

УДК 621.39
DOI: 10.25559/SITITO.16.202004.872-882

Оригинальная статья

Система обмена данными как образец системного подхода к созданию крупных информационных систем

А. А. Зацаринный

ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Российская Федерация
119333, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2
AZatsarinny@ipiran.ru

Аннотация

Статья посвящена историческим аспектам создания первой отечественной системы обмена данными с пакетной коммутацией. Показаны роль и место этой системы в составе межвидовой автоматизированной системы управления стратегического назначения. Рассмотрены системотехнические и организационные предпосылки построения СОД на основе центров коммутации сообщений. Показан опыт создания сети с пакетной коммутацией АРПАНЕТ. Отмечено, что создание СОД явилось результатом совместных усилий заказывающих органов Министерства обороны СССР, ведущего предприятия промышленности – научно-исследовательского института автоматической аппаратуры, а также военных научных организаций, прежде всего 16 ЦНИИИИ связи.

Ключевые слова: система обмена данными, центр коммутации сообщений, метод коммутации пакетов, комплекс средств передачи данных, комплекс повышения достоверности, вычислительный комплекс коммутации, протоколы информационного обмена.

Финансирование: статья подготовлена в рамках государственного задания ФИЦ ИУ РАН в рамках научного направления «Информационные, управляющие и телекоммуникационные системы».

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Зацаринный, А. А. Система обмена данными как образец системного подхода к созданию крупных информационных систем / А. А. Зацаринный. – DOI 10.25559/SITITO.16.202004.872-882 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2020. – Т. 16, № 4. – С. 872-882.

© Зацаринный А. А., 2020



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Original article

Data Exchange System as an Example of a System Approach to Large Information System Creation

A. A. Zatsarinny

Federal Research Center "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

44-2 Vavilova St., Moscow 119333, Russian Federation

AZatsarinny@ipiran.ru

Abstract

The article is devoted to historical aspects of the first domestic data exchange system (DES) creation with packet switching. The role and place of this system as part of an interspecific automated control system for strategic purposes are shown. There is considered systemic and organizational background for the construction of DES on the basis of message switching centers. The experience of creating ARPANET, the network with packet switching is presented. It is noted that the creation of DES was the result of joint efforts of ordering bodies of the USSR Defense Ministry, a leading industrial enterprise - the Scientific Research Institute of Automatic Equipment, as well as military scientific organizations, particularly the 16th Central Research Institute of Communications.

Keywords: data exchange system, message switching center, packet switching method, data transmission complex, reliability enhancement complex, switching computing complex, information exchange protocols.

Funding: The article was prepared under state assignment of the FRC CSC RAS in the scientific direction "Information, control and telecommunication systems".

The author declares no conflicts of interest.

For citation: Zatsarinny A.A. Data Exchange System as an Example of a System Approach to Large Information System Creation. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2020; 16(4):872-882. DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.16.202004.872-882>



Введение

Процессы истории создания систем стратегического сдерживания в нашей стране, которая включала создание ядерного и термоядерного оружия в 1945-1949 гг. (академики И.В. Курчатов, Ю.Б. Харитон и др.), создание баллистических ракет дальнего действия в 1956 г. (академик С.П. Королев), важное место занимает создание автоматизированных систем управления (АСУ) [1]. Впервые остро вопрос о необходимости создания АСУ встал сразу после образования нового вида Вооруженных сил — Ракетных войск стратегического назначения (РВСН). В документальном фильме, посвященном 100-летию образования войск связи, показан драматизм ситуации, когда только назначенный начальник связи РВСН генерал-майор А.И. Белов обнаружил явный дисбаланс между мощнейшими объектами управления и откровенно отсталыми средствами управления и связи [2]. И тогда в течение 60-х гг. прошлого столетия была разработана, испытана и поставлена на вооружение АСБУ РВСН (1969). Главный конструктор этой системы Т.Н. Соколов был удостоен высокого звания Герой Социалистического труда. Это отдельная очень интересная история [3,4]. Не умаляя важности и актуальности АСБУ РВСН, тем не менее следует отметить, что эта система не решала весь комплекс задач по обеспечению автоматизированного управления войсками, силами и оружием, включая стратегическое ядерное оружие ВВС и ВМФ.

Это обусловило постановку в середине 60-х гг. прошлого столетия крупной государственной задачи — создание межвидовой многофункциональной АСУ ВС в стратегическом звене управления. Генеральным заказчиком такой системы выступило 5 Главное управление Минобороны СССР (5 ГУМО), с середины 70-х гг. Возглавил эти работы директор НИИ автоматической аппаратуры В.С. Семенихин, будущий академик, и руководил ими почти четверть века (1967-1990) [4,5]. О роли системы управления и непосредственно В.С. Семенихина ярко сказал маршал войск связи А.И. Белов: «...без соответствующей системы управления ядерное оружие не в состоянии быть ни щитом, ни мечом, ни еще чем-нибудь полезным. И возглавлявший работы по созданию систем управления академик Семенихин достоин быть в одном ряду с Курчатовым, Королевым, Туполевым и другими гигантами «оборонки» [6].

В статье рассматривается только один из компонентов АСУ ВС — система обмена данными, которая должна была информационно связать сотни комплексов автоматизации на объектах, размещенных на территории страны. При этом особый акцент сделан на многолетнем конструктивном взаимодействии заказывающих органов Минобороны СССР в лице Управления начальника связи Вооруженных Сил, кооперации предприятий-разработчиков при головной роли НИИ автоматической аппаратуры, а также 16 ЦНИИИ связи Минобороны СССР, выполнявшего функции военно-научного сопровождения разработки.

Создание СОД — результат совместных усилий заказчика, главного конструктора и военной науки

При создании СОД была сформирована уникальная организационная схема, которая включала три группы субъектов разработки: первая — организации заказчика, вторая — головной исполнитель и кооперация организаций-соисполнителей, третья — военные НИИ (рис.1).



Р и с. 1. Субъекты разработки СОД

Fig. 1. Subjects of development of DES (DES - Data Exchange System)



Белов А. И.
Belov A.I.

Говоря о понятии «Заказчик», отметим, что оно имело двойной смысл — в узком и широком смысле. Функции заказчика в широком смысле (как Генерального заказчика) включали формирование концептуальных взглядов на СОД, ее роль и место в составе системы управления, общий организационно-технический замысел, базовые оперативные требования, программу работ, а также контроль их выполнения в заданные сроки. При этом Генеральный заказчик выполнял три группы задач по обеспечению [7]:

- применения создаваемых автоматизированных систем в рамках систем боевого управления и СОД по назначению;
- разработки, испытаний автоматизированных систем и ввода их в эксплуатацию;
- эксплуатации систем и комплексов на объектах заказчика.



Указанные функции Генерального заказчика выполняло Управление начальника связи (УНС) во главе с заместителем начальника Генерального штаба по АСУ и связи — начальником связи ВС СССР маршалом войск связи А.И. Беловым.

При этом Генеральный заказчик в рамках выполнения своих функций взаимодействовал с органами государственной власти и органами военного управления, включая Военно-промышленную комиссию при Совете Министров СССР (этот орган в 70-80-е гг. имел огромный «вес»), Министерство радиопромышленности (МРП СССР), Министерство промышленности средств связи (МПСС СССР), Министерство связи (Минсвязи СССР) и, конечно же, Минобороны СССР и Генеральный штаб Вооруженных Сил СССР.

В ходе создания АСУ ВС, включая СОД, были определены следующие принципы распределения функций [8,9]:

— Маршал Белов А.И. являлся полнофункциональным Генеральным заказчиком АСУ ВС, который обладал всей полнотой прав и обязанностей по обоснованию функциональных оперативных задач, постановке всех видов работ (НИР, ОКР, серийное изготовление, поддержание) по созданию АСУ в стратегическом звене, а также формировал научно-техническую политику применительно ко всем АСУ, создаваемым по заказам главных и центральных управлений Минобороны СССР, видов Вооруженных сил и родов войск.



Трофимов К. Н.
Trofimov K.N.

— Непосредственно функции заказчика АСУ, включая СОД, выполняло управление УНС ВС под руководством заместителя начальника связи по АСУ генерал-лейтенанта Трофимова К.Н. Кирилл Николаевич Трофимов, активный участник Великой Отечественной войны, являлся одним из идеологов создания АСУ стратегического звена управления, много лет руководил заказывающими органами по АСУ в 5 ГУ МО, затем в составе УНС ВС. За заслуги в создании КСБУ и СОД в январе 1981 года Трофимов был удостоен высокого звания Герой Социалистического Труда. В октябре 1987 года в ходе служебной загранич-

ной командировки в Венгрии трагически погиб. 9 января 2021 года исполнилось 100 лет со дня рождения одного из активных создателей КСБУ и СОД¹.



Академик В.С. Семенихин
Academician V.S. Semikhin

— Академик Семенихин В.С. как Генеральный конструктор АСУ ВС РФ и руководитель головного предприятия НИИ АА обладал административными возможностями по эффективному управлению всеми ресурсами промышленности: организационными, научными, производственными, финансовыми, кадровыми, а также имел реальные механизмы влияния на предприятия кооперации. При этом активно использовался механизм коллегиальных органов: регулярно работали Советы Главных конструкторов по АСУ ВС и по СОД, проводились научно-технические совещания и семинары с обсуждением как текущих проблем разработки, так и научных проблем перспективного развития АСУ и СОД.

— Военные научно-исследовательские выполняли научные исследования в области АСУ и СОД, зачастую на уровне фундаментальных, по обоснованию перспективных направлений развития и основных оперативно-технических требований к АСУ, ее составным частям и к информационному обмену между объектами АСУ, а также выполняли под руководством заказчика широкий спектр функций по военно-научному сопровождению работ в промышленности на всех этапах разработки, особенно в период проведения государственных испытаний. Головные военные НИИ (27 ЦНИИ в части АСУ ВС в целом, 16 ЦНИИИИ связи в части СОД) обладали огромным научным потенциалом, обеспечивали в интересах заказчика объективную оценку и экспертизу всех реализуемых системотехнических и программных решений, и в целом активно влияли на ход разработки. Выполнялись комплексные НИР с участием десятков других военных НИИ (4 НИИ, 2 НИИ, 3 НИИ, 30 ЦНИИИ, 24 НИИ, 34 НИИ, ВАС им. С.М. Буденного, ЛВВИИУС им. Ленсовета, Уральский испытательный полигон связи и др.), регулярно

¹ Трофимов Кирилл Николаевич // Герои страны [Электронный ресурс]. URL: http://www.warheroes.ru/hero/hero.asp?Hero_id=19691 (дата обращения: 16.10.2020).



проводились Координационные НТС при головных 27 и 16 ЦНИИИ МО.

— Головной в части СОД 16 ЦНИИИ является старейшим военным институтом (образован в апреле 1923 г. по инициативе будущего академика АН СССР Минца А.Л.). Начальниками института в период создания АСУ (СОД) были: генерал-майор Ермаков В.П. (1962-1971), генерал-майор Федоров В.И. (1971-1977), генерал-лейтенант Нечаев Н.Т. (1977-1986), генерал-майор Якунин В.М. (1977-1992), генерал-майор Азаров Г.И. (1992-2006) [10]. В составе отдела, осуществлявшего исследования проблем создания СОД, работали Гливинский В.Ю., Супрун Б.А., Рыков В.И., Иванов В.Н., Богатырев В.А., Поляков А.А., Кузнецов А.А., Игнатенков В.Г., Гришанов В.В., Зацаринный А.А., Коротаев В.Б., Махорин Е.Г., Гаранин А.И. и др. С их участием и под их руководством были проведены [9, 10]:

— исследования военно-технических вопросов создания и развития систем и комплексов обмена данными, включая анализ тенденций развития систем передачи данных за рубежом. Обоснование предложений в ГОЗ и ГПВ;

— военно-научное обеспечение работ в промышленности по разработке, внедрению и эксплуатации СОД и ее комплексов, включая оценку соответствия ТТХ системы требованиям ТЗ на основе математического и имитационного моделирования;

— координация научных исследований в других военных НИУ в части СОД (комплексные НИР, Координационный НТС, межвидовые научно-технические конференции и семинары);

— разработка научно-методической базы для проведения всех видов испытаний СОД и ее комплексов на стенде Главного конструктора и объектах заказчика.

НИИ автоматической аппаратуры как головное предприятие

Выше показан огромный вклад в создание СОД заказчика и головного военного НИИ — 16 ЦНИИИ связи. Тем не менее, реальное воплощение концептуальных замыслов и общих оперативных требований в конкретные технические средства, их серийное производство, подготовку и оснащение объектов заказчика осуществлялось предприятиями промышленности. На протяжении нескольких десятилетий головным предприятием по созданию комплексов системы обмена данными являлся НИИ автоматической аппаратуры (ныне он носит имя академика В.С. Семенихина). Именно здесь научно-производственными коллективами института разрабатывались конкретные технические решения, рабочая, конструкторская и программная документация, осуществлялись проверки этих решений на стенде и многое другое.

НИИ АА в те годы был очень престижным предприятием. И не только потому, что там были приличные по тем временам зарплаты, в сравнении с другими организациями, а потому, что работать было интересно над самыми новыми, наукоемкими, проблемами в области информатики и передачи данных в интересах специальных систем.

Руководил НИИАА в течение многих лет Семенихин Владимир Сергеевич, который проявил себя выдающимся организатором работ по созданию АСУ Вооруженных Сил, ее структурных и функциональных подсистем, включая информационное, математическое, лингвистическое обеспечение, алгоритмы

управления, алгоритмы взаимодействия, а также внедрение комплексов автоматизации на объектах заказчика, ввод их в эксплуатацию и поддержание в работоспособном состоянии [5]. Отметим, что в части СОД Семенихин В.С. как Генеральный конструктор АСУ ВС принял три организационных решения, имевших судьбоносный характер для АСУ ВС в целом [11].



Мизин И.А., Главный конструктор СОД (1967-1990)
Mizin I.A., Chief Designer of DES (1967-1990)

Первое из них — определение в 1967 году Главным конструктором СОД молодого, но уже опытного военного инженера Мизина И. А., выпускника Военно-Воздушной академии им. Н.Е. Жуковского [12]. Игорь Александрович в полной мере оправдал оказанное доверие. За заслуги в создании СОД в составе командной системы боевого управления ему было присвоено воинское звание «генерал-майор», он стал Лауреатом Ленинской премии (1980 г.), а за разработку технических решений по информационному обмену в интересах специальной АСУ лауреатом Государственной премии (1987 г.). Мизин И.А. занимал высокую должность заместителя Генерального конструктора АСУ ВС по информационному обмену. В 1997 году он Указом Президента РФ был назначен Генеральным конструктором АСУ ВС РФ. В целом следует отметить, что Игорь Александрович Мизин (1935-1999) оставил яркий след в области вычислительной техники, новых информационных и телекоммуникационных технологий, он обогатил науку трудами первостепенного научного значения. Академику И.А. Мизину принадлежит около двухсот научных работ, в том числе тринадцать монографий и двенадцать авторских свидетельств [13].

Второе решение состояло в поддержке решения о выборе метода коммутации пакетов как основы построения СОД (1970 г.). Это сегодня построение систем передачи данных на принципах пакетной коммутации представляется естественным и очевидным. Однако тогда, в 60-е гг., к таким решениям, особенно применительно к АСУ военного назначения, относились крайне осторожно. Тем более в 1969 году была успешно испытана и принята в эксплуатацию АСБУ РВ СН (головное предприятие — ОКБ «Импульс», Главный конструктор Т.Н. Соколов), разработанная на принципах прямых каналов со структурой, соответствующей иерархии системы управления [3].



Учитывая опыт участия в разработке АСУ РВ СН, Главный конструктор Мизин И.А. также предполагал строить СОД на аналогичных решениях. Естественно, что при таком подходе на первый план выходили вопросы высоконадежной достоверной передачи по каналам связи различной физической природы, включая каналы пониженного качества. Однако предварительные обследования объектов заказчика показали невозможность реализации такого подхода с учетом ограничений по размещению на объектах высшего звена управления оборудования и соответствующих систем жизнеобеспечения.

И тогда, в качестве выхода из создавшегося положения, И.А. Мизиным, совместно с Л.С. Уринсоном и Г.К. Храмешиным, был предложен совершенно новый для отечественной практики метод реализации информационного обмена между объектами АСУ, состоящий в использовании сетевой структуры с автоматическими центрами коммутации сообщений (ЦКС).

Такое решение кардинально разрешало «объектовые проблемы» и придавало системе функциональную гибкость, но, вместе с тем, требовало и соответствующего вычислительного ресурса и многофункционального программного обеспечения для создания такого сложного комплекса как ЦКС. Это была своеобразная «плата» за переход к созданию СОД на принципах коммутации сообщений.

Директор НИИ АА Семенихин В.С. прежде, чем принять решение по этому вопросу, организовал и провел несколько совещаний и консультаций. Так, известно, что он советовался с Беловым А.И. (тогда начальником войск связи РВ СН) и тот поддержал новые подходы. И только после этого Семенихин В.С. подготовил доклад Заказчику, который одобрил решение об использовании в качестве основного системотехнического решения построение СОД как распределенной системы с коммутацией сообщений. Это было, можно сказать, судьбоносное решение для дальнейшего развития СОД [11,14].

Во-первых, это позволило создавать СОД как базовое телекоммуникационное ядро АСУ Вооруженных Сил для многих автоматизированных систем и подсистем, создаваемых в интересах Генерального штаба и видов ВС. В последующем СОД и стала таковой, получив название «базовая».

Во-вторых, именно коммутационная система позволяла достаточно эффективно обеспечить информационное взаимодействие самых различных подсистем на единых принципах;

В-третьих, что наиболее важно с научной точки зрения, — такое решение примерно лет на десять предвещало общемировые тенденции в развитии крупных коммутационных систем на основе метода пакетной коммутации.

Более того, дальнейшая разработка СОД как распределенной коммутационной системы явилась огромным стимулом для углубленных научных исследований как в коллективе разработчика, так и в военных НИИ.

И, наконец, третье решение Владимира Сергеевича заключалось в повышении статуса СОД в составе АСУ ВС. Если на первом этапе СОД разрабатывалась в составе командной системы управления, то уже в начале 80-х гг. она получила статус самостоятельного компонента АСУ ВС РФ как базовая СОД, призванная информационно увязать множество комплексов средств автоматизации различных автоматизированных подсистем и звеньев АСУ ВС на основе единой системы протоколов информационного обмена.

Академик Семенихин В.С. много лет возглавлял целый комплекс перманентно ведущихся работ по созданию АСУ стратегического назначения и ее подсистем и поэтому Генеральный конструктор систем управления оборонного назначения по праву занимает место в ряду выдающихся конструкторов военно-промышленного комплекса советского периода.

Анализ того опыта, который был накоплен Семенихиным В.С. и его коллективом на протяжении нескольких десятилетий, просто бесценен. Более того, можно утверждать, что этот опыт и сегодня очень актуален для руководства военно-промышленного комплекса и соответствующих структур Минобороны России.

Возвращаясь непосредственно к вопросам создания СОД, следует отметить, что после назначения на должность Главного конструктора СОД Мизин И.А. сформировал коллектив молодых амбициозных специалистов. Среди них: Храмешин Г.К., Уринсон Л.С., Муравьев С.К., Ермоленко А.В., Петров В.И., Полянский Л.А., Медведев М.Е. и др.

Вспоминает Петров В.И., выпускник МАИ: *«Замечательные талантливые молодые ребята, стариков не было! Игорь Александрович сформировал уникальный коллектив! Мизин был Человек, он переживал и болел за своих сотрудников, был к нам близок, играл с нами в шахматы, волейбол, ездил на овощные базы, обладал чувством юмора. Отлично руководил, всегда выслушивал наши точки зрения, прежде, чем принять решение, проводил технические совещания»* [15].

В начале 70-х гг. коллектив Мизина И.А. пополнили Матюхин Н.Я. и Березин В.Н. Они возглавили важнейшие направления разработки СОД. Так, Николай Яковлевич Матюхин (в 1978 году был избран член-корреспондентом АН СССР), ученик Брука И.С., стал Главным конструктором центра коммутации сообщений, а Владимир Николаевич Березин руководил разработкой сложнейшего комплекса функционального математического обеспечения ЦКС и СОД в целом. При этом основные системотехнические решения по построению системы обмена данными формировались системными подразделениями под руководством Храмешина Г.К., Голоскера А.И., Егорова Н.А., Щукина Л.Б., Верещагина Э.А. и др. Эти люди находились постоянно в створе решения практических вопросов с заказчиком и институтом: согласование ТТЗ, методик испытаний, состава опытных участков, имитаторов и др.

В начале 80-х гг. очень влиятельной фигурой, по существу, правой рукой Мизина И.А., стал Кулешов А.П. Один из ведущих разработчиков уникального протокола сетевого уровня. В настоящее время академик РАН.

Необходимо особо отметить вклад Березина В.Н., как активного участника всех этапов разработки, включая многочисленные стендовые и объектовые, предварительные и государственные, испытания СОД и ее отдельных комплексов. При его активном участии был выполнен комплекс организационно-технических мероприятий по переводу СОД в новый режим функционирования (1990 г.), что позволило существенно улучшить ее функциональные и системотехнические возможности и значительно увеличить сроки эксплуатации.

Именно Березин В.Н. стал преемником Мизина И.А. после его ухода в Институт проблем информатики РАН и в самые тяжелые 90-е годы в течение более десяти лет достойно выполнял обязанности руководителя НТЦ СПД и Главного конструктора СОД.





Березин В.Н., Главный конструктор СОД (1990-2000)
Berezin V.N., Chief Designer of DES (1990-2000)

Мизин И.А. со своим коллективом внес существенный вклад в теорию и практику создания больших территориально распределенных телекоммуникационных систем. Так, были исследованы, разработаны, испытаны и внедрены: методы коммутации пакетов (кодограмм); алгоритмы приоритетной обработки и передачи кодограмм; процедуры управления входной нагрузкой на сеть; методы выбора пути; методы передачи информации в многоканальном звене; методы защиты информации от ошибок в каналах связи различной физической природы; методы управления и контроля состояния элементов СОД; методы комплексной защиты информации (шифрование, имитозащита, защита от НСД, ПДИТР) [16-19]. И это далеко не полный перечень важнейших теоретических результатов в области передачи данных.

В ходе практической реализации работ по созданию СОД под руководством Мизина И.А. были разработаны комплексные системные решения по созданию территориально распределенной СОД в интересах АСУ ВС, единая система протоколов информационного обмена на всех уровнях, комплексы технических средств, реализующие эти протоколы (центры коммутации сообщений, комплексы средств передачи данных, комплексы повышения достоверности, комплексы контроля и управления, комплексы оконечных средств СОД для объектов), функциональное математическое обеспечение ЦКС, комплекс организационно-технических мероприятий по защите информации, выполнены работы по инженерной подготовке десятков территориально распределенных объектов заказчика, а также организовано обучение специалистов для применения и эксплуатации комплексов СОД на объектах (на стенде Главного конструктора и на базовой кафедре ЛВВИУС).

НИИ АА выполнял основной объем работ, однако надо отметить большой вклад в создание СОД и кооперации предприятий-соисполнителей. Среди них: Ульяновский НПО «Марс» (Алексейчик В.В., Кидалов В.И.), НПО «Красная Заря» (Главный

конструктор Ветчинкин М.И., затем — Мирошников В.И.), Ереванский НИИ математических машин (Главный конструктор — Атоян Р.В.), Кишиневский КБ завода «Сигнал» (Петяшин И.Б.), НИИССУ (Научно-исследовательский институт систем связи и управления — директор Соколов В.А.), МНИИРС (Московский научно-исследовательский институт радиосвязи — директор Биленко А.П.), НИИ автоматики (Москва — директор Алексеев А.Ф.), Пензенский научно-исследовательский электротехнический институт (ПНИЭИ — директор Старовойтов А.В.), Горьковский НИИ радиосвязи (директор — Белоусов Е.Л.), Электромеханический завод в Свердловске, Завод «Тамбоваппарат», Рязанский завод «Красное знамя» и другие [4].

Об опыте создания сети АРПАНЕТ

Следует отметить, что предложения Мизина И.А. по построению СОД на принципах коммутации сообщений (пакетов) были разработаны во многом с учетом результатов были основаны на материалах создания в США агентством ARPA в 60-е гг. экспериментальной сети передачи данных ARPANET [17,19,20].

У истоков этих работ стоял д-р Джозеф Ликлайдер (Licklider, Joseph Carl Robnett), один из учеников Норберта Винера² [22].



Джозеф Ликлайдер
Joseph Licklider

Психолог, ученый и инженер, автор монографии «Симбиоз компьютера и человека» (1960), он создал в ARPA и возглавил Офис методов обработки информации (Information Processing Techniques Office, IPT или IPTO). Важно, что он первоначально сформулировал концепцию сети как средство коммуникации людей посредством передачи информации. Организовал сотрудничество с ведущими учеными страны и в 1963 году привлек к сотрудничеству Ларри Робертса (Larry Roberts) из Лаборатории Линкольна, признанного специалиста в области компьютерной графики. Впоследствии Робертс стал директором и основным архитектором экспериментальной сети и поз-

² История Интернета: ARPANET. Часть I [Электронный ресурс] // Компьютерная газета. 2001. № 46. URL: <http://www.webclub.ru/694-istoriya-interneta-arpnet-chast-i.html> (дата обращения: 16.10.2020).



тому часто упоминается как «отец ARPANET».

В 1966 году он пригласил на работу в ARPA известного специалиста Боба Тэйлора (Bob Taylor).

Структура сети передачи данных была предложена Полом Бэраном (Paul Baran) с учетом возможности использования нескольких маршрутов передачи, что обеспечивало высокую надежность функционирования сети. Заметим, что сотрудник корпорации RAND Пол Бэран разработал проект высоконадежной распределенной сети по заказу Минобороны США еще в конце 50-х годов. Преимущества такой распределенной структуры были изложены в работе «Введение в распределенную систему коммутаций» (август 1964)³ [23].

Сеть ARPANET представляла собой сеть, объединившую ЭВМ ряда университетов, институтов и фирм, работавших по контрактам с ARPA. Первая очередь экспериментальной сети ARPANET была введена в эксплуатацию в декабре 1969 года в составе 4 узлов, расположенных в Калифорнийских университетах в Лос-Анджелесе (UCLA) и в Санта-Барбаре (UCSB), в Исследовательском институте Стэнфорда (SRI, Stanford Research Institute) и университете штата Юта.

Эти университеты были выбраны, так как они имели большой опыт общения с ARPA. Так, в UCLA ARPA создало Центр сетевых измерений. Именно в этом университете в сентябре 1969 года под руководством Леонарда Клейнрока (Leonard Kleinrock*) фирма BBN установила первый IMP-процессор (центр коммутации пакетов), а также выполнила комплекс экспериментальных исследований функционирования сети, включая уникальные измерения множества ее параметров [21].



Леонард Клейнрок
Leonard Kleinrock

Учитывая, что у всех университетов к сети подключались различные и совершенно несовместимые ЭВМ (компьютеры-хосты), потребовалась разработка протокола информационного взаимодействия. Поэтому Ларри Робертс решил убедить компьютерную общественность в необходимости единых стандартов и явился инициатором крупной Международной конферен-

ции по компьютерной связи в октябре 1972, на которой Боб Кан (Bob Kahn*, BBN) организовал общественную демонстрацию сети ARPANET.

Вместе с тем, в качестве крупной проблемы выявилась непригодность протоколов сети ARPANET для работы с объединенными сетями. В результате были произведены дополнительные исследования, которые завершились разработкой в 1974 году протоколов TCP/IP под руководством Винта Серфа и Роберта Кана. TCP/IP был специально разработан для управления обменом данными по интернетам, что обеспечивало подключения все новых сетей к ARPANET.

Сеть быстро росла и вскоре в течение 2-3 лет охватила практически всю территорию США. Она послужила прообразом всемирной паутины Интернет, а название «Интернет» было предложено Винтом Серфом и Робертом Каном в 1974 г. в статье, посвященной протоколу TCP [24].

В 80-е годы к ARPANET были подсоединены еще сотни сетей, в основном ЛВС. Рост размеров сети резко осложнил задачи поиска пользователей, подключенных к сети («хостов»). В результате была создана система DNS (Domain Name System — служба имен доменов), позволившая организовать компьютеры в домены и преобразовывать имена хостов в IP-адреса. С тех пор DNS стала обобщенной распределенной системой баз данных, хранящей имена хостов и доменов.

Так, на симпозиуме в Гетлингбурге, штат Теннесси, еще в конце 1967 года был представлен доклад Дональда Дэвиса (Donald Davis) из Национальной физической лаборатории (NPL) о создании в Англии сети с пакетной коммутацией [25]. Д. Дэвис (1924-2000) получил высшее образование в Имперском Колледже в Лондоне, где проявил выдающиеся математические способности. По окончании колледжа поступил на работу в национальную физическую лабораторию (National Physical Laboratory — NPL). Работал под руководством Алана Тьюринга (Alan Mathison Turing) (1912 — 1954), создателя первого в Англии компьютера под названием ACE.

Д. Дэвис — один из изобретателей пакетной коммутации, свои разработки в Англии вел параллельно с ARPA, считается пионером британской информатики, разработал концепцию сети с пакетной коммутацией, автор известных монографий. Именно ему принадлежит термин «пакет» для обозначения фрагментов файлов, пересылаемых отдельно.

Естественно, возникают вопросы о сравнительной оценке системотехнических решений в сети ARPANET и реализованных в СОД. Конечно же, однозначной оценки не существует вследствие прежде всего закрытости работ по СОД. Вместе с тем, можно привести следующие общие соображения. Особенностью разработки СОД являлась необходимость очень высоких требований по оперативности, надежности и достоверности передачи информации, особенно командной информации. При этом возможности аппаратно-программных средств передачи данных и вычислительной техники, а также существовавшей тогда сети аналоговых каналов связи были крайне ограничены. Эти обстоятельства привели к необходимости разработки крайне сложных уникальных алгоритмических решений. Так, в частности, следует отметить протоколы передачи кодо-

³ Baran P. On Distributed Communications: I. Introduction to Distributed Communications Networks. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 1964. DOI: <https://doi.org/10.7249/RM3420>



грамм по многоканальным направлениям связи, протоколы повышения достоверности передачи данных (в том числе по каналам связи пониженного качества), алгоритмы обработки и передачи кодограмм с учетом приоритетности, алгоритмы выбора пути и другие. Кроме того, ряд системотехнических решений основывались на многократном дублировании и резервировании наиболее «узких» мест, как в системе, так и в ее отдельных комплексах. Такие уникальные подходы позволили обеспечить беспрецедентно высокие вероятностно-временные характеристики доведения информации между объектами командной системы управления, а также других подсистем АСУ ВС, а также показатели достоверности передачи информации по каналам связи, близкие к единице.

Заключение

В 1980 году СОД в составе АСУ первого этапа была поставлена на опытную эксплуатацию и на протяжении нескольких десятилетий обеспечивает информационный обмен в интересах управления стратегическими силами с высокими вероятностно-временными и надежностными характеристиками. СОД является ярким примером успешной отечественной разработки.

Результаты комплекса научно-исследовательских, опытно-конструкторских и внедренческих работ по созданию СОД в составе АСУ Вооруженных Сил, — это огромное достижение отечественного военно-промышленного комплекса в области информатики, вычислительной техники и информационных технологий, которое по праву войдет в историю. Это и целый ряд конкретных системотехнических решений по аппаратно-программным комплексам коммутации и передачи данных, и мощная прикладная научная школа в области информационно-телекоммуникационных систем и технологий, которая на протяжении многих лет успешно развивалась, и организационные принципы системного подхода к созданию больших АСУ.

Список использованных источников

- [1] Об опыте создания и развития АСУ ВС СССР и РФ / Под ред. В. Г. Халина и др.: в трех томах. — М.: Изд. «АдамантЪ», 2019.
- [2] Соколов, И.А. У истоков создания отечественных информационно-телекоммуникационных систем / И. А. Соколов, А. А. Зацаринный, В. Н. Захаров // *Электросвязь*. — 2015. — № 3. — С. 18-21.
- [3] К истории становления «ядерной кнопки» России. — СПб.: Изд-во СПб ГПУ, Санкт-Петербург, 2003.
- [4] Автоматизация управления. Наш путь. К 50-летию НИИ автоматической аппаратуры им. акад. В.С. Семенихина. — М.: НИИАА, 2006.
- [5] Система жизни академика В. С. Семенихина. К 100-летию со дня рождения. — М.: АО «НИИАА», 2018.
- [6] Белов, А. И. Воспоминания маршала войск связи / А. И. Белов. — М.: ЗАО «Издания Максимова», 2000.
- [7] Главное управление Связи Вооруженных Сил Российской Федерации (1919-2019) / В. С. Хохлов и др. — М.: Авиация и спорт, 2019.
- [8] Из воспоминаний заместителя начальника 6 управления УНС ВС полковника Садовникова О. П. // Об опыте создания и развития АСУ ВС СССР и РФ / Под ред. В. Г. Халина. — Т. 1. — М.: Изд. «АдамантЪ», 2019-2020. — С. 17-20.
- [9] Зацаринный, А. А. О роли и вкладе института в создание и развитие системы обмена данными АСУ ВС / А. А. Зацаринный // *Институт военной связи. История и современность 1923-2008 гг.* — Мытищи: 16 ЦНИИ МО РФ, 2008. — С. 230-237.
- [10] Львов, Е. В. Институт военной связи: история и современность / Е. В. Львов // *Военная мысль*. — 2008. — № 3. — С. 3-4. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10336068> (дата обращения: 16.10.2020).
- [11] Зацаринный, А. А. Академик В.С. Семенихин — выдающийся руководитель работ по созданию АСУ Вооруженных Сил Российской Федерации / А. А. Зацаринный // *Стратегические приоритеты*. — 2018. — № 1(17). — С. 78-93. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32779123> (дата обращения: 16.10.2020). — Рез. англ.
- [12] Соколов, И.А. У истоков российской информатики / И. А. Соколов, А. А. Зацаринный, В. Н. Захаров // *Системы и средства информатики*. — 2020. — Т. 30, № 2. — С. 195-202. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43155954> (дата обращения: 16.10.2020). — Рез. англ.
- [13] И.А. Мизин — ученый, конструктор, человек / Под ред. акад. И. А. Соколова. — М.: ИПИ РАН, 2010.
- [14] Зацаринный, А. А. Академик Мизин И.А. — военная наука и практика / А. А. Зацаринный // И.А. Мизин — ученый, конструктор, человек / Под ред. акад. И. А. Соколова. — М.: ИПИ РАН, 2010. — С. 96-128.
- [15] Петров, В. И. Как хороши, прекрасны были годы! / В. И. Петров // И.А. Мизин — ученый, конструктор, человек / Под ред. акад. И. А. Соколова. — М.: ИПИ РАН, 2010. — С. 238-240.
- [16] Мизин, И. А. Передача информации в сетях с коммутацией сообщений / И. А. Мизин, Л. С. Уринсон, Г. К. Храмешин. — М.: Связь, 1977.
- [17] Мизин, И. А. Предпосылки перехода от сетей с коммутацией сообщений и пакетов к интегральным сетям обмена данными / И. А. Мизин, Г. К. Храмешин // *Вопросы кибернетики*. Вып. 057: Проблемы информационного обмена в вычислительных сетях. — М.: АН СССР, 1979.
- [18] Мизин, И. А. Сети коммутации пакетов / И. А. Мизин, В. А. Богатырев, А. П. Кулешов. — М.: Изд. Радио и связь, 1986.
- [19] Протоколы информационно-вычислительных сетей. Справочник / [С. А. Аничкин и др.]; Под ред. И. А. Мизина, А. П. Кулешова. — М.: Радио и связь, 1990.
- [20] Сети ЭВМ / Под ред. В. М. Глушкова. — М.: Связь, 1977.
- [21] Kleinrock, L. *Queueing Systems*. Vol. II: *Computer Applications*. — Wiley Interscience, New York; 1976.
- [22] Russell, A. L. Ideological and Policy Origins of the Internet, 1957-1969 / A. L. Russell // *Proceedings of the 29th TPRC*. arXiv:cs/0109056. — Alexandria, Virginia, 2001. — Pp. 1-20. — URL: <https://arxiv.org/abs/cs/0109056> (дата обращения: 16.10.2020).
- [23] Baran, P. *On Distributed Communications Networks* /



- P. Baran. – DOI 10.1109/TCOM.1964.1088883 // IEEE Transactions on Communications Systems. – 1964. – Vol. 12, issue 1. – Pp. 1-9. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1088883> (дата обращения: 16.10.2020).
- [24] Cerf, V. A Protocol for Packet Network Intercommunication / V. Cerf, R. Kahn. – DOI 10.1109/TCOM.1974.1092259 // IEEE Transactions on Communications. — 1974. — Vol. 22, issue 5. — Pp. 637-648. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1092259> (дата обращения: 16.10.2020).
- [25] Davies, D. W. Communication Networks for Computers / D. W. Davies, D.L. Barber. — John Wiley & Sons, 1973.
- Поступила 16.10.2020; одобрена после рецензирования 21.11.2020; принята к публикации 15.12.2020.
- Об авторе:**
Зацаринный Александр Алексеевич, заместитель директора, ФГУ «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (119333, Российская Федерация, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2), доктор технических наук, профессор, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0227-688X>, AZatsarinny@ipiran.ru
- Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.
- ## References
- [1] *Ob opyte sozdaniya i razvitiya ASU VS SSSR i RF, pod red. V.G. Khalina, v trekh tomakh* [Regarding experience of creation and development of AF ACS of USSR]; ed. by V. G. Khalin: in 3 volumes. Adamant, Moscow; 2019. (In Russ.)
- [2] Sokolov I.A., Zatsarinny A.A., Zakharov V.N. *U istokov sozdaniya otechestvennykh informacionno-telekommunikacionnykh sistem* [At the origins of the creation of domestic information and telecommunication systems]. *Jelektrosvyaz = Electrosvyaz*. 2015; (3):18-21. (In Russ.)
- [3] *K istorii stanovleniya "yadernoy knopki" Rossii* [On the History of the formation of the "Nuclear button" of Russia]. SPb-PU Publ., Saint-Petersburg; 2003. (In Russ.)
- [4] *Avtomatizatsiya upravleniya. Nash put'. K 50-letiyu NII avtomaticheskoy apparatury im. akad. V.S. Semenikhina* [Automation of management. Our way. To the 50th Anniversary of the Research Institute of Automatic Equipment of acad. V. S. Semenikhin]. RIAE, Moscow; 2006. (In Russ.)
- [5] *Sistema zhizni akademika V. S. Semenikhina. K 100-letiyu so dnya rozhdeniya*. [The system of life of Academician V. S. Semenikhin. To the 100th anniversary of the birth]. JSC NIIAA, Moscow; 2018. (In Russ.)
- [6] Belov A.I. *Vospominaniya marshala voysk svyazi* [Memoirs of the Marshal of the signal Troops]. Maksimov Publ., Moscow; 2000. (In Russ.)
- [7] Khokhlov V.S. et al. *Glavnoe upravlenie Svyazi Vooruzhennykh Sil Rossiyskoy Federatsii (1919-2019)* [Main Directorate of Communications of the Armed Forces of the Russian Federation (1919-2019)]. Aviation and Sport, Moscow; 2019. (In Russ.)
- [8] Khalin V.G. *Iz vospominaniy zamestitelya nachal'nika 6 upravleniya UNS VS polkovnika Sadovnikova O. P.* [From the memoirs of the deputy head of the 6 department of the UNS of the Armed Forces, Colonel Sadovnikov O. P.]. In: Khalin V.G. (ed.) *On the experience of creating and developing automated control systems of the AF of the USSR and the Russian Federation*. Adamant, Moscow; 2019-2020, vol. 1. p. 17-20. (In Russ.)
- [9] Zatsarinny A.A. *O roli i vklade instituta v sozdanie i razvitiye sistemy obmena dannymi ASU VS* [Regarding the Institute role and contribution in the creation and development of a data exchange system of Armed Forces ACS]. In: *Proceedings of the Institute of Military Communications. History and modernity 1923-2008*. 16th CSRI of Ministry of Defense, Mytishchi; 2008. p. 230-237. (In Russ.)
- [10] Lvov E.V. *Institut voennoy svyazi. Istoriya i sovremennost'* [Institute of Military Communications. History and modernity]. *Voennaya Mysl' = Military Thought*. 2008; (3):3-4. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10336068> (accessed 16.10.2020). (In Russ.)
- [11] Zatsarinny A.A. *Akademik V.S. Semenikhin — vydayushchiy-sya rukovoditel' rabot po sozdaniyu ASU Vooruzhennykh Sil Rossiyskoy Federatsii* [Academician V. S. Semenikhin — the outstanding head of works on creation of ASU of Armed Forces of the Russian Federation]. *Strategicheskie priorityety = Strategic Priorities*. 2018; (1):78-93. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32779123> (accessed 16.10.2020). (In Russ., abstract in Eng.)
- [12] Sokolov I.A., Zatsarinny A.A., Zakharov V.N. *U istokov rossijskoj informatiki* [At the origins of Russian informatics]. *Systems and Means of Informatics*. 2020; 30(2):195-202. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43155954> (accessed 16.10.2020). (In Russ.)
- [13] Sokolov I.A. *I.A. Mizin — uchenyy, konstruktor, chelovek* [I.A. Mizin, a scientist, a designer, a person]; ed. by I. A. Sokolov. IPI RAS, Moscow; 2010. (In Russ.)
- [14] Zatsarinny A.A. *Akademik Mizin I.A. — voennaya nauka i praktika* [Academician Mizin I. A.-military science and practice]. In: Sokolov I.A. (ed.) *I.A. Mizin, a scientist, a designer, a person*. IPI RAS, Moscow; 2010. p. 96-128. (In Russ.)
- [15] Petrov V. I. *Kak khoroshi, prekrasny byli gody!* [How good, how beautiful the years were!]. In: Sokolov I.A. (ed.) *I.A. Mizin, a scientist, a designer, a person*. IPI RAS, Moscow; 2010. p. 238-240. (In Russ.)
- [16] Mizin I.A., Urinson L.S., Khrameshin G.K. *Peredacha informatsii v setyakh s kommutatsiey soobshcheniy* [Transmission of information in message-switched networks]. Second ed. Svyaz' Publ., Moscow; 1977. (In Russ.)
- [17] Mizin I.A., Khrameshin G.K. *Predposylki perekhoda ot setey s kommutatsiey soobshcheniy i paketov k integral'nym setyam obmena dannymi* [Prerequisites for the transition from networks with message and packet switching to integrated data exchange networks]. *Voprosy kibernetiki. Problemy informatsionnogo obmena v vychislitel'nykh setyakh = Questions of cybernetics. Problems of information exchange in computer networks*. No. 057. AS USSR, Moscow; 1979. (In Russ.)
- [18] Mizin I.A., Bogatyrev V.A., Kuleshov A.P. *Seti kommutatsii paketov* [Packet switching networks]. Radio i svyaz' Publ., Moscow; 1986. (In Russ.)



- [19] Anichkin S.A., Belov S.A., Bernshteyn A.V. *Protokoly informatsionno-vychislitel'nykh setey. Spravochnik* [Protocols of information and computer networks. Reference book]; ed. by I. A. Mizin, A. P. Kuleshov. Radio i svyaz' Publ., Moscow; 1990. (In Russ.)
- [20] *Seti EVM* [Computer Networks]; ed. by V. M. Glushkov. Svyaz' Publ., Moscow; 1977. (In Russ.)
- [21] Kleinrock L. *Queueing Systems. Vol. II: Computer Applications*. Wiley Interscience, New York; 1976. (In Russ.)
- [22] Russell A.L. Ideological and Policy Origins of the Internet, 1957-1969. In: *Proceedings of the 29th TPRC*. arXiv:cs/0109056. Alexandria, Virginia; 2001. p. 1-20. Available at: <https://arxiv.org/abs/cs/0109056> (accessed 16.10.2020). (In Eng.)
- [23] Baran P. On Distributed Communications Networks. *IEEE Transactions on Communications Systems*. 1964; 12(1):1-9. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1109/TCOM.1964.1088883>
- [24] Cerf V., Kahn R. A Protocol for Packet Network Intercommunication. *IEEE Transactions on Communications*. 1974; 22(5):637-648. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1109/TCOM.1974.1092259>
- [25] Davies D.W., Barber D.L. *Communication Networks for Computers*. John Wiley & Sons; 1973. (In Eng.)

*Submitted 16.10.2020; approved after reviewing 21.11.2020;
accepted for publication 15.12.2020.*

About the author:

Alexander A. Zatsarinny, Deputy Director, Federal Research Center "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences (44-2 Vavilova St., Moscow 119333, Russian Federation), Dr.Sci. (Technology), Professor, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0227-688X>, AZatsarinny@ipiran.ru

The author has read and approved the final manuscript.

