

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

ОБЪЕДИНЕННЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ ИНФОРМАТИКИ,
УПРАВЛЕНИЯ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ПРИ ПРЕЗИДИУМЕ СПб НЦ РАН

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ГРУППА
РОССИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО КОМИТЕТА ПО АВТОМАТИЧЕСКОМУ УПРАВЛЕНИЮ

ИСТОРИЯ ИНФОРМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ (ЛЕНИНГРАДЕ)

Выпуск 3

*Под общей редакцией
члена-корреспондента РАН
Р. М. Юсупова*



Санкт-Петербург
Наука
2012

УДК 007
ББК 32/81
И90

Рецензенты:

Советов Б. Я. — академик Российской академии образования,
д-р техн. наук, профессор
Котенко В. П. — д-р филос. наук, профессор
Савельева Е. А. — канд. ист. наук

История информатики и кибернетики в Санкт-Петербурге (Ленинграде). Выпуск 3. // Под общ. ред. чл.-кор. РАН Р. М. Юсупова. Составитель М. А. Вус. Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН. — СПб.: Наука, Изд-во ООО «Анатолия», 2012. — 216 с.: ил.

ISBN 978-5-02-025337-7 (Общ.)

ISBN 978-5-7452-0003-8 (Вып. 3)

Данное серийное издание было учреждено в 2008 г. СПИИРАН, Санкт-Петербургской территориальной группой НКАУ и Издательской фирмой Академиздатцентра «Наука» РАН. В настоящем выпуске освещается вклад ряда петербургских научных школ и ведущих ученых в становление и развитие отечественной кибернетики, а также в разработку основ теории управления и информатики.

Редакционный совет: В. Г. Пешехонов — академик РАН, председатель;
Г. А. Леонов — член-корреспондент РАН;
Р. М. Юсупов — член-корреспондент РАН;
Б. Я. Советов — академик РАО, д-р техн. наук, профессор;
М. А. Вус — канд. техн. наук;
М. Б. Игнатьев — д-р техн. наук, профессор;
О. С. Ипатов — д-р техн. наук, профессор;
В. А. Сарычев — д-р техн. наук, профессор;
А. Л. Фрадков — д-р техн. наук, профессор;
И. Г. Черноуцкий — д-р техн. наук, профессор;
В. Б. Яковлев — д-р техн. наук, профессор.

ISBN 978-5-02-025337-7 (Общ.)
ISBN 978-5-7452-0003-8 (Вып. 3)

© Коллектив авторов, 2012
© СПИИРАН, 2012
© Издательство «Наука», 2012
© Издательство ООО «Анатолия», 2012

История добывает для юности разум стариков.

Диодор

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемые читатели! Перед вами третий выпуск издания «История информатики и кибернетики в Санкт-Петербурге (Ленинграде)». Первый выпуск вышел в свет в 2008 г., выпуск второй — в 2010 г. Материалы обоих выпусков вызвали живой интерес и положительную реакцию научной общественности, особенно у специалистов и преподавателей соответствующих дисциплин в высшей и средней школе.

В двух предыдущих выпусках была успешно реализована идея формирования в серии трех разделов: общие сведения о развитии информатики и кибернетики в нашем городе, информация о вкладе отдельных организаций и сведения о деятельности выдающихся ученых. В процессе реализации проекта родилось четвертое направление — история развития отношений петербургских научных и образовательных учреждений и отдельных ученых с регионами России и зарубежья. Так, уже во втором выпуске появился раздел «Ленинградская высшая школа и формирование кадрового потенциала белорусской науки в области информатики и кибернетики», подготовленный старшими научными сотрудниками Объединенного института проблем информатики НАН Республики Беларусь О. И. Семенковым и С. А. Шавровым.

Влияние Санкт-Петербурга (Ленинграда) на развитие науки и образования в России и независимых государствах, образовавшихся после распада СССР, весьма велико. Оно обусловлено многими факторами, основными из которых, по нашему мнению, являются два следующих: во-первых, Санкт-Петербург более двухсот лет был столицей России, в том числе научной и образовательной столицей; во-вторых, во время Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. многие ведущие научно-исследовательские учреждения и вузы Ленинграда были эвакуированы в восточные и южные регионы страны. Естественно, что эти регионы получили в результате этого мощный импульс для развития науки и образования.

Отмеченные обстоятельства требуют отдельного исторического и науковедческого осмысления, анализа и обобщения. В связи с этим мы надеемся, что в последующих выпусках нашего издания появятся статьи, посвященные научно-образовательным связям города с такими регионами как Татарстан, Башкортостан, Карелия и др.

Во втором выпуске появилась также рубрика, посвященная юбилярам — известным ученым в области информатики и кибернетики. Первыми персонажами этой рубрики оказались академик В. Г. Пешехонов и член-корреспондент РАН Р. М. Юсупов. В третьем выпуске редакционный совет поздравляет с 80-летием профессора М. Б. Игнатьева, известного специалиста в области кибернетики, вычислительной техники, робототехники и артоники. Многогранная деятельность М. Б. Игнатьева в этих областях науки и техники освещена в выпуске в его воспоминаниях и в статьях Б. В. Егорова «Из истории артоники» и М. Б. Игнатьева, А. В. Никитина «Технология

виртуальных миров как основа развития информационных технологий высокой потребительской стоимости».

Украшением третьего выпуска стала новая рубрика «Из фондов и архивов Библиотеки Российской академии наук», в которой директор БАН В.П. Леонов и с.н.с. СПИИРАН М.А. Вус представили раритетные издания, иллюстрирующие веки истории развития средств для счета и автоматизации вычислений в XVII–XIX вв. в России.



*Академик Ж. И. Алфёров (сидит первый слева)
с коллективом лаборатории роботехники СПИИРАН (1998 г.).*



*Академики Е. И. Велихов и Ф. Г. Рутберг (второй и третий слева)
в Музее истории СПИИРАН и школы К. Мая (2002 г.).*



Рабочие будни в Музее истории СПИИРАН и школы К. Мая.

ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ К ПЕРВОМУ ВЫПУСКУ

Санкт-Петербург занимает особое место в истории развития отечественной и мировой науки, фактически он является «родиной» российской науки. Именно в этом городе 28 января 1724 г. Указом Петра Великого было основано первое в России высшее научно-учебное заведение — Академия наук в составе собственно Академии, академического университета и академической гимназии.

В течение первых двух столетий столичный статус города, высокий уровень культурной среды, сосредоточение в нем основного академического и университетского потенциалов России, тесные связи с европейским научным сообществом способствовали ускоренному развитию научной мысли.

Тогда в Санкт-Петербурге сформировались научные школы мирового уровня в области физики, астрономии, химии, математики, механики, физиологии, востоковедения.

«Петербургскими фрагментами» научной картины мира явились: «...периодическая система элементов Менделеева, учение об условных рефлексах Сеченова и Павлова, фагоцитарный иммунитет Мечникова, расширяющаяся Вселенная Фридмана, радио Попова, бесчисленные формулы и уравнения Эйлера, цепные реакции Семенова, закон гомологических рядов Вавилова, асимптотический закон распределения больших чисел Чебышева, линейное программирование Канторовича, атмосфера Венеры Ломоносова, суппорт Нартова, экситон Френкеля и Гросса, телепередатчик Зворыкина, электродвигатель и гальваноупругость Якоби, полупроводниковые свойства соединений *A3B5* Горюновой и Регеля, поворотно-изомерная модель полимерных цепей Волькенштейна. Это множество открытых явлений и эффектов, небесных тел и химических реакций, новых веществ, технологий и целых отраслей промышленности, расшифрованных письменностей и введенных в научный оборот документов...».¹

Первую Нобелевскую премию в нашей стране получил петербуржец И. П. Павлов. С Санкт-Петербургом (Ленинградом) связаны имена и других нобелевских лауреатов — И. И. Мечникова, Н. Н. Семенова, И. М. Франка, А. М. Прохорова, Л. Д. Ландау, Л. В. Канторовича, П. Л. Капицы, Ж. И. Алфёрова.

После возвращения Москве статуса столицы страны центральные учреждения Академии наук и ряд ведущих институтов в 1934 г. переехали на новое место. Однако глубокие исторические традиции, инерционность (в хорошем смысле) научно-образовательных процессов и «высокоинтеллектуальная атмосфера» самого города позволили сохранить за Ленинградом — Санкт-Петербургом роль ведущего научного центра страны.

С участием ученых города продолжалось активное развитие таких «классических наук», как математика, физика, механика, биология и т. д. В то же время бурное развитие научно-технической революции в двадцатом столетии привело к формированию

¹ Алфёров Ж. И., Троп Э. А. Санкт-Петербургский научный центр — историческое ядро Российской академии наук. Материалы Международной конференции «Петербургская академия наук в истории академий мира». Том I, СПб, 1999.

целого ряда новых научных направлений фундаментального и прикладного характера, особенно в области естественных и технических наук.

Среди них особое место занимают кибернетика и информатика, тесно связанные между собой междисциплинарные научные направления, оказавшие революционное влияние на развитие системно-управленческого мышления и технологической базы современной экономики и производства.

К. Бейтсон в своей книге «Экология разума» выделяет два важнейших события XX в., которые по его мнению изменили мир: версальский мирный договор, как прецедент международного политического вероломства, и становление кибернетики.¹ Представляется, что эта диада может быть дополнена третьей составляющей — информатикой и информационными (информационно-коммуникационными) технологиями. Последние явились катализатором развития всех областей человеческой деятельности и даже привели к формированию новой формации в истории человечества — информационного общества.

Начало становления кибернетики как науки об общих законах управления и связи в сложных системах различной природы связывают с изданием в 1948 г. книги Н. Винера «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине». Кибернетика в определенной мере обобщает принципы и методы теории автоматического управления и регулирования, развитые ещё в предкибернетический период. Как отметил известный специалист в области теории автоматического управления академик А. А. Красовский, «главное в кибернетике — теория управления».²

Информатика как наука о методах и средствах сбора, хранения, обработки, представления и передачи информации начала формироваться в середине шестидесятых годов прошлого столетия. На становление информатики существенное влияние оказывала и продолжает оказывать до сих пор кибернетика. Это связано с тем, что, во-первых, информатика развивалась в значительной мере в недрах кибернетики, фактически на единой технической базе — вычислительной технике и средствах связи и передачи данных, во-вторых, кибернетика являясь наукой об общих законах и закономерностях управления и связи, объективно была вынуждена заниматься вопросами использования информации в интересах управления. Информационный фактор пронизывал многие определения кибернетики.³ В свое время даже были предложения рассматривать информатику как кибернетику на современном этапе.

Нам представляется, что кибернетика и информатика могут и должны рассматриваться как вполне самостоятельные, относительно молодые научные направления, имеющие свои понятийные аппараты, теоретико-методологические основы, задачи, объекты и предметы исследования.⁴ Возможно, что для их развития пока характерен режим сиамских близнецов, проявляющийся в том, что ряд научных дисциплин (например, шенноновская теория информации, теория искусственного интеллекта, теория моделирования, теоретические основы вычислительной техники) разными авторами и разными университетскими учебными программами причисляются то к кибернетике, то к информатике. В значительной мере это определяется двумя обстоятельствами. Во-первых, молодостью рассматриваемых наук, которые ещё переживают период формирования и становления. Во-вторых, превалированием субъективных интересов

¹ Бейтсон К. Экология разума. — М.: Смысл, 2000.

² Красовский А. А. Исторический очерк развития и состояния теории управления. В кн. «Современная прикладная теория управления». Часть 1. / Под ред. А. А. Колесникова. — Таганрог, Изд-во ТРГУ, 2004.

³ Юсуфов Р. М. О становлении и перспективах развития информатики. Труды IX Международной конференции «Проблемы управления в сложных системах», 22–28 июня 2007, Самара. — Самара: Самарский ИЦ РАН, 2007.

⁴ Юсуфов Р. М., Соколов Б. В. Проблемы развития кибернетики и информатики на современном этапе. // Сб. «Кибернетика и информатика». — СПб.: Издательство СПбГПУ, 2006.

отдельных научных школ или научных авторитетов при определении границ того или иного научного направления.

Можно согласиться с мнением, что обоснование структуры той или иной науки должно базироваться на определенном науковедческом принципе или, по крайней мере, на здравом смысле. Так, к информатике и к другим наукам (включая кибернетику), где рассматриваются информация и методы и средства работы с ней, можно использовать, как нам представляется, следующий подход.

В информатике в основном изучаются теория информационных процессов и методы и средства оперирования с информацией в общем случае, безотносительно к областям применения и использования информации. Вопросы использования и применения информации изучаются уже в других научных дисциплинах. В частности проблемы использования информации для управления объектами различной природы изучаются в кибернетике и теории управления. Изучение и использование информации о состоянии здоровья человека рассматриваются в медицине, информационные процессы в обучении исследуются в педагогике и т. д. Изложенный подход может позволить более или менее обоснованно и конкретно очертить границы информатики и кибернетики.

Кибернетике и информатике не многим более 50 лет. Становление этих наук в стране проходило не в идеальных условиях. Достаточно напомнить в связи с этим нападки на кибернетику в пятидесятых годах прошлого столетия, навешивание на неё ярлыка реакционного учения, «псевдонауки, выполняющей роль верной служанки империалистической реакции». На судьбу отечественной информатики заметное негативное влияние оказала принятая в середине 60-х гг. руководством страны стратегия копирования зарубежных, в основном американских (в частности, систем и машин «IBM-360») разработок в области компьютеростроения.

У истоков кибернетики и информатики в стране стояли А. И. Берг, Б. Н. Петров, Е. П. Велихов, А. А. Воронов, Е. П. Попов, В. М. Глушков, С. А. Лебедев, А. А. Дородницын, Л. В. Канторович, А. П. Ершов, А. Н. Колмогоров, А. А. Ляпунов, Г. С. Поспелов, В. И. Сифоров, С. В. Яблонский, С. С. Лавров, В. А. Трапезников, Я. З. Цыпкин, Б. Н. Наумов, Д. А. Поспелов, О. М. Белоцерковский, А. А. Красовский, В. С. Михалевич и многие другие.



Петербургские книги
выход в развитии науки
в мире и в нашей стране.
Мы гордимся своим делом
и хотим бережно хранить
эти знания и память.
Академик Ю. М. Марчук
16.04.2012 г.

Академик Г. И. Марчук на конференции «SoRuCom-2011» знакомится с подаренной ему книгой «История информатики и кибернетики в Санкт-Петербурге (Ленинграде)».

Многих из этих ученых уже нет с нами. Вместе с ними «уходит» история становления феноменов XX века — кибернетики и информатики, «уходят» опыт и соответствующие неформализуемые (скрытные) знания. Проблема усугубляется ещё тем, что благодаря негативным социальным, экономическим и политическим процессам, которые имели место в стране в девяностых годах после распада СССР, существенно снизился интерес людей к науке и произошёл серьёзный отток кадров из научно-образовательной сферы. В определенной степени нарушилась преемственность (непрерывность) в науке, в том числе в кибернетике и информатике. Число желающих принять эстафету знаний, в том числе знаний исторического характера, серьёзно сократилось.

В этих условиях особую актуальность приобретает проблема своевременного издания материалов об истории развития кибернетики и информатики в России и в отдельных её регионах. Такого типа материалы необходимы для науковедческого и философского осмысления становления этих наук, для обоснованной коррекции или выбора направлений дальнейших исследований, для оптимизации деятельности отдельных научных школ и коллективов, для пропаганды научных знаний в области кибернетики и информатики, для организации учебного процесса и подготовки специалистов в образовательных учреждениях и т. д.

К настоящему времени отечественных работ исторического и науковедческого характера по кибернетике и информатике издано немного. Известны обзоры профессора А. В. Храмого по истории развития в стране теории автоматического управления до середины XX столетия.¹ В 2000 г. опубликована точка зрения академика А. А. Красовского на историю развития и состояние теории управления.² Достаточно объемный исторический обзор развития отечественной информатики дан в работах.³ Заметим, что составители двух последних книг при их подготовке руководствовались следующим тезисом одного из авторов профессора Д. А. Поспелова: «Совокупность научных направлений, называемых теперь информатикой, именовалась по-разному. Сначала объединяющим названием был термин «кибернетика», затем на роль общего названия той же области исследований стала претендовать «прикладная математика. ... Поэтому, говоря об истории информатики в бывшем СССР и теперешней России, по сути, надо излагать историю отечественной кибернетики и частично прикладной математики и вычислительной техники».⁴

В 2007 г. вышло в свет вузовское учебное пособие, в котором впервые предпринята попытка осуществить анализ истории информатики и системный анализ философии информационной реальности. На его страницах рассматриваются состояние и основные направления развития информатики, формирование представлений о предмете информатики и ее месте в системе научного знания, основные информационные революции.⁵ Определённые исторические факты и события, связанные с развитием кибернетики и информатики, с отдельными организациями, коллективами и личностями и их ролью в становлении этих научных направлений можно почерпнуть также из воспоминаний и мемуарной литературы.⁶

¹ Храмой А. В. Очерк развития автоматического регулирования в СССР // Основы автоматического регулирования / Под ред. В. В. Солодовникова. — М.: Матгиз, 1954.

² Красовский А. А. Указ. соч.

³ Очерки истории информатики в России / Редакторы-составители Д. А. Поспелов, Я. И. Фет. — Новосибирск: Научно-издательский центр ОИ ГГМ СО РАН, 1998. История информатики в России. Ученые и их школы / Составители В. Н. Захаров, Р. И. Половченко, Я. И. Фет. — М.: Наука, 2003.

⁴ Очерки истории информатики в России / Редакторы-составители Д. А. Поспелов, Я. И. Фет. — Новосибирск: Научно-издательский центр ОИ ГГМ СО РАН, 1998.

⁵ История информатики и философия информационной реальности: Учебное пособие для вузов / Под ред. чл.-корр. РАН Р. М. Юсупова, проф. В. П. Котенко. — М.: Академический Проект, 2007.

⁶ Попов Е. П. Воспоминания. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1996. Яковлев В. Б. Мои воспоминания... — СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2005. Владимир Иванович Зубов в воспоминаниях современников. —

К сожалению, в указанных и других источниках роль Санкт-Петербурга в становлении и развитии кибернетики и информатики по нашему мнению отражена недостаточно полно.

В то же время именно в Санкт-Петербурге сформировались основы отечественной теории управления и кибернетики, зародились многие теоретические и прикладные направления информатики, проектировались и создавались информационные и управляющие системы различного применения.

С Санкт-Петербургом связаны имена таких классиков мировой науки и техники как А. М. Ампер, Ч. Беббидж, Х. Г. Кратцентштейн.

А. М. Ампер (1775–1836), французский физик и математик, впервые (после древних греков) употребил в 1834 г. в разработанной им классификации наук термин «кибернетика» применительно к не существующей еще в то время науке об управлении человеческим обществом. В 1830 г. он был избран иностранным почетным членом Императорской академии наук в Санкт-Петербурге.

Чарльз Беббидж (1791–1871), английский математик, занимает особое место в истории информатики. Он разработал фактически первую универсальную «аналитическую» вычислительную машину, на столетие опередив А. Атанасова, Дж. фон Неймана и других создателей современных ЭВМ. В 1832 г. Ч. Беббидж был избран иностранным членом Императорской академии наук.

Х. Г. Кратцентштейн (1723–1795), известный датский физик, механик и медик, впервые в мире построил механическую машину, моделирующую работу речевого тракта.¹ С 1748 по 1753 гг. он работал в Санкт-Петербурге, после избрания в 1748 г. действительным членом Императорской Санкт-Петербургской академии наук.

Основная задача настоящего издания — восполнить указанный выше пробел, исторически зафиксировать вклад организаций, научных школ, учёных и специалистов города в развитие кибернетики и информатики.

Когда возникла идея подготовки и издания истории информатики и кибернетики в Санкт-Петербурге (Ленинграде), для участия в этом проекте были приглашены практически все профильные ведущие организации города — университеты, научно-исследовательские и проектные организации, внесшие по мнению инициаторов проекта, соответствующий вклад в развитие теории и практики управления, кибернетики и информатики. По различным обстоятельствам авторские материалы составителям очерков поступали и продолжают поступать несколько неравномерно и неупорядоченно. Поэтому было принято решение формировать очерки в виде отдельных выпусков по мере накопления информации с периодичностью не реже одного выпуска в год.

Отметим также, что составители очерков особо не стремились ограничивать структуру и объем материалов определенными формальными рамками. Каждый автор имел возможность в достаточно произвольной форме излагать и комментировать те или иные реальные факты и события в научной жизни города.

Член-корреспондент РАН Р. М. Юсуфов

*Прогресс науки определяется трудами ее ученых
и ценностью их открытий.*

Л. Пастер

Ч А С Т Ь I

ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ

Александр Степанович Попов — предтеча кибернетики

Создатель космического телевидения Пётр Фёдорович Брацлавец

Пётр Васильевич Новицкий и информационная теория измерений

**Научное, инженерное и методическое наследие
профессора Виктора Антоновича Бесекерского**

АЛЕКСАНДР СТЕПАНОВИЧ ПОПОВ — ПРЕДТЕЧА КИБЕРНЕТИКИ

Согласно Словарю синонимов (Л., Наука, 1975): «Предтеча (слово приподнятой речи) — предшественник, подготавливающий своей деятельностью почву для следующих за ним». Эта дефиниция полностью совпадает также с Толковым словарем В. И. Даля, где, конечно, специально отмечены и религиозные истоки «запуска» в обиход этого понятия. В выборе названия статьи с таким словом не последнюю роль играло и то, что оно еще относится к «приподнятой речи», а потому это дань восхищения прожитой жизни (к сожалению, очень короткой: всего-то 46 лет чуть больше прожил предтеча радио Дж. К. Максвелл); жизни яркой личности, великого труженика, пытливого ученого, демократа и гражданина, патриота нашей Родины, организатора науки и радиотехнического образования, первого отечественного радиоинженера и радиофизика, много сделавшего для отечественного оборонного комплекса, настоящего русского интеллигента — Александра Степановича Попова (16 марта 1859 г. — 13 января 1906 г.).

Поскольку современная кибернетика базируется прежде всего на достижениях радиоэлектроники, и если признавать А. С. Попова изобретателем радио (а эта точка зрения разделяется в мире далеко не всеми, правда, как мы увидим, число сторонников нашего взгляда на научный подвиг А. С. Попова неуклонно растет), то следует элементарно констатировать его «предтечность» в возникновении и особенно становлении кибернетики и как науки, и как сферы приложения ее впечатляющих результатов. Но это, повторяем, элементарно, и в этой связи требуется только обсудить убедительные доводы в пользу приоритета А. С. Попова в деле открытия радио, а значит, последующего обеспечения кибернетики соответствующими радиоэлектронными технологиями.

Влиятельнейшая по существу международная организация в области радиоэлектроники — Американский институт электро- и радиоинженеров (теперь ее все чаще называют Международной организацией инженеров по электротехнике и электронике — IEEE) 18 мая 2005 г. установила около входа в мемориальную лабораторию А. С. Попова в СПбГТУ (ЛЭТИ), в которой он работал с 1903 по 1906 г. бронзовую мемориальную доску **MILESTONE**, на которой выбит следующий текст:

*IEEE MILESTONE IN ELECTRICAL ENGINEERING AND COMPUTING
POPOV'S CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF
WIRELESS COMMUNICATION, 1895*

On 7 May 1895, A. S. Popov demonstrated the possibility of transmitting and receiving short, continuous signals over a distance up to 64 meters by means of electromagnetic waves with the help of special portable device responding to electrical oscillation which was a significant contribution to the development of wireless communication,

May 2005

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS

Эта надпись в переводе гласит: *«Вклад А. С. Попова в развитие беспроводной связи, 1895. 7 мая 1895 г. А. С. Попов продемонстрировал возможность передачи и приема коротких и продолжительных сигналов на расстояние до 64 метров посредством электромагнитных волн с помощью специального переносного устройства, которое реагировало на электрические колебания, что стало определяющим вкладом в развитие беспроводной связи».*

Такое признание особенно ценно потому, что в 60-х гг. прошлого века был издан тематический выпуск трудов IEEE (Proceeding of IEEE, которые всегда были событием для сообщества радиоинженеров), посвященный изобретению радио, где напрочь отвергался приоритет А. С. Попова в пользу итальянца Гульельмо Маркони (правда, в переводе советские историки соответствующими примечаниями очень убедительно парировали приведенные в этом выпуске факты и оценки), получившего вместе с Карлом Фердинандом Брауном в 1909 г. Нобелевскую премию как раз за изобретение радио. Справедливости ради следует однако отметить, что в Швейцарии была установлена мемориальная доска MILESTONE, где отмечено, что Г. Маркони начал свои опыты по беспроводной телеграфии 25 сентября 1895 г. Итак, IEEE своим авторитетом четко определил А. С. Попова как изобретателя радио. В беседах с итальянскими радиоинженерами чувствуется, что этот факт ими также стал признаваться, хотя и с оговорками. Правда, чаще всего в зарубежной литературе факт изобретения А. С. Поповым просто принижается. Например, в недавней (2006) вышедшей опять же под эгидой IEEE книге по истории радиолокации, утверждается, что «идея осуществления связи на большие расстояния без использования пары проводов возникла сразу же в различных странах у многих творческих личностей, таких как Fessenden в США, Bramly во Франции и Попов в России. Итогом такого интереса стали конкурирующие теории радиосвязи, технологии радиосвязи и радиооборудование, широко распространившиеся по миру». Хочется отметить, что сегодня аналогичная ситуация складывается с теоремой В. А. Котельникова, которая за рубежом была теоремой Шеннона, а потом после сомнений в приоритете стала просто теоремой отсчетов — sampling theorem.

А. С. Попов просто не дожил до присуждения Нобелевской премии, которая выдается только здравствующим ученым для финансирования их будущих исследований. В 2001 г. вышла в свет книга А. М. Блоха «Советский Союз в интерьере Нобелевских премий. Факты. Документы. Размышления. Комментарии» (изд-во «Гуманистика», С-Пб). В этой книге опубликованы дополнительные факты относительно столь печального для нашей науки события. Ниже приводится из нее соответствующий отрывок.

«Приоритет А. С. Попова как одного из создателей беспроводной связи не вызывал сомнений, как, впрочем, и приоритет итальянского ученого Г. Маркони, в русской прессе начала века эту связь иначе не называли как беспроводная телеграфия Попова—Маркони. На Парижской выставке 1900 г. оба они получили за свои достижения по Большой золотой медали.

Нобелевская же премия была присуждена Маркони в 1909 г., почти через четыре года после кончины русского изобретателя 13 января 1906 г....

Однако у проблемы Нобелевской премии за беспроводную телеграфию имеются и другие аспекты, требующие упоминания.

Маркони выдвигался на Нобелевскую премию с самого начала работы Нобелевского комитета по физике, причем — трижды при жизни Попова (1901, 1902, 1903 гг.). У русского же физика в комитете не имелось ни одной номинации. Номинаторы-соотечественники попросту позабыли о выдающемся отечественном открытии или не придали ему должного значения, при том, что в русской прессе оно было на слуху, а опыты с передачей информации на расстояние неоднократно демонстрировались изобретателем в научных аудиториях С.-Петербурга, Одессы и др.

И не только об этом сообщали русские газеты. 10 (22) января 1900 г. «С.-Петербургские ведомости», почти за год до старта первой кампании номинирования, опубликовали со ссылкой на гетеборгскую газету информацию о том, что в числе представляемых на соискание премии изобретений среди прочих называют «телеграфирование без проводов по системе Маркони». И ни у кого из коллег-физиков не возник закономерный вопрос, а почему же только Маркони.

Первая номинация от русского физика вообще появилась в Стокгольме только в 1904 г. Принадлежала она московскому профессору Н. А. Умову, но Попова среди его четырех номинантов опять же не оказалось.

Правда, отсутствие номинации от сторонних номинаторов на того или иного претендента не является непреодолимым препятствием для получения Нобелевской премии. Уставные положения нобелевских комитетов предусматривают «противоядие» против подобной забывчивости. Поскольку регистрация присылаемых со стороны номинаций завершается к 31 января текущего года, каждый член комитета вправе в последний день перед 1 февраля добавить фамилии тех номинантов, которые, по его мнению, вправе претендовать на премию данного года.

В качестве конкретного примера можно привести упоминавшуюся премию по физике 1909 г., которую вместе с Маркони получил Карл Фердинанд Браун из Страсбургского университета, внесший своими изобретениями фундаментальный вклад в развитие беспроводной связи. В том году, как и в предыдущих, номинаций у него не имелось. Член Нобелевского комитета, профессор Уппсальского университета Густав Гранквист, считавший, что премию за беспроводную телеграфию следует разделить между этими учеными, выдвинул от себя их обоих.

Тем самым, если бы вопрос о премии за радио возник при жизни Попова, вполне вероятно, что русский ученый стал бы, вместе с Маркони и Брауном, ее лауреатом. Но вопрос этот в период между 1901 и 1905 гг. возникнуть не мог в принципе. На рассмотрении Нобелевского комитета по физике тогда находились более сильные претенденты, отвечавшие всем требованиям завещания Альфреда Нобеля. Достаточно взглянуть на список лауреатов тех лет: Рентген, Лоренц и Зеeman, Беккерель и супруги Кюри, лорд Рэлей, Ленард...

Вывод из изложенного может быть только один: претензии к нобелевским учреждениям по поводу отсутствия в списке лауреатов имени изобретателя радио А. С. Попова неправомерны в своей основе.

В мае 1905 г. наш гениальный ученый Д. И. Менделеев, мимо которого также «пролетела» Нобелевская премия, в своем интервью «Петербургской газете» отметил: «Хотя я стар, но память у меня еще свежа, и я положительно отрицаю, чтобы я знал или даже слышал о ком-нибудь работавшем над идеей беспроводного телеграфа ранее профессора А. С. Попова, который остается первым его изобретателем даже сравнительно с Маркони».

*Все-таки западные историки, пусть «заангажированные», упорно отрицают роль А. С. Попова в становлении радиосвязи, а значит, и радиоэлектроники, но ведь в числе таких критиков, теперь уже четко установленного и доказанного исторического факта были и есть отечественные ученые и инженеры, причем довольно влиятельные! Как мне кажется, основная причина здесь заключается в хорошем обеспечении необходимой секретности проводимых А. С. Поповым работ. Я очень горжусь тем, что именно предприятие, на котором я работаю — ОАО «НПП «Радар ммс», в курируемом им издании «Проблемы транспорта» (№ 3, 2000) впервые опубликовало (точнее, было репринтски воспроизведено) «Клятвенное обещание» от 16 декабря 1890 г. (теперь воспроизводимое, правда, без ссылки на первую публикацию во всех биографических хрониках), где А. С. Попов накладывал на себя обязательство «...**верно и нелицемерно служить Императору...**, **всякую вверенную тайность крепко хранить...**». К присяге приво-*

дил протоиерей Петр Преображенский в присутствии инспектора классов Технического училища подполковника И. Пароменского. Начиная с подготовки офицеров в кронштадтском минном офицерском классе и вплоть до избрания его в 1905 г. ректором Петербургского электротехнического института, жизнь А. С. Попова была напрямую связана с армией — он постоянно приглашался военным ведомством для обсуждения вопросов, касающихся вооружения русской армии. Благодаря известным каждому работнику оборонно-промышленного комплекса организационно-техническим мероприятиям в период разработки А. С. Поповым системы беспроводного радио исследования и достижения в этой области держались в секрете настолько, что лишь немногие знали о них. Наверное, именно из-за этого в публикациях о первых сеансах радиосвязи (включая и принадлежащих самому Попову) ничего не говорится о радиосвязи — там речь идет, в основном, о регистрации атмосферного электричества. Единственное серьезное исключение — заметка в газете «Кронштадтский вестник» от 12 мая 1895 г. написанная П. А. Рогозинским через пять дней после демонстрации радио: «... *Уважаемый преподаватель А. С. Попов... комбинировал особый переносной прибор, отвечающий на электрические колебания обыкновенным электрическим звонком и чувствительный к герцевским волнам на открытом воздухе на расстоянии до 30 сажен... Поводом ко всем этим опытам служит теоретическая возможность сигнализации на расстоянии без проводников, наподобие оптического телеграфа, но при помощи электрических лучей*». Именно эта заметка и легла в основу упомянутого MILESTONE от IEEE, а за «переносной прибор» автора этой заметки нужно особо благодарить, тем более, что этот существеннейший признак перекочевал и на MILESTONE.

Историки науки следующим образом реконструируют по публикации самого Попова и по воспоминаниям участников историческое событие 7 мая 1895 г.: «На заседании Физического отделения Российского физико-химического общества, проходившем в физической аудитории Санкт-Петербургского университета, под председательством И. И. Боргмана «за болезнью Ф. Ф. Петрушевского», А. С. Попов прочитал доклад «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям». В ходе доклада с помощью ассистента П. Н. Рыбкина А. С. Попов продемонстрировал в действии аппаратуру для беспроволочной передачи электрических сигналов различной длительности. Система радиосвязи состояла из передатчика (в составе прерывателя с ключом и катушки Румкорфа, усиленной двумя квадратными металлическими листами 40 × 40 см) и когерентного приемника, схема которого включала когерер с подключенной к его входу антенной в виде вертикального провода высотой 2,5 м, чувствительного телеграфное реле, с помощью которого подключался электрический звонок, обеспечивающий восстановление чувствительности когерера за счет механического воздействия на когерер после каждого приема сигнала. В обсуждении доклада приняли участие Ф. Я. Капустин и А. А. Гершун» (Л. И. Золотинкина, М. А. Партала, В. А. Урвалов *Летопись жизни и деятельности Александра Степановича Попова* — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008). Сам А. С. Попов прекрасно сознавал значимость этого события. Об этом говорит тот факт, что 25 апреля (7 мая) 1905 г. — день 10-летия первой публичной демонстрации передачи сигналов на расстояние без проводов — он отметил лекцией с «производством опытов» для главных механиков почтово-телеграфных округов, которые прибыли на специальные занятия, организованные Главным управлением почт и телеграфов. В ходе занятий механики ознакомились с работой опытных радиостанций, оборудованных в конце 1904 г. в Ораниенбауме, Сестрорецке и на Крестовском острове, где установкой приборов руководил лично А. С. Попов.

Во всех «ближайших» к этому событию публикациях А. С. Попова, как и в протоколе указанного заседания физического отделения РФХО, речь идет, в основном, об улавливании и регистрации грозových разрядов — второстепенном свойстве изобретенного А. С. Поповым чувствительного радиоприемника. Более того, в декабре 1895 г.

говоря о своем «грозоотметчике», который назван им «прибором для обнаружения и регистрации электрических колебаний» (что прямо вынесено в название статьи), он подводит следующий итог: *«В заключение могу выразить надежду, что мой прибор при дальнейшем усовершенствовании его может быть применен к передаче сигналов на расстояния при помощи быстрых электрических колебаний, как только будет найден источник таких колебаний, обладающий достаточной энергией»*. Такое привлечение внимания именно к возможности фиксации атмосферных явлений можно считать, в определенной мере, прикрытием и преднамеренной дезинформацией. В этом убеждает также то обстоятельство, что после того, как стало известно о параллельно проводимых опытах Г. Маркони, содержание публикаций А. С. Попова и его учеников кардинально меняется — теперь незачем «прикрываться» грозами, а демонстрируются глубокие знания в области именно радиосвязи. После этого какое-либо «увлечение» атмосферным электричеством перестало быть сферой деятельности А. С. Попова, если только он не предлагал свое изобретение для нужд метеорологии.

И вот тут в связи со столь отстаиваемым в своих докладах и публикациях радиоприемником, первое время называемым грозоотметчиком, наблюдается первый нетривиальный выход А. С. Попова в ту область исследований, которую сейчас относят к кибернетике. Дело в том, что в грозоотметчике была реализована обратная связь, поскольку использованный в приемнике звонок выступал и как регистратор поступившего сигнала и как автомат для встряхивания когерера. Автоматическое встряхивание когерера возвратным ударом молоточка звонка-встряхивателя (в отрицательный полупериод работы звонка), используемое в грозоотметчике А. С. Попова (исследования Е. А. Федотова) обеспечивает:

- автоматически начало действия высокой проводимости когерера и начало отпечатка сигнала на ленту фиксирующего аппарата синфазно с началом действия принимаемого электромагнитного сигнала;
- минимальное искажение окончания действия сигнала, короткого на 20%, длинного на 6.7% от длительности каждого воздействующего сигнала, а всего на 33.3% от принятого электромагнитного сигнала и, таким образом, наиболее синфазно приближенного к прекращению высокой проводимости когерера;
- высокую степень синхронности, готовности схемы (когерера) к приему следующего сигнала через 20% от длительности воздействующего на когерер электромагнитного короткого и длинного сигналов и с учетом времени разрушения высокой проводимости когерера после окончания действия сигнала.

У Г. Маркони также была задействована в когерерном приемнике автоматическая обратная связь, только автоматическое встряхивание достигалось не возвратным, а прямым ударом молоточка электромагнитного встряхивателя (в положительный полупериод работы). Здесь из-за преждевременного разрушения сформированной высокой проводимости когерера не обеспечивается ни синфазность прекращения высокой проводимости когерера с окончанием воздействия на него электромагнитного сигнала, ни синхронность готовности схемы к приему следующего сигнала. В целом из-за несовершенства механизма встряхивания по системе Маркони отпечаток короткого сигнала на ленте аппарата Морзе искажается в течение 80%, а весь длинный сигнал укорачивается на 40% — почти вдвое во времени от длительности воздействующего электромагнитного сигнала. В «когерерный» период радиоприема была предложена схема без обратной связи с принудительным воздействием на когерер независимого от сигнала встряхивателя (схема Лоджа), но она «не пошла» практически сразу же. Таким образом, А. С. Попов сориентировался на использование автоматической обратной связи в достаточно разнородном по используемым элементам устройстве, да еще и выбрал грамотный, а сегодня мы бы сказали — оптимальный, да еще и по несколь-

ким критериям ее вариант. Такой «кибернетически» грамотный приемник на то время оказался лучшим по своим техническим характеристикам, что явилось одним из решающих факторов в организации радиосвязи. Интересна оценка А. С. Попова (октябрь 1897 г.) всех тогдашних «мировых» усилий по разработке систем радиосвязи: *«В заключение остается сказать, что слишком легкие первые шаги в этом деле позволяют надеяться и на значительные увеличения расстояний».*

Во времена Попова и Маркони был известен и некогерентный вариант приемника, который предложил великий Эрнест Резерфорд (1871–1937), впоследствии создатель планетарной модели атома, за что ему была присуждена Нобелевская премия. Находясь в Новой Зеландии, он изучал намагничивание железа высокочастотными разрядами. Результаты исследований были опубликованы в «Трудах Новозеландского института» в 1894 г. Переехав в Кембридж, Резерфорд продолжал заниматься этим вопросом и, установив уменьшение намагниченности стального стержня под влиянием электрических колебаний, предложил воспользоваться этим эффектом для детектирования. Статья Резерфорда «Магнитный детектор электрических волн и некоторые его применения» была опубликована в 1897 г., в год выдачи патента Г. Маркони. В этой статье Резерфорд сообщил, в частности, об использовании детектора в опытах по обнаружению электромагнитных волн на больших расстояниях. Он писал: *«Мы работали с вибратором Герца, имеющим площадь 40 см² и короткой разрядной контур, мы получили достаточно большое отклонение магнитометра на расстоянии 40 ярдов, причем волны проходили через несколько толстых стенок, расположенных между вибратором и приемником. В дальнейших опытах была поставлена задача — определить максимальное расстояние от вибратора, на котором можно обнаружить электромагнитное излучение. Первые опыты проводились в лабораториях Кембриджа, причем приемник находился в одном из дальних зданий. Достаточно большой эффект был получен на расстоянии около четверти мили от вибратора, и судя по величине отклонения эффект можно было бы заметить на расстоянии в несколько раз больше...».* Но в том же 1897 г., когда была опубликована эта статья Э. Резерфорда узнал о результатах Г. Маркони и прекратил дальнейшие опыты со своим детектором. В 1899 г. А. С. Попов отказался от встряхиваемого когерера, предложив первую в мире схему детекторного приемника, позволяющего принимать телеграфные сигналы на головные телефоны.

Другим «кибернетическим» ответвлением деятельности А. С. Попова является организация военной радиосвязи с помехами, шифрованием сообщений, организацией тактики ведения радиосвязи и радиопротиводействия. В этой связи мы приведем здесь в сокращении статью А. Б. Стрелова «Беспроволочный телеграф в армии и на флоте в ходе Русско-японской войны», опубликованную в труднодоступном сегодня издании («Радиоэлектроника и связь», №1 (9), 1995).

«Нас интересует использование в ходе русско-японской войны (1904–1905) при обороне Порт-Артура беспроволочного телеграфа (БПТ), изобретённого А. С. Поповым, как технического средства управления силами флота, а также оказавшегося нужным и для армии.»

Первые станции беспроволочного телеграфа прибыли в Порт-Артур весной 1901 г. Эти станции были изготовлены парижской фирмой Эжена Дюкрете под маркой «Попов-Дюкрете». К началу войны в Порт-Артуре находились шесть эскадрённых броненосцев, один броненосный корабль, пять крейсеров 1-го ранга, два крейсера 2-го ранга. Все они имели станции БПТ. Были также станции на двух транспортах, приспособленных для установки морских мин заграждения, и на крейсере 1-го ранга «Варяг». Не имели станций 17 миноносцев и вспомогательные суда. Всего при героической обороне Порт-Артура работало 16 радиостанций, из них семь марки «Попов-Дюкрете» парижской мастерской и девять станций, изготовленных Кронштадтской

мастерской выделки аппаратов беспроводного телеграфа (как она называлась в официальных документах).

Одна судовая станция кронштадтской выделки была снабжена бензодинамо и в июле 1903 г. установлена на Золотой горе для связи штаба эскадры и кораблей с капитаном порта. Учреждения порта находились примерно в полутора километрах от береговой станции и имели с ней проводную телефонную связь.

Для связи армейского гарнизона Порт-Артура с армией, находившейся на Ляодунском полуострове, военное ведомство закупило три береговые станции у германской фирмы «Телефункен». Эти станции применения не нашли, хотя мачты и домик были подготовлены, но аппаратуру туда доставить так и не смогли, поскольку японцам удалось испортить телеграфные кабели на суше и морской подводный. Порт-Артур остался без проводного телеграфа.

Флот имевшиеся радиотелеграфные станции использовал для внутриэскадренной связи и для опознавания своих кораблей посредством обмена условными позывными при их подходе с моря к внешнему рейду, а также для радиобнаружения противника и определения направления на него (японские корабли широко использовали радиостанции, закупленные у фирмы Маркони), для создания радиопомех противнику, осуществлявшему по радио корректировку артобстрела города и порта через хребет Лаотешань. Корабли общались с учреждениями порта через станцию Золотой горы. Дешевши передавались чаще открытым текстом, а при необходимости шифровались.

Радиооснащенность эскадры в Порт-Артуре была достаточно высокой. Из 24 артиллерийских и минных кораблей радиостанции имели 16 или 66,6%. Это обеспечивало удовлетворительное управление эскадрой. В ходе военных действий и при сдаче Порт-Артура погибли 15 станций, сохранилась лишь одна на крейсере «Цесаревич», прорвавшимся через японскую блокаду в китайский порт Цындао.

Во Владивостоке для обслуживания крейсерского отряда с июля 1903 г. на горе острова Русский была установлена станция БПТ, изготовленная Кронштадтской мастерской. Десять миноносцев и тринадцать подводных лодок БПТ не имели. Корабельные станции сообщались между собой и с береговой станцией о. Русский, откуда был проложен подводный телефонный кабель в штаб порта. Крейсерский отряд совершил в 1904 г. несколько удачных боевых походов для действий на путях морских сообщений противника. Станции БПТ при этом использовались, как и в Порт-Артуре, а имевшаяся в порту береговая подвижная станция (на гужевых двуколках) применения не имела.

История владивостокских станций БПТ интересна тем, что здесь были установлены два самых мощных в России радиопередатчика. Первый, именовавшийся «Мощная береговая станция № 1», был установлен в районе Нахальной слободки. Его закупили у фирмы «Телефункен» для связи с кораблями 2-й Тихоокеанской эскадры, приближавшейся к Владивостоку, для чего в составе эскадры был крейсер «Урал», оснащённый мощным передатчиком той же фирмы, способный работать на расстояниях до 750 км над водной поверхностью. Владивостокская же станция по расчету могла действовать на 1000 км. Весной 1905 г. ее срочно усилили, предполагая использовать для связи с армией в Манчжурии. Однако позже решили смонтировать еще один мощный передатчик на высоте Орлиное гнездо. Он был закуплен в числе трех других для маяков залива Петра Великого, но ни один на маяки не попал: весной 1906 г. их передали армии. Они были рассчитаны для работы над сушей на расстояниях до 450 км. Радиостанцию во Владивостоке стали называть «Мощная станция № 2». Вторую из этих трех станций отправили в Харбин и там поручили ее монтировать морякам. Обе станции были готовы к работе весной 1906 г., но связаться им друг с другом не удалось из-за дальности расстояния. Третья станция была заслана в Николаевск (на Амуре) и в войне она тоже не использовалась.

Следующим объектом оснащения станциями БПТ стали 2-я и 3-я Тихоокеанские эскадры. Практически все корабли этих эскадр были оснащены станциями БПТ, притом самых новейших конструкций: 25 фирмы «Телефункен» (одна из них повышенной мощности), 10 выделки Кронштадтской мастерской (на миноносцах) и две фирмы Маркони, закупленные для опробования, установленные на флагманском броненосце «Князь Суворов» и транспорте «Китай», но они от немецких и кронштадтских положительных качествами не отличались. До выхода эскадр опробовать удалось не все станции.

На основании предвоенного опыта были разработаны инструкции пользования станциями БПТ для персонала кораблей и береговых станций, сеть которых еще не была развернута. Причем за образец документа была взята инструкция, которую составил А. С. Попов для обслуживания первой радиолинии Гогланд-Котка. На 2-й Тихоокеанской эскадре инструкцию разработали во время похода. 26 октября 1904 г. передали телеграфом на все корабли отряда, следовавшего вокруг африканского континента. Затем инструкцию отпечатали в типографии флагманского корабля и разослали прибывшим кораблям отрядов.

В инструкции, состоявшей из 46 пунктов, впервые в официальных русских документах использовано слово «радиограмма». Подчеркивалось, что радиограммы бываю простые и шифрованные. К инструкции прилагалась таблица Морзе для 31 буквы русского алфавита, 32 буквы латинских, 10 цифр, 22 служебных знака и 49 японских слогов. Прилагалась также криптограмма для отыскания буквенного и цифрового сочетания знаков Морзе при изменении их основных значений. Инструкцией предусматривалась дальность работы станций до 150 морских миль. Будучи достаточно обстоятельной инструкция, однако, чрезмерно сковывала командиров отрядов и кораблей в использовании БПТ, оставляя за ними лишь право принимать радиограммы от старшего флагмана.

Станции броненосцев и крейсеров были настроены на волну 360 метров, а миноносцев — на 200 метров. Станции всех кораблей имели устройства для изменения рабочей длины волны.

Во время плавания неоднократно совершенствовались документы по организации связи. Так, циркуляром штаба от 26 октября объявлялись рекомендации для перевода станций на работу при близких расстояниях. Для германских станций надо было произвести ряд переключений элементов, у станций системы Попова и Маркони следовало лишь уменьшить искровые промежутки, что делалось одним движением реостата, уменьшающего мощность излучения. Эти действия предписывалось выполнять при получении от флагмана радиограммы: «Уменьшить дальность действия телеграфных станций» или по соответствующему флажному сигналу.

Были разработаны циркуляры о правилах пользования БПТ во время атмосферных помех, об установлении строжайшего надзора за соблюдением правил телеграфирования без проводов, о правилах передачи распоряжений одиночному кораблю, отряду кораблей и всей эскадре. Все эти документы грешили полным недоверием к возможностям беспроводного телеграфа: каждую радиограмму предписывалось дублировать на соседние корабли флажковым семафором, дальность видимости которого в хорошую погоду даже при использовании хорошей оптики не превышала одной мили. При получении радиограммы адресат должен был днём поднять сигнальный флаг «Ответственный вымпел», а ночью зажечь клотиковую лампу. Эти сложные правила требовалось довести до всех офицеров и нижних чинов вплоть до коцегаров, артиллеристов, матросов других специальностей.

Телеграфисты крейсера «Аврора» успешно принимали радиограммы на расстояниях 60–70 миль, постоянно тренировались и бережно ухаживали за станцией. В целом большинство станций успешно принимали на ленту аппаратов Морзе радио-

граммы на расстояниях 80–100 миль. Техника это позволяла, но личный состав не на всех кораблях умел работать с ней.

По мере приближения к морскому театру военных действий использование БПТ все более ограничивалось, а после прохода Тайваньского пролива в южной части Восточно-Китайского моря был приказ ни под каким видом не работать беспроводным телеграфом, чтобы не обнаружить корабли эскадры, но приемники было приказано иметь постоянно включенными. Связь внутри эскадры осуществлялась только сигнальными флагами и семафорными флажками.

На рассвете 13 мая появился японский крейсер и сразу же пишущие аппараты приемников стали записывать непонятные сигналы: с получением сигнала аппарат Морзе включался сам. Это заметили, и командир одного из кораблей семафором запросил разрешение в случае появления японских разведчиков пустить в ход свой мощный передатчик, чтобы помешать противнику вести переговоры, но командование не разрешило.

Работу телеграфных станций японского флота записывали на большинстве русских судов. Рост интенсивности японского радиообмена убеждал, что противник готовится нанести удар. Русская эскадра была обнаружена, и поэтому не было смысла далее сохранять радиомолчание, но командование усвоило демаскирующую особенность телеграфа и использовать его даже в бою не разрешило.

Перед Цусимским сражением и в период сражения русские телеграфы молчали. Через два часа артиллерийского боя на многих кораблях русской эскадры были сбиты мачты вместе с фалами для подъема сигнальных флагов и антенн. Эскадра осталась без управления. С наступлением темноты часть поврежденных кораблей стала прорываться в нейтральные порты, но даже выйдя из зоны действий японского флота они беспроводным телеграфом не пользовались.

Неверие в надежность беспроводного телеграфа и способности личного состава (телеграфистов) помешали использовать новое техническое средство по его прямому назначению — для управления действиями эскадры во время боя.

Телеграф успешно был использован для связи с береговой базой прорывавшихся в сторону Владивостока кораблей.

Руководители военного ведомства в предвоенные годы не видели необходимости распространять в армии беспроводный телеграф, более полагаясь на проводные, светосигнальные и другие привычные средства связи. Правда, опыты по использованию переносных станций БПТ и размещенных на гужевых двуколках проводились в Петербурге. Инициатором этих испытаний были помощник и соратник изобретателя радио П. Н. Рыбкин и заведующий кронштадтским крепостным проводным телеграфом Д. С. Троицкий, вложивший свои личные средства в изготовление четырёх таких станций.

В 1900–1901 гг. они смогли научить телеграфистов работать со станциями БПТ в полевых условиях, достигая расстояний связи 40 и более километров. Однако командование не поддержало их начинания, и в русско-японскую войну армия вступила, не имея беспроводных телеграфов, кроме двух станций, закупленных у фирмы «Телефункен» для опытов, однако ход войны убедил в их необходимости на фронте.

В действующей армии документы по организации связи пришлось разработать уже на фронте. Неуверенность командования армиями в надёжности радиотелеграфов привела к тому, что, в конце концов, все радиостанции были оснащены проводной телефонной связью. Всего военное ведомство в конце войны располагало 38 станциями, сделав в 1905 г. основные их закупки у Маркони (29 станций), хотя они были, более чем втрое, дороже радиостанций, предлагавшихся Рыбкиным и Троицким. Собственную мастерскую или иное предприятие для изготовления БПТ военное ведомство создавать не пыталось.

Таким образом, Морское министерство в предвоенные годы верно оценило большое значение беспроводных телеграфов для управления разнородными соединениями, какими были эскадры Балтийского и Черноморского флотов и дальневосточные эскадры. В ходе войны соединения флота, участвовавшие в боевых действиях, были вполне обеспечены станциями беспроводного телеграфа, в том числе и отечественного производства, и радио здесь вполне могло выполнить ту роль, которая ему предназначалась его изобретателем А. С. Поповым, а именно — управление морскими силами при плавании в море и в морском бою.

Радиооснащение действующей армии осуществлялось лишь на заключительном этапе боевых действий, когда они получили характер позиционной войны. Новое техническое средство связи — беспроводный телеграф, в ходе войны названный радиотелеграфом, — в армии и на флоте получило важнейшие организационные документы, регламентирующие его использование. В армии были использованы созданные инструкции по обслуживанию станций, а на флоте — учебник «Беспроводной телеграф», написанный в 1904 г. флагманским минером учебно-минного отряда лейтенантом И. Г. Энгельманом и просмотренный А. С. Поповым, давшим автору ряд рекомендаций. Учебник был доступен даже не имеющим математической подготовки матросам — телеграфистам.

Кронштадтская мастерская давала вполне качественную продукцию. Станции, изготовленные ею, не уступали по надежности и техническим параметрам иностранным.

Если на флоте разработка беспроводных телеграфов осуществлялась под руководством и при поддержке Морского министерства, хотя и весьма недостаточной, то в армии реальная инициатива внедрения беспроводных телеграфов в 1900–1901 гг. принадлежала частным лицам и поддержки руководителей военного ведомства не получала. Оснащение действующей армии радиотелеграфом состоялось лишь незадолго до окончания войны.

Для флота и армии был весьма важен опыт использования радиотелеграфа в боевых условиях на суше и на море обеими воюющими сторонами. Этот опыт вполне доказал правильность идей А. С. Попова об управлении боевыми силами на значительных расстояниях, о решении ряда технических и организационных вопросов разработки и использования приборов беспроводного телеграфа, а также в области подготовки радиоспециалистов различных должностных уровней».

Отметим, что как в период войны, так и при разработке мероприятий по реформированию армии, вытекающих из уроков этой войны, А. С. Попов постоянно привлекался военными ведомствами как «прикомандированный» к ним специалист. Им же были подготовлены соответствующие военные кадры специалистов. В Цусимском сражении погибли многие офицеры — питомцы минных классов, являвшиеся учениками и соратниками А. С. Попова. А в период войны А. С. Поповым решалась сугубо кибернетическая задача по управлению «самодвижущимися» минами и судами на расстоянии, в частности кораблями-брандерами (судами, начиненными горючими и взрывчатыми веществами для подрыва объектов противника). Важно отметить, что вопросы применения беспроводного телеграфа для управления брандерами были включены А. С. Поповым в программу курса по беспроводной телеграфии еще в 1900 г., а в 1899 г. он вместе с П. Н. Рыбкиным, видимо, предвидя эру авиации, проводит опыты телеграфирования без проводов между воздушным шаром и землей.

Приведенное пространное описание опыта использования беспроводного телеграфа менее чем через 10 лет после его изобретения говорит о небывалом для прежних времен, но характерном для XX в. и тем более для XXI в. ускорении цикла «изобретение — промышленное освоение — внедрение», являющимся традиционным объектом исследования экономической кибернетики. И здесь свою роль сыграл А. С. Попов и

его соратники и ученики в установлении эффективной взаимосвязи науки и производства. Уж что может быть эффективнее деятельности, когда сам изобретатель участвует в разработке и производстве изделий! Начиная с 1999 г., он активно занимается производством радиостанций, сотрудничая с французской фирмой Дюкрете, а в 1900 г. организовал Кронштадтскую мастерскую для изготовления и ремонта приборов телеграфирования без проводов. Незадолго до своей кончины он подписал в мае 1904 г. договор с Акционерным обществом русских электротехнических заводов «Сименс и Гальске» и Обществом беспроволочной телеграфии «Telefunken» (Берлин) о производстве аппаратуры беспроволочного телеграфирования по системе А. С. Попова. Аналогичную деятельность бурно развернул и Г. Маркони, что видно хотя бы из приведенного материала о русско-японской войне, где радиостанции Попова и Маркони проходили «конкурсные испытания». Производственная деятельность заставила А. С. Попова серьезнее заняться охраной своей интеллектуальной собственности — он стал патентовать свои изобретения. Долгое время критики русского приоритета в открытии радио утверждали, что в Англии Маркони запатентовал открытие радио раньше Попова. Однако роль патентов в деле установления научного приоритета дилетантами от науки всегда сильно преувеличивается. В науке приоритет объявляется по первой публикации. Здесь приоритет А. С. Попова в отношении открытия радио бесспорен. Это в науке, а при получении «процентов» от своей интеллектуальной собственности необходим патент.

Отмеченное ускорение цикла достижений науки в практику очень эффективно оттеняется тем фактом, что об экспериментах с излучением, приемом и рассеянием электромагнитных волн мир узнал от великого немецкого инженера Генриха Герца еще в 1888 г. Были убедительно продемонстрированы и неоднократно воспроизводились многими исследователями, в том числе и А. С. Поповым в бытность его преподавателем, факты проникновения распространяющихся электромагнитных волн сквозь световые и звукопроницаемые преграды. А вот до успешной попытки «оседлать» уже сформированную и фиксируемую электромагнитную волну хотя бы точкой-тире понадобилось достаточно долгое время. Оказывается, сами «изобретатели» электромагнитных волн не очень-то верили в возможности своего детища. Когда великого английского физика Джеймса Кларка Максвелла (1831–1879) спросили: *«Зачем нужны Ваши электромагнитные волны?»*, он ответил: *«Не знаю, быть может, когда-нибудь на основе этих волн будут делать игрушки»*. Следом за ним Генрих Герц (1857–1894) — первооткрыватель радиоволн утверждал: *«Я не думаю, что волны без проводов, которые я открыл, найдут какое-либо практическое применение»*. Последнее заявление вызвано тем, что Г. Герц рассматривал радиосвязь как излучение и прием непосредственно информационного сигнала. А. С. Попов же первым обеспечил опосредованную, грамотную в техническом отношении «доставку на выбранном носителе» информационного сигнала. В 1903 г. А. С. Попов по достоинству оценил работы по организации уже телефонии без проводов, а 4 января 1904 г. прочитал доклад «Телефонирование без проводов», в котором рассказал о результатах пионерских опытов по беспроволочной передаче звуков голоса искровым передатчиком и их приему детекторным приемником. Сегодня задача передачи сообщений на заданном носителе также получила кибернетическую интерпретацию, когда говорят об организации информационного канала на физическом уровне.

Успех А. С. Попова в деле «оседлания радиоволн» для передачи радиоволн базируется на том, что он был по образованию и по роду своей преподавательской деятельности физиком, причем первоклассным. Им были прочитаны курсы лекций практически по всем разделам тогдашней физики (конечно, самым интересным было для него электричество). Сразу после изобретения радио А. С. Попов занялся изучением свойств рентгеновских лучей, а под конец жизни — радиоактивностью.

Как известно, долгое время основной компонентной базой кибернетики оставалась электротехника — еще совсем недавно техническую оснащенность населения оценивали по числу используемых «на душу» электродвигателей (сегодня — процессоров или используемых объемов битов). Так вот, достижения электротехники также находились под пристальным вниманием А. С. Попова, равно как электронно-лучевые трубки — будущие «отображатели» информации. Вместе с аспирантами Д. А. Рожанским (в будущем член-корреспондент АН СССР, один из создателей первого отечественного радиолокатора) и Б. И. Зубаревым он в 1905 г. выполнял работу, связанную с применением осциллографической трубки Брауна для визуального наблюдения затухающих колебаний высокой частоты.

Конечно, здесь имеет смысл сказать и о тех ученых, которые решением Нобелевского комитета считаются изобретателями радио — К. Ф. Брауне и Г. Маркони.

Профессор К. Ф. Браун внес существенный вклад в развитие радиоэлектроники. Он автор осциллографической электронно-лучевой трубки, избирательного приема, создатель кристаллических детекторов, радиопередатчики его системы в начале XX в. выпускались многими фирмами.

Г. Маркони сочетал в себе качества талантливого инженера и энергичного предпринимателя. Ему принадлежит множество изобретений в радиоэлектронике, им реализовано огромное число интересных коммерческих проектов. В 1901 г. Маркони удалось послать радиogramму через Атлантический океан. Это, без сомнения, является научным достижением высшей пробы — ведь тогда никто не знал и не предполагал, что верхние слои атмосферы могут отражать радиоволны. В то время считалось и, кстати, А. С. Попов полностью разделял эту точку зрения, что радиоволны в своей сути воспроизводят физику оптических лучей, а значит, распространяются только прямолинейно и в пределах прямой видимости. Пережив А. С. Попова на тридцать лет, Г. Маркони стал свидетелем и активным участником бурного развития радиоэлектроники. Постепенно он принял на свои плечи груз славы, прежде распределенной на несколько изобретателей радио. В его «активе» — настроенная на частоту сигнала приемная антенна, достижение избирательности приема отстройкой от помех, развертывание международной сети коммерческих коротковолновых телеграфных связей, установление первой радиотелефонной микроволновой связи, предложения по применению микроволновой телеграфии для нужд навигации в открытом море. Он активно осваивал весь радиодиапазон, чем подготовил изобретения радаров, работающих на высоких частотах. Умер он в 1937 г., а во время траурной церемонии радиостанции всего мира на две минуты прервали свои передачи.

В заключение отметим, что одной из самых престижных наград для российских и зарубежных специалистов по радиоэлектронике является Золотая медаль им. А. С. Попова, награждение которой ежегодно осуществляет Российская академия наук (РАН). В числе награжденных есть и создатели отечественной кибернетики — академики А. Л. Минц, А. И. Берг, В. А. Котельников, Ю. Б. Кобзарев, Н. Д. Девятков, А. Ф. Богомолов, В. И. Сифоров и др.

* * *

СОЗДАТЕЛЬ КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ПЁТР ФЁДОРОВИЧ БРАЦЛАВЕЦ

Космическое телевидение породило понятие видеоинформатики, и первой в мире космической видеоинформационной машиной (можно сказать — первой космической кибернетической машиной) стала Автоматическая межпланетная станция «Луна-3» с телевизионной аппаратурой «Енисей» на борту, выполнившей функции телескопа для наблюдения обратной стороны Луны. В 1959 г. передача изображения обратной стороны Луны стала информационным взрывом, от которого ведёт отсчёт глобальная информатизация человечества.

Так как будущее никогда не случается само по себе, а создаётся, то необходимо с исторических позиций оценить роль космического телевидения и его главных творцов. Сделаем это путём краткого описания роли П. Ф. Брацлавца — человека-легенды. Его творческие удачи составляли предмет гордости всей отечественной техники второй половины XX в. П. Ф. Брацлавец — крупнейший практик космического телевидения, его вклад в отечественную космонавтику трудно переоценить. Более того, учитывая мировой приоритет нашей страны в ряде этапов создания космического телевидения, можно говорить о «мировых рекордах» П. Ф. Брацлавца. Он по праву может считаться создателем космического телевидения. Его приоритет подкреплён многими правительственными наградами и дважды (1967, 1973) переизданной московским издательством «Связь» книгой «Космическое телевидение», написанной П. Ф. Брацлавцем в соавторстве с коллегами И. А. Росселевичем и Л. И. Хромовым. Редко кому удаётся выдвинуть и реализовать столько новых плодотворных идей. Надо признать, что по новизне и значимости этих идей Брацлавец является самым выдающимся учёным-организатором всего советского этапа развития ТВ техники. В выпущенном в 2009 г. НИИ телевидения сборнике «История космического телевидения» помещены воспоминания самого П. Ф. Брацлавца и статьи о нём Л. Я. Бутовского, И. Б. Лисочкина, К. К. Власко-Власова, Л. И. Хромова.

Организаторов прорывных направлений техники некоторые историки не причисляют к учёным, трактуя понятие «учёный» преимущественно как «теоретик». Этот ущербный взгляд «отлучает» от статуса ученого даже создателя космонавтики академик С. П. Королёва. Брацлавец тоже не был теоретиком, но был достойным соратником Королёва, о котором вспоминал: *«Сочетание доверия и требовательности составляло руководителей организаций, главных конструкторов рассматривать свою работу сквозь призму принципиально нового «королёвского» подхода, дисциплинировало и воспитывало твёрдость в решениях и исключительную ответственность — черты, которыми, в первую очередь, отличался сам Королёв. Вместе с тем доверие к Главному конструктору Сергей Павлович умело сочетал с работой Совета Главных конструкторов. Совет выполнял функции увязки и стыковки вопросов разных областей, являлся органом коллективной мысли, тщательного анализа принципиальных решений — но ни в какой степени не подменял и не ограничивал инициативу и ответственность людей, непосредственно выполнявших работу».*

Отметим несколько важнейших моментов значения космического телевидения.

Во-первых, острейший интерес цивилизации к собственной планете во многих аспектах (экологии, землепользования, метеорологии, климатологии, геологии и обсервации) получил в XX в. уникальный инструмент в виде космического телевидения. Ныне исследование Земли из космоса является мощной информационной индустрией, без которой невозможно решать ключевые проблемы глобальной экологии. Проводимые в настоящее время в рамках национальных и международных программ многочисленные исследования Земли и её атмосферы с помощью методов дистанционного зондирования с пилотируемых и автоматических космических аппаратов включают в себя весь арсенал средств космического телевидения. Новые направления науки, такие как экоинформатика, экодинамика, геоинформатика, во многом определяющие осмысленные перспективы развития цивилизации, получили главный импульс к развитию благодаря освоению космоса и, конечно, космическому телевидению.

Во-вторых, в рамках освоения космоса, кроме обычно упоминаемых многочисленных достижений в области ракетно-космической техники как средства перемещения в пространстве (то есть баллистики) безусловно необходимо выделить информационные системы. В ряду информационных систем, в отличие от систем управления ракетами, телевизионная техника играет не только вспомогательную контрольную роль, но и является главной нагрузкой, целью запуска космического аппарата. Космическое телевидение радикально изменило взгляд на информационную жизнь человечества, обеспечив и глобальное наблюдение Земли, и глобальную связь между людьми и странами.

В-третьих, радиоэлектроника связана с космосом двояко: с одной стороны, без неё космические системы создать невозможно, с другой стороны, она часто становится смыслом запуска космических аппаратов. С. П. Королёв утверждал, что «*спутник, запущенный в космос без радиотелевизионной аппаратуры, похож на камень, брошенный из средневековой пращи*». В отечественной радиоэлектронике телевидение занимает почётное место, вместе с компьютерной техникой составляя ядро информационного поля.

В-четвёртых, сегодня космическое телевидение — это и получение видеoinформации телекамерами, расположенными в космосе, и распространение видеoinформации с помощью космических ретрансляторов.

Начало космическому телевидению было положено в нашей стране. Космическое телевидение *как идея, как предчувствие*, зародилось на берегах Невы ещё в 1910-х гг., когда В. К. Зворыкин, создатель электронного телевидения, работая в Петербургском технологическом институте, отвечал скептикам, сомневающимся в необходимости замены глаза электрическим аналогом: «*А вы можете увидеть своими глазами обратную сторону Луны?*». Впервые идея телевизионной связи космического аппарата с Землёй (без упоминания о возможной телевизионной связи в обратном направлении) была опубликована в 1933 г. советским фантастом Александром Беляевым в романе «Прыжок в ничто», посвящённом К. Э. Циолковскому, а также пропаганде пилотируемой космонавтики.

Можно сказать, что идея космического телевидения для беспилотной космонавтики принадлежит В. К. Зворыкину, а для пилотируемой космонавтики — А. Беляеву. Но только С. П. Королёв изложил обе эти мечты в строгом тексте технического задания для Всесоюзного НИИ телевидения, а только П. Ф. Брацлавец со своими соратниками сделал космическое телевидение реальностью. Необходимо подчеркнуть единство места рождения идеи космического телевидения и её воплощения: и В. К. Зворыкин начинал работы над электронным телевидением в Петербурге, и Александр Беляев жил в г. Пушкине Ленинградской области, и ВНИИТ — ленинградское предприятие.

Космическое телевидение как реальность — наше национальное достояние. Советская наука и техника имеют мировой приоритет в рождении космического теле-

видении при наблюдении обратной стороны Луны — в 1959 г. В нашем активе также первая в мире передача из космоса изображений собачек (1960) и изображений космонавта в полёте (1961), первое в мире изображение полного диска Земли с высокой орбиты (космический аппарат «Молния», 1966). Пионером космического телевидения стал Всесоюзный научно-исследовательский институт телевидения, где под руководством лауреата Ленинской и Государственной премий П. Ф. Брацлавца было создано множество типов телевизионных систем различного назначения: от наблюдения Земли и космонавтов до обнаружения стартов ракет с высоких орбит. Отмеченные мировые рекорды ленинградского космического телевидения состоялись благодаря его таланту, энергии, работоспособности. Кредо П. Ф. Брацлавца: *«Я исповедую одно правило: реально то, что необходимо. И поэтому, если что-то необходимо, то нужно думать не о том, можно ли сделать, а о том, как сделать»*.



П. Ф. Брацлавец в музее НИИ телевидения у аппаратуры, созданной в 1959 г. для передачи изображения обратной стороны Луны.

Можно говорить, что космическое телевидение создал советский народ (под таким предлогом Н. С. Хрущёв отказался от выдвижения С. П. Королёва на соискание Нобелевской премии за прорыв в космос). Можно и должно выделить отдельных лидеров создания этой техники. Все соратники С. П. Королёва, создававшие космические телевизионные системы, отличались особо ценным им качеством — удивительно большой скоростью создания систем. Нисколько не умаляя сделанного на этапе становления космического телевидения коллективами, ведомыми такими крупными специалистами, как А. Ф. Богомолов, Ю. К. Ходарев и А. С. Селиванов, следует подчеркнуть выдающуюся роль П. Ф. Брацлавца, лидера направления во ВНИИ телевидения, который был главным в разработке систем космического телевидения на начальном этапе. Легко было стать энтузиастом освоения космоса после запуска первого искусственного спутника или полёта Гагарина. Но Пётр Фёдорович стал фактическим лидером космического телевидения до запуска первого спутника, он стал «медиумом», сразу воспринявшим идеи С. П. Королёва.

Родился Пётр Фёдорович на Украине в 1925 г. По выражению Я. Л. Бутовского, он родился в День космонавтики «с погрешностью –1». Учился в Одесской военно-морской специальной школе (1941), затем в Ленинградском высшем военно-морском училище им. Ф. Э. Дзержинского (1942–1946). Курсанты участвовали в боях, в которых Пётр Фёдорович был и ранен, и контужен, и горел, и тонул. Завершал образование в Одесском электротехническом институте связи (1946–1948) и во Всесоюзном заочном электротехническом институте связи в Москве (1948–1950), где воспринял основные идеи пионера советского электронного телевидения и автора концепции малокадрового телевидения — С. И. Катаева. Всю трудовую жизнь (1948–1999) П. Ф. Брацлавец работал во Всесоюзном НИИ телевидения. Уже в 1957 г. по заданию С. П. Королёва он смело взялся за разработку телевизионных систем для космоса и соединил космические цели с малокадровым телевидением. Телевизионная система для получения

изображения обратной стороны Луны (созданная по инициативе П. Ф. Брацлавца как малокадровая фототелевизионная система) позволила решить эпохальную задачу вывода информационной машины в космос, от даты решения которой ныне и ведётся отсчёт истории космического телевидения. За эту работу вместе с другими руководителями работ П. Ф. Брацлавец был удостоен Ленинской премии.

Малокадровое телевидение, активно внедрявшееся П. Ф. Брацлавцем в космосе, не является просто «суррогатом вещания». Каждая конкретная космическая телевизионная система строилась и строится не для «ублажения» обывателя, а оптимально для каждой конкретной цели. Доминанта системы, а не пресловутое «мелькание изображения» или требования ГОСТ, определяет её основные характеристики — пространственную чёткость и частоту кадров. При передаче изображения обратной стороны Луны один кадр с чёткостью, выражаемой в современных терминах 1 Мегапиксел, передавался за 1 мин. А телевизионную систему, передававшую изображение Ю. А. Гагарина во время эпохального полёта, Главный конструктор П. Ф. Брацлавец принял решение реализовать со скромным разрешением 100 строк при частоте кадров 10 Гц. Космическое телевидение, хотя и широко использует вещательный стандарт и вместе с вещанием готовится к переходу на телевидение высокой чёткости, концепцию малокадрового телевидения никогда не спешит в архив.

На этапе становления космического телевидения как научно-технического направления П. Ф. Брацлавец был не только главным конструктором, но и главным энтузиастом оснащения телевизионной техникой космических аппаратов — как автоматических, так и обитаемых. Под его руководством были созданы первые телевизионные системы для передачи на наземные приёмные пункты изображений сначала собачек, затем и космонавтов. Музей ВНИИ телевидения свято хранит телевизионную камеру, которая передавала из космоса изображение Ю. А. Гагарина. Эта камера — не стендовый образец, а летавший в космосе подлинник. Её как свой законный боевой трофей Брацлавец доставил в музей прямо с места приземления космического корабля.

Последующие разработки в этой области воплотились в крупное направление развития телевизионной техники — двустороннюю телевизионную связь космических кораблей с Землёй. Брацлавец не только воплотил в жизнь эту идею, но и предложил быстро прижившийся термин «космовидение».

Создав это направление космического телевидения, Пётр Фёдорович выступил инициатором установки телевизионной аппаратуры на космический аппарат «Молния», с помощью которой люди впервые воочию убедились, что Земля круглая. Именно тогда началось глобальное наблюдение Земли в интересах метеорологии и обороны.

Несомненная заслуга П. Ф. Брацлавца состоит в экспериментальном доказательстве возможности обнаружения ракет с высоких орбит. Создание системы для обнаружения ракет с высоких орбит стало столь важной проблемой, что он, не жалея, передал разработку телевизионных систем для пилотируемых космических аппаратов своим продолжателям. Брацлавец оставил своему преемнику две лаборатории и даже своего многоопытного заместителя. Как талантливому конструктору Брацлавцу был присущ взгляд на систему в целом с её сложным взаимодействием качественных показателей, и потому он пришёл к важнейшему выводу о перспективности высокоорбитального телевизионного наблюдения Земли. Всю творческую жизнь талантливого инженера и организатора Брацлавца «распутывал клубок» задач инфракрасного космического телевидения. Инфракрасного — это потому, что задача укрепления обороноспособности Родины путём самого оперативного обнаружения стартов ракет — из космоса, с высоких орбит — по замыслу Брацлавца решалась именно в инфракрасном диапазоне спектра. Он предугадал, что максимальный контраст сигнала от факела ракеты должен быть в среднем инфракрасном диапазоне, впоследствии названным «факельным».

Очень показателен отчёт Брацлавца о его работе за 1971–1976 гг., хранящийся в его личном деле. В нём необходимо выделить следующее. *«Начало отчётного периода практически совпало с развитием нового тематического направления и с образованием отдела № 31, который организован за счёт выделения из отдела № 14, возглавлявшего в предыдущие годы мною... Аппаратура прошла испытание в реальных условиях. Результаты испытаний подтвердили правильность научно-технических решений, заложенных в основу создания аппаратуры, и создали базу для последующих разработок. По существу, за истекшее пятилетие на предприятии создано новое направление».* Это — высокоорбитальные телевизионные системы обнаружения ракет.

За разработку этого направления, являющегося с технической точки зрения космическим телевидением, а по решаемым задачам — пассивной оптической локацией, П. Ф. Брацлавец был удостоен Государственной премии и награждён орденами. В оздании космического телевидения принимал участие большой коллектив — всех не перечислить. Конечно, в работах по созданию такой крупной системы участвовали смежные организации: головная организация ЦНИИ «Комета», НПО им. Лавочкина, НИИ-2 и НИИ-45 Министерства обороны, ГОИ им. С. И. Вавилова, Красногорский механический завод, ВНИИЭЛП, ЛОМО, Харьковский ФТИНТ, Представительства Заказчика, космодром Байконур и многие другие.

Эти достижения нашей страны, ВНИИТа и Петра Фёдоровича Брацлавца широко известны, и неслучайно академик А. И. Савин на заседании в Российской Академии наук в 2008 г., посвящённом 100-летию со дня рождения академика А. А. Расплетина, подчёркивал выдающуюся роль П. Ф. Брацлавца в создании космического эшелона системы предупреждения о ракетном нападении. (Один из лидеров создания противоракетной обороны страны А. А. Расплетин начинал свою профессиональную деятельность как телевизионщик в Ленинграде, работая в 1936–1942 гг. в том же НИИ телевидения, что и П. Ф. Брацлавец.)

На этот же период приходится и защита Брацлавцем кандидатской диссертации (1973), хотя он и не придавал особого значения учёным степеням. Это отношение он воспринял от С. П. Королёва, который считал, что занятому серьёзной работой специалисту не может хватать времени на такие пустяки. В своей диссертации Брацлавец изложил решение злободневных вопросов оборонного космического телевидения.

Здесь необходимо отметить ещё один результат Брацлавца, находящийся в тени других его громких достижений, который связан с новым этапом развития телевидения — переходом от электронно-лучевых фотоприёмников к твердотельным. В уже цитированном отчёте Брацлавца за 1971–1976 гг. этому революционному событию посвящены скромные слова: *«Впервые созданы камеры на ПЗС-структурах и макет камеры на инфракрасном твердотельном фотоэлектрическом преобразователе с глубоким охлаждением».* В последующие годы это направление вылилось в космические телевизионные системы, разработанные под руководством Брацлавца, и затем изготовленные и поставленные в ЦНИИ «Комета». Эти уникальные первенцы отечественной твердотельной оборонной телевизионной техники, к сожалению, не были запущены на орбиту; поводом послужило относительно небольшое количество элементов этих матриц, которое не могло обеспечить потребностей глобального контроля Земли.

Наступающую твердотельную революцию Брацлавец прочувствовал раньше многих других специалистов, и его можно назвать инициатором твердотельной революции в космическом телевидении. Иногда можно услышать мнение, будто бы Брацлавец недооценивал роль нового направления в телевидении: появления приборов с зарядовой связью (ПЗС). Смее утверждать, что это не так. Дело в том, что в своём соревновании с конкурентами и Природой Брацлавец сделал ставку на телевизионные системы с кадровым накоплением, тогда как в ГОИ им. С. И. Вавилова (некоторое время в НПО «Геофизика») развивали строчный вариант системы обна-

<p style="text-align: center;">УТВЕРЖДАЮ ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ВНИИ-83 МОП</p> <p style="text-align: center;"><i>В. Королёв</i> КОРОЛЁВ "20" / 11 / 1966г.</p>	<p style="text-align: center;">УТВЕРЖДАЮ ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ВНИИ-360 МЭПН</p> <p style="text-align: center;"><i>А. Захаров</i> (ЗАХАРОВ) "4" / 11 / 1966г.</p>
<p>СОГЛАСОВАНО ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СПЕЦКОМИССИИ ПРИ ПРЕЗИДУМЕ АН СССР по ОБЪЕКТУ "ОД" академик _____ (ИВЛДШ) " " " _____ 1966г.</p>	
<p>ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ</p> <p>на проведение научно-исследовательской работы по исследованию возможности создания и разработки телевизионного оборудования для объекта "ОД".</p> <p>Настоящее ТЗ составлено на первый этап работ, оканчивающихся в I-м квартале 1967 года.</p>	
<p>I. <u>Цель работы</u></p> <p>Настоящая работа имеет целью определение возможности создания телевизионного оборудования для объекта "ОД" и в случае положительного решения, изготовление макета телевизионной аппаратуры и проведение с ним экспериментальных испытаний в условиях близкого и дальнего космоса.</p>	
<p>II. <u>Содержание работы</u></p> <p>В процессе выполнения работ по теме на первом этапе должны быть исследованы следующие вопросы:</p>	
<p>1. Возможность создания телевизионной аппаратуры, отличающейся требованиями:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) многобандности, б) экономичности, 	
<p>2. Телевизионная камера должна обозревать:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) объем 0,5x0,5x0,3м (или 0,7x0,7x0,4м) с расстояния 0,4 ÷ 0,5 м; б) поверхность земли с высоты 200÷500 км. 	

Факсимильная копия фрагментов технического задания С. П. Королёва ВНИИТу на разработку двух направлений космического телевидения — для пилотируемой и беспилотной космонавтики.

ружения. «На стороне» строчного варианта был и авторитет американской системы *IMEWS* со строчной системой, и стремление к достижению высокой точности измерения координат обнаруживаемых объектов. Однако Брацлавец был соавтором известного «золотого» правила малокадрового космического телевидения: если нужна высокая разрешающая способность на местности, то следует применять механическую сканирующую систему, но если требуется высокая чувствительность и слитность передачи движения, то нужна кадровая система. И он отстаивал идею необходимости кадрового варианта в системах реального времени, предвосхищая осо-

знание создателями системы *IMEWS* её уязвимости именно из-за низкой кадровой частоты. Прошло тридцать лет, и американцы приняли стратегическое решение перехода к кадровому варианту в своих системах *Brilliant Eyes* и *SBIRS*. Отечественные системы обнаружения лишь в последнее время начали ориентироваться на давнишние идеи Брацлавца — твердотельные матричные системы (с кадровым, а не со строчным накоплением). Поэтому можно утверждать, что для П. Ф. Брацлавца ПЗС входили в класс любимых систем с кадровым накоплением, хотя в это время и не охватывали требуемый «факельный» диапазон длин волн (около 3 мкм).

Как и при создании направления высокоорбитальных систем обнаружения, которые создавались на основе инфракрасных видиконов, «твердотельная ветвь» высокоорбитальных систем обнаружения создавалась большими коллективами. Новизна твердотельной тематики в телевизионных системах обнаружения привела к появлению во ВНИИТе первых отечественных цифровых систем межкадровой обработки видеосигнала для селекции движущихся целей в наземной аппаратуре.

В памяти коллег Брацлавец остался ярким, удачливым лидером. О нём, как о маршале Жукове, говорили: *«Где Брацлавец — там победа!»*. Широта его интересов видна даже из его попыток доказать второе начало термодинамики. О нём ходили легенды, молва передавала интереснейшие эпизоды его общения с Королёвым, Гагариным, министрами, академиками и генералами. Известен факт, когда часовой спросил Гагарина, идущего с Брацлавцем:

— Юрий Алексеевич, это с Вами?

На что первый космонавт ответил:

— Нет, это я с ним.

Даже в обыденной жизни проявлялась его незаурядность. Помню, в конце 1970-х гг. он, подписывая командировку мне, простому инженеру, просто сказал: *«Ты в Москву ведь, так зайди там к заместителю председателя ВПК, я у него в кабинете электробритву забыл»*. Тут два момента: он просто не подумал, что простому смертному к таким кабинетам на пушечный выстрел не подойти, и, вдобавок, трудно представить какого-то начальника отдела, решившего побриться в присутствии высокого начальника.

Тут важен дух, который он проявлял всю жизнь, даже когда в старости было мало сил. В последний год своей жизни он, смеясь, рассказывал мне, что, пойдя на рыбалку недалеко от своей дачи, умудрился от отдачи упасть навзничь. Тут же он, бывалый охотник, пояснил: *«Как хорошо, что отдача назад, а не вперёд, а то и утонуть можно было бы»*. Другой бы в таком состоянии отказался от затеи, но он придумал



Открытка с изображением мемориальной доски, установленной на здании ВНИИТ телевидения.

ходить на рыбалку со стулом — «и в дороге отдохнуть можно, и отдача удочки не страшна». Сильный, неугомонный человек! Достойный всяческого уважения. И его не только уважали, но и любили.

Необычность Брацлавца бросалась в глаза — это не был типичный Лауреат. Кстати, это слово происходит от увенчания лавровым венком выдающихся поэтов и олимпийских чемпионов древней Греции. Поэтом в душе Брацлавец, пожалуй, был, по крайней мере, поэзию любил: дома у него на стене висело художественно оформленное широко известное стихотворение Киплинга, заканчивающееся словами «Земля — твоё, мой мальчик, достоянье, и, более того, ты — Человек!». Об артистизме Брацлавца много говорили, добавлю такой штрих. Перед защитой диссертации он мне посоветовал, а я реализовал артистичный приём: для ответа на какой-нибудь вопрос достаётся ещё один плакат и приговаривается: «этот вопрос мной исследован, я его сейчас поясню по плакату, который просто не поместился на стене...».

А уж спортсменом-то Брацлавец был несомненно. И не внешние проявления — вроде черепа добытой им волчицы у него дома на комодке — тому показатель. Для него само Космическое телевидение было настоящим спортом. И в этом спорте он был мировым рекордсменом. Правда, о венке на его голове речи идти не могло, ходил он в мятой шляпе, а порой и в лыжной шапочке с тезисом Декарта «*Cogito ergo sum*», т. е. «Мыслю — значит существую». Но это пренебрежение к своему внешнему виду типично для выдающихся спортсменов, таких как Брацлавец или Хилари (первый человек, взошедший на Эверест). Этим лишь подчёркивается сосредоточенность на главном, на деле, которому ты служишь. То, что Брацлавец считал работу главнее всего, видно, в частности, из его ответа на заданный в пылу дискуссии вопрос коллеги: «Что у тебя хорошего видел!» — «Я давал тебе работать!».

Период деятельности Брацлавца, посвящённый высокоорбитальной беспилотной космонавтике, не так обильно украшен мировыми рекордами, как первый этап, десятилетие 1956–1966 гг., который определялся идеями, инициативой и волей С. П. Королёва — истинного Отца космического телевидения, достойным соратником которого был Брацлавец. С именем Петра Фёдоровича неразрывно связаны несколько пионерских направлений в космическом телевидении. В память о его мировых рекордах по инициативе НИИ Телевидения в 2006 г. Федерация космонавтики России учредила медаль «Создатель космического телевидения Пётр Фёдорович Брацлавец». Эту идею поддержали академики РАН А. И. Савин и К. Я. Кондратьев, член-корр. РАН Ю. Б. Зубарев и тогдашний начальник управления радиоэлектроники и систем управления Роспрома доктор технических наук Ю. И. Борисов (ныне первый заместитель председателя ВПК РФ).

Создатель космического телевидения, почётный член Международной академии космонавтики им. К. Э. Циолковского П. Ф. Брацлавец — яркий пример пассионария, и его имя и свершения воистину являются национальным достоянием. Так как значение рождения космического телевидения очень велико, то **в нашем городе, имеющем мировой приоритет в рождении космического телевидения**, было бы очень желательно увековечить память об этом в топонимике города. Представляется, что по соседству с проспектом Королёва, например, должны были бы появиться улица Космовидения и улица П. Ф. Брацлавца. Это необходимо для закрепления в массовом сознании самых ярких достижений нашего города в области космической видеоинформатики.

ПЁТР ВАСИЛЬЕВИЧ НОВИЦКИЙ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерительную технику не принято включать в состав дисциплин, сложившихся в кибернетику. Лишь немногие авторы включают её и в информатику — вероятно, именно потому, что измерение является одним из наиболее сложных информационных процессов. Тем больший интерес представляет тот факт, что две вышедшие в нашей стране в 1968 и 1974 гг. книги, посвящённые информационной теории измерений и измерительных устройств, написаны ленинградскими авторами. Первопроходцем оказался профессор Ленинградского политехнического института Пётр Васильевич Новицкий с его монографией «Основы информационной теории измерительных устройств». Позже в том же издательстве «Энергия» вышла в свет работа Г. И. Кавалерова и С. М. Мандельштама «Введение в информационную теорию измерений».

Пётр Васильевич родился 12 июня 1922 г. в Тобольске. В 1939 г. он поступил в Ленинградский политехнический (тогда он назывался Индустриальным) институт, в 1940 г. был мобилизован и в действующей армии прошёл всю Великую Отечественную войну.

В должности радиста Новицкий воевал на Западном, Брянском, Центральном и Первом Украинском фронтах, участвовал в освобождении Праги, был награждён орденом Красной Звезды и медалями; после демобилизации продолжил учёбу в Ленинградском политехническом институте.

Послевоенные сороковые годы были для института временем, когда постепенно восстанавливался разбросанный войной преподавательский коллектив, налаживался нормальный учебный процесс. Вероятно, именно тогда Пётр Васильевич выработал навыки самообразования и ту самостоятельность (доходящую до дерзости) в понимании сущности научных и технических проблем, которая отличала всю его последующую деятельность.

После окончания учёбы в 1950 г., он был оставлен в аспирантуре на кафедре электроизмерительной техники (Е. Г. Шрамкова). Основным направлением научной работы коллектива этой кафедры — в соответствии с требованием времени — были тогда электрические измерения неэлектрических величин. Тема аспирантской работы Петра Васильевича лежала в русле этого направления: в 1953 г. он защитил кандидатскую диссертацию по индуктивным датчикам и перешёл на преподавательскую работу, сначала в должности ассистента, а с 1954 г. — доцента.

Основной областью его научных и педагогических интересов стали электронные устройства измерительной техники. В частности, в 1957 г. под его руководством была разработана электронная аппаратура для измерения параметров взрывной волны в водонасыщенных грунтах на только что выпущенном заводе «Светлана» первых советских плоскостных транзисторах П1-А — возможно, первая подобная в стране.

Сравнительная сложность структуры устройств для измерения неэлектрических величин по сравнению с классическими электроизмерительными приборами натолк-

нула коллектив кафедры на поиски научных основ электроизмерительной техники в области их структурной теории. Участие Петра Васильевича в этих поисках, вместе с эрудицией в радиотехнике и электронике, привели к формированию замысла его докторской диссертации — создать датчики с частотной или частотно-импульсной модуляцией выходного сигнала для всех электрических и неэлектрических величин. Дополнительным толчком к началу работы было появление на кафедре именно в это время первых отечественных цифровых частотомеров.

В 1959 г. П. В. Новицкий организовал группу аспирантов, научных сотрудников и преподавателей кафедры для разработки конкретных частотных датчиков и соответствующих электронных цифровых измерительных устройств. Результаты оказались исключительно плодотворными. По этой тематике учениками Петра Васильевича и учениками этих учеников было защищено более сорока кандидатских диссертаций, по меньшей мере три докторских. В 1970 г. была опубликована получившая широкую известность коллективная монография «Цифровые приборы с частотными датчиками» (П. В. Новицкий, В. Г. Кнорринг, В. С. Гутников).

Но сам Пётр Васильевич не стал писать задуманную докторскую диссертацию по частотно-цифровой тематике, а занялся другими проблемами. Вероятно, две причины отклонили научные интересы П. В. Новицкого от конкретных разработок. Одной из них было желание теоретически оправдать предлагаемый переход к частотной модуляции в цифровых измерительных устройствах, казалось, что это можно было сделать с помощью информационных критериев. Вторая причина заключалась в том, что Пётр Васильевич сразу понял, какие богатые возможности обеспечиваются цифровой обработкой получаемой от датчиков информации.

Определённую роль сыграло и общение П. В. Новицкого с молодым и талантливым Сергеем Морицевичем Мандельштамом, который был тогда увлечён идеями статистической теории связи и ввёл Петра Васильевича в круг соответствующих понятий.

В результате вслед за отправкой в журнал «Измерительная техника» программной статьи «Частотные датчики для измерения всех электрических и неэлектрических величин», раскрывавшей первоначальный замысел докторской диссертации, П. В. Новицкий в сентябре 1961 г. на конференции в Новосибирске выступил с пионерским докладом «Перспективы использования кибернетических критериев в теории измерительных устройств». Менее чем через год в том же журнале вышла новая статья автора о частотных датчиках по материалам прочитанного им доклада. Первая фраза этой новой статьи звучала так: *«В современных условиях общая теория всех электроизмерительных устройств должна исходить из основных понятий кибернетики, в частности теории информации, и развивать их применительно к специфике измерительных устройств».*

Таким образом, была высказана надежда на то, что научные основы измерительной техники будут найдены в области информационного подхода к средствам измерений.

Далее в статье вводились и обсуждались различные информационные понятия, характеризующие средства измерений: мера точности измерительного прибора или преобразователя в виде числа различных градаций измеряемой величины, информационный КПД прибора и т. п.

Вскоре вслед за этим появилась новая статья «Возможности кибернетического пути повышения точности электроизмерительных приборов» и другие публикации П. В. Новицкого по открывшемуся новому направлению. Как сейчас видно, эти публикации освещали два круга вопросов: во-первых, это были информационные критерии качества измерительных устройств, во-вторых, — «кибернетические» пути совершенствования этих устройств.

В марте 1962 г. состоялась первая ленинградская конференция «Кибернетические пути совершенствования измерительной аппаратуры», в организации кото-

рой П. В. Новицкий принял самое активное участие. На ней он сделал доклад «Кибернетические пути повышения точности электроизмерительных устройств». Злободневность кибернетической тематики была такой, что вторая конференция с тем же названием была организована в Ленинграде в том же 1962 г., и было решено в дальнейшем созывать такие конференции ежегодно.

По материалам этих двух конференций Всесоюзным НИИ электроизмерительных приборов был подготовлен сборник «Применение кибернетики в электроизмерительной технике» (1963). Он открывался большой обзорной статьёй Геня Ивановича Кавалерова «Практические возможности использования кибернетики для совершенствования измерительной аппаратуры». Тридцать страниц (из 112 стр.) сборника заняла статья П. В. Новицкого «Анализ путей повышения точности электроизмерительной аппаратуры с позиций теории информации». В этой статье обращает на себя внимание сопоставление и анализ (с информационных позиций) характеристик большого числа реальных приборов. Такое соединение теоретических моделей с реальным статистическим материалом было характерно для научного стиля Петра Васильевича в течение всей его последующей деятельности. Он настороженно относился к излюбленным многими теоретиками априорным моделям и в то же время резко критиковал не обоснованные теоретически «волевые решения».

Среди авторов других статей сборника находим ленинградцев С. С. Соколова, М. И. Ланина, В. В. Сидельникова, Г. И. Гильмана, К. М. Чугунова, С. М. Мандельштама. С критикой некоторых положений работ П. В. Новицкого выступил на страницах сборника новосибирский автор В. М. Пушной.

Доклад П. В. Новицкого на третьей ленинградской конференции (в июне 1963 г.) носил обязывающее название «Об основах общей информационно-энергетической теории измерительных устройств». На этой же конференции (1963 г.), наряду с уже упомянутыми С. М. Мандельштамом и М. И. Ланиным, выступали ленинградцы И. Б. Челпанов и С. М. Персин, тоже активно работавшие в новой научной области.

Может создаться впечатление, что все работы П. В. Новицкого в эти годы носили постановочный характер, но это не так. Пётр Васильевич уже тогда приступил к решению более конкретных частных проблем. Так, один из трёх докладов, сделанных им на четвёртой ленинградской конференции (в июле 1964 г.) назывался «Определение понятия информационной погрешности измерения и важность его практического использования». В докладе была введена новая оценка случайной погрешности, равная полуширине равномерного распределения вероятностей, равного по энтропии П. В. Новицкого эта оценка получила название *энтропийного значения погрешности* и была тщательно исследована в кандидатской диссертации его ученицы В. Я. Галочкиной (1971 г.).

В 1963–1964 гг. работы П. В. Новицкого были опубликованы также в Бухаресте и в Стокгольме (в трудах ИМЕКО).

В результате интенсивной работы по новому направлению Пётр Васильевич подготовил и в апреле 1965 г. защитил докторскую диссертацию «Некоторые вопросы информационной теории измерительных устройств». В автореферате он писал: «...становится очевидным, что теоретические основы, которые могли бы объединить все разделы измерительной техники, могут быть созданы на базе использования законов преобразования информации и их развития применительно к специфике измерений, т. е. путём разработки информационной теории измерений». И далее: «...настоящую работу можно рассматривать как первую разведку, поиск отдельных закономерностей...».

В автореферате были выделены следующие разделы работы: исходные позиции и классификация; информационная погрешность отдельного измерения; информационные характеристики измерительных устройств; определение результирующей погрешности измерительных устройств по значениям отдельных её составляющих; информационно-энергетические характеристики измерительных

устройств; законы взаимосвязи точности, быстродействия и потребления измерительных устройств; сравнительный анализ возможных путей совершенствования электроизмерительных приборов.

В 1968 г., как уже было отмечено, вышла из печати монография П. В. Новицкого, обобщившая результаты его работ по информационной теории измерительных устройств. Нужно сказать, что реакция читателей была неоднозначной. Новизна взглядов Петра Васильевича привлекла многих инженеров-практиков. Отношение теоретиков было более сдержанным. В течение всей последующей деятельности П. В. Новицкого (несмотря на многочисленные пожелания читателей) эту книгу переиздать не удалось, и некоторые важнейшие положения своей информационной теории Пётр Васильевич кратко излагал в других своих работах. В качестве примера можно сослаться на вышедшее в свет под его редакцией пятое издание книги «Электрические измерения неэлектрических величин» (Л.: «Энергия», 1975 г.).

В последние годы жизни Пётр Васильевич готовился к капитальной переработке книги по информационной теории. В ней должна была излагаться не столько теория измерительных устройств, сколько теория измерений; а, кроме того, предполагалось добавить некоторые положения так называемой репрезентационной теории (теории шкал). К сожалению, смелый замысел остался только в первоначальных набросках. Однако сам этот факт показывает, что Пётр Васильевич отнюдь не разочаровался в информационной теории, как это можно было предположить при поверхностном взгляде на его работы 70-х–90-х гг.

Характеристику этих работ можно найти в обзорной статье В. С. Гутникова и В. Г. Кнорринга «Научные школы Петра Васильевича Новицкого» в журнале «Научно-технические ведомости СПбГТУ» (№ 3, 2006 г.). Не останавливаясь подробнее на работах этого периода укажем только на связи информационной теории с основными направлениями этих работ, а именно:

- теорий вероятностных распределений погрешностей;
- квалитетрией средств измерений;
- учением о нестабильности средств измерений;
- логикой измерений и планированием эксперимента.

Распределениями случайных погрешностей Петру Васильевичу пришлось заняться сразу после того, как он предложил перейти от среднеквадратической оценки, характеризующей погрешность с энергетических позиций, к энтропийной, информационной оценке. Ведь соотношение между традиционной и предложенной оценками непосредственно зависело от формы закона распределения. Объём и качество работы, проделанной в развитие этого направления, можно оценить по содержанию одного из итоговых трудов П. В. Новицкого. В 1991 г. ленинградское отделение Энергоатомиздата выпустило в свет 2-е, переработанное и дополненное издание монографии «Оценка погрешностей результатов измерений», написанной Петром Васильевичем в соавторстве с Ириной Аркадьевной Зограф. В книге естественным образом сочетаются анализ и критика работ других авторов, оригинальные теоретические соображения, обобщение большого статистического материала и, наконец, практические рекомендации, — такие, что у многих инженеров эта книга является основным руководством.

Тем не менее, в заключительном разделе книги авторы перечислили большое количество нерешённых задач в рассматриваемой области, которые, по их словам, «ещё ожидают энтузиастов...». К сожалению, таких энтузиастов, как Пётр Васильевич Новицкий, в области теории измерений вряд ли осталось много.

Идеи **квалитетрии средств измерений** в зародыше содержались уже в самых первых публикациях Петра Васильевича по информационной теории измерительных устройств, где были введены такие параметры, как информационный КПД прибора. Тем

более к кругу понятий квалиметрии относились сформулированные П. В. Новицким «законы взаимосвязи точности, быстродействия и потребления измерительных устройств». Но эти законы были выведены умозрительным путём. Пётр Васильевич, конечно, не мог остановиться на этом. В ряде публикаций и кандидатских диссертаций его учеников теоретические соотношения последовательно развивались и, главное, были существенно уточнены на реальном статистическом материале.

Элементы учения *о нестабильности средств измерений* опять-таки в зародыше содержались уже в первых работах П. В. Новицкого по информационной тематике, где упоминалась «вековая постоянная» — промежуток времени, в течение которого погрешность измерительного устройства, в предположении линейного закона её изменения, достигла бы 100%. Это крайне упрощённое и, можно сказать, наивное представление не могло остаться неизменным. Ведь способность хранить свои характеристики является основным свойством любого измерительного устройства. Вместе с тем это свойство («*метрологическая надёжность*»), по сравнению с другими свойствами средств измерений, крайне трудно поддаётся исследованию. Здесь особенно велик соблазн придумывания правдоподобной умозрительной модели.

И снова нужно сказать: не для П. В. Новицкого был этот путь правдоподобного теоретизирования (хотя теоретические модели он любил и умел строить). Ему нужен был реальный материал. И этот материал он нашёл — частично в протоколах поверок приборов за многие годы их эксплуатации, частично в некоторых (весьма малочисленных) технических описаниях, а частично в результатах специально поставленных и достаточно трудоёмких экспериментов.

Результатом многолетней работы стала единственная в своём роде книга «Динамика погрешности средств измерений» (1990), написанная Петром Васильевичем в соавторстве с Ириной Аркадьевной Зограф и Владимиром Сергеевичем Лабунцом (и с участием некоторых других сотрудников).

В заключительном разделе этой книги авторы признали, что объём выполненного ими исследования мал (хотя вряд ли кто-то другой располагал более обширным материалом), и выразили надежду на привлечение к проблеме широкого круга энтузиастов. Но книга вышла в такое время, когда не только энтузиастов, но и просто читателей, заинтересованных в адекватном описании процессов старения приборов, в стране стало очень немного. По-видимому, уникальная работа осталась невостребованной.

Наконец, *логика измерений* с самого начала относилась к «кибернетическим методам» в измерительной технике. Так, упомянутая выше статья ленинградца С. С. Соколова была посвящена именно логике измерений, принятию решений в ходе эксперимента. П. В. Новицкий занимался вопросами логики измерений в начальный период своей работы в области информационной теории измерений, и, в несколько иной форме, в последние годы жизни, когда его заинтересовали вопросы автоматизированного эксперимента. Здесь были намечены интересные идеи, но они остались недостаточно развитыми.

Как видно из приведённого выше краткого обзора работ П. В. Новицкого, их постановка непосредственно вытекала из намеченного в 60-е гг. содержания информационной теории измерений, хотя само слово «информация» в последних работах встречалось не очень часто. В какой-то степени это напоминало распространение волн во все стороны от брошенного в воду камня. Если бы эти «волны» разошлись не так далеко, можно было надеяться на то, что Пётр Васильевич снова соберёт их в фокусе информационной теории. Теперь, когда его нет с нами (он умер 21 декабря 2000 г.), эту задачу предстоит решить молодому поколению.

В заключение осталось заметить, что информационный подход к измерению до сих пор является предметом обсуждений. «Патриарх» измерительной науки Людвик Финкелстайн из лондонского City University в подготовительной дискуссионной ста-

тье к десятому международному симпозиуму Технического комитета по измерительной науке ИМЕКО (IMEKO Technical Committee TC7 Measurement Science) отмечал, что имеются два различных взгляда на организацию знаний, относящихся к измерению: один с позиций систем и информации, а другой — с позиций метрологии.

На самом же симпозиуме итальянский учёный Лука Мари во введении к дискуссии на тему «Эпистемологический статус измерительной науки» (Epistemological status of Measurement Science), стараясь примирить различные точки зрения, заявил: *«Сама природа и задачи измерения ставят его в промежуточное положение, между физикой и информацией, между эмпирическими и формальными науками, между наукой и техникой».*

Это говорилось и обсуждалось в 2004 г. Сформулировавший информационный подход к измерению в 1961–1962 гг. Пётр Васильевич Новицкий не разделял физическую, метрологическую и информационную сторону измерительной науки и не ставил измерение в неудобное «промежуточное положение». Во всех его трудах различные аспекты измерения предстают в виде единого целого — как это и должно быть.

* * *

НАУЧНОЕ, ИНЖЕНЕРНОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ ПРОФЕССОРА ВИКТОРА АНТОНОВИЧА БЕСЕКЕРСКОГО

24 апреля 2010 г. исполнилось 95 лет со дня рождения профессора В. А. Бесекерского, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, почетного члена Академии навигации и управления движением.

В. А. Бесекерский не был человеком одного открытия или одной теории. Он был многогранной личностью, который проявил себя во многих творческих направлениях и добился действительно выдающихся результатов в создании методических и научных основ проектирования систем автоматического управления — именно проектирования с учетом всех реальных требований к системе, а не синтеза, обычно сводящегося к оптимизации динамики идеализированной системы.

Масштаб фигуры Виктора Антоновича поразителен. Он был талантлив во всем, был красивым крупным человеком в прямом и переносном смысле, был любимцем женщин, с удовольствием музицировал на фортепьяно, в молодости занимался академической греблей в спортклубе «Знамя» на Крестовском острове, любил путешествовать на своей светло-серой «Волге» М-21 с женой Верой Ивановной, в хорошей компании. После убогого быта в юности гордился своей трехкомнатной квартирой на ул. Красного Курсанта, дом 26, кв. 26, полученной от Академии им. А. Ф. Можайского. Он был природным лидером и умел воодушевить людей на самоотверженную работу, прежде всего своим собственным примером.

Он создал вместе с Е. П. Поповым книгу «Теория систем автоматического регулирования», которая стала основным учебником по системам управления для многих будущих инженеров, хотя формально не имела каких-либо грифов Минобразования и в издательстве «Наука» издавалась и переиздавалась как монография. Многолетний редактор книг Бесекерского в «Науке» В. И. Левантовский рассказывал, что издательству было более выгодно издавать монографию, чем учебное пособие по финансовым соображениям. Но думается, что была и другая причина. Бесекерский был бунтарь в науке и не стеснялся противопоставлять себя классической университетской школе теории управления, считая ее слишком выхолощенной и излишне теоретизированной для инженеров.

По результатам анкетирования 80-х гг. 90% всех технических вузов СССР использовали в учебном процессе две наиболее известных книги В. А. Бесекерского:

- *Бесекерский В. А., Попов Е. П.* Теория систем автоматического регулирования. — М.: Наука. 1966 (1972, 1975) — общий тираж 60 000 экз. + переиздание в 2003 г.
- Сборник задач по теории автоматического управления и регулирования / Под ред. В. А. Бесекерского. — М.: Наука. 1963 (1965, 1969, 1972, 1977) — общий тираж более 80 000 экз.

С середины 70-х гг. В. А. Бесекерский — общепризнанный глава ленинградской научной школы по прикладной теории автоматического управления. Однако начал свою трудовую деятельность в 17 лет Виктор Антонович не ученым, а электромонтером. Он учился на вечернем факультете Политехнического института, днем работал техником-лаборантом Трамвайно-троллейбусного техникума. С 1938 г., уже с 23-летнего возраста — инженер-конструктор «Электропрома», хотя вузовский диплом инженера будет получен только в начале 1941 г. Сразу после этого — работа по распределению инженером Судоремонтного завода в Мурманске, работа на фабрике им. Бебеля в Ленинграде, блокадный голод, в 1942 г. — эвакуация в Свердловск, работа инженером «Арктик-Севморпути».

В 1943 г. В. А. Бесекерский в возрасте 28 лет впервые начинает работу в вузе (УПИ) в должности аспиранта, позднее ассистента, заместителя декана, сотрудничает с оборонными предприятиями Свердловска. В конце 1944 г. защищает кандидатскую диссертацию «Вопросы расчета тепловой защиты синхронных двигателей в асинхронных режимах» и в 1945 г. возвращается в Ленинград, став доцентом кафедры «Электротехника» в Военно-механическом институте (ЛВМИ).

Имея уже значительный опыт практических разработок, Бесекерский в ЛВМИ сразу активно занялся научными исследованиями по широкому кругу проблем. Спектр его интересов иллюстрируют некоторые темы отчетов по НИР, выполненных В. А. Бесекерским в ЛВМИ:

- разработка установки для регистрации пути, скорости и ускорения частей автоматического пушечного оружия (1946);
- разработка электромеханической системы наведения (1947);
- разработка аппаратуры для исследования вибраций стволов артиллерийского вооружения самолетов (1948);
- разработка прибора для регистрации угловых скоростей турелей (1948);
- измерение скорости вращения снаряда на траектории (1948);
- разработка установки для исследования удара частей автоматического оружия (1949);
- экспериментальное исследование артиллерийских приводов наведения (1949);
- методика исследования ошибок следящих систем, применяемых в авиации (1949);
- разработка аппаратуры для определения рассогласования следящих систем (1950).

В это же время были опубликованы его первые статьи по чисто управленческой тематике:

- Применение вибраторов для устранения нелинейностей в автоматических регуляторах. Автоматика и телемеханика, № 6, 1947.
- Об одном неприменимом критерии. Автоматика и телемеханика, № 6, 1950.

В 1950 г. В. А. Бесекерский, опираясь на большой опыт сотрудничества с промышленными предприятиями и НИИ, создает в ЛВМИ кафедру «Синхронно-следящие системы и гидропривод» и избирается ее заведующим.

Кафедра начинает активно работать, быстро формируется творческий коллектив, эффективно решающий учебно-методические и научные вопросы. Объем научных исследований возрастает, публикуются статьи и отчеты. Безусловный лидер коллектива 35-летний Бесекерский вскоре стал исполнять и функции ученого секретаря института.

Увы, поработать заведующим кафедрой в ЛВМИ Бесекерскому было суждено только 3 года, и за это время у него появились не только соратники, но и завистники. Во время внеплановой проверки по линии МО в институте выявились слабые научные работы и финансовые нарушения, и в результате интриг одним из «крайних» оказался

Бесекерский. Его арестовали, чтобы исключить возможность влияния на ход расследования, и четыре месяца продержали в «Крестах». В 1953 г. Бесекерский был полностью оправдан и реабилитирован. Однако вуз воспрепятствовал его возвращению, и В. А. Бесекерскому пришлось устроиться доцентом на кафедру электротехники в Институт киноинженеров. Там он проработал 3 года, активно совмещая преподавание с научной работой по тематике НИИ-303 (впоследствии ЦНИИ «Электроприбор») и других институтов. Своей активностью и работоспособностью он завоевал авторитет в ленинградском научном сообществе.

В 1955 г. Е. П. Попов (в будущем — академик) решил разделить свою большую кафедру в военной академии им. А. Ф. Можайского на две части и пригласить Бесекерского для руководства образующейся кафедрой. Так В. А. Бесекерский стал заведующим кафедрой автоматики и электроники ЛКВВИА им. А. Ф. Можайского. 16 лет работы Бесекерского на этом посту стали периодом расцвета его творческого дарования и всеобщего признания. В 1959 г. он легко защитил докторскую диссертацию «Синтез следящих систем малой мощности специальных счетно-решающих устройств».

В 1957 г. в соавторстве с В. П. Орловым, С. М. Федоровым и Л. В. Полонской опубликована монография «Проектирование следящих систем малой мощности» (Л., Издательство «Судостроение»). Она стала первой в ряде книг, принесших В. А. Бесекерскому широкую известность в СССР. В 1963 г. выходит первое издание знаменитого Задачника, а в 1966 г. — первое издание книги «Теория систем автоматического управления».

В 1964 г. в издательстве «Судостроение» была издана монография «Электро-механические сглаживающие устройства», написанная В. А. Бесекерским в соавторстве с С. Б. Востоковым и Л. М. Цейтлиным. В 1968 г. совместно с Е. А. Фабрикантом подготовлена монография «Динамический синтез систем гироскопической стабилизации». В 1970 г. вышла в свет знаменитая книга «Динамический синтез систем автоматического регулирования», ставшая настольной для многих инженеров.

Все последующие книги опубликованы В. А. Бесекерским во время его работы в ЛИАП (ныне Санкт-Петербургском государственном университете аэрокосмического приборостроения, или ГУАП). В ЛИАП Бесекерский перешел в 1971 г. (реально в 1972 г. после длительного лечения перелома ноги) и был избран заведующим кафедрой электронных устройств систем управления. Избран был не единогласно — 4 члена совета были против. Однако Виктор Антонович не обиделся и быстро доказал свою исключительную значимость не только для кафедры, но и для всего института.

Кафедра достигла огромных успехов, существенно усилилась научная работа, восемь сотрудников кафедры стали докторами наук. Методический уровень преподавания также существенно повысился, Бесекерский регулярно посещал лекции преподавателей и анализировал их на заседаниях кафедры. Существенно усилилась лабораторная база кафедры, причем В. А. Бесекерский в каждой лабораторной работе требовал исследования реальных элементов систем управления, а не только их компьютерного моделирования. В течение 20 лет заведования кафедрой Бесекерский отредактировал многочисленные учебные пособия, монографии, сборники научных трудов. Он смело привлекал к работе молодых соавторов, давая им возможность проявить себя в полной мере. В 1975 г. было опубликовано пятое издание Задачника, существенно переработанное с учетом возможностей использования универсальных ЦВМ при исследовании динамики и точности систем управления. Автор этих строк, тогда молодой кандидат наук, был введен Бесекерским в «звездный» состав авторского коллектива.

Последней книгой В. А. Бесекерского, полностью написанной им без соавторов, стала монография «Цифровые автоматические системы» (М., Наука, 1976). Она до настоящего времени может рассматриваться как одна из наиболее глубоких и оригинальных отечественных книг по использованию ЦВМ в системах управления.

В 1983 г. московским издательством Наука была издана монография «Робастные системы автоматического управления», подготовленная в соавторстве с А. В. Небыловым. В том же году вышло в свет коллективное учебное пособие «Руководство по проектированию систем автоматического управления» (М., Высшая школа, 12 соавторов). В 1985 г. было издано учебное пособие «Радиоавтоматика» (М., Высшая школа, в соавторстве с А. А. Елисеевым, А. В. Небыловым, А. А. Оводенко, Н. П. Поляковым); в 1987 г. — монография «Системы автоматического управления с микро-ЭВМ» (М., Наука, в соавторстве с В. В. Изранцевым); в 1988 г. — монография «Микропроцессорные системы автоматического управления» (Л., Машиностроение, 6 соавторов).

Общий тираж книг В. А. Бесекерского превышает 300 тыс. экземпляров — фантастически большая цифра для технической литературы, особенно по нынешним временам. Что же привлекало читателей в этих книгах?

Практически все они посвящены разработке, развитию и методически совершенному изложению Прикладной теории систем автоматического управления (ТАУ).

В. А. Бесекерский, сам прошедший школу реальных разработок, хотел дать специалистам — практикам удобный аппарат для решения задач проектирования систем автоматического управления. Он считал необходимым обучать студентов технических вузов прикладной ТАУ по программе, в которой сбалансированы по объему теоретические и прикладные разделы, адаптировать положения ТАУ к потребностям практического проектирования, давать студентам актуальные примеры расчетов и технических решений. Понимая возможности и ограничения оптимального математического синтеза и инженерного синтеза, он стремился научить студентов разумно их сочетать.

К основным элементам прикладной теории систем автоматического управления В. А. Бесекерский относил:

- выбор структуры системы из инженерных предпосылок;
- эквивалентные структурные преобразования системы при поиске варианта ее практической реализации;
- использование аппарата типовых передаточных функций;
- выбор критериев оптимизации системы исходя из реальных требований;
- обоснование тестовых воздействий при исследовании точности управления;
- переход от «оптимальной» системы к практически целесообразной;
- использование принципа достаточности при формировании показателей качества.

В. А. Бесекерский предпочитал использовать во всех книгах букву p для обозначения и оператора дифференцирования, и аргумента в преобразовании Лапласа (вместо s).

Важной особенностью являлось чрезвычайно аккуратное отношение к размерности всех переменных в любых формулах, особенно при записи постоянных времени в передаточных функциях, имеющих размерность времени и измеряемых в секундах. Сомножители вида, например, $(1 + 3s)$ он считал категорически неприемлемыми и требовал записывать их в виде $(1 + Ts)$, где $T = 3\text{ с}$. Такая пунктуальность облегчала проверку правильности итоговых формул, поскольку различие размерностей слагаемых или разные размерности правой и левой частей уравнения легко обнаруживались. Единицы измерения угловых величин были всегда легко определяемы, что исключало неопределенность в использовании радиан, градусов или угловых минут. При использовании векторных величин В. А. Бесекерский требовал, чтобы все их компоненты имели одинаковую физическую размерность. Были развиты и широко апробированы и многие другие методические приемы, полезные при обучении будущих инженеров. Увы, в современных учебных пособиях, ориентированных на массовое использование среды MATLAB-Simulink и других «импортных» программных пакетов, действитель-

но определяющих современный стиль проектирования, многие из находок Бесекерского не применяются. А ведь они по-прежнему полезны.

И конечно, центральное место в научно-методическом наследии В. А. Бесекерского занимает его глубоко разработанный графо-аналитический метод синтеза систем автоматического регулирования по заданным качественным показателям на основе построения запретных областей на плоскостях ЛАХ и ЛФХ — в основном по показателям динамической точности (максимальная ошибка) и запаса устойчивости (показатель колебательности M). Этот метод хорошо соответствовал потребностям практики проектирования систем управления при разработке структуры системы и при первоначальном выборе параметров закона управления, который на завершающем этапе проектирования мог быть уточнен по результатам компьютерного или полунатурного моделирования. Пользуясь современной терминологией, он позволял реализовать концепцию робастности при проектировании, поскольку опирался не на идеализированное полное спектрально-корреляционное описание воздействий, а на вполне достоверно определенные максимальные (или среднеквадратичные) значения воздействия и его производных, а также допускал определенные параметрические возмущения в законе управления с сохранением запаса устойчивости замкнутой системы.

В. А. Бесекерский очень дорожил методом построения запретных областей для ЛАХ, считая его ценным для практики, и пытался придать ему большую научную строгость. Одним из составных элементов концепции анализа точности управления было понятие «эквивалентного гармонического воздействия», которое и рассматривалось при построении запретной области. Когда автору этих воспоминаний в 1982 г. удалось доказать, что при ограничении воздействия и двух его производных наибольшую динамическую ошибку в любой линейной системе вызывает не гармоника, а сумма двух гармоник (одна из которых чаще всего имеет нулевую частоту), причем задача решается в общем виде и при произвольном числе ограниченных производных, Виктор Антонович долго не верил. А когда убедился на конкретных расчетных примерах, сначала расстроился, а потом показал, что указанный факт принципиально не снижает достоинства его графо-аналитического метода.

Вспоминая о многочисленных научно-конструкторских разработках В. А. Бесекерского, выделим здесь только 5 крупных направлений его научной деятельности, в основном связанных с ЦНИИ «Электроприбор» (ныне ОАО Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Государственный научный центр РФ).

Первое направление было инициировано началом использования транзисторной элементной базы в судовой автоматике (50-е гг.). Создавались и совершенствовались и новые электронные усилители с малым весом и другими достоинствами, малогабаритные вращающиеся трансформаторы для построения счетно-решающих устройств, другие новые элементы судовой (а позднее и космической) электроники. Типичное название подготовленного Бесекерским отчета тех лет: «Разработка опытных образ-



Виктор Антонович Бесекерский (1980 г.)

цов магнитных усилителей и усилителей с применением новых полупроводниковых элементов». (Отчет по НИР, 1956)

В числе наиболее известных соратников Бесекиерского по этим работам были: В. Г. Гордеев, впоследствии ставший главным инженером ЦНИИ, и В. А. Веселов, до сих пор активно работающий в близкой области.

Второе направление было связано с созданием научных основ построения гироскопических систем ориентации тяжелых ИСЗ. Эта работа была «непрофильной» для Судпрома, не поддерживалась Министерством и была выполнена, доведена до совершенства исключительно за счет энтузиазма и научного авторитета разработчиков. Из созданных систем ориентации наиболее известна система «Квант» (главный конструктор В. Г. Гордеев), в течение 30 лет успешно работавшая на спутниках ЦСКБ «Прогресс». О научной составляющей выполненной работы можно судить, в частности, по опубликованным статьям В. А. Бесекиерского:

- О возможности коррекции инерциальной вертикали на подвижном управляемом объекте // Приборостроение, № 1, 1959 (в соавторстве с В. Г. Гордеевым и С. Ф. Фармаковским).
- Радио-гироскопическая система ориентации специального объекта повышенной точности // ВСПЭ, сер. XIX, вып. 2, 1965 (в соавторстве с В. Г. Гордеевым и Я. Г. Остроуховым).
- Теория двухроторной гироорбиты // Труды 4-го Конгресса ИФАК, 1969 (в соавторстве с В. Г. Гордеевым и Я. Г. Остроуховым).

В период 1962–69 гг. по тематике «Система ориентации специального объекта» в соавторстве с В. Г. Гордеевым и др. было получено 10 авторских свидетельств.

Третье направление заключалось в совершенствовании научных основ создания цифровых систем автоматического управления в применении к разным техническим объектам. Вопросы динамического синтеза цифровых систем, в том числе частотными методами при использовании псевдочастоты (билинейного преобразования), анализ внешних и внутренних случайных воздействий в системе, периодические режимы за счет квантования, влияние конечной (по тем временам — небольшой) ширины разрядной сетки цифровых вычислителей — эти и многие другие актуальные вопросы были детально проанализированы и систематизированы в монографии «Цифровые автоматические системы» (объем этой монографии составил 576 страниц).

Были выполнены и опубликованы результаты работ:

- Общие вопросы динамики цифровых автоматических систем (Отчет по НИР, ЛВИКА, 1961).
- Синтез следящих систем с цифровыми вычислительными устройствами методом ЛАХ // Известия АН СССР, Энергетика и автоматика, № 3, 1961. Эта статья была написана в соавторстве с С. М. Федоровым.
- Квазипериодические режимы, вызванные квантованием по уровню, в цифровых системах автоматического управления // Журнал «Техническая кибернетика», № 5, 1969, и др.

Четвертое направление состояло в разработке научных основ создания автопилотов для экранопланов «Орленок» и «Лунь» (главный конструктор В. Б. Диомидов, работа выполнялась в 1964–1985 гг.). Потребовалось теоретическое исследование экраноплана как объекта управления, синтез уравнений движения и законов управления с учетом упругости корпуса, теоретическое обоснование принципов и структур построения измерителей параметров движения экраноплана, синтез практических схем всех каналов систем управления, стабилизации и демпфирования «Смена-4» и «Смена-3».

Пятое направление не было связано непосредственно с «Электроприбором» и заключалось в разработке прецизионной двухступенчатой цифровой системы управления для Большого альт-азимутального телескопа-рефлектора с диаметром главного зеркала 6 м и массой подвижной части 650 т (главный конструктор — Б. К. Иоаннисиани). Механические конструкции телескопа были изготовлены Ленинградским оптико-механическим объединением. Телескоп был установлен в Специальной астрофизической обсерватории на горе Семиродники в Карачаево-Черкесской Республике. В 1975 г. В. А. Бесекерский отвечал за точность управления огромным зеркалом и блестяще решил поставленную задачу. К сожалению, телескоп не достиг расчетного углового разрешения, предположительно из-за недостаточного качества зеркала.

Почти все главные конструкторы разработок, научным руководителем которых был В. А. Бесекерский, получили высокие Правительственные награды и Государственные премии. Сам Виктор Антонович не имел ни премий, ни орденов. Почетное звание Заслуженный деятель науки и техники РСФСР ему было присуждено только 5 ноября 1985 г. в возрасте 70 лет после нескольких представлений к этому званию, да и то при активной неформальной поддержке проф. В. А. Веселова, ученика и соратника В. А. Бесекерского, имевшего «выход» на высокие партийные инстанции (как бывший секретарь РК ВЛКСМ). Что именно не нравилось в беспартийном Бесекерском тогдашним высоким руководителям — остается загадкой. В день семидесятилетия 19 апреля 1985 г. В. А. Бесекерский приказом ректора (№ 159) был награжден почетной грамотой и премией в 100 руб. В 1996 г. Виктор Антонович Бесекерский был избран Заслуженным профессором ГУАП (тогда одним из трех) с некоторыми материальными привилегиями пожизненно.

Скончался В. А. Бесекерский 4 августа 1999 г. от гипертонической болезни. Его супруга Вера Ивановна Бесекерская ненадолго пережила мужа. Многочисленные ученики Бесекерского всегда будут благодарны этому выдающемуся ученому и педагогу. Атмосфера творчества, доброжелательства, которая всегда ощущалась за его круглым рабочим столом в квартире на ул. Красного Курсанта, со свежеспеченными Верой Ивановной традиционными пирогами с рыбой, неповторима. Но книги В. А. Бесекерского еще долго будут полезны новым поколениям ученых и инженеров.

* * *

*Мы живем в эпоху,
когда расстояние от самых безумных фантазий
до совершенно реальной действительности
сокращается с невероятной быстротой.*

М. Горький

Ч А С Т Ь П

ДОСТИЖЕНИЯ НАУЧНЫХ ШКОЛ И КОЛЛЕКТИВОВ

**Автоматные сети и компьютеры: история развития
и современное состояние**

**Язык программирования ФОРТ в СССР,
России и Санкт-Петербурге**

**Фундаментальный подход к обучению информатике
в работах учёных Российского государственного
педагогического университета им. А. И. Герцена**

**Развитие химической кибернетики в Санкт-Петербургском
государственном технологическом институте**

**Научная школа в области теории управления
и динамики систем с непрерывным и дискретным описанием
над бесконечными и конечными полями**

**Об истории одной научной школы
в области компьютерной безопасности**

**Героические и трагические страницы:
вклад ленинградской школы космических и транспортных роботов
при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС**

АВТОМАТНЫЕ СЕТИ И КОМПЬЮТЕРЫ: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Введение. В настоящее время в мире господствуют компьютеры с архитектурой, предложенной в июне 1945 г. величайшим ученым двадцатого века, блестящим математиком и физиком Джоном (Яношем) фон Нейманом в работе «Предварительный доклад о машине ЭДВАК». Несмотря на рукописный характер этот доклад получил широкое распространение как в США, так и в других странах — прежде всего в силу высокого научного авторитета фон Неймана — и инициировал ряд проектов по созданию цифровых вычислительных машин. Это была первая научная работа в области цифровых компьютерных технологий, определившая их развитие на весь последующий период. С того момента и по настоящее время данная архитектура называется «фон-неймановской» или, учитывая ее глобальное распространение, — «традиционной».

В докладе не только описывалась конкретная вычислительная машина ЭДВАК, которая разрабатывалась Эккертом и Маучли при активном участии фон Неймана, но и приводилась обобщенная структура цифровой вычислительной машины, независимой от аппаратной реализации. Ниже приводятся основные положения этой части доклада, включенной в статью «Предварительное рассмотрение логической конструкции электронного вычислительного устройства», опубликованную в 1946 г. совместно с Берксом и Голдстейном.

«Так как законченное устройство будет универсальной вычислительной машиной, оно должно содержать несколько основных органов, таких как орган арифметики, памяти, управления и связи с оператором. Мы хотим, чтобы после начала вычислений работа машины не зависела от оператора.»

Очевидно, что машина должна быть способна запоминать некоторым образом не только числовую информацию, необходимую для данного вычисления, но также и команды, управляющие программой, которая должна производить вычисления над этими числовыми данными.

Если, однако, приказы (команды) машины свести к числовому коду и если машина сможет некоторым образом отличать число от приказа (команды), то орган памяти можно использовать для хранения как чисел, так и приказов (команд).

Должен существовать еще орган, который может автоматически выполнять приказы (команды), хранящиеся в памяти. Мы будем называть этот орган управляющим.

Поскольку наше устройство должно быть вычислительной машиной, в нем должен иметься арифметический орган, способный складывать, вычитать, умножать и делить.

Наконец, должен существовать орган ввода-вывода, с помощью которого осуществляется связь между оператором и машиной».

В настоящее время арифметический и управляющий органы, а также орган ввода-вывода объединяются в устройство, называемое процессор.

Главное в данной архитектуре — наличие программы, хранящейся в памяти вычислительной машины и состоящей из последовательно выполняемых команд. Программа создается на основе алгоритма — **последовательности действий**, приводящих к достижению результата.

За прошедшие годы вычислительная техника развивалась исключительно по пути инженерного и технологического усовершенствования отдельных устройств. Даже современные суперкомпьютеры, состоящие из сотен тысяч процессоров, сохранили фон-неймановскую архитектуру. В этом случае обычная последовательная программа разбивается на множество участков, каждый из которых последовательно выполняется в своем процессоре. В результате программисту, кроме реализации алгоритма, приходится заниматься еще и его распараллеливанием, что кардинально усложняет работу.

Единственной альтернативой фон-неймановской (традиционной) архитектуре являются автоматные сети (АС). Каждый автомат, входящий в АС, является монофункциональным, т. е. выполняет одну функцию, простую или сложную, которая определяется индивидуальной архитектурой автомата и может изменяться в результате внешних воздействий. В автоматах АС отсутствует главный элемент фон-неймановской архитектуры — память, в которой хранится программа, состоящая из команд, и соответственно нет понятия последовательного выполнения программы, хотя процесс реализации функций может быть растянут во времени. Программа работы компьютера с нетрадиционной архитектурой определяется функциями отдельных автоматов и связями между автоматами, входящими в АС. Для решения задачи в автоматной сети необходимо представить задачу не в алгоритмической, а в функциональной форме. При этом функциональная форма исходно является параллельной, так что в этом случае исчезают проблемы распараллеливания.

В живой природе нет какого-либо аналога фон-неймановской архитектуре, а автоматные сети присутствуют повсеместно. Любая клетка является сложной автоматной сетью с динамически изменяемыми межавтоматными связями, где роль автоматов выполняют белки и аминокислоты. Отдельные органы животных и человека, организмы в целом и различные социальные структуры являются автоматными сетями, элементами которых, в свою очередь, являются автоматные сети. По эффективности живые компьютеры в виде нервной системы даже небольших насекомых намного превосходят самые мощные современные суперкомпьютеры, которые до сих пор не могут смоделировать в реальном времени, например, движение муравья по пересеченной местности.

Сам Джон фон Нейман ясно представлял превосходство биологических компьютеров над вычислительными машинами с предложенной им архитектурой и полагал, что по мере развития технологий уже в 70-х гг. двадцатого века компьютеры будут создаваться на базе самоорганизующихся автоматных сетей. В последние годы своей жизни он стал активно работать в этом направлении, получившем название «клеточные автоматы». Последней работой Джона фон Неймана, которую он так и не успел закончить к моменту своей смерти в феврале 1957 г., была книга «Вычислительная машина и мозг». К сожалению, прогнозы фон Неймана не оправдались. И в XXI в., как и в середине XX-го, все компьютеры используют хранимые в памяти последовательные программы, а перспективы универсальных компьютеров в виде автоматных сетей практически не обсуждаются в научном сообществе.

Существует, однако, специфичный класс автоматных сетей, научные и практические исследования которых уже более 50 лет ведутся во всем мире с высокой интенсивностью. Речь идет об искусственных нейронных сетях, считающихся аналогами нейронных сетей живых организмов, и о нейрокомпьютерах, основанных на этих сетях. Специфика данных сетей заключается в том, что функции автоматов и межавтоматные связи остаются неизменными в течение всего срока жизни сети. Более того, все автоматы сети выполняют одну и ту же функцию, характерную (как предполагает

ся) для реальных нейронов. Каждому входу автомата (нейрона) сопоставляется целочисленный весовой коэффициент. Если взвешенная сумма входных сигналов превышает целочисленный порог, то на все выходы автомата выдается единичный выходной сигнал. Одновременно изменяются весовые коэффициенты и значение порога. Одна нейронная сеть отличается от другой числом нейронов, структурой межнейронных связей и способом изменения весовых коэффициентов и порога. Основная методика программирования — обучение.

Если сопоставить интеллектуальные, временные и материальные ресурсы, затраченные на исследования и разработки нейрокомпьютеров и нейронных сетей, начиная с 1943 г., то следует заметить, что результаты весьма скромные. Ни один из современных нейрокомпьютеров не нашел широкого промышленного применения и не видно, за счет чего возможно их дальнейшее развитие. Хотя быстроедействие искусственных нейронов на несколько порядков выше, чем у естественных, однако по эффективности и степени универсальности нейрокомпьютеры просто несопоставимы с реальными нейронными сетями даже при сравнимом числе нейронов. Достаточно снова упомянуть муравья, нейронная сеть которого содержит всего около 100 000 нейронов и при этом эффективно работает вообще без обучения, хотя и способна обучаться. По мнению некоторых нейрофизиологов, возможная причина такого явления заключается в том, что реальные нейроны являются не примитивными пороговыми автоматами, а сложными вычислительными устройствами (автоматными сетями), выходные сигналы которых соответствуют большим информационным пакетам, распределенным в пространстве и времени. Эти пакеты трансформируются в ходе передачи по связям (аксонам), изменяя при этом состояние указанных связей. Электрические сигналы, получаемые от нейронов в ходе их исследования нейрофизиологами, отображают лишь некоторую, очень грубую интегральную картину происходящих на химическом уровне процессов. Итак, нейрокомпьютеры, хотя и относятся к автоматным сетям, не способны составить реальную конкуренцию традиционным компьютерам, поскольку работают по раз и навсегда заданной программе. В то же время автоматные сети фон Неймана (клеточные автоматы) предполагали динамическое изменение как функций автоматов, так и связей между ними (что и происходит в живых системах на клеточном уровне).

Почему Джон фон Нейман считал архитектуру компьютеров, которую он сам и предложил, бесперспективной? Здесь можно выделить три основных фактора. Первый фактор — надежность. В традиционных компьютерах неисправность любого элемента выводит из строя всю систему, и чем больше элементов содержит компьютер, тем ниже его надежность. Во времена фон Неймана компьютеры больше чинились, чем работали. Надежность автоматных сетей, наоборот, возрастает с ростом числа элементов (автоматов), что хорошо видно на примере живых систем. Второй фактор — производительность (объем вычислений, выполняемых в единицу времени). В традиционном компьютере производительность ограничена быстроедействием основных элементов, а в автоматных сетях определяется числом автоматов и в общем случае не имеет ограничений. Третий фактор — эффективность (стоимость, энергопотребление, объемы аппаратуры, приходящиеся на единицу производительности). Здесь превосходство автоматных сетей наиболее заметно, если сравнить современные суперкомпьютеры, занимающие целые здания и потребляющие мегаватты энергии, с тем же муравьем.

Мифы и реальность советской техники. В настоящее время существует устойчивый миф о том, что сначала СССР отставал от Запада в области компьютерных технологий из-за гонений на кибернетику, а затем в 70-х гг. было принято решение о копировании американских ЭВМ фирмы ИВМ, и развитие вычислительной техники вообще прекратилось. Этот миф не имеет никакого отношения к действительности. Впервые, кибернетику никто и никогда не преследовал. Книга Винера «Кибернетика», изданная в 1948 г., уже в 1949 г. была переведена и издана в СССР (правда, в открытой

продаже она появилась лишь в 1958 г. в результате второго издания, но в библиотеках была доступна и ранее). Все «гонения» начались в послесталинский период и заключались в опубликовании нескольких журнальных статей: в журналах «Техника молодежи» (1952), «Наука и жизнь» (1953), «Вопросы философии» (1953) и в «Философском словаре» (1954), где кибернетика объявлялась лже-наукой. Однако уже в апрельском номере журнала «Вопросы философии» за 1955 г. появляется сугубо позитивная статья А. И. Китова «Основные черты кибернетики», а из «Философского словаря» издания 1955 г. статья о кибернетике исключается. Эти статьи не оказали никакого влияния ни на советских ученых, ни на тематику научных организаций. Более того, видные советские ученые А. А. Ляпунов, С. А. Лебедев и В. М. Глушков получили медали ИФИП (IFIP, International Federation for Information Processing — Международная Федерация по Обработке Информации) «Пионеры кибернетики», и в СССР в 50-х гг. кибернетика развивалась намного активнее, чем в любых других странах. Во-вторых, поскольку вычислительная техника того времени развивалась в рамках фон-неймановской архитектуры, никакого отношения к кибернетике она не имела. Уже в 1948 г., когда в США только разрозненные коллективы занимались разработкой единичных образцов компьютеров, в СССР по инициативе Сталина были созданы Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) АН СССР и Специальное конструкторское бюро № 245 («СКБ-245»), как было написано в постановлении Правительства «для разработки и внедрения в производство средств вычислительной техники для систем управления оборонными объектами». В 1951 г. создается первая советская цифровая вычислительная машина МЭСМ сразу как промышленный образец. Следует заметить, что первые промышленные компьютеры в США («UNIVAC 1») и в Англии («Ferranti Mark 1») также появились в том же 1951 г. В 1953 г. начинается серийное производство машин «БЭСМ», «Стрела» и «М-2» (для военных применений), которые находились на уровне лучших американских компьютеров того времени и существенно превосходили компьютеры других стран. Компьютерные технологии активно развивались в СССР и в последующие годы. Например, в 80-х гг. в рамках советской суперкомпьютерной программы разрабатывалось более десяти оригинальных проектов, семь из которых было доведено до уровня промышленных образцов. Большинство из этих проектов не имело даже отдаленных зарубежных аналогов. И лишь в результате распада Советского Союза все эти проекты были прекращены.

Следует отметить, что в 50-х гг. и советская электроника была на высоком уровне. Промышленное производство полупроводниковых транзисторов в США началось в марте 1958 г. фирмой Fairchild Corp. при цене \$150 за штуку. Информация о характеристиках отечественных «кристаллических триодов» была помещена в шестом номере научно-популярного журнала «Радио» за 1955 г., а в 1956 г., на два года раньше, чем в США, началось промышленное производство. Осенью 1957 г. я, будучи студентом третьего курса ЛЭТИ, занимался на кафедре автоматки и телемеханики практической разработкой цифровых устройств на транзисторах П-16. К этому времени транзисторы в СССР были не только общедоступны, но и дешевы (в пересчете на американские деньги менее доллара за штуку).

История экономического и научно-технического развития СССР в послевоенный период совершенно удивительна. Вплоть до середины 50-х гг. практически во всех инновационных областях мы не уступаем США, а зачастую и превосходим. Остальные страны в этом состязании вообще не участвуют. Еще более поразительны успехи экономики в целом, несмотря на полное отсутствие внешних кредитов и минимальные объемы нефтяных денег (газовых денег тогда не было). Уже в 1947 г. промышленный потенциал СССР был полностью восстановлен, а в 1950 г. он вырос более чем в 2 раза по отношению к довоенному 1940 г. Ни одна из стран, пострадавших в войне, к этому времени не вышла даже на довоенный уровень, несмотря на мощные финансовые

вливания со стороны США. Например, Япония достигла довоенного уровня лишь в 1955 г., хотя, если не считать ядерных бомбардировок, серьезных разрушений там не было. Лимитированное распределение продуктов по карточкам было отменено в СССР в 1947 г., а в Англии, несмотря на помощь США, лишь в 1954 г. В сентябрьском номере журнала «Нэйшнл бизнес» (National Business) за 1953 г. в статье Герберта Гарриса «Русские догоняют нас» отмечалось, что СССР по темпам роста экономической мощи опережает любую страну, и что в настоящее время темпы роста в СССР в 2–3 раза выше, чем в США. Годом ранее кандидат в президенты США Стивенсон оценивал положение таким образом, что если темпы роста производства в сталинской России сохранятся, то к 1970 г. объем русского производства в 3–4 раза превысит американский. Заметим, что темпы роста советской экономики в послевоенный период были намного выше, чем в довоенный.

Но начиная с середины 50-х гг. ситуация резко изменяется. Снижаются темпы роста, а в ряде областей возникают настоящие провалы. Вот как сказал об этом в 1991 г. японский миллиардер Хероси Теравама, обращаясь к советским экономистам. Он говорил: *«Вы не говорите об основном, о вашей первенствующей роли в мире. В 1939 г. вы, русские, были умными, а мы, японцы, дураками. В 1949 г. вы стали еще умнее, а мы были пока дураками. А в 1955 г. мы поумнели, а вы превратились в пятилетних детей. Вся наша экономическая система практически полностью скопирована с вашей, с той лишь разницей, что у нас капитализм, частные производители, и мы более 15% роста никогда не достигали, а вы же при общественной собственности на средства производства достигали 30% и более. Во всех наших фирмах висят ваши лозунги сталинской поры»*. Из приведенного высказывания можно сделать ряд выводов. В 1939 г. в СССР был разработан новый метод повышения эффективности экономики (МПЭ), который использовался в большинстве отраслей народного хозяйства. МПЭ являлся эффективным как для социалистического, так и для капиталистического уклада экономики, но для социалистического уклада эффективность МПЭ была выше более чем в 2 раза. В 1955 г. Япония заимствовала МПЭ, что и обеспечило ее бурный экономический рост за счет, прежде всего, инновационных технологий («японское чудо»), а СССР в том же году отказался от МПЭ, что обусловило последующую деградацию экономики. Итак, в СССР с 1939 по 1955 г. применялся «волшебный» метод, обеспечивший беспрецедентный взлет экономики. Об этом методе в настоящее время не известно абсолютно ничего, хотя в те времена в СССР он применялся повсеместно.

В ходе работы над настоящей статьей я неожиданно понял, что знаком с МПЭ, поскольку мне в конце 50-х гг. о МПЭ рассказывали сослуживцы, работавшие еще в те времена, когда МПЭ действовал. МПЭ являлся совокупностью хорошо продуманных материальных и моральных стимулов для активизации творческой активности масс, направленных на снижение себестоимости и повышение качества (улучшения характеристик) разрабатываемой или уже производимой продукции. Система стимулов варьировалась в зависимости от отрасли и типа предприятия. Однако в любом варианте эти стимулы не распространялись на начальников любого ранга. Считалось, что руководящая должность сама по себе является хорошим стимулом.

Материальные стимулы в организациях, занимавшихся разработками новой техники, заключались в коллективных и индивидуальных премиях, выплачиваемых сразу после приемки разрабатываемого изделия государственной комиссией (буквально в тот же день), если в акте комиссии отмечалось улучшение характеристик изделия по отношению к техническому заданию. Для каждой характеристики, включая время разработки изделия и стоимость разработки, имелась определенная премиальная шкала, известная разработчикам еще до начала проектирования. Например, за каждый сэкономленный килограмм веса изделия в ОКБ-590, где мне пришлось впоследствии работать, выплачивалось 500 руб. (половина месячного оклада инженера). Эту премию получали

все члены коллектива, участвующего в проекте, в одинаковом размере независимо от должности. Существовали и индивидуальные премии, необходимым условием выплаты которых являлось наличие рационализаторских предложений (сейчас это называется «полезная модель») или заявок на изобретение, благодаря которым и стало возможным улучшение характеристик изделия. За каждую новацию авторам выплачивалась дополнительная сумма, кратная вознаграждению, полученному каждым членом коллектива. Руководитель проекта, как правило, не занимавший административной должности, также получал дополнительную премию. Моральные стимулы заключались в том, что лица, обеспечившие коллективу получение таких премий, ускоренно продвигались по службе и в основном из их числа назначались руководители проектов. Одновременно применялись и обычные квартальные и годовые премии. Необходимо отметить и хороший моральный климат в научно-технических коллективах. К людям, способным к творческой работе, коллеги относились бережно, стараясь освободить их от рутинной работы без всяких указаний начальства, так как успехи одного распространялись на всех. Иными словами: человек человеку был другом. Здесь разработчики метода учли печальный опыт стахановского движения, когда успех одного больно бил и по карману и по статусу других, и в коллективе начинался разлад.

При относительно небольших затратах эффективность МПЭ была исключительно высока во всех отраслях народного хозяйства. Даже в армии во время войны существовала жесткая шкала денежных выплат и наград за личное уничтожение техники или живой силы противника, а также нанесение иного урона (например, взятие в плен офицеров противника, обладающих важной информацией). В оборонной промышленности в годы войны одновременно с напряженной производственной деятельностью велась непрерывная работа по совершенствованию технологических процессов. Так, за 4 военных года себестоимость производства большинства образцов вооружений (самолеты, танки и т. д.) была снижена в 2–3 раза. Даже винтовка Мосина, разработанная еще в XIX в., подешевела в 1.6 раза. МПЭ позволял в максимальной степени использовать творческую активность рядовых исполнителей и выявлять яркие таланты.

В середине 50-х гг. МПЭ тихо и незаметно был отменен при всеобщем одобрении масс. Премии при завершении проектов сохранились и даже увеличились, но потеряли всякую стимулирующую роль: величина премии зависела от должностного оклада и от субъективного мнения руководства и не зависела от качества изделия. Из технического задания исчезли требования по себестоимости продукции и стоимости разработки. Объем премии составлял 2% от стоимости разработки. Соответственно премия стала называться двухпроцентной. В результате стало выгодно не снижать, а, наоборот, повышать как стоимость разработки, так и себестоимость проектируемого изделия. На заводах из плановых заданий исчезло ранее обязательное требование о снижении себестоимости продукции, что сразу привело к прекращению любых работ по совершенствованию технологических процессов. В это же время устанавливаются верхние ограничения на величину сдельной оплаты труда, на размер вознаграждения за рационализаторские предложения и изобретения. Изменился и моральный климат в коллективах. Теперь зарплата однозначно определялась окладом и не зависела от качества работы как коллективной, так и индивидуальной. Возросла роль субъективных факторов при должностных повышениях, что приводило к зависти и склокам. Иными словами, человек человеку стал чужим, а иногда и врагом.

Отмена МПЭ больше всего ударила по преподавателям технических вузов. Зарплата преподавателя состояла из двух частей — оклад преподавателя и оплата научной работы. Преподавательскую деятельность оплачивал вуз из своих бюджетных средств, а оплата научной деятельности шла за счет хоздоговорных НИР. Оклады преподавателей оставались неизменными с довоенных времен вплоть до 1991 г. (с учетом десятикратной деноминации денег 1961 г.). За научную работу после отмены МПЭ

преподаватель получал половину ставки младшего или старшего научного сотрудника, меньше половины основного оклада. В годы же действия МПЭ научная составляющая зарплаты могла в разы превышать основной оклад при условии эффективного выполнения НИР. Известно, что зарплата некоторых профессоров достигала 20 тыс. руб. при основном окладе 4 тыс. Недаром народная молва относила профессоров к самым богатым людям в СССР. Но и доценты были не намного беднее, поскольку научная составляющая зарплаты не зависела от основного оклада. Хотя в гуманитарных вузах, скорее всего, преподаватели получали лишь основной оклад.

Итак, легкое незаметное воздействие привело к остановке главного двигателя советской экономики. Какое-то время движение продолжалось по инерции, затем началась деградация, и в конце 80-х гг. экономика разрушилась окончательно. В настоящее время известно, что в области экономики все без исключения действия Хрущева имели крайне негативные последствия. Однако принято считать, что Хрущев действовал из благих побуждений (*«хотел как лучше, а получалось как всегда»*), но терпел неудачи в силу слабого образования и импульсивного характера. Но ликвидация МПЭ была проведена очень точно, грамотно и главное — незаметно для окружающих, включая, скорее всего, остальных руководителей страны. Здесь благих побуждений нельзя увидеть даже в микроскоп. Думаю, что и другие действия Хрущева были столь же глубоко продуманы и имели единую цель, в том числе и знаменитый доклад на двадцатом съезде партии. Однако об этой цели и мотивах уничтожения экономики собственной страны можно только догадываться. Здесь уместно привести высказывание Молотова о Хрущеве, сделанное им в 80-е гг.: *«Хрущёв, он же сапожник в вопросах теории, он же противник марксизма-ленинизма, это же враг коммунистической революции, скрытый и хитрый, очень завуалированный»*.

После отрешения Хрущева от власти предпринимались робкие попытки хотя бы частично восстановить МПЭ. Так, в 1967 г. по инициативе Косыгина на некоторых предприятиях было разрешено в отдельных случаях для лиц с повременной оплатой труда вводить аккордную оплату — премию за сокращения сроков разработки. В годы, когда МПЭ применялся, премия за сокращение сроков была повсеместной, обязательной и жестко регламентированной. За каждый день раньше срока устанавливалась конкретная величина премии в рублях для каждого члена коллектива независимо от должности. Премия не имела верхних ограничений и не зависела от зарплаты. Величина же аккордной премии определялась в процентах от зарплаты, как правило, не более 40%, не имела плавной шкалы и зависела от важности проекта, определяемой решением руководства на уровне министерства. Поэтому аккордная система не оказала никакого влияния на экономику, тем более что в широких масштабах система и не применялась. Почему Косыгин не сумел убедить Брежнева, что необходимо восстановить МПЭ (о котором он отлично знал) сказать невозможно. Может быть, потому, что в этом случае резко снижалась роль партии.

В настоящей работе мне хотелось показать, как развивались компьютерные технологии в СССР на примере тех работ, в которых я принимал непосредственное участие. Однако уже в ходе написания данной статьи я понял, что обязан хотя бы попытаться развеять устоявшиеся мифы о советской технической отсталости, которая, якобы, обусловлена именно социалистическим экономическим укладом.

Уже более полувека я занимаюсь разработкой и исследованием нетрадиционных компьютеров на базе автоматных сетей. За это время было создано несколько действующих образцов, некоторые из которых были доведены до стадии серийного производства. Все эти проекты были полностью оригинальны, не имели даже отдаленных аналогов и вызвали активное неприятие со стороны большинства специалистов. Лозунг *«этого не может быть, потому что не может быть никогда»* сопровождал (и сопровождает) мои работы на протяжении всех этих лет. К счастью, в СССР мнение

таких специалистов, как правило, не являлось определяющим, что позволило реализовать большинство проектов.

Вся моя жизнь определялась множеством случайных событий, некоторые из которых кажутся совершенно невероятными, но без любого из этих событий жизнь пошла бы по другому пути и утратила бы жесткие закономерности, присущие ей. В моей жизни (трудовой деятельности) можно выделить четыре полных 12-летних цикла и один незаконченный. Каждый цикл посвящен определенной тематике. Первый цикл (1958–1969 гг.) посвящен разработке сверхнадежных вычислительных устройств, прежде всего на базе автоматных сетей. Во втором (1970–1981 гг.) и третьем (1982–1993 гг.) циклах исследовались проблемы повышения производительности компьютеров, представленных в виде автоматных сетей. В четвертом (1994–2005 гг.) и пятом (начавшимся в 2006 г.) циклах — проблемы эффективности (стоимости, энергопотребления, объемов аппаратуры, приходящихся на единицу производительности) таких компьютеров. В каждом законченном цикле были созданы действующие образцы, полностью подтверждающие теоретически предсказанные свойства автоматных сетей. Пятый цикл еще не закончен, но все предпосылки для создания соответствующих образцов имеются, хотя реализовать любые проекты, имеющие признаки новизны, в современной России намного сложнее, чем в СССР.

Надежные вычислительные устройства. В сентябре 1958 г. я, будучи студентом 4-го курса ЛЭТИ, стал работать в ОКБ-590, основной задачей которого являлась разработка перспективных средств вычислительной техники для авиации. В то время в ОКБ создавался опытный образец первой советской (и первой в мире) полупроводниковой бортовой цифровой вычислительной машины БЦВМ «Пламя-ВТ». Пройдя все этапы работы с этим образцом, начиная от отладки основных узлов и устройств и кончая разработкой элементов программного обеспечения, к моменту окончания института в 1961 г. я считался сложившимся опытным специалистом в области цифровой вычислительной техники, хотя в дипломе значилась специальность «автоматика и телемеханика». Еще в 1960 г. по заданию начальника ОКБ В. И. Ланердина я разработал вариант БЦВМ повышенной надежности. Из проведенных расчетов следовало, что надежность должна была повыситься, по меньшей мере, на два порядка. Однако увеличение аппаратуры в 2,5 раза было признано слишком высокой ценой, и проект не был реализован. Но именно из-за низкой надежности передача БЦВМ в серийное производство задержалась на 3 года и произошла лишь в 1964 г. под названием ЦВМ-264. Да и в дальнейшем по тем же причинам она не дошла до боевых частей. Следует отметить, что первая советская БЦВМ повышенной надежности «Аргон-17» появилась лишь в 1978 г.

В мае 1961 г. всего через месяц после того, как я вышел на работу уже в качестве инженера (до этого я числился старшим техником), меня переводят в лабораторию аналоговой вычислительной техники и назначают руководителем важнейшего проекта с грифом ОВ (особой важности). При этом я получаю полную свободу в выборе методов и средств решения поставленной задачи. В то время одним из важнейших проектов в стране считалась разработка системы противоракетной обороны А-35 вокруг Москвы. ОКБ-590 предписывалось в очень короткие сроки разработать систему управления пусковыми ракетными установками. В задании предусматривались очень жесткие требования по времени решения задачи управления, точности и особенно надежности (вероятность безотказной работы 0,9999 за 10 000 часов работы). Предыдущий исполнитель после полутора лет работы признал свою неспособность справиться с задачей, и нам передали эту тему, сохранив исходные сроки.

Мои новые коллеги авторитетно заявили, что аналоговая техника в принципе не может обеспечить требуемое сочетание времени и точности. Цифровые вычислительные машины не годились из-за низкой надежности, да и быстроедействие их в то время было невелико. Оставался вариант, на который, видимо, и рассчитывал В. И. Ланердин, когда

поручал мне эту работу. Необходимо было вспомнить специальность, которую я получил в институте, и создать цифровой автомат, способный решить задачу. Чтобы обеспечить требуемую надежность, этот большой и сложный автомат в соответствии с идеями фон Неймана, которыми я тогда увлекался, надо было представить в виде автоматной сети, состоящей из очень простых автоматов небольшой номенклатуры. Такой подход позволял также резко сократить время проектирования и отладки образцов. В результате уже через год был успешно защищен эскизный проект. В следующем году были изготовлены и прошли весь комплекс испытаний в реальных условиях опытные образцы. Наконец, в августе 1964 г. были завершены все работы по освоению серийного производства. Всего было изготовлено более сотни образцов, которые простояли на боевом дежурстве вокруг Москвы свыше 15 лет (130 тыс. ч). За это время не было зафиксировано ни одного отказа. Столь высокая надежность была обеспечена, с одной стороны, способностью устройства сохранять работоспособность даже при множественных отказах элементов и, с другой стороны, автоматической диагностикой и локализацией неисправностей с точностью до сменного элемента (элементарного автомата). Время ремонта непосредственно в ходе работы не превышало по регламенту 2 мин.

Итак, в своем втором проекте мне удалось на примере конкретного промышленного устройства показать, что применение автоматных сетей при создании вычислительных устройств позволяет:

- создавать сверхнадежные вычислительные устройства из ненадежных элементов;
- сокращать сроки и стоимость проектирования;
- сокращать эксплуатационные расходы и требования к уровню квалификации обслуживающего персонала;
- гарантировать отсутствие ошибок проектирования, поскольку элементарные автоматы можно полностью проверить еще на стадии изготовления, в отличие от сложных автоматов или программ.

Однако высокий уровень секретности проекта не позволял в те времена не только публиковать, но и вообще рассказывать о нем кому-либо. Поэтому работа и не получила какого-либо продолжения.

После завершения проекта я решил заняться наукой и перешел в ЛИАП на кафедру технической кибернетики, на должность ассистента в надежде продолжить работу по автоматным сетям. Однако в вузах наука развивалась лишь в рамках выполнения хоздоговорных НИР, получаемых от научно-производственных организаций.

Моя первая большая НИР в ЛИАП была посвящена разработке методов повышения надежности вычислительной машины, работающей в непозиционной системе счисления остаточных классов. Применение этой системы счисления позволяло в десятки раз увеличить скорость выполнения арифметических операций и соответственно увеличить производительность вычислительной машины. Специфика машины заставляла искать методы, отличные от тех, которые были использованы в двух предыдущих проектах. Задачу удалось решить путем разработки нового класса кодов, исправляющих ошибки, основанных на свойствах системы остаточных классов. Результаты НИР составили основу кандидатской диссертации, которую я защитил в 1968 г., а в 1973 г. в издательстве «Советское Радио» вышла монография «Система остаточных классов и надежность ЦВМ», на которую ссылаются до сих пор. Работа была мне интересна как новый опыт, поскольку я в первый раз активно использовал математический аппарат. Половину диссертации занимали доказательства лемм и теорем. Но дальнейших перспектив у этого направления я не видел и мечтал вернуться к автоматным сетям.

Тогда я и не подозревал, что эта НИР была прямым продолжением моего предыдущего проекта, и что в моей судьбе вплоть до 1968 г. незаметно, но активно принимало

участие министерство обороны, где у меня, как я впоследствии узнал, еще с 1962 г. был персональный куратор. В середине 80-х гг. я случайно встретился с этим куратором, бывшим к тому времени уже в отставке. Мы должным образом отметили неожиданную встречу, и я узнал массу интересных деталей о событиях тех лет. Оказалось, что защита эскизного проекта системы управления пусковыми ракетными установками для системы А-35, проходившая в начале 1962 г. в КБ-1 (ныне НПО «Алмаз»), выглядела с точки зрения присутствующих совершенно необычно. Первое, что поразило буквально всех, был юный возраст докладчика, представленного как руководитель проекта. Мне тогда было 24 года, а выглядел я еще моложе. Но больше всего поразила всех членов государственной комиссии попытка удовлетворить требование военных о высокой надежности проектируемого изделия. Хотя это требование неизменно входило в технические задания для всех изделий, создаваемых в министерстве вооружений, никто и никогда не пытался эти требования выполнить по существу, поскольку на стадии приемки изделия проверить надежность было невозможно. Я же в своем докладе предложил не только новые методы создания сверхнадежных устройств (эту часть доклада не понял никто из присутствующих), но и методику, позволяющую проверять параметры надежности непосредственно в ходе приемки изделия. В результате этого доклада я стал ценным кадром для министерства обороны, и у меня появился персональный куратор.

Управление работой системы А-35 осуществлял многоканальный стрельбовый комплекс «Аргунь», ядром которого являлась вычислительная машина К-340А, использующая систему остаточных классов. К моменту ввода в эксплуатацию в 1963 г. эта машина имела производительность 2,4 млн операций в секунду и, скорее всего, была на тот момент самой мощной в мире. К моменту моего перехода в ЛИАП в 1964 г. началась разработка второго поколения этой машины с производительностью 7,5 млн операций в секунду и с новым названием «Алмаз». И в конце 1964 г. по рекомендации моего куратора ЛИАП получает заказ на вышеупомянутую НИР. Первым оппонентом на защите моей диссертации был профессор И. Я. Акушкин, научный руководитель проекта «Алмаз», а головной организацией было ОКБ-1, известное на весь мир предприятию С. П. Королева.

Сразу после защиты диссертации в апреле 1968 г. я получаю предложение переехать в Москву и заняться воплощением результатов диссертации в конкретной разработке. Мне обещают сразу трехкомнатную квартиру, высокую должность и возможность быстро защитить докторскую диссертацию. После отказа от этого предложения министерство обороны исключает меня из состава опекаемых персон. Но напоследок куратор делает мне царский подарок. В ЛИАП поступает заказ на НИР, позволивший мне выйти на качественно новый уровень в научном плане.

В 1969 г. я начинаю разработку вычислительного устройства для управления марсоходом. Заказчик — Машиностроительный завод им. С. А. Лавочкина, создатель спускаемых аппаратов по исследованию планет. Требования достаточно жесткие: сохранение работоспособности при множественных отказах элементов, малые размеры, низкое энергопотребление. Мне было очевидно, что только автоматные сети были способны решить проблему. Но те решения, которые применялись в системе ПРО, здесь не годились.

Главное отличие заключалось в том, что задачи, которые должно было решать вычислительное устройство при управлении марсоходом, были заранее неизвестны. Соответственно в ходе проектирования устройства нельзя было определить ни функции автоматов, ни связи между ними. Поэтому вместо монофункциональных автоматов различных типов было решено создать универсальный полифункциональный вычислительный автомат, способный переключаться от одной функции к другой. Вычислительные автоматы подключались к коммутационным автоматам, которые обеспечивали формирование структуры межавтоматных связей. Процессом переключе-

чения функций в вычислительных автоматах и коммутацией линий связи в коммутационных автоматах занимались управляющие автоматы, распределенные по всей структуре устройства. Возможность динамического изменения архитектуры автоматной сети непосредственно в ходе вычислений позволила решить проблему сверхвысокой надежности при наличии множественных отказов в необслуживаемой системе. Малое энергопотребление обеспечивалось тем, что в стационарном режиме работы марсохода (при стоянке или при движении по ровной поверхности), когда объем вычислений невелик, большая часть автоматов отключалась от источников питания. Кроме того, скорость работы автоматов могла быть достаточно низкой, так как необходимые объемы вычислений обеспечивались за счет количества автоматов, что также снижало потребление энергии. Появившиеся к тому времени большие интегральные схемы (БИС) позволяли и размеры сделать относительно небольшими. Таким образом, все требования технического задания были удовлетворены. Однако в конце 1969 г. работа по программе марсохода у Заказчика была прекращена из-за сокращения финансирования, и наш проект остался невостребованным. К сожалению, тогда при общении с представителями Заказчика я не акцентировал их внимания на уникальном свойстве автоматных сетей, заключающемся в принципиальном отсутствии ошибок проектирования, в том числе и программных, которые не выявляются на этапе проектирования. Если бы системы управления космическими аппаратами строились на базе автоматных сетей, скольких неудачных запусков можно бы было избежать.

Это был мой последний проект, посвященный созданию надежных вычислительных устройств с акцентом именно на надежность. Первый проект, посвященный разработке надежной БЦВМ, хотя и не был реализован, но послужил трамплином для карьерного роста. В. И. Ланердин, начальник ОКБ-590, лишённый после ликвидации МПЭ возможности материального стимулирования сотрудников, сохранил права на моральные стимулы и реализовал их в гротескной для того времени форме. Молодой инженер сразу после окончания вуза, был назначен руководителем важнейшего не только для организации, но и для страны проекта, а через несколько месяцев повышен и в должности. Второй проект принес мне громадное моральное удовлетворение и определил основное направление всей последующей жизни. Третий проект, лежащий в стороне от автоматных сетей, позволил мне повысить статус в результате защиты диссертации. Благодаря именно этому проекту я получил НИР на вычислительное устройство для марсохода и открыл для себя автоматные сети с динамической архитектурой, которые позволяли реализовать мечту Джона фон Неймана. Всю последующую жизнь я занимался исключительно такими сетями. Так закончился мой первый 12-летний цикл.

Рекурсивные вычислительные машины. К началу 1970 г. я понял, что тема надежности вычислительных устройств для меня полностью исчерпана. Создавать реальные надежные устройства в рамках вуза было невозможно, а переходить снова в производственные организации мне не хотелось. Что касается научной составляющей проблемы, то добавить что-либо к блестящей работе Джона фон Неймана «Вероятностная логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонент» (Сборник «Автоматы», — М.: ИЛ, 1956. С. 68–139), на которую я опирался во всех своих проектах с 1960 г., вряд ли было возможно. Однако одной только надежностью не исчерпывались достоинства автоматных сетей. Автоматные сети с динамической архитектурой, разработанные мною для марсохода, вполне могли рассматриваться как универсальные вычислительные машины с неограниченными возможностями по увеличению производительности. Именно о таких вычислительных машинах мечтал фон Нейман, но предпринять конструктивных шагов не успел; поэтому в рамках данного направления было обширное поле не только для инженерной, но и для научной деятельности.

Первые шаги в новом направлении представлялись достаточно очевидными. Прежде всего, следовало выбрать название для этих новых вычислительных машин,

отражающее их наиболее важное свойство и позволяющее отделить данные машины от любых других. Затем необходимо было описать архитектуру этих машин в самой общей форме, подобно тому, как это сделал Джон фон Нейман в 1945 г. Наконец желательным было, в какой-то степени, закрепить приоритет с помощью изобретений. Все эти задачи удалось выполнить в 1970 г.

Основанием для выбора названия послужило такое свойство автоматных сетей как неограниченное число элементов, входящих в их состав. Единственным способом однозначного и конечного описания объекта, состоящего из сколь угодно большого или просто неизвестного числа элементов, является использование рекурсивных соотношений. Поэтому и появилось название «Рекурсивные вычислительные машины» (РВМ).

Основу архитектуры РВМ составили следующие принципы:

1. Высокий уровень рекурсивного машинного языка (любой программе или любому набору данных можно сопоставить лишь один элемент языка, который состоит из небольшого числа элементов более низкого уровня).
2. Рекурсивно-параллельное управление вычислительным процессом (выполняются все те программные элементы машинного языка, для которых выполняются условия готовности к работе).
3. Древовидная, программно перестраиваемая структура памяти, состоящей из небольших модулей, каждый из которых может работать в адресном, ассоциативном, буферном и стековом режимах.
4. Гибкая архитектура РВМ (элементарные процессоры программно объединяются в управляющие и исполнительные системы, отражающие структуру решаемых задач).
5. РВМ состоит из любого сколь угодно большого числа простых модулей, образующих многоуровневую рекурсивную структуру.

При описании архитектуры РВМ я умышленно избегал терминов «автомат» или «автоматные сети» и пользовался лишь терминологией привычной для вычислительной техники.

Были также сформулированы преимущества РВМ перед вычислительными машинами того времени:

1. Низкие требования к быстродействию элементов, небольшое число внешних выводов, малая номенклатура и низкая сложность модулей РВМ.
2. Высокая серийноспособность модулей РВМ, которые могут использоваться как в простейших РВМ (калькуляторах), так и в суперсистемах.
3. Конструктивная технологическая простота, позволяющая полностью автоматизировать производство РВМ.
4. Малый объем внутренней памяти РВМ, необходимой для размещения рабочих программ и операционной системы, низкие требования к быстродействию внешних запоминающих устройств.
5. Сокращение времени составления, трансляции и отладки программ, снижение требований к квалификации программистов, возможность безошибочного программирования.
6. Сохранение работоспособности при множественных отказах элементов.

Многие из этих преимуществ, определявшихся свойствами автоматных сетей, сохранили актуальность и через 40 лет.

Среди авторских свидетельств на изобретения, полученных мною в тот период, имеется одно с названием «однородно-рекурсивная структура» с приоритетом от мая 1970 г.

Описание архитектуры РВМ я подготовил еще в 1970 г. в виде статьи, но с публикацией не спешил, хотя и выступал с докладами на некоторых внутрисююзных конфе-

ренциях. Дело в том, что целью моей деятельности являлось создание действующих образцов принципиально новых вычислительных машин. Научные публикации такой цели не только не способствуют, но, скорее, даже препятствуют. Как показали исследования психологов, с которыми я познакомился еще в студенческие годы, если научная или техническая идея существенно отличается от общепринятых концепций, то в лучшем случае она будет проигнорирована, а в остальных случаях будет воспринята крайне негативно. К тому же вопросы финансирования, необходимого для создания образцов, не решаются научной общественностью. Поэтому необходимо было найти выход на человека, способного решать организационные и финансовые вопросы, показать ему, что реализация проекта полностью отвечает государственным интересам и добавить сюда личный интерес в виде соавторства проекта. Вопрос индивидуальных авторских прав меня никогда не волновал. В 1970 г. такого человека среди моих знакомых не было, но я почему-то был уверен, что он должен появиться.

В 1972 г. кафедра технической кибернетики ЛИАП, на которой я работал, разделилась на две части. Одной из них стала кафедра ЭВМ, которую возглавил профессор Михаил Борисович Игнатьев, очень активный и коммуникабельный человек, который быстро осознал возможности РВМ. Среди знакомых М. Б. Игнатьева был профессор В. А. Мясников, возглавлявший отдел вычислительной техники ГКНТ СССР, который также положительно воспринял эту идею. Однако личного влияния В. А. Мясникова, несмотря на занимаемый пост, было недостаточно для серьезных организационных шагов. Обычно решения по вычислительной технике готовились в Военно-Промышленной Комиссии при ЦК КПСС и далее выпускались в виде совместного Постановления ЦК КПСС и СМ СССР. Оснований для подобного решения по рекурсивным машинам пока не было.

В 1974 г. М. Б. Игнатьев предложил мне подготовить доклад по рекурсивным машинам для выступления на конгрессе ИФИП, включив в соавторы, наряду с М. Б. Игнатьевым и В. А. Мясниковым академика В. М. Глушкова, который был знаком с некоторыми материалами по РВМ. Виктор Михайлович Глушков имел громадный авторитет не только у нас в стране, но и за рубежом. Его фамилия гарантировала включение доклада в пленарное заседание конгресса и максимальное внимание аудитории. Поэтому я без раздумий согласился, хотя и понимал, что в этой ситуации ехать на конгресс мне не придется, а в ссылках на работу, имеющую более трех авторов, будет указываться В. М. Глушков и другие. Следует сказать, что Виктору Михайловичу Глушкову основные идеи РВМ были близки и понятны. Он легко разглядел автоматную природу этих машин. Тем более что еще в 1959 г. на всесоюзной конференции по вычислительной технике в Киеве он рассматривал возможность использования автоматных сетей в качестве вычислительных машин. Он не сразу согласился войти в число соавторов, так как никогда ранее не ставил свою фамилию на чужие работы. Однако здесь представлялся редкий случай существенно повысить престиж советской науки в той области, где полностью доминировали американцы.

Доклад «Рекурсивные машины и вычислительная техника», прочитанный в Стокгольме в октябре 1974 г. имел оглушительный успех. Это была первая фундаментальная работа в области архитектуры вычислительных машин, представленная на конгрессе ИФИП за все время его существования и вообще первый доклад в области вычислительной техники, представленный русскими. О резонансе, который имел доклад, говорит тот факт, что в 1999 г. в Нью-Йорке состоялся международный симпозиум, посвященный 25-летию этого доклада. Доклад послужил толчком к началу работ в области рекурсивных машин в США, Франции и Японии. Придуманной мною в 1969 г. термин начал самостоятельную жизнь.

Доклад вызвал глубокую обеспокоенность в военных и политических кругах США. До сих пор там считалось, что СССР катастрофически отстал от США в области вычис-

лительной техники. А теперь выяснилось, что там ведутся работы в области нетрадиционных архитектур, о которых в США никто и не помышлял. Срочно формируется для поездки в СССР в декабре 1974 г. делегация из 17 человек (более половины из которых были профессиональными разведчиками), представляющих CDC, ведущую американскую фирму в области высокопроизводительных компьютеров. Официальная цель поездки заключалась в рассмотрении возможностей совместных советско-американских проектов в области вычислительной техники. Делегация посещает с короткими однодневными визитами Новосибирск, Таганрог и Москву, где также ведутся работы в области ЭВМ с нетрадиционной архитектурой, но основное время, почти две недели, отводится на Ленинград. Уже на второй день переговоров я понимаю, что разговоры о совместных работах не более чем ширма для чисто разведывательных целей. Уж больно низок оказался профессиональный уровень приехавших к нам американских инженеров по сравнению с нашими доцентами, никогда в жизни не участвовавшими в реальных разработках. Опасений, что американцы увезут с собой полезную информацию, у меня не было. Как показывал мой опыт, люди, привыкшие к фон-неймановской архитектуре практически не способны воспринимать автоматные сети. В. М. Глушков понял эти идеи, потому что был крупнейшим в мире ученым именно в области автоматов. Его книга «Синтез автоматов» была переведена на многие языки мира. Ну а американцы не понимали ничего. Тем не менее был составлен детальный двухлетний план, где американская сторона в лице фирмы CDC должна была изготовить два опытных образца, а советская сторона — программное обеспечение. Спустя несколько месяцев фирма CDC сообщила, что проект очень интересен с научной точки зрения, но коммерческие перспективы представляются неочевидными и потому фирма отказывается от проведения совместных работ, в чем я и не сомневался.

Летом 1977 г. переговоры с фирмой CDC возобновляются. В Ленинград приезжает делегация, состоящая всего из трех человек: исполнительного вице-президента Р. Шмидта, руководителя программных разработок фирмы и руководителя аппаратных разработок. На этот раз фирма действительно собиралась реализовать совместный проект. Причина такого изменения позиции выяснилась позже. Оказалось, что работы по созданию опытных образцов рекурсивных ЭВМ уже ведутся независимо двумя американскими фирмами Wittoughs и Xerox, и фирма CDC решила не отставать от конкурентов. На этот раз переговоры были деловыми, конструктивными и, в основном, посвящены вопросам создания полномасштабного опытного образца. Разногласия возникли по вопросу о том, кто будет изготавливать этот образец. Наша сторона полагала, что эта работа будет выполняться фирмой CDC в соответствии с решениями, принятыми еще в 1974 г., и, учитывая, что основной вклад фирмы CDC в совместный проект как раз и заключается в передовых производственных технологиях. Американцы же предлагали подключить свои технологические ресурсы лишь после изготовления и проведения испытаний опытного образца в СССР, а на первом этапе их участие ограничивалось финансированием в размере 5 млн долл. Позиция фирмы CDC объяснялась тем, что Госдеп США, регулирующий научно-техническое сотрудничество с СССР, опасался, что дело кончится лишь передачей запрещенных технологий в СССР, и хотел бы иметь не только словесные, но и материальные подтверждения наличия новых компьютерных технологий в СССР. Но тот же Госдеп США готов был дать разрешение на продажу в СССР (конкретно в Ленинград) мощного компьютера «Cyber 170» фирмы CDC в качестве первого технологического вклада фирмы CDC в данный проект. Из-за указанных разногласий подписание документов о совместном проекте было отложено и ситуация долго оставалась в подвешенном состоянии. Однако поставка «Cyber 170» в СССР все же состоялась и привела к созданию Ленинградского научно-исследовательского вычислительного центра (ЛНИВЦ) АН СССР, позднее переименованного в ЛИИАН (ныне — СПИИРАН).

В 1978 г. руководство ГКНТ СССР решило, что опытный образец может быть создан и без финансового участия США, чтобы иметь более сильные позиции на последующих переговорах. В результате было решено, что образец будет создаваться на кафедре ЭВМ ЛИАП и на эти цели выделялось 300 тыс. долл. (вместо 5 млн, которые предлагала фирма CDC). На всю работу отводилось чуть более года. Решение это готовили М. Б. Игнатъев и В. А. Мясников, которые совершенно не представляли проблем, возникающих при создании любых реальных изделий. Я был поставлен уже перед фактом, когда решение принято и его надо выполнять. Первый раз в жизни я оказался в ситуации, когда в самом начале работы мне было ясно, что ее невозможно выполнить ни по срокам, ни по существу. Во-первых, выделенных денег не хватало не только на полномасштабный опытный образец, но даже на небольшой макет (американцы взяли сумму 5 млн долл. отнюдь не с потолка). Во-вторых, в нашем учебном институте не было ни производственной базы, ни конструкторского подразделения. В-третьих, в небольшом коллективе разработчиков (12 человек), состоявшем из преподавателей кафедры и недавних выпускников ЛИАП, не было ни одного человека, кроме меня, кто имел бы хотя бы минимальный опыт разработки и отладки реальных изделий или программ, да и я не занимался этим уже почти 15 лет. Итак, за год с небольшим предстояло разработать, изготовить и отладить совершенно новый компьютер при использовании новой элементной базы, известной только по журнальным публикациям. Кроме того, необходимо было разработать и отладить программное обеспечение, основанное на новых принципах, где нет понятия последовательности команд, да и сами команды отсутствуют, а есть взаимодействие автоматов. Кстати, по первоначальному плану совместных работ предполагалось, что ЛИАП будет заниматься только программным обеспечением в течение двух лет с привлечением специалистов из других организаций страны. Даже сейчас, оглядываясь назад, я не могу понять, как это можно было сделать. Тем не менее, в августе 1979 г. государственная межведомственная комиссия под председательством академика А. А. Дородницына осуществила приемку образца РВМ, зафиксировав, что при решении тестовой задачи показана производительность в 12 раз выше, чем у «БЭСМ-6» при существенно меньших размерах у РВМ.

Осенью 1979 г. выходит Постановление ЦК КПСС и СМ СССР о развитии работ в области рекурсивных вычислительных машин. Главным предприятием по этой проблеме назначается Институт Кибернетики АН УССР, возглавляемый академиком В. М. Глушковым. Это Постановление было лишь вершиной большого айсберга, который можно назвать Советской Суперкомпьютерной Программой (ССП), хотя этот термин в официальных документах не встречался. Автором СПП и основной ее движущей силой был Виктор Михайлович Глушков. Основная идея СПП, в чем-то перекликавшейся с МПЭ, заключалась в максимальной активизации творческого потенциала страны с целью создания оригинальных отечественных суперкомпьютеров. Следует заметить, что похожую программу В. М. Глушков пытался реализовать в 60-х гг. для создания и широкого применения автоматизированных систем управления (АСУ). Программа АСУ провалилась в силу необъятности предметной области. Область применения СПП, наоборот, была достаточно очерченной. Суть СПП сводилась к тому, чтобы любой коллектив, имеющий оригинальные идеи по созданию высокопроизводительных вычислительных устройств, независимо от ведомственной принадлежности, получил возможность довести свою работу до уровня промышленных образцов. По результатам испытаний этих образцов можно будет оценить перспективность соответствующих идей с целью последующего серийного производства. Следует заметить, что каких-либо документов, связанных с СПП, мне видеть не приходилось. Все, что написано об СПП в данной статье, является результатом анализа косвенных данных и частных разговоров с различными участниками Программы в 80-е гг.

Полагаю, что идея ССП появилась у Виктора Михайловича Глушкова еще в 1974 г. после бурной реакции участников конгресса ИФИП на сделанный доклад, а также последующих шагов американцев. Однако для принятия Программы, требующей значительных финансовых и материальных ресурсов, одного авторитета В. М. Глушкова было мало. Нужны были доказательства того, что в СССР действительно имеются разработки в данной области, превосходящие мировой (американский) уровень. Первым таким доказательством явился вышеупомянутый визит в СССР в 1977 г. ведущей американской фирмы CDC, лидера в области суперкомпьютеров, с ясно выраженной целью провести совместную разработку рекурсивных вычислительных машин. Однако, учитывая чисто разведывательный характер визита той же фирмы в 1974 г., также под предлогом совместных работ, и отсутствие реальных результатов переговоров, кроме продажи в СССР суперкомпьютера «Cyber 170», этого доказательства также было недостаточно. И лишь появление реального образца РВМ окончательно склонило чашу весов в пользу ССП. Тем более, что этот образец был создан в обычном вузе при относительно небольших затратах и в очень короткие сроки, что полностью подтверждало идеи ССП. Постановление 1979 г., явно подготовленное задолго до момента испытаний образца РВМ, послужило отправной точкой для начала действия ССП. Сам В. М. Глушков не претендовал на авторство рекурсивных машин, поскольку у него были свои собственные идеи, на базе которых в Институте Кибернетики и началась разработка первого проекта ССП рекурсивной вычислительной машины на базе автоматных сетей с неофициальным названием «макроконвейер».

В рамках ССП, скорее всего по инициативе В. М. Глушкова, мне предложили возглавить специально созданную лабораторию в недавно образованном ЛНИВЦ АН СССР. С 11 января 1980 г. и по сей день я работаю в этой лаборатории, занимаясь той же проблематикой, для которой она и была создана. После перехода в ЛНИВЦ я решил, что пора заняться теоретической базой для нового класса вычислительных машин, тем более, что Академия Наук по своему статусу должна заниматься фундаментальными исследованиями. Мало кто знает, что у компьютеров с фон-неймановской архитектурой имеется конструктивная теоретическая модель, предложенная английским математиком А. Тьюрингом еще в 1937 г.

Эта модель называется «машина Тьюринга». А конструктивность модели означает, что ее можно реализовать в виде действующего устройства, которое будет работать медленнее, чем любой компьютер, но, кроме скорости, отличий не будет. Машина Тьюринга очень проста. Представьте себе бумажную ленту, разделенную на одинаковые небольшие ячейки. Рядом с лентой находится автомат, который способен прочесть символ из некоторого конечного алфавита, записанный в ячейке, стереть символ в этой ячейке или записать туда новый символ. После этого автомат может переместиться к соседней ячейке в одну или другую сторону. Машина Тьюринга позволяет изучать наиболее общие свойства программ и алгоритмов и, в частности, границы возможностей любых компьютеров. Правда, ученые, занимавшиеся этими проблемами, обычно не упоминали, что речь идет не о любых компьютерах, а о компьютерах с фон-неймановской архитектурой, ибо других компьютеров они не знали.

Итак, мне предстояло разработать конструктивную теоретическую модель для рекурсивных вычислительных машин, ибо машина Тьюринга здесь не годилась. Для этого мне было достаточно вспомнить, что рекурсивные машины родились в 1969 г. из автоматных сетей с динамической архитектурой, и именно автоматными сетями я занимался предыдущие 8 лет. Естественно было назвать модель Динамические Автоматные Сети (ДАС).

Так же как и машину Тьюринга, описать ДАС достаточно просто. Любая ДАС является множеством связанных между собой динамических автоматов (ДА).

Динамический автомат отличается от классического автомата наличием трех дополнительных свойств:

1. Каждый ДА может порождать своих потомков, возможно отличающихся от родителя (таким свойством обладали клеточные автоматы фон Неймана).
2. Каждый ДА может самоликвидироваться в зависимости от внутреннего состояния и/или сигналов, поступающих от соседей.
3. Каждый ДА может изменять свои связи с другими автоматами, входящими в ДАС.

Сравнивая две модели, можно заметить, что ДАС обладает большей мощностью, чем машина Тьюринга. Действительно, в машине Тьюринга число состояний растет линейно по мере увеличения длины ленты (объема запоминающего устройства), образуя счетное множество, а число состояний ДАС может расти экспоненциально, поскольку каждый предок порождает много потомков. Поэтому число состояний ДАС имеет мощность континуума. Соответственно любые доказательства, основанные на машине Тьюринга или на теории алгоритмов, не подходят для автоматных сетей.

Разработанная к концу 1981 г. модель позволила существенно пересмотреть архитектуру РВМ, включая как аппаратную, так и программную часть. Подтвердилась старая народная мудрость о том, что нет ничего практичнее, чем хорошая теория. Кроме того, удалось найти и более адекватное название, для вычислительных машин, соответствующих этой модели — машины с динамической архитектурой (МДА).

Итак, в 1981 г. закончился второй 12-летний цикл, полностью посвященный рекурсивным вычислительным машинам. Основным результатом цикла следует считать действующий образец РВМ, который хотя и не пошел в промышленное производство, но, будучи принятым государственной комиссией, имел официальный статус и был первым в мире компьютером, созданным на базе автоматных сетей. Благодаря этой РВМ и стала возможной реализация Советской Суперкомпьютерной Программы.

Машины с динамической архитектурой. Характерным признаком любого проекта, реализуемого в ССП, являлось объединение в рамках проекта научных учреждений и производственных организаций, то есть каждый проект ССП имел научную составляющую, как правило, был оригинальным и не имел прямых зарубежных аналогов. Ниже приводится, возможно, неполный список проектов ССП с указанием только научных организаций, участников проектов, и научных руководителей:

1. «ЕС-2701», макроконвейер (рекурсивная машина), ИК АН УССР, Киев — В. М. Глушков.
2. «ЕС-2703», система с программируемой структурой, ТРТИ, Таганрог — А. В. Каляев.
3. «ЕС-2704», машина с динамической архитектурой, ЛНИВЦ АН СССР, Ленинград — В. А. Торгашев.
4. «ПС-2000», система с перестраиваемой структурой, ИПУ АН СССР, Москва — И. В. Прангишвили.
5. МВК «Эльбрус-2», суперскалярный 10-процессорный комплекс, ИТМ и ВТ АН СССР, Москва — В. С. Бурцев.
6. МКП «Эльбрус-3Б», модульный конвейерный процессор, ИТМ и ВТ АН СССР, Москва — А. А. Соколов.
7. ВКС «Электроника ССБИС», векторно-конвейерный суперкомпьютер, ИПК АН СССР, Москва — В. А. Мельников.
8. «МАРС-Т», транспьютерная модульная расширяемая асинхронная система, СО АН СССР, Новосибирск — В. Е. Котов.
9. «МАРС-М», потоковая модульная расширяемая асинхронная система, СО АН СССР, Новосибирск — Ю. Л. Вишнеvский.

10. ЭВМ «ЛОКОН», клеточно-автоматная машина, ИИТ АН СССР, Москва — В. А. Бронников.

Первые семь проектов были доведены до промышленных образцов, а три последних — до экспериментальных образцов. Технологическая отсталость советской элементной базы в этих проектах полностью компенсировалась оригинальными идеями. Шесть из десяти приведенных выше проектов базировались на автоматных сетях, в то время как в США таких проектов не было совсем. Поэтому можно утверждать, что в 80-х гг. прошлого века наблюдалось полное превосходство СССР в области создания новых суперкомпьютерных технологий, которое мы утратили после распада СССР.

Работы по созданию МДА («ЕС-2704») были начаты в 1982 г. и, в основном, велись в Москве силами совместного коллектива из сотрудников моей лаборатории и отделения НИЦЭВТ, ведущей организации министерства радиопромышленности в области создания компьютеров единой серии ЕСЭВМ. Главным конструктором «ЕС-2704» был назначен начальник отделения В. У. Плюснин, блестящий инженер и организатор, одновременно являвшийся главным конструктором мощной ЭВМ «ЕС-1065» с оригинальной архитектурой, не имевшей прямого аналога в линейке машин IBM 360, на которые ориентировались машины серии ЕС. Сначала был изготовлен и проверен небольшой макет, на основе которого впоследствии был создан мини-компьютер «ЕС-2740», составлявший 1/6 от полноценного образца «ЕС-2704». Летом 1988 года состоялись испытания уже полного образца «ЕС-2704».

При создании «ЕС-2704» использовалась та же элементная база и те же типовые конструкции, что и в других машинах единой серии. Это позволяло количественно оценить преимущества «ЕС-2704» в повышении производительности, обусловленные исключительно новой архитектурой. В качестве эталона был выбран процессор «ЕС-1055» с производительностью 600 тысяч операций в секунду, который по элементной базе, размерам, рабочей частоте, энергопотреблению полностью соответствовал «ЕС-2704». Для сравнения сначала тестовая задача решалась на «ЕС-1055», а затем на «ЕС-2704». В обоих случаях измерялось время решения задачи. Уменьшение времени решения составляло от 160 раз (для числовых задач) до 800 раз (для символьной обработки). Соответственно производительность «ЕС-2704», в зависимости от задачи, составляла 100–500 миллионов операций в секунду. Таким образом, исключительно за счет новой архитектуры, основанной на динамических автоматных сетях, удалось поднять производительность более чем на два порядка.

Очень эффективное доказательство высокой надежности МДА было продемонстрировано в ходе приемки «ЕС-2704» государственной комиссией. Во время решения одной из контрольных задач члены комиссии имели возможность вытащить из работающего образца любые устройства, включая блоки питания. Никакого резервирования в «ЕС-2704» не было предусмотрено. При удалении 11 случайно выбранных устройств, что составляло около 5% от общего объема, задача была успешно завершена с увеличением времени решения примерно на 30%. При этом на мониторе отображалось расположение вытасненных блоков. До сих пор ни один из суперкомпьютеров такими возможностями не обладает.

После завершения проекта было выпущено несколько промышленных образцов МДА «ЕС-2704» и «ЕС-2740», которые использовались в ряде организаций (НПО «Комета», НПО «Энергия», НПО «Атолл») для обработки цифровых сигналов в реальном времени (радиолокация, гидролокация, обработка телеметрической информации со спутников и т. д.). При этом были полностью подтверждены возможности динамических автоматных сетей, некоторые из которых являются уникальными и в настоящее время. Так, объем системного программного обеспечения, включая операционную систему реального времени, осуществляющую автоматическое динамическое распараллеливание как одной задачи, так и множества задач,

составил всего несколько **десятков килобайт**, т. е. в тысячи раз ниже, чем у обычных компьютеров тех лет.

Основная задача создания «ЕС-2704» заключалась в получении неоспоримых доказательств преимуществ МДА перед компьютерами с фон-неймановской архитектурой единой серии. Поэтому размеры были ограничены одной стойкой, и использовалась устаревшая элементная база. С 1989 г. началась разработка новой МДА «ЕС-2727», которая была в состоянии конкурировать с лучшими зарубежными суперкомпьютерами. Переход к новой элементной базе в виде БИС, которые к тому времени начали производиться в СССР, позволял увеличить производительность одной стойки в 20 раз (2–5 млрд операций в секунду), а учитывая возможности неограниченного роста, характерные для автоматных сетей, можно было создавать МДА с производительностью, составляющей десятки млрд операций в секунду. Кстати, вплоть до 1991 г. самым мощным суперкомпьютером в мире был «ETA-10» фирмы CDC с производительностью 10 млрд операций в секунду, а затем, вплоть до середины 90-х гг., рекорд производительности составлял 25 млрд операций в секунду. Однако, финансирование проекта «ЕС-2727» было прекращено еще в 1990 г. из-за недостатка средств.

Последней разработкой МДА, выполненной в 1993 г. совместно с НИЦЭВТ, был миниатюрный суперкомпьютер «RS-30-8», созданный по заказу американской фирмы «Nick&C», которая в то время активно скупала активы авиационных предприятий в России. В ходе этой работы было получено два новых важных результата. Во-первых, оказалось, что автоматные сети могут быть эффективно реализованы и в обычных микропроцессорах, при наличии встроенных коммуникационных средств, позволяющих объединять микропроцессоры в сеть. Во-вторых, оказалось, что обычные последовательные программы могут быть легко адаптированы для работы в МДА. Кстати, основной проблемой «ЕС-2704» было то, что пользователям требовались совсем иные навыки в программировании при использовании автоматных сетей. Суперкомпьютер «RS-30-8» с успехом демонстрировался на международном авиасалоне Макс-95 при решении реальных задач, связанных с проектированием авиадвигателей.

Итак, в 1993 г. закончился третий 12-летний цикл моей деятельности, посвященный МДА. Безусловным результатом явилось создание промышленных образцов «ЕС-2704». Блестяще подтвердились предсказанные ранее уникальные свойства МДА, причем было доказано, что эти свойства обусловлены исключительно новой архитектурой. Стало ясно, что при любой элементной базе использование динамических автоматных сетей позволяет достичь любой, сколь угодно большой, производительности суперкомпьютера. Однако появление микропроцессоров сразу же привело к созданию микропроцессорных сетей. Начиная с 1993 г. и по настоящее время все суперкомпьютеры являются микропроцессорными сетями, сохраняя при этом фон-неймановскую архитектуру. Поэтому актуальным стал вопрос об эффективности автоматных сетей. Иными словами: при одинаковой производительности суперкомпьютера, какими количественными и качественными преимуществами (по стоимости, размерам, энергопотреблению, надежности, удобству программирования и т. д.) обладают автоматные сети.

Четвертый цикл, начавшийся в 1994 г., принес разочарование. Стало очевидно, суперкомпьютеры далее будут создаваться только на базе микропроцессорных сетей. Любая другая элементная база проигрывает микропроцессорам по всем параметрам, при этом, чем дальше развиваются микропроцессорные технологии, тем больше будет проигрыш. Реализация автоматной сети внутри микропроцессора никак не может повысить его производительность. Другие преимущества автоматных сетей (надежность, простота программирования, отсутствие программных ошибок, эффективность при решении реальных задач) не очевидны и требуют доказательств, которые можно получить только на реальных образцах. Поэтому возможности реализации МДА в

такой ситуации становятся сомнительными. Разработка собственных БИС окупается лишь при массовом производстве, гарантировать которое невозможно.

В это время в США появляется фирма «Альтера» (Altera Corporation), которая начинает развивать новую элементную базу в виде программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). ПЛИС содержат множество логических элементов, из которых с помощью специальных программ можно создать любую схему, в том числе и автомат. Правда, пока эти схемы были слишком примитивны и по количеству элементов уступали микропроцессорам в десятки тысяч раз, но ведь это были только первые образцы.

В начале 1994 г. ко мне в институт приходят представители фирмы, разрабатывающей морские радиолокационные системы. У них появился новый радар с высокой разрешающей способностью. При этом в десятки раз увеличился поток информации, и существующие радарные процессоры не могут с этим потоком справиться. Существовавшие тогда микропроцессоры были не способны не только обработать этот поток, но даже принять его. И меня попросили решить эту проблему. Все проблемы я привык решать с помощью автоматных сетей. Данная задача была похожа на ту, которую я решал в 1961 г., только без требований сверхвысокой надежности. И элементная база в виде ПЛИС вполне для этого подходила, поскольку здесь требовались простые автоматы с неизменными функциями и связями, а не сложные динамические автоматы. Получившуюся автоматную сеть я назвал «Процессор с динамической архитектурой» (ПДА), чтобы указать связь с моими предыдущими работами. Вскоре выяснилось, что ПДА намного дешевле, имеет меньшие размеры и обеспечивает более эффективную обработку, чем существующие радарные процессоры, и при работе с обычными радарными. К тому же гибкая, программно изменяемая архитектура ПДА, позволяет легко менять решаемые задачи чисто программным способом. Потому вскоре началось серийное производство ПДА. Основными потребителями радиолокационных систем на базе ПДА были Федеральная Пограничная Служба и ВМФ. Всего с 1994 г. было произведено более тысячи ПДА нескольких модификаций. Структурные изменения ПДА, в основном, были связаны с переходом на более новые микросхемы фирмы «Альтера», которые отличались не только лучшими характеристиками, но более низкой ценой. Рынок ПДА постепенно насыщался. Его максимум пришелся на 2005 г., затем началось падение, и к 2011 г. поставки ПДА прекратились. В 2005 г. завершились и работы по совершенствованию ПДА. Таким образом, закончился очередной 12-летний цикл. Основным результатом цикла следует считать серийное производство ПДА, доказавшее экономическую эффективность автоматных сетей при создании простых вычислительных устройств. Кроме того, работа в этом цикле позволила получить большой опыт работы с ПЛИС.

Начало нового цикла в 2006 г. знаменуется важным событием. Фирма «Альтера», наконец, выпускает ПЛИС, позволяющую создавать эффективные динамические автоматные сети, непосредственно отображая ДАС в схему ПЛИС. В результате появляется возможность вновь вернуться к суперкомпьютерам с динамической архитектурой (СКДА). Анализ показывает, что при равной производительности СКДА оказывается в десятки раз дешевле, меньше по размерам и энергопотреблению. Соответственно и верхние границы производительности у СКДА выше в десятки раз. К этому надо добавить и неявные преимущества СКДА, которые рассматривались выше. За прошедшее с тех пор время «Альтера», совершенствуя технологию, выпускает все более эффективные схемы для реализации автоматных сетей, и хотя суперкомпьютеры тоже совершенствуются, но характеристики СКДА повышаются быстрее.

Создание СКДА позволило бы России намного опередить другие страны (США, Китай, Японию) в области суперкомпьютерных технологий и существенно повысить престиж страны при вполне приемлемых затратах. Но для создания СКДА с рекордной

производительностью необходимы достаточно большие деньги. И оказывается, что в современной России денег на подобные проекты не найти.

Основная ставка в России сейчас делается на частных инвесторов. Но суперкомпьютеры не являются коммерческим продуктом, поскольку во всем мире потребителем суперкомпьютеров является государство. Суперкомпьютеры не производятся серийно, и производство любого суперкомпьютера, как правило, начинается только после получения заказа. При этом цены оговариваются отдельно в каждом случае. В таких условиях частный инвестор работать не может. Государственные структуры, которые могли бы заказать разработку суперкомпьютера, в России отсутствуют. А такие структуры как «Роснанотех» или «Сколково» готовы финансировать не более половины стоимости проекта. К тому же основным критерием для принятия проекта считается прибыль, которую может дать реализация проекта. А какую прибыль может гарантировать суперкомпьютер?

Остается надеяться на железные закономерности моей жизни. До сих пор во всех циклах я создавал действующие образцы. Надеюсь, что и в последнем цикле это удастся.

Заключение. Человечество привыкло ходить проторенными путями, опираясь на поговорку *«лучше синица в руках, чем журавль в небе»*. При этом господствует мнение, что, конечно, этот привычный путь плохой, но другой дороги нет, хотя зачастую альтернативный вариант находится у всех перед глазами.

Недостатки современных компьютерных технологий, опирающихся на фоннеймановскую архитектуру, со временем становятся все более очевидными. Основным недостатком заключается в появлении такого понятия, как программное обеспечение. На создание большого числа громоздких, неэффективных, слабо унифицированных, ненадежных программ, легкодоступных для хакеров и компьютерных вирусов, тратятся колоссальные материальные и интеллектуальные ресурсы при минимальном конечном результате. Особенно этот недостаток усугубляется для суперкомпьютеров. Альтернативным вариантом, подсказанным живой природой, являются автоматные сети, которые не разделяются на аппаратуру и программы. В течение 50 лет на примере конкретных промышленных образцов я доказывал преимущества автоматных сетей перед традиционными компьютерами, но одиночный голос трудно услышать, а новые концепции трудно понять.

Недостатки капиталистической экономики были очевидны еще много лет назад. Другого пути никто не видит, ибо считается, что социалистическая экономика показала полную несостоятельность за годы существования СССР и других стран социалистического лагеря. На самом деле основной механизм советской экономики действовал лишь 16 лет, включая 4 военных года, и за это время показал полное превосходство над капиталистической системой.

* * *

ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ ФОРТ В СССР, РОССИИ И САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Язык Форт стал известен в нашей стране, с конца 70-х гг. Возникнув в США — первая официальная публикация появилась в 1974 г. — этот язык вскоре получил заметное признание как быстрое и эффективное средство создания содержательных приложений для микропроцессорных устройств, где особенно важна была максимальная экономия оперативной памяти. В США даже была создана «форт-группа по интересам» (Forth Interest Group), поставившая своей задачей стандартизовать этот язык и популяризировать его. Эта группа действует и поныне — <http://www.forth.org/index.html>. Необычайная популярность нового направления в то время была отмечена, в частности, посвященном ему специального выпуска самого массового журнала по вычислительной технике и программированию «ВУТЕ» в августе 1980 г.

В настоящее время, хотя пик популярности давно миновал, тем не менее язык Форт продолжает использоваться как в США и Европе, так и в России и других странах бывшего СССР. В этой связи интересно проследить историю становления данного направления в России и Санкт-Петербурге, очертить его основные достижения и описать текущее состояние и перспективы дальнейшего развития.

Появление Форты в СССР. С конца 1970-х гг. в СССР началось развитие микропроцессорной техники, появились первые отечественные микро-процессоры, одним из которых был К580ИК80 — аналог процессора Intel 8080. В Вычислительном центре Ленинградского университета (ВЦ ЛГУ) тогда же образовалась группа по созданию программного обеспечения (ПО) для микро-ЭВМ на базе этого микропроцессора, которой руководил Б. А. Кацев. Обладая замечательным организаторским талантом и известностью в промышленности, он привлек к этой работе талантливых молодых сотрудников ВЦ. Были заключены договоры с московскими отраслевыми институтами НИЦЭВТ и НИИСЧЕТМАШ на разработку базового ПО для создаваемых ими терминалов на базе процессора К580ИК80. Основной вычислительной мощностью ВЦ в то время была машина ЕС ЭВМ 1030 и уже выводимые из эксплуатации ЭВМ М-220 и М-222; поэтому для отладки разрабатываемого ПО было решено сделать на ЕС ЭВМ кросс-систему для К580, включавшую ассемблер и эмулятор кода.

Разработка кросс-ассемблера велась на языке PL/I и заняла больше полугода. Исходный код по тем представлениям оказался огромен — более тысячи строк на PL/I. Для его трансляции приходилось снимать все параллельно идущие пакетные задания и отдавать весь резерв оперативной памяти (а всего-то ее было 512 К) транслятору с PL/I.

В это время нам попался экземпляр журнала «Dr.Dobb's Journal», в котором был приведен листинг ассемблера для Intel 8080 на языке Форт, состоявший всего из 54 строчек текста, треть которого занимала таблица знакомых нам мнемоник ассемблерных команд (проиллюстрировано на рис. на стр. 68) При этом авторы утверждали, что это полный ассемблер, охватывающий все режимы и особенности команд Intel 8080!


```

( FORTH ASSEMBLER)
VOCABULARY ASSEMBLER ASSEMBLER DEFINITIONS
DECIMAL      : 8* 2* 2* 2*
4 CONSTANT H 5 CONSTANT L 7 CONSTANT A 6 CONSTANT PSW
2 CONSTANT D 3 CONSTANT E 0 CONSTANT B 1 CONSTANT C
6 CONSTANT M 6 CONSTANT SP
: 1MI ( ---> ) CREATE C, DOES> C@ C, ;
: 2MI ( ---> ) CREATE C, DOES> C@ + C, ;
: 3MI ( ---> ) CREATE C, DOES> C@ SWAP 8* + C, ;
: 4MI ( ---> ) CREATE C, DOES> C@ C, C, ;
: 5MI ( ---> ) CREATE C, DOES> C@ C, , ;
HEX
00 1MI NOP 76 1MI HLT F3 1MI DI FB 1MI EI
07 1MI RLC 0F 1MI RRC 17 1MI RAL 1F 1MI RAR
E9 1MI PCHL F9 1MI SPHL E3 1MI XTHL EB 1MI XCHG
27 1MI DAA 2F 1MI CMA 37 1MI STC 3F 1MI CMC
80 2MI ADD 88 2MI ADC 90 2MI SUB 98 2MI SBB
A0 2MI ANA A8 2MI XRA B0 2MI CRA B8 2MI CMP
09 3MI DAD C1 3MI POP C5 3MI PUSH 02 3MI STAX
0A 3MI LDAX 04 3MI INR 05 3MI DCR 03 3MI INX
0B 3MI DCX C7 3MI RST D3 4MI OUT DB 4MI IN
C6 4MI ADI CE 4MI ACI D6 4MI SUI D4 4MI SBI
E6 4MI ANI EE 4MI XRI F6 4MI DRI FE 4MI CPI
22 5MI SHLD 2A 5MI LHLD 32 5MI STA 3A 5MI LDA
C4 5MI CNZ CC 5MI CZ D4 5MI CNC DC 5MI CC
E4 5MI CPO EC 5MI CPE F4 5MI CP FC 5MI CM
CD 5MI CALL CP 1MI RET C3 5MI JMP
C0 1MI RNZ C8 1MI RZ D0 1MI RNC D8 1MI RC
E0 1MI RPO E8 1MI RPE F0 1MI RP F8 1MI RM
C2 5MI JNZ CA 5MI JZ D2 5MI JNC DA 5MI JC
E2 5MI JPO EA 5MI JPE F2 5MI JP FA 5MI JM
: MOV SWAP 8* 40 + + C, ;
: MVI SWAP 8* 6 + C, C, ;
: LXI SWAP 8* 1 + C, C, ;
DECIMAL
: CODE ( ---> ) CREATE HERE LATEST NAME> ! ASSEMBLER ;
: END-CODE ( ---> ) FORTH ;

```

Простейший полный форт-ассемблер для Intel 8080 на языке Форт.

Никаких других текстов о Форте у нас в этот момент не было, и надо было понять, как указанная последовательность форт-слов может работать именно так, как требуется. Нами было потрачено немало времени на выяснение того, как это сделано (через конструкции **CREATE DOES>**), но как только мы это поняли, то сразу оценили всю мощь и красоту такого подхода. И только позже мы узнали, что журнал «BYTE» в 1980 г. посвятил целый выпуск языку Форт, где было опубликовано много ярких и красивых примеров его использования.

Замечательным в Форте оказалось то, что очень кратким способом можно вводить новые базовые конструкции языка программирования, максимально соответствующие специфике решаемой задачи. По сути, был предложен механизм мета-языка, позволяющий задавать новые абстрактные типы данных вместе с их реализацией на любом уровне абстракции — вплоть до машинного кода данного процессора, что позволяло добиваться максимальной производительности рабочего кода. Например, столь важные понятия переменной и константы могут быть весьма элегантно определены как:

```
: VARIABLE CREATE 0, DOES>; : CONSTANT CREATE, DOES> @;
```

После того, как мы поняли, что даже базовые структуры управления — ветвления и циклы также легко и просто выражаются через средства ядра Форта, мы стали создавать и опробовать весьма экзотические в то время структуры управления: переключатели, механизм возвратов, возбуждение и подхват исключений и другие, основанные на идее векторного поля кода и манипуляциях с адресом возврата.

Мы сразу стали делать реализацию Форта на ЕС ЭВМ — единственной доступной нам тогда машине. Такая реализация была сделана на ассемблере и работала замечательно быстро. Через нее уже раскруткой нами была получена реализация Форта на самом Форте, исходный текст которой вошел позже в виде приложения в первую крупную монографию о нем на русском языке. (В 1988 г. Ленинградское отделение издательства Машиностроение выпустило книгу «Язык Форт и его реализации» — авторы С. Н. Баранов и Н. Р. Ноздрунов) Параллельно с этим нами была сделана реализация Форта на дисплейном комплексе ЕС-7970, на которой затем был написан ряд приложений для него.

Основываясь на приобретенном опыте, в нашем городе начались работы по реализации сложных проектов на языке Форт. Один из них вошел в кандидатскую диссертацию В. А. Кириллина «Инструментальная система разработки языковых средств микропроцессорной техники», защищенную им в 1985 г. В этой работе автором, в частности, были реализованы переносимые трансляторы с языков Паскаль и Бейсик, работавшие на дисплейном комплексе ЕС-7970, для которого форт-система уже была сделана. Дальнейшей популяризации Форта активно содействовал И. В. Романовский. Совместно с А. Ю. Бураго и В. А. Кириллиным он подготовил в ленинградском отделении общества «Знание» популярную брошюру «ФОРТ — язык для микропроцессоров» (1989). На математико-механическом факультете ЛГУ был задействован компьютерный класс (ряд терминалов, присоединенных к ЕС ЭВМ), на которых студенты изучали Форт по компьютерному Форт-учебнику, который разработали И. Р. Агамирзян, С. Н. Баранов, В. А. Кириллин и Н. Р. Ноздрунов. Работая за терминалом, студенты могли параллельно с чтением учебного материала создавать собственные программы на языке Форт, тут же запускать их на исполнение и видеть результаты. После освоения Форта студентам было существенно легче изучать Постскрипт и другие интерпретативные языки.

Распространение Форта в СССР, первые реализации и публикации. В описываемый период из соответствующих технических журналов нам были известны только названия: «BYTE», «Datamation, Dr.Dobb's Journal», «Forth Dimensions». Еще мы узнали о ежегодных конференциях по языку Форт в университете города Рочестера, штат Нью-Йорк, которые проводит Institute for Applied Forth Research, Inc., но получить эти журналы или попасть на эту конференцию было совершенно нереально. Как оказалось, еще с 1983 г. этот институт издает журнал «Journal of Forth Applications and Research», и существует SIGForth (Special Interest Group) по языку Форт в рамках Ассоциации по вычислительной технике (ACM — Association for Computing Machinery) со своими изданиями «SIGForth Bulletin» и «Forth Newsletters». Удалось узнать, что и в Европе

проводятся ежегодные конференции по Форту. После этого А. Л. Сахаров, работавший в тот период в Библиотеке АН СССР, в течение нескольких лет включал журнал «Journal of Forth Applications and Research» в постоянную подписку БАН.

Случайно обнаружилось, что в Институте кибернетики Академии наук Эстонской ССР есть группа, занимающаяся разработкой форт-процессора по специальному заказу, и один из ведущих разработчиков — А. Г. Астановский учился в Ленинграде. Так нашлись общие связи и интересы. Усилиями этой группы несколько публикаций по нашим разработкам вошли в тематический сборник «Программирование микропроцессорной техники», регулярно издававшийся этим институтом. В 1982 г. прошла конференция по Форту, организованная М. Томбаком на базе Тартуского университета.

Примерно в 1980 г. в рамках Комиссии ГКНТ по технологии программирования, руководимой И. В. Вельбицким из Института кибернетики АН УССР, была создана Рабочая группа по микропроцессорной технике (руководителем стал Р. К. Рауд из Института кибернетики АН ЭССР). В рамках этой группы выделилось отдельное направление по языку Форт, которое активно поддерживали и развивали В. П. Котляров, С. Н. Баранов, Г. М. Погосянц и А. Б. Либеров.

Выход в свет уже упомянутой монографии автора, написанной в соавторстве с Н. Р. Ноздруновым на основе накопленного опыта и разработанных форт-систем, стал заметной вехой на пути развития Форты в СССР. Первый тираж составил 50 тыс. экз., но затем издательство получило столько запросов с мест, что пришлось допечатать еще 50 тыс. — редкий случай в практике! К этому времени уже был известен ряд отечественных форт-систем на базе стандартов fig-Forth и Forth-83: Форт-СМ (С. Б. Кацев, И. А. Шендриков), Форт-Тарту (Р. В. Вьянасте, А. Е. Юурик), Форт-К580 (В. А. Кириллин, А. А. Клубович, Н. Р. Ноздрунов), Форт-ЕС (С. Н. Баранов), Форт-Искра-226 (Г. В. Лезин), Форт-М6000 (В. Н. Патрышев), Форт-БЭСМ-6 (И. А. Агамирзян), Форт-Эльбрус (А. Е. Соловьев), Форт для ПЭВМ «Агат» (А. Трофимов). Все это свидетельствовало о большом интересе к этому языку программирования.

В монографии последовательно излагались принципы Форты и приводился исходный текст форт-системы с ядром для системы команд ЕС ЭВМ. Впоследствии, с появлением персональных ЭВМ, были сделаны и получили распространение отечественные форт-системы для IBM PC под управлением MS-DOS — Астро-Форт (разработчик И. Р. Агамирзян) и Бета-Форт (разработчик С. Н. Баранов). Одновременно с реализациями Форты как такового, создавались и его диалекты, специально ориентированные на область управляющих применений. Один из них — КОМФОРТ был создан группой ученых Санкт-Петербургского политехнического института для двух семейств 16-разрядных микро-ЭВМ «Электроника С5» и «Электроника 60» (В. П. Котляров, Н. Б. Морозов, А. Е. Питько, С. П. Киреев), успешно применявшийся в промышленных системах управления различного класса. В Ленинградском ЛКТБ ЛОЭП «Светлана» был разработан специальный чип для языков Форт и КОМФОРТ.

На волне перестройки в апреле 1988 г. усилиями Б. А. Кацева и Н. Р. Ноздрунова в Ленинграде был создан научно-производственный кооператив «Форт-Инфо» — один из первых тогда в городе кооперативов в области программирования и вычислительной техники. Его ядро составили тогдашние сотрудники лаборатории системного программирования математико-механического факультета Ленинградского университета. Их непосредственной задачей стала разработка и развитие новых программных технологий на базе языка Форт. Заметным результатом первых трех лет работы кооператива стало создание самого быстрого в СССР микропроцессора: 16-разрядного форт-процессора «Дофин-1610» для систем управления и систем реального времени. Этот процессор превосходил известный в то время аналог Intel 8086 по быстродействию в 50 раз и выпускался опытными партиями минским НПО «Интеграл». Впоследствии кооператив был преобразован в инновационно-техническую фирму «Технофорт».

Интересно, что волею случая монография «Язык Форт и его реализации» была сразу же замечена активистами Форты в США, и один из ее авторов (С. Н. Баранов) получил приглашение приехать в США на очередную рочестерскую конференцию по языку Форт, проводившуюся летом 1989 г. Несмотря на то, что оказалось много чисто технических трудностей по организации поездки, которая оформлялась, хотя и за счет принимающей стороны, но через Президиум АН СССР, тем не менее все завершилось удачно, установление контактов произошло.

В течение нескольких последующих лет, благодаря налаженным и постоянно укрепляемым контактам, советские «фортисты» смогли участвовать в ежегодных конференциях в США и Европе с докладами и демонстрациями своих достижений, обмениваясь опытом и новыми идеями в этой области с мировой «форт-элитой». В 1992 г. при поддержке кооператива «Форт-Инфо» даже удалось привезти в Рочестер группу студентов ЛГУ, которые потом были трудоустроены на летнюю практику в несколько американских фирм, участвовавших в конференциях. Так зарождался совершенно новый опыт международных связей в тот переходный период нашей истории. Некоторые компании-разработчики форт-продуктов в США и Европе, например, MMS, MPE, Delta-T, Silicon Composers и другие, проявили явный интерес к «русскому опыту» и установили партнерство с нашими организациями и специалистами.

Тогда же в рамках собраний Рабочей группы по микропроцессорной технике зародились и начали регулярно проводиться конференции по языку Форт и его применениям в СССР. Некоторые из этих конференций получили организационно-финансовую поддержку кооператива «Форт-Инфо», другие проводились как самостоятельные мероприятия. Состоялись и ответные визиты зарубежных ученых. Директор Forth Institute господин Л. Форсли и профессор Н. Солнцева из университета Мак-Мастер (Канада) посетили Ленинград, Москву и Новосибирск. В 1991 г. вышел первый номер журнала «ФОРТ в исследованиях и разработках». К сожалению, этот почин не получил продолжения. Очередные 12-я и 15-я европейские конференции по Форту («EuroFORTH-1996» и «EuroFORTH-1999») прошли в Санкт-Петербурге в гостинице «Русь» при содействии СПИИРАН. Ведущую роль в их организации и проведении взяли на себя сотрудники института С. Н. Баранов, И. П. Поднозова, Е. М. Игнашкина, М. Ю. Колодин и М. Л. Гасаненко, защитивший в 1996 г. кандидатскую диссертацию «Механизмы исполнения кода в открытых расширяемых системах на основе шитого кода» и продолживший работу в этом направлении.

В 1991 г. в Ленинграде было создано местное отделение Ассоциации вычислительной техники по языку Форт, проработавшее несколько лет. В отделение поступали полные комплекты всех периодических научно-технических изданий этой Ассоциации (свыше 30 наименований). Экземпляры журналов затем передавались в Библиотеку Академии наук, что было важным подспорьем для пополнения фондов БАН при фактически прекратившемся в тот период бюджетном финансировании на приобретение научно-технической литературы.

Впоследствии стали появляться переводные книги о языке Форт и его практических применениях, стимулировавшие дальнейшие разработки в этой области. Знакомство с аппаратной реализацией клеточных автоматов в выпущенной издательством «Мир» монографии Т. Тоффоли и Н. Марголуса, например, позволило автору осуществить ее программную реализацию непосредственно на своей системе Бета-форт. За счет тщательного программирования основного ядра получившаяся реализация Beta-CAM вполне успешно работала на самой первой IBM PC с процессором Intel 8080. Это поразило упомянутых зарубежных специалистов, когда они увидели демонстрацию разработки автора, которого пригласили посетить MIT в 1991 г. Аналогично экспертную систему для IBM PC на базе подхода К. Таунсенда разработал А. Л. Кутузов. Эта его разработка затем использовалась в учебном процессе в СПбГПУ.

Второй отечественной монографией по языку Форт можно считать монографию Ю. А. Семенова «Программирование на языке Форт», в которой обобщался опыт работ в этой области в Институте теоретической и экспериментальной физики. Книга вышла в издательстве «Радио и связь» тиражом 50 тыс. экз. Особенно ценными для разработчиков оказались приложения, содержавшие, в частности, исходный текст форт-интерпретатора для процессора Intel 80286 на макроассемблере MASM, реализующий стандарт fig-Forth, и ряда других программ. Следом, в 1992 г. в издательстве «Наука» тиражом уже в 30 тыс. экз. вышла монография В. П. Дьяконова «Форт-системы программирования персональных ЭВМ».

В конце 90-х гг. Андрей Черезов (<http://www.enet.ru/win/cherezov/>) реализовал систему SP-Forth, которая продолжает использоваться и поныне в ряде отечественных разработок. И сегодня существует и поддерживается сайт российского форт-сообщества (<http://www.forth.org.ru/news/>), которое продолжает свои работы и предлагает новые идеи и решения на базе Форты.

Распад СССР и переход на рыночные отношения внесли серьезные коррективы по отношению к Форту. Энтузиастов и знатоков Форты поубавилось, поскольку основная масса программистов стала работать в компаниях, где основным языком были Си/Си++ и Джава. Интересно отметить, что Джава использует ту же, что и Форт, двухуровневую структуру кода: исходный текст переводится в промежуточное представление (байт-код), который затем интерпретируется виртуальной машиной. Особенность Форты, позволившая ему быстро занять свою нишу в производстве ПО для микропроцессорной техники — прямой доступ ко всем ресурсам процессора — в дальнейшем оказалась одновременно и его уязвимостью в отношении безопасности создаваемого ПО. Идеология Форты — все можно — открывает доступ к самомодификации кода и проникновению программных вирусов, а также снижает возможности непосредственного переноса кода на другие платформы. Язык Джава отчасти решает эту проблему тем, что не разрешает непосредственно исполнять команды процессора, защищая тем самым свое «ассемблерное ядро» от непосредственного доступа со стороны исполняемого кода достаточно сложным механизмом сертификации своих приложений. В Форте же нужна особая самодисциплина при программировании.

Развитие языка и его применений. Работы по Форту в нашей стране и в мире продолжали развиваться. Важным аргументом в пользу его принятия промышленностью стало опубликование в 1994 г. ANSI-стандарта языка Форт, заменившего собой предыдущий неофициальный стандарт «Форт-83». Новый стандарт явился результатом длительной работы Технического комитета Х3J14, который снял прежние ограничения на 16-разрядность адресного пространства и ввел необходимую систематизацию в структуру языка. С начала 2000-х гг. ведется обновление этого стандарта, осуществляемое группой энтузиастов и компаний, продолжающих использовать этот язык. Их форумом служат ежегодные европейские конференции EuroForth, проводимые с 1985 г. Очередная 27 конференция состоялась 23–25 сентября 2011 г. на базе технического университета Вены (<http://www.complang.tuwien.ac.at/anton/euroforth/ef11/>). Российских участников на ней в этот раз не было.

Интересно, что один из проектов по реализации ANSI-стандарта языка Форт выполнялся уже в 1994–1995 гг. по заказу компании Моторола в ЗАО «Интеллектуально-деловые услуги», созданном на базе СПИИРАН и возглавлявшемся тогда автором этих строк. В этом проекте участвовали, в частности, В. А. Кириллин, А. А. Клубович и Д. С. Преображенский, ставшие впоследствии авторитетными специалистами по языку Джава и его реализациям, а куратором проекта со стороны Моторолы был А. Л. Сахаров, уехавший ранее в США и получивший там работу.

В конце 80-х гг. С. Н. Барановым была разработана технология переноса больших программ на другие платформы на базе языка Форт, которая включала автоматизиро-

ванное построение транслятора с входного языка по записи его грамматики регулярными выражениями, которые рассматривались как текст на языке Форт. Так, в частности, была успешно перенесена на персональную ЭВМ IBM PC известная система символьных вычислений SAC-2, написанная на специальном языке ALDES. За счет дополнительного контроля типов, включенного в систему переноса, были даже выявлены 2 ошибки в первоначальных алгоритмах библиотеки SAC-2, оставшиеся незамеченными в течение многих лет ее использования на больших ЭВМ. По результатам этой и смежных работ автор защитил в 1990 г. в совете СПИИРАН докторскую диссертацию (С. Н. Баранов «Перенос и реализация больших пакетов компьютерной алгебры на базе форт-технологии»).

Важным достижением следует также считать применение форт-технологии в школьной информатике. В начале 90-х гг. по заданию Санкт-Петербургского филиала Института новых технологий была выполнена реализация полного языка Лого для отечественной школьной ЭВМ «Электроника УКНЦ», некоторое время использовавшаяся в ряде школ Санкт-Петербурга и Москвы до массового перехода на персональные ЭВМ на базе IBM PC. Благодаря особенностям Форта, вся машинная графика «Электроники УКНЦ» работала замечательно быстро, несмотря на ограниченные возможности процессора и малый объем памяти. Для минимизации требований реализации к оперативной памяти был разработан специальный механизм отчуждения готового программного продукта от инструментальной форт-системы, в которой он разрабатывался. Исходя из главного слова приложения (аналога функции main в Си), из ядра Форта выбирались только те слова, на которые обнаруживались ссылки в процессе автоматического построения их транзитивного замыкания. Более того, если не предполагался динамический поиск слов по имени в процессе работы приложения, то из выбранных словарных статей удалялся заголовок, так что в отчужденном продукте оставались «усеченные» словарные статьи, состоящие только из поля кода и поля параметров. В результате объем приложения получался чрезвычайно малым — примерно 8К для полной реализации языка Лого.

В это же время в ЛКТБ ЛОЭП «Светлана» была создана версия школьной ЭВМ на базе микро-ЭВМ «Электроника 31», в которой операционная система и система программирования для языка БЕЙСИК были реализованы на диалекте Форта — КОМФОРТ.

Интересные разработки в направлении интерпретативных языков программирования вел в Академгородке Новосибирска А. А. Берс, предложивший понятие «рабочая смесь», которое стало концептуальной основой при разработке ПО рабочей станции «Мрамор». Представленная им по результатам этих исследований к защите в 1993 г. кандидатская диссертация была единодушно оценена оппонентами и членами совета как докторская. Сама защита диссертации успешно состоялась в следующем 1994 г. в Москве. При поддержке А. А. Берса автором (совместно с М. Ю. Колодиным) был сделан подробный анализ феномена Форта, опубликованный в 1995 г. в четвертом выпуске сборника «Системная информатика», издаваемого ИСИ СО РАН.

Подводя итог вышеизложенному, следует отметить, что уже более 30 лет алгоритмический язык Форт продолжает активно существовать и привлекать талантливых программистов своими возможностями «делать все» очень качественно, малыми силами и достаточно быстро. Несмотря на сократившуюся долю в приложениях для встроенных применений, он попрежнему находит своих сторонников и приверженцев, позволяющих им успешно вести свои разработки в современных условиях. Эти традиции продолжают сохраняться в Санкт-Петербургской научной школе.

© Лантев В. В., Швецкий М. В.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ ИНФОРМАТИКЕ В РАБОТАХ УЧЁНЫХ РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА им. А. И. Герцена

Так и приходится нам постоянно изобретать язык, способный всё тоньше и искусней передать словами структуру, присущую математическому объекту, и «строить» с помощью этого языка, постепенно и целиком «теории», которые должны дать отчёт о том, что мы поняли и увидели. Маятник движется без остановки между пониманием вещей и выражением понятого на языке, который отшлифовывает и пересоздаёт сам себя в процессе работы, под постоянным давлением насущной необходимости.

А. Гротендик. «Урожая и посева»

Педагогический университет как тип учебного заведения только формируется. Постепенно складываются представления о его существенных признаках; в связи с этим возникает стремление установить аналогии с давно сформировавшимся классическим университетом. Общеизвестно, что фундаментальность образования является отличительным признаком классического университета, поэтому основным предметом образовательной деятельности в университете является фундаментальное научное знание, рассматриваемое как часть современной культуры.

Миссия педагогического университета не только в получении и распространении передовых знаний и передаче последующим поколениям духовных ценностей человечества, но и в опережающей подготовке педагогических кадров, способных реализовывать стратегические задачи общества в обучении и воспитании молодежи на основе интеграции учебного процесса, новейших научных достижений и инновационных подходов. Суть фундаментальности для педагогического университета заключается в том, что в содержании обучения раскрывается не только система определённой отрасли фундаментального научного знания, но и, может быть, пока не до конца сформировавшаяся система знаний о закономерностях освоения и теоретических основах построения способов передачи многовекового опыта человечества, объективированного в современной системе знаний.

Другими словами, фундаментальность образования в педагогическом университете предполагает, что значительную долю будут составлять обобщённые теоретические знания, раскрывающие структуру содержания той или иной фундаментальной научной дисциплины и деятельности по обучению этой дисциплине, закономерности осуществления процесса обучения и принципы его построения.

В настоящее время в педагогических университетах практически отсутствует единое мнение о фундаментальных основах учебной дисциплины «Информатика», в силу чего эта дисциплина имеет ярко выраженную технологическую и прикладную направленность. Однако известно, что технологическая направленность неизбежно натолкнется на естественные ограничения, порожденные отсутствием или недостаточностью фундаментальной подготовки. Давно установлено, что медленнее всего стареют фундаментальные знания, поэтому подготовку специалистов предпочтительнее осуществлять на основе программ, в которых преобладают именно такие знания. Прикладная же сторона подготовки бакалавров в области информатики должна опираться на его фундаментальную теоретическую и технологическую подготовку.

Другими словами, студенты-информатики должны учиться фундаментальным идеям и методам, которые будут жить долго, после того, как забудутся сегодняшние основные мотивирующие приложения. Необходимо осваивать методы, чтобы уметь выделять и справляться с будущими задачами и приложениями.

Учёные РГПУ им. А. И. Герцена занимаются проблемой обеспечения фундаментальной подготовки студентов с 1990 г.

Мы выделим три временных периода в развитии содержания обучения фундаментальным аспектам информатики на факультете математики и факультете информационных технологий и кратко опишем суть проводимых исследований на каждом временном промежутке.

Эти периоды выделены нами согласно концепции методологии моделирования, описанной К. Э. Плохотниковым (1993) и указывающей на три стадии развития: онтологизм, гносеологизм, методологизм. В рамках этой концепции на стадии онтологизма объект исследования описывается одной единственной элементарной моделью, на стадии гносеологизма — несколькими, на стадии методологизма — сверхмоделью, состоящей из нескольких элементарных моделей.

Поэтому можно утверждать, что первый период посвящён созданию «элементарной» модели, а второй и третий периоды — гносеологической модели.

Первый период исследований (1991–1999)

Начало всех Начал.

Начальное упоминание о фундаментальном подходе в методических исследованиях содержится в докторской диссертации академика РАО, доктора педагогических наук, профессора В. В. Лаптева «Теоретические основы методики использования современной электронной техники в обучении физике в школе» (1990). В работе сохранились основы нового метода обучения программированию, который впоследствии был назван методом демонстрационных примеров (и, кстати, переоткрыт вновь А. И. Бочкиным [1997] под названием «открытые программы»).

В 1991 г. В. В. Лаптев предложил докторанту М. В. Швецкому исследовать особенности фундаментального подхода в обучении информатике в педагогическом вузе.

Исследователи понимали, что любая модель методической системы обучения информатике не может претендовать на сколько-нибудь длительный срок существования, если она не будет содержать фундаментальных принципов, ибо только такие принципы сохраняются достаточно длительное время.

Существенной методической проблемой являлось обнаружение связей математики и информатики и построение системы обучения, включающей эти связи.

Известный математик Л. Кальмар, как вспоминал петербургский ученый Г. С. Цейтин, на IV Международной конференции по логике, методологии и философии науки (1971) отмечал, что информатика, очевидно, ведёт своё происхождение из математики. Вопрос в том, является ли она ветвью математики или самостоятельной наукой.

Помимо своего особого предмета исследования информатика отличается от математики и своим методом. Действительно, в то время как математика — наука, ориентированная на доказательство, информатика ориентирована в большей мере на алгоритм. Во всяком случае, информатик вкладывает в свои алгоритмы, вообще говоря, столько же изобретательности, сколько математик — в свои доказательства.

Правда, и в математике алгоритмы играют определённую роль. Однако даже самые изощрённые алгоритмы (алгоритм Кронекера для определения приводимости многочлена над полем рациональных чисел или алгоритм Галуа, использующий алгоритм Кронекера для определения разрешимости в радикалах алгебраического уравнения с рациональными коэффициентами) имеют очень отдалённое родство с алгоритмами компиляции или алгоритмами, используемыми в операционных системах.

Информатик тоже должен доказывать свои утверждения, т. е. правильность своих программ. Однако в большинстве случаев доказательство имеет, скорее, характер проверки. Термин «отладка», применяемый к такой проверке, показывает, что информатик не оценивает эту часть своей деятельности, хотя и важную, так же высоко, как математик — свои доказательства. В большинстве случаев ошибки, найденные в процессе отладки, могут быть легко исправлены (по крайней мере, если основная идея программы верна), в то время как ошибки в математических доказательствах, вообще говоря, фатальны.

Решение математической задачи, в которой ставится вопрос, верно или неверно некоторое утверждение, полностью завершается после того, как это утверждение доказано или опровергнуто. В противоположность этому, если имеется алгоритм решения некоторой задачи информатики, то решение нельзя считать окончательным, так как далее ищется лучший (с точки зрения скорости или требуемой памяти) алгоритм решения той же задачи. Конечно, математик тоже ищет более простое доказательство какой-либо теоремы. Однако лучшее доказательство не является таким же достижением, как первое доказательство. С другой стороны, создание лучшего алгоритма в некоторой программе иногда столь же (или даже более) ценно, как создание первого алгоритма для решения той же задачи.

Эти доводы показывают, что информатика требует способа мышления, отличного от того, который применяется в традиционной математике. Следовательно, информатику можно рассматривать, скорее, как самостоятельную науку, а не как ветвь математики.

Г. С. Цейтин в статье «Является ли математика частью информатики?» (2006) писал: «Информатика получила от математики ряд результатов и теорий, нашедших широкое применение, в особенности в теории языков и трансляции, а также (в меньшей мере) верификации программ. Вместе с тем, поскольку это делали математики (или люди, относившие себя к математике), выбор задач диктовался желанием получить результаты, интересные в математическом смысле, а другие, не менее важные для информатики задачи оставались для внимания. Теория языков и трансляции, например, оказалась слишком раздутой, а вопросы модульности (что на сегодня важнее) не получили должного развития. Преувеличена была и роль логической верификации — на практике требования к программам редко оформляются в логических понятиях».

Таким образом, становятся понятными методические трудности, возникшие перед исследователями. Тем не менее, в 1994 г. работа М. В. Швецкого под названием

«Методическая система фундаментальной подготовки будущих учителей информатики в педагогическом вузе в условиях двухступенчатого образования» была завершена. В работе была построена гносеологическая модель методической системы фундаментальной подготовки будущих учителей информатики. Однако на этом этапе выполнить задуманное не удалось; можно лишь утверждать, что исследования вступили в стадию онтологизма.

Заметными исследованиями первого этапа явилась также диссертационная работа аспирантки И. А. Лебедевой «Методика отбора содержания обучения будущих учителей информатики конструированию компиляторов» (1996).

Важную роль для методики обучения информатике сыграла докторская диссертация доцента Т. А. Бороненко «Теоретическая модель системы методической подготовки учителя информатики» (1998) (выполнена под руководством академика РАО, д. ф.-м. н., проф. Г. А. Бордовского).

По результатам исследований были выпущены три сборника научных трудов [1997, 1998, 1999] под редакцией проф. В. В. Лаптева, содержащие в совокупности 62 статьи.

Итоги этого этапа отражены в монографии В. В. Лаптева и М. В. Швецкого «Методическая система фундаментальной подготовки в области информатики: теория и практика многоуровневого университетского педагогического образования» (Издательство СПбГУ, 2000).

Отметим, что для первого периода методических исследований характерно следующее:

- отсутствие философских осмыслений процессов, происходящих в процессе обучения информатике;
- хаотические поиски математических оснований информатики; результатом поисков явилось лишь выделение взаимосвязанных разделов дискретной и непрерывной математики, используемых при моделировании объектов, относящихся к теоретической информатике;
- отсутствие в содержании обучения понятия «вычислительные модели»;
- включение в содержание обучения информатике понятия «парадигмы программирования».

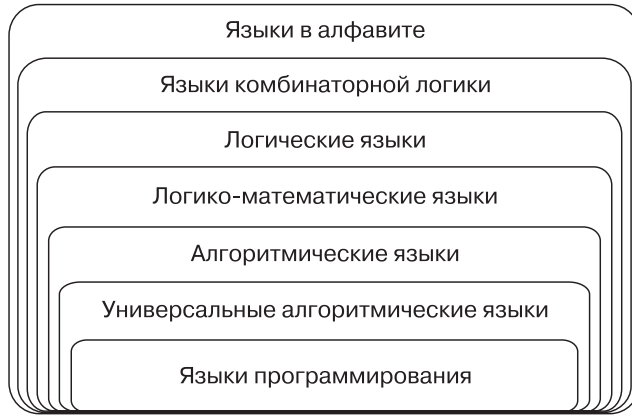
Второй период исследований (2000–2005)

Культура начинается с осознания иерархии.

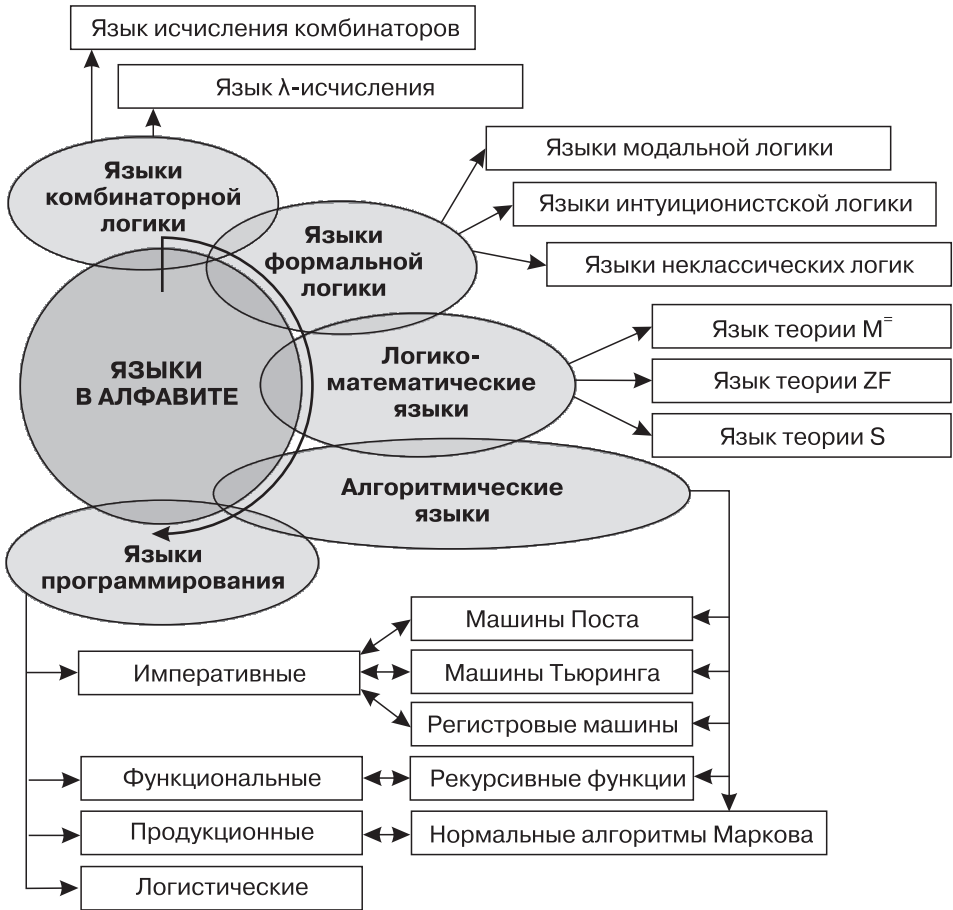
Т. Манн

Основополагающим исследованием для этого периода является докторская диссертация доц. Н. И. Рыжовой (2000), выполненная под руководством проф. В. В. Лаптева. Проанализировав существующие классификации формальных языков, Н. И. Рыжова построила их иерархию, основанием которой является вложенность алфавитов, т. е. каждый алфавит представляет собой множество букв, представляющее собой подмножество другого. Перечислим классы формальных языков, включенных в эту иерархию: языки в алфавите, языки комбинаторной логики, логические, логико-математические, алгоритмические, универсальные алгоритмические языки и языки программирования.

В этом исследовании были выделены и обоснованы глубокие связи между формальными языками, с помощью которых описывается большинство из известных автору информационных процессов. Схематично такие связи проиллюстрированы на рис. на стр. 78.



Схематичное представление иерархии формальных языков.



Связи, существующие между формальными языками.

Н. И. Рыжовой предложено следующее содержание учебной дисциплины «Математические основания информатики», опирающееся на теоретические результаты.

Семиотика

1. Семиотика как наука о знаках и знаковых системах.

Абстрактные знаковые системы (формальные системы)

2. Языки в алфавите: алфавит, слова в алфавите, операции над словами в алфавите. Операции над языками в алфавите. Регулярные языки в алфавите.
3. Понятие «исчисление» («формальная система»). Исчисление на словах в алфавите. Порождающие модели. Ассоциативные исчисления. Канонические системы Поста. Нормальные системы Поста.
4. Порождающие, распознающие и преобразующие грамматики. Иерархии грамматик и языков Хомского. КС-грамматики. Обобщение КС-грамматик для увеличения детерминированности вывода: программные и индексные КС-грамматики.
5. Понятие «алгоритм». Алгоритм как частный случай исчисления. Вычислительные модели. Нормальные алгорифмы Маркова. Язык примитивно- и частично-рекурсивных описаний.
6. Введение в теорию абстрактных автоматов. Автоматы Мили и Мура. Автоматы Рабина–Скотта. Магазиновые автоматы. Машины Тьюринга: детерминированные, недетерминированные и линейно-ограниченные. Языки (в алфавите) классов P, NP, P-SPACE.
7. Универсальные алгорифмы: универсальные рекурсивные функции, алгорифмы Маркова, машины Тьюринга.

Формальные знаковые системы (формальные языки)

8. Понятие «формальный язык». Понятие «интерпретация».
9. Комбинаторная логика (λ -исчисление, исчисление комбинаторов). Комбинаторные алгебры, как интерпретация исчислений комбинаторной логики.
10. Логические языки. Языки нулевого и первого порядка. Язык модальной логики. Динамическая логика.
11. Логико-математические языки. Математические теории: формальная теория групп, формальная арифметика, формальная теория множеств. Теория взаимодействующих последовательных процессов (теория CSP).
12. Языки программирования. Формальный синтаксис. Формальная семантика: операционная, дедуктивная и денотационная.
13. Информатика как наука о семиотике формальных языков, предназначенных для «общения» с компьютером.

Н. И. Рыжовой была предложена таблица (см. стр. 80), в которой показаны соответствия между формальными языками, указанными выше в приведенной иерархии, алгоритмическими языками и языками программирования (отметим важность этой таблицы для ответа на вопрос о количестве известных парадигм программирования).

Выполненное методическое исследование позволило выделить формально-логические концепции, на базе которых строится семиотика языков программирования, и которые в своей совокупности могут быть квалифицированы как математические основания учебной дисциплины «Информатика». Другими словами, математические основания информатики включают в себя: основы семиотики; основания математики; основания математической логики; описанную выше иерархию формальных языков.

Соответствие между языками

Формальные языки	Соответствующие формальным языкам:	
	Алгоритмические языки	Языки программирования и парадигмы
Языки в алфавите	Язык нормальных алгорифмов Маркова	Язык Рефал; продукционное программирование
	Язык машин Тьюринга	Языки C, Java, Ruby, ...; императивное программирование
Языки комбинаторной логики	Язык примитивно и частично рекурсивных описаний	Язык LISP; функциональное программирование
Логические языки	Язык хорновского программирования	Язык Prolog; хорновское программирование
Логико-математические языки		

Автором предложен один из следующих вариантов изменения образовательного процесса будущих бакалавров и магистров информатики:

- введение новой учебной дисциплины с названием «Математические основания информатики»;
- включение раздела «Математические основания информатики» в содержание существующей учебной дисциплины «Теоретические основы информатики»;
- распределение математических оснований информатики, содержащихся в описанных модулях по учебным дисциплинам «Основы дискретной математики», «Математическая логика», «Теория алгоритмов» и «Теоретические основы информатики».

Важными исследованиями явились многочисленные работы доцента кафедры алгебры, к. ф.-м. н. А. Б. Михайлова, посвящённые:

- отбору содержания обучения языку содержательной математики — языку теории множеств, являющегося одним из метаязыков математики (Михайлов, 1997; Михайлов, Яшина, 1997; Михайлов, Плоткин, Рисс, Яшина, 2001);
- отбору содержания обучения математической логике в области исчислений языка первого порядка и некоторых логико-математических языков) Михайлов, Рыжова, Швецкий, Баумане, Егорова, 2002).

Кстати, упомянем, что метаязыком математики является также язык теории категорий.

Заметными исследованиями первого периода явились диссертационные работы аспирантов кафедры информатики РГПУ им. А. И. Герцена:

1. *С. В. Головлёва*. Методика обучения функциональному программированию будущих учителей информатики (на базе языка LOGO) (2000).
2. *И. С. Косова*. Использование языка LISP при обучении функциональному программированию будущих учителей математики и информатики (2001).
3. *М. В. Демидов*. Методика обучения будущих учителей информатики разделу «Проектирование компиляторов (2001).

4. *А. В. Голанов*. Методика обучения теории алгоритмов будущих учителей информатики (2003).
5. *А. А. Фомина*. Методика обучения будущих учителей информатики формальным языкам (2003).
6. *К. И. Бауманэ*. Методическая система обучения семиотике языков программирования будущих учителей информатики (2004) (руководитель проф. Н. И. Рыжова).
7. *А. В. Коротков*. Методика обучения многопоточному программированию бакалавров физико-математического образования (2005).

В кандидатской работе Е. В. Мусиновой «Методика обучения будущих учителей информатики дискретной математике» (2001) было предложено важное определение разделов, входящих в учебную дисциплину «Дискретная математика», а именно:

- базовые разделы, к которым относятся: алгебраические системы; математические модели дискретных систем (теория графов, теория автоматов); формальные языки (нелогические) и формальные грамматики; математическая логика (вместе с конечными функциями); теория алгоритмов (вместе с теорией сложности алгоритмов);
- дополнительные разделы, к которым относятся: комбинаторный анализ; теория кодирования; дискретные разделы теории вероятностей; некоторые разделы теории чисел и вычислительной математики.

Это позволило найти место учебной дисциплины «Формальные языки, грамматики и автоматы» в учебном процессе факультета математики РГПУ им. А. И. Герцена.

В пользу важности дискретной математики в образовании бакалавров информатики свидетельствуют глубокие размышления автора монографии «Урожай и посевы» (Ижевск, 2001) А. Гротендика о сочетании непрерывного и дискретного: «Тому должно быть уже лет пятнадцать–двадцать, как, листая скромный томик, заключающий в себе полное собрание трудов Римана, я был поражён замечанием, брошенным им мимоходом. Согласно ему вполне могло случиться, что структура пространства, в конце концов, дискретна, и что «непрерывные» её модели, нами изготовляемые, представляют собой упрощение (возможно, чрезмерное...) более сложной действительности. Для человеческого разума «непрерывное» уловить легче, чем «разрывное», так что первое служит нам приближением, помогающим понять второе. Это замечание, устами математика необычайно и неожиданно по своей пронизательности, ведь на тот момент евклидова модель физического пространства ни разу ещё не ставилась под сомнение. В строго логическом смысле, это скорее разрывное традиционно служило техническим приёмом подхода к непрерывному.

Достижения математики последних десятилетий, впрочем, привели к возникновению куда более близкого симбиоза между непрерывными и разрывными структурами, чем это можно было себе вообразить ещё в первой половине нашего века. Всегда выходило так, что при поисках «удовлетворительной» модели (или, в случае необходимости, совокупности таких моделей, «подходящих» друг к другу в такой степени, в какой только возможно...), будь она «непрерывной», «дискретной» или «смешанной» природы, неизменно вступало в игру богатое концептуальное воображение и настоящее чутьё, чтобы изучить и вывести на свет математические структуры нового типа».

Итоги второго периода подведены в монографии В. В. Лаптева, Н. И. Рыжовой и М. В. Швецкого «Методическая теория обучения информатике. Аспекты фундаментальной подготовки» (изд-во СПбГУ, 2003).

Можно утверждать, что для второго периода исследований характерны следующие особенности:

- выделение философских оснований исследований (в частности, семиотический подход, принцип межпарадигмальной рефлексии);
- явное выделение математических оснований информатики, представляющих собой совокупность некоторого множества взаимосвязанных формальных языков;
- выделение понятия «классические вычислительные модели» и построение их классификации.

Третий период исследований (2006–20...)

... не исключено, что в будущем мы найдём в природе процесс, вычисляющий функцию, которую нельзя вычислить с помощью машины Тьюринга. Было бы чудесно, если бы такой процесс действительно был обнаружен, поскольку тогда мы смогли бы выполнить вычисления, которые невозможно было сделать до этого. Разумеется, при этом нам пришлось бы переработать определение понятия «вычислимость», а с ним и информатику.

М. Нильсен, И. Чанг

Результаты методических исследований, направленных на моделирование процесса обучения будущих учителей информатики, были частично использованы для моделирования процесса обучения студентов-филологов в докторской работе доцента кафедры информатики К. Р. Пиотровской «Методическая теория математической и информационной подготовки студентов-филологов на основе межпарадигмально-семиотического подхода» (2007), выполненной под руководством проф. В. В. Лаптева.

В диссертационной работе аспирантки И. А. Кудрявцевой «Методика обучения бакалавров физико-математического образования математическим основаниям парадигм программирования» (2005) были глубоко проанализированы глубинные связи парадигм программирования и иерархии формальных языков, построенной на втором этапе.

В 2008 г. была защищена диссертация асс. каф. информационных систем и программного обеспечения Т. С. Стефановой «Методика обучения неклассическим вычислительным моделям бакалавров физико-математического образования», в которой были выделены естественно-научные основания информатики, названные «неклассическими вычислительными моделями».

К классическим вычислительным моделям автор относит следующие:

- представительные вычислительные модели: нормальные алгоритмы Маркова, машина Тьюринга, многоленточная машина Тьюринга, обратимая машина Тьюринга, машина Поста-Успенского, машина Минского, машина с конечным числом переменных, машина с неограниченными регистрами, равнодоступная адресная машина, машина с параллельным доступом к памяти;
- непредставительные вычислительные модели: конечные автоматы, магазинные автоматы, клеточные автоматы.

Неклассическими вычислительными моделями автор называет генетические алгоритмы, генетическое программирование, нейронные сети, ДНК-вычисления, квантовые схемы.

Сутью неклассических вычислительных моделей является моделирование понятия «вычислимость», опирающееся на биолого-химические и квантово-механические модели (более точно, исследователь «смотрит» на понятие «вычислимость» через призм модели реальности, что приводит к выделению так называемых «природных» моделей вычислимости). Природные вычисления являются больше, чем просто более

быстрая и миниатюрная технология реализации машин Тьюринга: данные вычисления являются принципиально другим способом использования Природы. В данном случае автор опирается на эмпирически установленный принцип неисчерпаемости Природы: Природа имеет средства для осуществления любой корректно сформулированной человеком задачи.

Далее, Т. С. Стефанова предлагает определённые изменения в содержании обучения бакалавров и магистров информатики, заключающиеся в использовании понятия «природные вычисления».

В итоге почти двадцатилетней работы, выполненной под руководством проф. В. В. Лаптева, к 2010 г. коллектив учёных РГПУ им. А. И. Герцена пришел к результатам, которые можно проиллюстрировать представленной на след. стр. схемой, показывающей конструирование и использование фундаментального подхода в обучении информатике и филологии. Круговая стрелка на рисунке показывает последовательность формальных языков, используемых в обучении фундаментальным аспектам информатики.

Важно отметить, что формальные языки, входящие в базис языков, позволяют строить новые вычислительные модели. Приведём лишь несколько важных примеров (включённых Т. С. Стефановой в содержание учебного процесса):

1. Конечные автоматы Рабина–Скотта лежат в основе построения автоматов Уотсона–Крика (конечных и магазинных), используемых для моделирования ДНК-вычислимости.
2. На основе классической машины Тьюринга построена квантовая машина Тьюринга, используемая для моделирования квантовых вычислений.
3. Формальный язык алгебры термов используется вначале при построении классических логических схем, а затем и квантовых схем, используемых для моделирования квантовых вычислений (Varengo, Bennett, Cleve, 1995).

Рассматривая квантовые вычисления, можно отметить, что:

- квантовые вычисления требуют глубокого понимания фундаментальных законов квантовой механики (как математической модели микромира), а также знания вопросов, относящихся к математике (функциональный анализ конечномерных унитарных пространств);
- несмотря на возможность использования классического компьютера для моделирования квантового компьютера, эффективное осуществление такого моделирования невозможно, т. е. квантовые компьютеры существенно превосходят по скорости классические компьютеры;
- квантовые вычисления заставляют думать о вычислениях физически, в связи с чем происходит формирование новой парадигмы, которую назовём парадигмой квантовых вычислений; развитием этой парадигмы является возможность конструирования нового формального языка — языка квантовых вычислений;
- концепция квантовых вычислений позволяет дать толчок к построению компьютеров с принципиально новой архитектурой, основанной на природном параллелизме, а также открывает много новых возможностей в области новых технологий обработки информации;
- квантовая теория вычисления может превратиться в неотъемлемую часть мировоззрения исследователя, стремящегося к фундаментальному пониманию реальности.

По результатам проведенных М. В. Швециким исследований в 2008 г. им в соавторстве с И. А. Кудрявцевой и Т. С. Стефановой были опубликованы два учебных пособия, активно используемые в учебном процессе факультета математики и факультета информационных технологий РГПУ им. А. И. Герцена.

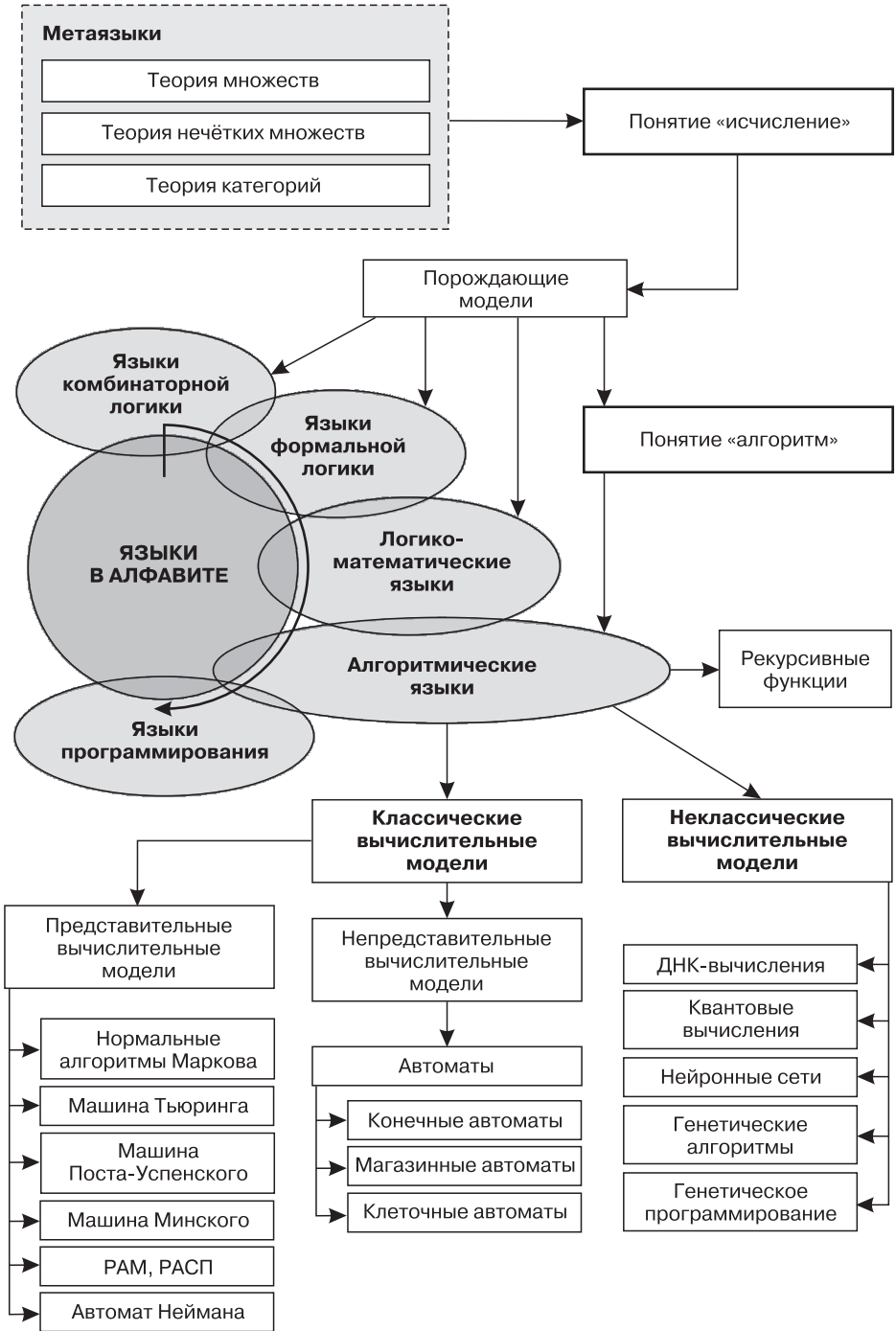


Иллюстрация фундаментального подхода в обучении информатике и филологии.

Таким образом, для рассматриваемого и продолжающегося в настоящее время периода исследований характерны следующие основные направления:

1. Уточнение философских оснований, выделенных в течение предыдущего периода.
2. Выделение математических оснований парадигм программирования.
3. Выделение понятия «обратимые вычисления» и построение их классификации.
4. Выделение понятия «неклассические вычислительные модели» («природные вычисления») и построения варианта их классификации.
5. Выделение естественнонаучных оснований информатики.
6. Частичное использование полученных методических результатов для моделирования процесса обучения студентов-филологов.
7. Возникновение идей о существовании подхода в обучении информатике, отличного от фундаментального (пока он носит рабочее название «нефундаментальный подход»).

Видимо, следующий период исследований в РГПУ им. А. И. Герцена будет посвящён нефундаментальному подходу к обучению информатике в педагогических вузах.

В заключение авторы благодарят доцентов кафедры «Информационные системы и программное обеспечение» И. А. Кудрявцеву и Т. С. Стефанову за материалы, использованные при написании данной статьи.

* * *

РАЗВИТИЕ ХИМИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) — один из самых авторитетных вузов России в области химии, химической технологии, биотехнологии, нанотехнологий, механики, информационных технологий, управления и экономики. Основан он был в 1828 г. как практический технологический институт. В 1930 г. институт объединил многие химические факультеты и кафедры других вузов и в советские годы именовался как Ленинградский Краснознаменный химико-технологический институт.

Гордость института — отечественные ученые. В 1863 г. заявление на конкурс на место профессора кафедры химии Технологического института подал приват-доцент Санкт-Петербургского университета, магистр химии Д. И. Менделеев; большинством голосов он был избран, а затем утвержден Министром финансов в должности профессора химии. Из стен института вышли: А. Ф. Иоффе (1902) — организатор физической школы нашей страны, В. П. Вологдин (1907) — создатель высокочастотной промышленной электроники, В. К. Зворыкин (1912) — один из создателей телевидения, а также многие другие видные ученые.

Несмотря на то что годом рождения кибернетики считают 1948 г. (тогда ее принципы были сформулированы Н. Винером), основы этой науки создавались гораздо раньше учеными во всем мире, в том числе и в России в Санкт-Петербургском практическом технологическом институте. Здесь в 1877–1878 гг. вышли в свет работы видного конструктора-механика почетного члена Императорской Санкт-Петербургской Академии наук И. А. Вышнеградского (1831–1895) «О регуляторах прямого действия» и «О регуляторах непрямого действия», в которых нашла отражение одна из основных идей кибернетики — принцип обратной связи и были сформулированы условия устойчивости системы регулирования. И. А. Вышнеградский по праву считается основоположником теории автоматического регулирования.

Серьезное развитие работ по автоматическому управлению в Технологическом институте началось в 50-х гг. прошлого столетия, когда в стране рост промышленности, в частности химической и нефтехимической, потребовал подготовки кадров специалистов в области автоматизации. В связи с этим в 1952 г. была начата подготовка инженерных кадров по специальности «КИП и автоматика» в трёх вузах Советского Союза: Московском институте химического машиностроения, Казанском химико-технологическом институте и в Ленинградском Технологическом институте (ЛТИ).

В ЛТИ такая специализация вначале была открыта при кафедре «Оборудование заводов химической промышленности» профессором Н. А. Козулиным и доцентом А. Л. Гуревичем (теперь это кафедра «Оптимизации химической и биохимической аппаратуры»). К специализации непосредственно относились пять дисциплин учебного

плана: «Контрольно-измерительные приборы», «Средства автоматики и телемеханики», «Теория автоматического регулирования», «Автоматическое регулирование технологических процессов» и «Электронные приборы». В 1954 г. выпустили первых инженеров.

Первоначально в штате преподавателей было три человека, поэтому почти все студенты активно принимали участие в создании учебных лабораторий и в научной работе. Дипломное и курсовое проектирование студентов было связано с выполнением конкретных работ по автоматизации процессов различных химических производств, а также с разработкой автоматических систем и устройств. В 1956–1957 гг. была создана и внедрена одна из первых специализированных вычислительных систем для управления поточным технологическим процессом.

В декабре 1957 г. в ЛТИ была организована самостоятельная кафедра автоматизации процессов химической промышленности и при ней комплексная проблемная лаборатория автоматизации химических производств под руководством тогда доцента, а после успешной защиты докторской диссертации в 1970 г. — профессора П. А. Обновленского. В состав кафедры также входили две базовые кафедры: «Аналитического приборостроения» при ИАП АН СССР — заведующий профессор В. А. Павленко и «Автоматизации производства строительных материалов» при институте ВИАСМ — заведующий доцент Г. Н. Вабищевич. На этих базовых кафедрах работали такие ученые-управленцы, как профессор Я. Е. Гельфанд, доценты М. Л. Трачевский и Л. М. Яковис, читал лекции профессор Э. Л. Ицкович.

В 1985 г. кафедру в ЛТИ возглавляет профессор В. И. Кубанцев, при этом кафедра расширяет область своей деятельности и меняет название на «Автоматизированные технологические комплексы и микропроцессорные системы производства строительных материалов». Кроме того, специалисты в тот период подготавливались на базовой кафедре при тресте «Севзапмонтажавтоматика». Кафедра готовила специалистов по автоматизации химико-технологических процессов, которые работали непосредственно на химических заводах, комбинатах, в проектных и научно-исследовательских организациях, разрабатывая системы автоматизации различного уровня: от локальных схем автоматизации технологических процессов и аппаратов до создания АСУ химических производств.

Учебный процесс в Ленинградском технологическом университете обеспечивался созданием при кафедре специальных лабораторий и разработкой методического обеспечения лабораторных занятий. В 1959–1961 гг. была разработана спецлаборатория по курсам «Технологические измерения и приборы» и «Основы автоматики и телемеханики»; в 1963 г. создана лаборатория по курсу «Автоматизация производственных процессов»; в 1964 г. открыт лабораторный практикум по применению АВМ для исследования систем автоматического регулирования по курсу «Вычислительная техника в инженерных расчетах»; в 1965–1966 гг. разработана и введена в действие лаборатория по курсу «Счетно-решающие системы в автоматике»; в 1971–1972 гг. — создан лабораторный практикум по курсу «Элементы и системы автоматики», а в 1974 г. — по курсу «Пневмогидроавтоматика».

В 1971 г. часть сотрудников кафедры во главе с доцентом Б. В. Ильиным организует новую кафедру «Автоматизированные системы управления» (АСУ). В. Б. Ильин становится первым заведующим этой кафедры. Разработанные им лекционные курсы и методические пособия легли в основу многих дисциплин по автоматическому и автоматизированному управлению, и ныне читаемых на кафедре. В это время коллектив кафедры занимался разработкой и внедрением методологии синтеза и анализа автоматических и автоматизированных систем управления. Именно этой тематикой применительно к объектам нефтепереработки под руководством Б. В. Ильина начал заниматься после окончания ЛТИ в 1978 г. нынешний ректор университета профес-

сор Н. В. Лисицын. В рамках этой тематики в начале 80-х гг. сформировалось новое направление, связанное с развитием формализованных методов проектирования систем управления потенциально опасными процессами в условиях неполной информации. В связи с этим в 1984 г. коллективу кафедры, возглавляемому уже профессором В. В. Сотниковым, была доверена подготовка инженеров в области САПР, а сама кафедра в 1986 г. была переименована в кафедру «Системы автоматизированного проектирования и управления» (САПРиУ).

На базе этих кафедр и кафедр механического цикла в 1971 г. в институте был организован инженерно-кибернетический факультет. Организация факультета была достаточно сложным делом, ведь ещё совсем недавно кибернетика считалась лженаукой, и многие ученые относились к ней с недоверием. В то же время уже были все необходимые предпосылки для развития работ в данном направлении — это и углубленное изучение математики, физики, и понимание необходимости широкого внедрения вычислительной техники, и высокий уровень технической мысли.

Первым руководителем нового факультета стал профессор И. Н. Таганов. Подготовка специалистов на факультете осуществлялась на кафедрах: «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры» (ОХБА); «Машины и аппараты химических производств»; «Автоматизация процессов химической промышленности» (АПХП); «Оборудование и робототехника переработки пластмасс» (ОРПП); «Системы автоматизированного проектирования и управления» (САПРиУ). Кафедры развивали различные направления кибернетики, в частности в приложении к химии (например, моделирование химических систем, оптимизация технологического оборудования) и механическим системам (расчеты и автоматизированное проектирование технологического оборудования).

На кафедре «Машины и аппараты химических производств» подготавливались специалисты, способные рассчитать и сконструировать оборудование для химических, нефтяных, фармацевтических, пищевых и других производств с применением методов и средств автоматизированного проектирования. Кафедра ведет подготовку инженеров по направлениям:

- автоматизированные производства химических предприятий;
- автоматизированное проектирование технологического оборудования.

Для создания сложных технических систем, используется кибернетический подход, с позиций которого создание и совершенствование этих объектов рассматривается как процесс управления их качеством. Структура, принципы, методы и средства теории управления качеством таких объектов составляют основу инженерной кибернетики — основу подготовки специалистов.

Заведующий кафедрой — профессор А. Н. Веригин — специалист в области автоматизированного проектирования химико-технологических агрегатов, им создана концепция химико-технологического агрегата как основного объекта химической техники. В монографии «Химико-технологические агрегаты. Системный анализ при проектировании» (А. Н. Веригин, С. А. Малютин, Е. Ю. Шашихин) отражены основные положения выдвинутой концепции. Многолетнее плодотворное сотрудничество с одним из ведущих предприятий оборонной химической промышленности — ФНПЦ «НИИ прикладной химии» (г. Сергиев Посад) дало возможность адаптировать предложенную концепцию к условиям промышленности.

На кафедре ОХБА тем временем развиваются направления, связанные с оптимизацией химических аппаратов. Руководит кафедрой молодой и энергичный профессор Р. Ш. Абиев.

Кафедра «Оборудование и робототехника переработки пластмасс» (ОРПП), организованная в 1965 г. (первоначальное название — кафедра «Машины и технологии

переработки пластмасс») — одна из первых подобных специальных кафедр страны, а в Ленинграде и в Северо-Западном регионе — единственная. В разные годы кафедрой заведовали профессор Р. Г. Мирзоев (1965–1976), М. С. Тризно (1975–1985), В. К. Крыжановский (1985–1991), В. В. Богданов (1992–2011) и В. П. Бритов (с 2011 г. по настоящее время).

В 1985 г. на кафедре было существенно пересмотрено содержание учебных дисциплин и направление работ в связи с требованиями промышленности, с тенденцией создания автоматизированных экологически совершенных производств. Была организована учебная лаборатория робототехники, а в учебные планы включены такие дисциплины, как «Гибкие автоматизированные производства изделий из пластмасс», «Промышленная робототехника», «Конструирование и САПР формующего инструмента». В связи с этим кафедра и получила новое — её нынешнее наименование.

С 1992 г. кафедра работает над внедрением компьютерных технологий в промышленность переработки пластмасс и эластомеров и решает задачи экологии с помощью композиционных материалов.

Дальнейшее развитие проблем кибернетики и широкое использование информационных технологий потребовало создания отдельного факультета, объединяющего выпускные кафедры по родственным специальностям этого направления. Так в 1999 г. был образован факультет информатики и управления (с 2011 г. он переименован в факультет «Информационные технологии и управление» и его деканом стал профессор А. А. Мусаев). Факультет объединил три выпускающих кафедры: АПХП, САПРиУ и новую кафедру «Информационные системы в химической технологии» (ИСХТ).

Кафедра АПХП, основанная в 1957 г., готовит инженеров по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» и бакалавров техники и технологии по направлению «Автоматизация и управление». С 2011 г. в связи с переходом на Федеральные стандарты третьего поколения кафедра начала подготовку бакалавров и магистров по направлениям 220400 «Управление в технических системах» по профилю «Системы и средства автоматизации технологических процессов» и 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств» по одноименному профилю.

Как следует из названия профилей, в первом случае основное внимание уделяется изучению средств автоматизации, во втором упор делается на изучение теории и практики управления технологическими процессами. Под управлением («control») здесь понимаются функции, выполняемые автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП) в отличие от организационного управления («management»), входящего в область исследований менеджмента.

Научная тематика кафедры концентрировалась вокруг основного направления, посвященного созданию методологии управления и защиты потенциально опасных технологических процессов (ПОТП). По этой проблеме руководителем темы П. А. Обновленским была защищена в 1971 г. докторская диссертация. Творческими исполнителями, а в дальнейшем и продолжателями основного научного направления, прошедшими путь от аспирантов кафедры до членов Метрологической академии Российской Федерации, являлись профессора Г. А. Соколов (ставший в 1987 г. заведующий кафедрой АПХП, а при образовании факультета информатики и управления его первым деканом) и его заместитель по научной работе Л. А. Русинов.

В настоящее время научно-исследовательская работа на кафедре непосредственно связана с развитием информационных технологий, что позволило вывести на принципиально новый уровень решение вопросов повышения эффективности современных химико-технологических процессов. Учитывая, что современные системы управления в интегрированных автоматизированных технологических комплексах (АТК) пред-

ставляют собой сложные иерархические человеко-машинные системы, дальнейшее развитие АТК связано с усовершенствованием всех системных компонентов, базирующихся на перспективных областях научно-технических исследований.

Необходимым условием для эффективной работы таких производств является наличие современных систем управления технологическими процессами, обеспечивающих воспроизводимость результатов синтеза, экологическую и техническую безопасность производства, оптимальность АТК, его устойчивую и безопасную работу с минимальными нагрузками на окружающую среду, сохраняя при этом выпуск и качество целевых продуктов в соответствии с регламентирующими документами. Это возможно лишь при повышении уровня интеллектуальности систем, дальнейшего совершенствования основ и методов синтеза оптимальных АТК в условиях неопределенности.

Эти исследования соответствовали концепции программы «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники» (подпрограмма «Химические технологии»). Программа определяла в качестве перспективной области научно-технических исследований создание информационно-компьютерных систем, разработку экспертных систем, совершенствование и развитие основ преподаваемых дисциплин на базе полученных результатов научных исследований. Развитие этих работ на кафедре АПХП выкристаллизовалось в научное направление, связанное с интеллектуализацией АТК, разработкой алгоритмического и информационного обеспечения, а также новых технических решений для систем управления потенциально опасными процессами химической технологии. Это работы:

- по алгоритмизации оперативно-диспетчерского управления и диагностики состояния этих процессов, разработке систем робастного и адаптивного управления АТК в условиях неопределенности;
- по созданию многофункциональных технических средств автоматизации: импульсных устройств регламентации технологических потоков, тепловых систем контроля расходов и состава технологических сред, в том числе и виртуальных.

По результатам исследований, проведенных на предприятиях химической и металлургической промышленности, предложены оптимальные структуры распределенных систем управления применительно к задачам керамического и металлургического производств.

Большинство потенциально опасных технологических процессов в химической и родственных областях промышленности относится к разряду плохо формализуемых систем. Эти процессы к тому же, как правило, отличаются высоким уровнем неопределенностей (например, из-за многоальтернативного характера их протекания), большими неконтролируемыми возмущениями (например, из-за разброса параметров исходного сырья), существенной внутренней нелинейностью и часто плохой наблюдаемостью. Поэтому в настоящее время в России и зарубежом активно развиваются методы робастного управления, которые позволяют проектировать регуляторы для процессов с большой неопределенностью математического описания.

Практика применения теории оптимальных систем при решении конкретных технических задач показала, что оптимальные системы, синтезированные по квадратичному критерию качества, являются чувствительными к параметрам модели реального объекта и характеристикам входных воздействий. Это означает, что такие системы являются не грубыми, чувствительными к неопределенностям в задании тех или иных параметров объекта. Поэтому они часто теряют не только оптимальность, но и работоспособность в тех случаях, когда априорная информация об объекте и внешней среде известна не точно, а лишь с некоторой достоверностью, задаваемой интервалами принадлежности (классами неопределенности).

Современный подход к развитию теории управления характеризуется постановкой и решением задач, учитывающих неточность наших знаний об объектах управления и действующих на них внешних возмущений. Задачи синтеза регулятора и оценивания состояния с учетом неопределенности модели объекта и характеристик входных воздействий, т. е. задачи синтеза робастных регуляторов, являются одними из центральных в современной теории управления.

На кафедре эта задача решается при помощи расширения динамической модели объекта управления и организации такого управления, которое обеспечивает взаимную компенсацию элементов расширенного движения. Предложенный подход к синтезу робастных систем позволяет увеличить статистическую устойчивость оптимальных решений квадратичных задач так, что она приближается к — оптимальным системам управления, которые дают наилучшие результаты в этом направлении. Подход отличается большей простотой, чем — теория управления. Разработанная на его основе методика проверена на многочисленных практических примерах. Результаты исследований по этой тематике обобщены в докторской диссертации профессора А. Л. Фокина.

Другим подходом к проблеме управления ПОТП, развиваемым на кафедре, является использование интеллектуальных систем управления, работающих, в основном, на уровне оперативного управления (СОУ) процессом (верхний уровень АСУТП). Эти системы обеспечивают мониторинг процесса, поддержание требуемого уровня технической и экологической безопасности таких процессов и поддержку принятия решений при возникновении опасных ситуаций и ликвидации их последствий. Такие СОУ позволяют своевременно обнаруживать нештатные ситуации на ранних стадиях их развития, когда они еще обратимы, и возвращают процесс в регламентные рамки, не доводя до необходимости срабатывания систем автоматической защиты. По сути — это системы ситуационного управления и диагностики, обеспечивающие:

- непрерывный мониторинг состояния объекта в контурах обеспечения технической и экологической безопасности и на двух уровнях управления: уровне управления технологическим процессом и уровне организационного управления предприятием;
- прогнозирование опасных ситуаций на основе данных о текущем состоянии объекта и внешней среды и выработку рекомендаций по их предотвращению;
- распознавание опасных ситуаций по данным технологического и экологического мониторинга, диагностику их причин и прогноз развития;
- выработку рекомендаций по выходу из опасных ситуаций и ликвидации их последствий;
- накопление статистических данных по опасным ситуациям с целью получения формальных моделей объекта и формирования знаний для решения задач прогнозирования, развития и распознавания ситуаций и диагностики их причин, формирование сценариев действий по их предотвращению;
- поддержку принятия управленческих решений по обеспечению безопасности при наличии логических и функциональных взаимосвязей между их составными частями и ограничений на ресурсы, которыми располагает система.

В отличие от обычных, разрабатываемые СОУ основаны не только на теоретических знаниях в виде математических моделей или строгих математических зависимостей, но используют еще и эмпирические, экспертные знания. На кафедре разрабатываются различные эффективные методики диагностики, реализованные в виде экспертных систем реального времени и нейросетевых систем.

Применение информационных технологий в измерительной технике позволяет поднять уровень интеллектуальности информационно-измерительных систем. Интеллектуализация измерительных систем способствует расширению их функцио-

нальных возможностей, гибкости, повышает точность и метрологическую надежность измерений. На кафедре ведутся работы по обработке информации, поступающей от сложных анализаторов качества, таких, например, как спектрометры ближней инфракрасной области, используемые для анализа пищевых продуктов. Градуировка таких анализаторов сложна и требует больших затрат времени. В то же время градуировки, полученные на одном приборе, не работают на других аналогичных приборах даже той же партии выпуска. Поэтому были разработаны способы переноса градуировок с одного прибора на другие рабочие приборы по ограниченному набору градуировочных образцов, анализируемых на обоих приборах.

Разработка программных средств человеко-машинного интерфейса инициировала появление виртуальных приборов, опирающихся на интеграцию измерительных преобразователей с микропроцессорным устройством или ЭВМ для реализации сложных алгоритмов измерений и обработки поступающих с датчиков сигналов. На кафедре такие работы ведутся применительно к тепловым измерителям параметров жидких сред и измерителям микроконцентраций ряда веществ в жидкой и воздушной среде (в частности, аммиака и горючих газов в рабочей зоне и др.).

Таким образом, научное направление кафедры АПХП объективно предусматривает широкое использование методов кибернетики при интеграции нескольких крупных областей научных знаний таких, как: информационные технологии и системы; математическое моделирование; системы автоматизированного проектирования и управления.

Главной целью сотрудников кафедры ИСХТ была организация подготовки студентов в области применения информационно-компьютерных технологий для решения задач проектирования новых и оптимизации действующих химико-технологических производств. Другой целью являлось использование новой многоуровневой системы подготовки выпускников, соответствующей Болонской конвенции. В результате кафедра ведёт подготовку бакалавров техники и технологии по направлению «Системный анализ и управление», а также магистров техники и технологии по программе «Системный анализ проектно-технологических решений».

С 2011 г. кафедра начала готовить бакалавров по направлению 220100 «Системный анализ и управление», по которому объектами профессиональной деятельности выпускников, согласно стандарту, являются, главным образом, сложные технические, конструкторско-технологические и большие системы, требующие для исследования, анализа, синтеза и управления системно-аналитического подхода.

Сотрудники кафедры проводят научную работу в двух основных направлениях: информационно-программная поддержка при решении химико-технологических задач и разработка методов синтеза оптимальных ресурсосберегающих химико-технологических систем.

Кафедра САПРиУ с 2011 г. перешла на подготовку бакалавров и магистров по направлению 230100 «Информатика и вычислительная техника» по профилям «Автоматизированные системы обработки информации и управления» и «Системы автоматизированного проектирования».

В последние 10 лет на кафедре развивались научные направления, связанные с синтезом и анализом систем обучения и управления, и выделились новые направления исследований в рамках приоритетного направления «Информационно-телекоммуникационные системы».

Одним из научных направлений работы кафедры является разработка программных комплексов для обучения, проектирования и управления гибкими многоассортиментными процессами. Исследования осуществляются на базе разработанной профессором Т. Б. Чистяковой методологии сквозного проектирования гибких программных комплексов. Исследования проводятся для процессов производства полимерных пле-

нок и гранулированных пористых материалов экологического назначения. Для решения задачи разработаны структурно-лингвистические фреймвые модели представления знаний об исследуемых процессах. Созданы библиотеки математических моделей. Разработаны и внедрены соответствующие автоматизированные системы управления качеством и программное обеспечение систем обучения.

Развитие направления осуществляется в рамках сотрудничества кафедры с международной корпорацией по производству пленок «Klöckner Pentaplast» (КР) и ООО «Клекнер Пентапласт Рус». Результатом партнерства стало создание в 2007 г. Международного дистанционного учебно-исследовательского центра по полимерным пленкам, на оборудовании которого осуществляются исследования, тестирование и внедрение программного обеспечения.

В рамках научно-исследовательских работ по синтезу и анализу автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами и производствами (руководители — профессора В. В. Сотников и В. И. Халимон) разработана методология синтеза функционально-алгоритмической структуры АСУТП в условиях неполноты и неопределенности исходной информации. Создан программно-алгоритмический комплекс, реализующий методы синтеза и анализа систем управления и предназначенный для проектирования как отдельных контуров управления, так и АСУТП в целом. Методология синтеза систем управления протестирована для нефтеперерабатывающих производств. Разработаны автоматизированные системы управления руднотермическими печами производств фосфора, карбида кальция, нормального и белого электрокорунда, процессом гидроочистки дизельного топлива.

Основные результаты исследований по разработке программного обеспечения нейро-нечеткого моделирования для контроля, диагностики, прогнозирования и управления технологическими процессами (руководитель — доцент В. Н. Гиляров) заключаются в построении инструментального программного комплекса автоматизированного синтеза нейро-нечетких моделей. Комплекс поддерживает этапы извлечения и формализации знаний, конструирования и настройки параметров, верификации и документирования полученных программных приложений.

Важное значение имеет разработка виртуальных лабораторий для моделирования, обучения и управления гибкими машиностроительными производствами на базе робототехнических комплексов и станков с числовым программным управлением (руководители — профессор Т. Б. Чистякова и доцент И. А. Смирнов). Работы выполняются в сотрудничестве с Северо-Западным технопарком «Высокие промышленные технологии», машиностроительное производство которого является опытно-промышленной базой для исследований. Основными результатами исследований являются: автоматизированные обучающие системы для изучения роботов различных типов (для дуговой сварки, погрузочно-разгрузочных работ, манипуляции с предметами и упаковки); программные комплексы для компьютерного моделирования кинематических структур роботов для гибких мелкосерийных производств; комплекс обучения синтезу управляющих программ для станков с числовым программным управлением.

Таким образом, методы кибернетики не только широко используются в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (техническом университете), но и активно развиваются. Расширяются области применения кибернетики. Это не только традиционная инженерная кибернетика, но приложенная к химическим задачам она превратилась в отдельную отрасль науки — химическую кибернетику. Впервые ею как самостоятельной наукой начали заниматься исследователи из Российского химико-технологического университета (школа академика В. В. Кафарова). Ученые Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) успешно развивают ее, расширяя области применения и углубляя получаемые результаты.

© Бобцов А. А., Бойков В. И., Быстров С. В.,
Григорьев В. В., Ушаков А. В.

НАУЧНАЯ ШКОЛА В ОБЛАСТИ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ И ДИНАМИКИ СИСТЕМ С НЕПРЕРЫВНЫМ И ДИСКРЕТНЫМ ОПИСАНИЕМ НАД БЕСКОНЕЧНЫМИ И КОНЕЧНЫМИ ПОЛЯМИ

Кафедра систем управления и информатики (до 2001 г. кафедра автоматики и телемеханики) Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (НИУ ИТМО), организована в 1945 г. одновременно с основанием факультета электроприборостроения, со временем переименованного в радиотехнический. Основание кафедры связано с именем ее первого заведующего и одновременно первого декана факультета электроприборостроения профессора Марка Львовича Цуккермана. На кафедру автоматики и телемеханики НИУ ИТМО, в отличие от существовавших к тому времени кафедр аналогичного профиля в ЛПИ им. М. И. Калинина (ныне СПбГПУ) и ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина) (ныне СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), была возложена задача по подготовке специалистов в области автоматизации и телемеханизации приборостроительной, оптической и оборонной промышленности.

Профессор М. Л. Цуккерман в 1913 г. закончил электромеханическое отделение Санкт-Петербургского государственного политехнического института им. Петра Великого. В 20-е гг. XX в. он организовал в Ленинграде (ныне Санкт-Петербург) отраслевую лабораторию электроизмерений (ОЛИЗ) и был известен в стране как крупный специалист в области телеизмерения. Научные интересы профессора М. Л. Цуккермана и персонала новой кафедры на многие годы определили основные направления научной, учебной и методической деятельности, проблемным куратором которой профессор М. Л. Цуккерман оставался вплоть до своей кончины в 1959 г. К моменту прихода в ЛИТМО (ныне НИУ ИТМО) профессор Цуккерман уже имел богатый опыт преподавания в высших учебных заведениях страны. Так, еще до начала Великой Отечественной войны с 1933 г. он заведовал кафедрой автоматизации и телемеханизации промышленности в ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина).

В разные годы кафедрой возглавляли видные ученые.

Танский Евфимий Аполлонович — кандидат технических наук, доцент (ученик профессора М. Л. Цуккермана) был выпускником кафедры автоматизации и телемеханизации промышленности ЛЭТИ им. Ульянова (Ленина) (1936 г.) Известный специалист в области систем стабилизации скорости и фазирования в задачах управления многодвигательными комплексами, а также маломощных прецизионных следящих систем. Заведовал кафедрой с 1959 по 1970 г.

Сабинин Юрий Алексеевич — заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор. Выпускник ЛПИ им. М. И. Калинина (1938 г.), из-

вестный специалист в области электропривода, фотоэлектрических следящих систем, робототехники и адаптивной оптики. Заведовал кафедрой с 1970 по 1990 г.

Григорьев Валерий Владимирович — доктор технических наук, профессор. Выпускник кафедры автоматики и телемеханики ИТМО (1969 г.), известный специалист в области теории качественной устойчивости, синтеза цифровых регуляторов, управления подвижными объектами, систем пространственного слежения, робототехники. Заведовал кафедрой с 1995 по 2010 г.

Бобцов Алексей Алексеевич — доктор технических наук, профессор, декан факультета компьютерных технологий и управления НИУ ИТМО заведует кафедрой с 2010 г. Выпускник кафедры автоматики и телемеханики ИТМО 1996 г., специалист в области теории адаптивного и робастного управления, нелинейных систем, мехатроники и робототехники А. А. Бобцов с 2009 г. является также председателем совета молодых ученых и специалистов при Правительстве Санкт-Петербурга и совета молодых ученых и специалистов при Совете при полномочном представителе Президента РФ в Северо-Западном Федеральном округе.

Основные научные разработки кафедры представлены следующими временными периодами.

1945–1959 гг. — системы автоматизации комплексных измерений параметров кораблей, телеметрии и регистрации при мореходных испытаниях, а также системы стабилизации и фазирования скоростей двигателей в составе многодвигательных комплексов (научные руководители — профессор М. Л. Цуккерман, доценты Е. А. Танский, Н. М. Яковлев; заказчик — Министерство оборонной промышленности).

1959–1970 гг. — фотоэлектрические прецизионные измерительные следящие системы для нужд ракетной техники (комплекс приборов ориентации ракет на старте, автоматизированная система обработки снимков в пузырьковых камерах (комплекс «ПУОС»), системы стабилизации и фазирования для фототелеграфной аппаратуры (комплекс «Газета-2»). Научные руководители — профессор И. П. Пальтов, доценты Е. А. Танский, Н. М. Яковлев; заказчик — ЛОМО, НИИЭТУ.

1970–1980 гг. — серия магнитных усилителей для двигателей типа ДИД-ДГ, системы лазерного наведения высокостабильных фазовых светодальномеров, высокоточные системы астрогидирования в режиме счета фотонов, система управления комплексом вытяжки оптического волокна, цифровые регуляторы на базе микроЭВМ, контурные робототехнические комплексы, системы управления посадкой (научные руководители — профессора И. П. Пальтов, Ю. А. Сабинин, доценты П. В. Николаев, Н. М. Яковлев; заказчик — ЛОМО, ГОИ им. С. И. Вавилова, ВНИИРА, НПО «Дальняя связь», ЦНИИРТК).

1980–1990 гг. — НИР на кафедре велась в соответствии с целевыми программами «Оптимум», «МИР», «Излучение», «Интенсификация — 90», во исполнение которых были разработаны системы микропроцессорного управления многодвигательными приводами; системы адаптивной оптики для многоэлементных главных зеркал оптических телескопов и коррекции волнового фронта технологических лазеров, приводов микроперемещений для систем адаптивной оптики, а также автоматизированный светодальномерный лазерный профилометрический комплекс для предэксплуатационной юстировки больших полноповоротных радиотелескопов; системы управления судовождением судов ледовой проводки и робототехники; системы управления посадочными комплексами летательных аппаратов на стационарное и подвижное основания (научные руководители — профессора Ю. А. Сабинин, В. Н. Дроздов, А. В. Ушаков, В. В. Григорьев, И. В. Мирошник и доцент П. В. Николаев; заказчик — ГОИ, ЛОМО, НПО «Электросила», ПО «Кировский завод», ЦНИИ РТК, ОКБ МЭИ, ВНИИРА).

С 1990 г. основными объектами исследований стали: системы управления лазерными локационными станциями слежения; АСУТП многокаскадных сеточных фотоэлектронных умножителей; САПР САУ; адаптивные робототехнические комплексы и транспортные роботы; системы контурного управления и прецизионной интерполяции для сложных поверхностей; системы согласованного управления многодвигательными агрегатами; устройства на базе пьезоэлектрических, электрострикционных и магнито-стрикционных двигателей; прецизионные устройства измерения микроперемещений, высокоточные системы оптического контроля формы отражающей поверхности на базе микроконтроллеров; фотоэлектрические измерительные системы с аналоговыми анализаторами и анализаторами на регулярных ППЗ-структурах; аппаратура контроля деформаций металлоконструкций больших полноповоротных радиотелескопов РТФ-32, РТФ-64 с диаметром раскрыва главного рефлектора соответственно 32 и 64 м; устройства дискретной автоматики (УДА) гарантированной информационной надежности для средств управления стрелочным хозяйством Санкт-Петербургского метрополитена; система автоматики комплекса приготовления удобрения (научные руководители — профессора В. В. Григорьев, И. В. Мирошник, Ю. А. Сабинин, А. В. Ушаков; доценты — В. И. Бойков, П. В. Николаев), Все эти НИР выполнялись по международным, федеральным и региональным комплексным целевым программам. Это федеральная программа «Университеты России» Министерства образования РФ, гранты РФФИ, ФЦП «Интеграция», а также программа развития и поддержки Санкт-Петербургского УНЦ «Проблемы машиностроения» «Излучение». Работы проводились также в рамках НТП базового финансирования института «Телемеханика-2000», на основе сотрудничества с НИИТМ, АОЗТ «Технокон», АО «Экопрод» и в инициативном порядке.

В настоящее время на кафедре функционируют четыре научно-исследовательские лаборатории:

- «технической кибернетики» (основатель профессор И. В. Мирошник, научный руководитель профессор А. А. Бобцов);
- «автоматизированного опто-электронного мониторинга технических объектов и комплексов» (основатели профессор Ю. А. Сабинин и доцент П. В. Николаев, научные руководители доцент В. И. Бойков и профессор А. В. Ушаков);
- «технической информатики и телемеханики» (основатель профессор М. Л. Цуккерман, научный руководитель профессор А. В. Ушаков);
- «компьютерной робототехники» (основатель и руководитель профессор А. А. Бобцов).

Пять временных этапов развития кафедры систем управления и информатики (СУИ) со дня ее основания, связанные с именами ее руководителей, — это пять этапов формирования научной мысли ее коллектива.

Первые шаги научной школы в области теории управления и динамики систем с непрерывным и дискретным описанием над бесконечными и конечными полями связаны с трудами доктора технических наук, профессора Пальтова Ивана Петровича, который влился в коллектив кафедры после демобилизации из состава вооруженных сил в 1966 г. На кафедре профессор И. П. Пальтов продолжил развитие положений, изложенных в совместной с профессором Е. П. Поповым монографии «Приближенные методы исследования нелинейных автоматических систем» (М.: Физматгиз, 1960). Результаты этой работы вылились в защиту И. П. Пальтовым докторской диссертации в 1970 г. В 1975 г. в Москве, в издательстве «Наука» вышла в свет его монография «Качество процессов и синтез корректирующих устройств в нелинейных автоматических системах».

После кончины профессора И. П. Пальтова научная школа кафедры продолжила свое формирование усилиями коллег новой возрастной (на тот момент) и научной мировоззренческой формации. При этом исследователи опирались на системологию ме-

тогда пространства состояния доцента В. В. Лаврентьева, профессоров В. В. Григорьева, В. Н. Дроздова, А. В. Ушакова и И. В. Мирошника, организовавших в 1970 г. действующий и до настоящего времени научный семинар «Современные проблемы теории управления». В начале XXI века, после успешной защиты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук В. О. Никифоровым (2001) и А. А. Бобцовым (2006), тематика научных исследований научной школы кафедры и тематика работы научного семинара обогатились поворотом их деятельности в сторону проблем управления в условиях системных неопределенностей (что отвечает общим тенденциям в теории управления).

С конца прошлого века на кафедре проводятся научные «Крещенские чтения», получившие статус городского семинара по теории управления и динамике систем. С осени 2011 г. кафедра начала проводить также ежегодные Пальтовские чтения с ориентацией на задачи управления нелинейными объектами.

В настоящее время кафедра объединяет тесно сотрудничающие между собой научные коллективы, возглавляемые профессорами А. А. Бобцовым, В. В. Григорьевым, А. В. Ушаковым, доцентами В. И. Бойковым, и С. В. Быстровым.

Системная методология научной школы кафедры опирается на возможности методов Ляпунова, оптимизации и матричного формализма, заложенного в уравнениях Ляпунова, Сильвестра и Риккати, а также методов современной теории нелинейных систем, модального, медианного модального для объектов с интервальными параметрами, робастного и адаптивного управления в условиях неопределенности.

Области научных интересов кафедры охватывают как классические, так и новые направления теории управления:

- теория качественной устойчивости, методы аппарата скалярных и векторных систем сравнения в задачах сжатия информации о процессах в сложных системах, теория непрерывных и дискретных систем «многомерный вход — многомерный выход» (МВМВ) с использованием процедуры сингулярного разложения критериальных матриц систем для построения скалярных (эллипсоидных) оценок качества многомерных векторных процессов (SVD-approach) при конечномерных и стохастических экзогенных воздействиях;
- аналитический синтез регуляторов;
- нелинейные и адаптивные системы управления пространственным движением, согласованным движением по многообразиям, интеллектуальная робототехника;
- робастность, интервальность, нечеткость, структурная и информационная избыточность в задачах управления, измерения и наблюдения;
- теория чувствительности с ориентацией на анализ чувствительности алгебраических компонентов таких как собственные значения, сингулярные числа и собственные вектора матриц, что позволило инструментально обеспечить решение задач модальной робастности;
- теория и методы проектирования многомерных систем с модальными и эллипсоидными показателями качества гарантированной стабильности над бесконечными полями и гарантированной информационной надежности над полями Галуа, теория и практика двоичных динамических систем дискретной автоматики.

При этом общесистемный подход позволил поставить и решить задачу помехозащитного преобразования кодов в фазе декодирования как задачу наблюдения состояния двоичного канала связи, алгоритмически сводящуюся к матричному уравнению Сильвестра над двоичным полем Галуа. В последнее время получены интересные результаты в разработке теории систем цифрового дистанционного управления техническими объектами с учетом фактора канальной среды с помехами. Разработаны технологии контроля вырождения сложных динамических систем МВМВ — типа с не-

прерывным и дискретным модельным представлением. Развитие матричных методов модального управления позволило решить задачу обобщенного модального управления, доставляющего матрице состояния проектируемой системы желаемые собственные значения и собственные вектора, что стало алгебраической основой разработки методов обеспечения инвариантности выхода непрерывной системы относительно экзогенных сигнальных и эндогенных параметрических возмущений. При решении задач адаптивного управления и адаптивной компенсации конечномерных возмущений с неизвестными параметрами особенно интенсивно развиваются методы, опирающиеся на использование информации только о выходе объекта.



Заседание оргкомитета конференции «Региональная информатика».

В настоящее время на кафедре активно развивается некогда забытое направление, связанное с разработкой систем управления робототехническими системами. Интерес к разработкам кафедры СУИИ в области робототехники проявили автомобильная компания Джeneral Моторз, а также коллеги по научной и образовательной деятельности из университетов Умео (Швеция) и Тронхейм (Норвегия). В рамках заключенных с указанными партнерами договорами, осуществляются стажировки студентов, аспирантов и молодых сотрудников кафедры СУИИ в США, Швецию и Норвегию. Приятно отметить, что данное научное направление активно поддерживается студентами. В частности, 4 студента кафедры СУИИ заняли первое место в одной из 6 номинаций Студенческого инновационного конкурса-выставки роботов в рамках Ассоциации технических университетов России и Китая (АТУРК). Конкурс проводился с 12 по 16 октября 2011 г. в городах Харбин и Пекин (КНР) и был организован Харбинским политехническим университетом и МГТУ им. Н. Э. Баумана в рамках деятельности АТУРК.

Ученые кафедры издают монографии, печатаются в журналах академий наук РФ и стран бывшего СССР, отраслевых журналах, известиях высших учебных заведений, а также в зарубежных журналах и трудах международных конференций. За период существования кафедры её сотрудники опубликовали более 100 монографий и учебников, приблизительно 200 методических и учебных пособий, около 2500 статей, в том числе более 300 — в журналах академий наук, около 150 статей и докладов в зарубежных англоязычных изданиях. Ученые кафедры являются авторами более 550 изобретений; приняли участие в работе более 500 национальных и зарубежных научных конференций. Кафедра поддерживает научные контакты с 20 техническими зарубежными университетами. Профессора В. В. Григорьев, И. В. Мирошник, В. О. Никифоров и А. В. Ушаков являются действительными членами (академиками) международной академии нелинейных наук, а сотрудники кафедры А. А. Бобцов, А. С. Кремлев, С. В. Арановский и А. А. Пыркин — действительные члены Академии навигации и управления движением.

На седьмом десятке своего существования кафедра систем управления и информатики представляет собой работоспособный коллектив, полный новых идей и творческих планов. Свидетельством тому является успешная работа по вовлечению в научное творчество вузовской молодежи путем проведения Международных Балтийских олимпиад по теории автоматического управления и информатике (ВОАС). Олимпиады проводятся с 1991 г. раз в два года. Приказом Минобрнауки России кафедре поручено проводить также Региональные Северо-Западные олимпиады по автоматическому управлению и информатике (NWOAC), которые также проводятся раз в два года. В рамках проводимой в университете ежегодной Всероссийской межвузовской конференции молодых ученых кафедра курирует направление «Интеллектуальные системы управления и обработки информации». Происходят заметные подвижки и в организации образовательного процесса в высшей школе; так, в 2011 г. впервые в истории университета магистранты кафедры защищали магистерские диссертации на соискание ученой степени магистра науки и техники.

Научную мысль остановить нельзя, несмотря на все объективные и субъективные трудности нашего времени качественный ее рост налицо в деятельности кафедры систем управления и информатики.

ОБ ИСТОРИИ ОДНОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ В ОБЛАСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации РАН достаточно широко ведутся исследования в области защиты информации. Традиционно работы в этом ставшем сегодня чрезвычайно актуальном направлении проводятся при активной поддержке директора института, члена-корреспондента РАН Р. М. Юсупова, исследовательскими лабораториями, руководимыми докторами технических наук И. В. Котенко, В. И. Воробьевым и В. И. Городецким. Некоторое время назад в СПИИРАН был организован научно-исследовательский отдел проблем информационной безопасности (НИО ПИБ). Возглавил этот отдел доктор технических наук А. А. Молдовян. В состав НИО ПИБ вошла лаборатория криптологии, которой руководит доктор технических наук Н. А. Молдовян. Кроме лаборатории криптологии, НИО ПИБ включает также другие лаборатории, ориентированные на прикладные исследования и разработку программных и технических средств защиты информации массового назначения.

Авторы настоящей статьи — основатели самобытной научной школы со своей историей становления и развития. Сегодня эта научная школа широко известна результатами исследований в области криптографических методов защиты и аутентификации информации. Данную научную школу характеризуют, прежде всего, исследования, ориентированные на совершенствование средств защиты информации, циркулирующей в компьютерных системах. Широко известными результатами научной школы профессоров Александра Андреевича Молдовяна и Николая Андреевича Молдовяна являются новые способы шифрования и технология многоуровневого шифрования, используемые в ряде практических разработок НИО ПИБ. В настоящее время эта технология применяется в ряде известных на российском рынке средств защиты информации от несанкционированного доступа (СЗИ НСД).

Впервые технология многоуровневого шифрования была реализована в СЗИ НСД «Кобра» еще в 1989 г. В последующие годы эта система была усовершенствована и в течение ряда лет успешно внедрялась в МВД РФ, ЦБ РФ, на оборонных предприятиях и во многих других организациях. Концепция защиты информации, заложенная в СЗИ НСД «Кобра», получила развитие в следующем ряде СЗИ НСД, сертифицированных Федеральной службой технического и экспортного контроля России (ФСТЭК — ранее Гостехкомиссией России): «Спектр-Z», «Спектр-M», «Спектр-2000», «ЩИТ РЖД», «Аура». Эффективная технология привлекла внимание и военного ведомства, и уже в интересах МО РФ были выполнены ОКР «Ключ П» и «Ключ-Ш», завершившиеся успешной разработкой ряда новых систем. Все эти системы нашли достаточно широкое применение в России.

Сегодня научные исследования, проводимые НИО ПИБ в области криптографии, относятся к проблеме разработки скоростных блочных шифров для программной и аппаратной реализации, поточных шифров, алгоритмов коммутативного и открытого

шифрования, протоколов открытого распределения ключей и протоколов электронной цифровой подписи (ЭЦП). Разработаны схемы ЭЦП новых типов: коллективной, композиционной, утверждаемой групповой, коллективной групповой, слепой коллективной; протоколы ЭЦП различного типа, взлом которых требует одновременного решения двух независимых вычислительно трудных задач. По результатам исследовательской деятельности опубликовано большое количество научных трудов. На данный момент авторами получено более 60 патентов России, США, Германии, Великобритании, Франции, Китая, Южной Кореи и других стран на новые технические решения в области криптографических способов и устройств. Своеобразные вехи в истории развития научной школы династии профессоров Александра Андреевича и Николая Андреевича Молдовянов отмечают монографии и учебники, вышедшие в отечественных и зарубежных изданиях.

История же становления открытых исследований в области криптографии в нашей стране относится к началу 90-х гг., когда в России отчетливо прослеживалась тенденция опережения расширения масштабов и областей применения информационных технологий над развитием средств и технологий обеспечения компьютерной безопасности. Такая ситуация в определенной степени являлась типичной и для развитых капиталистических стран. Это закономерно: сначала должна возникнуть практическая проблема, а затем будут найдены решения.

Обусловленные массовым применением компьютерных технологий потребности практической информатики привели к возникновению нетрадиционных задач, одной из которых является аутентификация электронной информации в условиях, когда обменивающиеся информацией стороны не доверяют друг другу. В качестве одной из важнейших прикладных задач выкристаллизовалась также задача обеспечения анонимности в системах электронных денег и тайного электронного голосования. Интуитивные догадки исследователей о том, что эффективные решения нестандартных задач практической информатики могут быть найдены в рамках криптографии, стали предпосылкой революционного открытия основоположников двухключевой криптографии — американских математиков Диффи и Хеллманом. Их идеи привели к возникновению новых нетрадиционных разделов криптографии, что, в конечном счете, повлекло зарождение гражданской криптографии, практически независимой от ограничений, традиционно накладываемых на закрытую криптографию.

Вовлечение в область криптографии широких кругов исследователей, имеющих самые разносторонние интересы, значительно расширило тематику и превратило её сегодня в активно развивающуюся ветвь современной прикладной математики. Революционные идеи двухключевой криптографии привели к резкому росту числа открытых исследований в области криптографии и показали новые пути развития, новые возможности и уникальное значение её методов в современных условиях массового применения электронных информационных технологий. Была решена, в частности, проблема создания систем электронной цифровой подписи — основы современных технологий электронного документооборота, связанных с приданием юридической силы электронным сообщениям. Основными задачами, решаемыми с помощью криптографии, в настоящее время являются: обеспечение секретности, аутентификация информации и обеспечение анонимности. Две последние относятся к разделам современной криптографии, возникновение которых есть неоспоримая заслуга гражданской криптографии.

В странах СНГ и России, как одной из них, начало перестройки в общественном укладе в конце 80-х гг. создало благодатную почву для резкого преодоления сложившегося отставания в области информатизации от ведущих стран путем широкого импорта современных средств вычислительной техники. Пример развитых стран, возможность широкомасштабного приобретения импортной компьютерной техники, отличающейся повышенной надежностью и лучшими эргономическими характеристиками по сравне-

нию с ЕС ЭВМ, вдохновили отечественных пользователей. Массовый потребитель, заинтересованный в оперативной обработке данных и других преимуществах современных информационно-вычислительных систем, в определенной мере стимулировал высокие темпы компьютеризации в России. Однако естественное совместное развитие средств автоматизации обработки информации и средств защиты информации в значительной степени нарушилось, стали проявляться тенденции отставания в разработке и применении средств защиты информации и расширение масштабов компьютерных преступлений.

Форсирование процесса информатизации потребовало адекватного обеспечения потребителей средствами защиты. Отсутствие на внутреннем рынке достаточного количества средств защиты информации, циркулирующей в компьютерных системах, значительное время не позволяло в необходимых масштабах осуществлять мероприятия по защите данных. Ситуация усугублялась дефицитом специалистов в области защиты информации, поскольку такие специалисты, как правило, готовились только для силовых структур и специальных организаций. Реструктурирование последних, связанное с перестройкой общественного уклада в России в 90-х гг., привело к образованию негосударственных организаций, специализирующихся в области защиты информации, поглотивших высвободившиеся кадры, и как следствие — к возникновению духа конкуренции, приведшей к расширению открытых публикаций в области защиты информации, в том числе затрагивающих и вопросы криптографии и криптоанализа.

При массовом использовании современных информационных технологий стало очевидно, что информационная безопасность является ключевой областью, а подготовка кадров в этой области — острой общественной необходимостью. Во многих вузах стали открываться специальности, связанные с информационной безопасностью и защитой информации. Обучение по таким специальностям потребовало изучения основ криптографии и подготовки книг, учебников и учебных пособий, что стимулировало развитие открытой криптографии в России.

Важную роль в развитии гражданской криптографии в Российской Федерации сыграло принятие криптографических стандартов ГОСТ 28147-89, ГОСТ Р 34.10-94 и ГОСТ Р 34.10-2001. Это стало неявным официальным признанием значимости криптографии для массового применения в информационных технологиях. Большое влияние на становление и развитие открытой криптографии в России оказала зарубежная школа открытой криптографии, которая к началу 90-х гг. уже находилась на этапе своей зрелости. В зарубежных открытых источниках в тот период широко были представлены практически все разделы современной криптографии. Регулярно проводилось большое количество международных конференций, выпускались журналы и книги по криптографической тематике.

Описанная выше общая ситуация в России, связанная с предпосылками и условиями становления гражданской криптографии, относится и к развитию открытой криптографии в Санкт-Петербурге. Первые вышедшие в свет открытые публикации Санкт-петербургских исследователей относятся к началу 90-х гг. и связаны с разработкой технологии многоуровневого шифрования, используемой в современных программных средствах защиты информации. Эти публикации были посвящены разработке скоростных программных шифров и общей концепции построения таких криптосистем на основе выборки подключей в зависимости от преобразуемых данных. В 1993 г. в Санкт-Петербурге началось распространение системы защиты компьютерной информации СЗИ НСД «Кобра». Это была первая в стране чисто программная система, получившая в 1995 г. сертификат Гостехкомиссии России, реализующая технологию скоростного многоуровневого шифрования информации. На ряде конференций были озвучены способы и алгоритмы построения скоростных шифров. В числе разработчи-

ков первых версий СЗИ НСД были Александр Молдовян, Николай Молдовян, Андрей Заболотный, Валентин Чижов. Впоследствии коллектив расширился, и существенный вклад в развитие СЗИ НСД также внесли Роман Фахрутдинов, Анатолий Мирин, Алексей Галанов, Тарас Баранюк, Андрей Костин, Владимир Зима, Дмитрий Сухов. На базе проведенных исследований и реализованных алгоритмов к 2006 г. в Санкт-Петербурге была создана школа криптографии, позволяющая проектировать скоростные шифры для разных применений.

...Предыстория же создания нашей научной школы такова. В начале 80-х гг. Министерство приборостроения СССР, несмотря на существовавшее тогда эмбарго, получило образцы первых американских ПЭВМ IBM PC/XT. В столице Молдавии, в г. Кишиневе, шло строительство завода вычислительных машин, где планировалось запустить производство отечественного варианта ПЭВМ «ЕС-1840» полностью совместимого с IBM PC/XT. Страна должна была быть готова к освоению и применению запланированной массы персоналок, и для изучения этой техники и последующей разработки отечественного программного обеспечения образцы ПЭВМ, изготовленные за океаном, начали распределять по специализированным организациям. Так, три компьютера IBM PC/XT оказались в Кишиневском проектно-конструкторском бюро автоматизированных систем управления (ПКБ АСУ) МИНПРИБОРА СССР. Естественно, эти уникальные машины стали центром внимания инженеров и программистов.

В 1986 г. была проведена НИР «Антивирус», результатом стал программный продукт, обеспечивающий контроль целостности программных и информационных компонент вычислительной системы. Практически одновременно с этой НИР шла разработка опытного образца системы защиты информации от несанкционированного доступа, получившей название «Кобра». Обе работы выполнялись под руководством и при непосредственном участии в то время заведующего отделом системного программного обеспечения А. А. Молдовяна.

Главной задачей ПКБ АСУ была разработка АСУ различных классов и назначения. Однако с появлением первых ПЭВМ сразу стало ясно, что нужны новые способы защиты циркулирующей в машинной памяти компьютера информации. Исследования и практические разработки в области защиты компьютерной информации стали составлять сначала хобби, а впоследствии и дело жизни автора. В процессе дальнейших исследований стало ясно, что без механизмов скоростного шифрования информации «на лету» средства защиты не способны противостоять существенным реальным угрозам несанкционированного доступа к ресурсам ЭВМ. Технология скоростного шифрования была необходима, и эта актуальная задача стимулировала создание нового алгоритма криптографического преобразования информации, реализация которого сразу же подтвердила перспективность его применения. Возникла трудная проблема оценки разработанного алгоритма шифрования и доказательства его стойкости. Необходимо было привлечь дополнительные ресурсы, не имея надежд на скорое финансирование такой работы. Нужен был единомышленник, который был бы готов взяться без оплаты за сложное исследование и от которого можно было ожидать положительный результат за относительно короткий срок.

Таким исследователем оказался родной брат — Николай Молдовян, работавший в то время старшим научным сотрудником Института прикладной физики Молдавской академии наук. Он с детства имел склонность и интерес к математике и физике, регулярно участвовал и неоднократно побеждал в районных и республиканских олимпиадах. Закончив с отличием Кишиневский политехнический институт, Н. А. Молдовян был направлен в Институт прикладной физики Академии наук Молдавской ССР. В 29 лет Николай стал кандидатом физико-математических наук и имел серьезные труды



Профессор А. А. Молдовян



Профессор Н. А. Молдовян

Основатели самобытной научной школы по криптографии.

и изобретения в области полупроводниковых материалов. На предложение старшего брата подключиться к проекту создания скоростных шифров он не мог не согласиться и энергично взялся за новое направление.

Уже в 1989 г. была подготовлена статья для журнальной публикации, посвященная способам построения скоростных шифров. Статья была названа авторами «Новый метод криптографических преобразований для современных систем защиты ПЭВМ». Однако авторы статьи и проекта «Кобра» даже и не подозревали, чьи интересы будут затронуты и какие события в их жизни произойдут из-за исследований в этой деликатной области под названием криптография. Статья была направлена для публикации в солидный московский журнал, который неожиданно для авторов отказался ее печатать. Заподозрив политическую подоплеку, авторы направили эту статью в журнал «Управляющие системы и машины» Института кибернетики Академии наук Украинской ССР, в котором она и была опубликована в 1992 г. Только много лет спустя, уже в Санкт-Петербурге, авторы узнали, что вопрос о публикации этой статьи в Киеве решался на высоком уровне и оказался положительно решенным только благодаря происходившим в тот период в обществе и государстве глобальным перестроечным процессам.

В 1993 г. авторами публикуются две новые статьи: «Способ построения эффективного криптомодуля малого объема» и «Новый принцип построения криптографических модулей в системах ЭВМ», развивающие предложенный подход и предлагающие построение гибких скоростных программных шифров, т.е. криптосистем с алгоритмом непосредственного шифрования данных, зависящим от секретного ключа. В дальнейшем этот подход был представлен международной криптографической общественности на международных конференциях в Корее (1995), Венгрии (1995), Польше (1997) и в статьях в журнале «Cryptologia» (1998).

Результатом развития предложенного авторами подхода явилось создание способа и методики синтеза скоростных программных шифров, применяемых в ряде широко используемых СЗИ НСД. Немаловажным явилось то, что это направление привело к созданию нового подхода к построению скоростных шифров для недорогой аппаратной реализации, в основу которого была положена концепция применения операций преобразования, зависящих от преобразуемых данных. В 1993 г. авторами было предложено использовать операцию циклического сдвига, зависящую от преобразуемых данных в синтезе программных шифров, которая в 1994 г. стала базовым примитивом блочного шифра RC-5, а затем и RC-6 (1998), который стал финалистом конкурса по разработке нового международного стандарта шифрования AES (Advanced Encryption Standard).

Возникла необходимость проверки полученных результатов независимыми экспертами. В Кишиневе специалистов по криптоанализу не нашлось. Помощь оказал младший брат Петр Молдовяну (по воле паспортистики ему была приписана к фамилии буква «у», так как по ее мнению молдавских фамилий с окончанием на «ян» не должно было быть), в то время возглавлявший службу автоматизации одного из банков столицы Молдавской ССР. Петр сумел убедить руководство банка в целесообразности исследования нового алгоритма скоростного шифрования. Банк заключил договор с Киевским институтом кибернетики, в котором работала группа криптографов под руководством доктора технических наук, доктора физико-математических наук, профессора, академика НАН Украины, лауреата Государственной премии СССР И. Н. Коваленко. Результат проведенной киевлянами экспертизы оказался обнадеживающим, однако, в процессе контактов с экспертами, как оказалось выпускниками Высшей школы КГБ СССР, стало ясно, что для успешного движения вперед потребуется еще много времени и ресурсов.

В рамках проведенных исследований по созданию эффективных аппаратных шифров авторами был получен ряд новых результатов по быстрым перестановочным сетям (построены сети различного порядка, построены переключаемые перестановочные сети, предложена архитектура универсальной команды битовых перестановок для процессоров общего назначения). Было обосновано применение управляемых подстановочно-перестановочных сетей для реализации операций преобразования, зависящих от входных данных, предложен новый тип криптографических примитивов — переключаемые операции, зависящие от преобразуемых данных, и предложены способы их реализации. Разработанные подходы к синтезу программных и аппаратных шифров и разработки алгоритмов на их основе представлены в книгах «Криптография: от примитивов к синтезу алгоритмов» (2004), «Innovative cryptography» (2006) и «Data-driven ciphers for fast telecommunication systems» (2008).

Криптоанализ предложенных шифров, выполненный самими авторами и независимыми исследователями, подтвердил, что построенные шифры по своей стойкости не уступают лучшим современным известным шифрам. При этом эффективность их аппаратной реализации по критерию отношения производительности к аппаратным затратам значительно превосходит лучшие известные алгоритмы шифрования.

В 1992 г. А. А. Молдовян переезжает в Санкт-Петербург, а затем помогает переехать и братьям. Переезд и обустройство на новом месте позволили исследователям принять более активное участие в процессе становления российской гражданской криптографии и в процессе создания арсенала российских средств компьютерной безопасности.

Решение задач разработки подхода к построению скоростных программных и аппаратных шифров (оформленное написанием достаточного числа статей и книг, опубликованных в российской и международной печати, а также получением более 60 патентов различных стран на способы и устройства шифрования) позволило

привлечь интерес исследователей и активизировать поисковые исследования в области двухключевой криптографии с целью повышения быстродействия алгоритмов электронной цифровой подписи (ЭЦП) и расширения функциональности протоколов ЭЦП. Расширились разработки новых протоколов аутентификации информации на базе уже известных схем ЭЦП с целью придания таким протоколам новых свойств. Теоретически была обоснована возможность применения задачи извлечения корней большой простой степени в группах известного порядка в качестве примитива алгоритмов ЭЦП и сформулированы условия, при которых данная задача является вычислительно сложной. Этот результат был опубликован авторами в 2007 г. в статье «Новые алгоритмы и протоколы для аутентификации информации в АСУ», вышедшей в журнале «Автоматика и телемеханика».

На базе решенной задачи были разработаны протоколы коллективной и композиционной подписи, основанные на свертке индивидуальных параметров, генерируемых отдельными субъектами, подписывающими коллективный электронный документ. Также на базе этой задачи были разработаны и протоколы слепой коллективной подписи. В дальнейшем по аналогии протоколы такого типа были построены и на основе сложности задачи дискретного логарифмирования. При этом механизм коллективного формирования ЭЦП был встроен в схемы групповой ЭЦП. Полученные результаты имеют теоретическое и практическое значение для расширения функциональности стандартов ЭЦП, что может способствовать появлению новых технологий электронных платежей и тайного электронного голосования, имеющих перспективы практического применения в России.

В итоге на базе отечественных стандартов ЭЦП ГОСТ Р 34.10-94 и ГОСТ Р 34.10-2001 разработаны протоколы слепой ЭЦП, коллективной ЭЦП и слепой коллективной ЭЦП, что потенциально позволяет расширить функциональность данных стандартов. Применение этих протоколов естественным способом решает известную проблему одновременного подписания контракта без участия доверенных сторон. Они решают также задачу одновременного подписания пакета контрактов различными группами подписывающих. Эти протоколы имеют значительную практическую значимость, так как для разработки на их основе приложений важным является использование алгоритмов, одобренных стандартом.

Полученные результаты показали, что функциональность уже принятых стандартов может быть расширена без переработки основных положений по рекомендованным процедурам формирования и проверки подлинности ЭЦП. Эти результаты одновременно показывают, что российский стандарт ЭЦП оказался значительно более гибким для расширения своей функциональности по сравнению с американским стандартом и стандартами ЭЦП других стран.

Важные результаты были получены авторами с их коллегами в 2007–2010 гг. Была показана перспективность использования конечных групп векторов как примитивов алгоритмов ЭЦП, в частности, для ускорения алгоритмов эллиптической криптографии предложено использовать эллиптические кривые, заданные над конечными полями, представленными в векторной форме. Показана возможность построения класса доказуемо стойких алгоритмов открытого шифрования и ЭЦП, обобщающих схему Рабина. Было обосновано понятие безопасности ЭЦП, как охватывающее понятие стойкости и учет вероятности взлома схемы ЭЦП за счет прорывных решений базовой сложной задачи. Предложены схемы ЭЦП, взлом которых требует одновременного решения двух вычислительно трудных задач различного типа. В качестве примитивов для криптосхем с открытым ключом предложены конечные коммутативные и некоммутативные группы векторов. В 2009–2010 гг. были разработаны протоколы коллективной подписи и слепой подписи, взлом которых требует одновременного решения двух трудных задач, и протоколы слепой коллективной ЭЦП. 2011 г. ознаменовался

разработкой протоколов утверждаемой групповой ЭЦП и протоколов коллективной групповой ЭЦП. Все эти результаты получили отражение в многочисленных публикациях авторов и их коллег.

Вышеназванные результаты были получены под руководством А. А. Молдовяна и Н. А. Молдовяна коллективом исследователей, представляющих различные организации: СПИИРАН, Военно-космическую академию им. А. Ф. Можайского, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», СПбГУВК, СПбГУИТМО, ФГУП НИИ «Вектор». Членами этого коллектива являлись: д. т. н. М. А. Еремеев; к. т. н. П. А. Молдовяну, Н. Д. Гуц, Б. В. Изотов, Е. В. Морозова; к. ф.-м. н. Л. В. Гортинская; к. т. н. А. А. Костина, А. А. Костин и Е. В. Дернова; аспиранты Д. Н. Молдовян, А. И. Галанов, А. А. Горячева, Р. Ш. Фахрутдинов, С. Е. Доронина, Хо Нгок Зуй, И. А. Куприянов, Д. В. Захаров и другие. Одновременно с поисковыми исследованиями члены сформировавшегося научного коллектива, представляющего данное направление Санкт-Петербургской гражданской криптографии, принимают активное участие в выполнении различных НИР и ОКР в интересах силовых структур. Они же принимают участие в обеспечении учебного процесса на специальных кафедрах в ВКА им. А. Ф. Можайского, в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» (СПбГЭТУ), в Санкт-Петербургском государственном университете водных коммуникаций (СПбГУВК), в Санкт-Петербургском государственном университете информационных технологий, механики и оптики (СПбГУИТМО), в Петербургском государственном университете путей сообщения (ПГУПС). Коллективом школы подготовлен и выпущен в свет ряд монографий и большое количество учебных пособий по криптографии и по тематике информационной безопасности, известных как в России, так и за рубежом. Регулярно осуществляется руководство дипломными работами и аспирантскими исследованиями.

Однако путь исследователей новой криптографии и деятельность по ее применению в массово-распространяемых средствах защиты информации по понятным причинам не могли быть безоблачными. Несмотря на бесспорные научные и практические достижения продуктивно работающей научной школы, на пути ее развития не раз выстраивались серьезные, порой казалось непреодолимые, угрожающие препятствия. Возможно, это явилось следствием отказа авторов от принятия ряда условий, в т. ч. безусловного исполнения того «что велено», предложенных руководящим работником одной могущественной организации. Ниже приведем из множества случившихся только три эпизода, имеющих документальное подтверждение.

1996 год. За неделю до защиты кандидатской диссертации А. А. Молдовяна в диссертационный совет СПбГЭТУ приходят письма от двух организаций об аннулировании ранее посланных ими положительных отзывов на автореферат, а накануне защиты поступает отрицательный отзыв на шести листах от Главного управления безопасности связи (ГУБС) ФАПСИ. На саму защиту прибывают два сотрудника ГУБС ФАПСИ, которые демонстративно ведут аудиозапись заседания диссертационного совета, и оба выступают против соискателя. Примечательна фраза одного из них: «В заключение могу сказать, что общие понятия могут стать причиной больших несчастий, и поэтому при принятии окончательных решений я прошу помнить об этом членов совета». На что незамедлительно последовала реплика члена ученого совета «Да мы до трех считаем, вообще-то». Ученый совет голосует за присуждение соискателю степени кандидата технических наук, и дело уходит в ВАК. ФАПСИ подает апелляцию в ВАК. Экспертный совет ВАК 18 февраля 1997 г. заслушивает соискателя, а также представителей возражающей стороны: зам. начальника ГУБС ФАПСИ и научного консультанта ГУБС ФАПСИ. После закрытого совещания Экспертного совета соискатель и представители ФАПСИ приглашаются в зал, и им объявляется решение о присуждении степени кандидата технических наук соискателю. В апреле 1997 г. Президиум ВАК утверждает это решение.

1998 год. ГУБС ФАПСИ обращается в Гостехкомиссию России с требованием отозвать Сертификат № 20 на СЗИ НСД «Кобра». Для изучения доводов ФАПСИ создаются 5 независимых экспертных групп от 4-го и 27-го Институтов, 5-го ЦНИИ и ЦФТИ Минобороны России, а также из специалистов АТОМЗАЩИТАИНФОРМ. 25 августа 1998 г. на заседании Апелляционного совета Гостехкомиссии России заслушиваются доклады и выводы руководителей всех пяти комиссий. Также заслушиваются доводы присутствующих представителей ГУБС ФАПСИ и главного конструктора системы «Кобра». Решением Апелляционного совета действие сертификата на СЗИ НСД «Кобра» было сохранено и, в дальнейшем, было продлено на очередной срок.



На заседании Научного совета по информатизации Санкт-Петербурга.

1999 год. Начальник НИО-1 ГУП СЦПС «Спектр» к. ф.-м. н. Н. А. Молдовян в Академии управления МВД РФ 04 марта 1999 г. успешно защищает докторскую диссертацию. ФАПСИ подает апелляцию в ВАК. 31 мая 1999 г. на том же совете в присутствии представителей ФАПСИ повторно рассматривается диссертационная работа. Совет подтверждает решение о присуждении степени доктора наук. ФАПСИ снова направляет в ВАК возражение. 30 мая 2000 г. диссертация Н. А. Молдовяна рассматривается на диссертационном совете, созданном при ИКСИ. Единогласно принимается отрицательное решение. Н. А. Молдовян подает апелляцию в ВАК с указанием верности защищаемых положений и просьбой рассмотреть диссертацию на Экспертном совете ВАК. ВАК направляет диссертацию в Экспертный совет при Правительстве РФ с просьбой принять окончательное решение. Поступившее через несколько месяцев обратно в ВАК письмо было лаконично, и его смысл заключался в следующем: «Присуждение ученых степеней является прерогативой ВАК. Изучив поступившие материалы Совет считает, что «достижения соискателя убедительно свидетельствуют в его пользу». Экспертный совет ВАК рассматривает диссертацию и принимает положительное решение. Президиум ВАК 27 апреля 2001 г. присуждает Н. А. Молдовяну ученую степень доктора технических наук.

Следует признать, что только поддержка определенных лиц, негласно ограждающих ростки нового, и открыто поддерживавших исследователей, позволила сохранить эту научную школу и зафиксировать ряд приоритетов на стороне России. О масштабах преодоленных трудностей косвенно можно судить по именам лиц, на разных этапах решительно поддерживавших новые перспективные разработки. Это генерал армии Ю. А. Яшин, генерал-полковник Е. А. Беляев, председатель Экспертного совета при Правительстве РФ Г. С. Хижа, начальник главного управления безопасности и режима ГОСКОМОБОРОНПРОМа России В. Н. Пожарский, начальник управления проблем информационной безопасности аппарата Совета Безопасности РФ А. А. Стрельцов, начальник технического управления МВД РФ А. А. Туркин, начальник 2-го спецотдела МВД РФ С. С. Пруссов и ряд других московских руководителей, военных, инженеров и ученых. В Санкт-Петербурге неоценимую поддержку оказывали академик РАО Б. Я. Советов, член-корреспондент РАН Р. М. Юсупов, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники Н. И. Буренин, доктор педагогических наук В. П. Чернолес, а также другие известные и пожелавшие остаться неназванными лица.

Важную положительную роль в развитии школы сыграли и отдельные организации. Так, Московская городская телефонная сеть (заместитель генерального директора Николай Савлуков, начальник правового управления В. Я. Иржова) обеспечила финансирование зарубежного патентования и проведение ряда прикладных разработок (несмотря на имевшееся и здесь противодействие). Гостехкомиссия России, оборонная промышленность, ЦБ РФ, ОАО «РЖД» своими заказами также серьезно поддержали развитие отечественной научной школы.

Проблемы защиты информации и новые достижения в области криптографии не обошли вниманием и журналисты. Отдельным моментам становления отечественной научной школы и её достижениям посвящали свои материалы как городские («Санкт-Петербургские ведомости», «Смена» и «Час пик»), так и российские («Социалистическая индустрия», «Рабочая трибуна») газеты.



В кругу коллег, друзей, единомышленников (юбилейное мероприятие в СЦПС «Спектр», 2005 г.).

© Сологуб П. С., Мицкевич А. В., Федосеев С. В., Веселов В. А.,
Ипатов О. С., Керножицкий В. А., Охочинский М. Н.

ГЕРОИЧЕСКИЕ И ТРАГИЧЕСКИЕ СТРАНИЦЫ: ВКЛАД ЛЕНИНГРАДСКОЙ ШКОЛЫ КОСМИЧЕСКИХ И ТРАНСПОРТНЫХ РОБОТОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Как это было

Вторая половина прошедшего столетия характеризовалась интенсивным развитием атомной энергетики. Чрезвычайно популярными стали лозунги «Будущее мирному атому», «Мирный атом — в каждый дом» и т. п.

Все поменялось в одночасье 26 апреля 1986 г., когда, в силу различных обстоятельств взорвался четвертый реактор второго блока Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС). Джин, заключенный в стенах реактора и работавший на людей, вырвался на волю в виде большой беды, которая пришла во многие дома и настигла многие семьи.

Оказалось, что в нашей стране отсутствуют технологии и технические средства, способные противостоять этой беде. Как всегда, при создании чрезвычайно дорогостоящих, опасных производств и объектов на защитные мероприятия не хватало средств. Между тем, требовались огромные затраты на параллельную разработку технологий парирования катастрофических, форс-мажорных обстоятельств, а также на утилизацию отходов после окончания срока эксплуатации объектов.

Чернобыльская катастрофа породила множество проблем, требовавших срочного решения на уровне Правительства страны. Для ликвидации последствий катастрофы решением ЦК КПСС и СМ СССР была создана Правительственная Комиссия (ПК) под председательством заместителя Председателя СМ СССР Б. Е. Щербины. Насколько сложна была обстановка свидетельствует хотя бы частая сменяемость руководителей ПК. Так, за четыре месяца на этом посту сменялись такие крупные государственные деятели, как И. С. Силаев, Л. А. Воронин, Ю. Д. Маслюков, В. К. Гусев и Г. Г. Ведерников; наконец, с сентября 1986 г. по 1989 г. комиссией руководил ПК Б. Е. Щербина.

Комиссия в кратчайшие сроки определила пути и этапы решения многих проблем, связанных с ликвидацией последствий аварии. Одной из них стала очистка крыши второго блока ЧАЭС, в состав которого входили третий реактор и четвертый, взорвавшийся, от радиоактивного мусора, порожденного взрывом.

Кроме типового оборудования, срочно потребовались и специализированные дистанционно управляемые роботизированные комплексы. Таких систем в стране не оказалось, поэтому была дана команда приобретать их за рубежом. Одновременно пришлось срочно разрабатывать и отечественную технику. На ноги была поставлена буквально вся страна, Ленинград также не остался в стороне.

В течение двух дней после аварии в Ленинградском Обкоме КПСС было проведено совещание представителей предприятий и институтов города по вопросу участия в ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы. В соответствии с указанием директора ВНИИ Транспортного машиностроения (ВНИИТМ) П. П. Исакова в совещании участвовали Главный инженер института Г. Н. Корепанов и начальник одного из отделов космического направления института А. В. Мицкевич. По результатам работы совещания были созданы рабочие группы в соответствии с имеющимся у предприятий заданием.

Была создана и группа для разработки и поставки технических средств для очистки крыш второго блока от радиоактивного мусора, в нее вошел и ВНИИТМ. Произошло это, пожалуй, с подачи инструктора ЦК КПСС Ю. М. Костенко, бывшего сотрудника ЦНИИТМ, хорошо знакомого с положительным опытом создания космических дистанционно управляемых роботов-луноходов. Возглавил эту рабочую группу директор главный конструктор Центрального научно-исследовательского института робототехники и кибернетики (ЦНИИ РТК) Е. И. Юревич.

К сожалению, совместная работа ЦНИИ РТК и ЦНИИТМ не получилась. Евгений Иванович Юревич настаивал на использовании в составе создаваемого роботизированного комплекса 3-колесной платформы с мотоциклетными колесами. ВНИИТМ, естественно, считал необходимым максимально использовать свои планетоходные заделы, ведущие к иным концептуальным решениям. К согласию не пришли, и П. П. Исаков принял решение создавать свою собственную машину, используя опыт, накопленный ВНИИТМ при создании планетоходов.

Надо сказать, что опыт был и опыт действительно положительный. Но ничего, кроме него, пока не было. Все пришлось осваивать заново — уж очень необычными были ожидаемые условия на месте предполагаемой работы. По согласованию с Александром Леоновичем Кемурджианом директор института принял решение на время выполнения работ по данной теме создать единый комплексный коллектив на базе всех подразделений космического направления ВНИИТМ. Работа получила шифр «Клин-2». Требовался энергичный, компетентный руководитель. Павел Степанович Сологуб по распоряжению директора был срочно разыскан в лесах Карелии, где проводил отпуск, не ведая о постигшей страну беде. Он был отозван из отпуска и немедленно приступил к работе.

Приказом П. П. Исакова функции руководства предстоящими работами были распределены следующим образом: общим руководителем всех работ по теме был назначен А. Л. Кемурджиан, а руководителем работ по создаваемому роботизированному комплексу — П. С. Сологуб. Этим же приказом была создана группа контроля исполнения и координации работ во главе с А. В. Мицкевичем.

В связи с чрезвычайной ответственностью и крайне сжатыми сроками исполнения работ П. С. Сологуб первым делом сформировал костяк исполнителей из хорошо ему известных специалистов, проверенных в работах по космической тематике. По его предложению заместителем был назначен В. К. Мишкинюк, а в основную команду вошли В. И. Комиссаров, В. В. Громов, И. Ф. Кажукало, Г. В. Козлов, В. И. Горбунов, Б. В. Гладких, Д. Я. Кляцкин, Н. Е. Бечвай, С. В. Гуркало, А. В. Туробинский и другие сотрудники космического направления.

В первую очередь, необходимо было создать содержательное и обоснованное техническое задание (ТЗ) на работу. Требовалось комплексное задание на весь роботизированный комплекс, включающий и дистанционно-управляемый робот, оснащенный рабочими органами РКСТР-1. Создать такое ТЗ было крайне трудно, поскольку, кроме понимания, что это необходимо, можно сказать, жизненно важно, никакой другой ясности просто не было. Ничего не дало и обращение в организации, имевшие отношение к АЭС.

Помощь пришла от Л. Н. Луничева, который смог организовать — непосредственно через Б. Е. Щербину — взаимодействие с НПО «Энергия», которое возглавлял А. А. Абогян. И это взаимодействие оказалось весьма удачным.

Над техническим заданием П. С. Сологуб и В. К. Мишкинчук работали совместно с В. А. Кремневым, начальником отделения входившего в НПО ВНИИАС (он был рекомендован А. А. Абогяном) и с участием ведущего конструктора Л. Я. Швеца, который уже побывал на ЧАЭС. Привлекались и другие специалисты. Довольно быстро удалось создать полноценное ТЗ на комплекс в целом. Полагалось, что в его состав войдут специальный дистанционно управляемый робот, названный СТР и оснащенный рабочими органами, и технологическое оборудование.

В известной мере уточнению ТЗ способствовала командировка в Чернобыль заместителя директора ВНИИТМ Эдуарда Константиновича Потемкина и Александра Леоновича Кемурджиана.

Изначально предполагалось, что в состав комплекса войдут, помимо собственно робота СТР-1, оснащенного бульдозерным отвалом, еще и робот, дополнительно оборудованный манипулятором СТР-2. Было ясно, что второй вариант является предпочтительным. Однако в виду его большей трудоемкости, меньшей разработанности и крайне сжатых сроков поставки готового объекта в Чернобыль, было решено ограничиться созданием СТР-1. Решение это было оправданным, поскольку комплекс с таким роботом мог справиться со снятием рубероидно-битумного покрытия с загрязненных крыш, с расчисткой завалов радиоактивного мусора на них, завалов с интенсивностью излучения от 2000 до 3000 Рентген/час. Это было крайне важно, так как такую работу приходилось выполнять военнослужащим, оснащенным лишь ломом, совковыми лопатами, брезентовыми рукавицами и носилками, с символической защитой от радиации. Важно было как можно скорее уменьшить число солдат, привлекаемых к выполнению работ непосредственно на крышах второго блока.

Было окончательно решено создавать роботизированный комплекс с двумя СТР-1, оснащенными бульдозерными отвалами.

Наличие четкого ТЗ и конструктивной схемы СТР-1 позволило в кратчайшие сроки определить потребную кооперацию предприятий-смежников и приступить к практической разработке комплекса в целом. С середины мая до середины июня 1986 г., т. е. практически меньше чем за месяц, удалось выполнить все расчетные и конструкторские работы. Была выпущена необходимая рабочая чертежно-техническая и технологическая документация. Она была выдана на производство ВНИИТМ и его смежников: ИФТП, ПО «Пролетарский завод», ВНИИАЭС, ПО «Ленэнергомонтаж», НПО «Источник», НИИ Телевидения и др. Была разработана и сдана в производство документация на оборудование, необходимое для испытания всего роботизированного комплекса.

Сроки изготовления «поджимали» настолько, что некоторые узлы комплекса пришлось изготавливать «с листа», т. е. параллельно с созданием необходимой технической документации. В отдельных случаях, после тщательного анализа имеющихся заделов по планетоходам, оказывалось, что с минимальными доработками можно использовать созданные для них узлы. Объем работ по созданию рабочей документации оказывался здесь минимальным, и работа «с листа» оказывалась вполне уместной. В первую очередь, это коснулось ходовой части СТР-1. Именно в этой области в космическом направлении института был накоплен богатейший и уникальный опыт.

Анализ имеющихся заделов показал, что с минимальной доработкой в СТР-1 можно использовать электромеханический привод, созданный в свое время для планетоходов с гусеничным движителем. Его возможности соответствовали требуемому расчетному тяговому усилию СТР-1. Доработку такого привода с использованием

в нем электродвигателей ДИ-250 Псковского электромашиностроительного завода успешно выполнил В. Л. Горбунов. Он удачно построил его в ступицы колес, разработанных Н. Е. Бечваем.

Цилиндрическое титановое колесо с коническим переходным узлом, связывающим обод со ступицей, имело замкнутую поверхность без изломов. Это гарантировало минимальное налипание битума на колесо. С этой же целью грунтозацепы устанавливались на ободах колес под таким углом, чтобы размягченный битум выдавливался при движении из промежутков между ними, оставаясь снаружи катящихся колес. Цвет покрытия колес выбирался белый, что диктовалось двумя соображениями. С одной стороны, это позволяло второму оператору отчетливо видеть положение СТР-1 на черном фоне очищаемой крыши. С другой стороны, белое покрытие позволяло дистанционно, с безопасного расстояния наблюдать, насколько хорошо отмылись колеса в дезактивационной камере от налипшего «фонящего» битума. Изготавливались колеса на «Пролетарском заводе». Руководил этой работой М. И. Маленков, вкусивший все «удовольствия» изготовления изделия на чужом производстве «с листа» по еще не окончательно доработанной документации.

Схема управления приводами колес разрабатывалась коллективом сотрудников в составе: Г. В. Козлова, А. В. Туробинского, Д. Я. Кляцкина и других. Подчеркнем, что силовая часть системы, управления двигателями, выполнялась на реле, поскольку это не требовало ее защиты от радиации. Предварительная часть схемы, воспринимающая сигналы команд управления, выполнялась на полупроводниковой элементной базе и упаковывалась в свинцовый контейнер.

Ко второй половине июля 1986 г. было завершено изготовление узлов комплексов и осуществлена их поставка во ВНИИТМ для сборки СТР-1. Задержка произошла лишь с поставкой канала дистанционного управления роботом, разрабатывавшегося в ИФТП. Тем не менее, Павел Степанович принял решение проводить предварительные испытания технологических образцов СТР-1, идентичных рабочим, на соответствие их требованиям ТЗ. Испытания без оборудования ИФТП было оправдано тем фактом, что впереди предстояли сдаточные испытания в Москве, где и ожидалась поставка канала дистанционного управления.

Технологические образцы прошли самые жесткие и полные испытания. Особенно важным были здесь испытания в большой тропической камере, где имитировалась поверхность участка рубероидно-битумной кровли крыши ЧАЭС, идентичная фактической. Она подогревалась до соответствующей температуры размягчения битума. В этих условиях в камере проводились испытания СТР-1 применительно к тяговым характеристикам. Работы проводились отделом климатических испытаний во главе с В. А. Четвертаковым. Результаты испытаний показали, что ходовая часть СТР-1, созданная с участием В. Л. Горбунова, И. Ф. Кожукало, Г. И. Рыкова и С. А. Владыкина, отвечает оговоренным в ТЗ требованиям.

После испытаний в камере проверялась способность колес самоотмываться в камере дезактивации. Робот СТР-1 с остатками битума на колесах жестко крепился к стенкам камеры. Колеса приводились во вращательное движение будучи частично погруженными в керосин. Было видно, как остатки битума эффектно сбрасывались с поверхностей колес. Камера была создана во ВНИИ АЭС.

Важность этой операции подтвердилась впоследствии, когда СТР-1, наравне с другими роботами, работал на крышах ЧАЭС. Тяжко было видеть, как роботы с обрезиненными колесами, принадлежавшие некоторым организациям, дезактивировались вручную. Люди скребками счищали с таких колес налипший битум, получая при этом дополнительную дозу облучения.

В соответствии с ТЗ, в обозначенные сроки во ВНИИ АЭС были отправлены два рабочих образца СТР-1, входящие в комплекс, а также технологический образец.

На специальном полигоне, подготовленном сотрудниками ВНИИ АЭС, должны были состояться сдаточные испытания комплекса. Эти испытания обеспечивались бригадой специалистов: от ВНИИТМ — В. А. Четвертаков, А. Е. Краснов, В. Г. Бабенко, Г. В. Козлов, Г. И. Рыков, А. В. Туробинский, фотооператор В. К. Андреев и др.; от ИФТП — группа под руководством Р. Г. Горелика; от ВНИИ АЭС — большая группа специалистов под руководством В. И. Кремнева при участии Л. Я. Швеца.

Испытания РК СТР-1 в целом прошли успешно практически по всей программе в режиме ручного управления. Не обошлось, впрочем, и без «ложки дегтя». Один сбой произошел в системе автоматической подзарядки аккумуляторов. При заведении СТР-1 в зарядную камеру произошел сбой в прохождении команды управления, и в результате СТР-1 передним колесом наехал на вертикальную трубу, обозначающую вход в камеру. Мощный привод погнал робот вверх по трубе. Он лез как акробат; остановить его удалось вручную на высоте примерно в 1 м. Для всех создателей комплекса ситуация сложилась крайне неприятная, поскольку все это произошло на глазах Б. Е. Щербины. Все ожидали нелицеприятных оценок, но Б. Е. Щербина не обратил внимания на сбой в управлении, а особо отметил самое важное в создаваемой машине — ее мощность и большие возможности по сравнению с другими роботами, которые он наблюдал в работе. Комплекс был принят с хорошей оценкой.

После завершения сдаточных испытаний П. П. Исаков, по согласованию с А. Л. Кемурджианом, издал приказ о формировании первой бригады ликвидаторов для работы на ЧАЭС. Важно было определиться с руководителем этой бригады. Требовался энергичный, компетентный и решительный человек. Выбор директора снова пал на П. С. Сологуба, который лучше других, знал особенности и возможности комплекса, созданного под его руководством. П. С. Сологуб приступил к формированию бригады и, естественно, в первую очередь решил включить в нее сотрудников ВНИИТМ и смежных организаций, активно участвовавших в создании и испытании комплекса. В результате в первую бригаду вошли: от ВНИИТМ — В. А. Четвертаков как заместитель руководителя; Г. В. Козлов — ответственный за электронику и электромеханику; А. И. Егоров — приводы и ходовая часть; В. Г. Бабенко — управление работой СТР-1; В. В. Крюковец и Б. В. Шаров — механические и электромонтажные работы; от ВНИИ АЭС — В. И. Кремнев, Л. Я. Швец и др. Всего бригада состояла из 20 человек.

В начале августа 1986 г. бригада в полном составе прибыла в Чернобыль в распоряжение штаба по ликвидации последствий аварии на крышах второго блока. Руководителями штаба тогда были Ю. Н. Самойленко (заместитель главного инженера ЧАЭС) и его заместитель В. В. Голубев (начальник цеха робототехники, организованного на базе чернобыльского ремонтного предприятия — ЧРП).

Руководителю бригады ликвидаторов предстоял непочатый край чисто организационной работы, связанной в первую очередь, с организацией быта, гарантирующего наибольшую отдачу участников работ. Сначала бригаду разместили в помещении бывшего детского сада «Сказка». Впрочем, жизнь оказалась здесь отнюдь не сказочная. В небольшом двухэтажном помещении размещалось множество специалистов: дозиметристы, водители различной техники, рабочие, вручную убиравшие радиоактивный мусор и др. Там же проживали и ликвидаторы из ЦНИИ РТК, Белоярской АЭС и других предприятий. Ликвидаторов из НИИТМ поместили в прихожей первого этажа, заставленной раскладушками так, что оставался лишь центральный проход, ведущий в коридор и далее на улицу. Раскладушки отделялись от прохода ширмами. Дверь в коридор, где оставляли уличную одежду все ликвидаторы, оставалась открытой из-за августовской жары. Открытой оставалась и дверь на улицу, где перед входом обувь обмывалась в корыте с проточной водой. Конечно, условия «не ахти», и жить было бы можно, ведь не в санаторий ехали. Что же касалось скученности, так в тесноте, да не в обиде.

Да, жить можно было бы, если бы не многочисленные бесхозные коты. Ночью они свободно проникали в помещение. А вот лапы свои они не обмывали и не вытряхивали радиоактивную пыль из шерсти. И вот со «светящимися» лапами и пылящей шерстью они уютно устраивались в ногах у П. С. Сологуба. Избавиться от них не удавалось никак. Коллеги подшучивали: «Даже коты узнают большого начальника».

Шутки шутками, а ситуация складывалась далеко не комфортная. Не спать же с защитными лепестками на лицах. И Павел Степанович не выдержал битву с котами. Он обратился к коменданту и добился перевода своей группы в другое, более благоустроенное помещение, которое показалось ликвидаторам земным раем после первого этажа «Сказки». Здесь уже не пришлось общаться со «светящимися» котами.

Хотя, как показала жизнь, «светящиеся» лапы оказались менее опасными по сравнению с радиоактивной пылью, которую коты могли заносить на своей шерсти в помещение. Об этом говорит статистика получивших инвалидность ликвидаторов, работавших в опасных зонах разного уровня радиоактивности. Количество людей, работавших в чистых помещениях с высоким уровнем радиоактивности, получивших инвалидность, оказалось меньше по сравнению с теми, кто работал в запыленных зонах с меньшим радиоактивным фоном. От радиоактивной пыли, попавшей в легкие, было трудно избавиться.

Быт, как бы то ни было, окончательно наладился. Такие же комфортные условия достались и второй бригаде во главе с Михаилом Ивановичем Маленковым. Несколько позже самих ликвидаторов в Чернобыль доставили и РК СТР-1, но не в полной комплектации. Отсутствовало технологическое оборудование в виде устройств для зарядки аккумуляторов и дезактивации СТР-1, которые должны были быть доставлены несколько позже автотранс-портом из Москвы. Комплекс СТР-1 разместили в ЧРП, там, где уже работали со своей техникой сотрудники Белоярской АЭС, ЦНИИ РТК, МВТУ им. Н. Э. Баумана, а также велась настройка «иностранцев» — роботов из Германии и Японии. Сразу же начались и настроечные работы РК СТР-1.

Недоставка технологического оборудования не помешала началу одного из важнейших этапов работы — созданию и организации замкнутого технологического цикла работ на загрязненных радиоактивным мусором крышах второго блока, а также развертыванию комплекса.

Прежде всего необходимо было определиться с пунктом управления СТР-1. Без его надежной и эффективной работы весь комплекс превращался в грудку ценнейшего омертвленного металла. Расположение пункта управления должно было быть, с одной стороны, как можно более близким к рабочим площадкам на засыпанных радиоактивным мусором разновысотных поверхностях второго блока с тем, чтобы обеспечивалась устойчивая работа радио-телевизионного канала дистанционного управления работой СТР-1. С другой стороны, уровень радиации там не должен был превышать допустимые значения, которые гарантировали бы безопасную длительную работу двух операторов. П. С. Сологуб совместно с дозиметристом, выделенным Ю. Н. Самойленко, нашли такие места в технических помещениях второго блока. Там усилиями А. И. Егорова, Г. В. Козлова, В. Г. Бабенко, В. В. Кроковца и Б. В. Шарова был оборудован пункт управления с двумя рабочими местами для операторов.

Пульт управления предусматривал управление СТР-1 и его рабочим органом по радиоканалу одним из операторов. Контроль качества отработки команд роботом должен был осуществляться посредством высвечивания на экране монитора изображения рабочего участка с СТР-1, передаваемого с помощью его телекамер. Как показало обследование поджегавших очистке поверхностей, такой замкнутый цикл организации работы не гарантировал рационального использования СТР-1 и не предохранял от его потери. Причиной тому были технологические препятствия на крышах и даже провалы на крыше третьего реактора, которые произошли из-за

падения на нее свинцовых упаковок (из-за промахов при бомбардировке четвертого реактора с вертолетов).

Для рациональной организации работ на крышах требовался еще один канал управления с использованием стационарных обзорных телекамер, позволяющих наблюдать всю поверхность каждой крыши с работающим на ней роботом. Изображения должны были поступать на монитор второго оператора, чтобы он мог планировать работу на крышах. Места установки стационарных телекамер определил Павел Степанович, а установку провели сотрудники ВНИИ АЭС с привлечением военнослужащих.

Таким образом, был организован замкнутый технологический цикл работ на крышах второго блока реакторов. Последующий опыт эксплуатации подтвердил рациональность такой организации работ, особенно в сравнении с действиями ликвидаторов из числа военнослужащих. Их посылали на крышу с конкретными заданиями и на ограниченное время, принимая во внимание соображения безопасности. Далее они оказывались предоставленными сами себе вне поля зрения руководителя работ. Главным тут становились не качество и целесообразность выполняемой работы, а время пребывания в опасной зоне. В процессе работы военнослужащий мог не всегда точно контролировать время пребывания в зоне из-за занятости и большой психологической нагрузки, а руководитель работ не мог дать команду на прекращение работ, поскольку надлежащая связь отсутствовала. Все это делало подобную организацию работ не самой эффективной и, главное, просто опасной для людей. Надо признать, что военное руководство быстро оценило целесообразность организации работ по замкнутому циклу. И постепенно пункт управления роботами СТР-1 стал использоваться совместно с военными.

Проще обстояло дело с автоматической подзарядкой аккумуляторов СТР-1. Устройство подзарядки пришлось разделить на собственно зарядную станцию и разъемы для подключения СТР-1. Места установки разъемов на крышах определялись из соображений наиболее простого маневрирования СТР-1 при подводе его к разъемам. Что же касается зарядной станции, то ее разместили в технических помещениях второго блока, достаточно удаленных с точки зрения безопасности работы оператора. Удаленность определялась лишь стоимостью кабеля, подводившего питание от зарядной станции к разъемам. Еще более простым было организовать размещение устройства дезактивации. Единственным условием здесь было удобство перемещения СТР-1 с рабочей площадки вертолетом или краном «Libcher» в дезактивационную камеру и обратно.

Большая подготовительная работа, конечно, еще не означала начала работ по очистке загрязненной кровли. По-прежнему отсутствовало зарядное устройство и камера дезактивации. Автодорогу Москва — Чернобыль «прочесывали» вертолеты в поисках пропавшего автотранспорта. Впрочем, этот факт беспокоил П. С. Сологуба в меньшей степени, вины его в этом не было. Куда больших неприятностей он ожидал от радиоканала дистанционного управления, не сработавшего на этапе сдаточных испытаний.

При настройке комплекса в ЧРП оказалось, что он-таки не работает. А ведь именно Павел Степанович «благословил» отправку комплекса в Чернобыль с неработающим радиоканалом. Осложнялось все еще и тем фактом, что в ЧРП робот в режиме ручного управления блестяще справлялся с задачами, ожидавшими его на крышах, что стало известно руководителям работ по ликвидации последствий катастрофы. Естественно, начальство горело желанием как можно скорее увидеть комплекс в настоящей работе. Задержки раздражали, и для Павла Степановича создавалась «грозовая обстановка». Грозу, как могли, отводили Ю. Н. Самойленко, В. В. Голубев и Ю. Ф. Юрченко — член штаба Правительственной комиссии, директор НИК ИМТ. Они понимали неизбежность накладок внедрения сложного комплекса в технологический процесс очистки крыши.

Для выяснения причины отказов в радиоканале был проведен эксперимент. СТР-1 устанавливался на медленно движавшемся автомобиле, который сопровождался милицейской машиной. С пульта управления на СТР-1 подавались команды, и проверялось их исполнение. Оказалось, что с большими переборами команды на СТР-1 проходили лишь на удалении до 200 м, а при больших дистанциях связь терялась. В то же самое время милицейская машина фиксировала прием команд на дистанциях до 2000 м. Стало ясно, что нужен новый канал управления. П. С. Сологуб был вынужден отправить в Москву представителей ИФТП и вызвать вместо них хорошо известных ему по совместным космическим работам В. П. Носкова и А. А. Распопина. Сам же он занялся поисками другого разработчика для нового радиоканала, по ТЗ, составленному им самим совместно с Г. В. Козловым.

Помог Ю. Н. Самойленко, который организовал встречу П. С. Сологуба с руководителем группы специалистов из Киевского института автоматики (КИА) В. Ф. Кошляковым. Эти специалисты занимались тогда подобной же работой — отстраивали канал дистанционного управления немецким роботом. В. Ф. Кошляков ознакомился с разработанным заданием, убедился в его реализуемости, но сам принять решение об участии в работах не мог. К счастью, на следующий день после этого в Чернобыль приехал главный конструктор КИА, и ему было доложено об обращении ВНИИТМ. Ознакомившись на базе ЧРП с работой СТР-1 в режиме ручного управления, а также с тем, что робот может дезять, он заметил: «Грех не оказать вам помощь». В КИА был срочно разработан и изготовлен новый радиоканал. По рекомендации киевлян была заказана новая штатная антенна производства Орского радиозавода. Специалисты КИА совместно с сотрудниками ИФТИ установили на СТР-1 нужную антенну и ввели в строй новый канал радиоуправления. И в течение недели СТР-1 смог приступить к работе на крышах.

Эта неделя стала «роскошным подарком» П. С. Сологубу от водителя КАМАЗа, доставлявшего технологическое оборудование. Даже не столько от него, сколько его тещи, проживавшей в стороне от трассы Москва — Чернобыль: именно к ней водитель и заехал в гости. В отличие от обычных тещ эта оказалась столь гостеприимной, что зять забыл о срочности порученной ему работы. И не вспоминал о ней целую неделю, а затем соизволил вспомнить и, наконец, доставил необходимое технологическое оборудование.

Долго ожидавшаяся гроза наконец-таки разразилась. Произошло это буквально за два дня до прибытия оборудования, что поспособствовало «грозоустойчивости» Павла Степановича. Он был вызван на заседание штаба, возглавлявшегося Г. Г. Ведерниковым. Штаб заседал в большом концертном зале Чернобыля, обычно заполненном до отказа так или иначе «провинившимися». Здесь «снимали стружку», последовательно вытаскивая их на «лобное место» пред светлые очи председателя. Такое «снятие стружки» не всегда заканчивалось благоприятно. Иногда распекаемых руководителей уносили в предынфарктном или даже в инфарктном состоянии.

В процессе такого вот «вдохновляющего» воздействия дошла очередь и до П. С. Сологуба. Г. Г. Ведерников задал грозный вопрос: «Почему до сих пор такая мощная техника не работает на крышах?» Он, очевидно, наблюдал работу СТР-1 в ЧРП. П. С. Сологуб попытался объяснить это отсутствием технологического оборудования, подчеркнув, что об этом хорошо известно. Очевидно, эта концовка заявления не понравилась Ведерникову, последовал крутой разнос в форме: «Вы не соответствуете занимаемой должности, придется расстаться с партийным билетом».

Оправдываться было бессмысленно, ведь было известно, что на таких уровнях принято выслушивать, благодарить и кланяться. Тем не менее Павел Степанович уточнил, что он беспартийный, а относительно работы добавил, что «Цыплят по осени считают».

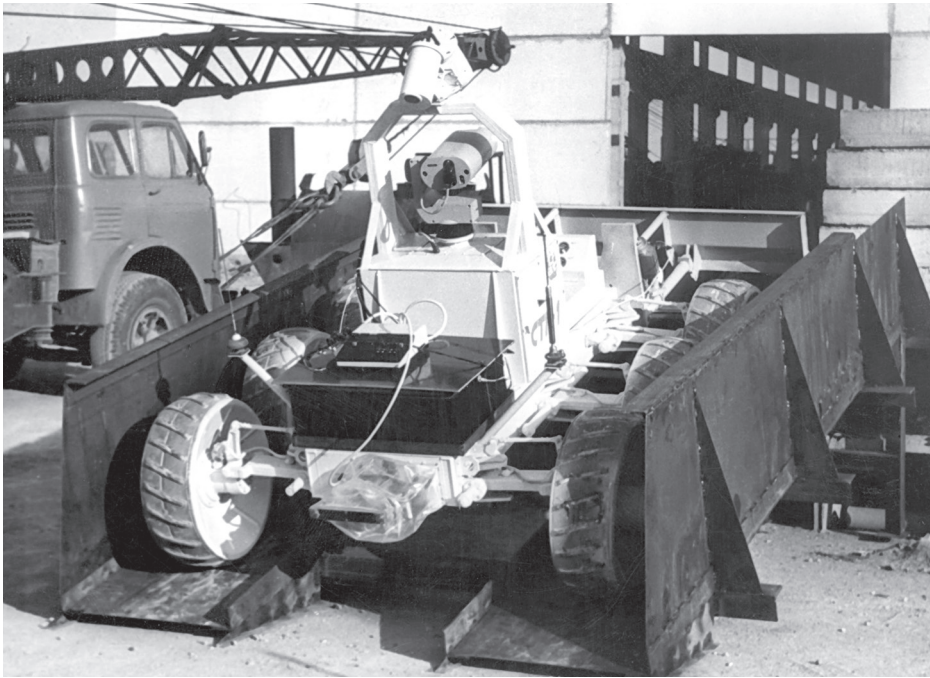
Как вспоминает П. С. Сологуб, после такого «вдохновляющего» воздействия было мучительно. Хотелось прекратить все работы, послать по-русски всех куда подальше и уехать. В этом состоянии подавленности он получил неоценимую человеческую поддержку от Ю. Н. Самойленко и Ю. Ф. Юрченко. Они посоветовали ему забыть обо всем и быстрее включаться в работу. Ведь осень уже близко, и скоро придется «считать цыплят»... Моральная поддержка помогла. Через некоторое время прибыло недостающее технологическое оборудование. Это позволило развернуть комплекс в соответствии с разработанным планом и проверить его на функционирование в полном составе, включая и канал дистанционного управления. Стало ясно, что можно приступить непосредственно к работам. Оставался последний организационный шаг — распределение бригады испытателей по рабочим местам.

Были сформированы три группы. В первую, которую возглавил Павел Степанович как ответственный за работу комплекса, вошел оператор-водитель, управляющий движением и работой СТР-1, В. Г. Бабенко, вторым оператором был назначен Г. В. Козлов и представитель ИФТП. На вторую группу возлагали инженерно-технические работы в ЧРП по подготовке оборудования комплекса к работе и его оперативному обслуживанию. Третьей группе во главе с В. А. Четвертаким предписывались все организационно-хозяйственные работы. В результате подготовительных работ 20 августа 1986 г. удалось краном «Libcher» переместить СТР-1 на крышу третьего реактора, где и произошла окончательная проверка готовности комплекса к реальной работе. В этот же день и начали снимать рубероидно-битумное покрытие с крыши реактора. Работа пошла успешно. В последующие дни продолжали очистку кровли от радиоактивного мусора, завалов, обломков труб и графитовых блоков, крепко впаявшихся в битум. Блоки удавалось вывернуть из битума только раскачиванием с разных сторон. Иногда для этого использовали два СТР-1. Стало ясно, что эту работу людям выполнять сверхсложно.

Однажды во время успешных работ на крыше П. С. Сологубу позвонил Ю. Н. Самойленко, предупредивший, что на объект едет Г. Г. Ведерников со «свитой». Он прибыл, прошел на пункт управления и поприветствовал присутствующих. П. С. Сологуб пригласил его к мониторам, а водителя попросил продемонстрировать работу комплекса по снятию рубероидно-битумного покрытия и выкорчевыванию графитовых блоков. СТР-1 показал себя просто великолепно. Г. Г. Ведерников с восхищением следил за работой робота и в порядке оценки, как это принято на Руси, многозначительно, подняв вверх большой палец, поблагодарил всех за хорошую работу, а П. С. Сологуба попросил не обижаться за учиненный на правительственной комиссии разнос. Уходя, сказал: «Да, действительно, цыплят по осени считают». Запомнил ведь.

Расчистка завалов первой бригадой ликвидаторов продолжалась до 3 сентября 1986 г. — кончался срок командировки. За это время удалось очистить часть верхней крыши многострадального третьего реактора. Радиоактивный мусор сгребали в компактные кучи, которые затем с использованием грейдерного захвата крана «Libcher» свозили в «могильник». Удалось немного поработать и в подтрубном пространстве. Труба разделяла четвертый и третий реакторы. Дело в том, что в это самое время была сделана попытка очистить подтрубное пространство с использованием немецкого робота, которая не удалась. Робот «взбесился», вышел из управления и самопроизвольно стал двигаться. Он вполне мог свалиться в жерло взорвавшегося четвертого реактора. Пришлось спасать его вручную. По деревянным аппаратам с крыши третьего реактора на подтрубную площадку завели СТР-1 и убедились, что его можно использовать в очень тесном подтрубном пространстве. По-настоящему здесь работы проводила вторая бригада ликвидаторов, прибывшая на смену первой.

Итак, первой бригаде ликвидаторов удалось разработать и отладить замкнутый технологический цикл работ на крышах второго блока ЧАЭС, а также внедрить в этот цикл робототехнический комплекс, заставив работать его, как говорят, «как часы».



Робототехнический комплекс СТР-1 при подготовке к дезактивации.

Быстрому внедрению комплекса в рабочий процесс, конечно, помогло создание в рекордные сроки нового радиоканала дистанционного управления, где неоценимую помощь оказал коллектив специалистов КИА под руководством В.Ф. Кошлякова.

На смену первой бригаде ликвидаторов из ВНИИТМ прибыла вторая под руководством М. И. Маленкова. Основу ее составляли сотрудники института С. А. Владыкин, С. Ф. Карельских, Д. Я. Кляцкин, А. К. Попов, В. Г. Погорелов, В. Н. Емельянов, Р. Г. Анисимова и др. В состав бригады входили и сотрудники ВНИИ АЭС Днепропетровского завода, ИФТП, а также НИИ «Источник». Бригада сразу включилась в работу по хорошо отлаженному технологическому процессу. Не пришлось ей бороться и со «светящимися» котами. Был проделан большой объем работы на крышах второго блока, включая крышу третьего реактора и подтрубное пространство.

По окончании работы на загрязненных крышах второго блока был составлен итоговый отчет. Работа проходила в местечке Феодосия под Киевом, под руководством Ю. Н. Самойленко и его заместителя В. В. Голубева, которые, как мы помним, руководили и всеми работами по ликвидации последствий аварии на крышах ЧАЭС. Для участия в создании раздела отчета по работе с различными роботизированными комплексами был приглашен и П. С. Сологуб. По результатам анализа были сделаны очень важные выводы и даны рекомендации в части создания специальной техники для подобных форс-мажорных ситуаций. Особенно высокую оценку получил РК СТР-1 как пример того, каким должен быть робот для работы в подобных ситуациях. Но было высказано и замечание с пожеланием дооснастить его манипулятором, что должно было сделать комплекс еще более эффективным.

В отчете были даны сравнительные результаты работ разных организаций, участвовавших в ликвидации последствий аварии: РК СТР-1 разработки ВНИИТМ, далее

комплекс МВТУ им. Н. Э. Баумана, Белоярской АЭС, зарубежные роботы и на последнем месте работа ЦНИИ РТК. Семь экземпляров итогового отчета были переданы начальником штаба по ликвидации последствий катастрофы Ю. Н. Самойленко непосредственно Б. Е. Щербине. Дальнейшая их судьба неизвестна.

После завершения работ по очистке крыш второго блока РК СТР-1 не «ушел на покой». Он был использован в работах по очистке наземных поверхностей, примыкавших к станции. Точнее, на участках поверхности, не доступных крупногабаритной технике, такой, как машины, созданные во ВНИИТМ под шифром «Клин-1». В основном это были работы на «могильниках», где захоранивали радиоактивный мусор. Эти работы проводились в 1987–1988 гг. В них принимали участие специалисты ВНИИТМ Г. И. Рыков, А. И. Глядцин, А. Ф. Титов и др.

После завершения работ в Чернобыле, согласно пожеланиям комиссии, РК СТР-1 был модифицирован: его дооснастили манипулятором. Выполнял эту работу С. В. Гуркало, создавший в свое время электромеханические приводы для суставов ноги шагающей машины. Руководил работой по созданию комплекса РК СТР-2 В. К. Мишкинюк.

В конце воспоминаний об этой уникальной странице истории необходимо, в первую очередь, вспомнить и поклониться тем, кто ушел из жизни, получив предельную дозу облучения — это А. И. Гладцин и Г. И. Рыков. Многие из оставшихся в живых участников описанных событий стали инвалидами разных групп.

Правительство страны достойно оценило коллектив сотрудников, сопричастных к созданию техники для ликвидации последствий катастрофы, а также непосредственных участников ликвидации аварии. Многие были отмечены благодарностью Правительства, а часть из них получила правительственные награды. Орденом Мужества были награждены А. Л. Кемурджиан, П. С. Сологуб, В. Г. Бабенко, А. И. Егоров, Р. Г. Анисимов, А. Г. Попов, В. Н. Емельянов; орденом «Знак Почета» отмечен был М. И. Маленков.

Описание технических решений, героических и трагических событий тех памятных дней нашло отражение в ряде монографических и журнальных публикаций. Можно назвать, например, давно ставшую раритетом коллективную монографию авторов А. Л. Кемурджиана, В. В. Громова, И. Ф. Кожукало, М. И. Маленкова, В. К. Мишкинюка, В. Н. Петриги и И. И. Розенцвейга «Планетоходы» (М: «Машиностроение», 1993).

* * *



*Сотрудники СПИИРАН — лауреаты премии
Правительства России в области образования за 2009 г.
Слева направо: В. П. Заболотский, Р. М. Юсупов, М. А. Вус.*



*Заведующий лабораторией СПИИРАН В. В. Александров —
лауреат премии Правительства России по науке и технике за 2010 г.*

Жизнь ученого заключается в трудах его.

К. Тимирязев

Ч А С Т Ъ Ш

ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ В КИБЕРНЕТИКЕ

80-летие профессора Михаила Борисовича Игнатъева

Пятьдесят лет в кибернетике. Фрагменты воспоминаний

Из истории артоники

**Технологии виртуальных миров
как основа развития информационных технологий
высокой потребительской стоимости**

Истинный ученый — это мечтатель.

О. Бальзак

80-ЛЕТИЕ ПРОФЕССОРА МИХАИЛА БОРИСОВИЧА ИГНАТЬЕВА



В январе 2012 г. свой 80-летний юбилей отметил Лауреат Государственной премии СССР и Лауреат премии Президента РФ в области образования, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор, Михаил Борисович Игнатьев.

Девятилетний ленинградский школьник Миша Игнатьев осенью и блокадной зимой 1941–1942 гг. — добровольный юный защитник города, помогавший зенитчикам на артиллерийской батарее отражать налеты вражеских самолетов на важный оборонный объект — завод «Светлана». В 1942 году, после гибели родителей, Миша Игнатьев попал в Детский дом и через Ладогу был вывезен из блокадного города. Возвратился в Ленинград он уже в послевоенные годы.

В 1955 г. Михаил Борисович Игнатьев окончил электромеханический факультет Ленинградского политехнического института по специальности «Автоматика и телемеханика». Молодой специалист был направлен на предприятия Министерства среднего машиностроения, где занимался роботами-манипуляторами и автоматизацией. За годы своей трудовой биографии он провел многочисленные исследования в области кибернетики, системного анализа и вычислительной техники, артоники и робототехники.

В 1968 г. М. Б. Игнатьев создал первый в мире подводный робот с управлением от ЭВМ; в 1970 г. — промышленный робот с визуальной адаптацией; в 1972 г. — разработал шагающую шестиногую машину. В 1972 г. М. Б. Игнатьев был назначен заместителем главного конструктора ГКНТ СССР по робототехнике, а в 1979 г. при его непосредственном участии был пущен первый гибкий автоматизированный цех металлообработки на Днепропетровском электровозостроительном заводе.

В 1957–1963 гг. М. Б. Игнатьев работал в Институте электромеханики АН СССР в лаборатории своего учителя Авенира Аркадьевича Воронова (будущего академика), где занимался вопросами программного управления. С 1963 г. по настоящее время он работает в Санкт-Петербургском государственном университете аэрокосмического приборостроения (ранее — Ленинградском институте авиационного приборостроения), где в 1972 г. основал кафедру вычислительных систем, которой заведовал вплоть до 2001 г.

Профессором М. Б. Игнатьевым были разработаны языки описания сложных систем: ЛАРОТ — для описания роботизированных производств; ЛАГЕТ — для опи-

сания процессов проектирования; ЛАСКИТ — для описания научных исследований. Эти языки основывались на выделении ограниченного разнообразия базовых микроэлементов деятельности, что позволило прийти к анализу лингвистических структур с неопределенностью в рамках искусственного интеллекта и теории возможности. М. Б. Игнатъев создал новое научное направление — артонику, в рамках которой изучаются структуры искусства на предмет их использования в технике и программировании; в последующем это направление развилось в комплекс исследований по системам виртуальной реальности.

Доктор технических наук М. Б. Игнатъев разработал метод избыточных переменных для контроля, диагностики и коррекции вычислительных процессов, методы распараллеливания вычислительных процессов. Под его руководством был разработан и внедрен экспериментальный образец первой в мире рекурсивной многопроцессорной вычислительной машины высокой производительности и надежности (1979 г.).

Профессор М. Б. Игнатъев опубликовал свыше 800 научных трудов и изобретений. Он является автором открытия феномена адаптационного максимума, который обнаруживается в биологических, социально-экономических и технических системах, им сформулирована концепция устойчивого развития как задача удержания системы в зоне адаптационного максимума.

Большое внимание уделяет Михаил Борисович Игнатъев работе с молодежью. Он стоял у истоков информатизации российской системы образования, организовав в 1980–1981 гг. под руководством члена-корреспондента (впоследствии академика РАН) А. П. Ершова первые всероссийские конференции «Школьная информатика». Проводимые в Санкт-Петербурге (Ленинграде) на протяжении уже более трех десятилетий ежегодные конференции по школьной информатике и проблемам устойчивого развития снискали широкую известность. Своеобразную школу профориентации благодаря таким конференциям прошли тысячи школьников и студентов, многие из которых выбрали свой путь в информатику.

В 1994 г. Михаил Борисович Игнатъев основал Общество виртуальной реальности, а в 2002 г. создал Международный институт кибернетики и артоники, директором которого он в настоящее время является. М. Б. Игнатъев член Научного совета РАН по методологии искусственного интеллекта, руководитель секции кибернетики в Доме ученых им. М. Горького РАН, председатель Санкт-Петербургского отделения Российского Пагуошского комитета при Президиуме РАН.

В год 65-летия Победы в Великой Отечественной войне член Общества воспитанников Детских домов блокадного Ленинграда Михаил Борисович Игнатъев выступил одним из инициаторов создания интернет-сайта «LENINGRADPOBEDA.RU», посвященного ленинградской блокаде.



*Эскиз почтовой марки,
выпущенной к юбилею М. Б. Игнатъева.*

ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ В КИБЕРНЕТИКЕ. Фрагменты воспоминаний

...Февральским вечером 2011 г. большой самолет вылетел из аэропорта Вашингтона в Европу. Я возвращался в Россию из утомительной командировки. Только что удалось опубликовать книгу «Кибернетическая картина мира» и мысли о ее развитии не оставляли меня. В самолете я отдыхал и размышлял. Нашел пустой ряд в конце самолета и прилег — ногами на север, головой на юг. И сразу через иллюминатор увидел яркую луну, она светила над океаном как мощный фонарь. Внизу волновался океан, по нему бежала лунная дорожка... И, почти как в фильме Тарковского, нахлынули воспоминания.

...Первый раз в США я побывал по приглашению фирмы Control Data Corporation в 1976 г. с делегацией ГКНТ СССР, чему предшествовали важные события.

На кафедре вычислительных систем и сетей организованной в ЛИАП в 1972 г., кроме робототехники, важным направлением ее деятельности было выбрано создание развивающихся вычислительных систем нетрадиционной архитектуры. Чтобы понять логику такого решения, необходимо рассказать о состоянии мировой вычислительной техники в начале семидесятых годов.

В то время господствовала фирма IBM, грубо нарушая законы о монополиях и ведя судебные процессы во многих штатах внутри США и других странах. Этот монополизм проявился и в компьютерной литературе: там описывались машины IBM, и почти ничего не говорилось о машинах других фирм, таких как Control Data Corporation, Burroughs и др., которые выступали конкурентами IBM. В машинах фирмы IBM реализовывалась классическая фон-Неймановская архитектура, которая уже не могла удовлетворить потребителей. В Советском Союзе шла борьба между тенденцией развивать свои собственные разработки, такие как БЭСМ, Урал и др. и тенденцией копировать зарубежный опыт, прежде всего машины IBM. В этой ситуации наша молодая кафедра, выделившаяся в феврале 1972 г. из кафедры технической кибернетики ЛИАП, решила развивать нетрадиционные многопроцессорные вычислительные системы, которые в перспективе могли бы обеспечивать более высокую производительность и надежность.

Для меня это решение было продолжением моих работ в области цифровых дифференциальных анализаторов, которые являлись многопроцессорными специализированными рекурсивными структурами с обратными связями, высокопроизводительными и надежными за счет введения избыточности методом избыточных переменных, разработанным мною ранее. Важный шаг был сделан нашим доцентом В. А. Торгашевым, предложившим распространить и развить такие принципы на универсальные вычислительные машины. В итоге родилась концепция рекурсивных машин, которая получила поддержку Государственного Комитета по науке и технике (ГКНТ СССР) в Москве и

Института кибернетики во главе с академиком В. М. Глушковым в Киеве. Сложился коллектив из москвичей, которых представлял В. А. Мясников, из киевлян, которых представлял В. М. Глушков, и ленинградцев с общим центром в ЛИАП.

В наиболее ярком виде концепция многопроцессорных вычислительных машин была представлена на международном конгрессе ИФИП в Стокгольме в 1974 г. в нашем докладе (V. Glushkov, M. Ignatyev, V. Myasnikov, V. Torgashev «Recursive machines and computing technology» Proceedings of IFIP-74, Stockholm, August 5–10, 1974). Доклад в Стокгольме делал я. Советская делегация отнеслась ко мне очень холодно, зато иностранцы приветствовали наш доклад, который ниспровергал компьютерные авторитеты и традиционную архитектуру и провозглашал нетрадиционную рекурсивную архитектуру, которая потом завоевала весь мир в виде систем клиент-сервер и новых суперкомпьютерных структур.

Впервые советская компьютерная разработка была анонсирована на международной арене, что привлекло к ней внимание с разных сторон. Итогом этой акции стало, во-первых, включение работы в программу ГКНТ и выделение финансов на создание экспериментального образца рекурсивной машины, во-вторых, соглашение с фирмой Control Data Corporation по созданию рекурсивной машины на основе наших архитектурных решений, а в-третьих, предоставление разработчикам самой лучшей для того времени элементной базы и средств отладки. Я стал руководителем рабочей группы по сотрудничеству с фирмой Control Data Corporation (CDC) и в этом качестве развивал как проект по рекурсивной машине, так и другие проекты. В числе таких проектов было приобретение машины «Сайбер» для Ленинградского научного центра АН СССР. На базе этой машины организовался сначала Ленинградский научно-исследовательский вычислительный центр, а потом Ленинградский институт информатики и автоматизации АН СССР (ныне СПИИРАН). Следует отметить, это было время некоторого потепления советско-американских отношений, именно в это время реализовывался проект «Союз-Аполлон».

Таким образом, в результате стечения благоприятных обстоятельств нам удалось развернуть работу по реальному созданию рекурсивной машины. Закипела работа, в которой принимали участие многие сотрудники нашей кафедры — В. А. Торгашев, В. И. Шкиртиль, С. В. Горбачев, В. Б. Смирнов, В. М. Кисельников, А. М. Лупал, Ю. Е. Шейнин и многие другие. В результате к 1979 г. были изготовлены многие блоки машины и осенью 1979 г. экспериментальный образец рекурсивной машины был предъявлен государственной комиссии во главе с академиком А. А. Дородницким. В специальном Постановлении ГКНТ СССР и Комиссии Президиума Совета Министров СССР от 14.09.1979 г. за № 472/276 отмечалось, что запуск первого в мире экспериментального образца многопроцессорной рекурсивной машины высокой производительности и надежности является достижением мирового уровня.

Были разработаны планы дальнейшего развития этой работы, но в декабре 1979 г. советские войска вошли в Афганистан, и правительство США разорвало все научно-технические связи с СССР, в том числе и по линии фирмы Control Data, что нанесло нам большой ущерб. Но работа продолжалась, хотя наш коллектив разделился: часть сотрудников в январе 1980 г. во главе с В. А. Торгашевым перешла в Ленинградский научно-исследовательский вычислительный центр АН СССР, другая часть продолжала работать на нашей кафедре над созданием различных модификаций многопроцессорных систем. В Институте кибернетики в Киеве был создан отдел рекурсивных машин. Таковы внешние контуры этой пионерской работы.

...Самолет время от времени попадал в зоны турбулентности и его трясло, рядом плакал ребенок... В самолете хорошо кормили, при этом выдавали металлические столовые приборы — большие вилки и ножи, что было необычно...

В математике существует большой раздел — рекурсивные функции. Долгое время термин «рекурсия» употреблялся математиками, не будучи четко определенным. Его приблизительный интуитивный смысл можно описать следующим образом. Значение искомой функции Φ в произвольной точке X (под точкой подразумевается набор значений аргументов) определяется, вообще говоря, через значения этой же функции в других точках H , которые в каком-то смысле предшествуют X . Само слово «рекурсия» означает возвращение. Рекурсивные функции — это вычислимые функции. По сути все вычислимые на компьютерах функции — это рекурсивные функции, но разные компьютерные архитектуры по разному ведут вычислительные процессы. Чем лучше соответствует структура компьютера структуре задач, тем меньше затраты памяти и времени. Так что когда мы говорим о рекурсивных машинах, мы говорим о соответствии структур машины и задач, а так как задачи бывают разные, то структура машин должна гибко подстраиваться к структурам задач. Математика в настоящее время погружена в программирование, и в программировании рекурсивные операции распространены.

ЭВМ выступает как средство материализации логико-математических преобразований. ЭВМ являет собой иллюстрацию концепции потенциальной осуществимости, поскольку при отсутствии ограничений на время работы и емкость памяти любая ЭВМ в состоянии провести любые вычисления. Конкретное же протекание процессов вычисления проявляется лишь на уровне организации преобразований информации (задействуются конкретные регистры, коммутаторы, процессоры, линии передачи данных в определенном порядке и сочетании и т. д.). С этой точки зрения «архитектура ЭВМ» — это ее структура в состоянии (процессе) реализации алгоритма, то есть как бы ожившая структура. Философской основой такого представления является теория отражения, раскрывающая отображение категорий и явлений одной природы (числа, алгоритмы) на объекты другой природы (физические элементы, сигналы). Причем это отображение взаимно неоднозначно — алгоритму a_j может соответствовать множество архитектур $\{A\}$ и обратно — архитектуре A_j непосредственно не соответствует какой-либо алгоритм a_j . Специфика взаимодействия $\{a\}$ и $\{A\}$ раскрывает глубинные свойства диалектического процесса развития математики и вычислительной техники как частного случая взаимодействия абстрактного и конкретного. Как отмечает С. А. Яновская, «лицо машинной математики все более зависит от развития философских и логических оснований математики». Не представляется возможным непротиворечивая формализация отображения $\{a\} \rightarrow \{A\}$ из-за его неоднозначности. Поэтому построить соответствующую аксиоматическую теорию проектирования ЭВМ не представляется возможным.

Когда мы формулировали принципы организации рекурсивных машин, мы исходили из потребностей развития вычислительных машин и систем, получили множество авторских свидетельств, это был интересный творческий процесс. Представленный нами в Стокгольме доклад содержал анализ недостатков машин традиционной архитектуры, ревизию принципов фон Неймана, принципы архитектуры рекурсивных машин, основные особенности языка рекурсивных машин, фрагментарное описание рекурсивной машины. В качестве иллюстрации рекурсивной структуры можно привести созданную нами систему 3М — модульную микропроцессорную систему. Система 3М строится из модулей трех типов — операционных, коммуникационных и интерфейсных. Операционные модули выполняют основную работу по обработке данных, реализации объектов математической памяти, процессов определения готовности и выполнения операторов программы на внутреннем языке. Коммуникационный модуль предназначен для реализации коммуникационной системы — установления логического соединения между модулями, обмена информацией между модулями, поиска в системе ресурсов запрошенного типа. Интерфейсные модули подключаются к внешним устройствам своими блоками ввода-вывода.

Вопросы организации обмена информацией с внешним миром имеют большое значение для существенно многопроцессорных систем, оказывают значительное влияние на их фактические характеристики. Различные классы задач требуют различной интенсивности обмена с внешними устройствами. Вычислительная система должна обеспечивать построение таких ее конфигураций для каждого конкретного применения, которые обладали бы оптимальными для этого применения характеристиками по вводу-выводу. Система ЗМ обеспечивает инкрементное наращивание вычислительной мощности до любого необходимого значения путем подключения дополнительных блоков без внесения изменений в имеющуюся систему и ее программное обеспечение как на этапе разработки системы, так и в ходе ее эксплуатации. Методология проектирования и реализации системы ЗМ базируется на рассмотрении вычислительной системы как иерархии виртуальных машин. Система ЗМ имеет рекурсивно-организованную многоуровневую структуру. Рекурсивность структуры состоит в том, что структура всякой модификации системы задается рекурсивным определением. Динамически меняющиеся в ходе вычислений виртуальные процессы требуют постоянной динамической реконфигурации связей между модулями. Сейчас реализуются системы, содержащие тысячи и миллионы процессоров.

...Самолет летел в Цюрих. В Швейцарии первый раз я побывал в 1967 г. на конгрессе по аналоговым вычислениям в Лозанне. Как всегда, мы опоздали с представлением докладов, хотя я доклад подготовил, он был посвящен методу избыточных переменных для контроля, диагностики и коррекции вычислительных процессов — и аналоговых, и гибридных. Началось первое пленарное заседание, которое вел профессор Томович из Югославии, он объявил, что одного из заявленных докладов — доклада японских ученых не будет. Тогда я послал ему записку с просьбой предоставить мне слово по методу избыточных переменных. К моему удивлению, слово мне было предоставлено, и я выступил к удивлению нашей советской делегации, которая сидела плотной группой. После моего выступления выступил известный американский профессор Гранино Корн, который поддержал меня, сказал, что все это очень интересно. Наша делегация хранила гробовое молчание. На следующий день, рано утром, состоялось заседание советско-американской комиссии по сотрудничеству, где профессор Г. Корн предложил взять темой для сотрудничества метод избыточных переменных, но глава нашей делегации профессор из Киева Г. Е. Пухов решительно это отверг. К счастью я просил это ранее заседании — иначе могла возникнуть перепалка. Но связь с профессором Г. Корном я налажил, и мы с ним на протяжении многих лет обменивались информацией...

Второй раз я посетил Швейцарию в 1977 г., когда меня командировали в Международный институт менеджмента в Женеве. В это время разворачивался наш совместный с американской фирмой проект по рекурсивным машинам и нужно было понимать, что такое менеджмент. Этим институтом руководил старый антисоветчик Гаврилишин, который грубо критиковал всех и Японию, и США, и СССР... Тогда же я побывал в ЦЕРНе, Европейском центре ядерных исследований, теперь мне предстояло договариваться о проведении эксперимента на Большом адронном коллайдере.

Картина мира в каждую из эпох формируется на основе синтеза всех достижений во всех сферах человеческой деятельности. В эпоху расцвета механики сформировался механицизм, в эпоху развития компьютерной техники естественно ожидать формирования компьютеризма. Так называемый реальный мир — это один из миров виртуальных. Антропный принцип реализуется через лингвистику и операцию поляризации.

При описании Вселенной напрашиваются биологические аналогии и самоорганизация с внешним и внутренним управлением. Неклассические науки привнесли

в картину мира наблюдателя. Постнеклассические науки привнесли в картину мира управителя.

Для всех пользователей компьютера очевидно, что в компьютере могут одновременно сосуществовать несколько моделей, несколько баз данных, несколько отдельных вычислительных процессов. Эти отдельные вычислительные структуры могут быть сильно защищены от несанкционированного доступа, но усилиями хакеров могут быть и взломаны. Поэтому логично предположить, что наш мир — это модель внутри сверхмашины, внутри сверхмашины могут находиться и другие миры, которые отделены друг от друга, но иногда эта изоляция нарушается, и тогда в нашем мире происходят различные необычные явления.

Существует несколько гипотез относительно устройства нашего мира. Одна из них — наш мир конечен и все сценарии его развития записаны в памяти сверхкомпьютера Вселенной. Тогда для того чтобы предсказать будущее событие нужно, получить доступ к этой памяти, и некоторым — пророкам — это удастся.

В связи с изложенным хотелось бы рассмотреть проблемы развития вычислительной техники. Вычислительные машины предназначены для решения задач. Общая схема решения задач имеет вид:

Ячел → Яос → Япр → Ямаш → Ярез,

где **Ячел** — формулировка задачи на естественном языке, **Яос** — формулировка задачи на языке основных соотношений, **Япр** — формулировка задачи на языке программирования, **Ямаш** — формулировка задачи на машинном языке, **Ярез** — формулировка задачи на языке результата в виде графиков, таблиц, изображений, текстов, звуков и т. п. К сожалению, для большинства задач имеется только формулировка на естественном языке, большинство задач плохо формализованы. Поэтому актуальным является переход от описания на естественном языке на язык основных соотношений, лингво-комбинаторное моделирование является одним из способов такой формализации. В результате такой формализации порождаются рекурсивные структуры со структурированной неопределенностью. Таким образом, рекурсивная структура машин и сетей должна включать три составляющих: явления, смыслы и структурированную неопределенность, которые наличествуют в любой задаче.

В свое время Альберт Эйнштейн сказал: *«Человек — это часть целого, которое мы называем Вселенной, часть, ограниченная во времени и пространстве. Он ощущает себя, свои мысли и чувства как нечто отдельное от всего остального мира, что является своего рода оптическим обманом. Эта иллюзия стала темницей для нас, ограничивающей нас миром собственных желаний и привязанностью к узкому кругу близких нам людей. Наша задача — освободиться из этой тюрьмы, расширив сферу своего участия до всякого живого существа, до целого мира, во всем его величии. Никто не может выполнить такую задачу до конца, но уже сами попытки достичь эту цель являются частью освобождения и основанием для внутренней уверенности».*

Каждая система может иметь свою компьютерную модель. Например, при проектировании здания необходимо иметь трехмерную интерактивную модель здания и всех его помещений, после строительства здания эта модель может быть использована для оперативного управления зданием, особенно в экстремальных ситуациях (пожар, нападение и др.). Аналогично при проектировании корабля необходимо иметь сначала цифровую модель корабля со всеми помещениями и системами, испытать эту модель в различных условиях на море и только потом строить корабль. На построенном корабле модель корабля может быть использована для оперативного управления в различных ситуациях, например, в случае пробойны в том или ином месте; что дол-

жен делать экипаж, это, конечно, определяется должностными инструкциями, но на модели можно проиграть самые различные варианты и выбрать наилучший.

При лечении человека можно построить модель человеческого организма и сначала промоделировать результаты возможных врачебных действий, а потом уж лечить либо хирургически, либо медикаментозно. Модель организма конкретного человека должна сопровождать его всю жизнь, что, безусловно, улучшит уровень медицинского обслуживания человека и уменьшит количество врачебных ошибок. Но люди смертны, куда должна деваться модель человеческого организма, на создание которой было затрачено так много усилий и ресурсов? Мы сейчас говорим об искусственной компьютерной модели человека, но может быть у каждого человека уже есть такая естественная модель? Эта модель может передаваться с помощью радиоимпульса.

По современным представлениям, наш мозг состоит из трех частей, во-первых, это его как бы аппаратное обеспечение (**Brain**), во-вторых, это его как бы внутреннее программное обеспечение (**Mind, Intellect**), в-третьих, это его как бы внешнее программное обеспечение (**Consciousness**), мы осознаем только то, что происходит на внешнем уровне. Можно высказать гипотезу, что на первом уровне происходит оперирование структурированной неопределенностью, на втором уровне — смыслами, а на третьем — словами.

Как только появился компьютер, сразу же возникла метафора что мозг — это компьютер. Эта метафора оказалась полезной как для физиологов и психологов, так и для разработчиков компьютеров. Сложилось научное направление Искусственный интеллект, **Artificial Intelligence**. В настоящее время мировая наука интенсивно работает над разгадкой человеческого сознания. В связи с успехами в области архитектуры виртуальных миров складывается научное направление Искусственная природа, **Artificial Nature**.

Люди, в основном, пользуются моделями XIX в., когда господствовала механика, а самой распространенной машиной были механические часы с пружинами, колесиками и маятниками.

В наше время самая распространенная машина — это компьютер. Компьютер это не только машина для вычислений и обработки информации, это еще и модель мира. Понимание мировоззренческого значения компьютера еще только начинается. Современный компьютер — это прежде всего экран, через который люди получают наибольшее количество информации. Экраны совершенствуются, и сейчас люди уже получают через них трехмерную информацию, наблюдают движение с высокой степенью разрешения в различных частотах спектра; строятся гигантские экраны, которые окружают человека со всех сторон. И естественно возникает вопрос, а может быть весь окружающий людей мир — это гигантский многомерный экран? Каким суперкомпьютером этот экран управляется? Возникает следующая картина мира: люди со всеми своими инструментами — телескопами, микроскопами, ускорителями и пр. — окружены гигантским многомерным экраном и всеми инструментами изучают не более чем свойства этого экрана, который управляется внешним суперкомпьютером. Это и есть компьютеризм. Как доказать или опровергнуть это предположение?

В свое время Тьюринг придумал тест, как распознать с кем человек беседует через компьютер — с другим человеком или компьютером. В наше время необходимо придумать другой тест, чтобы распознать, что нас окружает — гигантский многомерный экран, управляемый внешним суперкомпьютером, или нас окружает то, что мы привыкли называть реальным миром.

В настоящее время астрофизики открыли так называемую темную энергию и темную материю, которые по количеству составляют примерно 95% от массы и энергии Вселенной, и результаты современной науки базируются на изучении лишь 5% массы

и энергии Вселенной. Этот факт, а также и различные факты из других областей знания заставляют сомневаться в полученных в нашем реальном мире результатах.

Компьютеризм может рассматриваться как альтернатива сложившейся картине мира и нуждается в серьезных многоплановых исследованиях. Необходимо спланировать решительный эксперимент, который либо подтвердит, либо отвергнет эту гипотезу.

Самолет без приключений приземлился в Цюрихе и я направился в ЦЕРН...

...В октябре 2011 г. умер Стив Джобс — основатель известной американской фирмы Apple. Я несколько раз встречался со Стивом Джобсом, и на меня нахлынули воспоминания. Впервые он появился в Советском Союзе в 1985 г., после выхода постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР по внедрению вычислительной техники в образование. Вместе с группой ученых я «пробивал» это постановление, необходимость которого стала очевидной после проведения первой конференции по школьной информатике в Ленинграде в 1981 г. Стив увидел в СССР новый большой рынок для своих компьютеров. Примерно в это же время в Москве с такой же целью появились и представители IBM, которые впоследствии и захватили советский рынок. Вот как вспоминает В. Н. Захаров, ученый секретарь ИПИ РАН, этот визит.

...Летом 1985 г. Институт проблем информатики АН СССР (ИПИ) проводил работу по выбору и организации закупок импортных персональных компьютеров для преподавания основ информатики и вычислительной техники в школах. Работа эта проходила в рамках реализации Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 28 марта 1985 г. №271 «О мерах по обеспечению компьютерной грамотности учащихся средних учебных заведений и широкого внедрения электронно-вычислительной техники в учебный процесс». Четвёртого июля в ИПИ состоялась встреча с приехавшими представителями фирмы Apple: её основателем и руководителем Стивом Джобсом и вице-президентом Альбертом Эйзенштадтом. Со стороны ИПИ во встрече участвовали: директор института академик Борис Николаевич Наумов, его заместитель Виктор Георгиевич Захаров, учёный секретарь Виктор Николаевич Захаров, руководители отделов Игорь Яковлевич Ландау и Валентин Петрович Семик, а также помощник директора по международным вопросам Иван Михайлович Костылев.

В начале встречи Стив Джобс выразил намерение прислать 10–12 компьютеров, установить их и организовать семинар на 200–250 человек по использованию этих машин в учебном процессе, ориентировочно в сентябре–октябре. Он обещал направить письма на имя академиков Е. П. Велихова (вице-президента АН СССР) и Б. Н. Наумова. Сообщил, что фирма Apple является ответственной за проблему компьютерного образования в США и есть много опытных учителей. В свою очередь, Б. Н. Наумов рассказал об опыте Учебно-производственного центра по вычислительной технике (УПЦ, ныне на его базе работает Лицей информационных технологий, ЛИТ), о проведённых встречах с представителями японских компьютерных компаний. И просил Стива Джобса прислать учебник по обучению работе с компьютерами.

Затем на территории УПЦ состоялся семинар, на котором выступил Стив Джобс. Сейчас несомненный интерес представляют основные мысли, высказанные им в своем выступлении. Мне, к счастью, удалось в основном законспектировать его.

Привожу по записям текст выступления Стива Джобса.

Я — выходец из Кремниевой долины, штат Калифорния. Электроника у меня в крови. Десять лет назад в одном американском журнале была опубликована статья об эффективности передвижения биологических существ. На первое место попал

кондор. Но довольно велика оказалась и эффективность человека на велосипеде. Это говорит о том, насколько важны инструменты для увеличения возможностей.

ПК — это инструмент усиления интеллектуальных возможностей. Что же такое ПК? С одной стороны, это новое средство, как печать, радио или телевидение. Но в то же время это специальный инструмент для программирования. Вопрос — какая разница между телевизионной и компьютерной программой? Все хорошо знакомо с телевизионными программами. Компьютерные программы содержат массу новых принципов, но все они подчинены одному главному принципу — интерактивности. Почему в настоящее время около 1 млрд долл. в год люди тратят на приобретение видеоигр? Потому что такие игры позволяют реализовать интерактивный эксперимент. Более академическое название этому — моделирование. Мы можем принять ПК как новое средство и осуществить гораздо более сложное моделирование с помощью программного обеспечения (ПО) — и это даст революцию в образовании.

В видеоигры играют дети с 7–8 лет, и все время идет их усложнение. Это наиболее сильный процесс. В течение нашей жизни компьютеры тоже становятся все сложнее и сложнее. Может быть, с их помощью можно будет обрести общий взгляд на мир. Это одна из важнейших вещей для прогресса цивилизации. Сейчас мы можем читать труды, но не можем задать вопрос. Но может быть, наши дети или дети наших детей смогут с помощью ПК задать вопросы Ленину.

Если бы у меня были дети, то я учил бы их на компьютерах Apple-2 и Macintosh. Сейчас Macintosh, работающий на микропроцессоре Motorola 68000, используется во многих колледжах США. К настоящему времени уже продано около 2 млн Apple-2 и 400 тыс. Macintosh. В месяц производится около 50 тыс. Apple-2 и 20 тыс. Macintosh. Умение работать на этих ПК можно освоить за 40–50 часов. Для специалиста это хорошо, но для пользователя 40–50 часов — слишком много. С IBM PC идет около 800 страниц документации, и вполне можно научиться пользоваться ею.

Переход к Macintosh требует 512×342 точки на экране (новый интерфейс). Программное обеспечение делится на два класса: искусственный интеллект (ИИ) и все остальное. К остальному относятся, в частности, Юникс и Си — системные средства, но очень мало ПО для конечного пользователя. Прикладное ПО становится все сложнее. Это хорошо для специалистов, но никак не для всех остальных. Надо разрабатывать другие версии.

В области ИИ есть язык LISP, есть специальный очень дорогой LISP-компьютер. LISP на IBM PC выполняется очень медленно. COMMON LISP на Macintosh работает в 52 раза быстрее, чем на IBM PC, — как символьная машина; соответственно снижается стоимость, создается экспериментальная система.

Последнее направление исследований — вторая область: аппаратное обеспечение (RISC-процессоры). M68000 может выполнять 500 различных инструкций, в 10 раз больше, чем PDP-8. Это не очень хорошо. Три четверти площади кристалла используется для интерпретации 450 дополнительных инструкций. Мы имеем сверхумные компиляторы. Такой компилятор может обойтись полусотней инструкций. Это высвобождает 75% площади для кэша и регистров, позволив ускорить работу в десятки раз. Таким образом, есть процессоры размером как у M68000, но работающие в десять раз быстрее за счет сверхумных компиляторов. В сфере ПО основные исследовательские усилия направлены на объектно-ориентированные языки — это наиболее важная область.

На заданный вопрос о перспективе использования сопроцессоров и спецпроцессоров Джобс ответил, что они имеют в основном специальное применение, реализуя в первую очередь параллельные процессы. Обработка параллельных процессов — это путь развития микропроцессоров. Мы пока ещё не знаем о ПО, но *hardware* понимаем. Есть два пути развития параллельных процессоров: каждому процессору свой кэш

либо разделение общей памяти между ними. Надо распараллеливать главную память между процессорами. Если в главной памяти происходят изменения, вызванные другим процессором, то это должно отражаться в кэш-памяти. С такой целью разработана специальная кэш-память. Для распараллеливания должны быть специальные алгоритмы, причём они должны быть в составе операционной системы. Через шесть–семь ПК с мультипроцессорами по мощности будут соответствовать суперкомпьютеру CRAY.

Б. Н. Наумов рассказал о достижениях в сфере ПО в СССР, о проводимых работах. Джобс заметил: *«Для меня интересны не политика, а научные контакты. Я очень хотел бы встретиться с М. Горбачевым. Мы приехали по своей инициативе и хотим изучить пути сотрудничества. Не надо делать машины-игрушки. Мы пошлем вам класс, дадим информацию об опыте применения. Мой совет — используйте для образования Apple-2».*

Далее договорились о передаче Джобсу схемы клавиатуры с кириллицей и кодификации кириллицы. Эти материалы я на следующий день отвез и передал ему в новую (тогда) гостиницу «Интурист», в 824-й номер, где он останавливался. В конце встречи Стив Джобс попросил Бориса Николаевича Наумова приписать несколько слов на открытке с видом Кремля, которую он хотел отправить по почте из Москвы своей девушке, на русском языке: «Я тебя люблю». И сказал: *«Представляю, как она удивится».*

В том же 1985 г., уже после визита Джобса в Москву, состоялось его первое увольнение из фирмы Apple. И многие планы оказались не полностью выполненными. Сегодня, когда весь мир сожалеет об уходе из жизни этого гениального человека, у меня перед глазами, как живой, стоит его образ — молодого, красивого, очень энергичного парня.

... Во второй половине 60-х гг. в Сан-Франциско и Силиконовой долине параллельно развивались различные культурные течения. Создавались компании, работавшие на военную промышленность, производящие радиоэлектронную аппаратуру, видеоигры и компьютерную технику. Процветала субкультура хакеров — тут были и сетевики, и телефонные мошенники, киберпанки, обычные любители, в том числе инженеры Хьюлетт Паккард и их дети, не работающие ни в одной из фирм. Существовали группы ученых, занимавшиеся исследованием воздействия ЛСД. Развивалось движение хиппи, выросших из поколения битников Сан-Франциско и его окрестностей. Буйно расцветали всевозможные духовные практики — дзен-буддизм, индуизм, йога и др. Олицетворением сплава субкультуры хиппи и хакеров, поисков просветления и интереса к новым технологиям был Стив Джобс: по утрам он медитировал, днем слушал лекции по физике в Стенфорде, а по ночам работал в АТАРИ и мечтал основать собственный бизнес. Сперва хиппи и любители науки и техники не очень ладили. Большинство представителей субкультуры считали, что компьютеры подтверждают пророчества Оруэлла, что они — воплощение власти Пентагона и правящего режима. Фраза, которую писали на перфокартах — «Не сминать, не протыкать и не сгибать» — превратилась в иронический девиз левых пацифистов. Но к началу 70-х настроения переменились. Из орудия бюрократического контроля компьютеры превратились в средство самовыражения и раскрепощения. Слияние психоделии и кибернетики признавал и Тимоти Лири, заявивший, что персональные компьютеры стали новым ЛСД, его девизом стало — «Включись, настройся, улетай». Культура бунтарей — неформалов из Сан-Франциско и его окрестностей привела в конце концов к появлению отрасли персональных компьютеров...

Apple-II продержался на рынке в различных модификациях шестнадцать лет, всего было продано около шести миллионов компьютеров. Именно он, как никакой другой компьютер, повлиял на распространение ПК. Разработанные Возняком мон-

тажные платы и системное программное обеспечение вписали его имя в историю. Но именно Джобс придумал, как грамотно подать это изобретение и извлечь прибыль. Большинство специалистов считало Apple-II целиком заслугой Возняка и это подстегивало Джобса к новым свершениям.

...В 1988 г. издательство ЛЕНИЗДАТ выпустило нашу книгу КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИГРЫ, 168 стр. тиражом 100 тыс. экземпляров, которая стоила ровно один рубль. Это была первая русская книга по компьютерным играм, она быстро разошлась. По сути дела, это была книга по артонике. Стив Джобс ее читал с карандашом в руках и задавал мне множество вопросов. В этой книге рассматривалась многоуровневая структура досуговой информатики. Анализировалась структура игры, предлагался словарь персонажей, типовых ситуаций и элементов создания творческих компьютерных игр. В главе «Дизайн игры», написанной известным дизайнером А. А. Мещаниновым, описывались интерактивные игры типа Слалом, Лимпопо и др. и рассматривались общие вопросы дизайна игры. В главе «Музыкальный компьютер», написанной О. Р. Романовым (главным дирижером Ленинградского цирка) и студентом К. М. Игнатьевым, рассматривались вопросы аранжировки эстрадной музыки и работа музыкального компьютерного синтезатора. В главе «Литературные компьютерные игры», написанной Д. В. Любичем, рассматривались результаты случайного сочетания элементов, художественные гибриды и искажения готового текста. В книге, кроме того, рассматривались вопросы машинной графики и компьютерные программы для игры в шахматы.

Артоника в своем развитии опирается на плечи известных деятелей — Рихарда Вагнера, Василия Васильевича Кандинского, Владимира Яковлевича Проппа. Рихард Вагнер (1813–1883) — известный немецкий композитор и теоретик музыки. Именно он в середине XIX в. ввел понятие виртуального музыкального произведения, виртуальных страниц и других важных понятий артоники. В. В. Кандинский (1866–1944) — известный российский художник, основоположник абстракционизма и теоретик искусства, в своей книге «Точка и линия на плоскости» (1913) рассматривает основные элементы живописи. В. Я. Пропп (1895–1970) — профессор Ленинградского университета, зачинатель историко-типологического и структурно-типологического изучения фольклора в 1928 г. в своей книге «Морфология сказки» вводит понятие мотив-функции, с помощью которого структурирует сначала русские сказки, а потом и сказки других народов мира. Важным достижением артоники является формирование лингво-комбинаторного моделирования слабо формализованных систем и формирование на этой основе кибернетической картины мира (М. Б. Игнатьев «Кибернетическая картина мира» С.-Петербург, 2010).

...Встречались мы со Стивом Джобсом по его инициативе и вели длительные и изнурительные для меня беседы по артонике, моделированию и будущим путях развития информационно-вычислительной техники. Последний раз мы с ним встречались в феврале 2011 г. У него созрел план нового прорыва в области компьютеров. Жаль, что он так рано ушел.

* * *

ИЗ ИСТОРИИ АРТОНИКИ

Зарождение этого направления можно отнести к началу 1970-х гг. В тот период по инициативе М. Б. Игнатьева и моей была создана хоздоговорная группа при кафедре русской литературы ЛГПИ им. А. И. Герцена (в нее вошли, кроме меня, Е. М. Гушанская, Л. Е. Ляпина, Е. М. Табориская, А. М. Штейнгольд), занявшаяся совершенно новым научным направлением, которое мы обобщенно назвали артоникой. Подступом к этому термину явилась популярная статья тартуского профессора, одного из создателей семиотико-структуралистского метода в литературоведении Ю. М. Лотмана «Люди и знаки» (газета «Советская Эстония», 1969, № 27), которая заканчивалась вопросом-прогнозом: «Не возникнет ли когда-либо «артистика» — наука, изучающая законы художественных конструкций для «прививки» некоторых их свойств системам по передаче и хранению информации?». М. Б. Игнатьев два года спустя познакомился и с Ю. М. Лотманом и предложил ему тоже создать хоздоговорную группу при кафедре русской литературы Тартуского университета (ее Ю. М. Лотман и возглавлял). Вот тогда наша тройка (М. Б. Игнатьев, Ю. М. Лотман и я) и придумала более звучный и точный термин «артоника» для обозначения объекта наших научных занятий, с оглядкой на «бионику» — новую науку о структурах и деятельности живых организмов, с целью использовать их для определенных инженерных задач при создании искусственных организмов (особенно — роботов). А мы предполагали изучать структуры и взаимосвязи в произведениях искусства, прежде всего — в словесных произведениях, тоже для использования в роботологии. Отсюда и термин «артоника» (от латинского *ars, artis* — искусство).

Конструкторам роботов (и особенно — групп роботов, работающих во взаимосвязи) и создателям программ действия соответствующих организмов было ценно узнать о способах построения сюжетов в художественной литературе, о выделении первоэлементов сюжета и о возможных способах сегментации целостного сюжета на соизмеримые отрезки и т. д. и т. п. А в нашей литературоведческой сфере лишь в XX в. началось серьезное изучение сюжетологии со включением четких методологических установок структурального аспекта. Фактически рождение новых методов началось с появлением выдающейся книги ленинградского профессора В. Я. Проппа «Морфология сказки» (Л., 1928), но потом творческий процесс очень замедлился из-за идеологической боязни советских партийных кругов: они справедливо увидели, что в подобных исследованиях совсем не пахнет марксизмом, и стали навешивать на ученых опасные ярлыки «идеализм», «формализм» и тому подобные. И лишь в хрущевскую оттепель 1960-х гг. появилась некоторая возможность осторожно включать структуралистские методы в исследование художественных произведений, что и стали делать представители тартуско-московской гуманитарной школы, основателем которой по праву считается Ю. М. Лотман.

Предложения М. Б. Игнатьева давали заманчивую отдушину: можно было помочь коллегам-кибернетикам в их перспективнейших исследованиях, а попутно ар-

тониические методы развивали и расширяли чисто литературоведческие методы и интересы. Поэтому обе хозяйственные группы с таким интересом и даже с жаром взялись за артонику. Увы, три года спустя проректор по науке тогдашнего ЛИАП, где М. Б. Игнатьев заведовал кафедрой кибернетики и имел возможность найти средства для хозяйственных, случайно увидев на «технической» кафедре договоры и планы наших артонических групп, категорически запретил *«тратить государственные деньги на гуманитарные штудии»* — и таким образом работа была прервана почти в самом начале. (Остались только машинописные отчеты и подготовленные к печати статьи, из которых лишь две тогда увидели свет: «О структуре сюжетного уровня художественного текста» / Малые жанры русской прозы 1840–1860-х гг. — Материалы всесоюзного симпозиума по вторичным моделирующим системам // Тартуский гос. университет, 1974. С. 195–200 и «Сюжет и фабула» / Вопросы сюжетосложения. — Сб. статей // Даугавпилсский пед. институт, Рига, 1978. С. 11–21. В этой последней статье к нашему авторскому коллективу присоединился еще В. А. Зарецкий.)

Насколько работа должна была бы быть творческой и перспективной свидетельствуют эти статьи и проблемная записка нашей группы, созданная уже при свертывании артонических занятий в 1974 г. Некоторые разделы этой записки вошли в указанные две статьи.

Характерно, что постоянно учитывая важность соответствующих исследований для кибернетических и конструкторских целей, участники хозяйственных (*артоники*, как мы себя называли) много внимания уделяли не только главным методологическим проблемам (структуризация, сегментация, индексация сюжетов), но и таким важным аспектам, как пространство и время (поэтому и в статьях, и в записке им уделено так много места). Продолжением этих работ явилась монография «Компьютерные игры» / Под ред. М. Б. Игнатьева. — Лениздат, 1988 г.; статья М. Б. Игнатьева «Артоника» в словаре-справочнике «Системный анализ и принятие решений». — М., Высшая школа, 2004; монография М. Б. Игнатьева, А. В. Никитина, А. А. Никитина, Н. Н. Решетниковой «Архитектура виртуальных миров» — Политехника, 2005; разрабатываемая концепция Панорамы Второй мировой войны и битвы за Ленинград на основе технологии виртуальных миров (см. статью А. Долгошевой «Эффект присутствия» в газете Санкт-Петербургские ведомости от 22.06.2007).

Артоника — одна из новых отраслей науки, содействующая разработке и совершенствованию отдельных аспектов «самоопределения» и поведения сложных систем. Актуальность и перспективность этого направления исследований обусловлена тем, что современность настоятельно требует создания роботов, способных действовать и по жесткой программе, заложенной в их памяти, и способных свою деятельность, планировать ее, учитывая особенности окружающей обстановки и поставленные цели.

Артоника, как и бионика, возникла на пересечении технических задач и материала, весьма далекого от техники. Она оперирует фактами, почерпнутыми из сокровищницы мирового искусства (в том числе и главным образом — искусства слова), где человеческий индивидуум дан в предельно конкретной вербальной или иконической реализации и вместе с тем компактно сконцентрировал в себе громадные пласты информации: психолого-характерологический, пространственно-временной, цветовой и т. д.

Если бионика осуществляет интерпретацию принципов строения и действия живых организмов и их отдельных систем применительно к задачам технического конструирования, то артоника служит языком-посредником между создателями роботов и многовековым опытом искусства по экономному и в то же время многостороннему моделированию статико-динамических закономерностей поведения человека в определенной пространственно-временной и социальной среде.

На возникновение артоники повлияли, с одной стороны, требования и интересы технических наук, с другой — имманентное развитие традиционной филологии, все более тяготеющей к точным методам и однозначности результатов анализа.

Предтечей артоники оказалась указанная выше монография В. Я. Проппа «Морфология сказки». В ней автор выделил 31 тип (элемент) поведения персонажей. Этот набор поведенческих моделей является общим для сказок всего мира. На очереди дня — обращение к более тонким и сложным мотивам поведения человека, обусловленным не ограниченным набором повторяющихся ситуаций волшебной сказки, а неизмеримым богатством взаимоотношений человека и мира, что и отражает художественная литература.

Перед нашим коллективом стоит задача выявления некоторых наиболее общих закономерностей в описании поведения человека, изображенного в русской литературе середины прошлого века. Исследования преимущественно велись на материале малых прозаических жанров И. С. Тургенева и Ф. М. Достоевского 1840–1860-х гг.

Первоначально мы обратились к анализу поведения персонажей на уровне грамматических предикативных групп как элементов сюжета. Позже возникла необходимость перейти к исследованию более высокого уровня художественного текста, учитывая более крупные блоки (элементы) сюжета. Последний рассматривался как текст-система. Между уровнем предикативных групп крупных сюжетных блоков априорно предполагаются внутрисистемные связи, в том числе и отношения изоморфизма и гомоморфизма.

К настоящему времени мы исследовали поведенческие модели персонажей на уровне предикативных групп в аспектах:

- статики и динамики;
- времени;
- пространства;
- внутритекстовых связей;
- целей субъекта поведения.

Кроме того, нами проделана определенная работа в области рассмотрения пространства, времени и целей на более высоком уровне — уровне крупных сюжетных блоков.

Всякое исследование, имеющее своим предметом структуру текстов того или иного рода, предполагает установление элементарных единиц, рассмотрение закономерностей их синтагматики и организации в единицы более высокого уровня. Это достигается путем разработки методики сегментирования текста и установления типов связи между сегментами (стыковки соседних элементов и связи более дальней). Анализ типов стыковки позволяет обнаружить иерархическое строение текста, представить его в виде последовательности единиц более низкого уровня и т. д.

Текст-система в интересующем нас аспекте представляет собою структурную конфигурацию первоэлементов, которая включает:

- линейную (синтагматическую) цепь элементов;
- виды стыковки соседних элементов между собою;
- сложные взаимосвязи элементов вне и сверх непосредственного соседства.

В связи с исследованием действий и состояний персонажей ядрами первоэлементов выбраны сказуемые; сегментация текста достаточно формализована. Контрольный художественный текст, таким образом, расчленяется на ряд соизмеримых отрезков, которые затем индексируются с учетом следующих признаков:

- система глагольных времен;
- глагольный вид;

- глагольное наклонение;
- характер действия;
- субъект и объект действия.

Все элементы текста нумеруются.

Одной из наших задач было определение соотношений и взаимосвязей статических и динамических элементов в художественных системах.

Статико-динамическое единство художественного текста рассматривалось как бинарная оппозиция динамики и статики, причем каждое из этих определений анализировалось и более дифференцированно. Индексом Д можно обозначить действия человека. Д¹, Д² и т. д. — движение частей тела второй, третьей и последующих ступеней по отношению к целостному организму. Д_с — действие говорения, размышления, восприятия, чувствования, обобщения, оценки. С_д — динамическое состояние природы. С — статическое состояние вещей, отношений, положений, утверждение факта бытия.

Субъекты и объекты действия обозначаются с помощью специальной системы индексов внутри графического эквивалента первоэлемента. В графическом эквиваленте прямой речи фиксируется двойственная реальность последней. В верхней части клетки индексируется содержание прямой речи, в нижней — отмечается факт говорения.

Внутритекстовые связи между первоэлементами, их наличие, отсутствие и их характер выявлялись с учетом логико-семантического и формально-грамматического подходов.

С целью сохранения единства картины логических связей мы выбрали точку зрения повествователя как единую позицию по отношению к развитию действия в тексте. Были выделены следующие семь типов связей:

- причинность, выраженная в тексте;
- уступительность, выраженная в тексте;
- последовательность взаимосвязанных действий;
- одновременность связанных действий;
- соположение независимых действий;
- синонимическая вариативность действий;
- грамматическая подчиненность.

Аспекты времени и пространства разрабатывались в двух направлениях. Время как способ художественной характеристики исследовалось на уровне предикативных групп, параметры времени которых фиксировались графически на особом стане. *Временной стан* учитывает различные уровни художественного времени: время развития фабулы, ретроспекции по отношению к фабуле, время размышления повествователя. Формализованная запись такого рода позволяет определить характер художественного времени в отдельном произведении и сопоставить его с аналогичными аспектами в других произведениях. Возможность сопоставлений позволяет выявить существенные моменты специфики видения времени у того или иного автора.

Параллельно с изучением художественного времени при помощи временного стана наш коллектив исследовал время на уровне более высоком, по сравнению с уровнем предикативных групп. Если в первом случае ведущим принципом становилась сегментация и индексация текста и последующие статистические подсчеты по ряду заданных параметров, то во втором мы опирались в основном на методику типологизации. В этом случае нас занимали не вопросы специфики художественного времени отдельного писателя, а, так сказать, некоторые типологические элементы структуры художественного времени как метатекста.

Структура художественного времени многосложна и поэтому плохо поддается анализу и классификации. Время в литературе предстает, во-первых, как адекват

реального времени, преображенного по законам искусства. Во-вторых, временной аспект наряду с пространственным, с системой персонажей и др. можно рассматривать как один из элементов художественного произведения, представляющего собой целостную замкнутую систему. В этом случае произведение рассматривается как текст, полностью реализующий авторский замысел, а временной аспект предстает как один из способов воплощения этого замысла.

Художественное время, в отличие от реального, дискретно и конечно, но оно воспринимается как непрерывная и бесконечная длительность. Расхождение между характером изображения и характером восприятия времени в художественном произведении — одна из наиболее значимых черт условности времени в художественной литературе. Другой специфической чертой времени в произведении словесного искусства является свобода общения автора с временными категориями. Если отношения между пространством, героем и автором в произведении можно представить как зависимость:

автор → герой → пространство,

то в отношении времени зависимость примет иной вид:

автор → время → герой.

Длительность (объем) времени в художественном произведении всегда ограничена формальными и содержательными рамками, имеющими внутреннюю иерархическую градацию. Смысловые рамки иногда совпадают с формальными, иногда расходятся с ними. Внутренне завершенные смысловые отрезки (эпизоды) с необходимостью оформляются в разделы, главы, тома и т. д., обладающие собственной временной длительностью. Связь между событием (эпизодом) в художественном произведении и временем, в течение которого оно происходит, осознается читателем более непосредственно, чем связь между временем протекания эпизода и формальными рамками, ограничивающими его текст.

Время, зафиксированное в художественном произведении, не равно по длительности объективно существующим отрезкам времени, видимость которых создается в тексте. Соответствие между представлением о длительности реального временного отрезка и протяженностью его изображения достигается в повествовательном произведении при помощи введения в текст временного отсчета, прямого или косвенного.

Прямой отсчет осуществляется путем использования в тексте общепринятых единиц измерения времени (день, час, век, год и т. п.) и является фактором предельно абстрактной передачи течения времени.

При отсутствии точных сведений о ходе времени и приуроченности событий к конкретным срокам мы имеем дело с косвенным отсчетом времени. В этом случае протекание времени фиксируется путем передачи изменений происходящих во внешней среде и душевном мире человека. Нами были рассмотрены способы косвенного отсчета времени в соотношении с такими традиционными категориями литературы, как портрет и пейзаж.

Во временном аспекте произведения мы условно можем выделить время фабульно-событийное, то есть время, в течение которого происходят события, описанные в данном произведении, и время повествователя, не включенное в объем фабульно-событийного времени. Природа последнего парадоксальна. Время повествователя воспринимается как постоянно существующая надвременная позиция, на которую не влияют события. Ход времени как системообразующая черта и характеристика времени (в том числе и художественного) во времени повествователя отсутствует. Время повествователя по отношению к событийному (фабульному) выступает как нуль-время.

Существеннейшим моментом в структуре художественного времени является его композиция. Она базируется на взаимодействии таких компонентов, как длительность (объем) времени, его направленность (прямая, обратная, перемежающаяся), темп протекания времени, сочетание объективного времени (данного с точки зрения повествователя) и субъективного (внутренний мир героя, его переживания) и др.

Особый аспект художественного времени представляет собой хронотоп (этот термин ввел в литературоведение М. М. Бахтин в своей статье «Время и пространство в романе» // Вопросы литературы, 1974, № 3). Термин «хронотоп» употребляется в математическом естествознании; в литературоведении же и в артонике важно не традиционное его терминологическое значение, а выражение в нем неразрывности пространства и времени (время как четвертое измерение пространства).

Хронотоп — формально-содержательная категория литературы. Время здесь сгущается, становится художественно зримым, пространство интенсифицируется, втягивается в движение времени, сюжета, истории. Приметы времени раскрываются в пространстве, пространство осмысливается и измеряется временем. Этим пересечением рядов и сливанием примет характеризуется художественный хронотоп.

Наряду с изучением хронотопа пристальное внимание артоников привлекает и исследование художественного пространства как самостоятельного компонента литературного произведения. Язык пространственных отношений рассматривается как одно из важнейших средств в создании художественного образа, так как категория пространства «в художественном произведении моделирует различные связи картины мира: временные, социальные, этические и т. д. <...> ... в художественной модели мира пространство подчас метафорически принимает на себя выражение совсем не пространственных представлений» (Ю. М. Лотман. «Проблема художественного пространства в прозе Гоголя». — Труды по русской и славянской филологии, XI // Учен. зап. Тартуского гос. университета, вып. 209, 1969. С. 280).

Пространство в произведениях литературы изучалось нами как в аспекте выявления важнейших типологических признаков этой категории (выработка инструмента для последующего конкретного артонического анализа), так и в плане исследования конкретных художественных пространств в повестях Тургенева и Достоевского.

Типологическая модель художественного пространства предложена В. А. Зарецким в его работе «Пространственная организация произведения словесного искусства и ее изучение при сегментации художественного текста».

Художественное пространство отдельного литературного произведения мыслится организованным по уровням, определяемым субъектами сознания и речи. В соответствии с этим выделяется в произведении пространство автора (АП) и основное фабульное пространство (ОФП), соответствующее уровню героев в субъектном аспекте. И в том и в другом уровне необходимо различать место как *locus* — ячейку, образуемую социальными и бытовыми связями и нормами субъекта речи (сознания), и как *topos* — участок изображаемого художником физического пространства. Совпадение *locus'a* и *topos'a* возможно, но не обязательно. *Topos* всегда неподвижен и составляет собственно пространственную категорию; *locus* — категория *quasi*-пространственная — может быть подвижен.

Авторское и основное фабульное пространства в совокупности составляют композиционное пространство. В состав последнего факультативно входят и так называемые малые фабульные пространства, — т. е. пространства рассказа в рассказе, сна, воспоминаний и т. д.

При конкретных анализах отдельных произведений вышеуказанные параметры художественного пространства фиксировались графически на трех линейках *пространственного стана*. Текст сегментировался на уровне предикативных групп. В графическом эквиваленте пространственного аспекта произведения учитывались также такие моменты, как наличие или отсутствие локуса и смена точек зрения.

Композиционную пространственную модель отдельного произведения можно рассматривать как элемент системы более высокого уровня, например, творчества автора в целом, литературного метода и т. д.

В творчестве отдельного писателя формируется индивидуальная пространственная модель мира (ПММ), в своих основных чертах определяемая еще более общей категорией — исходной композиционной пространственной моделью (ИКПМ), характерной уже для направления или метода в целом.

Композиционные пространственные модели (КПМ) варьируют ИКПМ по четырем измерениям. Два из них предполагают выбор определенного числа элементов в ряду, который на уровне ИКПМ остается открытым. Это — глубина фабульных пространств (число уровней фабульных и малых фабульных пространств одного уровня). Третье измерение вариаций — полнота введения различных типов КП, четвертое — различие композиционных моделей пространства по структуре совпадения и разъединенности композиционных пространств (например, авторского и основного фабульного пространств).

Следовательно, исходная композиционная пространственная модель представляет собой полный набор элементов, комбинации которых образуют конкретные композиционные пространственные модели, другими словами, ИКПМ — парадигма, а КПМ — синтагма по отношению к ИКПМ.

Частный случай рассмотрения пространственной модели представляет собой обращение к некоторым теоретическим вопросам, связанным с понятием «пространство героя». В данном случае нас интересует не общий тип носителей пространства в произведении, а то, как пространство, соотнесенное в нем с героем-персонажем, раскрывает и уточняет оценку данного образа. Основные компоненты пространства героя — это объем пространства (совокупность конкретных *topos'ov*), качественная специфика *topos'ov u locus'ov* данного героя, а также степень конкретности изображения выше-названных элементов, колеблющаяся от называния до подробной прорисовки *topos'ov u locus'ov* данного персонажа.

Особый аспект качественной специфики пространства героя представляет тип пространства по замкнутости-разомкнутости. С типом замкнутого (центростремительного) и разомкнутого (центробежного) пространства героя связано членение пространства на «дом» и «мир» (в классификации Ю. М. Лотмана «дому» соответствует точечное пространство, «миру» — целых три: линейное, плоскостное и объемное).

Кроме указанных аспектов, нами вырабатывается методика анализа целевой (телеологической) модели поведения литературного персонажа. Исследуется «планшет» сознания персонажа, т. е. возникновение у него жизненных целей и их осуществление путем пошагового алгоритма поведения героя. Другой подход связан с разработкой графической системы записи целей действий героя в их конфликтах, одно- и разнонаправленности.

Проделанная работа подводит нас к задаче исследования художественных текстов с учетом их эстетической и идеологической специфики.

Сегодня предпринимаются попытки определения методики сегментации текста на соизмеримые, следовательно, подлежащие формализации и алгоритмизации отрезки, сохраняющие художественную значимость.

Наряду с этим ведется апробирование и уточнение разрабатываемой методики на конкретных материалах.

ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНЫХ МИРОВ КАК ОСНОВА РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫСОКОЙ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ СТОИМОСТИ

Человек воспринимает и обрабатывает зрительную, слуховую, тактильную, знаковую и смысловую информацию из окружающего мира, и информационные технологии должны представлять человеку информацию в наиболее естественном для него виде, что и обеспечивает высокую потребительскую стоимость. Эта задача решается в рамках технологий виртуальных миров. За разработку таких технологий коллективу авторов в 2005 г. была присуждена премия Президента России в области образования.

Лауреатами премии Президента России в области образования стали: доктор философских наук, профессор Богданов Сергей Игоревич и кандидат филологических наук Юрков Евгений Ефимович — сотрудники Санкт-Петербургского государственного университета; доктора технических наук, профессора Оводенко Анатолий Аркадьевич, Игнатьев Михаил Борисович, кандидаты технических наук доценты Никитин Александр Васильевич и Решетникова Нина Николаевна — сотрудники Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения; доктор технических наук, профессор Козлов Владимир Николаевич и кандидат технических наук Морозов Борис Иванович — профессора Санкт-Петербургского государственного политехнического университета; профессор, доктор технических наук Романов Виктор Егорович — ректор Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна; Тозик Вячеслав Трофимович — кандидат технических наук, заведующий кафедрой Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики.¹

1. Актуальность

Одна из основных потребностей пользователя, которую должна удовлетворять электронная компьютерная среда — естественность существования и обучения в ней, т. е. среда должна давать возможность человеку смотреть, слушать, ходить, приобретать опыт, обсуждать, объяснять, проявлять эмоции, взаимодействовать с ней естественным и привычным способом без «неестественных» опосредованных средств восприятия и воздействия (например, замещающих объект иконок, клавиатуры, мыши). Для достижения этого необходимо решить одну из основных проблем современных информационных технологий, связанную с поддержкой восприятия и взаимодействия пользователя с объектом взаимодействия и с другими участниками научного, производственного или образовательного процесса с учетом их личностных особенностей. Традиционные информационные и ком-

¹ Указ Президента РФ № 79 от 25 января 2005 г.

муникационные технологии поддерживают, в основном, опосредованное или вербальное восприятие и взаимодействие пользователя с электронными средствами деятельности, что является их серьезным недостатком.

Решение указанной проблемы связывается с использованием концепции виртуальных миров, основанной на глубоком погружении человека в определенную среду и взаимодействию с объектами и персонажами этой среды с учетом его сенсорных и моторных характеристик.

В настоящее время за рубежом виртуальные миры как объект изучения и применения находятся в стадии интенсивных теоретических и экспериментальных исследований и первых коммерческих применений. Это направление включено в приоритетные направления науки и техники Национальной академии наук и Министерства обороны США, в 6-ю Рамочную Программу Европейского сообщества и ряд других международных и национальных программ развитых стран.

В России исследования и разработки в области виртуальных миров соответствуют приоритетным направлениям фундаментальных исследований, критическим технологиям и технологиям двойного назначения федерального уровня. В области образования виртуальные миры, как одна из перспективных информационных и коммуникационных технологий, будут способствовать достижению целей и решению задач Министерства образования по информатизации стратегических образовательных направлений, реализации таких Федеральных целевых программ, как «Развитие единой образовательной информационной среды (2001–2005 гг.)», «Электронная Россия», «Интеграция науки и высшего образования России на 2002–2006 гг.», а также ряда других федеральных, межотраслевых и отраслевых программ.

2. Основные положения авторской концепции виртуальных миров

Существуют различные взгляды на природу виртуальных миров со стороны философов, психологов, культурологов, искусствоведов, техников, социологов, педагогов. Однако общее для всех таких взглядов то, что виртуальный мир обеспечивает глубокое погружение человека в определенную среду (например, в искусственно созданный трехмерный мир с шестью степенями свободы) и взаимодействие с объектами и персонажами этой среды в реальном времени с использованием различных характеристик человека — физических, психических, физиологических, личностных, познавательных, адекватных его повседневной жизни и деятельности или существенно расширяющие их. В технологическом смысле виртуальный мир более коротко можно определить как интерактивную виртуальную среду с погружением.

2.1. Основными характеристиками виртуального мира являются погружение, присутствие и интерактивность.

Погружение (Иммерсивность) — мера степени информации, окружающей и включающей человека через его сенсорные средства. Может измеряться как соответствие количества перцептивных ресурсов (зрение, слух, осязание и другие) среде и факторам, подобным восприятию масштаба, естественной связи с предметами и отсутствию отвлечения. В пределе иммерсивность превращается в присутствие. Степень погружения определяется шириной и глубиной и проявляется в двух аспектах — сенсорном и семантическом.

Присутствие — мера субъективного эмоционального чувства присутствия человека в области среды или пространства. Обычно мы ощущаем присутствие в нашей естественной, каждодневной обстановке. Когда мы попадаем в другую среду, наше чувство присутствия изменяется в зависимости от реальности этой среды.

Интерактивность — мера предоставляемой человеку возможности свободы действий внутри среды, которая основывается на правилах и поведении среды.

Интерактивность проявляется в форме собственного движения в мире, взаимодействия с объектами мира, реакции объектов на участника и существует в двух видах — статической и семантической.

2.2. Другая важнейшая характеристика виртуального мира — возможность присутствия в них **персонажей или аватаров**, которые могут быть автономными или представлять пользователя на основе различных позиций восприятия — первой (непосредственный участник мира), второй (видит себя в мире со стороны) или третьей (видит мир и себя с позиции стороннего наблюдателя).

Виртуальный мир можно представить в виде функционально-структурной декомпозиции: мир — события — сцены — ситуации — объекты — признаки. Признаки могут быть получены путем опроса человека, снятием его психофизиологических параметров или взяты из известных психологических моделей. Центральное звено декомпозиции — мультимодальная сцена в виде ситуационно взаимодействующих объектов.

2.3. Здесь в дальнейшем мы будем рассматриваем **компьютерные виртуальные миры**, источником формирования и поддержки которых являются программно-аппаратные вычислительные средства. Система формирования и поддержки компьютерных виртуальных миров состоит из подсистем интерфейса пользователя; управления; моделирования среды, объектов и персонажей и может функционировать в однопользовательском, групповом (один экран — несколько пользователей) и многопользовательском (географически распределенные пользователи) режимах.

Компьютерные виртуальные миры могут быть полетные и реактивные; локальные и распределенные; настольные, проекционные, носимые, тренажеры; однопользовательские и многопользовательские.

Исходя из концепции поэтапного внедрения технологии виртуальных миров в научную, производственную или образовательную деятельность, опираясь на сложившуюся программно-аппаратную инфраструктуру, определим следующие **базовые характеристики виртуальных миров**: гипер- и мультимедийность, одно- и многопользовательский доступ при локальном и распределенном исполнении, смешанная доставка материала пользователю (компакт-диск, телекоммуникации), возможность заселения персонажами (аватарами). Отметим также базовый интерфейс пользователя:

- уровень погружения — трехмерный аудиовизуальный мир с шестью степенями свободы — через экран стандартного монитора (или проектора);
- вид интерактивности — передвижение в трехмерном мире, взаимодействие с объектами, реагирование на воздействия — посредством клавиатуры и мыши.

Такой подход позволяет начать работу с виртуальными мирами, приобрести опыт их разработки и применения. А в перспективе с учетом достигнутого уровня технологии и имеющихся ресурсов постепенно увеличивать уровни погружения и интерактивности (без изменения внутренних форматов) за счет усовершенствования моделей и подключения персонального дисплея, сенсорных перчаток, генерации запахов и кинестетических ощущений, тренажеров (авто, авиа и др.) с постепенной заменой обычных телевизоров и др.

Дальнейшее увеличение функциональных возможностей виртуальных миров связано с их индивидуализацией на основе адаптации. Адаптивные миры отражают некоторые характеристики (знания, опыт, предпочтения, цели, сенсорика, моторика) в модели пользователя и применяют эту модель для адаптации различных аспектов мира (содержание, навигация) к потребностям пользователя. Такие системы особенно полезны в области электронного образования, которое, как правило, характеризуется

большими размерами мира и значительным разбросом пользователей по своим целям, уровню знаний и сенсорно-моторным характеристикам. Кроме того, подобные системы могут эффективно использоваться при обучении людей с ограниченными возможностями (нарушение зрения, слуха, опорно-двигательного аппарата и др.).

3. Особенности реализации виртуальных миров в проектах коллектива

1. Поддержка базовых характеристик мира и продвинутого интерфейса пользователя:

- Уровень погружения — трехмерный аудиовизуальный мир с шестью степенями свободы и кинестетическими ощущениями — посредством одно- и многоэкранных (моно и стерео) настольных (мониторы), проекционных (проекторы) и носимых (персональный дисплей) устройств, аудиосистем и системы имитации нагрузок.
- Вид интерактивности — передвижение в трехмерном мире, взаимодействие с объектами и реагирование на воздействия посредством клавиатуры, мыши, трекбола, джойстиков, перчатки, трекеров, микрофона, велосипеда (руль и педали).

2. Поддержка распределенных вычислений на кластерах персональных компьютеров (ПК-кластеры), на основе стандарта VRPN разнообразных VR-периферийных устройств, нескольких методов синхронизации для соединенных экранов (многоэкранный конфигурация).

3. Реализация на основе платформ, позволяющих разрабатывать и поддерживать приложения с качеством Internet (**VRML/X3D/MPEG4**) и **высококачественные приложения** (уровень игр и профессиональных тренажеров, Virtools).

4. Научные, научно-методические, научно-технические и технологические результаты выполненной работы

Разработана концепция виртуальных миров, а также критерии их оценки с точки зрения восприятия и обработки информации при обучении.

Разработана концепция обитаемых виртуальных миров, населенных персонажами, взаимодействие между которыми осуществляется на основе голоса, жестов, текста и в естественно-языковой форме.

Разработана концепция адаптивных виртуальных миров.

Определены методики и варианты реализации и использования виртуальных миров (одно- и многопользовательских) на платформах низкой и средней стоимости соответственно международным стандартам VRML/X3D/MPEG4 и Virtools.

Разработан и апробирован вариант технологической линии для создания и развития виртуальных миров на базе инструментария фирм Virtools, ParallelGraphics, Macromedia, Kinetix, Microsoft.

Создан программно-аппаратный комплекс «Кибернетический велосипед» с системой имитации нагрузок и энергонакопления, позволяющий активно использовать сенсорику и моторику человека при его взаимодействии с виртуальными мирами.

Разработаны методики и библиотека программных модулей для реализации доступа к мирам на базе стандартных средств — стереочков, персонального дисплея с трекером позиции поворота и наклона головы, с наушниками и микрофоном для голосовой связи, сенсорной перчатки, кибернетического велосипеда и различных джойстиков.

Разработаны методики, модели и варианты реализации многопользовательской среды с поддержкой текстовой, голосовой и невербальной коммуникации.

Разработаны методики, модели и библиотека программных модулей для реализации синхронного отображения виртуального мира на несколько мониторов для организации перспективных систем — Desktop multi-monitors, CAVE и др.

Разработано экспериментальное многопользовательское приложение «Виртуальные путешествия на кибернетическом велосипеде» для совместных поездок и соревнований географически распределенных велосипедистов по Санкт-Петербургу с точками входа Санкт-Петербург — Карлсруэ (Германия) — Сидней (Австралия).

Создан ряд пилотных научно-образовательных приложений в форме виртуальных миров, например, Электронный справочник «Системы виртуальной реальности», альбомы «Звуки и образы калмыцкой песни» и «Петербург Пушкина» и др. с доставкой пользователям посредством компакт-дисков и сети Интернет.

5. Учебные, учебно-методические, учебно-технические и технологические результаты

Проведена систематизация и формализация виртуальных миров как инструментов образовательных технологий, базирующихся на когнитивной психологии и нейролингвистическом программировании.

Проведена оценка существующей программно-аппаратной инфраструктуры и ее модернизация для поддержки виртуальных миров.

Разработаны модели построения и варианты реализации учебно-научных сред различного назначения и уровня в форме одно- и многопользовательских виртуальных миров, в частности модель Всероссийской виртуальной кафедры по специальности 2201, виртуального Северо-Западного образовательного центра в области текстильной и легкой промышленности и др.

Для подготовки специалистов в области виртуальных миров и смежных направлений уточнены учебные планы существующих и открыт ряд новых специальностей (030500.04, 030500.06, 654700, 220104, 220100).

Создан учебно-методический комплекс, включающий ряд электронных справочников и учебников по блоку дисциплин, являющихся основополагающими при подготовке специалистов в области виртуальных миров и мультимедиа систем.

ГУАП в кооперации с СПбГУ, СПбГУ ИТМО, СПбГЭТУ, СПбГУТД, СПбГУ, РГТМУ разработана базовая виртуальная учебно-научная среда уровня сообщества университетов — «Виртуальный мир университетов Санкт-Петербурга», представляющая собой виртуальные представительства университетов и историко-тематические приложения.

Разработан ряд электронных образовательных ресурсов в форме одно- и многопользовательских виртуальных миров с доставкой посредством компакт-дисков и сети Интернет, в том числе «Виртуальный мир «Новые технологии в преподавании русского языка как иностранного» и «Большой компьютерный музей Второй мировой войны».

Наиболее значимыми из проведенных в рамках выполненной работы организационно-методическими мероприятиями явились:

- организация проведения уже 30-ти конференций по школьной информатике;
- организация Общества виртуальной реальности Петербурга;
- организация экспериментальной площадки для внедрения кибернетического велосипеда в учебный процесс средней школы;
- заключение ряда международных соглашений в области создания многопользовательских научно-образовательных виртуальных миров;
- организация Международного института кибернетики и артоники;
- организация лаборатории компьютерной графики, мультимедиа и виртуальных миров.

6. Научная новизна и практическая значимость работы

Научная новизна:

- Разработаны методы формализации и оценки виртуальных миров, позволяющие на основе двух основных характеристик — погружения и интерактивности определить наиболее эффективные способы передачи и восприятия учебного материала.
- Разработаны методы адаптивного представления и адаптивной навигации в виртуальных мирах, повышающие эффективность обучения за счет учета личностных особенностей обучаемого.
- Разработаны методы повышения эффективности взаимодействия пользователя с виртуальными мирами на основе включения в контур управления его сенсорных и моторных характеристик на основе кибернетического велосипеда, который не имеет аналогов в России, а по совокупности программно-аппаратных характеристик реализации имеет преимущества перед аналогичными зарубежными установками.

Практическая значимость выполненной работы: использование технологии виртуальных миров обеспечивает, в частности, целостное сенсорное восприятие объекта, в т. ч. и за счет трехмерной организации и визуализации данных; непосредственное формирование опыта; активное использование сенсорики и моторики человека; невербальную коммуникацию, связанную с чувствами и эмоциями человека, его внешним видом и поведением.

Перечисленное выше — биологически естественно для человеческого организма; позволяет исключить из когнитивного процесса необходимую стадию мысленного достраивания воспринимаемой картины и, тем самым, облегчает работу анализаторов, ускоряя процесс восприятия учебного материала, в т. ч. и невербальной информации; существенно повышает степень понимания и закрепления материала; позволяет учесть индивидуальные особенности восприятия обучаемого; делает возможным совмещение процесса обучения и практической деятельности, обеспечивает возможность групповой работы.

Таким образом, решается одна из основных проблем образования — повышение эффективности восприятия и взаимодействия обучаемого с объектом изучения и с другими участниками научно-образовательной деятельности.

Реализация и использование технологии виртуальных миров в учебном процессе соответствует Федеральному и международному уровням; позволяет вести обучение в соответствии с государственными образовательными стандартами и подготовить задел для проектирования стандартов нового поколения; соответствует международным стандартам и рекомендациям профессиональных организаций в области подготовки ИТ-кадров.

Результаты работы внедрены по направлениям и специализациям обучения — 552800, 654600 (2201), 030500.04, 030500.06, 654700, 220104, 552812, 552813 при подготовке специалистов, бакалавров и магистров.

Уровни образования, на котором могут быть использованы результаты, включают как среднее общее образование, начальное и среднее профессиональное образование, так и высшее профессиональное образование, послевузовское образование, дополнительное образование.

Результаты отмеченной премией Президента Российской Федерации работы могут быть применены и в других областях, например, в науке, промышленности, культуре, искусстве, презентационных и развлекательных системах, электронном туризме, транспорте, медицине, спорте.

Памятники науки существуют вечно.

Вольтер

Ч А С Т Ъ І V

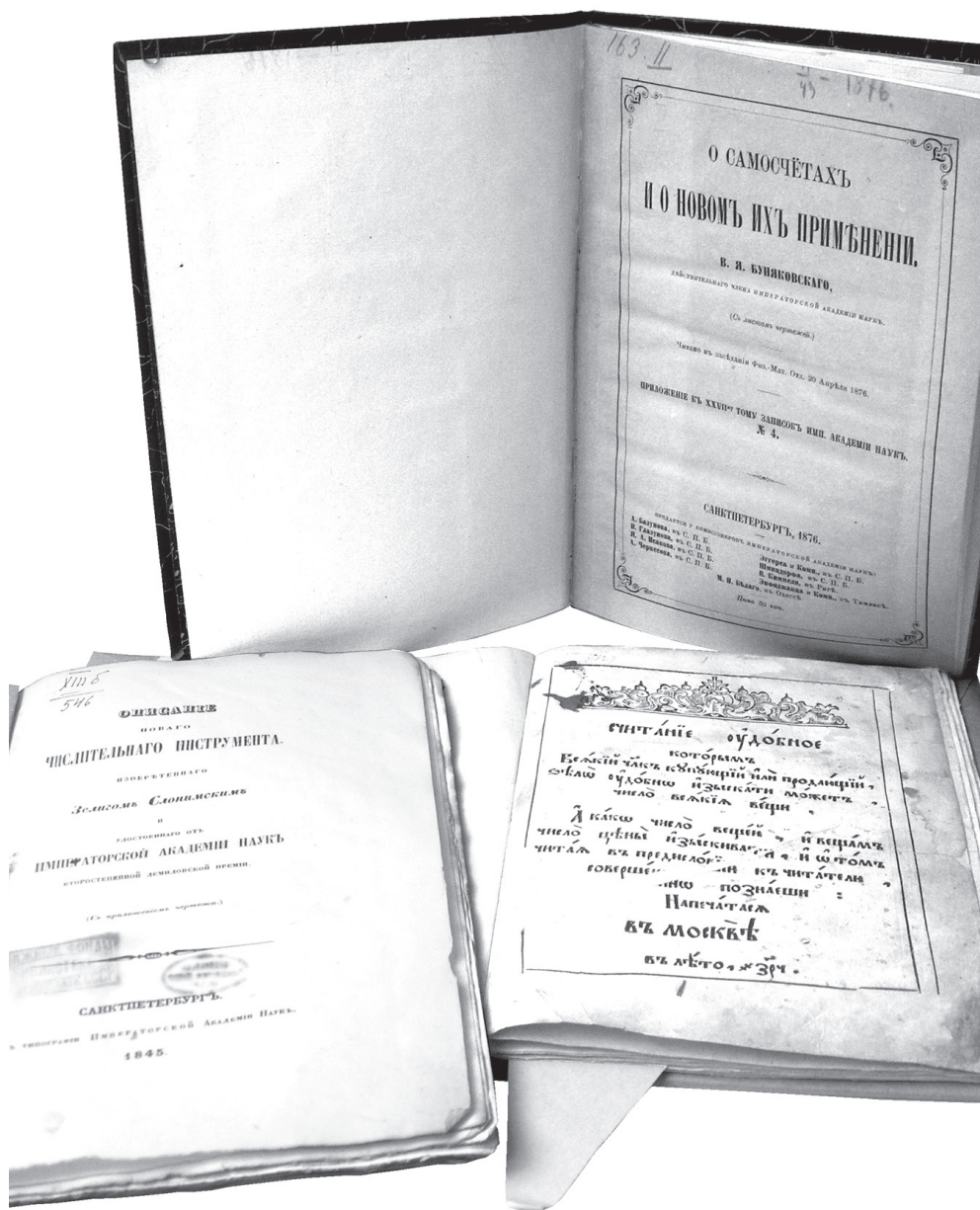
ИЗ ФОНДОВ И АРХИВОВ БИБЛИОТЕКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Факты из истории российской науки и техники

**О самосчётах и о новомъ ихъ примѣненіи В. Я. Буняковского,
дѣйствительнаго члена Императорской академіи наукъ**

Об арифмометре П. Л. Чебышева

Об арифмометре В. Т. Однера



Раритеты из библиотечных фондов.

© Леонов В. П., Вус М. А.

ФАКТЫ ИЗ ИСТОРИИ РОССИЙСКОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Развитие информатики и кибернетики так или иначе связано с многовековой историей развития приспособлений и инструментов для счета. Документальные свидетельства истории развития средств вычислений можно найти в материалах и публикациях, хранящихся в библиотеках и архивах. Есть такие раритетные издания и в хранилищах Библиотеки Российской академии наук.

«Считание удобное...»

*На стене в машинном зале английского ВЦ
в застекленной нише висят русские счёты.*

*На стекле красной краской надпись:
«Break in case of emergency»!*

*Шутка российских программистов
периода первых ЭВМ*

...Иностранец, побывавший в России во времена царствования Ивана Грозного, записал: «*В русской земле счет ведут при помощи сливяных косточек*». Счет костыми подготовил почву для возникновения «дошаного счета» — прообраза русских счетов. В начале XVIII в. иностранцы, приезжавшие в Россию, с удивлением рассматривали русские «счетные решетки».

Впервые слово «счёты» встречается в рукописях 1691 г. Есть свидетельства того, что в 1920–1930 гг. большие, в рост человека, счеты на ножках стояли в Эрмитаже, и швейцар отсчитывал на них количество посетителей музея.

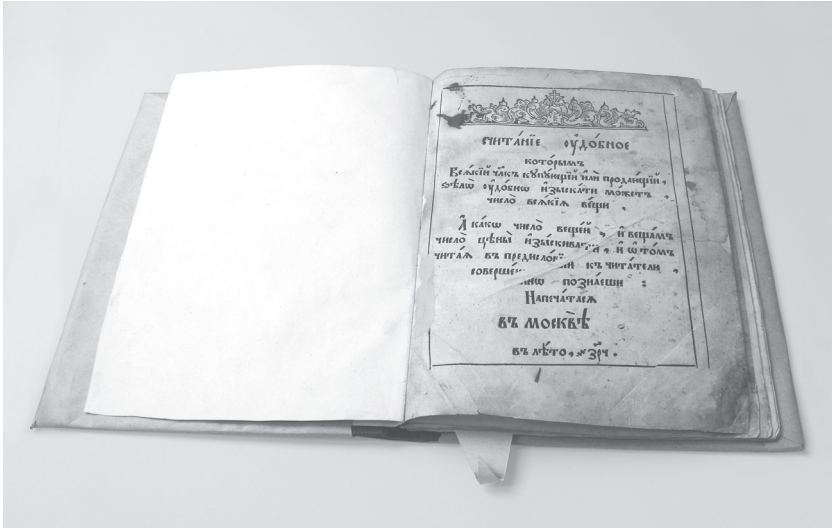
В Петровской галерее Эрмитажа выставлены старинные счеты, изготовленные в виде небольшой изящной шкатулки, запирающейся на серебряный крючок. Но из этого не следует, что «дошанный счет» был доступен лишь очень богатым. В рукописи XVII века говорится: «*Им всякий торговый счет счет, и счетной, и померной, и весчей, и денежной...*».

Есть в Эрмитаже и счеты, устроенные в грубом ящичке из дубовых дощечек. Такой «дошанный счет» был доступен многим. Это засвидетельствовал в свое время один датчанин, побывавший в России, писавший: «*Все русские вплоть до беднейших крестьян очень опытни в счетном искусстве. Они пользуются для этого счетной дошкой*». Так он назвал счеты.¹

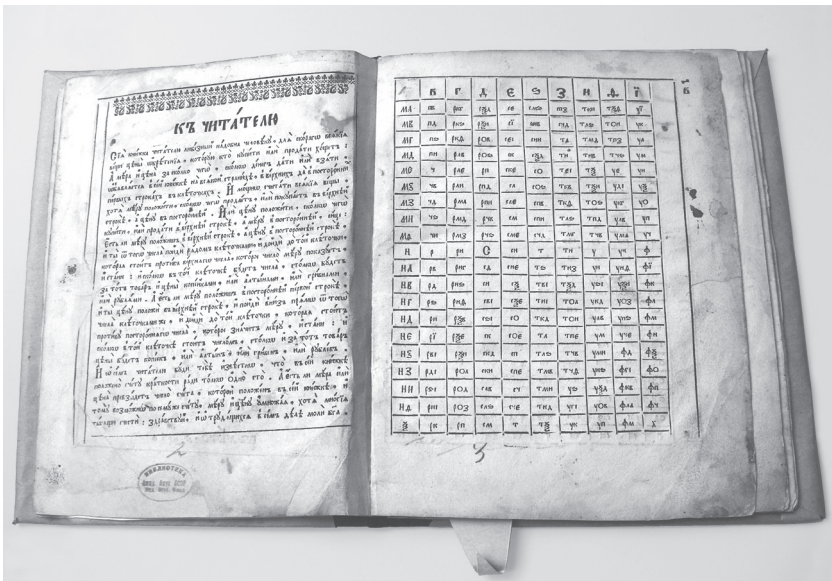
В России тогда выпускались даже руководства в помощь считающим. Так, в 1682 г. в Москве вышла брошюра под названием «*Считание удобное, которым*

¹ Кобринский Н. Е., Пикелис В. Д. Быстрее мысли. – М.: Молодая гвардия, 1959. С. 107, 108.

всякий человек, купующий и продающий, дело удобно взыскати может, число всякие вещи». В брошюре приводилась таблица произведений целых чисел от 1 до 100. В фондах БАН хранится экземпляр этого раритетного издания. Ниже представлены его титульный лист и страницы с фрагментами текста.



Титульный лист брошюры, изданной в 1682 г.



Обращение к читателю в одном из самых старых в России печатных пособий по арифметике.

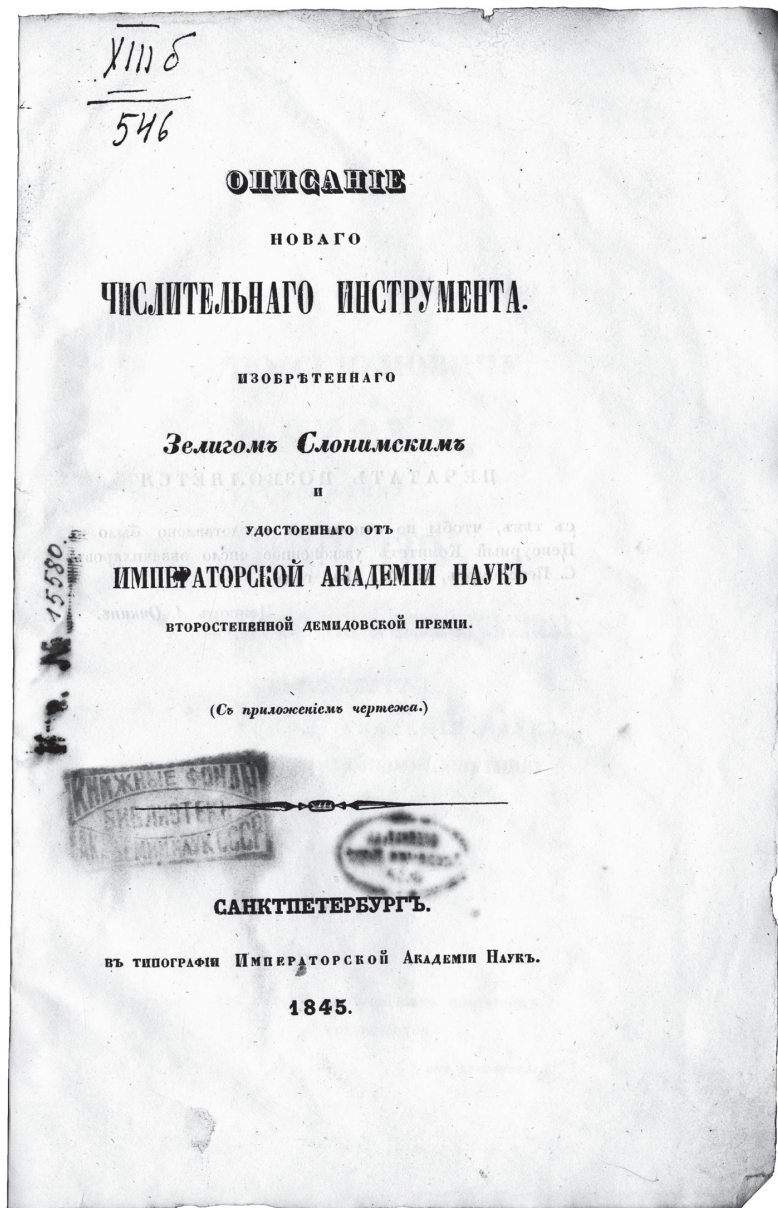
Таблица для счета.

Счеты просуществовали почти три столетия. Благодаря своей простоте в нашей стране они имели очень широкое распространение. Деревянные конторские счеты можно было увидеть на рабочем столе пожилого бухгалтера жилконторы еще и на рубеже нынешнего столетия.

Счеты были распространены не только в России. Китайские и японские семикоточковые счеты «Суань-пань» и «Соробан», например, были очень похожи на русские счеты. Офицер армии Наполеона, французский математик Ж. Понселе, находясь в плену, познакомился с русскими счетами. Вернувшись во Францию, он использовал их в качестве учебного пособия в школах. Но на Западе, как отмечают историки, счетами почти не пользовались.

С развитием производительных сил значение вычислений росло, считать приходилось все больше и больше, поэтому предпринимались попытки усовершенствовать счеты. Так, например, в 30-х гг. XIX в. появились оригинальные счеты генерала Слободского, который соединял в одной раме 12 счетов, а иногда и больше. Многорядные счеты позволяли без бумаги и карандаша «записывать на костяшках» промежуточные результаты. Изобретатель разработал специальные правила пользования своим счетным агрегатом. Специальная комиссия, членом которой был — в то время адъютант — будущий академик Императорской Академии наук Владимир Яковлевич Буняковский, ознакомилась с изобретением и установила, что «новый прибор ускоряет счет в 5–6 раз».

В 1845 г. в Петербурге по решению Академии наук вышла книга почетного гражданина Зелига Слонимского «*Описание нового числительного инструмента*». Экземпляр этого издания также имеется в фондах БАН. На стр. 154 и 155 приведены изображения его титульного листа и страницы со ссылкой на дозволение цензурного ведомства и авторским посвящением С. С. Уварову — «его Высочайшему превосходительству господину Министру просвещения, президенту Императорской академии наук».



Титульный лист книги, изданной в 1845 г.

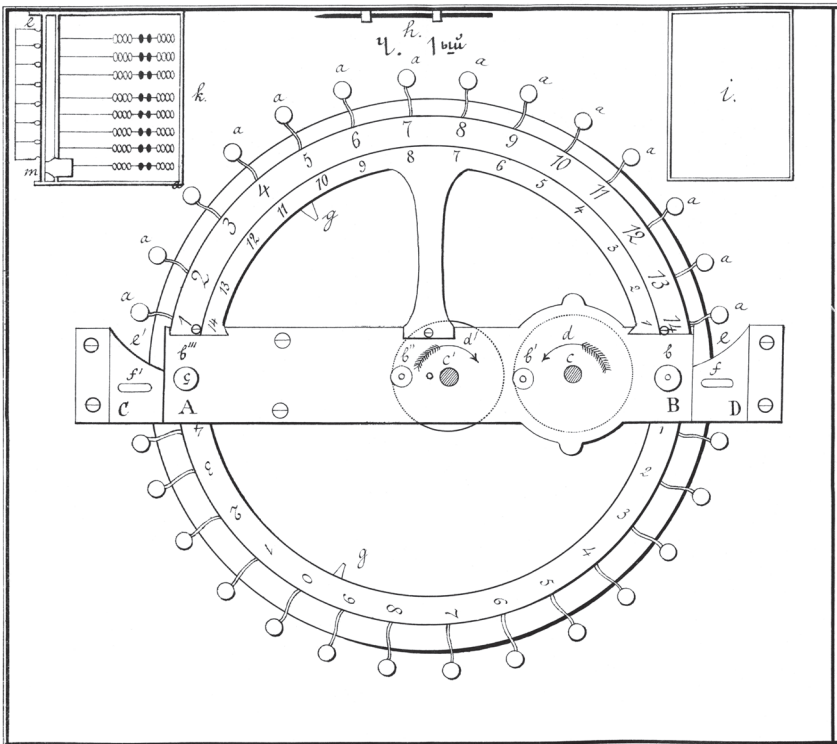
Хотя «Числительный инструмент» З. Слоимского и был удостоен Демидовской премии, он, как оказалось, не годился для массового производства и применения.



Страницы книги З. Слонимского
с дозволением Цензурного комитета и авторским посвящением.

О САМОСЧЁТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМѢНЕНИИ В. Я. Буняковского, дѣйствительнаго члена Императорской Академіи наукъ

Интересные «самосчеты» построил сам В. Я. Буняковский. Это был прибор для многократных сложений и вычитаний. Прибор не был похож на счеты, хотя принцип их действия и лег в его основу. Изобретатель решил заставить счеты «скидывать косточки и переносить единицы высших разрядов с одной проволоки на другую». Свой прибор В. Я. Буняковский представил в Академию наук в 1867 г., а в 1876 г. по распоряжению Императорской Академии наук в Санкт-Петербурге была издана брошюра «О самосчётахъ и о новом ихъ примененіи» (как приложение №4 к XXVII тому Записок Императорской Академии наук). *Факсимильное воспроизведение страниц этого раритетного издания (из фондов БАН) представлено далее.*



Чертѣж 1 к брошюре В. Я. Буняковского.

О САМОСЧѢТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМѢНЕНІИ.

В. Я. БУНЯКОВСКАГО,

ДѢЙСТВИТЕЛЬНОГО ЧЛЕНА ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

(Съ листомъ чертежей.)



Читано въ засѣданіи Физ.-Мат. Отд. 20 Апрѣля 1876.



ПРИЛОЖЕНІЕ КЪ XXVII^{му} ТОМУ ЗАПИСОКЪ ИМП. АКАДЕМІИ НАУКЪ.
№ 4.



САНКТПЕТЕРБУРГЪ, 1876.



ПРОДАЕТСЯ У КОМИСИОНЕРОВЪ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ:

А. Вазулова, въ С. П. Б.

Н. Глазунова, въ С. П. Б.

Я. А. Исакова, въ С. П. Б.

А. Черкесова, въ С. П. Б.

Эггерса и Комп., въ С. П. Б.

Шмидерфа, въ С. П. Б.

Н. Кяммеля, въ Ригѣ.

Эпеджаца и Комп., въ Тифлисѣ.

М. И. Бѣлаго, въ Одессѣ.

Цена 30 коп.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.
С.-Петербургъ, Мая 1876 года.

Непремѣнный Секретарь, Академикъ *К. Веселовскій*.

О САМОСЧЁТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМЪНЕНИИ *).

Самое простое и, вмѣстѣ съ тѣмъ, самое дешовое изъ существующихъ ариѳметическихъ пособій для производства простыхъ вычисленій, встрѣчающихся въ общежитіи, безспорно составляютъ *русскіе счёты*. Начиная съ мелкихъ торговцовъ и до занимающихся счётною частію въ высшихъ административныхъ мѣстахъ, всѣ пользуются этимъ простымъ снарядомъ, который, конечно, многими десятками тысячъ расходится ежегодно въ Россіи и даже начинаетъ отчасти входить въ употребленіе и за границей. Каждый изъ насъ не разъ могъ наблюдать, съ какимъ искусствомъ и быстротою не только счётчики по обязанности, но и нѣкоторые простые прикащики въ лавкахъ, выкладываютъ на счёткахъ. Мы едва-ли ошибемся утверждая, что ни одинъ изъ существующихъ ариѳметическихъ снарядовъ, и даже вѣроятно

*) Въ 1867 году я представилъ въ Академію Наукъ ариѳметическій приборъ, названный мною *Самосчётами*, устраняющій неудобства обыкновенныхъ счётовъ относительно перенесенія единицъ низшаго разряда въ высшій. Описаніе этого счётнаго пособия въ то время не было издано мною. Нынѣ, усмотрѣвъ что этотъ самый снарядъ, съ весьма малыми въ немъ измѣненіями, можетъ въ значительной степени облегчить вычислителямъ утомительный трудъ опредѣленія *среднихъ мѣсячныхъ* и *годовыхъ* результатовъ наблюденій, я рѣшился издать сказанное описаніе, дополнивъ прежнюю мою Записку по этому предмету подробностями, относящимися къ новому примѣненію моихъ самосчётотвъ.

4

В. Я. БУНЯКОВСКИЙ,

изъ тѣхъ, которые со временемъ будутъ придуманы, не выгѣснять изъ всеобщаго у насъ употребленія простыхъ русскихъ счётовъ.

Усовершенствованныя ариѳметическія машины имѣютъ на своей сторонѣ неоспоримое преимущество предъ счётами для производства сложныхъ вычисленій; но онѣ, вообще, несравненно менѣе удобны при простыхъ выкладкахъ, требуемыхъ нуждами общежитія. Замѣтимъ при этомъ, что не одна только сравнительно—высокая цѣна подобныхъ машинъ, но еще болѣе самая несподручность способа дѣйствованія ими, препятствуетъ ихъ распространенію. Къ главному практическому неудобству ихъ мы относимъ *постановку* чиселъ, надъ которыми должны быть производимы выкладки. Дѣйствительно, ничто не можетъ быть проще *перекидыванія* косточекъ на счётахъ, между тѣмъ какъ на ариѳметическихъ машинахъ этотъ пріёмъ, болѣею частію, замѣняется послѣдовательнымъ подведеніемъ требуемыхъ цифръ подъ прорѣзанныя въ опредѣленныхъ мѣстахъ отверзтія или окошечки, что значительно замедляетъ дѣйствіе. И другіе способы, употребляемые для постановки чиселъ, имѣютъ свои неудобства. Повторяю, *перекидываніе* косточекъ составляетъ существенное, ничѣмъ незамѣнимое, достоинство нашихъ счётовъ. Съ другой же стороны, скидка косточекъ и необходимость переносить единицы высшихъ разрядовъ съ одной проволоки на другую, представляетъ немаловажный ихъ недостатокъ. Снарядъ, самъ выполняющій такое перенесеніе, и въ которомъ постановка чиселъ была бы такъ же легка какъ на счётахъ, соединилъ бы въ себѣ главныя достоинства простой счётной машины. Преимущество его предъ обыкновенными счётами состояло-бы очевидно въ томъ, что, при болѣе еще быстротѣ выкладокъ, онъ не требовалъ бы, во первыхъ, постоянно напряженнаго вниманія для непогрѣшительнаго замѣненія единицъ низшаго разряда высшими, и во вторыхъ, представлялъ бы полное ручательство въ вѣрности получаемыхъ результатовъ, потому что всѣ требуемыя замѣненія производились бы безошибочно посредствомъ механизма.

О САМОСЧѢТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМЪНЕНИИ.

5

Придуманный мною снарядъ отчасти удовлетворяетъ упомянутымъ сей-часъ условіямъ. Устройство его механизма такъ просто, что достаточно осмотрѣть съ небольшимъ вниманіемъ составныя его части, чтобы вполне ознакомиться съ его образомъ дѣйствія.

Употребленный мною способъ для постановки чисель, по удобству своему, мало уступаетъ обыкновенному приѣму *перекидыванія* косточекъ на счѣтахъ. Постановка производится чрезъ передвиженіе такихъ же косточекъ, насаженныхъ на стерженки, правильно размѣщенные по окружности подвижнаго круга, удобоподвижность котораго значительно способствуетъ ускоренію дѣйствія. При самомъ маломъ числѣ подведеній цифръ подъ отверстія, снарядъ непосредственно опредѣляетъ сумму слагаемыхъ. Можно и совершенно обойтись безъ подобныхъ подведеній: но, въ такомъ случаѣ, по окончаніи постановки всѣхъ слагаемыхъ, придется произвести вычисленіе, впрочемъ весьма коротенькое и простое (Смот. § 3.).

Приводимъ теперь нѣкоторыя частности, относящіяся къ устройству снаряда и къ его употребленію.

§ 1. На *Чертежъ 1* изображены видимыя части *самосчѣтотовъ*. Сверху представляются 14 косточекъ *a, a, a, . . .*, равноотстоящихъ одна отъ другой, и расположенныхъ полукружіемъ; въ нижней части снаряда такихъ же косточекъ 16, такъ что всѣхъ ихъ счѣтомъ 30. Всѣ онѣ правильно размѣщены по окружности кольцеобразной полосы или пояса, на которомъ выставлены три ряда цифръ отъ 0 до 9. Полоса эта соединена накрѣпко съ круговымъ дискомъ, свободно обращающимся около оси, проходящей чрезъ его центръ. Подъ верхними 14 косточками находится дугообразная полоса, съ награвированными на ней двумя рядами чисель

1, 2, 3 до 14;

верхнія расположены въ возрастающемъ, а нижнія, въ убывающемъ порядкѣ ихъ величинъ. Крупныя цифры употребляются

6

В. Я. БУНЯКОВСКИЙ,

при сложении, а мелкія — при вычитаніи, какъ будетъ показано ниже.

Всю средину прибора занимаетъ мѣдная продолговатая дощечка или планка AB , съ двумя возвышеніями C и D на ея оконечностяхъ для прохода косточекъ; кромѣ того, на приборѣ замѣчаемъ слѣдующія принадлежности:

1°) Четыре круглыхъ отверстій или окошечекъ b , b' , b'' и b''' , въ которыхъ послѣдовательно появляются разныя цифры при производствѣ выкладокъ. Последнее изъ нихъ b''' служитъ только для удостовѣренія въ равномерности размѣщенія цифръ по окружности кольцеобразной полосы.

2°) Двѣ пуговицы c и c' , обращеніемъ которыхъ подводимъ подъ отверстія b' и b'' требуемыя цифры, выставленныя на окружностяхъ двухъ числительныхъ колесъ, находящихся подъ дощечкою AB .

3°) Двѣ стрѣлки d и d' , указывающія на стороны, въ которыя должно обращать пуговицы для того чтобы цифры 0, 1, 2, 3 . . . до 9 появлялись въ отверстіяхъ b' и b'' въ возрастающемъ порядкѣ ихъ величинъ.

4°) Двѣ выемки e и e' , вырѣзанныя въ возвышеніяхъ D и C .

5°) Три зубца g , изъ которыхъ два видны на чертежѣ, а одинъ не виденъ и находится подъ планкою AB съ правой ея стороны. Эти три зубца утверждены на круговомъ дискѣ между цифрами 0 и 9; они, задѣвая поочередно за цѣвку крайняго праваго числительнаго колеса, тѣмъ самымъ подводятъ подъ отверстіе b' по порядку цифры 1, 2, 3 и такъ далѣе.

6°) Двѣ скобочки f и f' для выниманія снаряда изъ ящика.

Для записыванія получаемыхъ результатовъ, въ верхней части снаряда помѣщена аспидная дощечка i съ грифелемъ h и, кромѣ того, малаго размѣра счѣтцы k обыкновеннаго устройства, съ тою только разницей, что для выставленія нуля, принадлежащаго какому либо разряду единицъ, съ лѣвой ихъ стороны протянута проволока lm , на которой нанизаны ярлычки

О САМОСЧѢТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМЪНЕНИИ.

7

или мѣтки, соотвѣтствующія каждой проволокаѣ счётовъ; чтобъ отмѣтить *нуль*, стѣбитъ только обернуть ярлычокъ.

§ 2. Самосчѣты въ особенности удобны для *сложенія*. Дѣйствіе это производится на нихъ не какъ на обыкновенныхъ счёткахъ, на которыхъ прокидываются при каждомъ приѣмѣ *всѣ разряды единиц* каждаго слагаемаго, а отдѣльно, для *каждаго разряда*, какъ при сложеніи на письмѣ, именно: сперва складываютъ *простыя единицы*, потомъ *десятки* съ присовокупленіемъ къ нимъ полученныхъ уже единицъ высшихъ разрядовъ, потомъ *сотни* съ подобнымъ присовокупленіемъ и такъ далѣе.

Самая же постановка слагаемыхъ цифръ производится какъ нельзя проще. Для этого, прежде всего, выставляемъ *нуль* во всѣхъ трехъ отверзтіяхъ b , b' , b'' , въ первомъ b чрезъ обращеніе подвижнаго диска при посредствѣ одной изъ косточекъ, верхней или нижней, а въ остальныхъ двухъ b' и b'' , помощію пуговокъ c и c' . Послѣ того прямо приступаемъ къ сложенію простыхъ единицъ слѣдующимъ образомъ: приложивъ указательный палецъ къ правой сторонѣ той косточки, подъ которою выставлена крупная цифра простыхъ единицъ перваго слагаемаго, ведемъ эту косточку со среднею скоростію выкладывая на обыкновенныхъ счёткахъ отъ правой руки къ лѣвой, вплоть до выемки e' . Тогда въ окошечкѣ b будетъ стоять требуемая цифра. Поочушаемъ совершенно такимъ же образомъ съ цифрою простыхъ единицъ втораго слагаемаго, потомъ третьяго и такъ далѣе до послѣдняго; окончивъ это дѣйствіе, получимъ въ отверзтіяхъ b'' , b' и b сумму перваго столбца, то есть сумму простыхъ единицъ всѣхъ слагаемыхъ, именно: въ отверзтіи b'' — *сотни*, въ b' — *десятки*, въ b — *простыя единицы*. Цифру простыхъ единицъ записываемъ на дощечкѣ i или отмѣчаемъ на счётцахъ k *); далѣе, цифру десятковъ, находящуюся въ окошечкѣ b' , ставимъ въ от-

*) Если въ отверзтіи b окажется *нуль*, то для избѣжанія всякаго сомнѣнія при дальнѣйшихъ отмѣткахъ на счётцахъ, оборачиваемъ ярлычокъ, о которомъ сказано выше.

8

В. Я. БУНЯКОВСКИЙ,

верзтіе b , а цифру сотенъ, если такая окажется, изъ отверзтія b'' переводимъ въ b' .

Съ цифрами столбца десятковъ слагаемыхъ поступаемъ совершенно такъ, какъ поступали съ цифрами простыхъ единицъ, и окончательную цифру десятковъ приписываемъ съ лѣвой стороны уже найденной предъ тѣмъ цифры простыхъ единицъ, или кладемъ её на счётахъ. — Суммы столбцевъ сотенъ, тысячъ и проч. опредѣляемъ по порядку, опять точно такъ же; такимъ образомъ получимъ и окончательную сумму всѣхъ слагаемыхъ, изъ какого бы числа разрядовъ они не состояли.

Среднее число слагаемыхъ, сумму которыхъ можно опредѣлить помощью самосчетовъ, какъ сей-часъ было показано, простирается до 222 *). Если бы къ двумъ числительнымъ колесамъ снаряда прибавили еще третье, то *среднее число* слагаемыхъ дошло бы до 2222.

Примѣчаніе 1-ое. Для ускоренія сложенія можно пересчитывать за разъ по нѣскольку цифръ данныхъ слагаемыхъ, напри- мѣръ по двѣ или по три цифры, легко удерживаемыя въ памяти, и класть ихъ на самосчётахъ. Равнымъ образомъ, дѣйствіе подвинется быстрѣе впередъ, когда будемъ складывать въ умѣ по двѣ или по три цифры слагаемыхъ, при чемъ, однакожъ, сумма ихъ не должна превышать 14-ти, то есть числа верхнихъ косточекъ.

*) Дѣйствительно, такъ какъ каждая изъ десяти цифръ 0, 1, 2, 3 . . . до 9 можетъ съ одинаковою *априорическою* вѣроятностію занять мѣсто въ разрядѣ простыхъ единицъ, то *средняя* для этихъ цифръ будетъ

$$\frac{(1 + 9) \times 9}{2 \times 10} = 4,5.$$

Съ другой стороны, наибольшее число, которое можетъ быть выставлено на снарядѣ, есть 999; слѣдовательно отношеніе

$$\frac{999}{4,5} = 222$$

изобразить *среднее количество слагаемыхъ*.

Легко усмотрѣть, что при одноцифренныхъ слагаемыхъ, по причинѣ отсутствія нуля, эта *средняя* будетъ 199.

О САМОСЧѢТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМѢНЕНИИ.

9

Примѣчаніе 2-ое. При подведеніи цифръ подъ отверстія должно принимать слѣдующія предосторожности собственно для того, чтобы приводимое въ обращеніе колесо не встрѣчало препятствія къ движенію отъ смежнаго съ нимъ колеса: если въ отверстіяхъ b или b' стоятъ нули, а нужно поставить другія цифры, то слѣдуетъ подводить требуемыя цифры чрезъ передвиженіе косточки или пуговки отъ правой руки къ лѣвой; если же, въ тѣхъ самыхъ отверстіяхъ, вмѣсто какой либо значащей цифры, потребуется поставить нуль, то передвиженіе производимъ въ обратную сторону, именно отъ лѣвой руки къ правой.

Наконецъ, при перемѣнѣ всякой значащей цифры одной на другую, можно, по произволенію, идти отъ правой руки къ лѣвой, или на-оборотъ. Въ отверстіи b'' цифры передвигаются также по произволенію, какъ чрезъ обращеніе пуговки c' въ одну, такъ и въ другую сторону *).

§ 3. Покажемъ теперь другой способъ для сложенія на само-счѣтахъ, весьма удобный въ томъ отношеніи, что онъ вовсе не требуетъ подведенія цифръ подъ отверстія. Объяснимъ это на примѣрѣ.

Положимъ, что ни одно изъ слагаемыхъ не содержитъ въ себѣ болѣе трехъ цифръ, и что взявъ сумму простыхъ единицъ всѣхъ этихъ слагаемыхъ по объясненному выше приѣму, нашли число 354; не переставляя цифръ въ отверстіяхъ, записываемъ это число 354 въ сторонѣ. Складываемъ потомъ десятки слагаемыхъ, которые такимъ образомъ будутъ увеличены на 354

*) Если и при исполненіи упомянутыхъ сей-часъ условій встрѣтится препятствіе къ обращенію пуговокъ, то, безъ вреда для механизма, можно употребить нѣкоторое усиліе для постановки требуемой цифры; но, въ такомъ случаѣ, слѣдуетъ обратить вниманіе на цифры, стоящія въ смежныхъ отверстіяхъ, и возстановить ихъ, если онѣ перемѣнились. Препятствіе или задѣваніе, о которомъ говоримъ, могло бы произойти при неисправности инструмента въ слѣдствіе нѣ котораго излишка въ длинѣ зубцовъ механизма, находящихся между цифрами 0 и 9, и при томъ тогда только, когда въ отверстіяхъ стоятъ эти цифры 0 или 9.

10

в. я. БУНЯКОВСКІЙ,

десятка; пусть найденная сумма будетъ 689; записываемъ и это число не передвигая цифръ. Наконецъ, придаемъ всѣ цифры сотенъ слагаемыхъ къ стоящему уже въ отверзтіяхъ b'' , b' и b числу 689, получающему теперь значеніе сотенъ; положимъ, что нашли сумму 973, которая, какъ видно, на 689 сотенъ болѣе дѣйствительной. При записываніи, найденные три частныя суммы должны быть расположены въ слѣдующемъ порядкѣ:

$$\begin{array}{r}
 354 \\
 689 \\
 \hline
 \text{1-ый итогъ: } 7244 \\
 973 \\
 \hline
 \text{2-ой итогъ: } 104544.
 \end{array}$$

Для полученія искомой суммы должно, въ слѣдствіе сей-часъ сказаннаго, изъ 2-го итога 104544 вычесть излишніе 354 десятка и 689 сотенъ, что составитъ число 72440, прямо получаемое чрезъ приписаніе *нуля* къ первому итогу. Такимъ образомъ получимъ окончательно:

$$\begin{array}{r}
 104544 \\
 \text{вычитая: } 72440 \\
 \hline
 \text{разность: } 32104.
 \end{array}$$

Эта разность и есть искомая сумма данныхъ слагаемыхъ.

И при четырехцифренныхъ слагаемыхъ слѣдовало бы поступать точно такъ же, и записывать частныя итоги единицъ, десятковъ, сотенъ и тысячъ, безъ перестановки цифръ въ отверзтіяхъ. Положимъ, напримѣръ, что получили такимъ образомъ четыре частныхъ итога

136, 285, 463 и 725.

Для опредѣленія суммы данныхъ четырехцифренныхъ слагаемыхъ, располагаемъ дѣйствіе въ слѣдующемъ порядкѣ:

О САМОСЧѢТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМѢНЕНИИ.

11

	136
	285
	463

1-ый итогъ:	49286
	725

2-ой итогъ:	774286
вычитаемъ:	492860

разность:	281426.

Эта разность и равняется суммѣ данныхъ слагаемыхъ.

Показанный сей-часъ способъ вычисления при двухъ числительныхъ колесахъ въ снарядѣ, можетъ быть приложенъ къ суммованію трехцифренныхъ слагаемыхъ, когда ихъ будетъ, *среднимъ числомъ*, 74, а четырехцифренныхъ — 55. При бѣльшемъ числѣ цифръ въ слагаемыхъ, среднее ихъ число должно быть въ соразмѣрности меньше. Еслибъ къ механизму прибавили еще одно колесо, то слагаемыхъ могло бы быть въ десять разъ больше. Но, и безъ этого третьяго колеса, снарядъ можетъ служить для суммованія значительно бѣльшаго числа слагаемыхъ противъ сей-часъ указаннаго. Для этого стоитъ только, послѣ перваго появленія *нуля* вслѣдъ за цифрою 9 въ отверстіи *b''*, приписывать *единицу* съ лѣвой стороны получаемыхъ частныхъ итоговъ; тогда число слагаемыхъ можетъ быть уже вдвое больше. При второмъ появленіи *нуля* послѣ 9 въ томъ же отверстіи *b''*, слѣдуетъ приписывать къ частнымъ итогамъ цифру 2, и тогда число слагаемыхъ можетъ быть втрое больше, и такъ далѣе. Это самое даетъ возможность, при пособіи очень простой выкладки, находить сумму весьма значительнаго числа многозначныхъ слагаемыхъ безъ передвиженія цифръ въ отверстіяхъ.

Можно воспользоваться предъидущимъ замѣчаніемъ относительно приписанія одной или нѣсколькихъ единицъ съ лѣвой стороны частныхъ итоговъ и при употребленіи перваго способа сложения въ томъ случаѣ, когда сумма какихъ либо одноразряд-

12

В. Я. БУНЯКОВСКИЙ,

ныхъ единицъ данныхъ слагаемыхъ превзойдетъ число 999, наибольшее изъ указываемыхъ самосчётами при настоящемъ ихъ устройствѣ.

Не бесполезно также замѣтить, что когда слагаемая числа изображаютъ денежные суммы, и заключаютъ въ себѣ $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ копѣйки, то, для сложенія подобныхъ долей, удобно будетъ принимать каждую *четверть копѣйки* за простую единицу, а слѣдовательно *половину копѣйки* за двѣ такія единицы, *три четверти копѣйки* за три единицы. При такихъ условіяхъ сумма, получаемая на самосчётахъ, будучи раздѣлена на 4, изобразитъ то число копѣекъ, которое должно прибавить къ копѣйкамъ и рублямъ, заключающимся въ слагаемыхъ.

§ 4. Вычитаніе одного многозначнаго числа изъ другаго, по простотѣ своей, не подлежитъ сокращенію на самосчётахъ. Выгода ихъ при этомъ дѣйствиі обнаруживается лишь въ томъ случаѣ, когда, изъ какого либо многозначнаго числа, требуется вычесть значительное количество другихъ данныхъ чиселъ, какъ на примѣръ при повѣркѣ большаго итога. Въ такомъ предположеніи дѣйствіе производится слѣдующимъ образомъ: въ отверстіяхъ b'' , b' и b выставляютъ соотвѣтственно сотни, десятки и простыя единицы уменьшаемаго; потомъ, приложивъ палецъ къ лѣвой сторонѣ той косточки, подъ которою мелкимъ шрифтомъ награвирована цифра простыхъ единицъ перваго вычитаемаго числа, двигаемъ эту косточку *вправо*, пока не доведемъ ея вплотъ до выемки e . Поступаемъ совершенно такимъ же образомъ съ цифрами простыхъ единицъ всѣхъ вычитаемыхъ, и, когда вычтемъ послѣднюю, то получимъ въ отверстіи b первую цифру искомой разности, которую и запишемъ или положимъ на счётцахъ. Послѣ того, переводимъ цифру изъ отверстія b' въ отверстіе b , а цифру изъ b'' въ b' ; въ отверстіе же b'' ставимъ цифру тысячей уменьшаемаго числа. Съ десятками вычитаемыхъ чиселъ поступаемъ точно такъ, какъ поступили сей-часъ съ ихъ простыми единицами, и, къ записанной уже цифрѣ простыхъ

О САМОСЧѢТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМѢНЕНИИ.

13

единиць разности, приписываемъ съ лѣвой стороны окончательную цифру десятковъ, находящуюся въ b . По переводѣ цифръ изъ b' въ b и изъ b'' въ b' , выставляемъ въ отвѣртіи b'' цифру десятковъ тысячъ уменьшаемаго, и продолжаемъ дѣйствіе на томъ же основаніи, пока не получимъ полной искомой разности.

Примѣчаніе. Если случится, что по окончаніи вычитанія простыхъ единицъ, или во время этого дѣйствія, вскрывшееся число въ отвѣртіяхъ b'' , b' , b будетъ больше первоначально выставленнаго, то слѣдуетъ уменьшить на *единицу* цифру тысячъ уменьшаемаго числа.

То же замѣчаніе относится и къ подобнымъ случаямъ, могущимъ представиться при вычитаніи другихъ разрядовъ единицъ, какъ то десятковъ, сотенъ и проч. Такимъ образомъ еслибъ, на примѣръ, уменьшаемое число заключало въ себѣ *тысячи*, но не заключало ни *сотенъ*, ни *десятковъ*, ни *простыхъ единицъ*, то по выставленіи *нулей* во всѣхъ трехъ отвѣртіяхъ b'' , b' и b , при первомъ же вычитаніи какой либо изъ цифръ 1, 2, 3... 9, въ обоихъ отвѣртіяхъ b'' и b' появились бы цифры 9. Это значило бы, что цифра тысячъ числа, изъ котораго вычитаемъ, должна быть уменьшена на одну единицу, или, какъ выражаются иногда, слѣдуетъ отъ цифры тысячъ *занять* одну тысячу.

При производствѣ другихъ ариметическихъ дѣйствій, какъ то *умноженія и дѣленія*, самосчѣты не представляютъ вообще никакой особенной выгоды. Повторяемъ, преимущество этого снаряда предъ обыкновенными счѣтами состоитъ въ томъ, что онъ не требуетъ, какъ послѣдніе, постоянно напряженнаго вниманія со стороны вычисляющаго, и что, при его пособіи, всякій можетъ, безъ малѣйшаго утомленія, безошибочно найти итогъ значительнаго числа слагаемыхъ, какъ бы послѣднія велики ни были. Съ другой стороны, простота механизма самосчѣтовъ служитъ надёжнымъ ручательствомъ за непогрѣшительность получаемыхъ при ихъ употребленіи результатовъ; поэтому, они могутъ принести существенную пользу въ значеніи *контрольнаго счѣтнаго снаряда*.

Дальнѣйшія подробности объ употребленіи самосчетовъ были бы излишни. Всякій, кто займется выкладками на нихъ, приобрететъ очень скоро надлежащій навыкъ и сноровку.

§ 5. Покажемъ теперь какъ приспособить самосчеты къ опредѣленію *среднихъ ариѳметическихъ величинъ* при умѣренномъ числѣ слагаемыхъ; мы увидимъ, что для этого потребуется самое незначительное ихъ измѣненіе. Положимъ, на примѣръ, что имѣя преимущественно въ виду вычисленіе метеорологическихъ наблюдений, желаемъ устроить снарядъ, облегчающій опредѣленіе *среднихъ мѣсячныхъ* температуръ, высотъ барометра, влажности воздуха, абсолютной и относительной, и проч. Эта цѣль достигается слѣдующимъ образомъ: 1°) на кольцеобразной полосѣ самосчетовъ, о которой говорится въ § 1, вмѣсто трехъ рядовъ цифръ 0, 1, 2, 3... до 9, выставляемъ по порядку *тридцатая доля* нуля, единицы, 2-хъ, 3-хъ... до тридцатой доли 29-ти, и 2°) отвинчиваемъ два изъ трехъ зубцовъ *g*, удержавъ только одинъ, который займетъ мѣсто между новыми указаніями 0 и $\frac{29}{30}$. Этотъ зубецъ и кольцеобразная полоса, съ измѣненными на ней указаніями, выраженными десятичными дробями о двухъ знакахъ, изображены на *Чертежъ 2* *).

Прежде нежели покажемъ употребленіе измѣненнаго такимъ образомъ снаряда для опредѣленія *среднихъ мѣсячныхъ* по даннымъ наблюденьямъ за каждый день мѣсяца, пока предполагаемаго въ 30 дней, предложимъ нѣкоторыя объясненія съ цѣлію придать возможную степень наглядности приводимымъ ниже пріемамъ.

§ 6. Начнемъ съ того простаго замѣчанія, прямо вытекающаго изъ дѣйствія, требуемаго для опредѣленія *средней ариѳме-*

*) На *Чертежъ 2-омъ* удержаны и прежніе три ряда чиселъ 0, 1, 2, 3... до 9, которые награвированы на полосѣ болѣе крупными цифрами, чѣмъ дроби; это сдѣлано съ цѣлію въ одномъ снарядѣ соединить двоякое его употребленіе, какъ объяснено въ § 11.

О САМОСЧѢТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМЪНЕНІИ.

15

тической величины, что общую тысячную среднюю, равную суммѣ всѣхъ тридцати слагаемыхъ, раздѣленной на 30, можно также получить взявъ сумму частныхъ среднихъ, вычисляемыхъ для каждаго разряда единицъ отдѣльно. Такъ мы и будемъ поступать при употребленіи нашего снаряда. Примемъ теперь въ соображеніе, что численныя данныя метеорологическихъ наблюдений опредѣляются вообще съ точностію до десятыхъ долей; поэтому, приведа нуль во всѣ три отверзтія b , b' , b'' , и прокинувъ сказанныя тридцать цифръ десятыхъ долей, мы получимъ вообще и для ихъ средней того же самаго разряда цифру съ присовокупленіемъ къ ней сотыхъ и тысячныхъ долей, при чемъ цифра десятыхъ появится въ отверзтіи b' , а сотыя и тысячныя, въ отверзтіи b . Если въ отверзтіи b' окажется нуль, что случится когда сумма цифръ разряда десятыхъ долей будетъ менѣе 30-ти, то ихъ средняя, появляющаяся въ b , выразится въ сотыхъ и тысячныхъ доляхъ. Далѣе: поставивъ снарядъ опять на нуль, и прокинувъ цифры простыхъ единицъ, получимъ ихъ среднюю, какъ выше, въ отверзтіяхъ b' и b : цифра простыхъ единицъ будетъ находиться въ отверзтіи b' , а десятые и сотые доли въ b . Результатъ прокидки столбца десятковъ будетъ слѣдующій: въ b' получится цифра десятковъ, а въ b цифра простыхъ единицъ (на первомъ мѣстѣ), и цифра десятыхъ долей (на второмъ). Подобный порядокъ, очевидно, существуетъ и для слѣдующихъ разрядовъ единицъ.

Если бы стали прокидывать за разъ разряды простыхъ единицъ и десятковъ, то средняя для этихъ двухъ разрядовъ началась бы непосредственно въ отверзтіяхъ b'' , b' и b , именно: въ b'' оказалась бы цифра десятковъ, въ b' цифра простыхъ единицъ, а въ b цифры десятыхъ и сотыхъ долей. Придавъ къ этому числу прежде-найденную среднюю для десятыхъ долей, получимъ искомую общую среднюю данныхъ трехъ столбцевъ.

§ 7. Покажемъ теперь какимъ образомъ результатамъ среднихъ, получаемымъ на самосчѣтахъ, можно придать желаемую

16

в. я. буняковский,

степень точности. Примемъ въ разсмотрѣніе столбецъ единицъ какого ни есть разряда; прокинувъ всё его тридцать цифръ, сумма которыхъ очевидно не можетъ превышать $9 \times 30 = 270$, мы на самосчётахъ получимъ въ отверзтіи b' цифру одного разряда съ разрядомъ столбца, а въ b цифры двухъ непосредственно низшихъ разрядовъ. Еслибъ прокинули за-разъ два столбца, то получили бы въ b'' и b' цифры двухъ разрядовъ этихъ столбцевъ, а въ b два непосредственно низшіе разряда. И такъ, будемъ ли прокидывать по одному или по два столбца за-разъ, въ обоихъ случаяхъ вскроются въ отверзтіи b двѣ цифры, принадлежащія къ десятичной дроби. Но, по свойству входящихъ въ нашъ вопросъ десятичныхъ дробей

$$\frac{1}{80} = 0,0333\dots, \frac{2}{80} = 0,0666\dots, \frac{3}{80} = 0,1000\dots, \dots, \frac{29}{80} = 0,9666\dots,$$

въ нихъ, со втораго же знака, начинается повтореніе цифръ 0, 3 и 6. На основаніи этого замѣчанія можно придать какую пожелаемъ степень точности каждой *частной средней*, а слѣдовательно и самой ихъ суммѣ, то есть *общей средней*.

Положимъ, напримѣръ, что прокинувъ на самосчётахъ столбцы по одиначкѣ, мы нашли:

Средняя десятыхъ долей	0,133
Средняя простыхъ единицъ	5,06
Средняя десятковъ	13,3
Средняя сотенъ	650
Средняя тысячъ	410
	<hr/>
Сумма	4768,493.

Дополняя эти слагаемыя такъ, чтобъ общее число десятичныхъ ихъ знаковъ было во всѣхъ одинаковое, получимъ:

Средняя десятыхъ долей	0,133
Средняя простыхъ единицъ	5,066
Средняя десятковъ	13,333
Средняя сотенъ	650,000
Средняя тысячъ	4100,000
	<hr/>
Общая средняя	4768,532.

О САМОСЧЁТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМЪНЕНИИ.

17

Эта *средняя*, какъ легко усмотрѣть, точна до второй десятичной включительно.

Можно также на кольцеобразной полосѣ, вмѣсто награвированныхъ на ней десятичныхъ дробей о двухъ знакахъ, выставить обыкновенныя дроби: нуль, $\frac{1}{30}$, $\frac{2}{30}$, $\frac{3}{30}$... до $\frac{29}{30}$; въ такомъ случаѣ въ отверстіяхъ b' и b найдется точный результатъ для искомой *средней*; чтобы получить её съ десятичною дробью, стоить только имѣть готовую табличку этихъ тридцатыхъ долей чиселъ 1, 2, 3 ... до 29. Мѣсто же *запятой*, въ каждомъ частномъ случаѣ, найдется непосредственно, соображаясь съ разрядомъ прокинутыхъ единицъ.

§ 8. Другое наше замѣчаніе относится къ различію мѣсяцевъ по числу ихъ дней. Такъ какъ самосчѣты устроены для мѣсяцевъ въ 30 дней, то для другихъ, содержащихъ въ себѣ 31, 28 и 29 дней, представится надобность исправить полученный результатъ. Мы сей-часъ увидимъ, что требуемая поправка опредѣляется очень просто при пособіи того же снаряда, или по выполненіи самой коротенькой выкладки.

Пусть будетъ k разность между числомъ дней свыше или ниже 30 дней; поэтому для мѣсяцевъ въ 31 день k будетъ равняться $+ 1$, а для Февраля $- 2$ или $- 1$, смотря по тому, будетъ-ли годъ *обыкновенный* или *високосный*. Изобразимъ чрезъ S сумму всѣхъ слагаемыхъ чиселъ, опредѣленныхъ наблюденіями, а чрезъ M найденную посредствомъ самосчѣтовъ ихъ *среднюю тысячную*. Ясно, что когда этихъ слагаемыхъ будетъ числомъ 31, или 28, или 29, то потребуются соотвѣтственные каждому изъ этихъ трехъ случаевъ поправки *средней*. Означимъ чрезъ Δ положительную или отрицательную поправку, а чрезъ M' *исправленную среднюю*; очевидно получимъ

$$\frac{S}{30} = M \text{ и } M + \Delta = \frac{S}{30 + k} = M',$$

откуда

$$(30 + k) M + (30 + k) \Delta = S = 30 M,$$

18

В. Я. БУНЯКОВСКИЙ,

и слѣдовательно

$$\Delta = -\frac{Mk}{30+k} = -\frac{Mk}{30} \cdot \frac{1}{1+\frac{k}{30}}.$$

Такова точная величина поправки; для получения же приближенной ея величины, разлагаемъ въ рядъ дробь

$$\frac{1}{1+\frac{k}{30}},$$

и находимъ

$$\Delta = -\frac{Mk}{30} + \frac{Mk^2}{30^2} - \frac{Mk^3}{30^3} + \dots$$

При допускаемой метеорологами степени приближенія, члены второй части этого равенства, начиная со втораго, вообще могутъ быть откинута, и мы получимъ

$$\Delta = -\frac{Mk}{30}, \quad M' = M - \frac{Mk}{30}.$$

Такимъ образомъ для мѣсяцевъ, состоящихъ изъ 31 дня, поправка будетъ

$$\Delta = -\frac{M}{30};$$

для Февраля въ обыкновенномъ году

$$\Delta = +\frac{2M}{30},$$

а для Февраля въ високосномъ году

$$\Delta = +\frac{M}{30}.$$

Можетъ случиться иногда, какъ напримѣръ при особенно сильныхъ морозахъ въ Февралѣ мѣсяцѣ обыкновеннаго года, что величина поправки

$$\Delta = \frac{2M}{30}$$

О САМОСЧѢТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМѢНЕНИИ.

19

окажется не достаточно приближенною. Въ такихъ исключительныхъ случаяхъ вычисляемъ поправку по выше-найденной точной формулѣ

$$\Delta = -\frac{Mk}{30} \cdot \frac{1}{1 + \frac{k}{30}},$$

которая, для Февраля мѣсяца обыкновеннаго года, приводитъ къ величинѣ

$$\Delta = \frac{2M}{28}.$$

Послѣ изложенныхъ въ предыдущихъ §§ объясненій, предлагаемые за симъ приѣмы для опредѣленія *среднихъ мѣсячныхъ температуръ и высотъ барометра* помощію самосчѣтовъ не представлятъ уже ни малѣйшихъ недоразумѣній.

§ 9. *Опредѣленіе средней мѣсячной температуры.* Прежде всего выставляемъ *нуль* въ отверстіяхъ b'' b' и b (Чертежъ 1). Прокидываемъ потомъ всѣ цифры десятыхъ долей градуса; въ отверстіяхъ b' и b получится *средняя мѣсячная* этихъ десятыхъ долей градуса, именно: цифра десятыхъ, которая можетъ быть и *нулемъ*, въ b' , а цифры сотыхъ и тысячныхъ въ b ; эту *частную среднюю* записываемъ на аспидной дощечкѣ i , или кладемъ на *счетцахъ* k . Далѣе: ставимъ опять *нуль* въ отверстіяхъ b' и b ; такъ какъ число градусовъ тепла или холода вообще не выходитъ изъ предѣловъ *трехъ десятковъ съ единицами*, то, для ускоренія дѣйствія, можно за—разъ прокинуть оба столбца: простыхъ единицъ и десятковъ. По окончаніи прокидки въ отверстіяхъ b'' b' и b появятся цифры, совокупность которыхъ изобразить *среднюю* двухъ столбцовъ: въ b'' окажется цифра десятковъ, въ b' цифра единицъ, а въ b десятые и сотые доли. Придавъ этотъ результатъ къ прежде-найденной *средней* десятыхъ долей, получимъ искомую *среднюю* температуру даннаго мѣсяца, предполагаемаго въ 30 дней. При другомъ числѣ дней, содержащихся въ мѣсяцѣ, дѣлаемъ поправку, указанную въ § 8.

20

В. Я. БУНЯКОВСКИЙ,

Если бы въ числѣ наблюденій нѣкоторыя относились къ теплу, а другія къ холоду, то, для послѣднихъ, слѣдовало бы двигать косточки отъ лѣвой руки къ правой, какъ объяснено въ § 4.

Въ зимніе мѣсяцы случится вообще, что итогъ градусовъ мороза превзойдетъ итогъ градусовъ тепла. Тогда, для удобства, можно указанія *первыхъ* прокидывать какъ положительныя числа, то есть ведя косточки отъ правой руки къ лѣвой, а указанія *вторыхъ*, отъ лѣвой руки къ правой; найденный результатъ изобразить *среднее мѣсячное* число градусовъ холода. Въ случаѣ сомнѣнія, который изъ двухъ итоговъ больше, можно, передъ началомъ дѣйствія, выставить на самосчетахъ нѣкоторое число, напримѣръ 10 или 20 цѣлыхъ единицъ, и потомъ прокинуть извѣстнымъ порядкомъ данныя положительныя и отрицательныя указанія. Положительная или отрицательная разность между найденнымъ результатомъ и принятымъ числомъ 10 или 20, изобразить въ градусахъ тепла или холода *среднюю мѣсячную температуру*.

Для наглядности приводимъ два примѣра, которые заимствуемъ изъ *Лѣтописи Главной Физической Обсерваторіи* (С.-Петербургъ, 1876 г.); принятыя нами данныя, какъ для температуры, такъ и для высотъ барометра, относятся къ наблюденіямъ, произведеннымъ въ С. Петербургѣ 1874-го года. Температура выражена въ градусахъ *Цельсія*.

О САМОСЧЁТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМЪНЕНИИ.

21

Примѣръ 1-й.

Февраль; набл. въ 1 ч. по пол.

Число.	Темпер. возд.
1	— 12,7
2	— 11,0
3	— 2,9
4	— 4,8
5	— 1,2
6	— 9,8
7	— 6,7
8	— 13,3
9	— 11,8
10	— 17,5
11	— 4,1
12	— 1,3
13	— 0,2
14	— 1,1
15	— 14,0
16	— 0,4
17	+ 2,5
18	+ 0,5
19	— 0,9
20	+ 1,5
21	+ 0,2
22	+ 0,1
23	— 0,2
24	0,0
25	— 2,2
26	— 9,1
27	— 5,7
28	— 7,7
Средняя . .	— 4,8.

Примѣръ 2-ой.

Июль; набл. въ 9 ч. вечера.

Число.	Темпер. возд.
1	17,6
2	15,9
3	20,3
4	19,5
5	16,5
6	15,3
7	15,1
8	14,6
9	14,1
10	17,0
11	17,5
12	20,5
13	20,7
14	15,2
15	16,5
16	18,7
17	15,9
18	18,5
19	14,2
20	9,9
21	11,7
22	14,5
23	14,9
24	15,6
25	16,2
26	15,9
27	17,9
28	16,5
29	16,9
30	18,0
31	18,2
Средняя . .	16,4.

22

в. я. вуняковский,

Примѣръ 1-ый. Въ настоящемъ случаѣ итогъ отрицательныхъ указаній видимо преобладающій; поэтому складываемъ отрицательныя числа, а вычитаемъ положительныя. Результатъ прокидокъ доставить:

$$\begin{array}{r} \text{Десятые доли} \dots\dots\dots 0,260 \\ \text{Единицы и десятки} \dots\dots 4,20 \\ \hline 4,460. \end{array}$$

Съ другой стороны, такъ какъ въ Февралѣ 1874 года было 28 дней, то, согласно съ показаннымъ въ § 8, слѣдуетъ къ найденному сей-часъ числу придать удвоенную *среднюю* этого самаго числа 4,46. Раздѣляя 4,46 на 30 прямо, или же посредствомъ самосчетовъ, получимъ дробь 0,148, а удвоивъ ее, 0,296; слѣдовательно, *средняя* температура въ Февралѣ 1874 года въ 1 часъ по полудни была

$$-(4,46 + 0,296) = -4,756 = -4,8.$$

Еслибъ желали получить *болѣе точную* поправку результата — 4,460, то, обратясь къ правилу, предложенному въ концѣ § 8, получили бы

$$\Delta = -\frac{2 \times 4,46}{28} = -0,31857\dots,$$

почему и нашли бы для искомой *средней* результатъ — $(4,46 + 0,31857\dots) = -4,77857\dots = -4,8$ Цельс. град., согласный до десятыхъ долей съ сей-часъ найденнымъ.

Примѣръ 2-ой. Прокинувъ сперва десятые доли, а потомъ, за-разъ, простыя единицы и десятки, и дополнивъ десятичную дробь втораго результата приписавъ къ ней цифру 6 (§ 7), получимъ:

$$\begin{array}{r} \text{Десятые доли} \dots\dots\dots 0,526 \\ \text{Единицы и десятки} \dots\dots 16,466 \\ \hline 16,992. \end{array}$$

О САМОСЧѢТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМѢНЕНІИ.

23

Но какъ въ Іюлѣ 31 день, то изъ этого числа слѣдуетъ вычесть 30-ую его часть (§ 8), которую тотчасъ найдемъ на само-счѣтахъ прокинувъ на нихъ число 17, разнствующее отъ 16,992 только на 0,008, эта 30-ая часть будетъ 0,566. Слѣдовательно, *средняя* температура въ Іюлѣ 1874 года въ 9 час. вечера была

$$16,992 - 0,566 = 16,426 = 16,4 \text{ Цельс. град.}$$

§ 10. *Определение средней мѣсячной высоты барометра.* Наблюденія надъ высотами барометра даются въ миллиметрахъ, и выражаются четырьмя цифрами, изъ которыхъ послѣдняя съ правой стороны изображаетъ десятые доли миллиметра. Среднюю этихъ десятыхъ долей опредѣляемъ какъ въ предыдущемъ § 9, и записываемъ полученное число. Останутся три столбца: простыхъ единицъ, десятковъ и сотенъ. Такъ какъ цифра сотенъ для станцій не слишкомъ высокихъ не измѣняется *), и равна 7-ми, то придется прокинуть только столбцы простыхъ единицъ и десятковъ. Поставивъ снарядъ на *нуль*, дѣйствуемъ сперва надъ столбцемъ единицъ, и полученную *частную среднюю* подписываемъ подъ прежде-найденною для десятыхъ долей миллиметра, отступивъ влѣво на одну цифру. Точно такъ же поступаемъ со столбцемъ десятковъ, и результатъ прокидки его указаній ставимъ подъ прежде-найденныя двѣ *частныя среднія*, отступивъ на одинъ знакъ влѣво отъ второй изъ нихъ. Сумма дополненныхъ этихъ трехъ *частныхъ среднихъ*, по приписаніи съ лѣвой ея стороны цифры 7, изобразить искомую *среднюю мѣсячную* высоту барометра.

Если мѣсяцъ состоитъ не изъ 30-ти дней, то дѣлаемъ поправку, указанную въ § 8.

Для совершенной ясности опредѣлимъ *среднюю высоту барометра*, напримѣръ, въ С. Петербургѣ, въ Январѣ 1874 года, по слѣдующимъ наблюденіямъ, произведеннымъ въ 7 час. утра:

*) Для Россіи вообще барометрической *мініт* въ 700 миллиметровъ не достигается на высотѣ надъ уровнемъ моря менѣе 700 футъ. Въ С. Петербургѣ барометрической *тніт* въ 700 миллиметровъ можетъ случиться и на высотѣ около 500 футъ.

В. Я. БУНЯКОВСКИЙ,

Январь; наблюдения въ 7 ч. утра.

Число.	Высота барометра.
1	763,5
2	62,2
3	58,6
4	58,4
5	57,2
6	58,8
7	61,4
8	68,0
9	71,6
10	67,9
11	62,7
12	59,3
13	46,7
14	35,8
15	44,4
16	58,3
17	55,2
18	57,0
19	56,0
20	40,6
21	47,8
22	56,0
23	56,1
24	49,8
25	44,8
26	49,2
27	20,8
28	40,1
29	59,3
30	50,4
31	737,8

Средняя . . . 753,4.

О самосчётахъ и о новомъ ихъ примѣненіи.

25

Прокинувъ крайнія съ правой стороны три столбца, получимъ:

Десятые доли.	0,456
Единицы.	5,40
Десятки	49,3
	55,156.

Такъ какъ въ результатѣ десятковъ только одна десятичная цифра, то, согласно съ приёмомъ, указаннымъ въ § 7, слѣдуетъ дополнить найденные итоги, и тогда получимъ:

Десятые доли.	0,4566
Единицы.	5,4000
Десятки	49,3333
	Сумма. . . 55,1899.

Если бы подлежащій мѣсяцъ состоялъ изъ 30 дней, то, приписавъ цифру 7 съ лѣвой стороны къ этой суммѣ, получили бы для средней высоты барометра 755,2 миллим.; но какъ въ Январѣ 31 день, то изъ суммы 55,1899 трехъ *частныхъ среднихъ* слѣдуетъ вычесть *тридцатую* ея долю (§ 8), именно число 1,8396, легко опредѣляемое на самосчётахъ. Слѣдовательно разность

$$55,1899 - 1,8396 = 53,3503 = 53,4$$

изобразить *среднюю* трехъ крайнихъ съ правой стороны столбцевъ; приписавъ къ 53,4 цифру 7 съ лѣвой стороны, получимъ окончательно 753,4 миллим. для искомой *средней высоты барометра*.

§ 11. Скажемъ еще нѣсколько словъ объ опредѣленіи помощи измѣненныхъ самосчётовъ *суточныхъ* и *годовыхъ среднихъ*. Такъ какъ метеорологи бѣльшую частію ограничиваются *тремя* наблюденіями въ теченіе сутокъ, то вычисленіе *средней суточной* приводится къ самой простой арифметической задачѣ, для рѣшенія

которой бесполезно прибѣгать къ механическому способу. Впрочемъ, приёмъ на самосчётахъ для опредѣленія этой средней одинъ и тотъ же какъ и для *мѣсячной*: достаточно въ окончательномъ результатѣ, относящемся къ *средней мѣсячной*, перенести на одинъ знакъ вправо запятую, отдѣляющую цѣлое число отъ десятичной дроби.

Приспособленіе обыкновенныхъ самосчётовъ къ опредѣленію *годовыхъ среднихъ* очень просто. Можно, на примѣръ, достигнуть цѣли слѣдующимъ образомъ: кругообразную полосу раздѣлить на 24 части, и на полученныхъ дѣленіяхъ выставить два ряда чиселъ, равныхъ, по порядку, *двѣнадцатымъ долямъ* нуля, единицы, 2-хъ, 3-хъ до двѣнадцатой доли 11-ти. Эти двѣнадцатые доли, выраженные десятичными дробями о трехъ знакахъ и два зубца *g*, утвержденные на круговомъ дискѣ между указаніями 000 и 916, показаны на *Чертежъ 3-мъ*.

Употребленіе устроеннаго такимъ образомъ снаряда ничѣмъ не отличается отъ приёмовъ для нахождения *мѣсячныхъ среднихъ*. И въ настоящемъ случаѣ должно руководствоваться тѣмъ же самымъ правиломъ относительно повторенія крайнихъ съ правой стороны цифръ 0, 3 и 6, какъ и при опредѣленіи *мѣсячныхъ среднихъ* (§ 7).

Впрочемъ самосчёты, устроенные для *среднихъ мѣсячныхъ*, могутъ быть употреблены непосредственно и для опредѣленія *годовыхъ среднихъ*, при чемъ потребуются только произвести самую коротенькую выкладку. Дѣйствительно, положимъ что сумма указаній наблюдений за 12 мѣсяцевъ года равна *S*; пусть будетъ *M'* *средняя годовая*, а *M* отношеніе $\frac{S}{30}$, которое опредѣляется извѣстнымъ образомъ помощію самосчётовъ (§§ 9 и 10). По извѣстной величинѣ *M* мы тотчасъ находимъ и *M'*, наблюдая что

$$M' = \frac{S}{12} = \frac{S}{30} \times \frac{10}{4} = \frac{10M}{4}.$$

И такъ, для опредѣленія *средней годовой*, слѣдуетъ удешлетренную *среднюю мѣсячную* раздѣлить на 4.

О САМОСЧѢТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМѢНЕНІИ.

27

Найдемъ, на примѣръ, по этому правилу *среднюю высоту барометра* въ С. Петербургѣ въ 1874 году; *среднія мѣсячныя* были слѣдующія:

Январь	753,2	миллим.
Февраль	760,7	
Мартъ	757,7	
Апрѣль	756,7	
Май	757,1	
Іюнь	757,8	
Іюль	759,2	
Августъ	755,5	
Сентябрь	757,2	
Октябрь	760,4	
Ноябрь	757,0	
Декабрь	755,6	

Средняя . . . 757,3.

Прокинувъ на самосчѣтахъ крайніе съ правой стороны три столбца (§ 10), получимъ:

Десятыя доли	0,170
Единицы	2,10
Десятки	20,6
	<hr/>
	22,870.

Повтореніе послѣднихъ десятичныхъ цифръ (§ 7) доставить:

Десятыя доли	0,170
Единицы	2,100
Десятки	20,666
	<hr/>
Сумма . . .	22,936.

28 В. Я. БУНЯКОВСКИЙ, О САМОСЧѢТАХЪ И О НОВОМЪ ИХЪ ПРИМѢНЕНИИ.

Эта сумма изображаетъ *среднюю мѣсячную* трехъ прокинутыхъ столбцевъ, или, иначе, итогъ этихъ столбцевъ, раздѣленный на 30; чтобы получить ихъ *среднюю годовую*, надобно, какъ объяснено выше, удесятерить число 22,936, и потомъ раздѣлить на 4; такимъ образомъ найдется

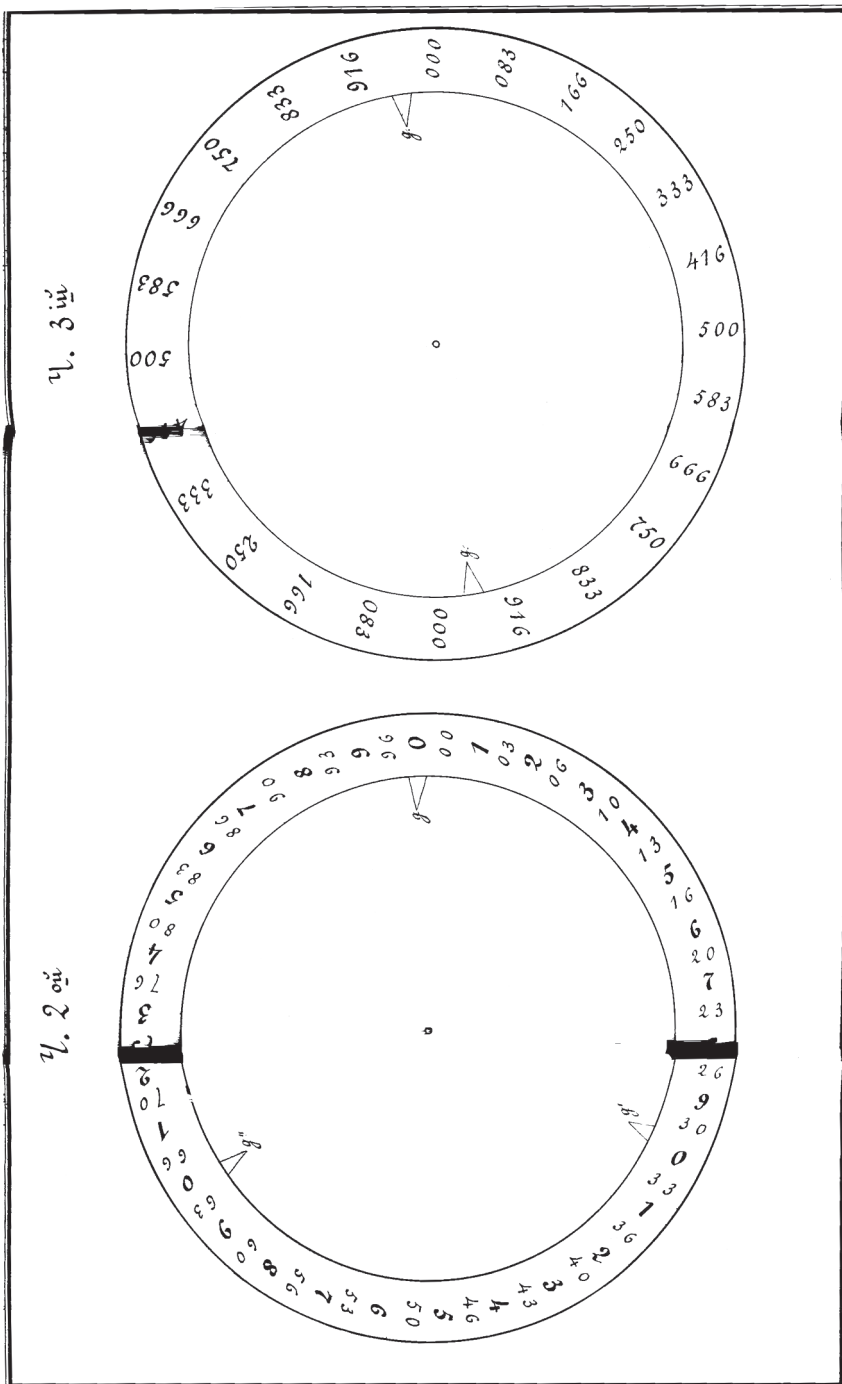
$$\frac{229,36}{4} = 57,34.$$

Наконецъ, приписавъ съ *лѣвой стороны* этого числа цифру 7, получимъ для искомой *средней годовой* высоты барометра 757,34 миллиметра.

Заключу замѣчаніемъ, что прежніе мои самосчѣты, предназначенные собственно для *сложенія*, могутъ, вмѣстѣ съ тѣмъ, служить и для опредѣленія *мѣсячныхъ среднихъ*, а слѣдовательно и *годовыхъ*, какъ сей-часъ показано. Для этого стбитъ только на кругообразной полостѣ выставить въ порядкѣ означенномъ на *Чертежъ 2-омъ* числа, дающія по прокидкѣ слагаемыхъ какъ сумму ихъ, такъ и эту сумму раздѣленную на 30; каждая пара этихъ двухъ родовъ указаній будетъ появляться одновременно въ отверстіи *b* (*Черт. 1-ый*). Для болѣе рѣзкаго отличія однихъ отъ другихъ, первыя—одноцифренныя, могутъ быть награвированы болѣе крупными цифрами чѣмъ вторыя—двухцифренныя. При подобномъ устройствѣ самосчѣтовъ достаточно будетъ отвинтить два зубца *g'* и *g''* (*Черт. 2-ой*), или откинуть ихъ въ сторону если они на шалнерахъ, и тогда снарядъ, безъ дальнѣйшихъ подготовленій, можетъ быть употребленъ для опредѣленія *мѣсячныхъ среднихъ*.



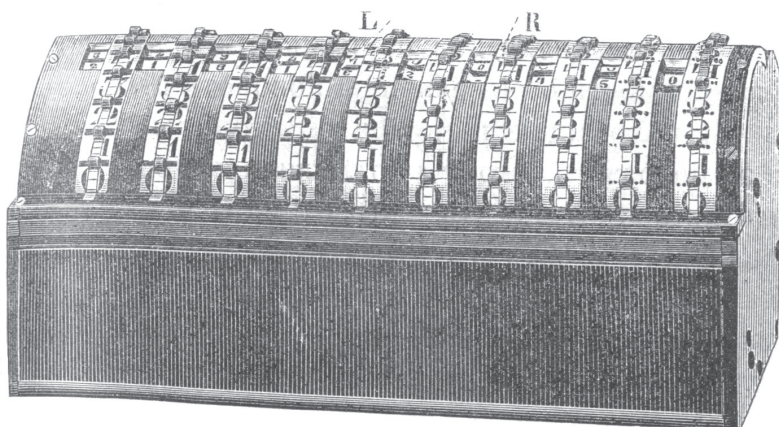
Самосчеты Буняковского.



Чертежи 2 и 3 к брошюре В. Я. Буняковского, поясняющие устройство.

Лит. Л. Муссеро, «Восток и Запад», 1911 г.

ОБ АРИФМОМЕТРЕ П. Л. ЧЕБЫШЕВА

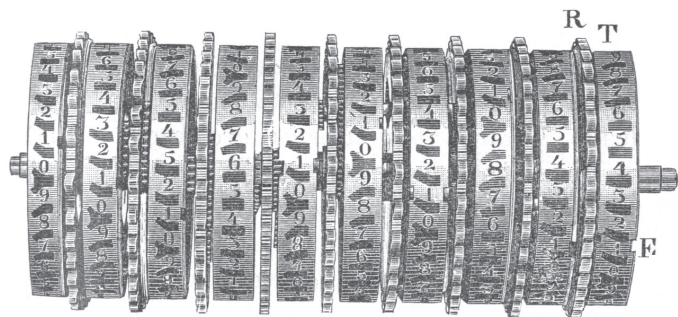


Фиг. 1.

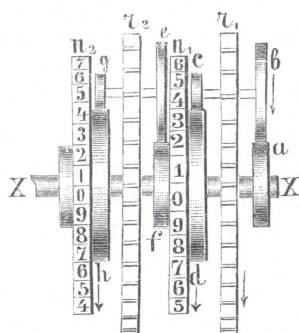
В середине XIX в. судьба свела в стенах Петербургского университета двух ученых: один из них — маститый академик Владимир Яковлевич Буняковский занимал кафедру математики, а другой — будущий академик Пафнутий Львович Чебышев получил должность адъюнкт-профессора. Впоследствии П. Л. Чебышев приобрел славу не только как гениальный математик, но и как крупный специалист производства, выдающийся изобретатель.

Узнав об увлечении своего старшего коллеги механизмами для счета, молодой П. Л. Чебышев не смог не увлечься тоже и взялся за конструирование арифмометра. В 1878 г. он создал суммирующую машину на совершенно новом принципе, отличную от всех ранее построенных, а тремя годами позже дополнил её приставкой для умножения и деления. В арифмометре Чебышева перенос десятков из низшего разряда в высший происходил непрерывно, постепенно, в процессе накопления единиц.

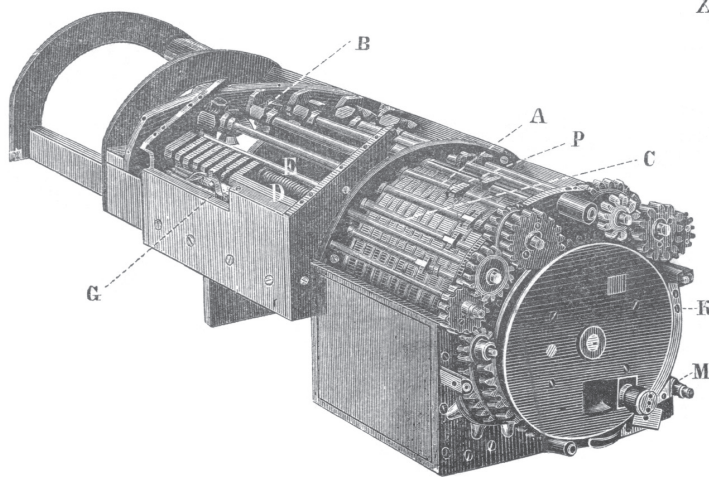
Увы, арифмометр Чебышева постигла судьба многих талантливых изобретений в царской России: оно не было реализовано. Единственный экземпляр своей машины П. Л. Чебышев послал на выставку в Музей искусств и ремесел во Франции, где она хранится и поныне. Первое описание арифмометра было опубликовано во французском журнале *«Научное обозрение»*, а в России опубликовано только 20 декабря 1894 г. в Москве в *«Трудах Отделения физических наук»* вместе с материалом по поводу смерти П. Л. Чебышева. Тома *«Трудов»* бережно сохраняются в фондах БАН. Фотографии титульного листа седьмого тома и фрагменты страниц с рисунками конструкции арифмометра показаны на стр. 188 и 189.



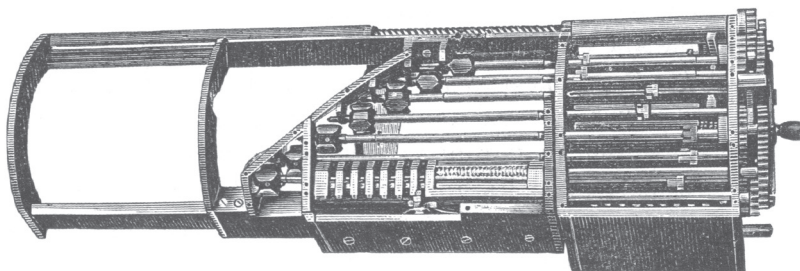
Фиг. 2.



Фиг. 3.

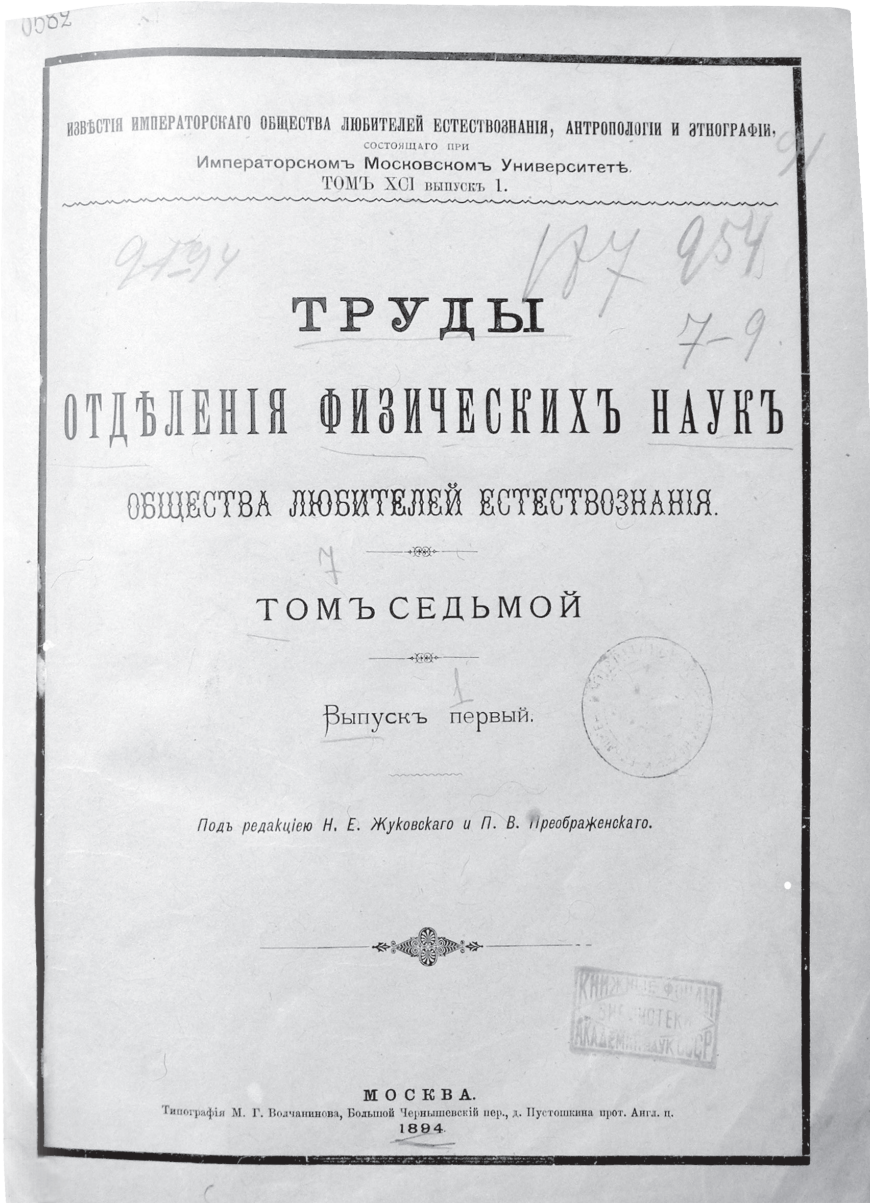


Фиг. 4.



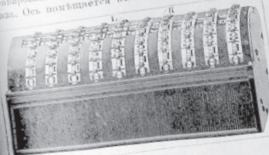
Фиг. 5.

Элементы конструкции арифмометра П.Л. Чебышева.



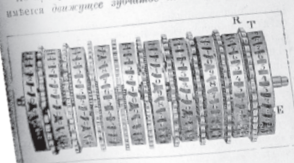
Титульная страница первой в России публикации с описанием арифмометра П. Л. Чебышева.

гравированы цифры 0, 1, 2...9, повторяющиеся три раза. Ось поворачивается в особом ящике, закры-



Фиг. 1.

том сверху полуцилиндрической крышечкой, им-



Фиг. 2.

27-милл. зубцами, которое, если вращать его за

Когда которое вращать вправо широчайший

Чтобы выработать на вращение широчайший

тисней через эту передачу изображен на



Фиг. 3.

Для движения зуб-

На общей оси XX

Оформив ящики на левой стороне

Число два ящика поднимаются в буквы E (et) и

В зубцы первого колеса

Вращая это колесо до тех пор

Вращая это колесо до тех пор

Вращая это колесо до тех пор

Вращая это колесо до тех пор

Вращая это колесо до тех пор

Вращая это колесо до тех пор

Вращая это колесо до тех пор

- 2) По безусловной точности получаемых на нем результатов.
- 3) По безусловной прочности.
- 4) По скорости и простоте производства на нем шифровки.
- 5) По своим малым размерам.

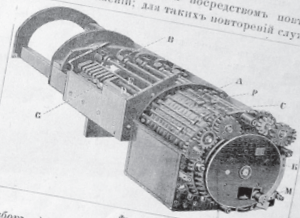
Свой прибор для шифровки

в 1873 году; через три года (1881 г.) он

также умножение и дление, что, конечно, усложня

Прибор для умножения.

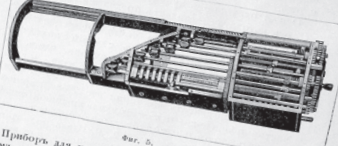
Умножение совершается посредством шифров



Фиг. 4.

прибор для умножения, который соединяется с

прибором для сложения *)



Фиг. 5.

Прибор для умножения состоит главным обра-

*) На фиг. 4 и 5 прибор для умножения изображен отвлече

ОБ АРИФМОМЕТРЕ В.Т.ОДНЕРА

Говоря об истории развития средств вычислений в России, нельзя не отметить русского механика шведского происхождения, инженера Петербургской государственной экспедиции бумаг Вильгодта Теофиловича Однера, построившего в 1873 г. модель «счетной машинки – арифмометра». К сожалению, свое исключительное право он вынужден был продать немецкой фирме «Кенигсберг и К^о», которая, получив в 1885 г. патент на изобретение Однера, развернула торговлю новыми счетными машинами. (Только в последний год XIX в. Вильгодт Теофилович стал владельцем собственного предприятия в Санкт-Петербурге, изготавливавшего счетные приборы).

Конструкция арифмометра Однера оказалась настолько удачной, что прослужив едва ли не целый век, почти не изменялась. Автор этого материала был свидетелем того, как еще в начале 70-х гг. прошлого века студенты матмеха ЛГУ выполняли вычислительные лабораторные работы на таких арифмометрах.



Старинные деревянные счёты и арифмометр конструкции Однера из коллекции музея, созданного в СПИИРАН, демонстрирует Н. В. Благово.

ОБ АВТОРАХ

Баранов Сергей Николаевич — доктор физико-математических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

Бойцов Алексей Алексеевич — доктор технических наук, профессор, декан факультета компьютерных технологий и управления Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Бойков Владимир Иванович — кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Быстров Сергей Владимирович — кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Веселов Вячеслав Афанасьевич — кандидат технических наук, профессор, Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, профессор БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова.

Вус Михаил Александрович — кандидат технических наук, дважды лауреат премии Правительства России в области образования, старший научный сотрудник СПИИРАН.

Григорьев Валерий Владимирович — доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, профессор факультета компьютерных технологий и управления Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Егоров Борис Фёдорович — доктор филологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института истории Российской академии наук.

Игнатьев Михаил Борисович — доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, лауреат Государственной премии СССР и премии Президента России в области образования, директор института артоники СПбГУАП.

Ипатов Олег Сергеевич — доктор технических наук, профессор, лауреат премии Правительства России в области образования и премии Правительства Санкт-Петербурга, заведующий кафедрой БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова.

Керножицкий Владимир Андреевич — кандидат технических наук, доцент, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, доцент БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова.

Кнорринг Вадим Глебович — доктор технических наук, профессор, действительный член Метрологической академии, профессор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

Лаптев Владимир Валентинович — доктор педагогических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, академик Российской академии образования, лауреат премии Правительства России в области образования и премии Правительства Санкт-Петербурга, проректор по научной работе РГПУ им. А. И. Герцена.

Леонов Валерий Павлович — доктор педагогических наук, профессор, Заслуженный работник культуры Российской Федерации, директор Библиотеки Российской академии наук.

Мусаев Александр Азерович — доктор технических наук, профессор, декан факультета информационных технологий и управления Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

Мицкевич Анатолий Владимирович — главный специалист ОАО «ВНИИтрансмаш».

Молдовян Александр Андреевич — доктор технических наук, профессор, Заслуженный радист Российской Федерации, заместитель директора СПИИРАН.

Молдовян Николай Андреевич — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией СПИИРАН.

Небылов Александр Владимирович — доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, директор Международного института передовых аэрокосмических технологий, заведующий кафедрой СПбГУАП.

Никитин Александр Васильевич — кандидат технических наук, доцент СПбГУАП, лауреат премии Президента России в области образования.

Охочинский Михаил Никитич — доцент кафедры ракетостроения, ученый секретарь БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова.

Сарычев Валентин Александрович — доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора ОАО «НПП «Радар ммс» по научной работе.

Сологуб Павел Степанович — кандидат технических наук, лауреат Государственной премии СССР, заместитель главного конструктора ОАО «ВНИИтрансмаш».

Торгашев Валерий Антонович — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией СПИИРАН.

Ушаков Анатолий Владимирович — доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Федосеев Сергей Валентинович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, руководитель космического направления ОАО «ВНИИтрансмаш».

Цыцулин Александр Константинович — доктор технических наук, профессор, Заслуженный создатель космической техники, заместитель генерального директора по научной работе ОАО «Научно-исследовательский институт телевидения».

Швецкий Михаил Владимирович — доктор педагогических наук, профессор кафедры информатики РГПУ им. А. И. Герцена.

Юсупов Рафаэль Мидхатович — доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, член-корреспондент РАН, лауреат премии Правительства России в области образования и премий Правительства Санкт-Петербурга, директор СПИИРАН.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ первого (I), второго (II) и третьего (III) выпусков

- Абалакин В. К. 129 (I)
Абиев Р. Ш. 88 (III)
Абогян А. А. 113 (III)
Абрамова И. М. 48 (II)
Авдюхин А. А. 66 (II)
Авен О. И. 269, 274 (I)
Аверин А. А. 92 (II)
Аверкиев Н. Ф. 168 (I)
Аверьянова И. И. 89 (II)
Аврамчук Е. Ф. 117 (I)
Агаджанов П. А. 184 (I)
Агамирзян И. Р. 304–308 (I); 69–70 (III)
Агур У. М. 12 (I)
Азизов Т. 48 (II)
Азов А. К. 129 (II)
Айзерман М. А. 23, 252, 254, 256–257, 269 (I); 125, 128 (II)
Акоф Р. Л. 14 (II)
Аксёнов Б. Е. 20, 334, 337 (I)
Аксёнов В. И. 43 (II)
Аксёнов Г. С. 80 (I)
Акушский И. Я. 55 (III)
Александров А. Г. 104 (I)
Александров А. Д. 297–298 (I)
Александров А. М. 20, 176–178 (I)
Александров А. П. 134 (I)
Александров В. В. 149–151, 153, 159–160, 162–163; 16–17, 110 (I); 122 (II)
Александров Е. К. 294 (I)
Александров Н. П. 243 (I)
Александров Ю. С. 82 (II)
Алексеев А. И. 150, 160 (I)
Алексеев В. В. 115 (I)
Алексеев В. Н. 66 (II)
Алексеев О. В. 103, 113, 293, 295 (I)
Алексеев С. А. 25 (II)
Алешкин А. П. 171 (I)
Алкнис Я. И. 71 (II)
Алфёров Ж. И. 3, 33, 43, 84, 129, 212–219, 226, 284, 293 (I); 3, 7, 11 (II); 4–6 (III)
Алфёров И. К. 212 (I)
Алфёров Маркс 213 (I)
Альтман Я. А. 329 (I)
Амосов Н. М. 43 (I); 9, 41 (II)
Ампер А. М. 7, 42, 235 (I); 5 (II); 10 (III)
Амромин А. Н. 184 (I)
Ананов М. 48 (II)
Ананьевский М. С. 208 (I)
Андреев В. А. 22 (I); 48 (II)
Андреев В. К. 115 (III)
Андреева А. П. 91 (II)
Андрианов Ю. А. 34 (II)
Андриевский Б. Р. 83, 208 (I)
Андриевский В. Р. 76, 79, 83 (II)
Андронов А. А. 13, 61, 254–256, 258 (I)
Андрющенко В. А. 104 (I)
Анисимов В. И. 14, 89, 92–94, 96, 112, 286, 294 (I)
Анисимов Р. Г. 120–121 (III)
Анисимова Л. М. 44 (I)
Анохин П. К. 43 (I)
Антонов П. Б. 91–92 (II)
Антонова А. И. 27 (II)
Антосиевич Генри 298 (I)
Анфиногенов А. С. 204 (I)
Анцев Г. В. 180, 196 (I)
Аппазов Р. Ф. 305 (I)
Аранович Б. И. 93 (I)
Арановский С. В. 99 (III)
Арбид М. 145 (I)
Аргунова Е. В. 27, 31 (II)
Арендт В. Р. 14, 256 (I)
Арефьев Б. А. 27 (I)
Арефьев В. П. 88 (I); 83–84 (II)
Арнольд В. И. 15 (II)
Арсентьева А. В. 150 (I)
Арсеньев В. Н. 166 (I)
Арсеньев Н. П. 246–248 (I)
Артоболевский И. И. 62 (I); 36, 40, 42 (II)
Арутюнов В. О. 57 (I)
Арутюнян Г. Г. 267 (I)
Астанин Л. Ю. 170 (I)
Астановский А. Г. 70 (III)
Астафьев Г. П. 199 (I)
Асфар С. В. 31 (II)
Атанасов А. 7 (I); 5 (II); 10 (III)
Аузиньш А. Б. 41 (II)
Афанасьев С. В. 154 (I); 113 (II)
Афанасьев Ю. Н. 78 (II)
Афиногенов Л. П. 63–66 (II)
Афонькин И. В. 334 (I)
Ахутин В. М. 43, 99–100, 116, 238, 293 (I)
Бабаев И. О. 307 (I)
Бабаков Н. А. 272 (I)
Бабат Г. И. 246 (I)
Бабенко В. Г. 115–116, 119–121 (III)
Бабко Л. В. 59 (I)

- Багдонас Р. Ю. 188 (I)
Базлов И. Ф. 45, 51 (I)
Байков А. А. 243 (I)
Байков В. Д. 105 (I)
Баконин В. Н. 66 (I)
Бакурадзе Д. В. 171 (I); 94–115 (II)
Балашов Е. П. 97, 105 (I)
Балина Г. А. 68 (I)
Балуев А. Н. 63, 65–66, 68, 71 (I)
Барабанов А. Е. 22, 80, 83 (I)
Барабанов А. Т. 81–83 (II)
Барабанов Н. Е. 22, 81, 97 (I)
Баранов И. А. 167 (I)
Баранов С. Н. 72, 78, 160 (I); 50–55, 112–114 (II); 67–73 (III)
Баранюк Т. 103 (III)
Барашенков В. В. 97 (I)
Барбашин Е. А. 298–299 (I)
Бариллов А. А. 159 (I)
Баринов К. Н. 168 (I)
Бармин В. П. 123 (I); 42 (II)
Бармин И. В. 174 (I)
Бартки У. С. 321 (I)
Бартолини Дж. 82 (I)
Баскина Т. В. 45 (I)
Басов В. П. 298 (I)
Бауэр Э. С. 22 (II)
Бахтин Б. И. 140 (I)
Бахтин М. М. 141 (III)
Башарин А. В. 14, 91–92, 262, 287 (I); 89 (II)
Башарин С. А. 106–107 (I)
Башкиров Д. А. 16, 262, 279 (I)
Биббидж Чарльз 7 (I); 5, 128 (II); 10 (III)
Бегунков Г. С. 74, 306 (I)
Бедров Я. А. 76, 83 (II)
Безвиконный А. А. 91, 285 (I)
Беззатеев С. В. 125 (I)
Беззубов Ю. И. 279 (I)
Бейли В. 263 (I)
Бейтсон К. 4 (I); 7 (III)
Бекаури В. И. 72 (II)
Белицкий В. И. 170 (I)
Беллох Х. 16 (II)
Белова К. М. 66 (I)
Белова Р. И. 7 (I); 6 (II)
Белодубровский А. С. 87 (I)
Белозерова М. В. 25 (II)
Белоцерковский О. М. 5, 241 (I); 4 (II); 7 (III)
Белый О. В. 15, 99, 291, 295 (I)
Беляев А. 25 (III)
Беляев Е. А. 108 (III)
Беляков Г. М. 132 (I)
Белякова И. П. 159 (I)
Белянин Н. П. 36 (II)
Белянкин В. Б. 30–31 (II)
Бенеш И. 267, 271 (I)
Берг А. И. 5, 33–34, 42–43, 84, 94, 99, 182, 199, 215, 226–241, 274, 311, 315–316 (I); 4, 8–9, 11, 71–72 (II); 8, 23 (III)
Берг Е. К. 226 (I)
Берг Й. В. (*Дж. Барр*) 33, 188–189 (I); 132–136 (II)
Берг М. А. 231 (I)
Бергман З. М. 202 (I)
Берендеев А. В. 44, 85 (I)
Беренджи Р. 15 (II)
Берс А. А. 73 (III)
Беркс А. 46 (III)
Бернштейн С. И. 271 (I)
Бернштейн С. Н. 33 (I)
Бернштейн Н. А. 34 (II)
Берталанфи Л. 14, 18 (II)
Бертольди Е. К. 226 (I)
Бершадский Е. Я. 191 (I)
Бесекерский В. А. 15, 17, 26, 28, 140, 165–166, 202–205, 256, 279–280, 289 (I); 127–131 (II); 38–44 (III)
Беспалов Л. О. 90 (II)
Бессонов А. А. 140 (I)
Бехтерева Н. П. 43, 151 (I)
Бечвай Н. Е. 112, 114 (III)
Бибинова В. П. 191 (I)
Бизянов В. Ф. 153 (I)
Бир С. 14 (II)
Биркгоф Дж. 256, 302 (I)
Бирюков Б. В. 44 (I)
Биттани С. 82 (I)
Благово Н. В. 190 (III)
Блажкин А. Т. 26 (I)
Блох А. М. 13 (III)
Бобонец Г. А. 25 (II)
Бобцов А. А. 94–99 (III)
Бобылев Д. К. 10 (I)
Богачева А. А. 91 (II)
Богданов А. А. 22 (II)
Богданов В. В. 89 (III)
Богданов В. С. 82 (II)
Богданов С. И. 44 (I); 143 (III)
Богданов Ю. С. 298 (I)
Боголюбов И. Н. 320 (I)
Боголюбов Н. Н. 15, 255–256, 278 (I)
Богомолов А. Ф. 23, 26 (III)
Богомолов В. П. 40 (II)
Богородицкий Н. П. 44, 287–288, 291, 293 (I)
Богородский В. В. 187 (I)
Бойков В. И. 94–99 (III)
Бойков И. М. 85 (II)
Бойшенко В. А. 31 (II)

- Болдырев Н. Г. 97 (I)
Болтянский В. Г. 299 (I)
Бонгард М. М. 44, 241, 329 (I)
Бонч-Бруевич А. М. 311 (I)
Бордовский Г. А. 77 (III)
Бородин И. А. 74 (II)
Бор-Раменский А. Е. 163 (I)
Бор Нильс 47 (I)
Боргман И. И. 15 (III)
Боровик 243 (I)
Бороненко Т. А. 77 (III)
Боруля А. Н. 335 (I)
Борцов В. А. 98–99 (I)
Борцов Ю. А. 98–99, 104, 107, 113–114 (I)
Ботвинник М. М. 45, 49, 82, 129 (I)
Бочаров Е. Ф. 187 (I)
Бочкин А. И. 75 (III)
Брагинский М. В. 203 (I)
Браславец П. Ф. 24–31 (III)
Братчиков И. Л. 65–66, 68, 71 (I)
Браун К. Ф. 14, 23 (III)
Браше Ж. 22 (II)
Брежнев Л. И. 52 (III)
Бриллюэн Л. 14 (II)
Бритов В. П. 89 (III)
Бритов Г. С. 125 (I)
Бровин Н. Н. 45, 50–51 (I)
Бровина Г. Н. 45, 51 (I)
Бройда 270 (I)
Бромберг 254 (I)
Бронников В. А. 62 (III)
Бруевич Н. Г. 238–239 (I)
Брук И. С. 59 (II)
Буга Н. Н. 170, 172 (I)
Булатов А. А. 196 (I)
Булатов В. П. 30 (I)
Булганин Н. А. 233 (I)
Булкин Г. А. 150 (I)
Бундаков С. Ф. 34 (II)
Буняковский В. Я. 153, 156–173 (III)
Бураго А. Ю. 69 (III)
Бурдо Г. Х. 186 (I)
Буренин Н. И. 164, 170–171, 184 (I); 109 (III)
Бурцев В. С. 62 (III)
Бутаков Е. К. 97 (I)
Бутенин Н. В. 280 (I)
Бутовский Л. Я. 24, 26 (III)
Бутома Б. Е. 324 (I)
Бутомо И. Д. 20, 334 (I)
Буш Ванневар 56 (I)
Быстров В. Н. 91 (II)
Быстров С. В. 94–99 (III)
Быстров Ю. А. 294 (I)
Быстрова Н. А. 80 (II)
Бычков С. И. 169, 171, 293 (I)
Бычков Ю. А. 24, 105–106 (I)
Вавилов А. А. 14, 16–18, 25–26, 31, 81, 84, 86, 89–92, 94–96, 98–103, 107, 110, 117, 225, 283–296 (I); 11 (II)
Вавилов Н. И. 3 (I); 6 (III)
Вабишев Г. Н. 87 (III)
Вагнер Р. 135 (III)
Валентик Г. А. 337 (I)
Валландер С. В. 71 (I)
Вальков В. В. 104 (I)
Вальчук С. В. 48 (II)
Варакин Е. И. 172 (I)
Варганов М. Е. 171 (I)
Варгашкин Р. 325 (I)
Варжапетян А. Г. 92 (II)
Варшавский В. И. 33, 97, 317–330 (I); 11, 119 (II)
Варшавский И. И. 318 (I)
Васильев А. С. 105 (I)
Васильев Д. В. 12, 14, 89, 246 (I); 73 (II)
Васильев Л. В. 337 (I)
Васильев С. Н. 208 (I)
Васильев Ф. А. 20, 334–335 (I)
Васильевский А. С. 92 (II)
Васин Ю. В. 31 (II)
Васькин Р. Д. 78 (II)
Васютин Т. А. 29 (II)
Вашкевич Н. П. 97 (I)
Ващилло А. Г. 90 (II)
Вебер Х. 15 (II)
Ведерников Г. Г. 113, 118–119 (III)
Вейерштрасс Карл 9 (I)
Велихов Е. П. 5 (I); 4, 49 (II); 4, 8, 132 (III)
Вельбицкий И. В. 51 (II); 70 (III)
Велькер Г. 216 (I)
Веревкин А. П. 18 (I)
Веретягин А. А. 170 (I)
Верещагин А. Ф. 280 (I)
Веригин А. Н. 88 (III)
Вернадский В. И. 22 (II)
Верхолат М. Е. 285 (I)
Веселов В. А. 131–142 (I); 40, 127–131 (II); 43–44, 111–121 (III)
Веселов В. С. 26 (I)
Визер В. 15 (II)
Винер Н. 4, 9, 42, 46, 59, 79, 203, 235, 238, 256 (I); 7, 14, 32, 120 (II); 7, 46 (III)
Верещагин А. Ф. 41 (II)
Виноградов А. П. 272–273 (I)
Винокуров В. И. 93 (I)
Витни Д. Е. 40 (II)
Витт А. А. 61 (I)
Виттенштейн Л. 15 (II)
Вишневский Ю. Л. 62 (III)

- Вишняков Ю. С. 152, 162 (I)
 Владимирович Г. И. 173 (I)
 Владыкин С. А. 114, 120 (III)
 Власенко В. А. 27 (I)
 Власко–Власов К. К. 24 (III)
 Вознесенский И. Н. 11, 60, 247, 256 (I)
 Возняк Стив 135 (III)
 Вол И. А. 34 (II)
 Волгин Д. И. 148 (I)
 Волженская А. М. 46 (II)
 Волков А. П. 337 (I)
 Волков Е. Ф. 18, 105–106, 295 (I)
 Волкова В. Н. 42–48 (I)
 Вологдин В. П. 84 (I); 86 (III)
 Волькенштейн М. В. 3 (I); 3 (II); 6 (III)
 Вольперт 263 (I)
 Воробьев В. Г. 88 (I)
 Воробьев В. И. 148, 154, 160 (I);
 98–99 (III); 100 (III)
 Воронин Л. А. 113 (III)
 Воронкова А. И. 65 (I)
 Воронов А. А. 5, 12–13, 43, 49, 60, 86,
 101, 129, 242–275, 278, 291–292 (I);
 4, 11 (II); 7, 124 (III)
 Воронова А. А. 245–275 (I)
 Воронов А. В. 243 (I)
 Воропаев Н. А. 92 (II)
 Ворошилов К. Е. 231 (I); 71 (II)
 Востоков С. Б. 205 (I); 40 (III)
 Вояковская Н. Н. 77 (I)
 Вукобратович М. 281 (I)
 Вус М. А. 41, 45, 49–54, 212–219,
 226–241, 309–316 (I); 114, 118 (II);
 4, 122, 151 (III)
 Вышнеградский И. А. 11 (I), 247; 122 (II);
 86 (III)
 Вяйнасте Р. В. 70 (III)
 Вяхирев С. В. 60 (I)
- Гаврилов М. А. 238, 241, 272, 329 (I)
 Гавурин М. К. 66, 71, 221 (I)
 Гагарин Ю. А. 74, 176, 335 (I); 62 (II);
 27, 30 (III)
 Гайдук А. Р. 12, 104 (I)
 Гайцгори В. Г. 23 (I)
 Галанов А. В. 81 (III)
 Галанов А. И. 103, 107 (III)
 Галеркин Б. Г. 243 (I)
 Галлер Л. М. 232 (I)
 Галочкина В. Я. 34 (III)
 Галуа Э. 76, 97 (III)
 Галушкин А. И. 31, 118 (I)
 Гальперин И. И. 128 (II)
 Гамарник Я. Б. 71 (II)
 Гарбузов А. Р. 265–266, 268 (I)
 Гаррис Г. 50 (III)
- Гасаненко М. Л. 71 (III)
 Гаскаров Д. А. 105, 107 (I); 106 (II)
 Гришиани Д. М. 274 (I)
 Гегель 17, 21–22 (II)
 Гедель К. 15 (II)
 Гелиг А. Х. 80–81, 83 (I); 40 (II)
 Гельфанд И. М. 81 (I)
 Гельфанд Я. Е. 87 (III)
 Герасимов А. Н. 166 (I)
 Герасимов В. А. 79 (II)
 Герасимов И. В. 105, 112 (I)
 Герасимов Л. Ф. 287 (I)
 Герасимов М. А. 76 (I)
 Гербылева Н. П. 60 (I)
 Герман В. Д. 91 (II)
 Германов А. В. 334 (I)
 Герст В. С. 151, 162 (I)
 Герхен-Губанов Г. В. 133 (I)
 Герц Г. 22 (III)
 Гершун А. А. 15 (III)
 Гершуни Г. В. 43 (I)
 Гик Дж. Ван 15 (II)
 Гиляров В. Н. 93 (III)
 Гильбо Е. П. 19 (I)
 Гиндыш И. Б. 72 (I)
 Гительман Г. И. 34 (III)
 Гитис Э. И. 44 (I)
 Гитман И. Р. 71 (I)
 Гладких Б. В. 112 (III)
 Гладцин А. И. 121 (III)
 Глебов И. А. 109, 153, 156, 291, 295 (I)
 Глушков В. М. 5, 35, 43, 124, 187–188,
 241 (I); 4, 10 (II); 8, 49, 58–62, 127 (III)
 Гнедин Л. П. 268 (I)
 Голованов В. Б. 80–81 (II)
 Головлёв С. В. 80 (III)
 Гоголицин Ю. Л. 151 (I)
 Головин В. Ф. 337 (I)
 Голубев А. П. 93 (I)
 Голубев В. В. 115–117, 120 (III)
 Голубева С. В. 162 (I)
 Голдстейн Г. 46 (III)
 Гольданский В. И. 44 (I)
 Гольдин Б. М. 79 (II)
 Гольдфарб Л. С. 15, 251–252 (I)
 Гольдштейн Л. Д. 164, 169 (I)
 Голяков А. Д. 166 (I)
 Гомоюнов К. К. 334
 Гоноровский И. С. 313 (I)
 Гончаревский В. С. 164–175 (I); 19 (II)
 Гончаров Л. Г. 72 (II)
 Гончарова Л. И. 306–307 (I)
 Горбачев М. С. 134 (III)
 Горбачев С. В. 124 (I); (III) 127
 Горбунов В. И. 112, 114 (III)

- Гордеев В. Г. 204 (I); 129–130 (II); 43 (III)
Горелик Б. П. 92 (II)
Горлицкая С. И. 45, 51 (I)
Городецкая М. А. 73–74 (II)
Городецкий В. И. 160, 166 (I); 98, 100–101 (II); 100 (III)
Горская Л. М. 162 (I)
Горский Н. Д. 150–151, 159 (I); 104 (II)
Гортинская Л. В. 107 (III)
Горюнов В. И. 174 (I)
Горюнов Ю. П. 60 (I)
Горюнова Н. А. 3, 216 (I); 3 (II); 6 (III)
Горячева А. А. 107 (III)
Горяченков А. Т. 333 (I)
Готт В. С. 15 (II)
Гранин Д. 188 (I)
Гранквист Г. 14 (III)
Гранкин Б. К. 174 (I)
Гранстрем М. П. 285, 288 (I)
Графтио Г. О. 84–85, 215 (I)
Гребенщиков И. В. 84 (I)
Гречанов Е. В. 34 (II)
Гречко Г. М. 134–136 (I)
Грешневиков А. К. 337 (I)
Грибов В. М. 324 (I)
Григорьев В. А. 172 (I)
Григорьев В. В. 27, 104 (I); 94–99 (III)
Гридина Е. Г. 115 (I)
Гришкин В. 39 (II)
Гришкин И. И. 15 (II)
Гробовой Р. Н. 132–134 (I)
Грозный А. З. 24, 27, 30 (II)
Громан М. Б. 46 (II)
Громов А. М. 184 (I)
Громов В. В. 112, 121 (III)
Гросс Е. Ф. 3, 215 (I); 3 (II); 6 (III)
Гротендик А. 74, 81 (III)
Губанов Б. С. 78 (II)
Губинский А. И. 98, 293 (I)
Гудвин Дж. 14 (II)
Гудков В. А. 184 (I)
Гузенко В. Л. 174 (I)
Гуляев В. 97 (I)
Гуревич А. Л. 86 (III)
Гуркало С. В. 112, 120 (III)
Гурова Т. Б. 25 (II)
Гурьев И. С. 167 (I)
Гурьянова Г. Г. 68 (II)
Гурфинкель В. С. 329 (I)
Гусев А. В. 91 (II)
Гусев В. К. 113 (III)
Гусинский В. З. 207, 209 (I)
Гуссерль Э. 15 (II)
Гутенмахер Л. И. 43 (I)
Гутников В. С. 33, 35 (III)
Гушанская Е. М. 136 (III)
Гуц Н. Д. 107 (I)
Гуца А. Г. 24–25, 27, 29, 31 (II)
Давыдов С. И. 174 (I)
Даламбер Ж. Л. 10 (I)
Данилин А. А. 73 (II)
Данилов С. Д. 336 (I)
Дарвин Ч. 22 (II)
Даугавет В. А. 65 (I)
Даугавет И. К. 65 (I)
Даугавет О. К. 65 (I)
Девятков Н. Д. 23 (III)
Деев В. В. 172 (I)
Дейкало Г. Ф. 70, 73, 77 (I)
Дементьев П. В. 326 (I)
Демидов М. В. 81 (III)
Демченко О. И. 94 (I)
Демьянович Ю. К. 77 (I)
Денисов А. А. 12, 20 (I)
Дергузов В. А. 81 (I)
Деревицкий Д. П. 26, 82, 104 (I)
Дернова Е. В. 107 (III)
Детков В. К. 174 (I)
Дехтярев В. С. 183–184 (I)
Джанелидзе Г. Ю. 299 (I)
Джобс Стив 132–135 (III)
Джури Э. 17, 286 (I)
Дидук Г. А. 104, 268 (I)
Дикарев В. И. 174 (I)
Диодор 3 (III)
Диомидов В. Б. 204, 207 (I); 127–131 (II)
Дирак Поль 327 (I)
Диффи У. 101 (III)
Дмитриев А. К. 172 (I)
Дмитриев В. В. 84 (I)
Дмитриев С. П. 19, 26, 28, 204, 206–207, 210 (I)
Дмитриева М. В. 76 (I)
Добрянский В. М. 293 (I)
Долголенко Ю. В. 247 (I)
Доманский Б. И. 11–12, 20, 25, 33, 36, 58–62, 245 (I); 32, 37, 61, 63 (II)
Домарацкий А. Н. 148, 151, 153, 158, 162 (I);) 112 (II)
Донов А. Е. 168 (I)
Донченко В. К. 150, 157 (I)
Дорогов А. Ю. 118–119 (I)
Дородницын А. А. 5, 124 (I); 4 (II); 7, 60, 127 (III)
Доронина С. Е. 107 (III)
Дранников В. Г. 58 (I)
Дрейфус Х. Л. 14 (II)
Дрик Ф. 22 (II)
Дробов С. А. 164, 169, 293–294, 313 (I)
Дроздов В. Н. 27 (I); 97 (III)

- Дубинин Ф. Д. 34 (II)
 Дулевич В. Е. 164, 169, 184–185 (I)
 Дунаев А. И. 137 (I)
 Духовный И. А. 31 (II)
 Душин С. Е. 18 (I)
 Дьяконов В. П. 72 (III)
 Дюк В. А. 105 (II)
 Дюкрете Э. 17 (III)
- Евдокимов С. А.** 111 (II)
 Евменов В. П. 333 (I)
 Евсеев Г. С. 122 (I)
 Егиазаров И. В. 261 (I)
 Егоров А. И. 115–116, 121 (III)
 Егоров Б. Ф. 3, 136–142 (III)
 Егорова Т. С. 188 (I); 132–133 (II)
 Елецкий Е. А. 68 (II)
 Елисеев А. А. 41 (III)
 Елисеев Ю. Ф. 88 (II)
 Елфимов В. Г. 188 (I)
 Ельяшевич Е. В. 91 (II)
 Емельянов В. Н. 120–121 (III)
 Емельянов С. В. 31, 101, 110, 273, 275, 287, 292 (I)
 Емельянцеv Г. И. 206–207 (I)
 Еремеев М. А. 107 (III)
 Еременко И. В. 279 (I)
 Ермаков С. М. 71–73, 75 (I)
 Ермилов Б. Л. 266, 268 (I)
 Ерофеев А. А. 12, 198 (I)
 Ерофеев Ю. Н. 231 (I)
 Еругин Н. П. 297–298, 300 (I); 35 (II)
 Ершов А. П. 5, 45, 49, 68, 73, 129, 241, 305–306, 308 (I); 4 (II); 8, 125 (III)
 Ершов В. А. 92 (II)
 Ершов Н. Н. 103 (I)
 Ефимов В. В. 166 (I)
 Ефимов Д. В. 31, 118–119 (I)
 Ефремов В. Д. 12, 198 (I); 63–66, 69 (II)
 Ефремов Р. Н. 173 (I)
- Жаков А. М.** 167 (I)
 Жданов С. Н. 26 (II)
 Жданов П. С. 257 (I)
 Жеглов Б. 47 (II)
 Железнов Н. А. 33, 36, 120–121, 126, 130, 169, 313 (I)
 Жигарев А. Н. 174 (I)
 Жигелей В. С. 175 (I)
 Жинкин Н. И. 238 (I)
 Жиров В. С. 91 (II)
 Жузе В. П. 215 (I)
 Жуков В. А. 178 (I)
 Жуков Г. К. 233 (I)
 Журавлев И. Е. 25 (II)
 Журавлев Ю. И. 241 (I)
- Забар С. К.** 97 (I)
 Заблудский Г. А. 70 (II)
 Забоев М. Н. 80 (II)
 Заболотный А. 103 (III)
 Заболотский В. П. 40–41 (I); 96–98 (II); 122 (I)
 Загашвили Ю. В. 131–142 (I)
 Заде Л. 123, 145, 269 (I); 15, 43 (II)
 Задыхайло И. Б. 68 (I)
 Заездный А. М. 42, 325 (I)
 Зазорин Е. А. 189 (I)
 Заикин О. А. 105–106 (I)
 Зайков Л. Н. 156 (I)
 Зайнашев Н. К. 167 (I)
 Зайцев С. Т. 79, 82 (II)
 Зайцев Н. 243 (I)
 Залипаев В. В. 336 (I)
 Замарин А. И. 174 (I)
 Зарецкий В. А. 137, 141 (III)
 Зарипов Р. Х. 145 (I)
 Зарудный В. И. 206 (I)
 Захарин М. И. 279 (I)
 Захарин Ф. М. 166 (I)
 Захаров А. Л. 48 (II)
 Захаров В. Г. 132 (III)
 Захаров В. К. 14, 86 (I); 63, 68–69 (II)
 Захаров В. Н. 6 (I); 4 (II); 132 (III)
 Захаров Д. В. 107 (III)
 Захаров М. Г. 23 (I)
 Захаров Ю. Н. 24, 26–27, 29–31 (II)
 Захарченя Б. П. 212 (I)
 Зверев Р. И. 170 (I)
 Зворыкин В. К. 3 (I); 25, 86 (III)
 Звягин В. И. 174 (I)
 Зеленцов В. А. 173 (I)
 Зелинский В. А. 88 (II)
 Зельдович С. М. 203 (I)
 Зельченко В. Я. 78–79 (II)
 Зенкевич С. Л. 280 (I)
 Зерницкий М. А. 87 (I)
 Зернов Н. В. 169 (I)
 Зилитинкевич И. С. 132 (I)
 Зима В. 103 (III)
 Зиненко В. М. 205, 207 (I)
 Зиньковский А. В. 41 (II)
 Зипф Дж. К. 15 (II)
 Зограф И. А. 35–36 (III)
 Золотинкин Л. И. 15 (III)
 Золотов О. И. 287 (I)
 Зорин Д. И. 27 (I)
 Зотов Н. С. 24, 91 (I)
 Зубарев Б. И. 23 (III)
 Зубарев Ю. Б. 31 (III)
 Зубкович С. Г. 168, 184 (I)
 Зубов В. И. 6, 21–22, 26, 268, 297–303 (I); 5, 11, 76, 92 (II); 9 (III)

- Иваненков В. В. 27 (II)
Иванищев В. В. 149–150, 159 (I); 103 (II)
Иванов А. И. 104 (I)
Иванов А. Н. 188, 293 (I)
Иванов А. С. 88 (I); 89 (II)
Иванов В. В. 238, 241 (I)
Иванов В. И. 248 (I)
Иванов Г. Н. 23 (II)
Иванов Ю. Д. 140 (I)
Иванова В. А. 73 (II)
Иванова Г. Е. 163 (I)
Иванова О. Ю. 31 (II)
Ивановский Р. И. 205 (I)
Ивахненко А. Г. 43, 91, 287 (I); 75, 120 (II)
Игнатъев М. Б. 12, 28, 33, 35–36, 42–54, 120, 122–126, 130, 242, 265–268 (I); 9, 12, 34, 37, 42, 120 (II); 3, 58–59, 124–137, 143–148 (III)
Игнашкина Е. М. 71 (III)
Иголкин В. Н. 65–66, 68–69 (I)
Изенбек С. А. 87 (I)
Изотов Б. В. 107 (III)
Изранцев В. В. 41 (III)
Ильин В. А. 274 (I)
Ильин В. Б. 87 (III)
Ильина С. Г. 73 (II)
Имаев Д. Х. 18, 31, 91, 101, 108, 117 (I)
Ингстер И. Н. 83 (II)
Иоаннисиани Б. К. 44 (III)
Иосифьян А. Г. 267 (I)
Иоффе А. Ф. 183, 215, 243 (I); 86 (III)
Иоффе А. Я. 173 (I)
Иоффе Г. И. 337 (I)
Ипатов О. С. 131–142 (I); 9, 118 (II); 111–121 (III)
Ипатьев В. Н. 70 (II)
Иржова В. Я. 109 (III)
Исаев Б. А. 23–31 (II)
Исаенко А. В. 31 (II)
Исаков П. П. 112, 115 (III)
Исанин Н. Н. 101, 291–292 (I)
Иссерлин Г. С. 65 (II)
Ицкович Э. Л. 87 (III)
Иццоки Я. С. 253 (I)
Ишлинский А. Ю. 101, 274, 292 (I); 86 (II)
- Кабардина И. К. 83 (II)
Кавалеров Г. И. 32, 34 (III)
Кадыров А. А. 18, 105 (I)
Кажухало И. Ф. 112, 114, 121 (III)
Казакевич В. В. 255 (I)
Казаринов Р. Ф. 216–217 (I)
Казаринов Ю. В. 81 (I); 34 (II)
Казаринов Ю. М. 100, 287 (I)
Казаринов Ю. Ф. 22 (I)
Калашников В. В. 117 (I)
- Калери А. Ю. 135 (I)
Калинин В. В. 293 (I)
Калинин В. Н. 164–175 (I)
Калинин М. И. 243 (I)
Калман Р. 22, 81, 203, 208, 269 (I); 14, 137 (II)
Калявин В. Н. 105, 107 (I)
Каляев А. В. 134 (I); 62 (III)
Кальмар Л. 76 (III)
Каминскас В. 104 (I)
Кампе–Немм А. А. 27 (I)
Кан В. 135 (I)
Канарейкин Д. Б. 171 (I)
Канарев Л. Е. 76, 83 (II)
Канеман Даниэл 46 (I)
Кандинский В. В. 135 (III)
Канонюк А. Е. 42 (II)
Кант Э. 18 (II)
Канторович Л. В. 3, 5, 33–36, 42–43, 63–65, 79, 220–225, 236, 265, 308 (I); 3–4, 8, 11 (II); 6, 8 (III)
Капица А. П. 272 (I)
Капица П. Л. 3, 243, 272 (I); 3 (II); 6 (III)
Капустин А. В. 28 (I)
Капустин Ф. Я. 15 (III)
Капустина Е. Н. 307 (I)
Карандеев К. Б. 57–59 (I)
Каргу Л. И. 165 (I)
Карельских С. Ф. 120 (III)
Карнап Р. 14 (II)
Карпов В. Г. 169 (I)
Карпов Ю. Г. 62 (II)
Карпович М. В. 28 (II)
Карпухин Н. С. 90 (II)
Карри Х. 15 (II)
Карсаев О. В. 101 (II)
Карцев М. А. 44 (I)
Касаткин В. В. 118 (II)
Касты Дж. 14 (II)
Катаев С. И. 26 (III)
Катковник В. Я. 19, 23 (I)
Катханов М. Н. 293 (I)
Кафаров В. В. 93 (III)
Кацев Б. А. 73 (I); 67, 70 (III)
Качанова Т. Л. 31, 118 (I)
Качурин В. Н. 97 (I)
Кейн В. М. 12, 104, 199 (I)
Келдыш М. В. 74, 264, 272, 274, 299 (I)
Кемени Дж. 15 (II)
Кемурджиан А. Л. 133 (I); 42 (II); 112–113, 121 (III)
Кепперман В. Г. 92 (I)
Керножицкий В. А. 131–142 (I); 127–131 (II); 111–121 (III)
Керов Л. А. 78 (I)
Кершнер Л. 15 (II)

- Кетов Х. Ф. 59(I)
Килби Джек С. 33, 214(I)
Килин Ф. М. 164, 167–168, 171(I)
Киреев С. П. 70(III)
Кириллин В. А. 73(I); 69–70, 72(III)
Кириллов И. И. 60(I)
Кириллов Н. С. 34(II)
Кирпичёв М. В. 59, 61(I)
Киселёв В. Б. 106(II)
Кисельников В. М. 124(I); 127(III)
Кисунько Г. В. 233(I)
Китов А. И. 79, 236(I); 49(III)
Кишеневский М. А. 97, 147, 492, 504(I)
Клауз Л. П. 44(I)
Клейменов В. В. 171(I)
Клини С. К. 15(II)
Клир И. 14(II)
Клубович А. А. 70, 72(III)
Клюев Н. Ф. 170, 185(I)
Кляцкин Д. Я. 112, 114, 120(III)
Кнорринг В. Г. 56–62(I); 9(II); 32–37(III)
Кобзарев Ю. Б. 183, 232, 234(I); 23(III)
Коблов В. Л. 184, 188–189(I)
Ковалевская В. В. 57(I)
Ковалевская С. В. 302(I)
Коваленко И. Н. 105(III)
Коваленков В. И. 84–85(I)
Ковалеров Г. И. 88(I)
Ковалёв С. Н. 293(I)
Ковальский З. 18(I)
Ковригин А. Б. 65, 68(I)
Коган А. Б. 44(I)
Коган И. М. 44(I)
Козинец Б. Н. 80(I)
Козлов В. Н. 12, 32, 44, 117(I); 143(III)
Козлов Г. В. 112, 114–116, 118–119(III)
Козлов Ю. М. 16, 25–26(I); 40, 75(II)
Козловский В. А. 162(I)
Козловский В. Б. 91(II)
Козодеров В. В. 151(I)
Козулин Н. А. 86(III)
Козырев Б. П. 215, 284(I)
Кокаев О. Г. 105(I)
Кокотович П. 281(I)
Колесник В. Д. 120–122, 126–127, 130(I)
Колесников А. А. 92, 104(I)
Колесников В. Г. 232(I)
Колесников Г. М. 257, 263(I)
Колесов Н. В. 202–209(I); 10(II)
Колмогоров А. Н. 5, 79, 118, 256(I);
16, 22, 110(II); 8(III)
Колодин М. Ю. 71, 73(III)
Колосов В. Г. 12(I); 63–64, 66(II)
Колпакова Н. В. 7–11(II)
Колпышев Ю. Н. 162(I)
Колчин Н. И. 60(I)
Комаров И. В. 316(I)
Комиссаров В. И. 112(III)
Кондратенков Г. С. 185(I)
Кондратьев А. Ю. 97, 322, 329(I)
Кондратьев В. В. 59(II)
Кондратьев К. Я. 151(I); 31(III)
Коновалов А. С. 28(I)
Коновалов С. Ф. 207(I)
Коноплев В. Н. 148(I)
Константинов Б. П. 299(I)
Конторов С. Е. 188(I)
Корепанов Г. Н. 112(III)
Коржавин Г. А. 92(II)
Корк А. И. 71(II)
Кормилицина Г. Н. 46(II)
Корн Г. 123; 129(I)
Корниенко А. А. 171(I)
Корнилов Ю. Б. 144, 256(I)
Корнитенко Г. Г. 260, 265, 268(I)
Корнюшкин Ю. С. 34(II)
Коробов Д. Д. 190(I)
Королёв В. С. 66(II)
Королёв С. П. 19, 73–74, 131, 168,
304–306(I); 33, 35–36, 83–84(II);
24–26, 28–29, 31, 55(III)
Королёва Р. А. 6(II)
Коростелев А. А. 170, 184(I)
Коротков А. В. 81(III)
Коротков Е. Б. 140–141(I)
Корочкин Э. В. 68(II)
Коса П. 15(II)
Косарев Ю. А. 151(I); 101, 104(II)
Косова И. С. 80(III)
Косовский Н. К. 76(I)
Костенко М. П. 249, 259–261, 263–265,
267–268, 270(I)
Костенко Ю. М. 112(III)
Костин А. А. 103, 107(III)
Костина А. А. 107(III)
Костров А. В. 205(I)
Костылев А. А. 170(I)
Костылев И. М. 132(III)
Косыгин А. Н. 269(I); 52(III)
Котельников В. А. 137(I); 13(III)
Котенко В. П. 6(I); 5, 98(II); 9(III)
Котенко И. В. 98(II); 100(III)
Котляров В. П. 70(III)
Котов В. Е. 62(III)
Котов Ю. А. 333–334(I)
Котченко Ф. Ф. 286(I)
Кочетков В. Т. 279(I)
Кочеткова Е. В. 45, 51(I)
Кочешков Н. А. 181(I)
Кочина П. Л. 274(I)
Кочубиевский И. Д. 275(I)
Кошелев П. М. 46(II)

- Коши 123(II)
Кошкин А. Н. 155(I)
Кошляков В. Ф. 118, 120(III)
Кошляков Н. С. 84(I)
Кравцов А. А. 44(II)
Крайзмер Л. П. 33–34, 42, 226, 236(I)
Кракау Т. К. 20, 61, 331–337(I); 12(II)
Краснов А. Е. 115(III)
Краснощекоев А. М. 317(I)
Красовский А. А. 4–6, 82, 234(I);
4(II); 8–9(III)
Красовский Н. Н. 101, 274, 292,
298–299(I)
Красюк В. И. 330(I)
Кратцентштейн Х. Г. 7(I); 5(II); 10(III)
Крашенинников 248(I)
Кремер Герберт 33, 214, 216(I)
Кремлев А. С. 99(III)
Кремнев В. И. 115(III)
Кривский В. В. 336(I)
Крикалев С. К. 135(I)
Крипке С. 14(II)
Кромский Б. В. 164–175(I)
Кронекер Л. 76(III)
Кропотов Ю. А. 151(I)
Круг Г. К. 44, 295(I)
Крук Е. А. 120–130(I); 9(II)
Крыжановский В. К. 89(III)
Крылов А. Н. 33, 56, 88, 227(I); 8, 124(II)
Крылов В. И. 65(I)
Крылов Н. М. 16, 255–256, 278(I)
Крюковец В. В. 115, 116(III)
Крячко А. Ф. 171(I)
Кубанцев В. И. 104(I); 87(III)
Куберская Н. А. 42–48(I)
Кудревич Б. И. 88(I)
Кудрявцев В. Б. 167(I)
Кудрявцев В. В. 167(I)
Кудрявцев В. Н. 46(II)
Кудрявцев М. В. 133(I)
Кудрявцева И. А. 82–83, 85(III)
Кудряшов Б. Д. 121, 127(I)
Кузичкин А. В. 172(I)
Кузнецов В. Г. 132–134(I)
Кузнецов В. И. 166(I)
Кузнецов Н. А. 207(I)
Кузнецов П. И. 264(I)
Кузьмин Н. Н. 84–119, 295(I); 9(II)
Кукдревич Б. И. 91(II)
Куклев Е. А. 142(I)
Кулаков Ф. М. 144, 150, 162–163(I);
32–43, 103, 114(II)
Кулебакин В. А. 11, 85, 250, 256, 258,
267(I)
Кулешов С. В. 110(II)
Кулиш В. Г. 83(II)
Кульбуш Г. П. 59(I)
Кульчицкий О. Ю. 19, 23(I)
Кунин В. А. 91(II)
Купменс Т. 36(I)
Куприянов И. А. 107(III)
Курнаков Н. С. 84(I)
Курочкин В. М. 68, 306(I)
Курчатова И. В. 43, 215, 264(I)
Кустов В. Н. 167(I)
Кутателадзе С. С. 225(I)
Кутузов А. Л. 71(III)
Кухтенко А. И. 287(I)
Лабунец В. С. 36(III)
Лавочкин С. А. 87(II); 55(III)
Лаврентьев В. В. 97(III)
Лавров С. С. 5, 33, 35, 49, 63–64, 66,
68–69, 73–76, 129, 175, 304–308(I);
4, 8, 11(II); 8(III)
Лагранж Ж. Л. 9, 80(I)
Ладыгин К. И. 30(II)
Лазарев Л. П. 253(I)
Лазеев 280(I)
Лазуткин В. И. 326(I)
Ламбин Л. Н. 45(II)
Ламбин Н. В. 44(II)
Ландау Б. Е. 204(I)
Ландау И. Я. 132(III)
Ландау Л. Д. 3(I); 3(II)
Ландо Я. 82(I)
Ланердин В. И. 53, 56(III)
Лапин В. А. 78(II)
Лапин В. П. 79(II)
Лапкин Л. Я. 92(II)
Ланин М. И. 34(III)
Ланцман Р. М. 80(I)
Лапардин В. И. 190(I)
Лаптев В. В. 74–85(III)
Ласточкин А. А. 141(I)
Ласточкин Н. К. 112(II)
Лебедев А. Н. 93, 97(I); 92(II)
Лебедев В. И. 337(I)
Лебедев С. А. 5(I); 4, 59(II); 8, 49(III)
Лебедева И. А. 77(III)
Левантовский В. И. 38(III)
Левин В. И. 6(I)
Левинзон Г. Л. 141(I)
Левит М. В. 81(I)
Левкин И. М. 174(I)
Ледовский А. Д. 142(I)
Лезин Г. В. 70(III)
Лекарев М. Ф. 67(II)
Ленин В. И. 16, 68(II); 133(III)
Леонов В. П. 7–11(II); 4, 151(III)
Леонов Г. А. 22, 32, 63, 78, 80–81(I)
Лернер А. Я. 274, 286(I)

- Лескин А. А. 162 (I)
Лесков А. Г. 280 (I)
Лётов А. М. 269, 299 (I); 76 (II)
Лефшец 23 (I)
Либеров А. Б. 70 (III)
Лившиц Э. Г. 45–46 (II)
Линквист А. 82 (I)
Линник Ю. В. 33 (I)
Линский 273–274 (I)
Липаев В. В. 51 (II)
Лисицын Н. В. 88 (III)
Лисочкин И. Б. 24 (III)
Лисс А. Р. 97, 122 (I)
Литвинов А. П. 17, 29, 166 (I)
Литвинский 71 (II)
Лихачев В. М. 171 (I)
Лихтарников А. Л. 22, 91 (I)
Логачев Е. Г. 174 (I)
Логинов А. В. 142 (I)
Лойцянский Л. Г. 299 (I); 122, 124 (II)
Ломако А. Г. 167 (I)
Ломов Б. Ф. 43, 238 (I)
Ломоносов М. В. 3 (I); 3 (II); 6 (III)
Лоозе Х. 42 (II)
Лопота В. А. 31–32 (I)
Лосев Г. М. 147, 151 (I); 100 (II)
Лосев С. А. 132 (I)
Лоскутков Г. М. 279, 281 (I)
Лотман Ю. М. 43 (I); 136, 141–142 (III)
Лузин Н. Н. 254 (I)
Лука Мари 37 (III)
Лукашенко А. Г. 218 (I)
Лукирский П. И. 231 (I)
Лукомский Ю. А. 15, 99, 113–114, 207 (I)
Лукошкин А. П. 186 (I)
Лукьянов Д. П. 99, 115, 171, 207, 293 (I)
Лупал А. М. 124 (I); 127 (III)
Лупанов О. Б. 241 (I)
Лупичев Л. Н. 134 (I)
Лурье А. И. 18–19, 23, 61, 243, 251, 262, 267, 299 (I); 34, 73, 84, 120–126 (II)
Лурье О. Б. 99 (I)
Лучинин В. В. 107 (I)
Лучко С. В. 166 (I)
Льюнг Л. 82 (I)
Лысенко А. П. 167 (I)
Лысенко И. В. 174 (I); 105 (III)
Любачевский Б. Д. 81–82 (I)
Любимский Э. З. 68, 305 (I)
Любич Д. В. 135 (III)
Ляпина Л. Е. 136 (III)
Ляпунов А. А. 5, 43, 79, 81, 236–238, 241 (I); 4 (II); 8, 49, 97 (III)
Ляпунов А. М. 10, 13, 22, 24, 33, 297–298, 300 (I); 8, 73, 122–124 (II)
Ляхович Е. М. 188–189 (I)
Лященко Н. Н. 160 (I)
Маевский О. В. 330 (I)
Майборода Л. А. 166 (I)
Майер Р. В. 14–15, 91, 296 (I)
Майоров С. А. 33, 36, 97 (I)
Майоров С. П. 140 (I)
Майхил Дж. 320 (I)
Макаров И. М. 101, 133, 292 (I)
Макаринский В. К. 29 (II)
Макеев В. П. 83 (II)
Маккарти Д. 43 (II)
Максвелл Дж. К. 22 (III)
Максимей И. В. 69 (I)
Маленков Г. М. 232 (I)
Маленков М. И. 114, 116, 120–121 (III)
Маликов И. М. 87 (I)
Малкин И. Г. 23, 256 (I)
Маллер Д. Е. 321 (I)
Малыхина Г. Ф. 57 (I)
Малышев В. А. 188 (I)
Малышев Н. Г. 111 (I)
Мальцев В. Б. 172 (I)
Мальцев Г. Н. 171 (I)
Мальцев П. А. 162 (I)
Малютин С. А. 88 (III)
Мамаев В. Я. 83 (II)
Мамон П. А. 168 (I)
Мамруков Ю. В. 330 (I)
Мандельштам Л. И. 256, 311 (I)
Мандельштам С. М. 32–34 (III)
Маневич Б. М. 91 (II)
Манойлов В. В. 104 (I)
Мануйлов Ю. С. 171–172 (I)
Мараховский В. Б. 97, 320, 330 (I)
Марголус Н. 71 (III)
Маркелов А. А. 140 (I)
Маркелов Н. И. 184 (I)
Марков А. А. 33, 63–64, 69, 76, 302, 308 (I); 79, 82 (III)
Маркони Г. 13–17, 22–23 (III)
Маркс К. 21 (II)
Марлей В. Е. 103 (II)
Мартыненко Б. К. 63–78 (I); 9 (II)
Марчук Г. И. 153 (I); 8 (III)
Марьяновский 254 (I)
Маслевский В. И. 87, 205 (I)
Маслов А. Я. 173 (I)
Маслова М. М. 25 (II)
Маслюков Ю. Д. 113 (III)
Массарский А. С. 135 (I)
Матвеев А. С. 80, 83 (I)
Матвеев В. С. 83 (II)
Матиясевич Ю. В. 77, 129 (I)
Маучли Дж. 46 (III)

- Мачалов А. В. 116 (I)
Мегрецкий А. 81 (I)
Медведев В. С. 280 (I)
Медведев С. В. 151 (I)
Мееров М. В. 254, 257, 262, 285 (I)
Мейер Р. 15 (II)
Мелёхин В. Ф. 12, 58; (II) 59–69 (I)
Мельканович А. Ф. 174 (I)
Мельник Ю. А. 170, 184–185 (I)
Мельников Б. Г. 171 (I)
Мельников В. А. 62 (III)
Менделеев Д. И. 3 (I); 6, 14, 86 (III)
Меньшиков Г. Г. 22 (I)
Месарович М. Д. 14 (II)
Месропов Г. М. 191 (I)
Матвеев В. С. 83 (II)
Метлицкий Е. А. 105 (I)
Мечников И. И. 3 (I); 3 (II); 6 (III)
Мещанинов А. А. 135 (III)
Мещерский И. В. 10 (I)
Мидцев Б. Ф. 133 (I)
Миллер Р. Е. 321 (I)
Мильнер Б. З. 274 (I)
Минаков Е. П. 168 (I)
Минский 82 (III)
Минц А. Л. 23 (III)
Минц Г. Е. 307 (I)
Мирбах Р. А. 227 (I)
Мирзоев Р. Г. 89 (III)
Мирин А. 103 (III)
Миронов А. Н. 173–174 (I)
Миронов В. И. 166 (I)
Миронов Ю. В. 168 (I)
Мироновский Л. А. 125 (I)
Мирончиков Е. Т. 120–122, 126, 130 (I)
Мирошник И. В. 27, 83 (I); 95–96, 99 (III)
Миткевич В. Ф. 59, 243 (I)
Митрофанов Б. А. 82 (II)
Митрофанов С. П. 155 (I)
Митряев Е. В. 172 (I)
Митягина Е. П. 24, 29 (II)
Михайлов А. В. 255 (I)
Михайлов Б. Г. 176–178 (I); 10 (II)
Михайлов В. А. 14, 89 (I)
Михайлов В. В. 150, 159 (I); 34 (II)
Михайлова А. Б. 80 (III)
Михалевич В. С. 5 (I); 4 (II); 8 (III)
Михеев Л. Т. 187 (I)
Мицкевич А. В. 111–121 (III)
Мичи Д. 15 (II)
Мишин В. П. 305 (I)
Мишкинюк В. К. 112–113, 121 (III)
Мозгалевский А. В. 15, 26, 100, 107, 292 (I)
Мозжухин Н. М. 75 (II)
Моисеев Н. Д. 256 (I)
Моисеев Н. Н. 49, 82, 129 (I)
Молдовян А. А. 99 (I); 100–110 (III)
Молдовян Д. Н. 107 (III)
Молдовян Н. А. 100–110 (III)
Молдовяну П. А. 104, 107 (III)
Молоденский А. В. 76, 83 (II)
Молотов В. М. 52 (III)
Мороз А. В. 141 (I)
Мороз А. М. 140 (I)
Морозов Б. И. 44 (I); 143 (III)
Морозов В. А. 335–336 (I)
Морозов В. П. 74, 86, 112 (II)
Морозов Н. Б. 70 (III)
Морозова Е. В. 107 (III)
Москаленко А. Ф. 293 (I)
Москаленко Е. А. 48 (II)
Муравьев А. В. 31 (II)
Мурсаев А. Х. 105 (I)
Мусаев А. А. 171 (I); 86–93 (III)
Муסיнова Е. В. 81 (III)
Муттер В. М. 96 (I)
Муш Б. С. 186, 191 (I)
Мясников В. А. 27, 33, 35 (I); 58–59, 127 (III)
Нагорный В. С. 104 (I)
Нагорный Н. М. 64 (I)
Назаров О. В. 108 (I)
Напалков А. В. 44 (I)
Нартов А. К. 3 (I); 6 (III)
Насонов В. П. 168 (I)
Наумов Б. Н. 5, 101, 292, 326 (I); 4 (II); 8, 132, 134 (III)
Наумов В. Б. 41 (I); 97, 108 (II)
Наумов В. Г. 87 (I)
Наур П. 64, 69 (I)
Небылов А. В. 207–208 (I); 38–44 (III)
Невинс Дж. 39–40 (II)
Недосекин Д. Д. 115 (I)
Нейман Дж. 7 (I); 5, 15 (II); 10, 46–48, 54, 56–57 (III)
Неймарк Г. М. 91 (II)
Неймарк Ю. И. 82, 256 (I)
Некрасов С. П. 66 (II)
Нелепин Р. А. 22 (I)
Немков В. С. 106 (I)
Немура А. 104 (I)
Немчинов В. С. 237 (I)
Неронов Н. Н. 48 (II)
Несенюк Л. П. 203–205, 207, 209 (I)
Нестеров Е. И. 191 (I)
Нестеров В. М. 111 (II)
Нестеров Т. В. 333, 336–337 (I)
Нибберг Н. А. 46 (II)
Никитин А. А. 137 (III)

- Никитин А. В. 44, 125 (I); 3, 137, 143–148 (III)
Никифоров В. В. 34, 39, 111 (II)
Никифоров В. О. 37, 83, 208 (I); 97, 99 (III)
Никифорова Е. В. 65 (I)
Николаев П. В. 95–96 (III)
Николаев О. А. 91 (II)
Николаи Е. Л. 60 (I); 84, 91 (II)
Николенко С. И. 105 (II)
Никольская С. 133–134 (II)
Никольский Г. Н. 19, 61 (I); 61, 85, 91 (II)
Никончук О. М. 205 (I)
Никольцев В. А. 91–92 (II)
Нильсен М. 82 (III)
Нильсон Н. 43 (II)
Нобель А. 14 (III)
Новаченко С. И. 34, 39 (II)
Новик И. Б. 15 (II)
Новиков Б. А. 70, 73, 76 (I)
Новиков В. А. 105, 106 (I)
Новиков В. В. 92, 106 (I)
Новиков Ф. А. 307 (I)
Новицкий П. В. 32–37 (III)
Новожилов В. В. 101, 292 (I)
Новосельцев Я. В. 87 (I)
Новосёлов А. И. 27 (I)
Ноздруков Н. Р. 160 (I)
Норневский Б. И. 14–15, 85, 89, 93–94, 283, 296 (I)
Носков В. П. 134 (I); 118 (III)
Нуждин В. Н. 104 (I)
- Обновленский П. А.** 87, 89 (III)
Образцов И. Ф. 291 (I)
Оводенко А. А. 44, 125 (I); 41, 143 (III)
Овсиевич Б. Л. 320 (I)
Овсянников Д. А. 297–303 (I)
Овсянников Е. К. 163 (I)
Оганесян Л. А. 319 (I)
Одинцов А. А. 88, 204 (I)
Одинцов Г. В. 14 (I)
Однер В. Т. 190 (III)
Окон И. М. 202–203 (I)
Окрепилов В. В. 163 (I)
Олейников В. А. 23–24, 86, 90–92, 94–95 (I)
Олянюк П. В. 171, 200 (I)
Оморов Р. О. 27 (I)
Опарин А. И. 22 (II)
Опельт Винфред 12 (I)
Орбели Л. А. 43 (I)
Оревков В. П. 78 (I)
Орлов В. П. 40 (III)
Орлов В. М. 71 (II)
Орлова И. В. 7–11 (II)
- Орурк И. А. 28 (I)
Осипов А. В. 207 (I)
Осипов Л. А. 28 (I)
Осовец С. М. 329 (I)
Островитянов Р. В. 197 (I)
Остромухов Я. Г. 203 (I); 43 (III)
Оусама Хатиб 37, 97 (II)
Охоцимский Д. Е. 133 (I); 36, 42–43 (III)
Охочинский М. Н. 111–121 (III)
Охтилев М. Ю. 106 (II)
Оцохимский Д. Е. 36, 42–43 (II)
Ощепков П. К. 183 (I)
- Павленко В. А. 87 (III)
Павлов В. А. 34, 39 (II)
Павлов В. В. 79 (II)
Павлов И. П. 3 (I); 4, 7, 21 (II); 6 (III)
Павлов М. А. 243 (I)
Павловский В. Ф. 108, 114 (II)
Павловский Н. Н. 59 (I)
Падалка Г. И. 135 (I)
Палагин Ю. И. 186 (I)
Паламарюк Р. О. 97 (I)
Пальтов И. П. 16, 27, 278–280 (I); 95–96 (III)
Папалекси Н. Д. 256, 311 (I)
Панфилов И. В. 167 (I)
Парин В. В. 237 (I)
Пароменский И. 14 (III)
Партал М. А. 15 (III)
Парфёнов В. Г. 39 (I)
Пархоменко П. П. 274–275 (I)
Паршев А. П. 18 (II)
Пастухов К. В. 133 (I)
Патрышев В. Н. 70 (III)
Пахомов А. И. 135 (I)
Пашенко Е. Г. 293 (I)
Педанов Е. И. 74, 306 (I)
Пелевин А. Е. 204 (I)
Пеньков М. М. 174 (I)
Первозванский А. А. 18–19, 23, 25–26, 33, 82, 260–261, 267–268 (I); 125 (II)
Пересада В. П. 191 (I)
Перовская Е. И. 265–266 (I)
Персин С. М. 34 (III)
Песчанский В. А. 319–320 (I)
Петренко Р. М. 87 (I)
Петрига В. Н. 121 (III)
Петров А. А. 294 (I); 85 (II)
Петров А. В. 185 (I)
Петров Б. Н. 5, 91, 101, 144, 234, 241, 257, 263–264, 267, 271–274, 287, 292 (I); 7, 36, 42, 75 (II); 8 (III)
Петров В. В. 254 (I)
Петров И. Г. 187 (I)
Петров Ю. Б. 105 (I)

- Петров Ю. П. 22, 221 (I)
Петрова Л. Т. 220, 223–224 (I)
Петрушевский Ф. Ф. 15 (III)
Петрушина Т. И. 307 (I)
Петухов В. Е. 176–178, 337 (I)
Петухов Г. Б. 173 (I)
Петушков М. К. 205 (I)
Печкобей О. В. 24 (II)
Печурин В. Ф. 73 (II)
Пешехонов В. Г. 32, 202, 204–205, 207–209 (I); 138–139 (II); 3 (III)
Пётр Великий 3 (I); 3 (II); 6 (III)
Пильдес М. Б. 118 (II)
Пирс Дж. 15 (II)
Пиотровская К. Р. 82 (III)
Писарев С. Е. 249 (I)
Пистолькорс А. А. 84, 311 (I)
Письменный Г. В. 280 (I)
Питтель Б. Г. 81 (I)
Питько А. Е. 70 (III)
Платонов А. К. 133 (I)
Плескунин В. И. 92, 105–106 (I)
Плисс В. А. 21–23 (I)
Плотников А. В. 97 (I)
Плохотников К. Э. 75 (III)
Плюснин В. У. 35 (I); 63 (III)
Погорелов В. Г. 120 (III)
Погосян Л. М. 70 (III)
Погромский А. Ю. 83 (I)
Подвальных А. С. 77 (II)
Подвязный Я. П. 135 (I)
Поднозова И. П. 71 (III)
Подоплёкин Ю. Ф. 70–93 (II)
Пожарский В. Н. 109 (III)
Познанский А. Б. 196 (I)
Пойа Д. 15 (II)
Пойда В. Н. 44 (II)
Покровский А. М. 34, 37
Полетаев А. М. 164–175 (I)
Половко А. М. 16, 26, 165, 279 (I)
Половников В. И. 168 (I)
Половченко Р. И. 6 (I); 6 (II); 9 (III)
Полонников Р. И. 97, 107–109 (II)
Полонская Л. В. 128 (II)
Полонский Л. В. 40 (III)
Полтырев Г. Ш. 121 (I)
Полуэктов Р. А. 19, 26, 97 (I)
Поляков А. О. 150, 162 (I)
Поляков А. П. 174 (I)
Поляков Г. И. 171 (I)
Поляков Н. П. 41 (III)
Полянский А. С. 80 (II)
Поляхов Н. Д. 105, 107 (I)
Поникаровский Г. Н. 88 (I)
Пономарёв В. М. 16, 25–26, 29–30, 33, 143–163, 165, 175 (I); 10, 42, 96, 114, 142 (II)
Понселе Ж. 153 (III)
Понтрягин Л. С. 20–21, 91, 69 (I); 125 (II)
Попечителей Е. П. 116 (I)
Попов А. Г. 120–121 (III)
Попов А. П. 72 (I)
Попов А. С. 3, 33–34, 84, 226, 235 (I); 8, 47, 132 (II); 12–23 (III)
Попов В. К. 59–61, 244, 247 (I)
Попов В. Н. 305 (I)
Попов Е. П. 5–6, 12–13, 15–16, 22, 25, 81–82, 90, 164–166, 175, 257, 261–264, 276–282, 289, 296, 299 (I); 4, 5, 11, 36, 40–43, 73–76, 86, 89, 91, 129 (II); 8, 38, 40, 96 (III)
Попов З. М. 269 (I)
Попов О. С. 15, 99 (I)
Попова Г. Н. 68 (II)
Попович В. В. 106 (II)
Порошин Б. С. 68 (I)
Портер У. 15 (II)
Порфирьев Л. Ф. 166 (I)
Поснов Н. Н. 221 (I)
Посохин Н. И. 168, 171 (I)
Поспелов Г. С. 5, 145 (I); 4 (II); 8 (III)
Поспелов Д. А. 5–6, 82, 320, 329 (I); 7–8 (II)
Постников В. Н. 18 (I)
Постников Е. В. 105 (I)
Потапов А. М. 140–141 (I); 40 (II)
Потемкин Э. К. 113 (III)
Потехин В. А. 171, 186 (I)
Пошехонов Л. Б. 108 (I)
Прангишвили И. В. 275 (I); 62 (III)
Присяжнюк С. П. 171–172 (I)
Пришвин А. М. 24, 91 (I)
Приходько В. В. 92 (II)
Прокопчина С. В. 115 (I)
Прокофьев Г. И. 114–115 (I)
Пропп В. Я. 135–136, 138 (III)
Проскурников А. В. 83 (I)
Протченко А. Д. 79 (II)
Прохоров А. М. 3 (I); 3 (II); 6 (III)
Прохорович В. Е. 174 (I)
Пруссос С. С. 109 (III)
Птушкин А. И. 174 (I)
Пуанкаре А. 10, 301 (I); 15, 122 (II)
Пугач А. А. 140 (I)
Пугачев В. С. 274 (I)
Пузанков Д. В. 105, 107, 112–114 (I)
Пустыльников 104 (I)
Путин В. В. 219 (I)
Путов В. В. 112, 114 (I)
Пухов Г. Е. 129 (III)

- Пушной В. М. 34 (III)
Пшеничников Г. Г. 85 (II)
Пыркин А. А. 99 (III)
- Рагаццини Д.** 17, 256 (I)
Радунская И. Л. 226, 235, 239 (I)
Радченко А. Н. 122 (I) ; 34 (II)
Радченко П. И. 103 (I)
Райхман Дж. 43 (I)
Ракитский Ю. В. 20 (I) ; 62 (II)
Раков Ю. Е. 162 (I)
Рамеев Б. И. 59 (II)
Рапопорт Э. Я. 104 (I)
Расплетин А. А. 84 (I) ; 28 (III)
Рассел Б. 15 (II)
Рассел С. 335 (I)
Рассохо А. И. 47 (II)
Рассудов Л. Н. 92, 105–106, 112, 114–115 (I)
Растопин А. А. 118 (III)
Растринин Л. А. 44 (I)
Рахманин М. А. 92 (II)
Рауд Р. К. 70 (III)
Раушенбах Б. В. 36 (II)
Рашевский Н. 14 (II)
Ращепкин Н. В. 337 (I)
Регель А. Р. 3, 216 (I) ; 6 (III)
Резван В. 82 (I)
Резерфорд Э. 17 (III)
Резников Б. А. 167–168, 171–172 (I)
Резников И. П. 83 (II)
Реутов А. П. 17 (II)
Решетникова Н. Н. 44, 125 (I) ; 137, 143 (III)
Ривкин С. С. 202, 205 (I)
Римский Г. В. 45 (II)
Ринкевич С. А. 12, 14, 84–85, 89, 91 (I)
Рогозинский П. А. 15 (III)
Родионов В. Д. 108 (I)
Розенблат М. А. 79, 93 (I)
Розенблюм Л. Я. 97, 317–330 (I)
Розенвассер Е. Н. 24, 26, 281–282 (I)
Розенцвейг В. Ю. 241 (I)
Розин Н. Ш. 36 (II)
Рожанский Д. А. 183, 311 (I) ; 23 (III)
Розенцвейг 121 (III)
Розоноер Л. И. 329 (I)
Рокоосовский К. К. 231 (I)
Романов В. Е. 44 (I) ; 143 (III)
Романов Л. М. 171 (I)
Романов О. Р. 135 (III)
Романовский И. В. 63, 69, 71, 77, 220–225 (I) ; 12 (II)
Ромейков А. 280 (I)
Ронжин А. Л. 104, 108, 118 (II)
Росселевич И. А. 24 (III)
- Ростовцев Ю. Г. 171–172, 174 (I)
Рубашкин И. Б. 285 (I)
Рудницкий Б. Е. 167, 171 (I)
Рудницкий С. Б. 108 (II)
Румкорф Г. 15 (III)
Румянцев Б. И. 175 (I)
Румянцев И. А. 45, 50–51 (I)
Русинов Л. А. 89 (III)
Рутберг Ф. Г. 4 (III)
Рутковский В. Ю. 82 (I)
Рыбаков И. В. 164–175 (I)
Рыбкин П. Н. 15, 20–21 (III)
Рыжиков Ю. И. 166 (I)
Рыжова Н. И. 77, 79–81 (III)
Рыков Г. И. 114–115, 121 (III)
Рытов С. М. 182–183 (I)
Рябинин И. А. 12 (I)
- Сабинин Ю. А.** 27, 289, 295 (I) ; 94–96 (III)
Савельев Д. А. 108 (II)
Савик В. Ф. 202–209 (I)
Савин А. И. 28, 30 (III)
Савинов М. А. 84 (II)
Савицкая В. Г. 45, 51 (I)
Савкин А. В. 81, 83 (I)
Савлуков Н. 109 (III)
Савченко В. И. 175 (I)
Сазонов А. Е. 207 (I)
Сайбель А. Г. 174 (I)
Сайдов П. И. 88, 94, 99 (I) ; 91 (II)
Саймон Г. 15 (II)
Самарский А. А. 49, 129 (I)
Самойлов Л. К. 97 (I)
Самойленко Ю. Н. 115–121 (III)
Самосюк Г. П. 67, 71 (I)
Самохвалов Г. Н. 83 (II)
Сапожков К. А. 97 (I)
Сапожников И. Н. 207 (I)
Сапожников Р. А. 140 (I)
Сартр Ж.–П. 15 (II)
Сарычев В. А. 179–201 (I) ; 10, 14–22 (II) ; 12–23 (III)
Сафаров Р. Т. 170 (I)
Сафонов В. О. 76–77 (I)
Сафронова В. Н. 80 (II)
Сахаров А. Л. 70, 72 (II)
Свердлов Э. Н. 48 (II)
Свиньин С. Ф. 109–110 (II)
Свирский Е. А. 88 (I)
Свистунов А. В. 25, 28, 30–31 (II)
Севент К. Д. 14 (I)
Седякин Н. М. 172–173 (I)
Селеджи С. М. 78 (I)
Селиванов А. С. 26 (III)
Селивохин О. С. 82 (II)
Селютин В. 97 (I)

- Селяков М. И. 186 (I)
Семенихин 336 (I)
Семенов А. И. 160 (I)
Семенов О. И. 44–49 (II); 3 (III)
Семёнов В. В. 260–261, 265, 267 (I)
Семёнов В. Е. 53 (I); 114 (II)
Семёнов И. М. 58 (I)
Семёнов Н. Н. 3, 59, 243, 264 (I); 3 (II); 6 (III)
Семёнов Ю. А. 72 (III)
Семёнов Ю. В. 83, 92 (II)
Семик В. П. 132 (III)
Сендюрёв В. М. 15, 99 (I)
Сергеев А. 48 (II)
Сергеев А. Ф. 64 (II)
Сергеев М. Б. 125 (I)
Сергеев М. С. 168 (I)
Сергеев С. И. 80 (II)
Сергеев Э. В. 283–284, 286 (I)
Серебрянникова Л. И. 72 (I)
Сетров М. И. 44 (I); 16–22 (II)
Сеченов И. М. 3 (I); 22 (II); 5 (III)
Сечкин А. С. 175 (I)
Сёке П. 72 (I)
Сиверс А. П. 312, 316 (I)
Сидельников В. В. 34 (III)
Силагадзе Г. С. 306–307 (I)
Силаев И. С. 113 (III)
Сильвестр Дж. 97 (III)
Симон Ж. 145 (I)
Синяков А. Н. 82 (II)
Сирл Дж. 14 (II)
Сироткин А. В. 105 (II)
Ситников Ф. 310 (I)
Сифоров В. И. 5, 33, 84, 164, 169, 175, 215, 234, 238, 276, 278, 309–316 (I); 4, 8, 11, 79–81 (II); 8, 23 (III)
Скалон А. И. 27 (I)
Скобельцин Д. В. 243–244 (I)
Скормин В. А. 109 (II)
Сороходов Д. А. 207 (I)
Скрицкий А. А. 85 (I)
Скрябин С. С. 31 (II)
Слезкинский С. К. 168 (I)
Слив Э. И. 88 (I); 91 (II)
Слиде П. Б. 41 (II)
Слисенко А. О. 75–76, 159–160 (I); 111 (II)
Слонимский З. 153–155 (III)
Слухотский А. Е. 105 (I)
Смагаринский М. И. 91 (II)
Смагин В. А. 173 (I)
Смирнов А. В. 162 (I); 101–102 (II)
Смирнов А. М. 112 (I)
Смирнов В. В. 142, 166 (I)
Смирнов В. Б. 124 (I); 127 (III)
Смирнов В. И. 84, 293, 298–299 (I); 76, 83 (II)
Смирнов В. И. 100, 184, 189 (I)
Смирнов И. А. 93 (III)
Смирнов М. А. 27 (II)
Смирнов Н. А. 103 (I)
Смирнов-Светлановский П. И. 71 (II)
Смирнова В. Б. 81 (I)
Смирнова Т. Н. 223 (I)
Смит Отто 269–270 (I)
Смоктий О. И. 151–152 (I); 106 (II)
Смоленский В. В. 330 (I)
Смолин В. П. 142 (I)
Смолицкий Х. Л. 167 (I)
Смолов В. Б. 26, 33, 36, 84, 87, 93, 97–98, 104, 107, 287 (I); 92 (II)
Смольников Л. П. 24, 92, 94–95 (I)
Смолянинова Е. П. 45, 51 (I)
Смуров А. А. 84 (I)
Соболев С. Л. 79 (I)
Советов Б. Я. 18, 40, 92, 96, 102, 112, 115, 117 (I); 118 (II); 109 (III)
Созина Н. Н. 215, 284, 287–288 (I)
Соколов А. А. 62 (III)
Соколов Б. В. 4, 171–172 (I); 3, 105–106 (II); 7 (III)
Соколов Г. А. 89 (III)
Соколов Г. Н. 266, 268–269 (I)
Соколов С. С. 34, 36 (III)
Соколов С. Я. 84 (I)
Соколов Т. Н. 19–20, 33, 36, 43, 61, 176–178, 257, 262, 331–337 (I); 8, 11, 32, 61–62 (II)
Соколова С. П. 109 (II)
Соколовский Г. Г. 92, 105–106, 113 (I)
Солдатенко С. А. 106 (II)
Солнцева Н. 71 (III)
Соловьёв А. Е. 70 (III)
Соловьёв А. Ф. 128 (II)
Соловьёв Г. А. 196 (I)
Соловьёв Е. Б. 106–107 (I)
Соловьёв И. П. 76 (I)
Соловьёв М. В. 88 (I); 84 (II)
Соловьёв Н. В. 24, 91 (I)
Сологуб П. С. 133 (I); 111–121 (III)
Солодкин Г. И. 45 (II)
Солодовников А. А. 57–59 (I)
Солодовников А. И. 17–18, 90, 103–104, 285–286 (I)
Солодовников В. В. 12, 15, 86, 254–258, 262–263, 272, 274, 277 (I); 4 (II); 9 (III)
Соломенко Н. С. 99, 295 (I)
Соломенко С. Н. 295 (I)
Солонин М. 46 (II)
Сольнищев Р. И. 88, 108 (I); 42, 82, 88 (II)
Соммервил Дж. 263 (I)

- Сомов О. И. 9–10 (I)
 Сорокина Е. М. 91 (II)
 Сотников В. В. 88, 93 (III)
 Сотсков Б. С. 12, 59, 234, 238, 245–246, 248, 250–254 (I)
 Спиди К. 14 (II)
 Спиридонов А. В. 26 (II)
 Спиридонов А. М. 162 (I)
 Спиркин А. Г. 238 (I)
 Сталин И. В. 231–233 (I); 49 (III)
 Станкевич А. 39 (I)
 Станкевич Д. С. 115 (I)
 Стародетко Е. А. 45 (II)
 Старжинский В. М. 81 (I)
 Стародубцев Н. А. 330 (I)
 Стародубцев Н. И. 104 (I)
 Старос Ф. Г. (*А. Сарант*) 34, 44, 123, 140, 188–189 (I); 33, 132–136 (II)
 Старостин И. А. 68 (II)
 Сташкевич А. И. 171
 Стеклов В. А. 10, 33 (I); 8 (II)
 Степанов А. С. 83 (II)
 Степанов В. А. 74, 305–306 (I)
 Степанов В. П. 43 (II)
 Степанов М. Г. 171 (I)
 Степанов О. А. 202–209 (I)
 Степура Э. Ф. 265, 268 (I)
 Стефани 274 (I)
 Стефанова Т. С. 82–83, 85 (III)
 Шешкович Н. Т. 142 (I)
 Стогов Г. В. 171 (I)
 Столяров Г. К. 128 (II)
 Сторм Герберт 269 (I)
 Стоцкий А. А. 82 (I)
 Стрелов А. Б. 17 (III)
 Стрельцов А. А. 109 (III)
 Строганов В. И. 106 (II)
 Строганов Р. П. 63 (II)
 Суетов М. В. 68 (II)
 Сурин С. С. 68 (I)
 Сурнин Б. Н. 43 (II)
 Суслов Р. М. 17 (II)
 Сухов Д. 103 (III)
 Сучилин А. М. 63 (II)
 Сыдзыков Д. Ж. 105 (I)
- Табориская Е. М. 136 (III)
 Таганов И. Н. 88 (III)
 Таглин К. В. 31 (II)
 Таиров Ю. М. 107, 293 (I)
 Танский Е. А. 12, 27 (I); 94–95 (III)
 Тараканов А. О. 109 (II)
 Тарасов В. С. 176, 333 (I)
 Тарашнина С. И. 31 (II)
 Тарбеев Ю. В. 163 (I)
 Тарелкин Е. Б. 133 (I)
- Тарский А. 15 (II)
 Татаринов В. В. 475 (I)
 Татаринов Ю. С. 311 (I)
 Таубин А. Р. 322, 330 (I)
 Таундсен К. 71 (III)
 Тахтаджян Л. А. 43 (I)
 Тейман А. И. 271 (I)
 Телешов Н. С. 34, 42 (II)
 Теравама Х. 50 (III)
 Терехов А. Н. 72, 77 (I)
 Терехов В. А. 18, 31, 90–91, 95, 98, 118–119, 286 (I)
 Теряев Е. Д. 142 (II)
 Тили С. Ю. 132 (I)
 Тиль А. В. 202 (I)
 Тимирязев К. А. 20, 22 (II); 123 (III)
 Тимоти Л. 134 (III)
 Тимофеев А. В. 22, 30, 81 (I); 40, 102–103, 114 (II)
 Тимофеев В. А. 12, 84–86, 100 (I)
 Тимофеев В. И. 187 (I)
 Тимофеев-Ресовский Н. В. 22 (II)
 Тимофеева М. А. 31 (II)
 Тимохин В. И. 97–98, 293 (I)
 Тимошенко С. П. 126 (II)
 Титков Б. В. 174 (I)
 Титов А. Ф. 121 (III)
 Титов Г. А. 87 (I)
 Тихонов А. А. 116 (I)
 Тихонов А. Н. 186 (I)
 Тихонов В. С. 98 (I)
 Тихонов О. Н. 12 (I)
 Тихонов С. Н. 24 (I)
 Тишков А. В. 76 (I)
 Ткач А. Ф. 115 (II)
 Ткачев Е. А. 171 (I)
 Товстик Т. М. 71 (I)
 Тозик В. Т. 44 (I); 143 (III)
 Токарев Б. Н. 94 (I)
 Толстиков В. С. 134 (II)
 Томбак М. 70 (III)
 Томсон Б. 15 (II)
 Томович 129 (III)
 Томчин Д. А. 208 (I)
 Топчеев Ю. И. 263 (I)
 Торгашев В. А. 35, 124–125, 152 (I); 110 (II); 46–66, 126 (III)
 Торопов Ю. А. 108 (I)
 Тоффли Т. 71 (III)
 Трапезников В. А. 5, 259, 261–264, 267–268, 272–275 (I); 4, 39 (II); 8 (III)
 Трачевский М. Л. 87 (III)
 Тризно М. С. 89 (III)
 Троицкий В. А. 23 (I); 61, 67–68 (II)
 Троицкий Д. С. 20 (III)
 Тропп Э. А. 3 (I); 5, 10 (III)

- Трофимов А. 70(III)
Трофимов К. Н. 233(I)
Трубников Г. Н. 34–35(II)
Трудов А. В. 175(I)
Ту Ю. 17(I)
Тубольцева В. В. 159(I)
Туккель И. Л. 66(II)
Тулупьев А. Л. 104–105(II)
Тупысев В. А. 206(I)
Туркин А. А. 109(III)
Туркин В. И. 74(II)
Туробинский А. В. 112, 114–115(III)
Турчак А. А. 181(I)
Турчина Е. Д. 142(I)
Тухачевский М. Н. 71(II)
Тучкевич В. М. 144, 213, 215(I)
Тучков Л. Т. 164, 171(I)
Тыугу Э. Х. 97, 307(I)
Тюкин И. Ю. 33, 118–119(I)
Тюфяев К. В. 78(II)
Тюхтин В. С. 15(II)
- У**
Уайтхед А. 15(II)
Уборевич П. П. 71(II)
Уваров С. С. 153(III)
Угрюмов Е. П. 97–98(I)
Украинцев Б. С. 15(II)
Уланов Г. М. 254, 271, 274(I)
Умнов Н. А. 13(III)
Урвалов В. А. 15(III)
Урсул А. Д. 15(II)
Урусов И. Д. 270(I)
Успенский В. Б. 34–35(II); 82(III)
Устинов С. М. 20(I); 62(II)
Уткин В. В. 24–25, 30–31(II)
Ушаков А. В. 27(I); 94–99(III)
Ушаков В. Б. 12(I)
- Ф**
Фабрикант Е. А. 166, 203(I); 40(III)
Фабриков В. А. 152(I)
Фаддеев Д. К. 304(I)
Фаддеева В. Н. 221(I)
Фадеев В. П. 91(II)
Фалеев В. П. 48(II)
Фалькова Е. Г. 31(II)
Фармаковский С. Ф. 87, 202, 324(I);
129(II); 43(III)
Фатеев А. В. 12–15, 84–86, 89, 92,
95–96, 104, 262, 283, 286, 296(I)
Фатеев В. Ф. 170(I)
Фахрутдинов Р. 103, 107(III)
Федосеев С. В. 132(I); 111–121(III)
Федотов Е. А. 16(III)
Фельдбаум А. А. 254, 256, 269, 278(I)
Фельдман Дж. А. 15(II)
Феоктистов К. 36(II)
Фет Я. И. 6, 221, 225(I); 4–5(II); 9(III)
- Фёдоров А. В. 115(II)
Фёдоров Н. Ф. 153(I)
Фёдоров С. М. 14–15, 17, 86, 166, 279(I);
128(II); 40, 43(III)
Фёдорова О. Ю. 31(II)
Филатов И. В. 77(II)
Филатов Ю. В. 115(I)
Филиппов А. И. 26(II)
Филиппов Л. И. 316(I)
Финкелстайн Л. 36(III)
Финкельштейн М. С. 206(I)
Фитиалов С. Я. 65–66, 69(II)
Фихтенгольц Г. М. 304(I)
Флегонтов А. В. 150(I)
Флёров А. Н. 135(I)
Фок В. А. 233(I); 22(II)
Фокин А. Л. 91(III)
Фомин Б. Ф. 31, 101, 117–118(I)
Фомин В. Н. 22, 80–81(I)
Фомина А. А. 81(III)
Фомина Е. Н. 260, 265(I)
Фомичев В. С. 105(I)
Форсли Л. 71(III)
Фрадков А. Л. 22, 26, 30–31, 79–83, 104,
185, 208(I); 9(II)
Франк И. М. 3(I); 3(II); 6(III)
Франк М. 117(I)
Французов Н. М. 20(I)
Фредкин Э. 145(I)
Фреге Г. 14(II)
Фрейдзон И. Р. 94, 99(I)
Фрейман И. Г. 84, 215, 229, 311(I)
Фремке А. В. 12, 57, 89(I)
Френкель Я. И. 3, 215(I)
Фриде Б. Я. 186(I)
Фридман А. А. 3(I); 5(III)
Фридман Б. С. 48(II)
Фролов В. Н. 18, 104(I)
Фролов С. Е. 83–84(II)
Фролов К. В. 101, 292(I)
Фролова Г. С. 45, 51(I)
Фукуман А. Л. 51(II)
Фурута К. 82(I)
- Х**
Хабибулин А. Е. 132(I)
Хайдеггер М. 14(II)
Хайкин С. Э. 61, 256(I)
Халанай А. 82(I)
Халимон В. И. 93(III)
Халкиопов В. С. 28(I)
Халкиопов С. Н. 162(I)
Халфен А. А. 34(II)
Ханенко В. Н. 154, 162–163(I)
Хантер Л. 15(II)
Харитон Ю. Б. 43(I)
Харитонов М. В. 99(II)

- Харичев В. В. 80 (I)
Харкевич А. А. 43, 84, 237, 309 (I)
Хаффмен Д. 320 (I)
Хвощ С. Т. 97 (I)
Хейсин В. Е. 23 (I)
Хеллман М. 101 (III)
Хижа Г. С. 109 (III)
Хитров Г. М. 297–303 (I)
Хлыпало Е. И. 16, 90 (I); 75–79 (II)
Хмельник А. Б. 91 (II)
Ходаков А. И. 53 (I); 114 (II)
Ходарев Ю. К. 26 (III)
Ходоров Т. Я. 324 (I)
Холмский Н. 14 (II); 79 (III)
Холопов А. И. 166 (I)
Хомоненко А. Д. 167 (I)
Хо Нгок Зуй 107 (III)
Храмой А. В. 6, 255, 263 (I); 4 (II); 9 (III)
Хромов Л. И. 24 (III)
Хрусталёв К. С. 86–87, 91 (II)
Хрущёв Н. С. 140, 264 (I); 134 (II); 26, 52 (III)
Хургин Я. И. 237 (I)
Хьюит К. 15 (II)
Хэнг Терри 69 (II)
- Цандер** 75 (I)
Царицына И. В. 65 (I)
Цветков А. В. 48 (II)
Цветков В. Д. 45 (II)
Цветков К. Ю. 172 (I)
Цейтин Г. С. 33, 63, 67–73, 75, 308 (I); 76 (III)
Цетлин Л. М. 40 (III)
Цетлин М. Л. 237, 329 (I)
Цивирко Е. Г. 23–31, 118 (II)
Циолковский К. Э. 25 (III)
Цопф Г. 15 (II)
Цыцулин А. К. 24–31 (III)
Цыпкин Я. З. 5, 17, 80, 82, 101, 109, 238, 254, 256, 259–260, 262, 269, 278, 292 (I); 7, 125 (II)
Цуккерман М. Л. 12, 27, 57 (I); 94–96 (III)
Цянь Сюэ–сень 120 (II)
- Чавчанидзе** В. В. 43 (I)
Чалик Л. Е. 46 (II)
Чанг И. 82 (III)
Чарин Н. А. 299 (I); 74 (II)
Чеботарёв Н. Г. 85 (II)
Чебышев П. Л. 3, 10, 33 (I); 8, 153 (II); 186–189 (III)
Челомей В. Н. 82–83 (II)
Челпанов И. Б. 19, 202–209 (I); 120–126 (II); 34 (III)
Челпанов С. С. 188 (I)
Червинский М. П. 53 (II)
- Черезов А. 72 (III)
Череменинский А. И. 91 (II)
Черкесов Г. Н. 20 (I); 62 (II)
Чернецкий В. И. 166, 279 (I)
Черниговский В. Н. 43 (I)
Черников В. Л. 75 (II)
Чернолес В. П. 109 (III)
Черноруцкий И. Г. 20, 61 (I); 62, 69 (II)
Чернышёв А. А. 56–59 (I); 77–78 (II)
Чернышёв В. Н. 115 (I)
Чернышёв С. П. 91 (II)
Чернышёва Л. В. 152 (I)
Чернявский Е. А. 97–98, 104 (I)
Черри К. 15 (II)
Чертовский В. А. 18 (I)
Черток Б. Б. 130 (II)
Честнат Г. 14–15, 91, 256 (I)
Чесноков В. К. 73 (II)
Четаев 33 (I)
Четвериков В. М. 289 (I); 119 (III)
Четвертаков В. А. 114–115 (III)
Четков А. В. 168 (I)
Чечурин С. Л. 104 (I); 66 (II)
Чёрч А. 15 (II)
Чижов А. В. 80–81, 83 (II)
Чижов Д. С. 9–10 (I); 8 (II)
Чирков М. К. 83 (I)
Чирцов А. С. 45, 51 (I)
Чистов А. Л. 159 (I); 111 (II)
Чистякова Т. Б. 91, 93
Чугунов К. М. 34 (III)
Чурилов А. Н. 80–81 (I)
- Шабалин** В. В. 25 (II)
Шавров С. А. 44–49 (II); 3 (III)
Шалыгин А. С. 142, 186 (I)
Шалыто А. А. 330 (I)
Шамрай Б. В. 14, 86, 93 (I)
Шанин Н. А. 76 (I)
Шаповалов Е. Н. 175 (I)
Шапот Д. В. 334–336 (I)
Шапошников А. А. 215 (I)
Шаров Б. В. 115 (III)
Шаров С. Н. 26, 90, 104 (I); 70–93 (II)
Шароватов В. Т. 140 (I)
Шаршеналиев Ж. Ш. 105 (I)
Шателен М. А. 59, 84, 243–244 (I)
Шатов В. А. 196 (I)
Шауман А. М. 66 (I)
Шафт А. 14 (II)
Шашихин Е. Ю. 88 (III)
Швец Л. Я. 113, 115 (III)
Швецкий М. В. 74–85 (III)
Шебшаевич В. С. 169, 199 (I)
Шейнин Ю. Е. 124, 129 (I); 127 (III)
Шекунова Н. А. 121, 125 (I)
Шеллинг 18, 21 (II)

- Шендриков И. А. 70 (III)
Шенк Р. 15 (II)
Шеннон К. Э. 121, 179, 256, 266 (I);
14 (II); 13 (III)
Шепелявый А. И. 83 (I)
Шеповальников А. Н. 150 (I)
Шестаков В. М. 105 (I)
Шеффлер И. 14 (II)
Шидловская Н. А. 65 (I)
Шилов В. В. 7 (I); 5 (II); 10 (III)
Шильяк Д. 82 (I)
Шимелевич Л. И. 206 (I)
Ширман Я. Д. 169, 313 (I)
Широков А. М. 43 (I)
Ширяев А. 81 (I)
Шитов И. В. 170 (I)
Шишкин В. М. 98–99 (II)
Шкиль М. В. 171 (I)
Шкиртиль В. И. 124, 160 (I); 112 (II);
127 (III)
Шляпников В. А. 192 (I)
Шмальгаузен И. И. 22 (II)
Шмидт А. А. 80 (I)
Шмидт Р. 59 (III)
Шнейдеров В. С. 150 (I)
Шоймаши А. 72 (I)
Шокальский Ю. М. 227 (I)
Шоллар Ф. Ф. 227 (I)
Шорин А. Ф. 71–72 (II)
Шпагин С. В. 178 (I)
Шрамков Е. Г. 57–59 (I); 32 (III)
Шрейдер Ю. А. 16 (II)
Штайнбух К. 43 (I)
Штейнгауз Л. Н. 57 (I)
Штейнгольд А. М. 136 (III)
Штанько В. Г. 191 (I)
Штерн М. Г. 71 (II)
Шубочкина Т. А. 71 (I)
Шумилов Л. А. 97 (I)
Шунейко В. С. 184 (I)
Шура–Бура Р. М. 68, 73, 305, 308 (I)
Шурыгин Д. А. 83 (II)
- Щепкина В. М.** 279 (I)
Щербаков В. Н. 129 (II)
Щербаков С. В. 106 (I)
Щербаков Ю. А. 88 (I); 83, 87 (II)
Щербина Б. Е. 111, 113, 115, 121 (III)
Щесняк С. С. 171 (I)
Шулейкин М. В. 59 (I)
Щукин А. Н. 84 (I)
- Эккерт Дж.** 46 (III)
Эйзенштадт А. 132 (III)
Эйлер Л. 3, 14, 84 (I); 88, 124 (II); 6 (III)
Эйнштейн А. 130 (III)
Элиашевич А. И. 91 (II)
- Энгельман И. Г.** 21 (III)
Эндрю А. 15 (II)
Эпштейн В. Л. 221 (I)
Эпштейн Л. Е. 254 (I)
Эшби У. Р. 43, 179 (I); 14, 120 (II)
- Юнгер И. Б.** 105, 107 (I)
Юргенсон Р. И. 27, 92 (I)
Юревич Е. И. 12, 25–26, 31 (I); 32–34,
40, 42, 63 (II); 12 (III)
Юрков Е. Е. 44 (I); 143 (III)
Юрков Ю. А. 199 (I)
Юров Ю. Я. 87 (I)
Юрченко Ю. Ф. 117, 119 (III)
Юсупов Р. М. 3–7, 16, 24–26, 30, 33–41,
44, 82, 102, 157, 165, 173–175,
276–282 (I); 3–6, 7–9, 94–115, 140–
142 (II); 3–10, 100, 109, 122 (III)
Юсупова Е. Н. 293 (I)
Юурик А. Е. 70 (III)
Ющенко А. С. 280 (I)
- Яблонский С. В.** 5, 241 (I); 4 (II); 8 (III)
Явор А. 117 (I)
Яворский В. Н. 140 (I)
Яглом А. М. 44 (I)
Якоби Б. С. 3 (I); 3 (II); 6 (III)
Яковенко Н. Г. 142 (I)
Яковис 87 (III)
Яковлев А. А. 174, 185 (I)
Яковлев А. В. 97, 330 (I)
Яковлев В. Б. 6, 9–32, 84–119,
283–296 (I); 5, 7, 9 (II); 9 (III)
Яковлев В. В. 97 (I)
Яковлев В. Н. 80–81, 83 (II)
Яковлев С. А. 115 (I)
Яковлев Н. М. 95 (III)
Яковлева В. А. 71 (I)
Яковлева М. А. 224 (I)
Якубович В. А. 21–22, 25–26, 44, 79–83,
97, 185–186 (I); 40 (II)
Ямнов С. И. 30 (II)
Янгель М. К. 83 (II)
Ян Си Зен 268 (I)
Янковский Л. Н. 188 (I)
Яновская С. А. 128 (III)
Янушкевич В. Е. 205 (I)
Ярмош Н. А. 45 (II)
Яровой Э. И. 130 (II)
Ярошенко А. В. 195 (I)
Ястребов В. С. 35, 42 (II)
Ястржемский Н. Ф. 10 (I)
Яфраков М. Ф. 166 (I)
Яцковский М. В. 82 (II)
Яшин А. М. 20, 178, 333–334,
336–337 (I); 62 (II)
Яшин Ю. А. 109 (III)

Перечень статей первого и второго выпусков

№	Статья	стр.
ВЫПУСК ПЕРВЫЙ (2008)		
Часть I. О развитии кибернетики и информатики в Санкт-Петербурге		
1	О вкладе Петербургских ученых в формирование и развитие теории автоматического управления (<i>Яковлев В.Б.</i>)	9
2	Развитие информатики и информационных технологий в Санкт-Петербурге (Ленинграде) (<i>Юсупов Р.М.</i>)	33
3	50 лет секции кибернетики Санкт-Петербургского Дома Ученых РАН (<i>Игнатъев М.Б., Волкова В.Н., Куберская Н.А.</i>)	42
4	Школьной информатике в Ленинграде (Санкт-Петербурге) — четверть века (<i>Игнатъев М.Б., Вус М.А.</i>)	49
Часть II. Достижения научных школ и коллективов		
5	Развитие информационной техники и теории управления в Политехническом институте в первой половине XX века (<i>Кнорринг В.Г.</i>)	56
6	Из истории отделения информатики математико-механического факультета Санкт-Петербургского университета (<i>Мартыненко Б.К.</i>)	63
7	Научная школа по теоретической кибернетике В.А. Якубовича в Санкт-Петербургском (Ленинградском) университете (<i>Фрадков А.Л.</i>)	79
8	Научно-педагогические школы СПбГЭТУ в области систем и средств автоматического управления и обработки информации (<i>Яковлев В.Б., Кузьмин Н.Н.</i>)	84
9	О развитии кибернетики и информатики в Государственном университете аэрокосмического приборостроения (<i>Крук Е.А.</i>)	120
10	Вклад Балтийского государственного технического университета «Военмех» им. Д. Ф. Устинова в развитие информатики и кибернетики (<i>Ипатов О.С., Загайвили Ю.В., Веселов В.А., Керножицкий В.А.</i>)	131
11	Информатика и кибернетика в работах Ленинградского института информатики и автоматизации АН СССР (1974–1990 гг.) (<i>Пономарев В.М.</i>)	143
12	История развития кибернетики и информатики в Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского (1941–2006 гг.) (<i>Гончаревский В.С., Калинин В.Н., Кромский Б.В., Полтаев А.М., Рыбаков И.В.</i>)	164
13	ФГУП «НПО «Импульс» и информационно-вычислительные системы управления сложными объектами (<i>Михайлов Б.Г., Петухов В.Е., Александров А.М.</i>)	176
14	Кибернетические исследования и разработки в ОАО «НПП «Радар ммс» (<i>Сарычев В.А.</i>)	179
15	Прикладные исследования и разработки ЦНИИ «Электроприбор» в области автоматического управления (<i>Колесов Н.В., Савик В.Ф., Степанов О.А., Челтанов И.Б.</i>)	202
Часть III. Выдающиеся ученые		
16	Академик Жорес Иванович Алфёров: Гражданин. Ученый. Патриот (<i>Вус М.А.</i>)	212
17	Исследования Леонида Витальевича Канторовича в области программирования в 1950-х годах (<i>Романовский И.В.</i>)	220

№	Статья	стр.
18	«КИБЕР-БЕРГ»: Академик Аксель Иванович Берг (<i>Вус М.А.</i>)	226
19	Академик Воронов Авенир Аркадьевич (<i>Игнатъев М.Б.</i>)	242
20	О Евгении Павловиче Попове (<i>Юсупов Р.М.</i>)	276
21	Александр Александрович Вавилов — ученый, педагог, организатор науки и высшей школы (<i>Яковлев В.Б.</i>)	283
22	Владимир Иванович Зубов (<i>Овсянников Д.А., Хитров Г.М.</i>)	297
23	Святослав Сергеевич Лавров (<i>Агамирзян И.Р.</i>)	304
24	Владимир Иванович Сифоров (<i>Вус М.А.</i>)	309
25	О Викторе Ильиче Варшавском (<i>Розенблюм Л.Я.</i>)	317
26	Тарас Николаевич Соколов (<i>Кракау Т.К.</i>)	331
ВЫПУСК ВТОРОЙ (2010)		
27	Рецензия на первый выпуск серии «История информатики и кибернетики в Санкт-Петербурге (Ленинграде)» (<i>Леонов В. П., Колпакова Н. В., Орлов И. В.</i>)	7
Часть I. Петербургские страницы развития кибернетики и информатики		
28	У истоков исследований по теории развития (<i>Сарычев В. А.</i>)	14
29	Санкт-Петербургский информационно-аналитический центр: история создания и развития (<i>Цивирко Е. Г., Исаев Б. А.</i>)	23
30	Из истории робототехники в Санкт-Петербурге. Период зарождения (<i>Кулаков Ф. М.</i>)	32
31	Ленинградская высшая школа и формирование кадрового потенциала белорусской науки в области информатики и кибернетики (<i>Семенков О. И., Шавров С. А.</i>)	44
32	Работа по заказам иностранных компаний (<i>Баранов С. Н.</i>)	50
Часть II. Достижения научных школ и коллективов		
33	Становление и развитие вычислительной техники и информатики в Ленинградском политехническом институте (<i>Мелёхин В. Ф.</i>)	58
34	Истоки развития теории автоматического управления и технической кибернетики в ОАО Концерн «Гранит-Электрон» (1908–1990 гг.) (<i>Подоплёкин Ю. Ф., Шаров С. Н.</i>)	70
35	История развития кибернетики и информатики в работах Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (1991–2009 гг.) (<i>Юсупов Р. М., Бакурадзе Д. В.</i>)	94
Часть III. Выдающиеся ученые и их научные школы		
36	Анатолий Исаакович Лурье и кибернетика (<i>Челтанов И.Б.</i>)	120
37	Бесекерский Виктор Антонович — основатель научной школы «Теория и практика систем автоматического управления» (1915–1999 гг.) (<i>Диомидов В. Б., Веселов В. А., Загашвили Ю. В., Керножицкий В. А.</i>)	127
38	Факты из недавней истории (<i>по воспоминаниям и публикациям</i>)	132
Юбилеры в строю		
39	75-летие академика РАН Владимира Григорьевича Пешехонова	138
40	75-летие члена-корреспондента РАН Рафаэля Мидхатовича Юсупова	140

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Из предисловия к первому выпуску (<i>чл.-кор. РАН Р. М. Юсупов</i>).....	6

Часть I. ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ

Александр Степанович Попов — предтеча кибернетики (<i>Сарычев В. А.</i>)	12
Создатель космического телевидения Пётр Фёдорович Брацлавец (<i>Цыцулин А. К.</i>).....	24
Пётр Васильевич Новицкий и информационная теория измерений (<i>Кнорринг В. Г.</i>).....	32
Научное, инженерное и методическое наследие профессора Виктора Антоновича Бесекерского (<i>Небылов А. В.</i>).....	38

Часть II. ДОСТИЖЕНИЯ НАУЧНЫХ ШКОЛ И КОЛЛЕКТИВОВ

Автоматные сети и компьютеры: история развития и современное состояние (<i>Торгашев В. А.</i>).....	46
Язык программирования Форт в СССР, России и Санкт-Петербурге (<i>Баранов С. Н.</i>).....	67
Фундаментальный подход к обучению информатике в работах учёных Российского Государственного педагогического университета им. А. И. Герцена (<i>Лантев В. В., Швецкий М. В.</i>).....	74
Развитие химической кибернетики в Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (<i>Мусаев А. А.</i>).....	86
Научная школа в области теории управления и динамики систем с непрерывным и дискретным описанием над бесконечными и конечными полями (<i>Бобцов А. А., Бойков В. И. и др.</i>).....	94
Об истории одной научной школы в области компьютерной безопасности (<i>Молдовян А. А., Молдовян Н. А.</i>).....	100
Героические и трагические страницы: вклад ленинградской школы космических и транспортных роботов при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС (<i>Сологуб П. С., Мицкевич А. В. и др.</i>).....	111

Часть III. ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ В КИБЕРНЕТИКЕ

80-летие профессора Михаила Борисовича Игнатъева	124
Пятьдесят лет в кибернетике. Фрагменты воспоминаний (<i>Игнатъев М. Б.</i>).....	126
Из истории артоники (<i>Егоров Б. Ф.</i>).....	136
Технологии виртуальных миров как основа развития информационных технологий высокой потребительской стоимости (<i>Игнатъев М. Б., Никитин А. В.</i>).....	143

**Часть IV. ИЗ ФОНДОВ И АРХИВОВ БИБЛИОТЕКИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

Факты из истории российской науки и техники (<i>Леонов В. П., Вус М. А.</i>)	151
О саморасчетах и о новомъ ихъ примѣненіи В. Я. Буняковского, дѣйствительнаго члена Императорской Академіи наукъ.....	156
Об арифмометре П. Л. Чебышева	186
Об арифмометре В. Т. Однера	190
Об авторах.....	191
Именной указатель первого, второго и третьего выпусков.....	193
Перечень статей первого и второго выпусков.....	212

Уважаемые коллеги!

Выход в свет очередного выпуска серийного издания
«ИСТОРИЯ ИНФОРМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ
В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ (ЛЕНИНГРАДЕ)»
подготовлен при поддержке
Комитета по науке и высшей школе Санкт-Петербурга.

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ
ПРИГЛАШАЕТ АВТОРОВ К СОТРУДНИЧЕСТВУ**

Рукописи просим направлять в СПИИРАН по адресу:
199178, Санкт-Петербург, 14 линия, 39.
(E-mail: spiiiran@iiias.spb.su)

Научное издание

ИСТОРИЯ ИНФОРМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ (ЛЕНИНГРАДЕ)

Выпуск 3

Утверждено к печати

*Ученым советом Санкт-Петербургского института
информатики и автоматизации РАН*

Составитель М. А. Вус

Редактор Н. А. Калинина

Фотографии: М. А. Вус и Д. В. Бакурадзе

Оригинал-макет подготовлен в издательстве ООО «Анатолия»

Верстка: К. Быкова

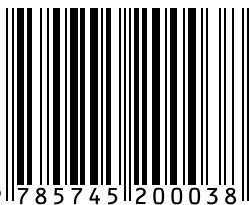
Лицензия ЛП № 000067 от 20.01.1999

Сдано в набор 02.07.12. Подписано к печати 17.08.12.
Формат 70×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Печ. л. 13,5. Уч.-изд. л. 20. Тираж 500 экз. Тип. зак. № 71.

Отпечатано в типографии ООО «Анатолия»

199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 39

ISBN 978-5-7452-003-8



9 785745 200038