем  
(Горный Алтай)



С сыном Дмитрием. Чуйский тракт, 1990 г.



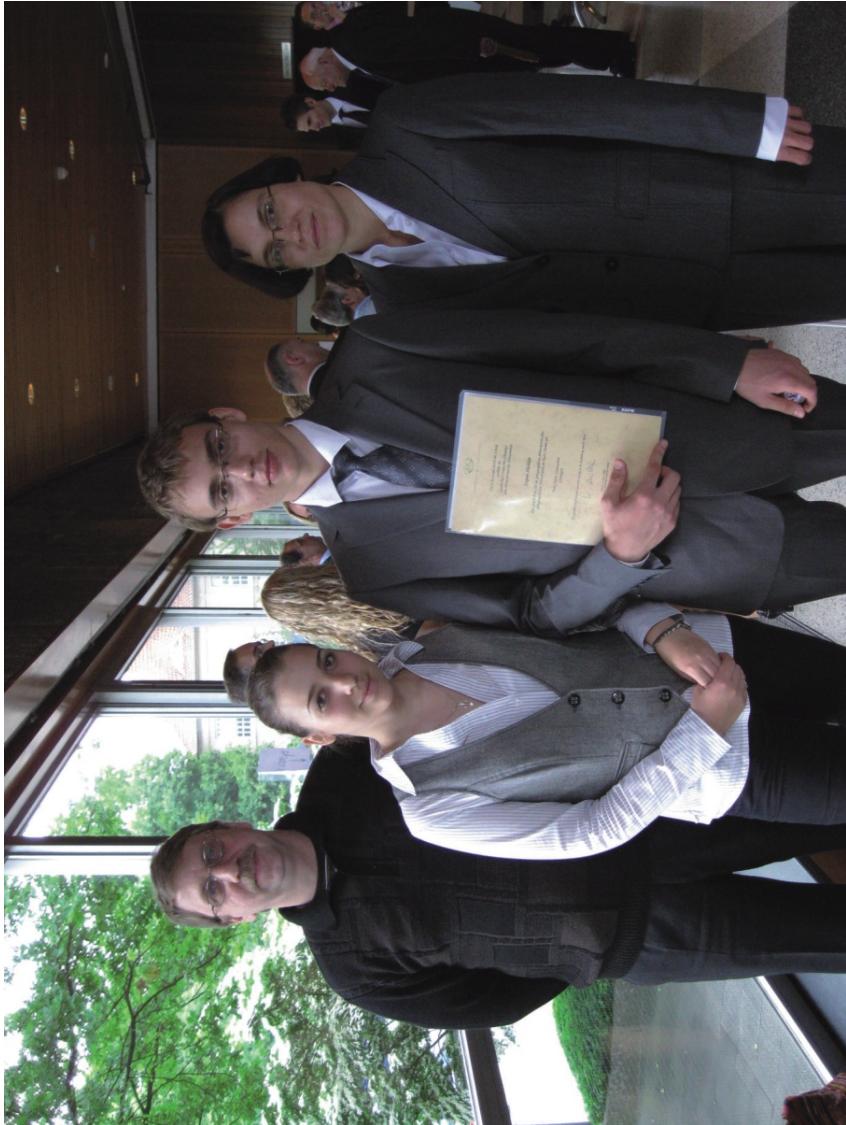
С женой и дочерью Ольгой



Горный поход на Памире



Виктор Гаврилович с внуком Степаном, женой, сыном Дмитрием, внучкой Настей в деревне Ерестной (Новосибирская область)



Андрей Дмитриевич Шикишин (муж Ольги Викторовны), внучка Насиля, внуок Степан, Ольга Викторовна (дочь Виктора Гавриловича). Степан окончил гимназию. В руках у него Диплом лучшего химика. Геттинген, Германия, 2009 год.



Ольга Викторовна с детьми Степаном, Настей и Александром

Научное издание  
Серия «Наука Сибири в лицах»

**ВИКТОР ГАВРИЛОВИЧ  
ХОРОШЕВСКИЙ  
УЧЕНИК. УЧЕНЫЙ. УЧИТЕЛЬ**

Редактор *Н.В. Меркулова*

Дизайн и верстка *Н.В. Черепановой*

---

Подписано к печати 25.09.2015 Формат бумаги 70 100  $\frac{1}{16}$   
Гарнитура Bookman Old Style

Усл. печ. л. 16,77. Уч.-изд. л. 11,0. Тираж 300 экз. Заказ № 1118.

Отпечатано в типографии ООО «Параллель».  
630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 4/1, тел. (383) 330-26-98.