

УДК 621.39

А.Ю. Рунеев, В.А. Бабошин, Ю.М. Шерстюк, А.В. Шестаков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СВЯЗЬЮ

Рунеев Анатолий Юрьевич, доктор военных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, генеральный директор ОАО «НИИ «Рубин», окончил Военную академию связи. Имеет статьи, монографии, изобретения в области анализа и синтеза информационных систем. [e-mail: inforubin@rubin-spb.ru].

Бабошин Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент, окончил Ульяновское ВВКУС, начальник отдела ОАО «НИИ «Рубин». Имеет статьи, изобретения в области анализа и синтеза информационных систем. [e-mail: boboberst@mail.ru].

Шерстюк Юрий Михайлович, доктор технических наук, доцент, окончил Ленинградское ВВИУС, заместитель генерального директора ОАО «НИИ «Рубин» по разработке программного обеспечения. Имеет статьи, монографии, изобретения в области анализа и синтеза информационных систем. [e-mail: inforubin@rubin-spb.ru].

Шестаков Александр Викторович, кандидат технических наук, окончил Ленинградское ВВИУС, первый заместитель генерального директора ОАО «НИИ «Рубин» – заместитель генерального директора по научной работе, старший научный сотрудник. Имеет статьи, изобретения в области анализа и синтеза информационных систем. [e-mail: inforubin@rubin-spb.ru].

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы использования промышленных технологий при создании современных программно-аппаратных комплексов автоматизированных систем управления (АСУ) в контексте создания Единого информационного пространства Российской Федерации (ЕИП РФ) как сетеориентированного объединенного информационного пространства, построенного на основе робастной объединенной высокопроизводительной сети. Рассмотрены основы построения инфотелекоммуникационных систем специального назначения и задачи, которые должны решаться за счет использования АСУ. Проведен анализ недостатков существующей системы управления, сделан вывод о необходимости решения задачи унификации отечественных АСУ различного назначения, имеющих в своей основе проприетарные принципы организации. Представлены особенности технологии унифицированных платформенных решений (УПР) как технологической основы разработки инфотелекоммуникационных систем на основе имеющегося практического опыта разработки унифицированной технической платформы при создании АСУ специального назначения с использованием принципа унификации изделий, заключающегося в оптимизации многообразия возможных частных (индивидуальных) решений в рамках общих свойств и признаков, приводящих изделие и его исполнения к единой системе «типовых конструкций». Приведена методика определения минимального количества ресурсов в УПР переменной комплектации. Показано, что с использованием данного методического аппарата возможно сформировать множество решений с переменной комплектацией, составляющих основу унифицированной платформы для целого типа оборудования специального назначения.

Ключевые слова: единое информационное пространство, управление данными, инфотелекоммуникационные системы, автоматизированная система управления, автоматизированные информационные системы, промышленные технологии, унифицированная техническая платформа, модульность, унификация.

USING INDUSTRIAL TECHNOLOGIES FOR THE PURPOSE OF DESIGNING AUTOMATED COMMUNICATIONS CONTROL SYSTEMS

Anatolii Iurevich Runeev, Doctor of Military Sciences, Professor, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Director General of Rubin Research Institute OJSC; graduated from Military Academy of Communications; an author of articles, monographs, and inventions in the field of the analysis and synthesis of information systems. e-mail: inforubin@rubin-spb.ru.

Vladimir Aleksandrovich Baboshin, Candidate of Engineering, Associate Professor; graduated from Ulyanovsk Higher Military Command College of Communications, Head of the Department of Rubin Research Institute OJSC; an author of articles and inventions in the field of the analysis and synthesis of information systems. e-mail: boboberst@mail.ru.

Iurii Mikhailovich Sherstyuk, Doctor of Engineering, Associate Professor; graduated from Leningrad Higher Military Engineering School of Communications; Deputy Director General of Rubin Research Institute OJSC on software design; an author of articles, monographs, and inventions in the field of the analysis and synthesis of information systems. e-mail: inforubin@rubin-spb.ru.

Aleksandr Viktorovich Shestakov, Candidate of Engineering; graduated from Leningrad Higher Military Engineering School of Communications; First Deputy Director General of Rubin Research Institute OJSC, Deputy Director General of Rubin Research Institute OJSC for Scientific and Research Affairs, Senior Researcher; an author of articles, inventions in the field of the analysis and synthesis of information systems. e-mail: inforubin@rubin-spb.ru.

Abstract

The article considers the use of industrial technologies in the process of designing modern hardware-software complexes of automated control systems (ACS) in the context of creating Integrated Information Space of the Russian Federation as network-oriented united information space built on the basis of robust combined high-performance network. The article also covers the basic information about designing special-purpose infocommunication systems and problems that have to be treated through the use of ACS. The authors attempted the analysis of the existing control system disadvantages and made the conclusion about the necessity of solving the unification problem of multi-purpose domestic ACS based on proprietary principles of organization.

The article presents the certain features of unified platform solutions (UPS). UPS are defined as fundamentals for the development of infocommunication systems on the basis of unified technical platform development practical experience in the process of special-purpose ACS creation with the use of the products unification principle. The principle consists in the optimization of possible particular (individual) solutions variety in the context of general properties and characteristics leading the product and its execution to the integrated system of standard constructions. The methodology of determining the minimum number of resources in UPS of a varying configuration is given. It is shown that with the use of this methodology a set of solutions with varying configuration can be generated. The set forms the basis for a unified platform of special-purpose equipment series.

Key words: integrated information space, data management, infocommunication system, automated control system, automated information systems, industrial technology, unified technical platform, modularity, unification.

ВВЕДЕНИЕ

Реализация концепции создания единого информационного пространства Российской Федерации (ЕИП РФ) должна способствовать повышению эффективности государственного управления путем организации своевременного планирования и согласования действий всех органов государственной власти в различных условиях обстановки, обеспечения своевременной обратной связи с местными органами власти и другими объектами управления для получения сведений об их состоянии, положении и средствах, способствующих выполнению текущих задач.

Суть концепции ЕИП РФ заключается в следующем: данные от всех источников до их обработки помещаются в объединенное пространство данных и становятся доступными всем авторизованным приложениям и пользователям вне зависимости от их локализации и организационной подчиненности. При этом все данные видимы, доступны и понятны любому авторизованному пользователю данных (должностным лицам и приложениям), поэ-

тому в нем возможны любые структурные и семантические соглашения, различные способы обработки данных непосредственно пользователем. В совместном пространстве данных станет возможной реализация взаимодействия «многие – со многими», любой участник процесса может опубликовать данные и любой другой может получить их, при этом все источники данных публикуют данные и их описания по общим правилам.

Реализация вышеперечисленных возможностей осуществима только в том случае, если все источники, хранилища данных и пользователи данных связаны робастной объединенной высокопроизводительной сетью. Поэтому следует говорить не просто об объединенном пространстве данных, а о сетевом ориентированном объединенном информационном пространстве (СОИП), которое обеспечивает безопасное предоставление пользователям широкого спектра услуг, доступность хранилищ данных и имеет эффективную систему управления (СУ), что требует разработки, производства и широкого внедрения автоматизированных систем управления связью (АСУС) на основе современных промышленных технологий [1, 2].

Особенности АСУС

В современных СУ трансформация управления данными направлена, прежде всего, на обеспечение видимости, доступности и понятности данных, а не на их стандартизацию. Данный подход предполагает обеспечение возможности использования данных непредвиденными пользователями и приложениями наряду с теми, для кого они первоначально предназначались. Этот подход значительно повышает гибкость информационного взаимодействия между системами, не требуя predetermined двухточечных интерфейсов между ними. Переход к сетевому управлению данными требует перехода к новым услугам, которые должны обеспечить:

- видимость и доступность данных и гарантировать, что они могут быть использованы во всех точках предоставления услуг для повышения оперативности принятия решений;
- привязку всех данных к метаданным для того, чтобы они могли быть обнаружены и интерпретированы пользователями;
- размещение всех данных в СОИП для обеспечения доступа всем авторизованным пользователям данных с соблюдением требований информационной безопасности;
- возможность информационного взаимодействия в режиме «многие – со многими».

Основой ЕИП РФ являются взаимодействующие инфотелекоммуникационные системы специального назначения (ИТКС СН) различной ведомственной принадлежности, представляющие собой совокупность автоматизированных цифровых сетей связи общего пользования и телекоммуникационных сетей следующего поколения с системами обмена и хранения данных, построенных на основе конвергентных инфокоммуникационных технологий, объединенных единой СУ и обеспечивающих предоставление пользователям услуг обмена, доступа, размещения и поиска информации различных типов в единой среде межвидового (межведомственного) вертикального и горизонтального электронного взаимодействия вне зависимости от местонахождения абонентов и информации [1].

Одним из основных элементов ИТКС СН является СУ, включающая в себя АСУС, в состав которой могут входить различные автоматизированные информационные системы (АИС), функционирование которых так или иначе связано с АСУ ИТКС СН, в том числе интегральные ситуационные центры, СУ сетей связи и отдельных элементов этих сетей, пункты управления связью, централизованные центры мониторинга компьютерных атак и т. д.

Функционирование АСУ ИТКС СН связано с обработкой целого ряда информационных взаимодействий, что требует решения ряда проблем, к основным из которых относятся следующие:

- обеспечение требуемого уровня информационной безопасности (ИБ) – осуществление внешних взаимодействий не должно приводить к ухудшению свойств безопасности взаимодействующих систем;
- использование согласованных систем классификации и кодирования информации;

- применение согласованных протоколов информационно-логического взаимодействия на сетевом, транспортном и прикладном уровнях архитектуры взаимодействующих систем, форм и правил формирования / интерпретации содержимого электронных документов;
- нормативная регламентация внешних взаимодействий АСУ ИТКС СН.

АСУ ИТКС СН (далее АСУС) должна обеспечивать автоматизированное решение следующих задач:

- планирование и организацию связи;
- управление прохождением информации;
- управление сетью связи и ее элементами;
- управление взаимодействием с внешними сетями и системами связи;
- управление услугами, предоставляемыми сетями и службами сети;
- управление всем спектром телекоммуникационных сетей системы связи;
- технологическое управление оборудованием;
- сбор статистических данных о функционировании сети и ее элементов.

Вследствие этого создание и развитие АСУС представляет из себя достаточно сложную системно-техническую задачу, так как они относятся к классу сложных гетерогенных систем и функционируют в условиях высокой динамики изменения состояний управляемых объектов систем связи различного назначения. Кроме того, современный уровень технологического развития оборудования систем связи характеризуется разнообразием и сложностью программно-аппаратных решений, что также требует нетривиальных решений при построении АСУС.

Главными задачами АСУС, определяющими требования к качеству их технологического построения и способам организации, являются:

- обеспечение устойчивости и безопасности связи и АСУС;
- обеспечение качества предоставляемых услуг и сервисов связи и информации;
- обеспечение объективности мониторинга технологических компонентов систем связи и АСУС;
- обеспечение информационной, аналитической и документальной поддержки органов управления связью;
- обеспечение удобства эксплуатации и технологического обслуживания.

Задачи автоматизированного управления АСУС разделены на уровни управления в соответствии с функциональной иерархией управления сетями в составе ИТКС СН. При этом необходимо решать задачи управления взаимодействием с соседними (внешними) сетями связи в рамках ЕИП РФ путем обеспечения оперативного и оперативно-технического взаимодействия с их СУ.

В архитектурном плане, различные автоматизированные и информационные комплексы АСУС строятся в виде открытых систем. При таком подходе каждая подсистема управления, входящая в АСУС, создается для выполнения прикладных процессов центров управления и должностных лиц и специальных прикладных процессов. Последние являются вспомогательными, они связаны с управле-

нием и диагностикой работы самой АСУС и обеспечением ИБ. Любая АСУС состоит из ряда абонентских систем (в трактовке модели взаимосвязи открытых систем) в виде центров управления различных уровней иерархии, включающих в себя собственно прикладные процессы управления и области взаимодействия, предназначенные для обеспечения связью прикладных процессов друг с другом, передачи информации во внешнюю для АСУС среду.

При организации взаимодействия различных центров управления решаются задачи инициации, поддержания требуемого качества, а также обработки нештатных ситуаций (учитываются только те задачи управления, которые связаны с обменом различной информацией между удаленными объектами управления).

В центрах управления АСУС в соответствии с моделью взаимодействия открытых систем выделяют три категории управления взаимодействием:

- управление прикладными процессами;
- управление системами;
- управление отдельными уровнями (в соответствии с выбранным профилем взаимосвязи открытых систем).

Как показывает анализ отечественного сегмента рынка, существующие АСУС различного назначения развиваются автономно, как правило, имеют в своей основе проприетарные принципы организации, что затрудняет их дальнейшее совместное применение. Эта тенденция приводит к неэффективному расходованию бюджетных средств при создании ведомственных (видовых) подсистем управления связью, не способных взаимодействовать как между собой, так и с АСУС операторов сети связи общего пользования Единой системы электросвязи Российской Федерации (ЕСЭ РФ).

Анализ существующей технической основы СУ показывает, что на сегодняшний день она не в полной мере удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям вследствие следующих причин:

- существующие ведомственные автоматизированные системы (АС) и АСУ специального назначения ориентированы на поддержку управления только силами, в интересах которых они функционируют. При этом ресурсы связи, в том числе и ЕСЭ РФ, используются монополично в интересах каждого из ведомств;
- существующие и создаваемые АС и АСУ, как правило, не поддерживают информационно-технического сопряжения между собой и с комплексами средств автоматизации (КСА) высших звеньев управления;
- не обеспечивается быстрая реконфигурация технической основы СУ в соответствии с изменениями в организационно-штатной структуре органов управления. Это существенно усложняет развертывание СУ и увеличивает время ее перевода с мирного на военное положение в условиях резкого обострения обстановки или внезапной агрессии противника;
- на пунктах управления не обеспечиваются автоматизированные сбор, обобщение, распределение и своевременное доведение данных обстановки;
- возможности автоматизированного информационного взаимодействия между органами управления фор-

мирований различной ведомственной принадлежности в ходе принятия (уточнения) решения, определения и постановки задач, разработки документов не обеспечивают своевременное принятие эффективных решений;

- средства автоматизации (системы, комплексы) управления силами специального назначения используются разрозненно и информационное взаимодействие между ними практически отсутствует;

- управление частями и подразделениями осуществляется, как правило, без использования автоматизированных средств обмена информацией с применением неавтоматизированных СУ;

- доведение приказов, распоряжений (команд, сигналов) с вышестоящих пунктов управления до нижестоящих осуществляется неавтоматизированным способом;

- инфокоммуникационное взаимодействие не унифицировано не только в масштабах отдельного ведомства, но, зачастую, даже в пределах одного звена управления.

Современные АСУС предназначены для управления сетями и объектами связи различных министерств и ведомств, включающих в себя оборудование различных, в т. ч. и иностранных производителей, что требует как технологической совместимости АСУС, так и нормативного регулирования для их согласованного развития и использования. Особенную остроту данная проблема приобрела в условиях санкций и необходимости решения вопросов импортозамещения, так как в связи с этим принципиально изменились прогнозируемые условия функционирования систем и сетей связи специального назначения. В частности, в соответствии с Доктриной информационной безопасности (ИБ) РФ, источником внешней угрозы ИБ РФ является разработка рядом государств концепций информационных (сетевых) войн, предусматривающих создание средств опасного воздействия на информационные сферы других стран мира, нарушение нормального функционирования информационных и телекоммуникационных систем, сохранности информационных ресурсов, получение несанкционированного доступа к ним. Стратегия и тактика современных кибернетических сетевых войн диктуют необходимость качественного развития технологий организации связи и защиты связи и информации и в еще большей степени защиты АСУС от неблагоприятных воздействий и атак различной этиологии. Все это также требует широкого внедрения промышленных технологий на основе унификации и модульности предлагаемых решений на различных фазах жизненного цикла АСУС.

ПЛАТФОРМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В РАЗРАБОТКЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Федеральное государственное унитарное предприятие «НИИ «Рубин», созданное приказом Госкомоборонпрома России № 640 от 25 октября 1994 г., было определено как системный интегратор в вопросах проектирования, разработки и создания телекоммуникационных сетей, средств связи и АСУС военного и гражданского назначения. В задачу предприятия входило, с одной стороны, проведение

фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований в области инфокоммуникационных систем двойного назначения на основе современных технологий, а с другой стороны, участие в конкретных технических проектах, проводимых в интересах различных ведомств и организаций.

В конструировании (разработке и проектировании) изделий для применения в телекоммуникационных системах различного назначения, в том числе и системах управления ими, специалистами предприятия активно внедряется платформенный подход и унифицированность программно-технических платформенных решений.

Унифицированные платформенные решения (УПР), как технологическая основа телекоммуникационных систем различного назначения, становятся продуктом промышленных технологий, подлежащим разработке, испытанию, опытной эксплуатации и серийной поставке. Они включают в себя:

- базовые информационно-телекоммуникационные технологии (инварианты) различной функциональности;
- технологии интеграции базовых инвариантов и технологии адаптации технической платформы для требуемых условий функционирования информационных, информационно-телекоммуникационных или телекоммуникационных систем, включая и автоматизированные подсистемы (системы) управления ими.

В методологическом базисе создания подобных систем существенную роль играет используемая схема функциональной декомпозиции, позволяющая перейти к задачам синтеза отдельных функциональных подсистем

(компонентов) с учетом их взаимосвязей, тем самым последовательно уменьшая размерность и неопределенность решаемых задач синтеза.

На этой основе специалистами ОАО «НИИ «Рубин» систематизирован, апробирован и совершенствуется подход к созданию и внедрению промышленных технологий построения и развития АСУС, базирующийся на разработке унифицированной технической платформы, проецируемой на АСУС конкретного назначения (рис. 1).

Основу промышленных технологий построения и развития АСУС в соответствии с данным подходом составляют:

- методология построения АСУС в виде совокупности концептуальных положений, методик и нормативной базы организации АСУС и ее компонент с заданным качеством;
- унифицированная техническая платформа АСУС в виде серийно изготавливаемых аппаратно-программных изделий с инвариантной программной реализацией;
- технологии и средства комплектации объектов АСУС, позволяющие выбрать, комплексировать и адаптировать компоненты технической платформы АСУС для конкретных условий применения.

В основу интеграционных механизмов программно-технической платформы, обеспечивающих ее унифицированность и возможность дальнейшего развития путем наращивания ее состава, положены следующие технологии:

- клиент-серверная архитектура программно-информационных взаимодействий, в том числе с управлением событиями и балансировкой нагрузки;
- технология безопасной организации распределенной (в том числе – территориально) базы данных, содер-

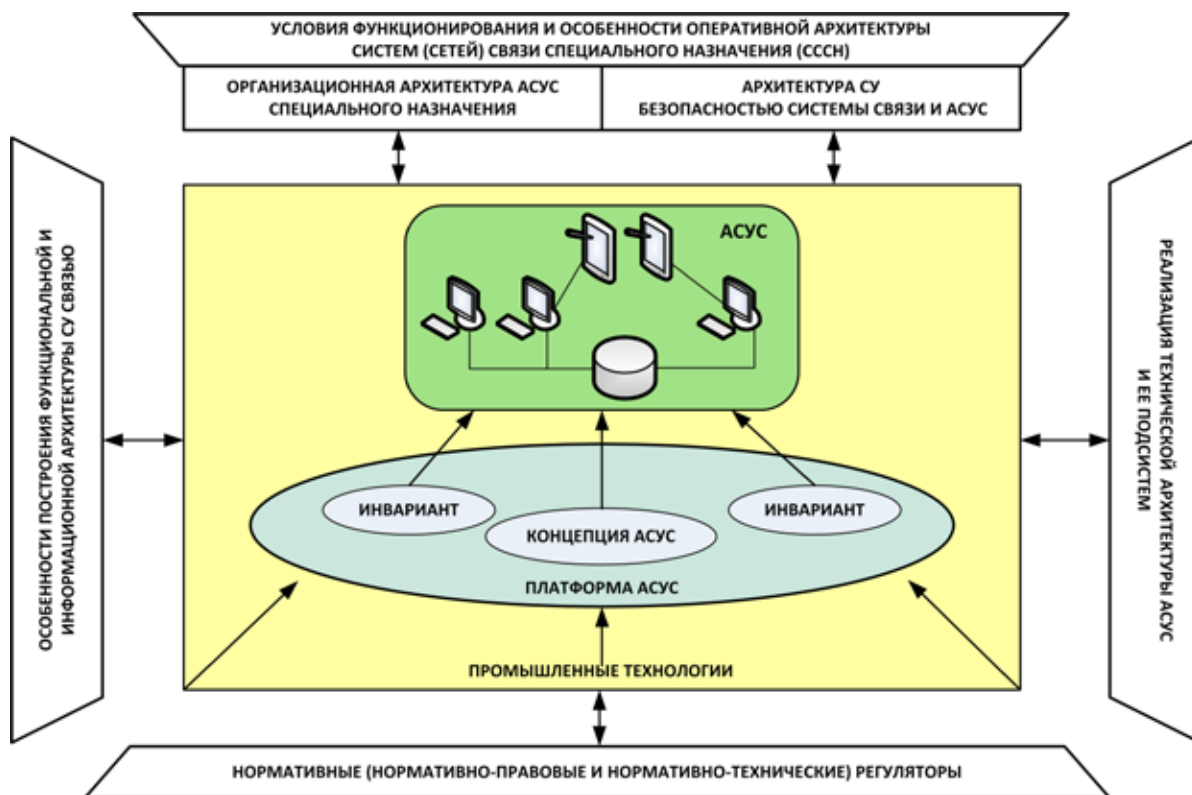


Рис. 1. Инвариантно-платформенный подход к построению и развитию АСУС с применением промышленных технологий

жащих информацию о статических и динамических характеристиках объектов учета (элементов и компонентов системы связи);

- технология единой шины данных с унификацией сервисов хранения и предоставления данных;

- технологии обеспечения отказоустойчивого функционирования;

- технологии построения шлюзов информационного взаимодействия, в том числе и прежде всего к системам управления, поставляемым производителями телекоммуникационного оборудования;

- технологии оперативного и ретроспективного анализа динамических характеристик средств телекоммуникаций с целью определения уровня соответствия установленным нормам.

Инвариантность программной реализации означает создание программного обеспечения (ПО) для решения типовых задач управления связью – мониторинга, учета, анализа, оперативно-технологического управления, документооборота и так далее в виде масштабируемых программных решений.

Отдельного внимания в силу своей важности заслуживает проблема согласованности форм и правил формирования/интерпретации содержимого электронных документов. В условиях автоматического формирования документов и/или их автоматической обработки в рамках АСУС любое разночтение в формах и правилах приводит к различным ошибкам в функционировании взаимодействующих систем. Проблема нормативной регламентации внешних взаимодействий АСУ ИТКС СН должна решаться организационными мерами и внедрением соответствующих стандартов в рамках ЕИП РФ. Следует отметить, что решение проблем совместимости должно осуществляться комплексно (взаимосвязанно) по отношению к каждой взаимодействующей системе, а в идеальном случае – одновременно по отношению ко всем системам, входящим в АСУС, с максимальной унификацией принимаемых решений, используемых протоколов, механизмов и средств информационного обмена.

Важной особенностью данного ПО являются модульность и возможность адаптации к конкретным условиям применения без внесения изменений в основную программный код за счет использования различных метаданных. Модульность ПО позволяет посредством подключения дополнительных программных средств расширять возможности базового функционала в соответствии с реальными условиями эксплуатации. В качестве дополнительного ПО могут использоваться шлюзы, конвертеры, трансляторы, программы решения специфических задач и т. д.

Модульность позволяет рассматривать компоненты программно-технической платформы как элементы некоего «конструктора», которые можно комбинировать при решении прикладных задач управления связью в достаточно широких пределах.

Как следствие такого подхода, работы предприятия в области построения АСУС разделяются на два взаимосвязанных уровня:

- по формированию и развитию промышленных технологий как базовой технической платформы, методологии ее построения и применения;

- по построению и развитию прикладных АСУС, базирующихся на применении промышленных технологий путем адаптации технической платформы под задачи проектирования и создания конкретной АСУС.

В рамках работ первого уровня имеется опыт создания общего специального программного обеспечения (ОСПО) АСУС, которое может функционировать под управлением сертифицированных операционных систем («Astra Linux», «Зима», «Заря» и т. п.). Предлагаемое ОСПО базируется на технологии «единой шины» и может обеспечивать бесшовную интеграцию различных компонент функциональных подсистем АСУС, реализует кластерные технологии и обладает свойствами отказоустойчивости. Кроме того, в данном ОСПО реализовано базовое ядро для создания систем документооборота и специализированных учетных систем. Особенности методологии построения и применения такой технической платформы отражаются на содержательной части эксплуатационной документации изделий, в частности, на описании программных интерфейсов интеграции, форматах и принципах формирования типовых конфигурационных файлов.

По направлению работ второго уровня достигнуты положительные результаты адаптации технической платформы в подсистемах:

- обеспечения контроля эксплуатации сетей (систем) связи специального назначения;

- управления защитой информации транспортных сетей и сетей доступа систем связи специального назначения, в комплексах АСУС для пунктов управления связью и пунктов управления узлами связи сетей связи специального назначения.

Важнейшую роль в реализации данного подхода играет и нормативная база, которая должна регламентировать условия присоединения (сопряжения) АСУС взаимодействующих гетерогенных систем (сетей) связи, в том числе сетей связи общего пользования.

Как показывает опыт практического развертывания и обеспечения функционирования АСУС, должны быть введены в действие документы, определяющие:

- статус системы;

- организационно-техническое построение;

- условия эксплуатации и взаимодействия служб эксплуатации и органов управления связью (пунктов управления связью, должностных лиц по связи) различного уровня иерархии и подчиненности (в аспектах информационно-технического взаимодействия).

Нормативные регуляторы промышленных технологий построения и развития АСУС представляют собой взаимосвязанную совокупность ГОСТ и ОСТ, международных протоколов и рекомендаций в области телекоммуникаций и управления ими, ведомственных норм, правил, уставных и распорядительных документов, стандартов предприятия, регламентирующих вопросы разработки, производства, внедрения и эксплуатации АСУС. Нормативные регуляторы совместно с требуемым перечнем разрешительных

документов деятельности предприятия отечественной промышленности должны быть обязательным атрибутом его нормативно-правовой базы, в том числе и в контексте создания АСУ.

Как было указано выше, особое значение приобретают модульность и унификация программно-аппаратных решений, которые требуют более подробного рассмотрения, так как оказывают влияние на весь перечень характеристик комплексированного изделия.

Унификация платформенных решений

Согласно [2] понятие унификации означает приведение изделий к единообразию на основе установления рационального числа их разновидностей. Следовательно, унифицированными комплексами средств (изделиями) являются такие, которые содержат некоторое рациональное число единообразных исполнений. Соответственно, суть принципа унификации изделий заключается в оптимизации многообразия возможных частных (индивидуальных) решений рамками общих свойств и признаков, приводящих изделие и его исполнения к единой системе так называемых «типовых конструкций».

В широком смысле, единая система «типовых конструкций» унифицированных изделий представляет собой ограниченное число (группу) конструкций изделий, применяемых в определенной области и выполняющих одинаковую или разные функции, но имеющих однозначную функциональную и конструктивную совместимость изделий и их элементов по принципам построения, структуре, размерам, материалам, технологии изготовления, сборки, контроля, обслуживания, ремонта и т. д.

В основу унификации платформенных решений для телекоммуникационных систем может быть положен принцип: целое состоит из частей, на которые оно может быть разложено и из которых может быть вновь собрано, в том числе на уровне элементной базы на ранних стадиях разработки и производства изделий [3, 4]. При этом новое качество УПР можно достичь заменой, добавлением, изъятием, перестановкой составных частей (ресурсов), которые должны иметь «открытую форму», т. е. обладать свойствами совместимости.

При создании УПР находят применение такие методы унификации изделий как: индивидуальный, базовый, агрегатно-модульный и комплексирования вышеизложенных. Фактически они являются и соответствующими методами проектирования.

Индивидуальный метод унификации (метод заимствования, моноблочный, пассивный метод) основывается на использовании в конструкции ранее созданных (заимствованных) решений, типовых устройств, деталей и их элементов. Метод обычно применяется при создании моноблочных изделий, имеющих простую конструкцию, не требующую разбивки ее на функциональные блоки и узлы, конструкций индивидуальных (оригинальных) и уникальных приборов и их составных частей, изготавливаемых в единичном, опытном или мелкосерийном производстве для решения частных технических задач, а также

для улучшения тех или иных характеристик существующих прототипов (аналогов).

Базовый метод унификации, на наш взгляд, является более активной формой унификации и заключается в создании модификаций или унифицированного ряда изделий на основе конструкции базового изделия. В унифицированном ряде семейства используются единое функциональное и конструктивное решение и общие для всех основные части и элементы:

- несущие устройства (шкафы, стойки);
- соединительные устройства (электрические разъемы, муфты, замки, шарниры);
- энергетическо-информационные устройства (блоки питания, индикации);
- защитные устройства (кожухи, экраны, термостаты);
- функциональные устройства (интерфейсные, управляющие и т. п.).

Агрегатно-модульный метод унификации (функционально-блочный, блочно-модульный) является наиболее прогрессивным, позволяющим проектировать и изготавливать изделия (их комплексы и ряды) из функциональных модулей (блоков). Функциональный модуль (блок) изделия представляет собой автономное конструктивное устройство, унифицированное по его функции, параметрам, геометрии, материалам, обладающее совместимостью необходимых свойств и параметров (информационных, энергетических, конструктивных, эксплуатационных) с другими модулями (блоками) изделия.

Промышленные технологии создания и развития телекоммуникационных систем различного назначения, базирующиеся на комплексном применении индивидуального, базового, агрегатно-модульного методов унификации изделий, на каждом временном этапе генезиса систем, как правило, представлены:

- платформой построения телекоммуникационной системы в виде совокупности регламентов и существующих на данный момент промышленных технологий, пригодных для разработки и производства УПР элементов технического, программного, информационного, организационного и других видов обеспечения телекоммуникационных систем;
- совокупностью готовых УПР в виде аппаратных, аппаратно-программных, программных изделий, предназначенных для реализации типовых процессов телекоммуникационной системы, обеспечивающих оптимально необходимую системную функциональность любой из них;
- программными комплексами (средствами) адаптации УПР к конкретной области применения.

Регламентированная, стандартизованная унификация, как конструктивный способ, предназначалась для:

- повышения показателей качества (надежности, технологичности и др.) изделий, обеспечения взаимозаменяемости их составных частей (ресурсов);
- рационального ограничения номенклатуры продукции при сохранении ее функциональности;
- повышения экономической эффективности создания и эксплуатации изделий за счет сокращения сроков про-

ектирования, подготовки производства, изготовления, проведения технического обслуживания и ремонта изделий.

Однако «унификация» объективно сопровождается определенной избыточностью, так как направлена на покрытие множества возможных потенциальных применений изделий УПР, которые в конкретных условиях в полной мере могут не использоваться и, следовательно, быть избыточными.

С учетом предназначения и иерархии элементов СССН целесообразно иметь УПР следующей иерархии:

- покупных изделий и материалов;
- терминального оборудования;
- оборудования автоматизации управления;
- оборудования автоматизации управления связью;
- телекоммуникационного оборудования.

УПР последующего уровня иерархии должны обязательно создаваться на базе УПР предыдущего уровня или комбинации УПР нескольких предыдущих уровней. При этом механизм переменной комплектации должен работать на всех приведенных уровнях иерархии УПР.

При определении состава УПР на каждом уровне иерархии следует руководствоваться следующим подходом:

- определить тип объекта связи, на котором планируется применение УПР (узел связи пункта управления (УС ПУ), узел доступа (УД), пункт управления связью (главный, центральный, зоной связи, ведомства), пункт управления узлом связи, пункт управления элементом узла связи, боевым постом, линией связи) и его характеристик (емкость узла связи (узла доступа), степень защищенности узла, состав телекоммуникационного оборудования узла, номенклатура потребных интерфейсов для подключения абонентов узла, ранг пункта управления связью и т. п.);
- уточнить функциональное предназначения УПР на объекте связи (терминальное оборудование, оборудование автоматизации управления (серверное оборудование, комплекс управления), оборудование автоматизации управления связью, телекоммуникационное оборудование);
- определить (уточнить) номенклатуру составных частей УПР, их потребное количество для выполнения функций УПР на объекте связи;
- уточнить номенклатуру составных частей УПР на уровне интерфейсных модулей;
- оформить заявку производителю на УПР с требуемой комплектацией и договор на изготовление и поставку на объект связи.

С целью учета степени защищенности объектов связи, на которых потенциально могут использоваться УПР, и возможных условий их эксплуатации целесообразно иметь исполнения УПР, которые функционально идентичны и отличаются только группой исполнения по устойчивости к внешним воздействующим факторам по ГОСТ РВ 20.39.304-98 (относятся к группе исполнения аппаратуры 1.1 либо 1.2.3).

Ситуация усложняется при внедрении переменной комплектации изделия. Под термином «переменная комплектация», в соответствии с [5], может использоваться понимание термина «дополнительный номер исполнения»,

характеризующий наличие переменных характеристик изделия (покрытий, параметров, их предельных отклонений, климатических условий работы, дополнительной комплектации изделия составными частями и т. п.). В терминах «типовых конструкций» унифицированных изделий термин «переменная комплектация» будет характеризовать «дисперсию» или «разброс вариантов спецификаций» ограниченного числа «конструкций изделий». Очевидно, что степень модульности и унификация отдельных элементов, входящих в базовый набор исходного «конструктора» будет оказывать самое непосредственное влияние на функциональность и стоимость конечного изделия, поэтому существует объективная потребность в разработке методического обеспечения для минимизации средств в УПР с переменной комплектацией для телекоммуникационных систем специального назначения.

Рассмотрим основу для реализации УПР с переменной комплектацией на примере покупных изделий и материалов (ПКИ), используемых «россыпью». В целях реализации механизма переменной комплектации их целесообразно предварительно группировать по функционалу в комплексы – готовые составные части, сборочные единицы («кирпичики»). Следовательно, в качестве «кирпичиков» первого уровня переменной комплектации (уровня ПКИ) могут быть:

- изделия, которые могут использоваться «россыпью» и входить в состав как «кирпичиков» первого уровня, так и других уровней иерархии УПР;
- комплексы терминального оборудования (КТО);
- комплексы вычислительного оборудования (КВО).

В составе изделий, которые могут использоваться в СССН «россыпью», используется следующее основное оборудование: универсальные вычислительные машины общего применения (УВМ); печатающие устройства; платформы жесткости; маршрутизаторы-межсетевые экраны (ММЭ), аппаратура криптографической защиты информации (АКЗИ) или программно-аппаратные комплексы (ПАК) защиты информации; коммутаторы локальных вычислительных сетей (КЛВС); гибкие мультиплексоры (ГМ); шлюзы IP-телефонии; оборудование синхронного мультиплексирования комбинированное (ОСМ-К); аппаратуру уплотнения оптических волокон оптических кабелей, оптические кроссы; оптические конверторы и другое телекоммуникационное оборудование.

В комплекте УПР КТО исполнений 1.1 (КТО-1) и 1.2.3 (КТО-2) целесообразно иметь оборудование, обеспечивающее реализацию интерфейса «человек-машина»: унифицированную вычислительную машину терминальную (УВМТ); монитор; клавиатуру; мышь; акустическую систему; микрофон; гарнитуру; переключатель гарнитуры; КЛВС; принтер; веб-камеру; генератор шума; установку бесперебойного питания (УБП); размещаемые в телекоммуникационном шкафу общего применения.

В комплекте УПР КВО исполнений 1.1 (КВО-1) и 1.2.3 (КВО-2) целесообразно иметь дополнительно к оборудованию, перечисленному в составе КТО-1, оборудование, обеспечивающее создание серверов высокой производительности – несколько (1–3) унифицированных вычисли-

тельных машины серверных (УВМС) с коммутатором вычислительных машин (КВМ) и табло отображения (ТО).

В качестве частных показателей для оценки качества УПР с переменной комплектацией принимаются следующие:

$N(R_k)$ – количество ресурсов $r_i, i=1, \dots, I$ в УПР k -й комплектации, $k=1, \dots, K$ для выполнения функций $f_j, j=1, \dots, J$ и их стоимости $S(r_i)$;

продолжительности выполнения функций с применением ресурсов $t(f_j(r_i)), j=1, \dots, J, i=1, \dots, I$;

$S(N(R_k))$ – стоимость ресурсов в k -й комплектации УПР:

$$S(N(R_k)) = \min_j \left(\sum_i S(r_i) \right),$$

$T(N(R_k))$ – время выполнения функций УПР k -й комплектации с привлечением ресурсов $N(r_i)_k$:

$$T(N(R_k)) = \min_j \left(\max_k \left(\sum_i t(r_i) \right) \right)_k,$$

K_{nk} – надежность УПР k -й комплектации;

P_k – потребляемая мощность УПР k -й комплектации;

M_k – масса УПР k -й комплектации;

Y_{yk} – уровень унификации в УПР k -й комплектации, оцениваемый коэффициентами применимости K_{PPk} и повторяемости K_{PK} :

$$K_{PPk} = \frac{(n - n_0)}{n},$$

где n_0 – количество типоразмеров оригинальных составных частей (ресурсов);

n – общее количество типоразмеров составных частей (ресурсов), включающее оригинальные, унифицированные, нормализованные, стандартные и покупные;

$$K_{PK} = \frac{(N_S - N)}{N_S},$$

где N_S – общее количество составных частей (ресурсов);

N – количество одинаковых частей (ресурсов), используемых в изделии повторно;

$S_{УПРk}$ – площадь, занимаемая УПР k -й комплектации.

Формальное описание задачи оптимизации избыточности (определения минимального количества ресурсов) в УПР переменной комплектации с учетом подходов в [2] можно представить следующим образом [6].

Дано. Множество функций УПР $F = \{f_j\}, j=1, \dots, J$, времена их выполнения $T_f = \{t_j\}$, множество ресурсов для их выполнения $r = \{r_i\}$, стоимости ресурсов $S = \{s(r_i)\}$, закрепление ресурсов за функциями, заданное матрицей инцидентности $Q = [q_{ij}]$, в которой значения q_{ij} определяются в соответствии с правилом:

$$q_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-е ресурсы могут выполнять} \\ & j\text{-ю функцию;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Требуется. Определить из множества $R = \{R_k\}$ возможных вариантов назначения ресурсов за функциями УПР вариант $R_{opt} = R_k$ с минимальным количеством ресурсов (минимальной избыточностью) в соответствии с критерием эффективности:

$$N(R_{opt}) = \min_k N(R_k) = \min_k (|\{R_k\}|), \quad (1)$$

$$k = 1, \dots, K, K \in I,$$

где $|\{R_k\}|$ – мощность множества, т. е. количество элементов в множестве $N(R_k)$.

Рассчитать значение обобщенного показателя качества $ОПК(R_{opt})$, учитывающего: количество ресурсов, их стоимость, время выполнения функций, надежность, потребляемую мощность, массу, уровень унификации, занимаемую площадь УПР с минимальным количеством ресурсов:

$$ОПК(R_{opt}) = [N(R_{opt}), S(N(R_{opt})), T(N(R_{opt})), (1 - K_{Нopt}), P_{opt}, M_{opt}, (1 - K_{PPopt}), (1 - K_{Поopt}), S_{УПРopt}].$$

Для удобства вычислений воспользуемся процедурой преобразования векторного критерия к скалярному, путем нормирования его составляющих $N(R_{opt}), S(N(R_{opt})), T(N(R_{opt})), K_{Нopt}, P_{opt}, M_{opt}, K_{PPopt}, K_{Поopt}, S_{УПРopt}$, оцениваемых в разных метриках.

Тогда оценка примет следующий вид:

$$ОПК(R_{opt}) = \left[\frac{N(R_{opt})}{\alpha_R} + \frac{S(N(R_{opt}))}{\alpha_S} + \frac{T(N(R_{opt}))}{\alpha_k} + \frac{(1 - K_{Нopt})}{\alpha_p} + \frac{P_{opt}}{\alpha} + \frac{M_{opt}}{\alpha} + \frac{(1 - K_{PPopt})}{\alpha_{PP}} + \frac{(1 - K_{Поopt})}{\alpha_{\Pi}} + \frac{S_{УПРopt}}{\alpha_{УПР}} \right], \quad (2)$$

где α – нормирующие коэффициенты, определяющие важность слагаемых в (2), для расчета которых находят применение метод экспертного опроса или способ Фишборна.

С применением положений дискретной математики множество $R = \{R_k\}$ возможных вариантов назначения ресурсов за функциями можно интерпретировать множеством покрытий $\Pi = \{\Pi_k\}$ столбцов матрицы инцидентности $Q = \|q_{ij}\|$ строками, т. е. $\{\Pi_k\} = \{R_k\}$.

Каждое покрытие Π_k будет представлять собой множество $\Pi_k = \{r_k\}, k=1, \dots, N(\Pi_k)$, элементами которого будут номера ресурсов, закрепленных за определенными функциями (имеющих $q_{ij} = 1$). Число строк $N(\Pi_k)$ в множестве $\Pi_k = \{r_k\}$ (т. е. число членов в множестве Π_k) оценивается мощностью множества $N(\Pi_k) = |\{\Pi_k\}|$.

Тогда задачу назначения ресурсов за функциями УПР с минимальной избыточностью – минимальным количе-

ством ресурсов $N(R_{opt})$ можно свести к поиску множества покрытий $\Pi = \{ \Pi_k \}$ столбцов матрицы инцидентности $Q = \|q_{ij}\|$ ее строками и выбору из них покрытия Π_k с минимальной мощностью (минимальным количеством строк):

$$N(R_{opt}) = \min_k |\{R_k\}| = \min_k |\{\Pi_k\}|, \quad (3)$$

$$k = 1, \dots, K, K \in I.$$

Для поиска множества покрытий $\Pi = \{ \Pi_k \}$ столбцов матрицы инцидентности $Q = \|q_{ij}\|$ ее строками целесообразно воспользоваться алгоритмом Петрика:

Шаг 1. Сформировать для каждого j -го столбца матрицы инцидентности $Q = \|q_{ij}\|$ из ее i строк множество строк, покрывающих j -й столбец (имеющих $q_{ij}=1$). Обозначить такие множества $A_j = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$.

Шаг 2. Представить каждое множество A_j в виде объединения « \cup » его элементов $A_j = \{a_1 \cup a_2 \cup \dots \cup a_k\}$.

Шаг 3. Найти пересечение « \cap » всех множеств A_j :

$$\bigcap_j A_j = A_1 \cap A_2 \cap A_3 \dots \cap \dots \cap A_j.$$

Каждое пересечение (то есть все, что будет стоять между знаками объединения) в полученной на шаге 3 аддитивно-мультипликативной форме соответствует покрытию Π_k , а число всех покрытий K равно числу различных пересечений в полученной аддитивно-мультипликативной форме.

С использованием приведенных соотношений процедура оптимизации избыточности (минимизации ресурсов) в УПР с переменной комплектацией будет включать шаги:

Шаг 1. Определение множества функций $F = \{f_j\}$, $j = 1, \dots, J$, подлежащих выполнению УПР в телекоммуникационной системе.

Шаг 2. Определение множества ресурсов $r = \{r_i\}$, $i = 1, \dots, I$, возможных для привлечения выполнения функций УПР, их стоимости $S = \{s(r_i)\}$ и продолжительности выполнения функций $T_f = \{t_j\}$, где $t_j = t(f_j(r_i))$, $j = 1, \dots, J$, $i = 1, \dots, I$.

Шаг 3. Построение матрицы инцидентности $Q = \|q_{ij}\|$ (разработка вариантов закрепления ресурсов i по функциям j УПР).

Шаг 4. Поиск с применением алгоритма Петрика множества покрытий $\Pi = \{ \Pi_k \}$, $k = 1, \dots, K$, $K \in I$ столбцов двоичной матрицы $Q = \|q_{ij}\|$ ее строками и выбор из них покрытия Π_k с минимальной мощностью $|\{\Pi_k\}|$ (минимальным числом строк).

Шаг 5. Определение из множества $R = \{R_k\}$ возможных вариантов назначения ресурсов за функциями УПР варианта $R_{opt} = R_k$ с минимальным количеством ресурсов (минимальной избыточностью) в соответствии с критерием эффективности (1).

Шаг 6. Оценка варианта комплектации УПР с минимальным количеством ресурсов (минимальной избыточностью) $R_{opt} = R_k$, значениями частных показателей:

$$N(R_{opt}), S(N(R_{opt})), T(N(R_{opt})), K_{Нопт}, P_{opt}, M_{opt}, K_{ПРопт}, K_{Попт}, S_{УПРопт}.$$

Шаг 7. Определение значений коэффициентов важности α составляющих в (2).

Шаг 8. Расчет значения обобщенного показателя качества варианта комплектации УПР с минимальной избыточностью $ОПК(R_{opt})$ с использованием выражения (2).

С использованием УПР первого уровня и с учетом предполагаемого функционала в телекоммуникационной системе УПР последующего уровня иерархии, реализуемого в соответствующем ПО (общем – ОПО, специальном – СПО) и информационно-лингвистическом обеспечении (ИЛО), предлагается формировать «кирпичики» – сборочные единицы последующих уровней иерархии УПР с переменной комплектацией в виде программных модулей, взаимосвязь между которыми базируется на типовых интерфейсах.

Последующая минимизация комплектации УПР проводится на уровне интерфейсных модулей с учетом заданных характеристик объектов связи, для которых они предназначены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью адаптации конкретных УПР под потребности заказчика (предназначения УПР в системе связи, возможностей объектов связи (узлов связи, УД, пунктов управления связью) для их размещения, степени защищенности объектов связи, условий эксплуатации УПР, наличие подсистем технологического, оперативно-технического управления, финансовых возможностей) при формировании технического задания необходимо предварительно сформировать нужную комплектацию УПР.

В ходе апробации инвариантно-платформенного подхода на действующих объектах выявлен ряд фундаментальных положений:

- во-первых, рассматриваемый подход обеспечивает системное развитие АСУС и, вследствие этого, гармоничное и комплексное совершенствование каждой функциональной компоненты;
- во-вторых, создаются благоприятные условия для комплексного межведомственного сопряжения АСУС, сокращения сроков их создания и развития;
- в-третьих, появляется возможность более эффективного использования бюджетных средств при развитии АСУ различного назначения за счет взаимного использования созданных унифицированных технологий (инвариантов);
- в-четвертых, базовые технологии всегда находятся в постоянном развитии за счет возможного включения в их состав новых инвариантов, создаваемых различными коллективами предприятий промышленности.

Апробация предложенного методического аппарата осуществлена при определении вариантов комплектования и схемы компоновки типоряда изделий ОАО «НИИ «Рубин» [7] и подтвердила целесообразность его использования для оптимизации избыточности (определения

рационального варианта комплектации) УПР для ИТКС различного назначения.

Данный подход позволил сформировать множество решений с переменной комплектацией, составляющих основу УПР для целого типоряда ИТКС и их АСУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабошин В.А., Легков К.Е. К вопросу о создании инфокоммуникационной системы специального назначения // Техника средств связи. – 2013. – Вып. 2 (14). – С. 152–158.

2. Бабошин В.А., Сиротенко Ф.Ф. Некоторые вопросы разработки архитектуры системы хранения данных специального назначения // Направления совершенствования автоматизированных систем управления : сб. статей молодежи. науч.-техн. конф. 19–20 марта 2014 г. Секция 1. – Ульяновск : ФНПЦ ОАО «НПО Марс», 2014. – С. 197–205.

3. Специализированные СБИС для космических применений: платформенный принцип проектирования и аппаратная верификация / Ю. Гулин [и др.] // Электроника. Наука, технология, бизнес. – 2010. – Вып. № 3. – URL: <http://www.electronics.ru/journal/article/51>.

4. Стешенко В.Б. EDA. Практика автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры. – М. : Нолидж, 2002. – 768 с.

5. ГОСТ 23945.0–80. Унификация изделий. Основные положения. – М. : Издательство стандартов, 1991.

6. Хадонов З.М. Теоретико-графовые модели информационных технологий при распределении ресурсов // Информационные технологии. – 1997. – № 10. – С. 31–34.

7. Шестаков А.В. Об оптимальном размещении средств // Телекоммуникационные технологии. – 2006. – Вып. № 1. – С. 32–41.

REFERENCES

1. Baboshin V.A., Legkov K.E. K voprosu o sozdanii infokommunikatsionnoi sistemy spetsialnogo naznacheniiia [To Problem on Creation of the Infocommunication System of

Special Purposes]. *Tekhnika sredstv svyazi* [Communications Engineering], 2013, iss. 2 (14), pp. 152–158.

2. Baboshin V.A., Sirotenko F.F. Nekotorye voprosy razrabotki arkhitektury sistemy khraneniia dannykh spetsialnogo naznacheniiia [Some Problems on the Architecture Development of Special Purpose System]. *Napravleniia sovershenstvovaniia avtomatizirovannykh sistem upravleniia: sb. statei molodezhn. nauch.-tekhn. konf. 19–20 marta 2014. Sektsiia 1* [Areas of Computer-Aided Control Systems Improvement. Proc. of the Youth Sci. Conf. 19–20 March, 2014. Section 1]. Ulyanovsk, FRPC OJSC 'RPA 'Mars', 2014, pp. 197–205.

3. Gulin Yu. et al. Spetsializirovannye SBIS dlia kosmicheskikh primeneniia: platformnyi printsip proektirovaniia i apparatnaia verifikatsiia [Application Specific VLSI for Cosmic Systems Platform Development. Approach and Instruments Verification]. *Elektronika. Nauka, tekhnologiya, biznes* [Electronica: Science, Technology, Business], 2010, no. 3. Available at: www.electronics.ru/journal/article/51.

4. Steshenko V.B. EDA. *Praktika avtomatizirovannogo proektirovaniia radioelektronnoi apparatury* [Computer-Aided Design of Electronic Equipment]. Moscow, Knowledge Publ., 2002. 768 p.

5. *GOST 23945.0–80. Unifikatsiia izdelii. Osnovnye polozeniia* [State Standard 23945.0–80. Product Unification. Basic Principles]. Moscow, Izdatelstvo Standartov Publ., 1991.

6. Khadonov Z.M. Teoretiko-grafovye modeli informatsionnykh tekhnologii pri raspredelenii resursov [Graph-Theoretical Models of Information Technologies under Resource Allocation]. *Informatsionnye tekhnologii* [Information Technologies. Theoretical and Applied Scientific and Technical Journal], 1997, no. 10, pp. 31–34.

7. Shestakov A.V. Ob optimalnom razmeshchenii sredstv [On Optimal Allocation of Facilities]. *Telekommunikatsionnye tekhnologii* [Telecommunication Technologies], 2006, no. 1, pp. 32–41.