

## Принципы построения больших территориально распределенных автоматизированных систем

В.А. Третьяков<sup>1,2</sup>,  
Г.В. Куликов<sup>1,@</sup>,  
Ю.Ф. Лукьянец<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>МИРЭА – Российский технологический университет, Москва 119454, Россия

<sup>2</sup>ПАО МАК «Вымпел», Москва 125480, Россия

@Автор для переписки, e-mail: kulikov@mirea.ru

В статье дано определение больших территориально распределенных автоматизированных систем, включающих системы сбора и обработки информации с пространственно разнесенных датчиков на объектах. Примерами таких автоматизированных систем являются военные системы, такие как система предупреждения о ракетном нападении, система космического контроля, стратегические и нестратегические системы противоракетной обороны, а также гражданские – государственная автоматизированная система управления, система управления воздушным движением и другие. Назначением этих систем является непрерывный мониторинг состояния совокупности определенных объектов, среды их функционирования, постоянная оценка параметров объектов, выявление опасных ситуаций в поведении объектов и окружающей среды, а также разработка мероприятий по снижению уровня возможных угроз безопасности и устранению опасных ситуаций.

Типовая структура большой территориально распределенной автоматизированной системы включает источники и потребители информации, телекоммуникационные средства, а также центр обработки входных данных и подготовки информации для потребителей. Источниками информации являются операторы, технические средства наблюдения и специализированные измерительные средства. Телекоммуникационные средства формируются двумя способами. Первый вариант использует существующие глобальные сети передачи данных. Во втором варианте собственные сети передачи данных формируются на основе специально созданных средств передачи данных и использования выделенных каналов передачи данных. Центр обработки входных данных и подготовки информации содержит комплекс средств автоматизации и персонал, обеспечивающий обслуживание, ремонт и эксплуатацию.

Описаны функции и наиболее значимые аппаратно-программные компоненты крупных территориально распределенных автоматизированных систем. Охарактеризованы основные показатели качества их функционирования и стадии жизненного цикла: разработка требований, создание опытного образца, сертификация, серийное производство, эксплуатация, модернизация, окончание эксплуатации и утилизация.

**Ключевые слова:** автоматизированные системы, аппаратные компоненты, программные компоненты, стадии жизненного цикла.

**Для цитирования:** Третьяков В.А., Куликов Г.В., Лукьянец Ю.Ф. Принципы построения больших территориально распределенных автоматизированных систем. *Российский технологический журнал*. 2020;8(1):34-42. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-1-34-42>

## Principles of creation of the big territorially distributed automated systems

Victor A. Tretyakov<sup>1,2</sup>,  
Gennadiy V. Kulikov<sup>1,@</sup>,  
Yuriy F. Lukyanets<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>MIREA – Russian Technological University, Moscow 119454, Russia

<sup>2</sup>JSC «Vimpel», Moscow 125480, Russia

@Corresponding author, e-mail: kulikov@mirea.ru

The article defines large territorially distributed automated systems, which include systems that collect and process information from spatially spaced sensors on objects. Examples of such automated systems are military systems, such as a missile attack warning system, a space control system, strategic and non-strategic missile defense systems, and civil systems, such as the state automated Control system, the air traffic control system and other systems. The purpose of these systems is the continuous monitoring of the state of a set of certain objects, the environment of their functioning, the constant assessment of the parameters of objects, the identification of dangerous situations in the behavior of objects and the environment, as well as the development of measures to reduce the level of possible security threats and eliminate dangerous situations.

The typical structure of large territorially distributed automated systems includes sources and consumers of information, telecommunication facilities, as well as a center for processing input data and preparing information for consumers. The sources of information are operators, technical means of observation and specialized measuring instruments. Telecommunication means of big territorially distributed automated systems are formed in two ways. The first option uses existing global data net-works. In the second variant, self-made data transmission networks are formed on the basis of specially created means of data transmission and the use of dedicated data channels. The center of input data processing and information preparation contains a complex of automation tools and personnel providing maintenance, repair and operation.

The functions and the most significant hardware and software components of large territorially distributed automated systems are presented. The main indicators of quality of their functioning and stages of life cycle are characterized: development of requirements, creation of a prototype, certification, mass production, operation, modernization, the end of operation and utilization.

**Keywords:** automated systems, hardware components, software components, life cycle stages.

**For citation:** Tretyakov V.A., Kulikov G.V., Lukyanets Y.F. Principles of creation of the big territorially distributed automated systems. *Rossiiskii tekhnologicheskii zhurnal = Russian Technological Journal*. 2020;8(1):34-42 (in Russ.). <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2020-8-1-34-42>

## Введение

К большим территориально распределенным автоматизированным системам (АС) относятся системы, обеспечивающие сбор и обработку информации от пространственно разнесенных датчиков по объектам, представляющим интерес для потребителей информации. Примерами таких автоматизированных систем являются системы военного назначения, например: система предупреждения о ракетном нападении, система контроля космического пространства, системы стратегической и нестратегической ПРО [1, 2], а также системы гражданского назначения, например: государственная автоматизированная система «Управление», система управления воздушным движением [3] и другие системы [4, 5].

Назначением этих систем является непрерывный контроль состояния совокупности неких объектов, среды их функционирования, постоянная оценка параметров объектов, выявление опасных ситуаций в поведении объектов и обстановке, а также разработка мероприятий по снижению уровня возможных угроз безопасности, формирование команд по устранению опасных ситуаций.

## Типовая структура больших территориально распределенных автоматизированных систем

Типовая структура большой территориально распределенной автоматизированной системы представлена на рис. 1 и обычно включает источники и потребители информации, телекоммуникационные средства, а также центр обработки входных данных и подготовки информации для потребителей [6–9].



Рис. 1. Типовая структура большой территориально распределенной автоматизированной системы.

В качестве источников информации могут выступать операторы, обеспечивающие периодический сбор данных, технические средства наблюдения: оптические, радиолокационные, радиотехнические, акустические, сейсмические, радиационные и т. п., обеспечивающие непрерывный автоматический контроль за объектами, специализированные измерительные средства, реализующие постоянную фиксацию значений параметров объектов и среды их функционирования.

Потребителями информации таких систем являются индивидуальные операторы и их группы в различных организациях и учреждениях, для информационного обеспечения которых создавалась автоматизированная система. Во многих случаях потребителями информации таких систем могут являться другие автоматизированные системы.

Существуют два варианта формирования телекоммуникационных средств. В первом варианте используются существующие глобальные сети передачи данных. Во втором варианте формируются собственные сети передачи данных на базе специально создаваемых средств передачи данных с использованием выделенных каналов передачи данных [10].

Центром обработки осуществляется прием информации от источников и ее обработка, формирование и предоставление результатов обработки потребителям.

Центр обработки входных данных и подготовки информации для потребителей содержит комплекс средств автоматизации (аппаратурный и программный комплексы) и персонал, обеспечивающий обслуживание центра, ремонт и эксплуатацию. Аналогичным образом источники и потребители информации, а также телекоммуникационные средства содержат комплексы средств автоматизации и персонал. Автоматизированная система в целом включает в себя комплексы средств автоматизации и персонал центра обработки информации, источников и потребителей информации, а также телекоммуникационных средств. В процессе функционирования АС источниками информации формируются и передаются в центр обработки результаты измерений параметров контролируемых процессов и/или данных о состоянии контролируемых объектов.

В больших территориально распределенных автоматизированных системах чаще всего содержится множество центров. Центры обработки входных данных могут формироваться по территориальному принципу, образуя сетевые структуры, либо по принципу подчиненности одних центров другим, образуя иерархические структуры, либо включать совокупности центров, сформированных по разным принципам, образуя смешанную структуру.

По результатам обработки данных центром осуществляется управление источниками информации, оценка состояния контролируемых процессов, объектов и обстановки в целом с целью выявления опасных ситуаций. Потребителям информации выдаются результаты такой оценки и предложения по применению подчиненных им средств в целях поддержания необходимых параметров системы в допустимых пределах. При принятии соответствующих решений и наличии соответствующих санкций потребителями осуществляется применение подчиненных им средств.

### **Функции территориально распределенных автоматизированных систем**

В целом территориально распределенными автоматизированными системами может реализовываться следующий перечень функций:

- сбор информации от источников. Источниками входной информации могут быть

указанные выше датчики, специализированные измерительные средства, взаимодействующие системы, удаленные терминалы операторов и т. д.;

- предварительная обработка входной информации, включая формально-логическую проверку представления входной информации и проверку ее на физическую достоверность, отбраковку искаженной информации;
- обработка, приведение информации к виду и форматам, принятым для хранения в АС;
- хранение в базе данных АС принятой, обработанной и сформированной для пользователей информации в виде регламентированных отчетов и выходных сигналов, обновление и восстановление в случае необходимости хранящейся в АС информации, а также представление ее пользователям;
- оценка по принятой информации и результатам ее обработки текущей обстановки и выявление возможных угроз и опасных ситуаций;
- прогноз развития обстановки и возможных угроз, выявление для пользователей АС опасных ситуаций, определение параметров опасных ситуаций и уровня возможного ущерба от их наступления, составление плана действий;
- формирование и инициативная выдача потребителям по результатам прогноза сигналов предупреждения об опасных ситуациях и возможных угрозах, выработка информации оповещения о времени наступления опасных ситуаций и уровне нанесения возможного ущерба.
- подготовка и выдача по запросам пользователей отчетов по результатам функционирования АС;
- выработка рекомендаций и команд по применению средств противодействия угрозам и устранению опасных ситуаций;
- контроль выполнения плана действий и его оперативная коррекция в случае необходимости.

Общая функциональная схема АС представлена на рис. 2.

Центром обработки осуществляется прием информации от источников и ее обработка.

В конкретной автоматизированной системе может реализовываться далеко не весь приведенный выше перечень функций.

### **Аппаратные и программные компоненты автоматизированных систем**

Выполнение функций автоматизированной системой осуществляется путем реализации определенной информационной технологии с участием персонала и комплекса средств автоматизации. Комплекс средств автоматизации автоматизированной системы представляет собой совокупность всех компонентов АС за исключением людей. Совокупность таких элементов, входящих в состав комплекса средств автоматизации, можно разделить на две группы.

К первой группе относятся компоненты, из которых формируется аппаратный комплекс автоматизированной системы, ко второй группе – компоненты, образующие программный комплекс автоматизированной системы.

Аппаратурный комплекс для большинства современных автоматизированных систем обычно включает следующие типовые компоненты:

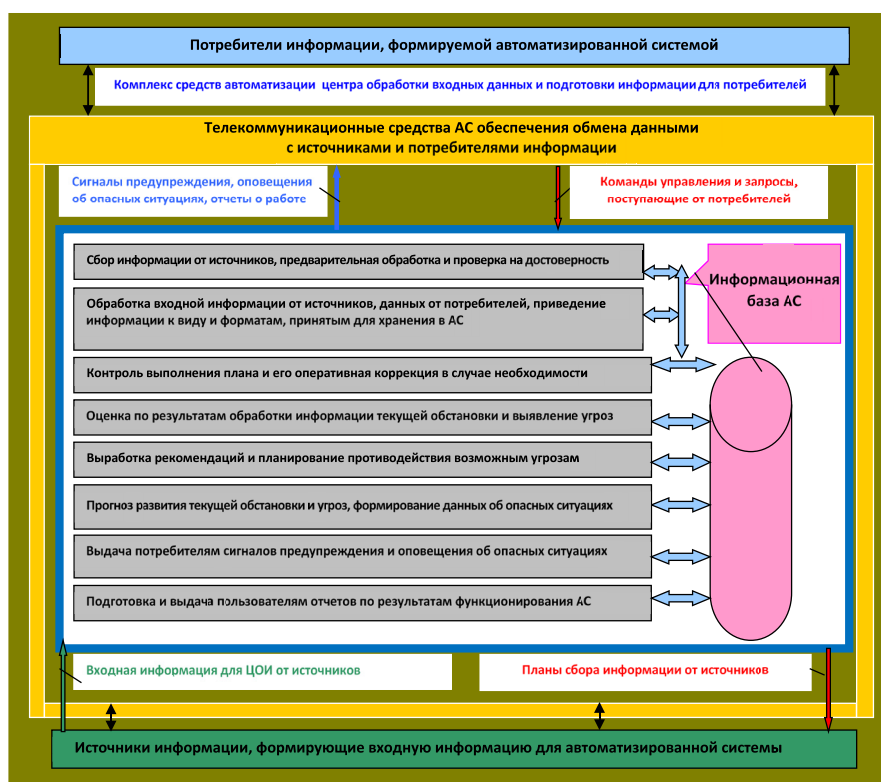


Рис. 2. Общая функциональная схема автоматизированной системы.

- аппаратура средств передачи данных;
- серверы;
- автоматизированные рабочие места (АРМ);
- аппаратура системы единого времени и получения навигационных данных;
- аппаратура обеспечения безопасности информации;
- аппаратура отображения коллективного пользования;
- аппаратура жизнеобеспечения персонала и требуемых параметров окружающей среды для функционирования КСА;
- аппаратура обеспечения противопожарной безопасности;
- аппаратура обеспечения охраны;
- аппаратура электропитания (сетевое и автономного);
- вспомогательное, сетевое и кабельное оборудование;
- комплект запасного имущества и приборов.

Программный комплекс автоматизированной системы включает:

- функциональное программное обеспечение;
- общесистемное программное обеспечение;
- специализированное системное программное обеспечение;
- программное обеспечение защиты от несанкционированного доступа и преднамеренного искажения информации.

Функциональное программное обеспечение включает совокупность программ, реализующих выполнение функций по назначению АС и достижение целей ее функционирования.

Общесистемное программное обеспечение представляет собой совокупность программ, приобретаемых совместно с вычислительными средствами и обеспечивающих разработку и реализацию на этих средствах функциональных программ.

Специализированное системное программное обеспечение предназначено для реализации системных функций управления базами данных и функций геоинформационных систем, а также функций управления вычислительным процессом, обмена сообщениями с источниками и потребителями информации, формирования и отображения информационных моделей, формирования регламентированных отчетов по результатам работы АС.

Программное обеспечение защиты от несанкционированного доступа и преднамеренного искажения информации представляет собой совокупность программ, предназначенных для существенного расширения возможностей, предоставляемых в этой сфере операционными системами, и включающих обычно антивирусные средства, средства доверенной загрузки, средства защиты объектов от утечки информации, средства защиты информации от несанкционированного доступа.

### **Стадии жизненного цикла автоматизированных систем**

Практика создания автоматизированных систем показывает, что можно выделить следующие стадии их жизненного цикла:

- формирование исходных данных для создания АС и разработка требований к ее характеристикам;
- организация и выполнение ОКР по созданию опытного образца АС;
- сертификация АС;
- организация и запуск серийного производства АС;
- эксплуатация АС;
- модернизация АС;
- окончание эксплуатации и утилизация комплекса средств автоматизации АС.

Следует отметить, что стадия сертификации выполняется после каждой стадии, на которой определяется, уточняется или изменяется облик АС, а именно для: опытных образцов АС (после завершения работ стадии организации и выполнения ОКР по созданию опытного образца), серийных образцов (после завершения работ стадии организации и запуска серийного производства), модернизированных образцов АС (после завершения работ стадии по модернизации АС), а также для образцов, создаваемых на базе утилизированного комплекса средств автоматизации (после завершения работ стадии утилизации). Кроме того сертификация на всех перечисленных стадиях проводится после или в процессе проведения испытаний, в результате которых независимо от заказчика определяются значения основных показателей качества АС и оценивается их соответствие техническому заданию.

В качестве основных показателей чаще всего рассматриваются такие показатели как производительность АС или оперативность обработки входной информации (время обработки входной информации от источников, время отработки запросов потребителей), точность оценки параметров контролируемых объектов и процессов (абсолютные и относительные погрешности определения параметров), достоверность оценки текущей обста-

новки (вероятность пропуска опасной ситуации, вероятность определения ложной опасной ситуации), время запаздывания в выявлении опасных ситуаций, надежность функционирования АС (время наработки на отказ, коэффициент технического использования АС и т. п.).

### Заключение

В настоящей статье обобщена информация о больших территориально распределенных автоматизированных системах, сформулированы их основные функциональные задачи, приведена типовая структура и состав аппаратных и программных средств, а также определены стадии и этапы их создания и показатели эффективности функционирования.

### Литература:

1. Оружие и технологии России = Russia's arms and technologies: Энциклопедия. XXI в. / Под общ. ред. С. Иванова. Т. 9. Противовоздушная и противоракетная оборона. М.: Оружие и технологии, 2004. 752 с. ISBN 5-93799-015-3
2. Гринько В.Ф., Люхин В.А., Суханов С.А. Системы и средства ракетно-космической обороны. М.: АНО «ЦОПИ», 2012. 254 с. ISBN 978-5-88070-227-5
3. Анодина Т.Г., Кузнецов А.А., Маркович Е.Д. Автоматизация управления воздушным движением. М.: Транспорт, 1992. 280 с. ISBN 5-277-01403-9
4. Куревин В.В., Морозов О.Г., Зайдуллин С.С. и др. Территориально-распределенные системы хранения опасных веществ и вопросы обеспечения их экологической безопасности. *Вестник технологического университета*. 2016;19(13):164-169.
5. Фролов А.В., Сигов А.С., Кутузов В.М., Трубицын А.В., Коваленко В.В., Замуруев С.Н., Куликов Г.В., Зацепин А.Г., Собчук В.А., Ткачев Г.Н., Егоров В.А., Телегин В.А., Каптюг А.А. Концепция создания комплексной системы мониторинга прибрежных акваторий. Сборник трудов IV Всероссийской научно-технической конференции «РТИ Системы ВКО – 2016», 2017. С. 216–224.
6. Володин С.В., Макаров А.Н., Умрихин Ю.Д., Фараджев В.А. Общесистемное проектирование АСУ реального времени, под ред. В.А. Шабалина. М.: Радио и связь, 1984. 232 с.
7. Конторов Д.С., Голубев-Новожилов Ю.С. Введение в радиолокационную системотехнику. М.: Советское радио, 1971. 368 с.
8. Лясковский В.Л., Бреслер И.Б. Методика обоснования плана оснащения средствами автоматизации органов управления территориально-распределенных информационно-управляющих систем организационного типа. *Электронные информационные системы*. 2016;4(11):19-30.
9. Чуваков А.В. Концепция формирования системы поддержки принятия решений при управлении глобально распределенной организационной системой. *Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки*. 2016;2(50):74-82.
10. Корилов А.М., Сонькин М.А., Поздняков А.А. Проблема создания распределенных информационно-телекоммуникационных систем для задач мониторинга и управления. *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники*. 2004;2(10):45-56.

### References:

1. Ivanov S. (Ed.). *Oruzhie i tekhnologii Rossii* (Russia's arms and technologies): Encyclopedia. XXI century. V. 9. *Protivovozdushnaya i protivoraketnaya oborona* (Air and missile defense). Moscow: Weapons and technology; 2004. 752 p. (in Russ.). ISBN 5-93799-015-3
2. Grin'ko V.F., Lyukhin V.A., Sukhanov S. A. *Sistemy i sredstva raketno-kosmicheskoi oborony* (Space rocket defense systems and equipment). Moscow: ANO «COPI»; 2012. 254 p. (in Russ.). ISBN 978-5-88070-227-5
3. Anodina T.G., Kuznetsov A.A., Markovich E.D. *Avtomatizatsiya upravleniya vozdushnym dvizheniem* (Automation of air traffic control). Moscow: Transport; 1992. 280 p. (in Russ.). ISBN 5-277-01403-9
4. Kurepin V.V., Morozov O.G., Zaidullin S.S. etc. Geographically distributed system for the storage of hazardous substances and ensure their ecological safety. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* = Herald of Technological University. 2016;19(13):164-169 (in Russ.).
5. Frolov A.V., Sigov A.S., Kutuzov V.M., Trubitsyn A.V., Kovalenko V.V., Zamuruev S.N., Kulikov G.V., Zatsepin A.G., Sobchuk V. A., Tkachev G.N., Egorov V.A., Telegin V.A., Kaptyug A.A. The concept of creating an integrated monitoring system of coastal waters. In Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Technical Conference "RTI Sistemy VKO – 2016". 2017. P. 216-224 (in Russ.).
6. Shabalin V.A. (Ed.). Volodin S.V., Makarov A.N., Umrikhin Yu.D., Faradzhev V.A. *Obshchesistemnoe proektirovanie ASU real'nogo vremeni* (System-wide design of ACS real-time). Moscow: Radio i svyaz'; 1984. 232 p. (in Russ.).

7. Kontorov DS, Golubev-Novozhilov Yu.S. *Vvedenie v radiolokatsionnyuyu sistemotekhniku* (Introduction to radar systems engineering). Moscow: Sovetskoe radio; 1971. 368 p. (in Russ.).
8. Lyaskovsky V.L., Bresler I.B. Methodology of substantiation of the plan to equip controls of geographically distributed organizational information and control systems with automation means. *Elektronnye informatsionnye sistemy* = Electronic information systems. 2016;4(11):19-30 (in Russ.).
9. Chuvakov A.V. Concept formation of decision support system in the management of global distributed organizational systems. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki* = Vestnik of Samara State Technical University. Technical Sciences Series. 2016;2(50):74-82 (in Russ.).
10. Korikov A.M., Sonkin M.A., Pozdnyakov A.A. Problems of distributed informational telecommunication systems creation for monitoring and control tasks solving. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki* = Proceedings of Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics. 2004;2(10):45-56 (in Russ.).

**Об авторах:**

**Третьяков Виктор Александрович**, доктор технических наук, профессор, заведующий базовой кафедрой автоматизированных радиотехнических систем Института радиотехнических и телекоммуникационных систем ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Москва, пр-т Вернадского, д. 78).

**Куликов Геннадий Валентинович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиоэлектронных систем и комплексов Института радиотехнических и телекоммуникационных систем ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Москва, пр-т Вернадского, д. 78).

**Лукьянец Юрий Филиппович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент базовой кафедры автоматизированных радиотехнических систем Института радиотехнических и телекоммуникационных систем ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Москва, пр-т Вернадского, д. 78).

**About the authors:**

**Victor A. Tretyakov**, Dr. Sci. (Engineering), Professor, Head of the Basic Department of Automated Radio Systems, Institute of Radio Engineering and Telecommunication Systems, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo Pr., Moscow 119454, Russia).

**Gennadiy V. Kulikov**, Dr. Sci. (Engineering), Professor, Professor of Department of Radio Electronic Systems and Complexes, Institute of Radio Engineering and Telecommunication Systems, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo Pr., Moscow 119454, Russia).

**Yuriy F. Lukyanets**, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Basic Department of Automated Radio Systems, Institute of Radio Engineering and Telecommunication Systems, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo Pr., Moscow 119454, Russia).