

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ ИХ СОПРЯЖЕНИЯ**

**IMPROVING THE METHODS OF DESIGNING INFORMATION SUPPORT
FOR AUTOMATED SPECIAL-PURPOSE SYSTEMS
IN THE INTERESTS OF THEIR INTERFACING**

Канд. техн. наук А.Ю. Цветков, канд. техн. наук М.А. Прохоров, С.Н. Авдеев

Ph.D. A.U. Tsvetkov, Ph.D. M.A. Prokhorov, S.N. Avdeev

ВКА им. А.Ф.Можайского

В статье рассматривается актуальная проблема обеспечения качественного и оперативного информационного сопряжения гетерогенных автоматизированных систем специального назначения (АССН). Поставлена задача многокритериальной оптимизации, по результату решения которой была выбрана технологическая основа для совершенствования информационного обеспечения как уже существующих, так и вновь создаваемых АССН в интересах разрешения глобального противоречия между единством управленческой деятельности и разобщённостью отдельных контуров управления. Предложен оригинальный вариант организации информационного сопряжения АССН. Для разработки модели циркулирующей информации была применена концепция математических структур по Бурбаки. Осуществлено исследование эффективности информационного сопряжения гетерогенных АССН в условиях применения усовершенствованного информационного обеспечения.

Ключевые слова: информационное обеспечение, сопряжение, информационный обмен, оперативность, автоматизированная система специального назначения.

The article discusses the actual problem of ensuring high-quality and operational information interfacing of heterogeneous automated systems for special purposes (ASSP). The task of multicriteria optimization was set, according to the result of the solution of which a technological basis was chosen for improving the information support of both existing and newly created ASSP in the interests of resolving the global contradiction between the unity of management activities and the disunity of individual control loops. An original version of the organization of the information interface of the ASSP is proposed. To develop a model of circulating information, the concept of mathematical structures according to Bourbaki was applied. The study of the efficiency of informational coupling of heterogeneous ASSP in the conditions of the use of improved information support has been carried out.

Keywords: information support, interface, information exchange, efficiency, automated system of special purpose.

Введение

Тенденции, характерные для современного общества характеризуют его как «информационное». Масштабы технологических и социальных последствий доминирования информации в различных сферах человеческой деятельности и создание современных информационно-управляющих инфраструктур позволяет говорить о произошедшей информационной революции.

В настоящее время все сферы деятельности любого технологически развитого государства мира подверглись глубокой информатизации и автоматизации. Автоматизация промышленности обеспечивает улучшение качества выпускаемой продукции, существенный рост производительности труда, повышение эффективности работы предприятий, рост уровня безопасности. Кроме того, для современного общества характерно множество критически важных объектов, таких как атомные электростанции, гидротехнические сооружения, предприятия ядерно-оружейного комплекса, нефтехимического и другого производства, предприятия по производству и переработке жидкофазных или твёрдых взрывоопасных материалов [1], функционирование которых немислимо без комплексных решений реализуемых автоматизированными системами специального назначения (АССН) [2].

Отметим, что автоматизация представляет собой сложный и очень длительный процесс. Так, например, коллективом киевских учёных Института кибернетики под руководством академика В.М. Глушкова в 1964 году был разработан проект единой автоматизированной системы управления для Вооружённых сил и народного хозяйства страны на базе Единой государственной сети вычислительных центров СССР. Полноценную автоматизированную систему управления обороной Российской Федерации, обеспечивающую функционирование Национального центра управления обороной и сети региональных центров, удалось построить лишь в 2013 году.

Следует отметить, что при эксплуатации некоторых АССН были достигнуты определённые успехи, в связи с чем, их целесообразно интегрировать в контур вновь создаваемых систем управления. Кроме того, практика показывает, что в большинстве случаев разработкой новых АССН занимаются независимые предприятия-разработ-

чики с собственными подходами к решению тех или иных задач [3]. Данные обстоятельства не позволяют обеспечить необходимый уровень информационного взаимодействия рассматриваемых систем управления. В то же время, для выработки верных управленческих решений субъектам управления все чаще необходимо руководствоваться результатами комплексного анализа информации, циркулирующей в гетерогенных АССН.

Таким образом, актуальность проблемы обеспечения качественного и оперативного информационного сопряжения гетерогенных АССН становится все актуальнее, и является следствием глобального противоречия между единством управленческой деятельности в целом и разобщённостью отдельных уровней (контуров) в частности.

Подход к организации информационного сопряжения гетерогенных АССН

В настоящее время наиболее проработанным является технический аспект проблемы сопряжения АССН [4, 5]. В свою очередь, вопросы реализации единых решений по объёмам и формам циркулирующей информации в АССН при их функционировании и взаимодействии, являются слабо освещёнными. Таким образом, ключевым моментом успешного сопряжения разнородных АССН является совершенствование их информационного обеспечения.

При этом под информационным обеспечением понимается совокупность форм документов, классификаторов, нормативной базы и реализованных решений по объёмам, размещению и формам существования информации, применяемой в АССН при её функционировании [6].

В настоящее время существует множество форматов обмена данными, используемых в качестве технологической основы информационного обеспечения сопрягаемых АССН. Получили широкое распространение такие стандарты как Statistical Data and Metadata zXchange (SDMX), eXtensible Business Reporting Language (XBRL), Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport (EDIFACT), Java Script Object Notation (JSON), YAML и Extensible Markup Language (XML).

Одним из условий успешного информационного взаимодействия гетерогенных АССН яв-

ляется обоснованность выбора технологической основы для последующего совершенствования информационного обеспечения сопрягаемых АССН. Все приведённые стандарты имеют свои преимущества и недостатки. В связи с этим, необходимо решить многокритериальную задачу выбора соответствующего стандарта [7]. Далее представлены критерии, по которым был осуществлён сравнительный анализ рассматриваемых стандартов [8, 9]:

- удобочитаемость кода — простота и удобство разметки передаваемых данных (УК);
- простота расширения — права разработчика на добавление новых языковых элементов для описания структур и формирования данных (ПР);
- простота сериализации/десериализации — преобразования объекта (данных) в поток байтов для дальнейшего хранения или передачи по каналу связи, в память или файл/преобразования потока байтов в объект данных (ПС/Д);
- распространённость — наличие большого количества разработчиков, использующих тот или иной формат обмена данными (Р);

– безопасность — возможность вставок вызовов функций (например, eval ()) (Б).

Удовлетворение рассматриваемых стандартов определённым ранее критериям представлено в таблице.

По результатам проведённого сравнительного анализа стало возможным построить дерево иерархий и назначить экспертным методом локальные веса исходных критериев (рис. 1).

Далее была построена непосредственно сама модель многокритериального выбора.

1. Множество альтернатив $Y = \{y^{SDMX}, y^{JSON}, y^{XBRL}, y^{EDIFACT}, y^{YAML}, y^{XML}\}$, где y^T — рассматриваемый стандарт передачи данных, $T = \{SDMX, JSON, XBRL, EDIFACT, YAML, XML\}$.

2. Критерии (целевые функции):

- f_1 — удобочитаемость кода;
- f_2 — простота расширения;
- f_3 — простота сериализации/десериализации;
- f_4 — распространённость;
- f_5 — безопасность.

Указанные критерии (f_1, \dots, f_5) принимают значения 1 или 0 (обусловлено тем, что альтерна-

Таблица

Удовлетворение стандартов передачи данных рассматриваемым критериям

Критерий \ Стандарт	УК	ПР	ПС/Д	Р	Б
SDMX	+	-	+	-	+
XBRL	+	+	+	-	+
EDIFACT	-	-	+	-	+
JSON	+	+	+	+	-
YAML	-	+	+	-	+
XML	+	+	+	+	+

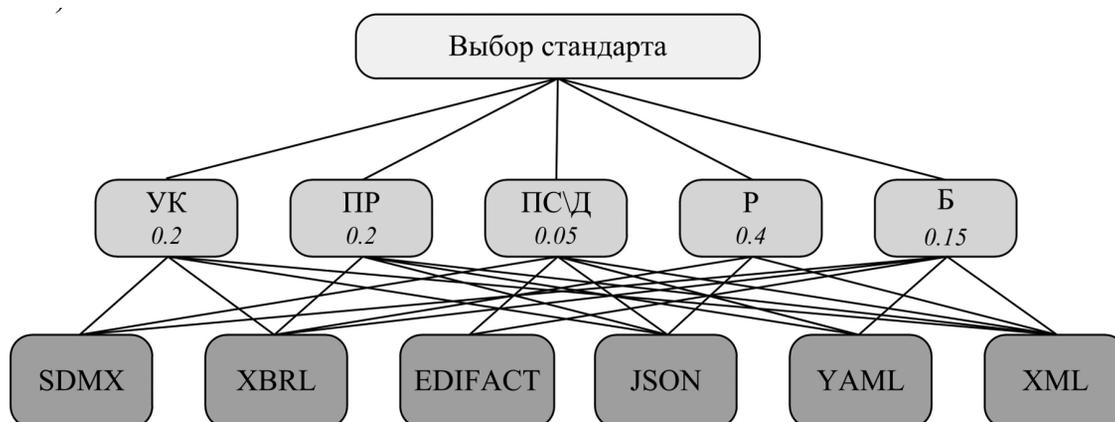


Рис. 1. Дерево иерархий

тивы могут либо удовлетворять критериям, либо нет) и образуют комплексный показатель:

$$f_{\Sigma} = f_1c_1 + f_2c_2 + f_3c_3 + f_4c_4 + f_5c_5, \quad (1)$$

где c_m — коэффициент важности (локальный вес), $m = \overline{1,5}$.

На основании (1) были получены следующие комплексные показатели:

$$f_{\Sigma}^{SDMX} = 1 \cdot 0,2 + 0 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,05 + 0 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,15 = 0,4;$$

$$f_{\Sigma}^{XBRL} = 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,05 + 0 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,15 = 0,6;$$

$$f_{\Sigma}^{EDIFACT} = 0 \cdot 0,2 + 0 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,05 + 0 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,15 = 0,2;$$

$$f_{\Sigma}^{JSON} = 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,4 + 0 \cdot 0,15 = 0,85;$$

$$f_{\Sigma}^{YAML} = 0 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,05 + 0 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,15 = 0,4;$$

$$f_{\Sigma}^{XML} = 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,15 = 1.$$

Таким образом, исходя из результатов решения многокритериальной задачи, определена предпочтительность использования для совершенствования информационного обеспечения АСЧН в интересах их сопряжения стандарта XML.

Разработка протокола информационного сопряжения АСЧН

XML представляет собой язык разметки, который был создан для хранения, транспортировки и обмена данными. С его помощью реализуется обмен данными между различными системами. Язык XML разметки представляет собой набор символов или последовательностей, вставляемых в текст, для передачи информации о его выводе или строении [10].

Документ XML, как правило, содержит следующие разделы:

- XML-декларация;
- пролог;
- элементы;
- атрибуты;
- комментарии.

В условиях применения XML технологии, процесс сопряжения гетерогенных АСЧН в общем виде может быть представлен в нотации BPMN (Business Process Model and Notation), рис. 2. Представленная модель реализована на функциональном уровне (Functional Layer), рассмотрим детально структурные элементы этой модели.

Создание XML-документа осуществляется программным обработчиком-парсером, реализованном на языке программирования Python. Данные для передачи в стороннюю АСЧН импортируются из соответствующей базы данных, причём системы управления базами данных могут быть различными.

Проверка соответствия документа или валидация осуществляется путём проверки переда-

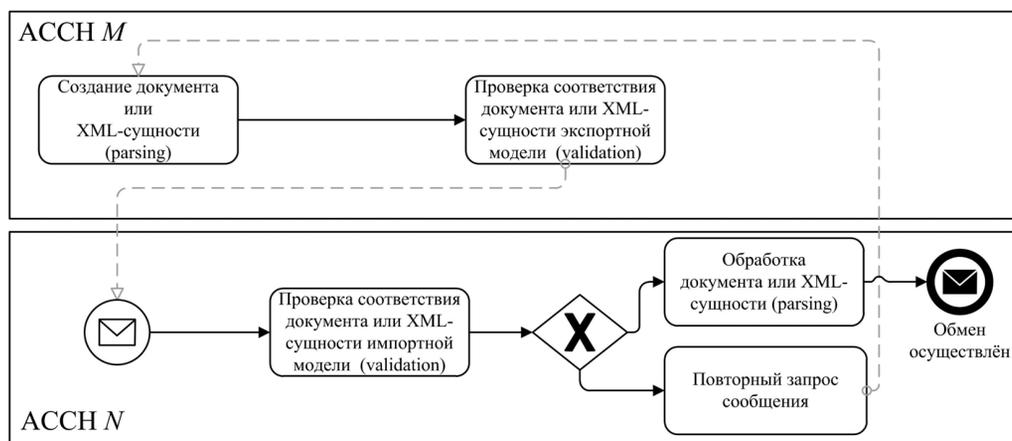


Рис. 2. Модель информационного сопряжения разнородных АСЧН в нотации BPMN

ваемых данных на соответствие определённой схеме. Схема строится в соответствии с принятой моделью передаваемых данных. На сегодняшний день актуальным являются Document Type.

После выполненных процедур осуществляется отправка подготовленного XML-документа по каналам связи в стороннюю АССН. После получения документа на стороне АССН-получателя осуществляется обратный процесс. Следует отметить, что в случае отрицательного результата валидации полученного документа необходимо повторить передачу данных.

Как видно из представленного процесса сопряжения, одним из центральных моментов является модель передаваемых данных, рассмотрим её как соответствующую математическую конструкцию Definition (DTD) и XML-схемы (XSD).

Исходя из потенциальной сложности организации циркулирующей информации в гетерогенных АССН, целесообразно использовать для построения соответствующих моделей фундаментальное понятие математической структуры по Бурбаки.

Для этого, в соответствии со структурой стандарта XML, введём следующие базисные множества:

$$\Omega = X_1, X_2, X_3, X_4, X_5,$$

$$P = \mathfrak{P}(X_1), \mathfrak{P}(X_2), \mathfrak{P}(X_3), \mathfrak{P}(X_4), \mathfrak{P}(X_5); R,$$

$$R = \{X'_1, X'_2, X'_3, X'_4, X'_5 \mid \varphi(X'_i) = 1\}, X'_i \subseteq \mathfrak{P}(X_i), i = \overline{1,5},$$

$$\varphi(X'_i) = \begin{cases} 1, & \text{множество участвует при формировании сущности} \\ 0 & \text{— в противном случае.} \end{cases}$$

Построенная таким образом математическая структура является полноценной моделью обрабатываемых XML-сущностей (документов) при информационном взаимодействии разнородных АССН, однозначно определяющей результат работы соответствующего программного обеспечения и позволяющей осуществлять оперативное управление содержанием процесса информационного обмена.

где X_1 — множество структурных элементов документа, определяющих номер версии, кодировку, автономность (XML-декларация); X_2 — множество структурных элементов документа, включающих сведения, относящиеся к документу в целом (кодировка символов, структура документа, таблицы стилей, процессинговые инструкции) (пролог XML-документа); X_3 — множество элементов документа, отвечающих за организацию информации (элементы XML-документа); X_4 — множество атрибутов, позволяющих добавлять сведения об элементах (атрибуты XML-документа); X_5 — множество комментариев, не предназначенных для анализа (комментарии XML-документа).

Зададим соответствующую математическую структуру Ξ , построенную над Ω [11]:

$$\Xi = \{\Omega, S, P\},$$

где S — упорядоченная совокупность ступеней шкалы, построенной рекуррентным путём в виде семейств множеств в соответствии с правилами Бурбаки над базисными множествами;

P — введённые на этих ступенях отношения.

Исходя из особенностей разрабатываемой модели, были использованы следующие ступени (T): $\mathfrak{P}(X_1), \mathfrak{P}(X_2), \mathfrak{P}(X_3), \mathfrak{P}(X_4), \mathfrak{P}(X_5)$, шкалы второго уровня «сада Бурбаки», где $\mathfrak{P}(X_i), i = \overline{1,5}$ булеан множества X_i .

Также были введены следующие отношения:

Оценка эффективности информационного сопряжения гетерогенных АССН в условиях применения усовершенствованного информационного обеспечения

Эффективность усовершенствованного подхода к организации информационного сопряжения гетерогенных систем исследовалась в рам-

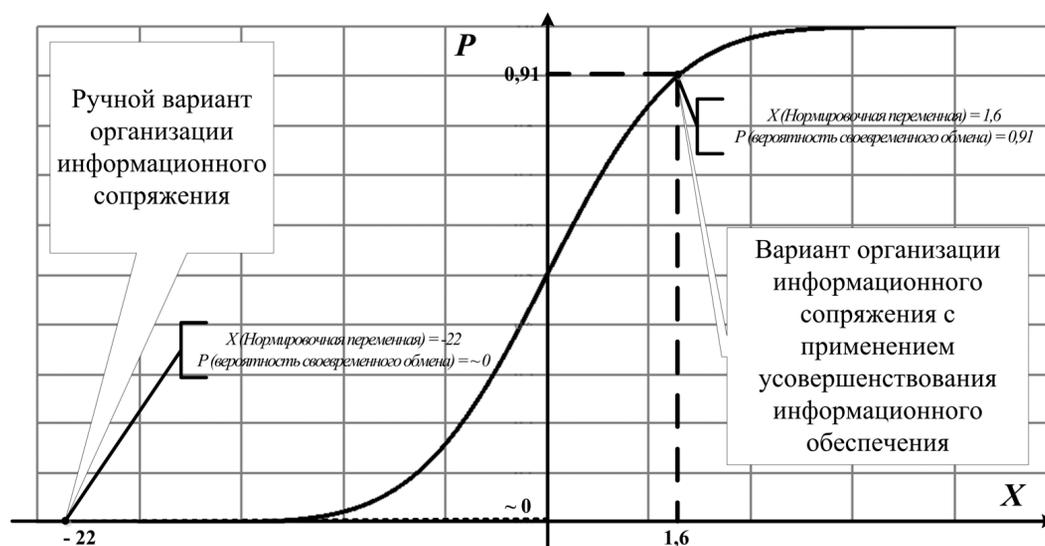


Рис. 3. Результаты исследования оперативности организации информационного взаимодействия гетерогенных АССН

ках научно-исследовательской работы «Образование-Э», при этом рассматривался возможный процесс информационного сопряжения между информационно-справочной системой отдельного структурного подразделения (кафедры) и автоматизированной системой «Образование-МО».

Для определения степени выполнения требований по оперативности информационного обмена в гетерогенных АССН был применён метод расчёта сетевых графиков работ, проводимых на соответствующих объектах информатизации [12].

В соответствии с центральной предельной теоремой теории вероятностей были рассчитаны значения нормировочных переменных X , что позволило получить соответствующие вероятности достижения оперативности информационного взаимодействия гетерогенных АССН, рис. 3.

Полученные результаты наглядно показывают предпочтительность организации информационного взаимодействия АССН по критерию оперативности с учётом применения предложенного подхода.

Заключение

Обеспечение информационного сопряжения гетерогенных АССН является важной и нетривиальной задачей, на решение которой сконцентрированы усилия многих специалистов соответствующей предметной области. Предложен-

ный вариант организации информационного взаимодействия может быть рассмотрен как отправная точка создания универсальных информационно-аналитических структур, основанных на использовании особой разновидности баз знаний — онтологий, что позволит приблизиться к созданию единого информационного пространства.

Литература

1. Цыгичко В.Н., Смолян Г.Л., Черешкин Д.С. Обеспечение безопасности критических инфраструктур в США // Труды ИСА РАН. 2006. Т. 27. С. 4–34.
2. Квасов М.Н., Криков А.П., Прохоров М.А. Практические рекомендации по обеспечению устойчивости функционирования автоматизированных систем специального назначения критически важными объектами в условиях деструктивных информационных воздействий // Журнал «Известия Тульского государственного университета. Технические науки». 2019. Вып. 6. С. 14–21.
3. Гершберг А.Ф., Мусаев А.А., Нозик А.А., Шерстюк Ю.М. Концептуальные основы информационной интеграции АСУ ТП нефтеперерабатывающего предприятия. — СПб: Альянс-строй. 2003. 128 с.
4. Татарникова Т.М. Структурный синтез центра сопряжения корпоративных сетей // Ин-

формационно-управляющие системы. 2015. № 3. С. 92–98.

5. Королев А.С. Обеспечение информационно-технического сопряжения автоматизированных систем на программном уровне с помощью модульных шлюзов // Научно-технические проблемы космических исследований Земли. 2016. № 5. С. 63–69.

6. Автоматизированные системы управления войсками: Учебник. Часть 1: Математическое обеспечение функционирования АСУВ / С.А. Васильков, В.Ф. Волков, А.В. Галанкин, С.А. Тихонов, В.Г. Цыбрин, С.И. Шаныгин. МО РФ. 2010. 392 с.

7. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации в теории управления. — СПб: Питер. 2004. 256 с.

8. Канаев К.А., Фалеева Е.В., Пономарчук Ю.В. Сравнительный анализ форматов обмена данными, используемых в приложениях с клиент-серверной архитектурой // Фундаментальные исследования. Технические науки. 2015. № 2. С. 5569–5572.

9. JSON и XML. Что лучше [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.habr.com/post/31225> (дата обращения 03.02.2021).

10. Одиночкина С.В. Основы технологий XML. — СПб: НИУ ИТМО. 2013. 56 с.

11. Теоретические основы системных исследований: учебник / В.Н. Калинин. — СПб: ВКА им. А.Ф. Можайского. 2016. 293 с.

12. Основы теории управления войсками / Алтухов П.К., Афонский И.А., Рыболовский И.В., Татарченко А.Е.; Под ред. Алтухова П.К. Воениздат. 1984. 221 с.

References

1. Cygichko V.N., Smolyan G.L., Chereshkin D.S. Ensuring the security of critical infrastructures in the USA // Trudy ISA RAN. 2006. Vol. 27. P. 4–34.

2. Krikov A.P., Kvasov M.N., Prohorov M.A. Practical recommendations for ensuring the

sustainability of functioning automated special purpose systems with critical important objects in the conditions of destructive information impact // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. Vol. 6. 2019. P. 14–21.

3. Gershberg A.F., Musaev A.A., Nozik A.A., Sherstyuk Y.M. Conceptual bases of information integration of ACS for TP of an oil refining enterprise — Saint-Petersburg: Al'yans-stroj. 2003. 128 p.

4. Tatarnikova T.M. Structural synthesis of the Corporate Network Interface Center. 2015. № 3. P. 92–98.

5. Korolev A.S. Providing information and technical interface of automated systems at the software level using modular gateways // Nauchno-tekhnicheskie problemy kosmicheskikh issledovaniy Zemli. 2016. № 5. P. 63–69.

6. Automated systems of command and control of troops: Textbook. Part 1: Mathematical support for the functioning of the ACST / Vas'kov S.A., Volkov V.F., Galankin A.V., Tihonov S.A., Cybrin V.G., Shanygin S.I. MO RF. 2010. 392 p.

7. Chernoruckij I.G. Optimization methods in control theory. — Saint-Petersburg: Piter. 2004. 256 p.

8. Kanaev K.A., Faleeva E.V., Ponomarchuk Y.V. Comparative analysis of data exchange formats used in applications with client-server architecture // Fundamental'nye issledovaniya. Tekhnicheskie nauki. 2015. № 2. P. 5569–5572.

9. JSON and XML. Which is better. Available at: <http://www.habr.com/post/31225> (accessed 03.02.2021).

10. Oдиночкина S.V. Fundamentals of technology XML. — SPb.: NIU ITMO. 2013. 56 p.

11. Theoretical foundations of system research: textbook / V.N. Kalinin. — SPb.: Military Space Academy named after A.F. Mozhaysky. 2016. 293 p.

12. Fundamentals of the theory of command and control / Altuhov P.K., Afronskij I.A., Rybolovskij I.V., Tatarchenko A.E.; Pod red. Altuhova P.K. Voениzdat. 1984. 221 p.