

ЭТЮДЫ
ОБ УЧЁНЫХ

ЖИЗНЬ — НЕУСТАННОЕ ТВОРЧЕСТВО

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Н.А. СЕМИХАТОВА

© 2019 г. Л.Н. Бельский^{1*}, Э.С. Горкунов^{2**}, С.Ф. Дерюгин^{1***}, Н.А. Лукин^{2****}

¹ НПО автоматики имени академика Н.А. Семихатова, Екатеринбург, Россия

² Институт машиноведения УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*E-mail: avt@nproa.ru; **E-mail: ges@imach.uran.ru;

E-mail: avt@nproa.ru; *E-mail: nicklookin@mail.ru

Поступила в редакцию 31.07.2018 г.

Поступила после доработки 14.08.2018 г.

Принята к публикации 25.09.2018 г.

Статья знакомит с вехами жизненного пути академика Н.А. Семихатова — выдающегося учёного и конструктора, внёсшего большой вклад в создание ракетно-ядерного щита нашей страны: баллистические ракеты для самых мощных в мире атомных подводных лодок "Тайфун" оснащены разработанными под его руководством системами управления. Много внимания Семихатов уделял подготовке научных и инженерных кадров, более 20 лет возглавлял кафедру радиотехнического факультета Уральского политехнического института, был одним из инициаторов создания Института машиноведения УрО РАН, в котором он впоследствии работал, постоянным участником Объединённого учёного совета по математике, механике и информатике в Институте математики и механики УрО РАН, членом президиума УрО РАН. При подготовке статьи авторами использованы воспоминания его коллег, родных и друзей.

Ключевые слова: бортовые системы управления, бортовые цифровые вычислительные системы, функционально ориентированные процессоры, научные исследования.

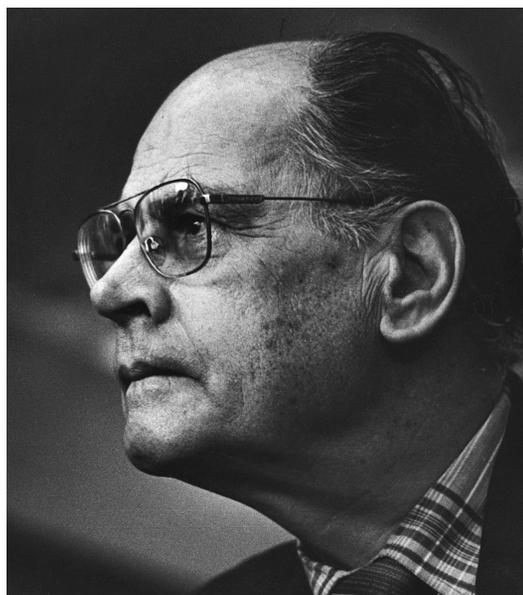
DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-587389173-82>

Управлять как техническими системами,
так и обществом должны профессионалы.

Н. А. Семихатов

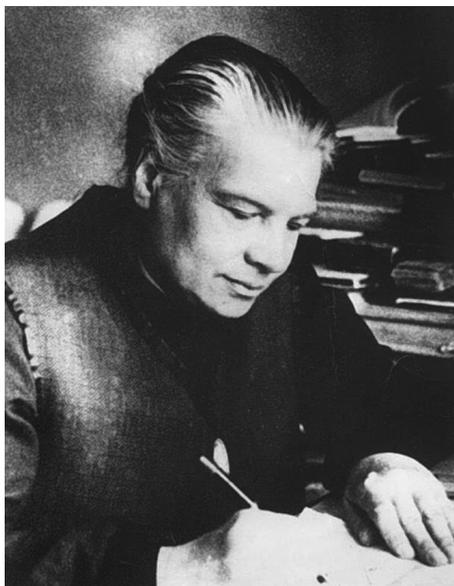
Николай Александрович Семихатов (10 декабря 1918 г. — 11 апреля 2002 г.) родился в селе Полчиновка Саратовской губернии, а в 1920 г. с семьёй переехал в Москву, где и прошли его детские и юношеские годы. Отец Александр Николаевич Семихатов, доктор геолого-минералогических наук, был известным учёным-гидрогеологом — им создана первая в СССР карта подземных вод Европейской части страны [1], под его руководством составлялась

БЕЛЬСКИЙ Лев Николаевич — кандидат технических наук, заместитель генерального директора по ракетно-космической технике НПОА им. академика Н.А. Семихатова. ГОРКУНОВ Эдуард Степанович — академик РАН, научный руководитель ИМаш УрО РАН. ДЕРЮГИН Сергей Фёдорович — генеральный конструктор НПОА им. академика Н.А. Семихатова. ЛУКИН Николай Алексеевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИМаш УрО РАН.



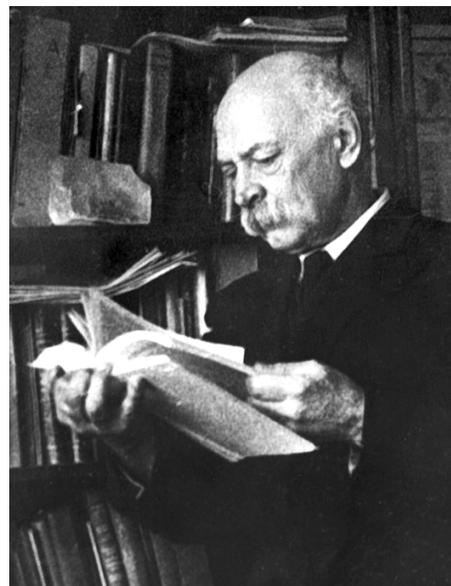
Николай Александрович Семихатов. 1994 г.

Фотография С.Г. Новикова



Мать Н.А. Семихатова – Софья Викторовна

*Из личного архива А.Н. Семихатова,
сына академика Н.А. Семихатова*



Отец Н.А. Семихатова – Александр Николаевич

*Из личного архива А.Н. Семихатова,
сына академика Н.А. Семихатова*

гидрогеологическая карта всего Советского Союза. Мать, Софья Викторовна, тоже доктор геолого-минералогических наук, внесла значительный вклад в палеонтологию и биостратиграфию, в частности, предложила современную общую стратиграфическую шкалу карбона, что позволило указать конкретные пути поисков залежей нефти и газа в Приуралье [2]. Таким образом, сама атмосфера, царившая в семье, подсказывала Николаю Александровичу будущий выбор. О радости и тяготах научного труда, поиска решения важных и трудных задач он знал не понаслышке.

Пример родителей, естественно, не мог не повлиять на формирование его личности. У него не возникало сомнений в том, что его будущая профессия должна быть связана с творчеством и иметь непосредственное отношение к науке. Правда, независимость характера, также передавшаяся ему от родителей, привела Николая Семихатова не столько в науку, сколько в инженерию. Как вспоминает его сестра Ольга Александровна, "то, что Коля инженер, было ясно очень рано – его привлекали болты, гайки, любые железки. Он стремился что-нибудь создать – из кубиков, конструктора, тех же железок, позднее стал задаваться вопросом "как это сделано" и, чтобы решить этот вопрос, мог разобрать любой механизм, даже мою куклу с закрывающимися глазами. У нашего дяди был мотоцикл, и Коля любил возиться с ним, изучая его строение. Наверное, важно, что он умел добиваться желаемого: упорно, надувшись и молча, мог долго преодолевать стоящие на пути трудности, как в учёбе и труде, так и в игре" [3, с. 6].

Из приведённого свидетельства следует, что ещё с детства будущий конструктор живо интересовался всякого рода техникой и, что самое главное, стремился придумывать новое. Впоследствии это и определило его судьбу.

В 1937 г. Николай Семихатов поступил в Московский энергетический институт, а после его окончания в 1942 г. недолгое время работал в одном из отделов НИИ, занимавшегося созданием аппаратуры автоматического управления для военной техники, преимущественно для авиационной и только зарождавшейся в те годы ракетной. Уже тогда он приобщился к тематике, которая впоследствии станет для него главной на многие годы. Но шла Великая Отечественная война, и Николаю пришлось прервать реализацию своих замыслов: в сентябре 1942 г. он ушёл добровольцем на фронт, став командиром огневого взвода артиллерийского полка. Воевал на Западном, Ленинградском и 2-м Украинском фронтах. Воевал умело, о чём свидетельствуют боевые награды: два ордена Отечественной войны I степени, орден Отечественной войны II степени, орден Красной Звезды. Четырежды был ранен, из них один раз тяжело.

После демобилизации Семихатов возвращается к исследованиям и разработкам в области автоматического управления, теперь уже в московском НИИ-885, которым руководил будущий академик, создатель систем автоматического управления ракетными и ракетно-космическими комплексами Н.А. Пилюгин. Семихатов возглавлял в институте лабораторию автомата стабилизации и отвечал за разработку всех типов усилителей-преобразова-

телей [4]. К этому времени относятся его первые, тогда ещё интуитивные и неформализованные концепции, говоря современным языком, алгоритмизации законов управления.

Развитие представлений не просто об управлении, а о его алгоритмической основе неизбежно приводило к появлению вычислительной техники на борту ракеты, хотя в конце 1940-х — начале 1950-х годов такого рода предложения вызвали у многих специалистов возражения. Это в полной мере характеризовало условия работы Н. А. Семихатова в НИИ-885, где он упорно отстаивал свой взгляд на решение задач стабилизации, хотя и не находил поддержки у руководства отдела [4]. Предложения Николая Александровича относились, может, неявно, к реализации цифрового управления, они требовали своей ниши в части применения. И она в скором времени возникла, когда в 1954 г. вышло совместное постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР "О проведении работ по вооружению подводных лодок баллистическими ракетами дальнего действия". В соответствии с этим постановлением в Свердловске было организовано СКБ-626 (предшественник НПО автоматики) как головной разработчик бортовых систем управления баллистических ракет для военно-морского флота. Н. А. Семихатов был назначен главным инженером и главным конструктором этого СКБ, получив возможность в полной мере реализовать свои замыслы.

Трудное время становления ракетной техники было и временем поисков. Практически всё, что делалось тогда в этой области, может быть охарактеризовано одним словом: впервые! Впервые учёные, конструкторы и инженеры "научили" ракету стартовать с качающегося основания. Впервые сумели обеспечить её управляемость и устойчивость при старте с лодки, находящейся в подводном положении (ракета при этом преодолевала возмущения от набегающего потока воды). Впервые сконструировали систему управления с учётом очень жёстких объёмно-массовых ограничений, что определяется малой размерностью баллистических ракет (БР), размещаемых в пусковых шахтах подводных лодок (ПЛ), в отличие от ракет наземного базирования. Позднее перед разработчиками встали не менее сложные задачи принципиального улучшения точностных характеристик систем управления (СУ). Нужны были смелость главного конструктора в принятии решений, воля в их реализации. А ещё — широчайшая научная и инженерная эрудиция, умение формировать кооперацию.

В начале 1960-х годов возникла задача стрельбы баллистическими ракетами с подводных лодок по морским подвижным целям и стало понятно, что без уточнения положения цели в ходе полёта ракеты решить её невозможно. Появилась идея коррекции траектории по показаниям бортовой ап-



Лейтенант Н. А. Семихатов. 1944 г.

паратуры, но на борту ракеты это требовало определения координат цели и расчёта корректирующего импульса. И тогда главный конструктор предложил оснастить ракету цифровым вычислительным комплексом. Но и саму идею, и её автора скептики подняли на смех: существовавшие тогда управляющие цифровые вычислительные машины (ЦВМ) типа М-20, М-220 занимали огромные площади, опыта конструирования им подобных в микроминиатюрном исполнении не было. Однако Н. А. Семихатов при поддержке генерального конструктора В. П. Макеева настоял на своём, и в итоге на одном из пусков по программе лётных испытаний система управления обеспечила точечное попадание ракеты в подвижную морскую мишень. Появление бортовой ЦВМ открыло перед разработчиками новые возможности, и одна из них — коррекция траектории полёта баллистической ракеты по показаниям бортовых источников информации, что и было незамедлительно применено. Из анализа точностных характеристик БР ПЛ стало ясно, что их промах вызывают погрешности навигационного комплекса подводной лодки в определении её местоположения и направления движения (ошибки такого рода принципиально исключены для БР наземного стационарного базирования). У конструкторов появилась идея поставить малогабаритный телескоп на гиросtabilизированную платформу, входящую в состав системы управления. Воля, энергия, настойчивость Семихатова обеспечили успешное создание большого семейства СУ БР ПЛ с астрокоррекцией, то есть коррекцией траектории полёта ракеты по звёздам.

Главный конструктор понимал, что проектирование совершенных систем управления невозможно без использования новейших достижений фундаментальной и прикладной науки, поэтому устанавливал и активно поддерживал связи с ведущими институтами АН СССР, отраслевыми институтами, вузовской наукой. Он был лично знаком со многими авторитетными учёными и умел заинтересовать их проблемами, которые решало его КБ. Семихатов понимал и другое: для достижения успеха мало его личных усилий, нужен коллектив разработчиков, умеющих смело и масштабно мыслить. Одним из элементов формирования такого коллектива стали еженедельные координационно-технические совещания — знаменитые семихатовские "вторники". Через их горнило прошли практически все ведущие специалисты объединения. Характерно, что главный конструктор не допускал на этих совещаниях выступлений по шпаргалкам, поэтому ко "вторникам" их участники тщательно готовились. Конечно, бывали случаи, когда Семихатов в пух и прах разносил предлагаемое решение, доказывая его непродуманность или несостоятельность, но когда он, вообще-то скупой на похвалу, говорил: "Это годится!", — окрылённый успехом автор оригинальной идеи с удвоенной энергией стремился воплотить её в жизнь. Иногда же, как свидетельствуют очевидцы, главный конструктор, слушая удручённые пояснения разработчика, почему эта микросхема не может быть установлена на печатную плату, вдруг восклицал: "Давай, дорогой, 20 копеек, и я тебе покажу, как справиться с проблемой". Тут же шёл к доске и набрасывал оптимальный вариант решения задачи. И с этого момента уже казалось странным, что коллектив одарённых проектировщиков не нашёл верный путь самостоятельно.

Для Семихатова в технике, особенно в той, которой он занимался, не существовало слова "невозможно". Приведём несколько характерных примеров. Первый относится к началу 1970-х годов. Для прецизионного предстартового выставления бортовой гироскопической платформы в плоскость местного горизонта в условиях качки и движения подводной лодки требовалось, чтобы навигационный комплекс выдавал информацию о параметрах качки и движения. Вывод специалистов оказался неутешителен: решить такую задачу невозможно. Но главный конструктор организует кооперацию разработчиков СУ, формулирует проблему, и в достаточно короткие сроки в составе аппаратуры корабельной системы управления появляется специальная система компенсации динамической ошибки, с успехом решающая рассматриваемую задачу. Другой пример. В середине 1970-х годов стало ясно, что революционных улучшений точностных характеристик гироскопических приборов и систем СУ БР за счёт совершенствования технологии производства, подбора материалов ожидать трудно. Возникла идея способ-

ствовать прогрессу в этом направлении, определяя точностные параметры гироскопов в процессе эксплуатации БР. Академик А. Ю. Ишлинский, будучи в те годы директором Института проблем механики АН СССР, вынес неутешительный вердикт: для качающегося подвижного основания решение задачи определения параметров гироскопов с требуемой точностью невозможно.

Но Семихатову с коллегами это удалось. Третий пример. В 1980-е годы было принято решение создать отечественную сферическую гиросtabilizированную платформу — аналог американской системы AIRS. Мобилизовали лучших специалистов в области гироскопии, которые создали конструктивные элементы, специальные материалы, чувствительные элементы, датчики, электронные блоки. Победа, казалось, была близка, но разместить электронные блоки внутри сферической конструкции прибора, как этого требовала идеология построения прибора, не удавалось. Министерство собирало совещание за совещанием, но безрезультатно. На одном из таких совещаний присутствовал Семихатов. Услышав слова докладчика о том, что в стране нет предприятия, способного справиться с этой задачей, он подал реплику: "Есть такое предприятие, мы бы взялись". Многие из присутствовавших посмотрели на него с удивлением: зачем-де по своей воле лезет в петлю? Примерно такой же была реакция конструкторов НПО автоматики. Но Николай Александрович им возразил: "Вы что же, хотите, чтобы Семихатова считали безответственным чижиком — сказал и не сделал? Нет, дорогие, так дело не пойдёт!". В итоге электронные блоки разработки НПОА компактно разместились в выделенных объёмах, что позволило именно ими оснастить первую партию отечественных сферических гиросtabilizированных платформ. Эти примеры — иллюстрация глубокого понимания главным конструктором существа проблемы, трезвой оценки возможностей коллектива, веры в него. У нас есть основание полагать, что научно-технический задел, созданный под руководством Н.А. Семихатова, ещё годы и годы будет служить базой для создания перспективных образцов ракетно-космической техники [5].

Бортовые цифровые вычислительные машины сегодня составляют основу интеллекта систем управления. Но открываемые ими перспективы полвека назад признавались далеко не всеми. Дадим слово Семихатову: "В начале 60-х годов велись ожесточённые споры, надо ли нам развивать вычислительную технику. Применительно к разработкам систем управления ракетных комплексов моё мнение как главного конструктора НПО "Автоматика" расходилось с установками головного московского института. Москвичи отдавали предпочтение аналоговой технике. А мы сделали вычислительную машину на навесных элементах полупроводникового

типа и впервые в мире установили её на борт ракеты. В головном институте на меня буквально топали ногами, и, если бы случился какой-нибудь сбой или авария, судьба моя была бы печальной. Но ничего неприятного не произошло, и мы торжествовали, ведь бортовая вычислительная машина была создана в то время, когда интегральных схем ещё не существовало! Чтобы убедиться, что система управления разработана и изготовлена качественно, мы долго отработывали её в наземных условиях. У нас была уникальная экспериментальная база для наземной отработки таких систем. По общему признанию, в НПО "Автоматика" был самый высокий в отрасли уровень автоматизации всех процессов создания систем управления. Мы научились программировать и стали использовать цифровую технику, по крайней мере, на пять лет раньше, чем остальные разработчики СУ ракетных комплексов" [6].

В конце 1950-х годов Семихатов организует разработку первого из прототипов бортовых вычислительных машин — цифрового дифференциального анализатора. Непрограммируемое вычислительное устройство обладало способностью управлять лишь дальностью полёта, но это был первый в СССР опыт применения вычислительной техники на борту баллистической ракеты. Очевидно, что реализация устройства потребовала решения совершенно новых задач, касающихся как математического аппарата алгоритмов управления, так и электронной базы. Если учесть отсутствие тогда специалистов по вычислительной технике, становится понятным, какая смелость потребовалась от человека, возглавившего эти работы, а ведь ему не было и 40 лет.

В 1958 г. Семихатов становится кандидатом технических наук, наряду с должностью главного инженера занимает должность научного руководителя свердловского НИИ-592. Таким образом, начиная с конца 1950-х годов он активно формирует научную политику в области СУ баллистических ракет. Упор делается на непрерывное повышение интеллекта систем управления. Это, естественно, требовало от руководителя и его коллег такого же непрерывного повышения научного уровня, знаний и умений. Что очень важно, Семихатов быстро доводит идеи до воплощения.

В 1965 г. в Свердловске был образован НИИ автоматики, а спустя 2 года Николай Александрович становится его главным конструктором и первым заместителем директора по научной работе. Ещё до этого он ставил задачу применения полноценного программируемого бортового компьютера в составе боевой ракеты и руководил процессом его разработки, отработки и испытаний. В том же 1965 г. создаётся ЦВМ-3 — первая в СССР бортовая цифровая вычислительная машина для системы управления баллистической ракетой. В ней были реализованы элементы компьютера, встроеного

в систему реального времени, — трёхадресные команды, программируемость, средства повышения надёжности и обеспечения контролепригодности. Разработка постоянно оптимизировалась по различным критериям, включая и стоимость изготовления.

В 1967 г. появилась ЦВМ-4 с микропрограммным устройством управления. Оно позволило более гибко учитывать особенности архитектуры ЦВМ в структуре системы команд, а самое главное — оперативно и с меньшими затратами осуществлять коррекции, которые неизбежно требовались в ходе отработки аппаратуры и штатных программ. Тогда же Семихатов начал систематическую работу с предприятиями Министерства электронной промышленности СССР по анализу отказов элементной базы, что способствовало повышению надёжности изделий. Следующая цифровая вычислительная машина — ЦВМ-6, созданная в 1970 г. — вобрала в себя все достижения предыдущих разработок, но в ней присутствовали и новации, в частности, интегральные схемы. Конструкторам удалось повысить отказоустойчивость машины в составе системы за счёт применения трёхканального резервирования, тестов, оперативного контроля правильности выполнения операций. Бортовая ЦВМ становится унифицированным компьютером для всей системы управления полётом ракеты.

Н. А. Семихатов всегда отличался тем, что непрерывно совершенствовался сам как учёный-инженер и требовал этого от других. Особенно это касалось тех коллег, которые, как он полагал, могут внести существенный вклад в теорию и практику разработки СУ. Благодаря аккумуляции коллективного опыта в 1975 г. удалось создать ЦВМ-7. В ней впервые были применены тонкоплёночные микросборки, благодаря которым существенно снизились масса и габариты машины, повысилась степень унификации, а значит, понизилась стоимость ЦВМ, появилась модульность в исполнении аппаратуры, ставшая в настоящее время одним из главных направлений развития бортовой вычислительной техники. Семихатов чутко улавливал перспективные тенденции и практически всегда соглашался с новым, если оно сулило принести пользу, пусть и не сегодня. Иногда в споре он мог быть довольно упрям, но научные и технические аргументы его убеждали сразу. Например, в ЦВМ-7 после длительных дебатов впервые была реализована попытка разработать систему автоматизации программирования этой машины на основе языка Фортран.

В 1976 г. на базе НИИА было создано Научно-производственное объединение автоматики (НПОА). Его главный конструктор Н. А. Семихатов в том же году защищает диссертацию на соискание учёной степени доктора технических наук, а в 1978 г. становится профессором Уральского политехнического института. Там он создаёт ка-

федру "Технология производства радиоэлектронной аппаратуры", у него появляется возможность готовить кадры для ускоренного движения вперед. По признанию Николая Александровича, в те годы реализация разработок в НПО автоматики велась максимально высокими темпами. Для наглядности сравним бортовые ЦВМ базовых предприятий ракетной отрасли середины 1970-х годов – НПОА, НИИ автоматики и приборостроения (ныне НПЦ АП им. академика Н. А. Пилюгина) и одного из лидеров в создании бортовых ЦВМ для орбитальных космических станций – НПО "Научный центр" (Зеленоград). Сравнение производилось по удельному критерию, отражающему эффективность принятых решений – отношению информационных характеристик БЦВМ (быстродействие и ёмкость памяти данных и программ) к массе и потребляемой мощности. Этот критерий типичен для бортовой вычислительной техники. Результаты сравнения приведены в таблице. Видно, что по удельному показателю эффективности ЦВМ-7 опережала разработки конкурентов, особенно в решении задач управления различных типов (здесь сказалось применение микросборок). Высокая эффективность ЦВМ-7 достигалась, в частности, и за счёт значительно большей ёмкости ПЗУ программ, чем у других БЦВМ.

В 1984 г. Н. А. Семихатова избирают членом-корреспондентом АН СССР. Официально сфера его научных интересов – системы управления сложными объектами в экстремальных условиях. К середине 1980-х годов можно было уже говорить о влиянии научно-инженерной школы Семихатова на развитие этой области техники. Николая Александровича приглашают на семинары и обсуждения актуальных проблем не только создания бортовых СУ, но и машиностроения в целом. Он участвует

в формировании новых научных направлений, его деятельность становится, образно говоря, похожей на работу многомашинного вычислительного комплекса. Характерно его высказывание того времени: "Надо стараться успеть всё, что кажется нужным, тогда хоть что-то можно будет закончить". В машиноведении Семихатова интересуют не только прикладные проблемы (создание новых автоматических линий, робототехнических комплексов и т.п.), но и теоретические (например, устойчивость сложных систем, искусственный интеллект). Он проводит много времени в обсуждениях с целью прояснить ситуацию с прецизионным машиностроением на Урале и выработать предложения по развитию этой области инженерной деятельности. В обсуждениях принимают участие академик Н. Н. Красовский, член-корреспондент АН СССР В. Л. Колмогоров, другие высококлассные специалисты.

Нельзя не упомянуть, что Н. А. Семихатов – один из организаторов Института машиноведения Уральского научного центра АН СССР (в настоящее время – ИМаш УрО РАН), а после его формирования – член учёного совета этого института, научный руководитель работ, связанных с компьютеризацией в прецизионном приборостроении. Именно по его предложению исследования в области прецизионного машиностроения становятся главным научным направлением ИМаша. Это и робототехника, и системы автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры, и интеллектуальные системы управления реальным временем. Стратегия Семихатова такова: замкнуть цепь, ранее состоявшую из двух звеньев – производства и образования, дополнив её третьим звеном – наукой. По замыслу Николая Александровича, исследования в Академии наук должны реализовываться в НПОА, а необходимые кадры учёных и инженеров готовиться

Сравнительные характеристики некоторых бортовых цифровых вычислительных машин в области ракетно-космической техники (середина 1970-х годов)

| Модели БЦВМ | Быстродействие $R_{ном}$, оп/сек, тыс. | Ёмкость (ОЗУ+ПЗУ) V, бит | Масса M, кг | Потребляемая мощность W, Вт | Удельный показатель K, $\frac{(тыс. оп / сек) \times бит}{кг \times Вт} \cdot 10^{-6}$ | Предприятие |
|--------------------|-----------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Бисер-2 (1971) [7] | 500 | ОЗУ: 8К×32 ПЗУ: 16К×32 | 8,0 | 32 | 1,54 | НПЦ АП |
| Салют-4 (1974) [8] | 120 | ОЗУ: 4К×32 ПЗУ: 32К×32 | 5,0 | 20 | 1,25 | НПО НЦ |
| ЦВМ-7 (1975) | 500 | ОЗУ: 8К×18 ПЗУ: 64К×36 | 11,2 | 43 | 2,62 | НПОА |

Примечание. ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; ПЗУ – постоянное запоминающее устройство.

$K = \frac{R_{ном} \cdot V}{M \cdot W} \cdot 10^{-6}$, где $R_{ном}$ – номинальная производительность БЦВМ, тысяч операций в секунду; V – суммарный объём памяти (ОЗУ+ПЗУ), бит; M – масса БЦВМ, кг; W – мощность, потребляемая БЦВМ, Вт.

в Уральском политехническом институте, в том числе и на возглавляемой им кафедре. Тем самым обеспечивалось непрерывное повышение уровня разработок и гарантировалась их конкурентоспособность. Если говорить о научно-организационных достижениях Н.А. Семихатова, то создание упомянутой трёхзвенной цепи можно отнести к важнейшим из них в сфере, как сказали бы сейчас, менеджмента высоких технологий.

Активная деятельность в области организации науки не мешает Семихатову с успехом продолжать работу в должности главного конструктора НПОА. В 1983 г. была создана 32-разрядная БЦВМ "Малахит-2" производительностью 1 млн операций в секунду. В числе её особенностей — использование толстоплёночных микросборок, обеспечение радиационной стойкости вычислительной системы. По показателям эффективности эта машина существенно опережала своих предшественниц. Н.А. Семихатов приходит к мысли о необходимости непосредственного участия НПОА в разработке микроэлектронных устройств, а конкретно — интегральных микросхем средней и большой степени интеграции, поэтому создание бортовой ЦВМ с минимально возможными габаритами и массой (сверхбольшая интегральная схема в одном кристалле) становится одним из его замыслов. В этот период он проявляет интерес к многозначной логике и оптическим ЭВМ, то есть направлениям, далёким от практической реализации, и одновременно — к микропроцессорам и построению на их основе перспективных бортовых ЦВМ ближайшего будущего. Без Научно-производственного объединения автоматики, а стало быть, без Семихатова уже многие решения по элементной базе в масштабах отрасли не принимаются.

В 1986 г. была разработана БЦВМ "Малахит-3". В этой машине конструкторам удалось реализовать самые передовые решения в области высокопроизводительной бортовой вычислительной техники того времени. Элементная база "Малахита-3" создавалась на предприятиях Министерства электронной промышленности СССР при непосредственном участии НПОА, что обеспечило весьма высокий уровень производительности бортовой ЦВМ. В данной БЦВМ была впервые в стране применена радиационно стойкая элементная база (большие интегральные схемы, изготавливаемые по технологии "кремний на сапфире").

Ещё одно направление бортовой вычислительной техники, активно развивавшееся в НПОА и также поддерживавшееся Н.А. Семихатовым, — бортовые функционально ориентированные процессоры (ФОП) с параллельной архитектурой. Создание этого специфического класса бортовых вычислительных устройств, причём при минимальной их массе и потребляемой мощности, диктуется необходимостью решения задач высокой вычислительной сложности в кратчайшем интервале времени. Если учесть, что требуемая производительность должна примерно на порядок превышать производительность бортовой ЦВМ с универсальной (последовательной) архитектурой, а масса увеличиваться не должна, становится ясно, что создать бортовой ФОП возможно, лишь переходя к нестандартным архитектурам с параллельной обработкой данных.

В конце 1979 г. возникла задача, связанная с обработкой в реальном времени информации, поступающей от многоканального датчика. Соответствующие алгоритмы отличались высокой сложностью, так как для решения задачи за требуемое время необхо-



Совещание, посвящённое образованию ИМаш УНЦ АН СССР. 1986 г.

С докладом выступает В.М. Макаров (назначен директором института), второй слева — В.Л. Колмогоров, пятый слева — президент АН СССР академик А.П. Александров, шестой слева — Н.А. Семихатов, рядом — академик К.В. Фролов, директор ИМаш АН СССР (Москва)

димо не менее семи универсальных бортовых ЦВМ, что, естественно, не укладывалось в рамки ограничений по массе и потребляемой мощности. Н.А. Семихатов поддерживает предложение ведущих специалистов НПОА о разработке ФОП с параллельной архитектурой. Фактически это означало рождение нового научно-технического направления.

Создание нестандартной вычислительной техники требовало нестандартных подходов, и главный конструктор поддержал идею формирования коллектива, состоящего из алгоритмистов, программистов и электронщиков. Коллектив не был структурным подразделением НПОА, а существовал как объединение специалистов в рамках проекта. Семихатов постоянно держал в поле зрения весь комплекс проводимых работ, при его поддержке к проекту были привлечены научные сотрудники сначала Института математики и механики УНЦ АН СССР, а затем и ИМаш. В результате функционально ориентированный процессор удалось разработать и испытать в кратчайшие сроки. Он получил название "Специализированное вычислительное устройство С-6118". При массе 2,6 кг и мощности 6 Вт он производил 4 млн операций в секунду, что значительно превышало аналогичные параметры универсальных бортовых ЦВМ того времени. Кроме того, это был один из первых в СССР бортовых вычислителей с параллельной архитектурой. Испытания С-6118, проведенные в 1983 г., полностью подтвердили правомочность существования бортовых ФОП как самостоятельного класса бортовых вычислителей и высокую эффективность их применения. Можно не сомневаться, что Н.А. Семихатов отчетливо представлял себе перспективу параллельной обработки данных на борту ракеты. В этом проявилась его интуиция как человека науки.

В 1983—1994 гг. в НПОА в тесном сотрудничестве с уральскими Институтом математики и механики и Институтом машиноведения были созданы ФОП нескольких типов параллельных архитектур для ракетно-космических систем различного назначения. Отметим, что в научную составляющую процесса разработки ФОП всегда вносил свой вклад Семихатов. К настоящему времени в НПОА сложилась и в содружестве с академической наукой устойчиво развивается эта область бортовой вычислительной техники.

В 1992 г. в служебном статусе Семихатова происходят изменения. Теперь он советник руководителя НПОА. Груз должности главного конструктора с ежедневной необходимостью решать текущие производственные проблемы остался в прошлом. Другое дело, что ответственность за разработки НПОА Семихатов как специалист высочайшего уровня снять с себя так и не смог, и она постоянно давала о себе знать окружающим — он по-прежнему рассылал руководителям подразделений и ведущим раз-



Генеральный конструктор НПО автоматики Н.А. Семихатов. 5 декабря 1988 г.

Фотография С.Г. Новикова

работчикам свои послания на небольших по размеру листках. Как правило, в них содержалось описание какой-то технической проблемы, касающейся систем реального времени, и предлагалось её решение, в большинстве случаев на концептуальном уровне.

Далеко не израсходованный потенциал учёного и конструктора требовал применения. А в НПОА шёл в то время поиск направлений, связанных с гражданской тематикой, но возможности развития у предприятия оказались крайне ограниченными — в 1990-е годы головные организации при всём желании не могли обеспечить достойного финансирования разработок. Начались задержки зарплаты, высококвалифицированные специалисты увольнялись. В этот период Николай Александрович обдумывает возможную загрузку сотрудников НПОА работами по автоматизации в энергетике, авиации, добывающих отраслях промышленности, управлении транспортом и, конечно, в областях, смежных с ракетной техникой, например, в артиллерии. Для Семихатова наука никогда не была делом чисто теоретическим, поэтому он ищет возможности развития НПО автоматики на основе взаимодействия с РАН, действительным членом которой он был избран в 1990 г.

Летом 1994 г. проводились периодические семинары и совещания в довольно узком составе: помимо Н.А. Семихатова, в них участвовали директор Екатеринбургского филиала Института физиологии (ЕФИФ) Коми научного центра УрО РАН В.С. Мархасин, заместитель директора того же филиала Ю.Л. Проценко и начальник сектора НПО автоматики Н.А. Лукин. Обсуждалась идея создания коллектива, состоящего из сотрудников НПОА и упомянутого филиала. Цель — поставить интеллект разработчиков вычислительной техники и электро-

ники на службу фундаментальной науке, тем самым придать новый импульс проводимым исследованиям, а ещё — сохранить уровень профессионализма специалистов ВПК. Последнее было особенно важным в те годы. Николай Александрович со свойственной ему энергией практически сразу стал предлагать конкретные организационные шаги. Инициативу поддержали председатель УрО РАН академик Г. А. Месяц и директор Института физиологии Коми научного центра УрО РАН академик М. П. Рощевский. Михаил Павлович, будучи учёным-физиологом, тем не менее сумел оценить пользу, которую мог принести его науке ракетчик, поэтому не только поддержал идею Семихатова об образовании новой лаборатории в ЕФИФ, но и в короткие сроки сформулировал задачи в области автоматизации биофизических экспериментов, касающихся изучения миокарда. В 1995 г. лаборатория биоинженерии была создана, а академик Н. А. Семихатов стал её научным руководителем. Прошло не более года, а в ЕФИФ уже работала установка на базе одного из бортовых процессоров. М. П. Рощевский, бывая в Екатеринбурге, регулярно встречался с Николаем Александровичем и живо интересовался новыми экспериментами. Насколько нам известно, в УрО РАН это была единственная удачно реализованная попытка использовать потенциал специалистов ВПК в интересах фундаментальной науки.

В то время научным центром работ по автоматизации в УрО РАН являлся отдел вычислительных систем ИМаш УрО РАН, и было принято решение, на первый взгляд парадоксальное, о переводе лаборатории биоинженерии (позднее она стала называться лабораторией функционально ориентированных процессоров) в ИМаш. При этом Семихатова назначили научным руководителем отдела вычислительных систем. Здесь следует пояснить, что в области автоматизации возможны унифицированные решения, они в одинаковой степени могут быть полезными как для физиологии, так и для машиноведения. Так что переход сотрудников лаборатории биоинженерии в новый институт оказался вполне обоснован.

Как уже упоминалось, Николай Александрович был одним из организаторов ИМаша в середине 1980-х годов. Вместе с профессором В. П. Чистовым и его учениками академик Н. А. Семихатов формировал ряд научных направлений, призванных создать научно-практический задел для будущих заводов-автоматов, роботизированных производственных линий, электронного приборостроения. Кроме того, он постоянно обращал внимание на два главных, на его взгляд, момента. Теоретические построения в машиноведении обязательно должны быть практически осозаемы ("Какая-то довольно мутная теория", — мог иной раз сказать он по поводу "умствований"). Свежие мысли, взгляды и решения

прямо пропорциональны количеству творческой молодёжи, и её непременно нужно привлекать в науку.

Работая в структурах РАН, Семихатов не терял связей с НПОА. Более того, созданная им лаборатория в ИМаш УрО РАН постоянно контактировала с подразделениями объединения автоматизики. Кстати, между ИМаш и НПОА и в настоящее время действует договор о научно-техническом сотрудничестве, в рамках которого выполняются перспективные исследования, касающиеся систем управления ракетно-космическими комплексами.

В начале статьи упоминались боевые награды Николая Александровича. В мирные десятилетия к ним добавилось много других: звезда Героя Социалистического Труда, четыре ордена Ленина, Ленинская и две Государственных премии. В 2000 г. он был удостоен общенациональной неправительственной Демидовской премии.

Замечательный учёный и конструктор ушёл из жизни 11 апреля 2002 г. В память о нём в Екатеринбурге назван бульвар, на доме в Северодвинске, где он также жил и работал, установлена мемориальная доска, в УрО РАН учреждён Почётный диплом им. Н. А. Семихатова, в Екатеринбурге ежегодно проводятся Семихатовские чтения, привлекающие молодых людей, ещё только выбирающих свой путь. Научно-производственное объединение автоматизики, которому он отдал столько сил, энергии и таланта (в настоящее время НПОА входит в структуру госкорпорации Роскосмос), теперь носит имя академика Н. А. Семихатова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семихатов А. Н., Духанина В. И. Карта грунтовых вод территории Европейской части СССР в масштабе 1:1 500 000 и некоторые закономерности распределения и формирования грунтовых вод на Русской равнине // Научные сообщения АН Литовской ССР. Институт геологии и географии. Т. 4. 1957. С. 317–336.
2. Наливкин Д. В. Наши первые женщины-геологи. М.: Наука, 1979.
3. Николай Александрович Семихатов — детство, юность и молодые годы. Воспоминания О. Н. Семихатовой. Рукопись.
4. Черток Б. Е. Ракеты и люди. Подлипки — Капустин Яр — Тюратам. М.: РТСофт, 2006.
5. Бельский Л. Н. Наследие главного конструктора // Наука Урала. 2002. № 24. С. 3.
6. Семихатов Н. А. "Управлять должны профессионалы" (Интервью с акад. Н. А. Семихатовым) // Поиск. 2001. № 6. С. 8.
7. История отечественной электронной вычислительной техники. М.: Издательский дом "Столичная энциклопедия", 2014.
8. <https://biography.wikireading.ru/235598>

LIFE IS A RELENTLESS CREATIVITY*ON THE 100TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF ACADEMICIAN N.A. SEMIKHATOV*© 2019 L.N. Belsky^{1*}, E.S. Gorkunov^{2**}, S.F. Deryugin^{1***}, N.A. Lukin^{2****}¹ *Academician Semikhatov Scientific-Production Association of Automation, Ekaterinburg, Russia*² *Institute of Machine Science, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia** *E-mail: avt@npoa.ru; ** E-mail: ges@imach.uran.ru;**** *E-mail: avt@npoa.ru; **** E-mail: nicklookin@mail.ru*

Received: 31.07.2018

Revised version received: 14.08.2018

Accepted: 25.09.2018

This study introduces the milestones of academician N.A. Semikhatov, an outstanding scientist and designer, who substantially contributed to the creation of our country's nuclear shield, including ballistic missiles, for the world's most potent nuclear submarines, Typhoon, are equipped with control systems developed under his leadership. Semikhatov focused on the training of scientific and engineering personnel, headed the department of radio engineering faculty of the Ural Polytechnic Institute for over 20 years, was one of the initiators of the Institute of Machine Science of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, where he later worked as a permanent member of the Joint Scientific Council on Mathematics, Mechanics, and Computer Science at the Institute of Mathematics and Mechanics, and a member of the Presidium of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Of note, this study was also drafted using the memories of his colleagues, relatives, and friends.

Keywords: onboard control systems; onboard digital computing systems; functionally oriented processors; research activities.