

DOI <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2020.6.13>

УДК 004.7

ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ В СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

А. А. Башлыкова^{1,2}, С. В. Козлов³, С. И. Макаренко^{4,5}, А. Я. Олейников², И. А. Фомин⁶

¹ МИРЭА – Российский технологический университет»,
119454, Москва, пр. Вернадского, 78

² Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
125009, Москва, ул. Моховая 11-7

³ Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
19333, Москва, ул. Вавилова, 44-2

⁴ Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН,
199178, Санкт-Петербург, 14 линия, 39

⁵ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им.
В.И. Ульянова (Ленина), 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5

⁶ 3 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны,
107564, Москва, Погонный проезд 10-1

Статья поступила в редакцию 9 июня 2020 г.

Аннотация. Обоснована широкая тенденция перехода от «классической» иерархической архитектуры построения информационно-управляющих систем к сетецентрической архитектуре и созданию сетецентрических информационно-управляющих систем (СЦИУС). Показана связанная с этой тенденцией возрастающая актуальность обеспечения интероперабельности в таких системах. Отмечено отставание работ по интероперабельности в РФ по сравнению с работами в странах-лидерах, связанное с общим отставанием в области развития и применения информационных технологий. Предложен подход к обеспечению интероперабельности в СЦИУС, состоящий в применении разработанного ранее и зафиксированного в ГОСТ Р 55062-2012 подхода с использованием положений, содержащихся в документах международного консорциума NCOIC. Конечным продуктом подхода планируются нормативные документы, необходимые отечественным разработчикам СЦИУС. Это исследование проводится в рамках проекта РФФИ № 19-07-00774.

Ключевые слова: интероперабельность, сетецентрическая система управления, система управления, сетецентрическая концепция, стандарты.

Abstract. The broad trend of the transition from the "classical" hierarchical architecture of building information-control systems to network-centric architecture and the creation of network-centric information and control systems (NCICS) is justified. Therefore, the relevance of ensuring interoperability in such systems is increasing. In the paper the lag in interoperability works at the Russian in comparison with the most leader countries is marked. The lag is due to Russia's overall lag in development and application of information technologies. The approach to ensuring interoperability for the NCICS, which is based on statements of the international Network Centric Operations Industry Consortium to the GOST 55062-2012, is proposed in the paper. The final product of the approach is planning the regulatory documents required for the domestic developers of NCICS. This study is supported by the Russian Foundation for Basic Researches (project №. 19-07-00774).

Keywords: interoperability, net-centric control system, control system, net-centric concept, standards.

Введение

В настоящее время развитие информационных систем ведется в направлении их интеграции и глобализации. Особенностью развития систем управления организационными и техническими системами является переход их к сетецентрическому принципу построения.

Сетецентрической принцип построения систем – базовое положение об объединении всех элементов системы в единое информационное пространство (сетецентрическую среду), обеспечение полной интероперабельности элементов, предоставление всем элементам системы возможностей беспрепятственного взаимного обмена информацией независимо выполняемых функций.

Таким образом, системы управления и информационные системы получили наименование сетцентрических информационно-управляющих систем (СЦИУС). Данные системы все более широко применяются в таких наукоемких областях, как экономика, промышленность, обороноспособность. Первостепенным, можно сказать ключевым, принципом построения СЦИУС служит интероперабельность, как свойство бесшовной информационной интеграции отдельных элементов и подсистем. Согласно общепринятому определению, данному организациями по стандартизации [1,2]: «интероперабельность – способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена».

При этом основу интероперабельности составляют наборы стандартов информационно-коммуникационных технологий (ИКТ-стандартов) – профили.

Таким образом, проблема обеспечения интероперабельности имеет фундаментальное значение для развития теории построения таких глобальных информационных систем как СЦИУС, поскольку обеспечение интероперабельности в перспективных проектах позволит на практике обеспечить интеграцию существующих информационных и телекоммуникационных компонентов этих систем, а также заложить основу для информационного сопряжения вновь создаваемых систем.

Следует отметить, что несмотря на то, что в отечественной литературе достаточно большое число публикаций посвящено обсуждению принципов формирования СЦИУС, в основном в военной области, например работы [3-5], в то же время работ по проблеме интероперабельности в СЦИУС несравненно меньше, при этом, в данное время, глубокое теоретическое исследование этой проблемы не проводилась.

В мировой практике исторически сформировалось несколько подходов к обеспечению интероперабельности. Все они основаны на использовании ИКТ-стандартов. Однако следует учитывать, что в соответствии со статьей 14 федерального закона «О стандартизации» на территории Российской

Федерации (РФ) должны применяться в первую очередь документы национальной системы стандартизации – ГОСТ Р. В связи с этим представляется целесообразным использовать в РФ отечественный подход к обеспечению интероперабельности, предложенный Институтом радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН и зафиксированный в ГОСТ Р 55062-2012. Предложенный подход назван единым, поскольку он относится к информационным системам (ИС) самого широкого класса. Однако, при применении данного подхода к ИС конкретного класса должна учитываться их специфика. На основании этого при обеспечении интероперабельности СЦИУС должны учитываться специфические особенности, характерные именно для сетевых систем.

Данная работа продолжает цикл публикаций авторов [6-15], посвященных проблеме интероперабельности. Целью данной статьи является формирование подхода к обеспечению интероперабельности СЦИУС, а также формирование теоретического задела и формулирования планируемых практических мер по достижению этого в реальных сетевых системах.

1. Переход систем управления от иерархической к сетевому архитектурному

Как было отмечено выше, современный этап развития систем управления характеризуется переходом их к сетевому архитектурному принципу построения. Достаточно полный сравнительный анализ «классического» и сетевого подхода к построению систем управления представлен в работах [3, 15]. Данный анализ показывает, что сформированные на основе этого принципа СЦИУС имеют кардинальное отличие от «классических» систем управления (рис. 1, 2).

На рис. 1, 2 обозначения имеют следующий смысл: $S_{y m, j}$ – j -ый орган управления на m -ой иерархии управления системы управления; $S_{H m, j}$ – j -ая подсистема наблюдения на m -ой иерархии управления; $S_{Oy m, j}$ – j -ый объект управления (управляемая подсистема) на m -ой иерархии управления; $I_{H m, j}$ – информация наблюдения от j -го объекта на m -ой иерархии управления; $I_{y m, j}$ –

информация (команды) управления для j -го объекта на m -ой иерархии управления; $I_{K m,j}$ – координирующая информация (о выборе стратегии управления) для j -го объекта на m -ой иерархии управления; m – количество уровней управления; n_m – количество элементов на m -ой иерархии управления; $e_{y m,j}$ – цель управления j -го объекта управления (управляемой подсистемы) на m -ой иерархии управления.

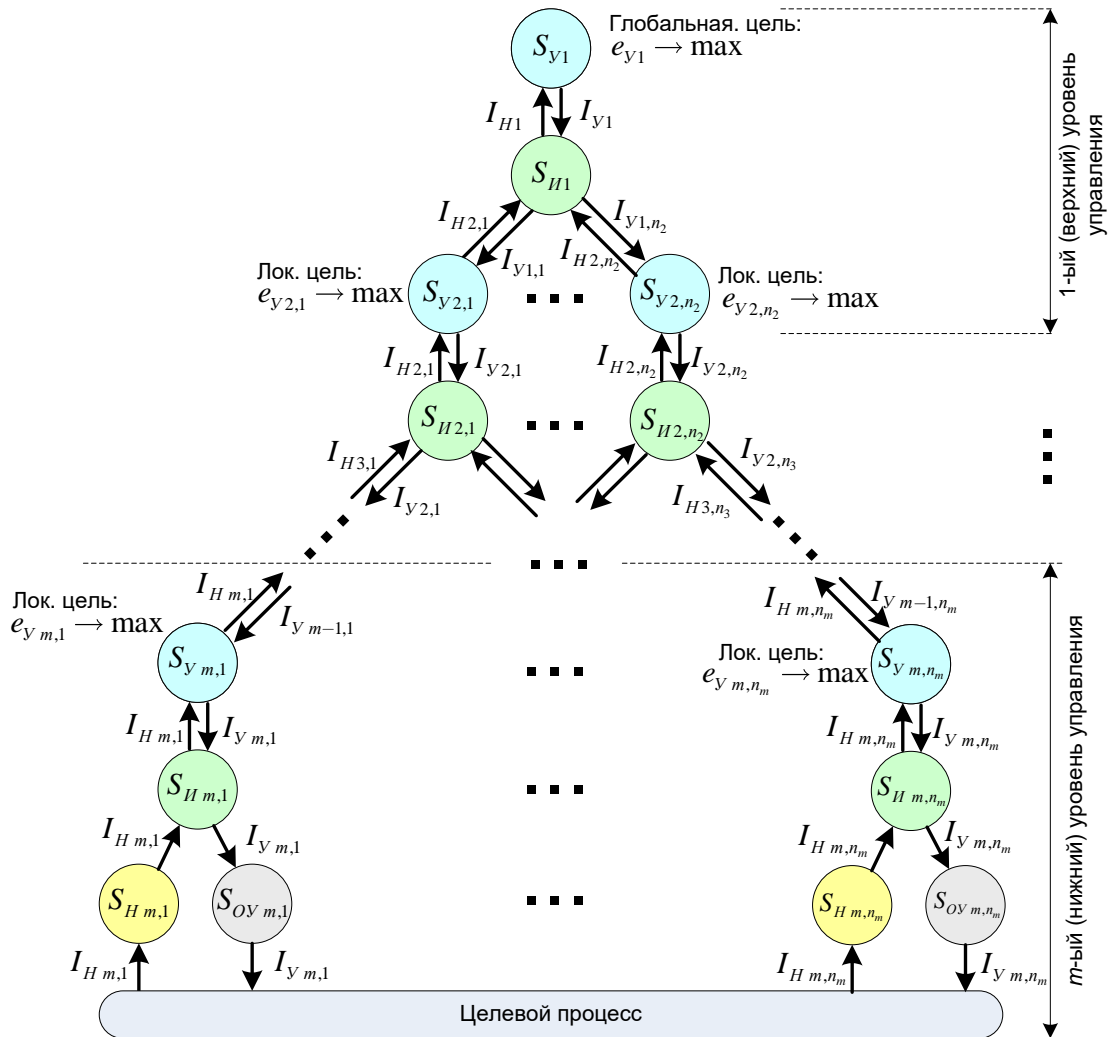


Рис. 1. Архитектура «классической» системы управления.

«Классические» системы управления, как правило, имеют следующие отличительные черты [3]:

- строгая иерархическая архитектура, в которой четко регламентированы отношения «орган управления – объект управления»;
- обмен информацией ведется только по направлениям «орган управления

- объект управления» в соответствии с отношениями подчиненности. Предоставление информации соседним «ветвям» системы управления, проводится исключительно с санкции вышестоящего органа управления;
- при решении какой-либо определенной задачи информация о состоянии целевого процесса «продвигается» вверх пока не достигает органа управления, уполномоченного принимать решение по данной задаче и которому подчинены все объекты управления, взаимодействующие в рамках решения этой задачи.

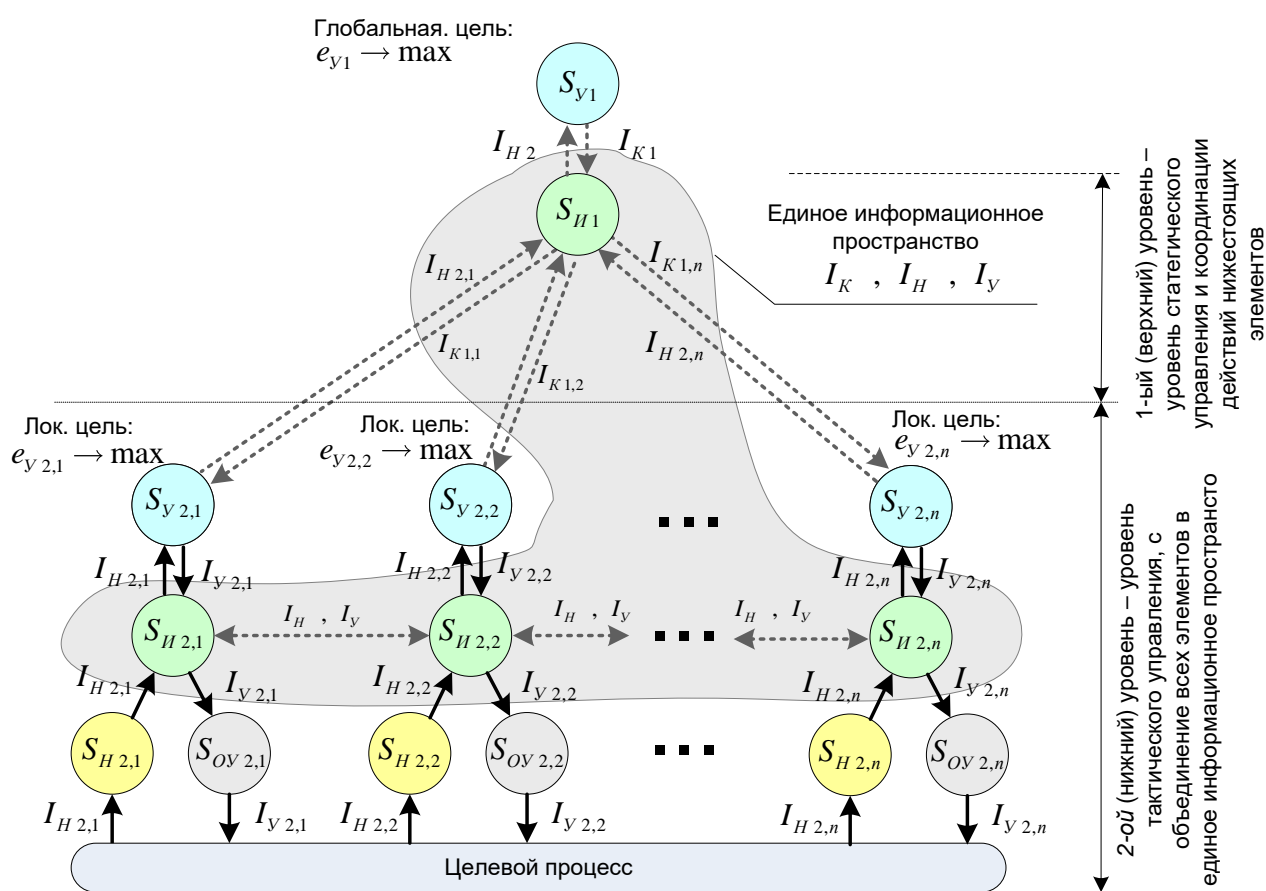


Рис. 2. Архитектура сетевидной системы управления

В отличие от «классических» систем, СЦИУС, как правило, имеют следующие отличительные черты [15]:

- гибкая сетевая архитектура, в которой четко отношения «орган управления – объект управления», «взаимодействующий объект управления –

взаимодействующий объект управления» самоорганизуются – динамически меняются и адаптивно подстраиваются под текущую решаемую задачу;

- обмен информацией ведется между всеми элементами СЦИУС независимо от отношений подчиненности, а в зависимости от необходимости получения той или иной информации для успешного решения требуемой задачи. Каждый элемент СЦИУС может самостоятельно запрашивать и предоставлять информацию другим элементам в рамках решаемой задачи;

- при решении какой-либо определенной задачи органы управления выполняют функции не прямого управления, а координации процессов самоорганизации объектов управления, при этом объекты управления могут формировать собственные кооперативные стратегии решения поставленной задачи информация о состоянии целевого процесса «продвигается» вверх пока не достигает органа управления, уполномоченного принимать решение по данной задаче и которому подчинены все объекты управления, взаимодействующие в рамках решения этой задачи.

Сравнительный анализ «классической» и сетцентрической архитектур [15] показал, что переход к сетцентрической архитектуре приводит к росту интенсивности и качества информационного обмена. Это связано с тем, в сетцентрической архитектуре каждый элемент связан с другими по типу «каждый – с каждым», а в иерархической по типу «каждый – только со своим органом управления». Таким образом, проблема обеспечения интероперабельности именно для СЦИУС имеет первостепенное значение. Этот вывод подтверждается тем, что США начиная в 1990-х годах работы по комплексированию различных систем управления в СЦИУС развернули масштабные теоретические исследования в области интероперабельности (эволюция этих исследований кратко представлена в работе [14]). Координацию этих исследований сначала в США, а, в дальнейшем, и на международном уровне осуществлял консорциум «Network Centric Operations Industry Council» (NCOIC) [16]. Данный консорциум разработал большое количество руководящих документов для обеспечения интероперабельности в

СЦИУС, основными из которых является «Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises Model» (SCOPE-модель) [17] и «NCOIC Interoperability Framework» (NIF) [18]. Предлагается, взяв за основу подход к обеспечению интероперабельности, зафиксированный в национальном стандарте ГОСТ Р 55062-2012 [2], использовать положения этих документов с учетом национальной специфики.

2. Анализ состояния и национальной политики России в области интероперабельности

В Программе «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р., на государственном уровне, признано значительное отставание РФ от лидирующих стран в области развития и применения информационных технологий. В частности, по состоянию на 2016-2017 гг. РФ занимала 41-е место по готовности к цифровой экономике со значительным отрывом от десятки лидирующих стран, в которую входили такие страны как Сингапур, Финляндия, Швеция, Норвегия, США, Нидерланды, Швейцария, Великобритания, Люксембург и Япония. С точки зрения экономических и инновационных результатов использования цифровых технологий, РФ занимала 38-е место с большим отставанием от стран-лидеров, таких, как Финляндия, Швейцария, Швеция, Израиль, Сингапур, Нидерланды, США, Норвегия, Люксембург и Германия. В международном рейтинге инвестиций в инновации РФ занимала 43-е место, значительно, отстав от многих наиболее конкурентоспособных экономик мира, таких, как Швейцария, Сингапур, США, Нидерланды, Германия, Швеция, Великобритания, Япония, Гонконг и Финляндия.

На шкале времени вышеуказанное отставание соответствует примерно 15 годам. Примерно аналогичное время отставания в развитии справедливо по отношению и к такому направлению, как сетцентрические системы. В рубрикаторе РФФИ рубрика «07-298 Сетцентрические принципы в системах управления и принятия решения в условиях неполной информации,

дополненной и искаженной реальности (по отраслям)» появилась лишь относительно недавно, в то время как консорциум NCOIC образован в 2004 г. и нацелен уже в основном на решение прикладных задач, а не на фундаментально-теоретические исследования. То же самое относится и к проблеме интероперабельности – во всех лидирующих странах проблема интероперабельности составляет часть государственной политики (в качестве примера можно привести действующий и постоянно актуализируемый документ Евросоюза «The New European Interoperability Framework» (Рекомендации по обеспечению интероперабельности в Европе) [19], а в РФ выше программ фундаментальных исследований данная проблема интероперабельности не поднимается. В программе «Цифровая экономика Российской Федерации» термин «интероперабельность» упоминается 2 раза, но ни документов, ни организации, которой поручено решать данную проблему там не определяется. Отдельно стоит упомянуть проблему интероперабельности в СЦИУС которой в РФ фактически не уделяется никакого внимания, в то время как в консорциуме NCOIC эта работа составляет основную миссию организации.

Отставание РФ как в развитии, так и в исследовании вопросов интероперабельности приводит к снижению эффективности и конкурентоспособности как наукоемких отраслей в гражданской промышленности, так и в области обороны, что в перспективе может иметь критические последствия, в связи с чем следует принимать кардинальные меры к устранению этого отставания. В первую очередь, следует заимствовать и внедрять опыт лидирующих стран. Так уже происходило и с атомным оружием, и с его носителями (самолетом и ракетами), а также с многими другими видами вооружения. Уже в дальнейшем, когда был накоплен достаточный опыт, наша страна сама занимала лидирующие позиции в ряде областей. Примерами может служить атомная отрасль и ракетостроение.

Таким образом, для ускорения развития наукоемких отраслей РФ и ликвидации отставания нашей страны в области современных

информационных технологий предлагается применить опыт консорциума NCOIC к решению проблемы интероперабельности в СЦИУС. Следует еще раз подчеркнуть, что применение зарубежных наработок предлагается осуществить применительно к отечественному подходу к обеспечению интероперабельности, зафиксированному в ГОСТ Р 55062-2012, и не имеющему прямых зарубежных аналогов. Разумеется, при использовании опыта NCOIC надо учитывать возможность применения этого опыта в российских условиях и имеющиеся национальные нормативные документы.

3. Адаптация руководящих документов консорциума NCOIC к отечественному подходу по решению проблемы интероперабельности

Международный консорциум NCOIC создан в 2004 г. и насчитывает в настоящее время более 50 членов из 12 стран [16]. Консорциумом разработан ряд документов, которые, в первую очередь, ориентированы на предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК), но его рекомендации по обеспечению интероперабельности важны и для других областей, реализующих сетцентрические принципы, поскольку сейчас переход к СЦИУС становится трендом мирового развития во всех наукоемких областях.

Из всего множества документов, разработанных NCOIC, наиболее важными, с точки зрения разработки подхода к решению в РФ проблемы интероперабельности, в особенности, применительно к СЦИУС, представляются два документа:

- «NCOIC Interoperability Framework» (NIF) – «Концепция NCOIC по обеспечению интероперабельности» [18];
- «Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises Model for Interoperability Assessment» (SCOPE-модель) – «Модель для оценки интероперабельности систем, возможностей, операций, программ и предприятий» [17].

Эти документы представляются важными, поскольку в отечественном подходе, изложенном в ГОСТ Р 55062-2012, представлены два основных результата:

- методика обеспечения интероперабельности (см. рис. 3);
- эталонная трехуровневая модель интероперабельности (см. рис. 4).

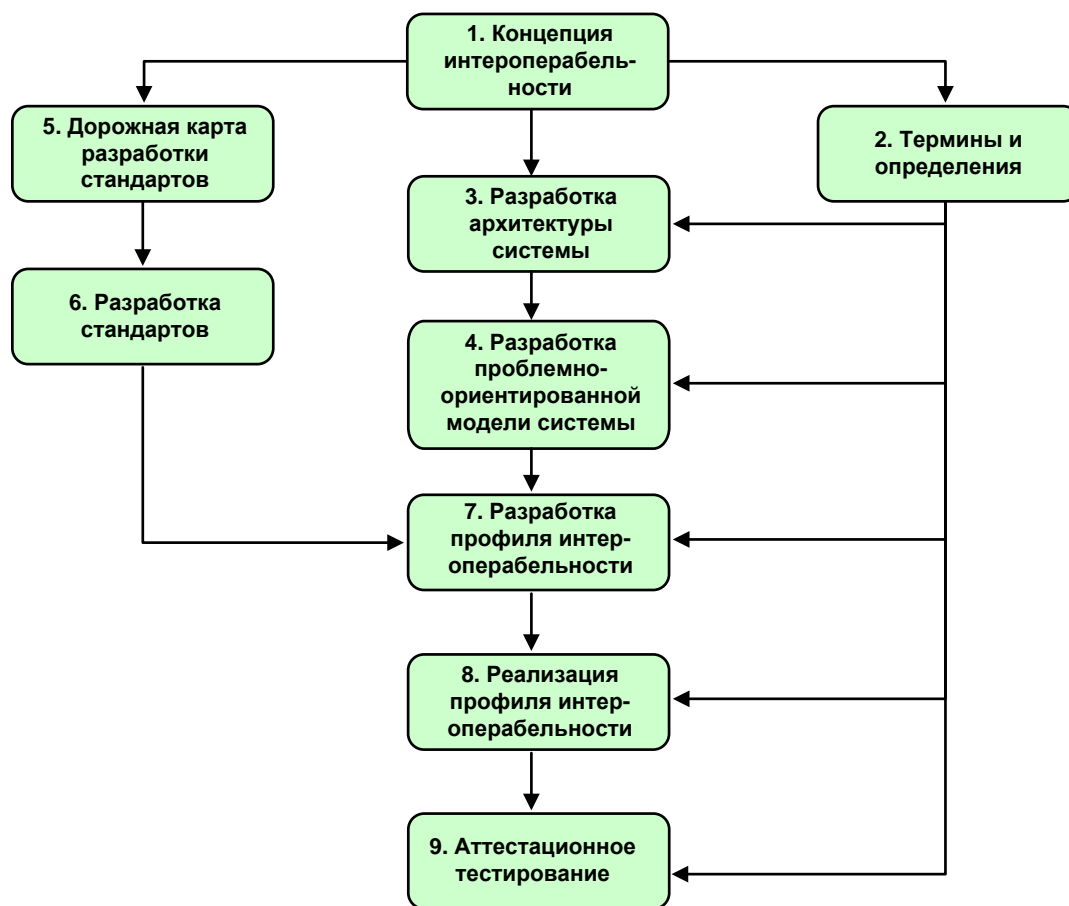


Рис. 3. Методика обеспечения интероперабельности [2].

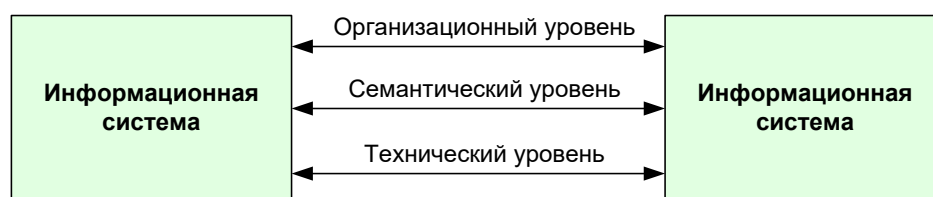


Рис. 4. Эталонная трехуровневая модель интероперабельности [2].

Как мы видим на рис. 3, методика начинается с построения концепции (этап 1), следовательно, и подход к обеспечению СЦИУС должен начаться с этого этапа – формирование отечественной концепции интероперабельности, с учетом положений концепции NIF. Этап 3 «разработка архитектуры системы» и этап 9 «аттестационное тестирование» соответствуют необходимости формирования

модели интероперабельности с последующей качественно/количественной оценкой отдельных аспектов интероперабельности по конкретным показателям. Прототипом такой модели, на основе которой можно провести подобную оценку является SCOPE-модель.

3.1. Адаптация концепции NIF к отечественному подходу по решению проблемы интероперабельности, представленному в ГОСТ Р 55062-2012

Документ NIF [18] издан в 2008 г., и больше не обновлялся. Данный документ всего содержит 125 стр., из них 63 стр. – основного текста, носящего концептуальный характер и не содержащего наименования конкретных стандартов. Учитывая, значительное отставание РФ по данной тематике и то, что документ NIF носит концептуальный характер, представляется что основные его положения могут использоваться при разработке национальной концепции обеспечения интероперабельности в РФ.

Концепция NIF представляет собой руководство для системных архитекторов и системных инженеров по разработке интероперабельных продуктов и архитектур, на основе уже представленных в документе принципов, образцов и шаблонов, которые, в свою очередь, базируются на использовании ИКТ-стандартов. Другими словами, NIF предоставляет руководство по обеспечению интероперабельности с тем, чтобы любая организация могла разрабатывать узлы и системы, такими, чтобы они были интероперабельными с узлами и системами, разработанными другими организациями. При этом, поскольку NIF не может отвечать конкретным техническим требованиям конкретных систем, NIF определяется как «концепция концепций» («Framework of Frameworks» или «Overarching Framework») т.е. дословно «обобщенная концепция», в которую входят специализированные конкретные концепции для каждой технической дисциплины (рис. 5). В дальнейшем для NIF будет использоваться термин «общая концепция», а для частных аспектов интероперабельности для различных технических дисциплин – термин «специализированная концепции».

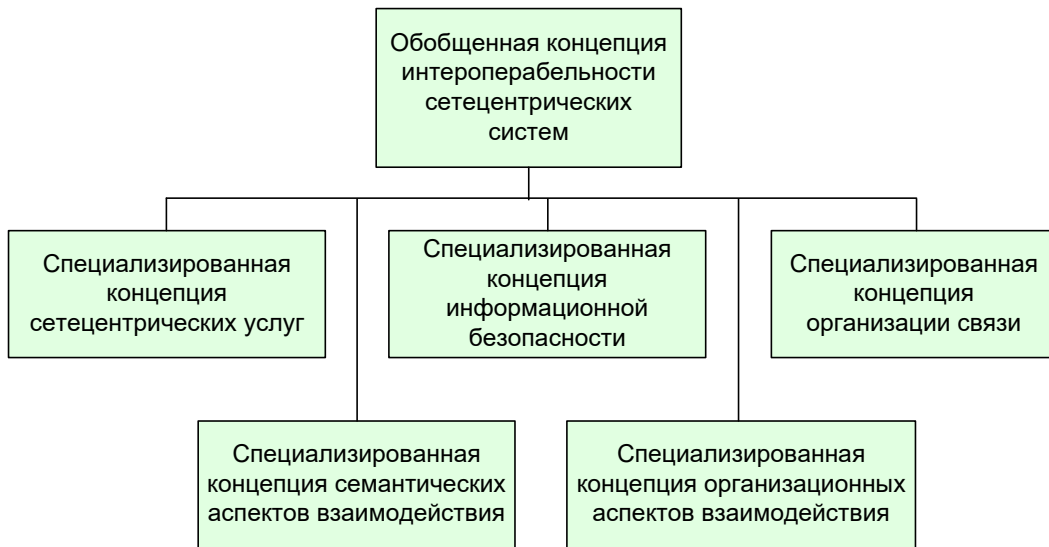


Рис. 5. Общая и специализированные концепции [18].

Кроме того, NIF содержит детальное описание «общей концепции», в том числе, «Overarching Architecture Concept» – обобщенной архитектуры СЦИУС. Что представляется очень важным, в NIF также представлена модель интероперабельности для СЦИУС (рис. 6), представляющая расширенную до 9 уровней эталонную модель, приведенную на рис. 4.

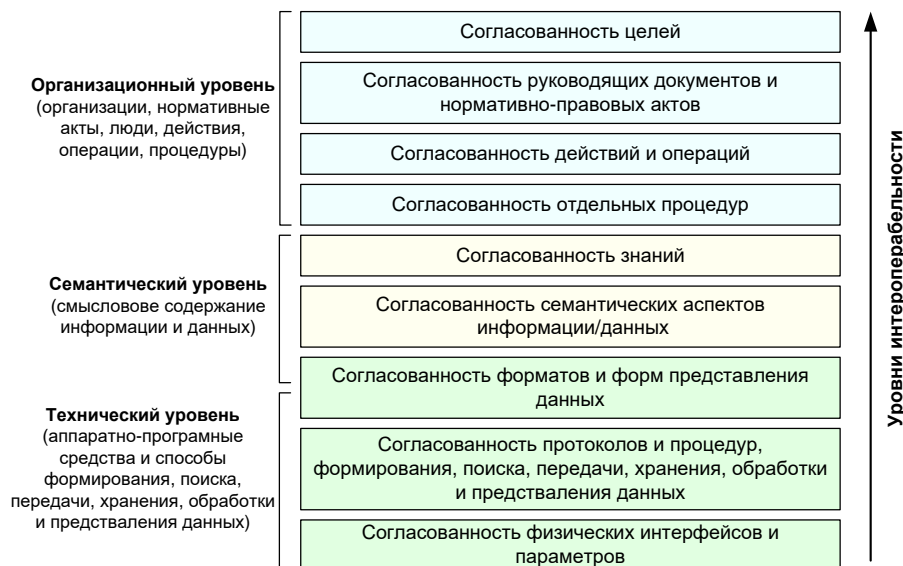


Рис. 6. Модель интероперабельности СЦИУС согласно NIF [18].

Сравнивая рис. 3 и рис. 6 можно сделать вывод, что нижний «технический» уровень эталонной модели расщеплён на 2 подуровня, средний «семантический» уровень расщеплен на 3 подуровня и верхний

«организационный» уровень расщеплён на 4 подуровня. Это, в принципе, соответствует положению единого подхода (см. ГОСТ Р55062-2012) о возможности создания на базе эталонной модели проблемно-ориентированной модели, в данном случае учитывающей особенности СЦИУС. И, как нам представляется целесообразным, в предлагаемом подходе и в разрабатываемых документах использовать модель, приведенную на рис. 6.

Таким образом, можно констатировать, что документ NIF, разработанный консорциумом NCOIC, содержит важные компоненты (концепцию, архитектуру, модель), отражающие специфику СЦИУС, которые могут быть использованы, путем их адаптации, в отечественном подходе по решению проблемы интероперабельности СЦИУС по ГОСТ Р55062-2012 (см. рис. 7).

3.2. Адаптация SCOPE-модели к отечественному подходу по решению проблемы интероперабельности, представленному в ГОСТ Р 55062-2012

Документ «SCOPE-модель» [17] выпущен в 2008 г., содержит 154 стр. Содержательно SCOPE-модель на верхнем уровне иерархии состоит из 4-х групп параметров интероперабельности:

- 1) параметры сетевого взаимодействия (net-readiness) – характеризуют способность системы формировать сетевые структуры, а также управлять ими и информационными ресурсами в интересах обеспечения информационного взаимодействия объектов системы;
- 2) внутренние параметры системы (capability/domain-independent scope) – характеризуют внутренние параметры системы, которые определяют уровень ее интероперабельности;
- 3) внешние параметры системы (capability/domain-dependent scope) – характеризуют такие внешние факторы как среду и другие системы, которые влияют на данную систему в части уровня ее интероперабельности;
- 4) технико-экономические параметры (technical/economic feasibility) – описывают технологические решения, на основе которых достигается свойство интероперабельности, а также экономические аспекты целесообразности или риска от их внедрения.

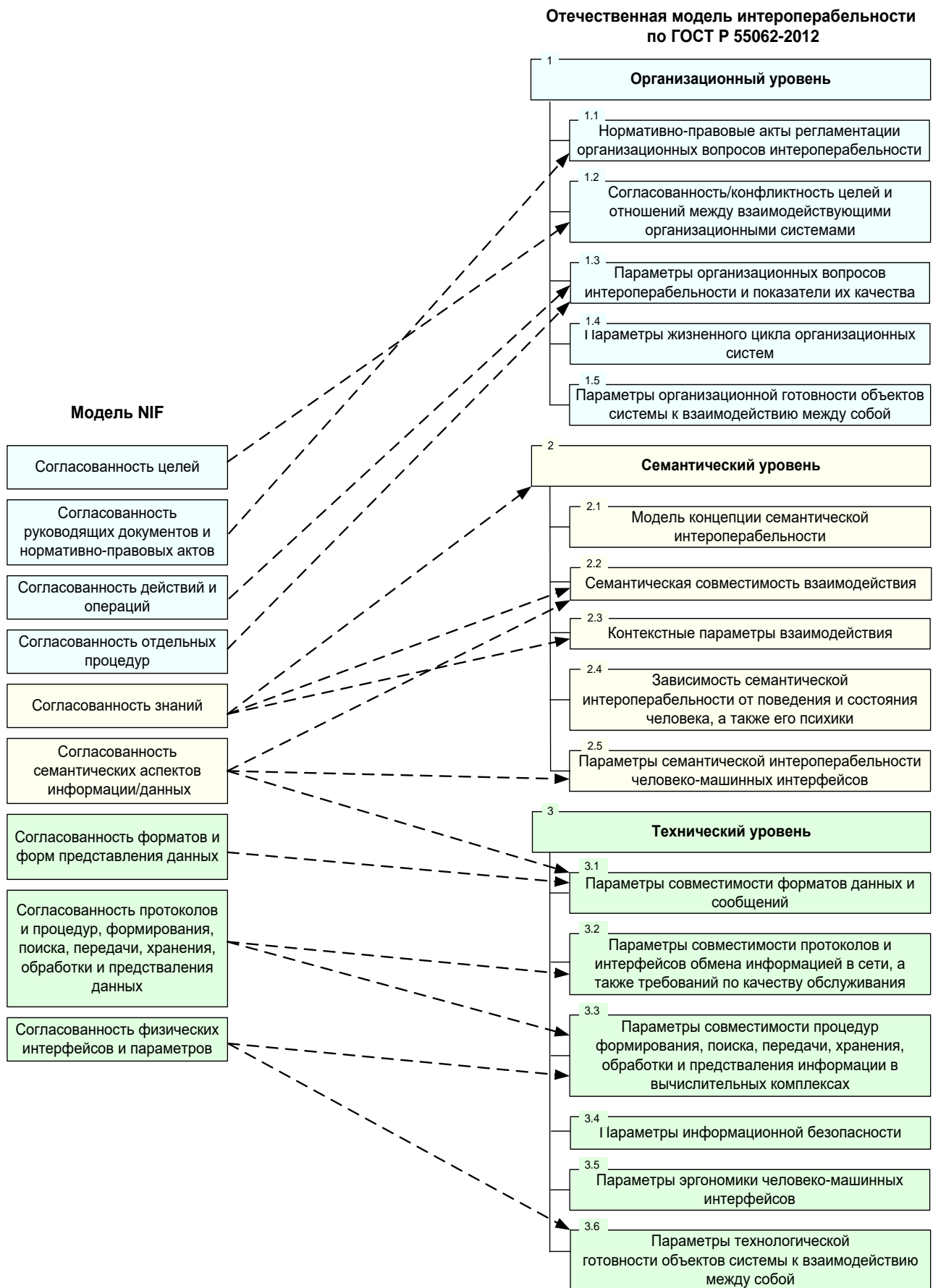


Рис. 7. Адаптация модели NIF к отечественной модели интероперабельности.

В рамках каждой из групп верхнего уровня в SCOPE-модели предложены отдельные частные параметры, которые характеризуют, отдельные частные аспекты интероперабельности. При этом разработчики SCOPE-модели указывают, что они не признают окончательность SCOPE-модели, а надеются на ее дальнейшее развитие в направлениях более полного учета отдельных аспектов интероперабельности и расширения сферы охвата модели [17].

Анализируя SCOPE-модель, следует обратить внимание на два обстоятельства.

В SCOPE-модели представлена формализация интероперабельности в самом общем, абстрактном смысле, что позволяет применять данную модель не только к системам, но к возможностям, процессам функционирования, программам или организациям.

SCOPE-модель предназначена для оценки (assessment) степени интероперабельности. В этом состоит особая ценность данной модели. Действительно, интероперабельность является не абсолютным, а относительным понятием, и SCOPE-модель предназначена для качественно-количественной оценки интероперабельности разных аспектов анализируемой системы на разных ее уровнях в соответствии с определенным набором параметров (dimensions).

Таким образом, эталонная модель интероперабельности, приведенная в ГОСТ Р55062-2012, также должна получить свое развитие с учетом SCOPE-модели (рис. 8).

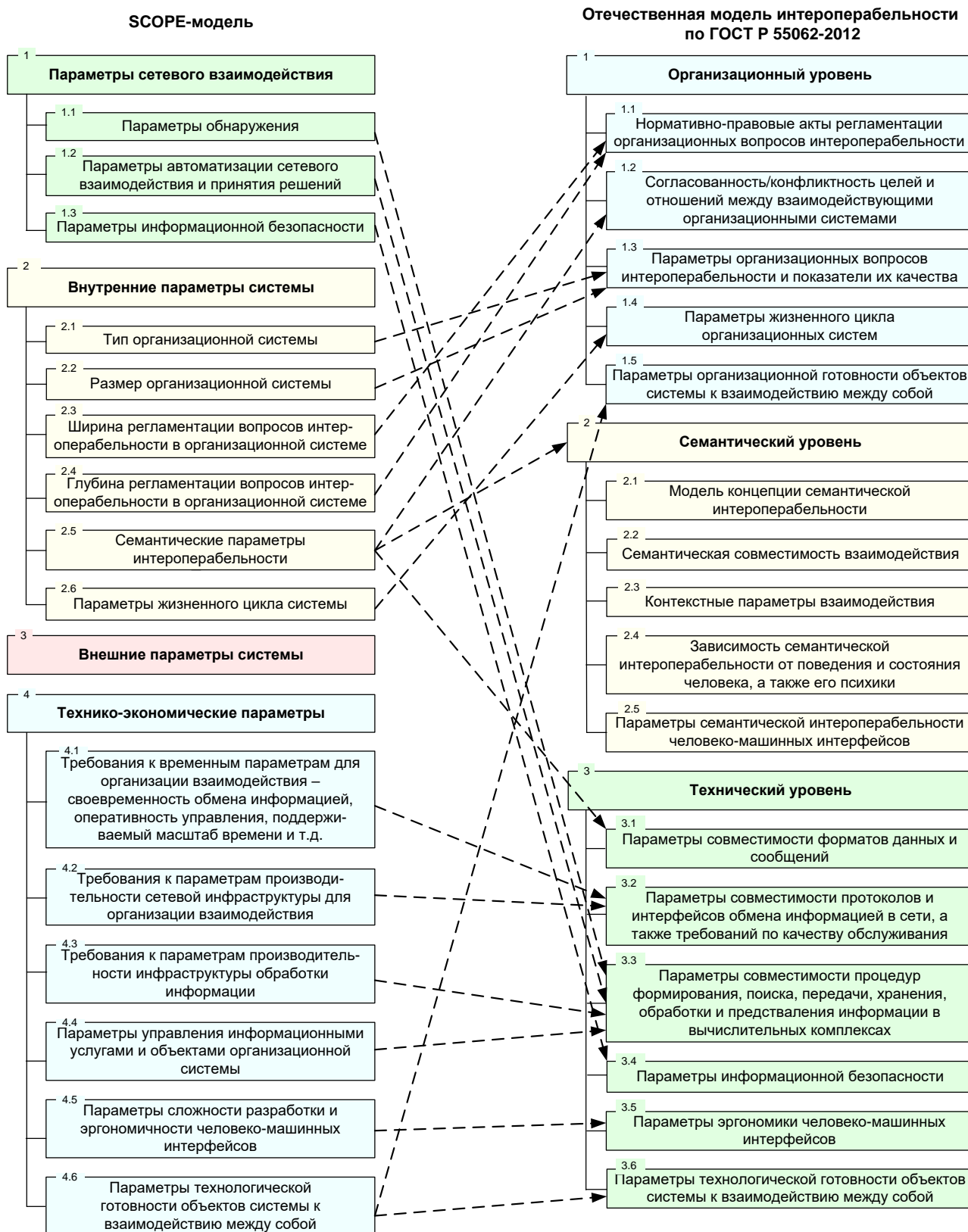


Рис. 8. Адаптация SCOPE-модели к отечественной модели нтероперабельности.

4. Применение процессного подхода для формализации уровня организационной интероперабельности по ГОСТ Р 55062-2012

При создании СЦИУС как интегрированной системы обычно применяются методы функциональной интеграции разнородных автономных информационных систем и ресурсов. Расширение масштабов интегрированной системы и необходимость применения в ее составе роботизированных систем и комплексов выводит проблему интеграции на качественно новый уровень. Функциональные методы обеспечения интеграции вследствие обострения проблемы интероперабельности фактически исчерпали свои возможности. В связи с этим, решение этой проблемы предлагается осуществлять на основе комплексного применения методов функционального, проектного и процессного подходов с обоснованием и учетом полной группы процессов жизненных циклов подсистем, объединяемых в рамках СЦИУС.

Подход к управлению – это способ (метод) делегирования полномочий и ответственности. При этом, в менеджменте существует три подхода к управлению: функциональный, проектный, процессный. Реально в практической работе менеджера, почти всегда используется суперпозиция всех этих трех подходов к управлению. Опишем кратко эти подходы [20].

Функциональный подход к управлению – делегирование полномочий и ответственности через функции. Функция – подсистема организации, выделенная по принципу схожести работ, выполняемых сотрудниками. Существует четыре основных функции в организации (вариант): маркетинг, производство, персонал, финансы.

Проектный подход к управлению – делегирование полномочий и ответственности через проекты, где проект – это «разовая» деятельность, для реализации которой создается кросс-функциональная команда, один из участников которой назначается руководителем проекта, другой – главным инженером проекта (при необходимости).

Процессный подход к управлению – делегирование полномочий и ответственности через бизнес-процессы, где бизнес-процесс – это устойчивая

(многократно повторяющаяся) деятельность, преобразующая ресурсы (являющиеся «входами») в результаты (являющиеся «выходами»). В рамках процессного подхода предполагается выделение проблемного бизнес-процесса и его участников, назначение одного из участников бизнес-процесса владельцем и делегирование полномочий и ответственности по управлению данным бизнес-процессом ему.

Таким образом, процессный подход к управлению бизнес-процессами будет являться фундаментальной основой организационной интероперабельности, а его глубокая научно-теоретическая проработка – актуальным направлением исследований.

С учетом вышесказанного, уровень организационной интероперабельности по ГОСТ Р 55062-2012 предлагается декомпозировать следующим образом:

1. нормативно-правовые акты регламентации организационных вопросов интероперабельности;
2. согласованность/конфликтность целей и отношений между взаимодействующими организационными системами;
3. параметры организационных вопросов интероперабельности и показатели их качества;
4. параметры жизненного цикла организационных систем;
5. параметры организационной готовности объектов системы к взаимодействию между собой.

При этом, процессный подход может быть с успехом применен к формализации организационных процессов и оценки качества интероперабельности в п. 3-5. Более того, в направлении развития процессного подхода предлагается в рамках полной группы процессов рассматривать наряду с бизнес-процессами организационного уровня также организационно-ресурсные и технико-технологические процессы. При этом организационно-ресурсные процессы будут отражать особенности взаимодействия субъектов по созданию и применению сетцентрических систем с использованием средств

управления информационными ресурсами и базами знаний на семантическом уровне. А технико-технологические процессы – отражать особенности взаимодействия на уровне технических средств и применяемых технологий на техническом уровне интероперабельности. Таким образом процессный подход может быть использован не только в качестве основы для формализации процессов организационного уровня интероперабельности, но и частично – для формализации отдельных аспектов на семантическом и техническом уровнях.

5. Особенности формирования уровня семантической интероперабельности по ГОСТ Р 55062-2012

В SCOPE-модели к основным аспектам семантической интероперабельности относятся:

1. модель концепции семантической интероперабельности – SICF-модель (SICF – Semantic Interoperability Conceptual Framework);

2. семантическая совместимость взаимодействия (semantic interaction compatibility);

3. зависимость семантической интероперабельности от поведения и состояния человека, а также его психики (human semantic dependencies);

4. адаптивность и гибкость семантической интероперабельности (operational context flexibility);

5. параметры использования терминологии, лингвистических выражений и знаний в узкоспециализированных предметных областях (globalization versus specialization of domain knowledge for communities of interest);

6. параметры бизнес-культуры, влияющие на семантическую интероперабельность (organizational business model and culture).

Однако, во-первых, не все вышеуказанные аспекты семантической интероперабельности представлены в SCOPE-модели с одинаковой степенью подробности и детализации, во-вторых, представленная рубрикация аспектов интероперабельности отличается некоторой непоследовательностью. В частности, в SCOPE-модели довольно подробно рассмотрена SICF-модель

(п. 1), а также семантическая совместимость взаимодействия (п. 2) на основе мультиагентного подхода, однако, лингвистические параметры (п. 5) и параметры бизнес-культуры (п. 6) рассмотрены весьма лаконично и поверхностно. Параметры контекста взаимодействия и его учета при формировании семантики, не выделены в отдельный раздел, а непоследовательно в виде различных подпунктов включены в п. 4 и 5. Отдельно выделены аспекты оценки влияния на семантику лингвистики (п. 5) и культурных особенностей взаимодействующих людей (п. 6), однако фактически оба этих аспекта относятся к учету зависимости семантической интероперабельности от поведения и состояния человека (п. 3). Подробно рассмотрены человеко-зависимые аспекты семантической интероперабельности, однако влияние на семантику особенностей реализации человеко-машинных интерфейсов – не рассмотрено.

При формировании отечественного уровня семантической интероперабельности, предлагается учесть вышеуказанные недостатки, рубрикации SCOPE-модели и сформировать следующую структуру семантического уровня интероперабельности по ГОСТ Р 55062-2012:

1. модель концепции семантической интероперабельности (SICF-модель);
2. семантическая совместимость взаимодействия;
3. контекстные параметры взаимодействия;
4. зависимость семантической интероперабельности от поведения и состояния человека, а также его психики;
5. параметры семантической интероперабельности человеко-машинных интерфейсов.

В рамках этой новой рубрикации будут внесены следующие изменения: п. 4 из SCOPE-модели войдет в п. 3 новой модели; п. 5 и 6 из SCOPE-модели войдут в п. 4 новой модели; п. 5 новой модели частично унаследует материал других разделов SCOPE-модели, частично – будет разработан заново.

6. Особенности формирования технического уровня интероперабельности по ГОСТ Р 55062-2012

В SCOPE-модели технические параметры интероперабельности рассматриваются совместно с экономическими. Рубрикация этих технико-экономических параметров, следующая:

1. временные параметры организации взаимодействия – своевременность обмена информацией, оперативность управления, поддерживаемый масштаб времени и т.д. (inter-element time binding sensitivity);

2. параметры производительности сетевой инфраструктуры для организации взаимодействия (transport capacity needed);

3. параметры производительности инфраструктуры обработки информации (run-time computing resources needed);

4. параметры управления информационными услугами и объектами организационной системы (enterprise service management feasibility);

5. параметры сложности разработки и эргономичности человеко-машинных интерфейсов (interface development complexity);

6. параметры технологической готовности объектов системы к взаимодействию между собой (technology readiness level for system connections).

Однако, во-первых, и на этом уровне, не все вышеуказанные аспекты интероперабельности представлены в SCOPE-модели с одинаковой степенью подробности, во-вторых, представленная рубрикация аспектов интероперабельности отличается некоторой непоследовательностью, в частности, представленные параметры в большей степени сосредоточены на производительности сетевой инфраструктуры и обмене информацией. Вместе с тем такие важные вопросы как: параметры совместимости форматов данных и сообщений; параметры производительности вычислительных систем обработки информации; требования к качеству процессов формирования, сбора, хранения, обработки и представления информации; параметры управления и предоставления информационных услуг; параметры автоматизации и интеллектуализации принятия решений; вопросы обеспечения

информационной безопасности [21] – все эти важные технические параметры остались либо за пределами материала SCOPE-модели, либо представлены в ней с недостаточной степенью подробности.

При формировании технического уровня интероперабельности по ГОСТ Р 55062-2012, предлагается учесть вышеуказанные недостатки в рубрикации SCOPE-модели и сформировать следующую структуру технического уровня интероперабельности:

1. параметры совместимости форматов данных и сообщений;
2. параметры совместимости протоколов и интерфейсов обмена информацией в сети, а также требований по качеству обслуживания;
3. параметры совместимости процедур формирования, поиска, передачи, хранения, обработки и представления информации в информационно-вычислительных системах;
4. параметры автоматизации сетевого взаимодействия и принятия решений;
5. параметры информационной безопасности;
6. параметры сложности разработки и эргономичности человеко-машинных интерфейсов;
7. параметры технологической готовности объектов системы к взаимодействию между собой.

В рамках этой новой рубрикации предлагается внести следующие изменения: п. 1 и 2 из SCOPE-модели войдут в п. 2 новой модели; п. 3 и 4 из SCOPE-модели войдут в п. 3 новой модели; п. 1, 4-7 новой модели частично унаследует материал других разделов SCOPE-модели, частично – будет разработаны заново.

В целом, итоговый вариант предлагаемой декомпозиции уровней эталонной модели интероперабельности по ГОСТ Р 55062-2012, с учетом всех вышеуказанных изменений, представлен на рис. 9.

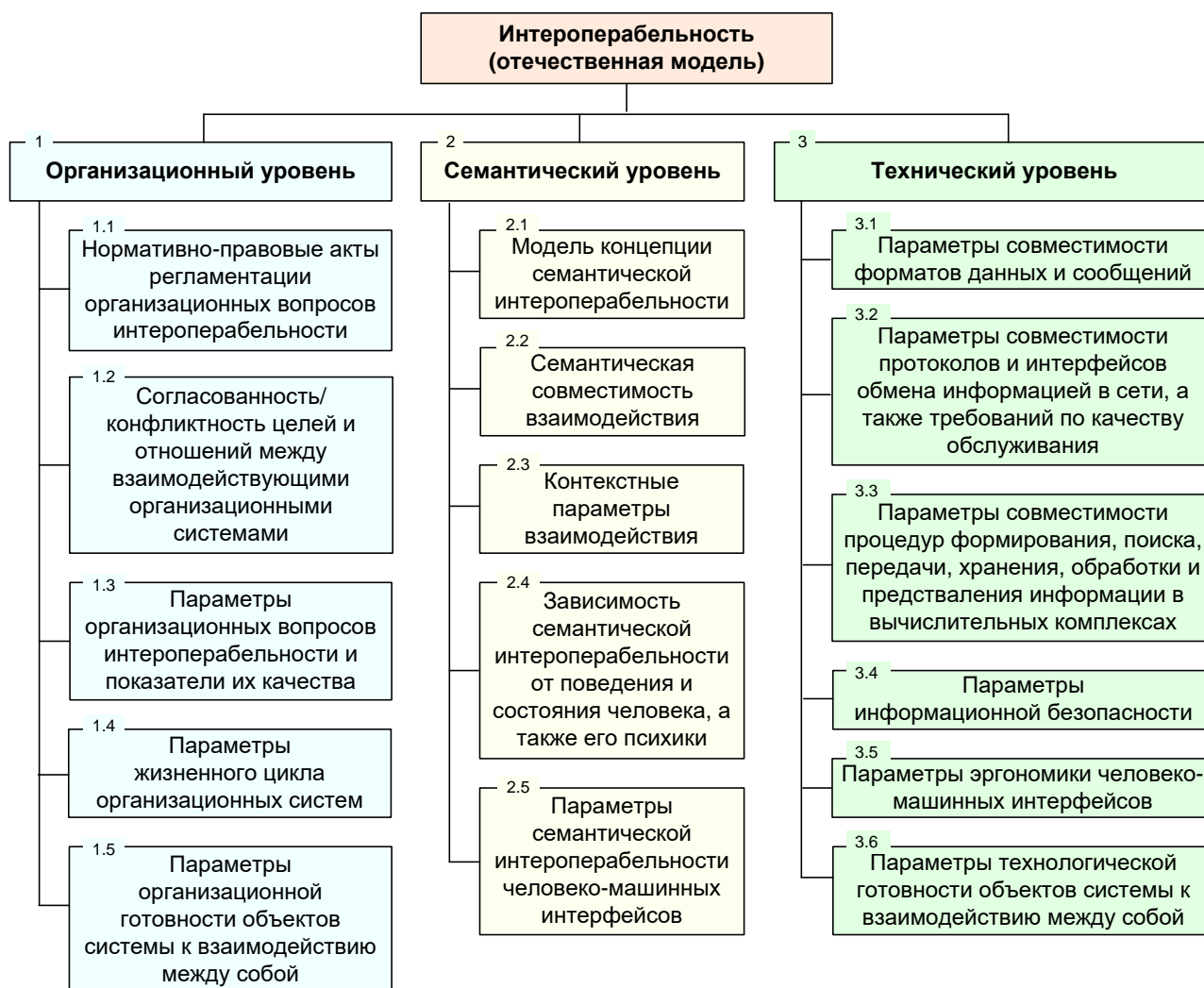


Рис. 9. Итоговый вариант предлагаемой декомпозиции уровней эталонной модели interoperability по ГОСТ Р 55062-2012.

7. Проблема терминологии

При разработке отечественных документов по проблеме interoperability в СЦИУС крайне важно придерживаться единой терминологии (гlossария). За основу это гlossария целесообразно взять термины и определения, содержащиеся в соответствующем разделе ГОСТ Р 55062-2012, а также материалы из SCOPE-модели, дополнив их характерными для рассматриваемой проблематики словосочетаниями.

Здесь уместно упомянуть термин «framework», являющийся многозначным понятием. Нам представляется, что для рассматриваемой тематики и документов в более общем случае переводить термин «framework»,

как «концепция», в более конкретных случаях, как «рекомендации» или «руководство».

8. Перспективы применения разрабатываемых документов

Разрабатываемые в рамках развития ГОСТ Р 55062-2012 проекты документов: «Концепция обеспечения интероперабельности сетевых управляющих систем» и «Модели для построения и оценки интероперабельности сетевых управляющих систем» могут использоваться как самостоятельно, как это имеет место с документами консорциума NCOIC, так и в качестве составных частей проекта национального стандарта на основе ГОСТ Р 55062-2012 с рабочим названием «Информационные технологии. Сетевые управляющие системы. Интероперабельность». Все эти документы будут ориентированы, в первую очередь, на применение в отечественных предприятиях ОПК и в силовых ведомствах, для которых реализация сетевых принципов, в том числе ключевого принципа – интероперабельности должна служить стратегическим направлением [3-5, 22].

Вышеуказанный проект стандарта, учитывая широкую тенденцию перехода к сетевым системам, может приобрести статус ГОСТ Р и его целесообразно разработать в интересах программы «Цифровая экономика РФ» через подкомитет ПК-206 «Интероперабельность» технического комитета Росстандарта ТК-22 «Информационные технологии». При этом, следует отметить, что целесообразность использования возможностей ПК-206 одобрена Решением НТС ВПК.

Вопрос, каким должен быть статус названных выше документов, остается открытым. Если бы какая-либо отечественная организация была членом консорциума NCOIC, это могли бы быть документы консорциума, однако на наше обращение в NCOIC как в международную организацию с намерением стать членом, ответа не последовало. Возможно, это могут быть документы Росстандарта или Минпромторга. И тогда они войдут в один из верхних уровней модели интероперабельности (см. рис. 6).

В целом, разработка как проекта ГОСТ Р «Информационные технологии. Сетецентрические управляющие системы. Интероперабельность», так и его отдельных составляющих («Концепция обеспечения интероперабельности сетевых управляющих систем» и «Модели для построения и оценки интероперабельности сетевых управляющих систем»), представляется весьма полезным. Данные документы фактически предоставляют специалистам, осуществляющим сопряжение любых сложных информационных систем (каковыми в частности являются СЦИУС), готовую схему, позволяющую ответить на вопросы (рис. 10, 11): «что сопрягать?», «как сопрягать?», «как оценить качество взаимодействия?». При этом высокий уровень теоретической общности концепции и моделей позволят с легкостью интерпретировать их применительно к самым различным предметным областям, обеспечив, во-первых, универсальность и гибкость их применения, а во-вторых, их широкую востребованность в самых различных отраслях.

Заключение

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время одна из мировых тенденций в области построения информационных и управляющих систем состоит в переходе от иерархической архитектуры к сетевых.
2. Ключевым принципом в сетевых системах служит обеспечение интероперабельности.
3. Предлагается обеспечить интероперабельность сетевых информационно-управляющих систем (СЦИУС), на основе единого отечественного подхода, зафиксированного в ГОСТ Р 55062-2012 с привлечением и адаптацией положений материалов международного консорциума NCOIC – концепции NIF и SCOPE-модели.
4. Содержательно материал концепции NIF и SCOPE-модели частично устарел, частично не в полной мере отражает суть процессов в СЦИУС, частично не соответствует трехуровневой модели, представленной в ГОСТ Р 55062-2012. В связи с этим материал концепции NIF и SCOPE-модели при

использовании при разработке национальных документов в области обеспечения интероперабельности СЦИУС следует существенно переработать.

5. Результатом разработки будут 2 документа: «Концепция обеспечения интероперабельности сетцентрических управляющих систем» и «Модели для построения и оценки интероперабельности сетцентрических управляющих систем», которые имеют самостоятельное значение, и на основе которых будет разработан проект ГОСТ Р «Информационные технологии. Сетцентрические управляющие системы. Интероперабельность».

6. Разрабатываемые документы и ГОСТ Р в силу высокого уровня общности могут быть с легкостью интерпретированы применительно к самым различным предметным областям, обеспечив, во-первых, универсальность и гибкость их применения, а во-вторых, их широкую востребованность в самых различных отраслях, в первую очередь – в ОПК и в силовых ведомствах.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 19-07-00774.

Литература

1. ISO/IEC/IEEE 24765:2017. Systems and software engineering – Vocabulary. – ISO, 2017. – 522 p.
2. ГОСТ Р 55062-2012. Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.
3. Макаренко С. И., Иванов М. С. Сетцентрическая война – принципы, технологии, примеры и перспективы. Монография. – СПб.: Научное издание, 2018. – 898 с.
4. Буренок В. М. Базис следующего поколения войн // Вестник академии военных наук. 2011. № 3. С. 32-37.
5. Рахманов А. А. Сетцентрические системы управления – закономерные тенденции, проблемные вопросы и пути их решения // Военная мысль. 2011. № 3. С. 41-50.

6. Гуляев Ю. В., Журавлев Е. Е., Олейников А. Я. Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности информационных систем широкого класса. Аналитический обзор // Журнал радиоэлектроники. 2012. № 3. С. 12. – URL: <http://jre.cplire.ru/jre/mar12/2/text.pdf> (дата обращения 19.10.2019).
7. Гуляев Ю. В., Олейников А. Я. Состояние и перспективы развития технологии открытых систем // Информационные технологии и вычислительные системы. 2006. № 3. С. 7-18.
8. Олейников А. Я., Разинкин Е. И. Профиль интероперабельности в области электронной коммерции // Информационные технологии и вычислительные системы. 2013. № 4. С. 74-79.
9. Журавлев Е. Е., Иванов С. В., Каменщиков А. А., Корниенко В. Н., Олейников А. Я., Широбокова Т. Д. Особенности методики обеспечения интероперабельности в ГРИД-среде и облачных вычислениях // Компьютерные исследования и моделирование. 2015. Т. 7. № 3. С. 675-682.
10. Быстров Р. П., Корниенко В. Н., Олейников А. Я. Интероперабельность, информационное противоборство и радиоэлектронная борьба // Успехи современной радиоэлектроники. 2018. № 5. С. 15-34.
11. Олейников А. Я., Егоров Г. А., Журавлев Е. Е., Королев А. С., Кочуков А. Н., Широбокова Т. Д. Применение технологии открытых систем для создания интегрированных информационных систем промышленных предприятий // Радиопромышленность. 2006. № 2. С. 90-107.
12. Олейников А. Я., Каменщиков А. А. Роль интероперабельности в цифровой экономике и обороноспособности страны // ИТ-Стандарт. 2017. № 4 (13). С. 31-35.
13. Технология открытых систем. Монография / Под ред. А.Я. Олейникова – М.: Янус-К, 2004. – 288 с.
14. Макаренко С. И., Олейников А. Я., Черницкая Т. Е. Модели интероперабельности информационных систем // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 4. С. 215-245. <https://doi.org/10.24411/2410-9916-2019-10408>.

15. Козлов С. В., Макаренко С. И., Олейников А. Я., Растягаев Д. В., Черницкая Т. Е. Проблема интероперабельности в сетевых системах управления // Журнал радиоэлектроники. 2019. № 12. С. 16. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2019.12.4>.
16. Network-Centric Operations Industry Consortium (NCOIC). 2020. – URL: <https://www.ncoic.org> (дата доступа: 20.05.2020).
17. Systems, Capabilities, Operations, Programs, and Enterprises (SCOPE) Model for Interoperability Assessment. Version 1.0. – NCOIC, 2008. – 154 p.
18. NCOIC Interoperability Framework (NIF v. 2.1) and NIF Solution Description Reference Manual (NSD-RM v. 1.2). – NCOIC, 2008. – 125 p.
19. New European Interoperability Framework. Promoting seamless services and data flows for European public administrations. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. – 48 p. – URL: https://ec.europa.eu/isa2/sites/isa/files/eif_brochure_final.pdf (дата доступа: 20.05.2020).
20. Козлов С. В., Кубанков А. Н. О направлениях интеграции информационных, управляющих и телекоммуникационных систем на процессной основе // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2018. Том 12. № 9. С. 34-40. <https://doi.org/10.24411/2072-8735-2018-10142>.
21. Маслобоев А. В. Средства поддержки интероперабельности сетевых систем управления региональной безопасностью // Надежность и качество сложных систем. 2020. № 1 (29). С. 91-105. DOI: <https://doi.org/0.21685/2307-4205-2020-1-11>.
22. Киселев В. Д., Рязанцев О. Н., Данилкин Ф. А., Губинский А. М. Информационные технологии в оборонно-промышленных комплексах России и стран НАТО. – М.: Издательство «Знание», 2017. – 256 с.

Для цитирования:

Башлыкова А.А., Козлов С.В., Макаренко С.И., Олейников А.Я., Фомин И.А. Подход к обеспечению интероперабельности в сетевых системах управления. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2020. №6. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2020.6.13>