

КИБЕРНЕТИЧЕСКАЯ СРЕДА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Скиба В. А.¹, Скиба Н. П.²

Ключевые слова: кибернетическая среда, сетевые ориентированные информационные услуги, информационно-управляющая система, информационно-коммуникационное пространство, информационный ресурс, информационная инфраструктура, программно-аппаратный комплекс, цифровая система связи, доступ.

Аннотация

Цель работы: совершенствование научно-методической базы теории построения сложных динамических систем, исследование и оптимизация эргатических систем.

Методы: системный анализ информационных отношений и информатизации управления сложноорганизованными объектами, концептуально-логическое моделирование.

Результаты: предложен новый концептуальный подход к формированию кибернетической среды функционирования корпоративных систем на основе современных программно-ориентированных технологий, позволяющий обеспечить процессы автоматизации управления, конфигурирования и масштабирования сетей и получения сетевых ориентированных информационных услуг; увеличить мощность физической инфраструктуры органов управления за счет виртуальной, снизить расходы на модернизацию, обслуживание и энергоснабжение.

DOI: 10.21681/1994-1404-2022-4-59-66

Введение

Оснащение органов и объектов управления различных корпоративных структур в России цифровой техникой связи и современными программно-аппаратными комплексами (ПАК) ознаменовало новый этап внедрения ИТ-технологий в деятельность органов управления, целью которого является повышение эффективности функционирования системы управления корпорации и создание единого информационного пространства [3, 6, 7] территориально разнесённых объектов управления.

Актуальность вопроса подчеркивают основные оперативно-стратегические факторы и условия, а также принятые концепции³ и стратегии, определяющие дальнейшее развитие систем управления распределёнными объектами корпораций как сложными динамическими объектами (СДО) [5], где конечной целью

является переход к сетевой организации обеспечения управления и создание единого информационно-коммуникационного пространства (ИКП), что позволяет рационально и гибко использовать управленческие и информационные ресурсы и в конечном итоге призвано обеспечить достижение информационного превосходства в любой сфере действий. Для достижения данной цели требуется решение определенных задач, обеспечивающих реализацию системно-технических [9] решений по построению перспективной корпоративной системы управления СДО на основе цифровых систем связи (ЦСС).

Обоснование формирования кибернетической среды

В ходе системного анализа предметной области выявлено противоречие в том, что направления совершенствования перспективного состава и структуры корпоративной системы управления, форм и способов ее применения основаны на цифровизации систем (комплексов) передачи и обработки информации, разработке интегрированных автоматизированных систем управления, ПАК и комплексов средств

³ См., например: Концепция формирования и развития единого информационного пространства России и существующих информационных ресурсов : Решение Президента РФ от 23 ноября 1995 № Пр-1694. М., 1995.

¹ Скиба Валерий Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор Академии военных наук, начальник кафедры робототехнических комплексов специального назначения Военной академии им. Петра Великого, г. Балашиха, Московская область, Российская Федерация.

E-mail: cdf777@yandex.ru

² Скиба Наталья Петровна, младший научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии им. Петра Великого, г. Балашиха, Московская область, Российская Федерация.

E-mail: cdf777@yandex.ru

автоматизации, рассчитанных на сетевую структуру системы управления. Вместе с тем в целенаправленных корпоративных структурах до сих пор функционирует строгая иерархия системы управления, не предусматривающая применения информационно-управляющих систем и мультиструктурного (межкорпоративного) взаимодействия, т. е. прямого взаимодействия на нижних звеньях взаимодействующих организаций.

Системы управления СДО, к которым относится любая система управления корпорации, должны полностью соответствовать предъявляемым *требованиям* по надежности и устойчивости функционирования в сложных условиях, в том числе в условиях деструктивного воздействия внешней среды (аварии, блокирование, сбои и др.).

Системообразующим ядром для корпоративной системы управления (КСУ), оснащенной информационно-управляющими системами (ИУС), является стек протоколов и телекоммуникационная среда единой системы информационного обмена, учитывающие не только специфику обмена информацией между ПАК объектов управления, но и специфику задач управления и обеспечения взаимодействия с другими объектами управления в едином информационно-коммуникационном пространстве.

Всё это обуславливает необходимость организации и рассмотрения нового многофункционального объединения, представляющего собой, по сути, *кибернетическую среду*, в связи с чем требуется формирование соответствующего научно-методического аппарата, определяющего порядок и пути интеграции существующих условий, средств и методов, основанных на современных информационных технологиях.

Формирование кибернетической среды КСУ связано со спецификой деятельности корпоративных систем в период разнообразных ограничений (санкций и др.), что обуславливает необходимость решения задач по разработке соответствующей *информационной инфраструктуры* [6, 7] для обеспечения функционирования и взаимодействия ИУС объектов управления; это в итоге позволит обеспечить:

1. Мультиструктурное взаимодействие объектов управления в реальном масштабе времени.
2. Взаимодействие с объектами вышестоящих структур управления (пунктами управления) в рамках единой взаимоувязанной системы государственного и военного управления (ЕВСГВУ).
3. Своевременную адаптацию к изменению оперативных требований к автоматизации управления и особенностей организации управления своими объектами.
4. Взаимоувязанное многовариантное планирование своих действий и автоматизацию процессов поддержки принятия решений [5].
5. Гарантированную защиту информации во всех звеньях управления от несанкционированного доступа и утечки [7, 8].

В целом, техническая основа кибернетической среды КСУ должна создаваться как *сетевориентированная*⁴ [12] и представлять собой совокупность информационных, вычислительных и телекоммуникационных ресурсов, объединенных в единое информационно-коммуникационное пространство, основой которого будет единая ЦСС корпорации, включающая единую транспортную сеть связи, сети доступа и объектовые сети объектов управления (ОУ) и обеспечивающая сопряжение с унифицированными комплексами средств доступа и связи объектов управления.

В данном случае информационно-коммуникационное пространство следует рассматривать как составную часть *информационной сферы* [6, 7], представляющую собой совокупность информационных телекоммуникационных систем и специальных информационно-управляющих систем, построенных и функционирующих на основе общих принципов и обеспечивающих информационное взаимодействие элементов системы управления и удовлетворение их информационных потребностей⁵ [2, 16].

Актуализация применения программно-определяемых технологий

В настоящее время в основе функционирования КСУ на базе программно-аппаратных комплексов лежит технология структурированных локальных вычислительных сетей, которая предопределяет аренду каналов связи из транспортной сети связи Единой сети электросвязи (ЕСЭ) страны и использование услуг «доверенных операторов» связи, что не гарантирует их функционирование в условиях чрезвычайных ситуаций. Проблема получения услуг связи в том, что, опираясь на функционал доверенного оператора и транспортные узлы ЕСЭ, необходимо учитывать происхождение всего телекоммуникационного оборудования, программного обеспечения, систем хранения данных и электроснабжения провайдеров, так как оно часто импортного производства и не сертифицировано на отсутствие различных технологических и программных «закладок», что вряд ли обеспечит его работоспособность в период сложной международной обстановки.

На функционирование многих систем корпорации по каналам связи ЕСЭ (системы передачи данных, IP-телефония и др.) можно рассчитывать только в мирное время, так как резервирования через каналы связи специального назначения они, как правило, не имеют, да и технология построения локальных сетей объектов управления и ПАК на базе аппаратных средств VPN (*Virtual Private Network* — «виртуальная частная сеть»)

⁴ Макаренко А.В. Введение в сетевые информационно-управляющие системы // Конструктивная кибернетика. URL: <http://www.rdcn.ru/estimation/2020/03042010.html>

⁵ Красотин А.А., Алексеев И.В. Программно-конфигурируемые сети как этап эволюции сетевых технологий // Моделирование и анализ информационных систем: электронный журнал. 2022. URL: <http://mais-journal.ru>

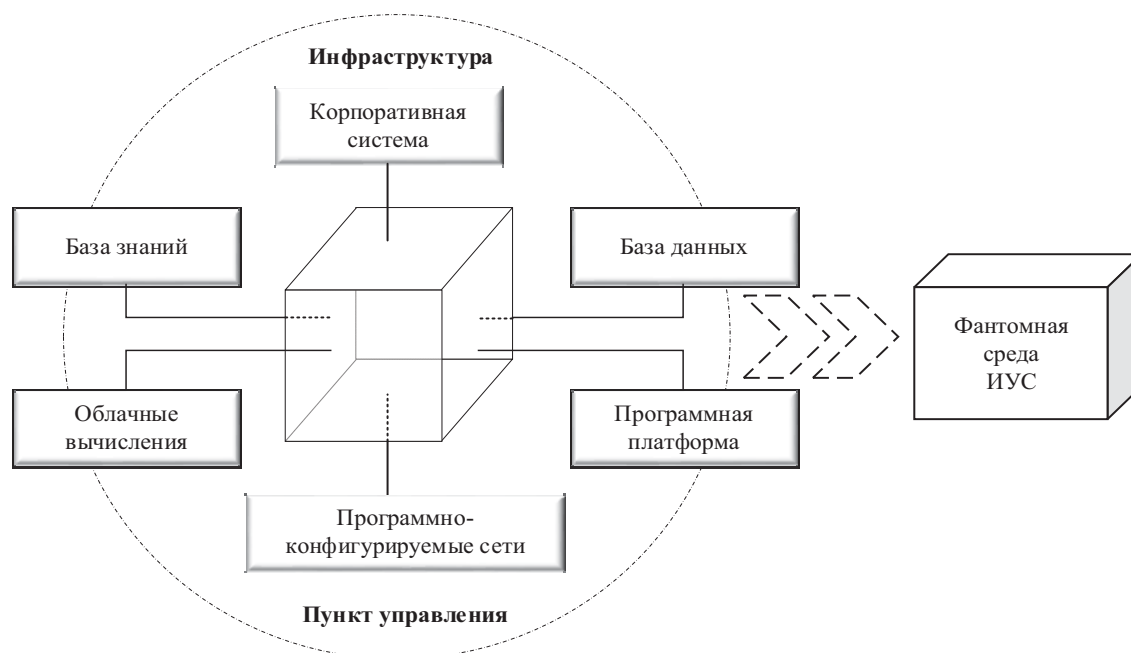


Рис. 1. Фантомная среда виртуального доступа пункта управления в полиэдральном виде

устарела и к моменту ее полной реализации (примерно к 2025 — 2027 гг.) имеет существенные шансы оказаться нежизнеспособной и невостребованной, так как не рассчитана на технологии виртуализации сетевых функций, программируемой коммутации сетей и распределенных (облачных) вычислений.

Важнейшей *проблемой* формирования ИУС корпорации на базе программно-определяемых технологий является определение структуры и среды функционирования информационных объектов в едином информационно-коммуникационном пространстве, так как от полноты и качества их разработки в значительной мере зависит эффективность корпоративной системы управления в целом.

Построение локальных сетей связи объектов управления как основы функционирования их ПАК на основе пакета программно-определяемых технологий (*Software-defined — SDx*), таких как *программно-конфигурируемые сети* (ПКС), виртуализация сетевых функций и облачные (распределенные) вычисления [1, 4, 15, 17], открывает принципиально новые возможности предоставления сетевых информационных услуг в корпоративной системе управления на базе программно-определяемых центров обработки данных (ЦОД) (*Software-defined data centre — SDDC*)⁶ [13].

Создание корпоративной системы управления на основе специализированной информационной среды должно быть направлено на обеспечение объектов управления нижерасположенных звеньев доступа к полному спектру сетевых (предоставляемых сетью)

информационных услуг, а именно доступа к распределенному информационному ресурсу, системе электронного документооборота, мультимедиа услугам (*IP-телефония, видео-, аудио-*), системам видеонаблюдения [10] и сигнализации, геоинформационным системам [11] и др.

Само понятие «сетевые ориентированные информационные услуги»⁷ (СИУ) для корпоративной системы управления довольно специфично и определяет совокупность действий, направленных на оперативное удовлетворение *информационных потребностей* элементов эргатической системы (эргасистемы) [5], включающих в себя динамическое управление информацией (информационным ресурсом) системы в информационной среде определенного информационно-коммуникационного пространства.

Развивающийся в настоящее время путь предоставления сетевых ориентированных информационных услуг должен опираться на возможности технологий программно-конфигурируемых сетей, виртуализации сетевых функций и облачных (распределенных) вычислений, которые позволяют обеспечить: эластичность и масштабируемость глобальных сетей; автоматизацию процессов управления, администрирования и обслуживания; динамическое управление потоками трафика; предоставление услуг в виде сервисов.

⁶ Информационный ресурс для IT-специалистов. 2022. URL: <http://habrahabr.ru>

⁷ Клементьев И.В., Устинов В.А. Технологии виртуализации // НОУ «ИНТУИТ», 2022. URL: <https://www.intuit.ru>; Красотин А.А., Алексеев И.В. Программно-конфигурируемые сети как этап эволюции сетевых технологий // Моделирование и анализ информационных систем : электронный журнал. 2022. URL: <http://mais-journal.ru>

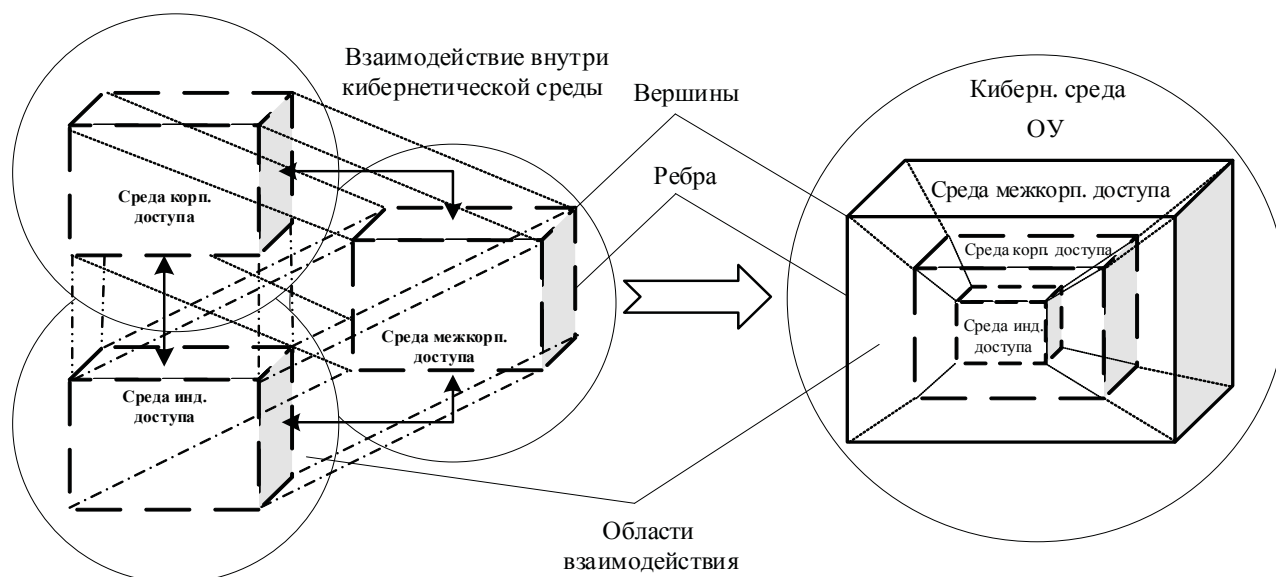


Рис. 2. Внутренняя виртуальная инфраструктура, обеспечивающая создание, обработку и хранение корпоративной информации

Технология облачных вычислений как модель обеспечения дистанционного сетевого доступа к вычислительным ресурсам виртуальной инфраструктуры позволяет сформировать искусственную (фантомную) среду взаимодействия элементов сетевой структуры эргасистемы. Рассматривая модели развертывания облачных сервисов на базе изолированных сред (облаков), можно выделить отдельные типичные черты, присущие сложной и высокоструктурированной системе информационного обмена, которые после соответствующей модернизации целесообразно внедрять в перспективные корпоративные ИУС на базе цифровых систем связи. На основе классификации существующих моделей построения облаков (частные; общедоступные — публичные; гибридные) с точки зрения внедрения технологий виртуализации в КСУ, появляется возможность формирования соответствующей среды их применения с учетом специфики функционирования и взаимодействия мультиструктурных пунктов управления.

Порядок формирования кибернетической среды функционирования корпоративных систем

Представив кибернетическую среду функционирования корпоративной системы (рис. 1) как фантомную (воображаемую) среду виртуального доступа пункта управления в полиэдральном виде (например, в виде куба), получим объемную фигуру, поверхность которой состоит из граней (многоугольников), представляющими определенный вид услуги (хранение данных, программное приложение, платформа и др.); эти грани соединены ребрами, точки схождения которых являются вершинами полиэдра (многогранника). Объединяя данные искусственно созданной виртуальной среды пункта управления, получим единую кибернетическую среду как совокупность условий функционирования

корпоративных информационно-управляющих систем согласно их функциональной и иерархической принадлежности [14—16].

Таким образом, *кибернетическая среда* — это созданная на базе определенного информационно-коммуникационного пространства совокупность инфраструктуры, информационных технологий и средств, определяющая условия создания и использования информационного ресурса распределенных элементов сложной иерархической системы.

Исходя из этого, перспективные модели развертывания и формирования информационной инфраструктуры (например, *Private Cloud*, *Community Cloud*, *Public Cloud* и др. [15, 17]) корпоративных систем управления в интересах ИУС конкретного пункта управления могут быть представлены как среды индивидуального доступа (СИД), корпоративного доступа (СКД), межкорпоративного (общего) доступа (СМД), формирующие сферу их целевого взаимодействия, включающую внутреннюю фантомную (виртуальную) инфраструктуру и программные службы, обеспечивающие создание, обработку и хранение корпоративной информации (рис. 2).

Данная среда должна формироваться в пределах закрытой сети субъектов управления, где виртуальная инфраструктура обеспечит функционирование специализированных систем фантомной среды, таких как база данных (включая СУБД и витрину), база знаний, программная платформа, сервер, специализированные приложения автоматизированных рабочих мест (АРМ) и система разграничения доступа. В данном случае возможно корпоративное управление средами, а в роли «внешнего подрядчика» для синхронизации работы и резервирования данных должен выступать вышестоящий объект управления, действующий через специализированный программно-определяемый ЦОД с виртуализированной инфраструктурой.

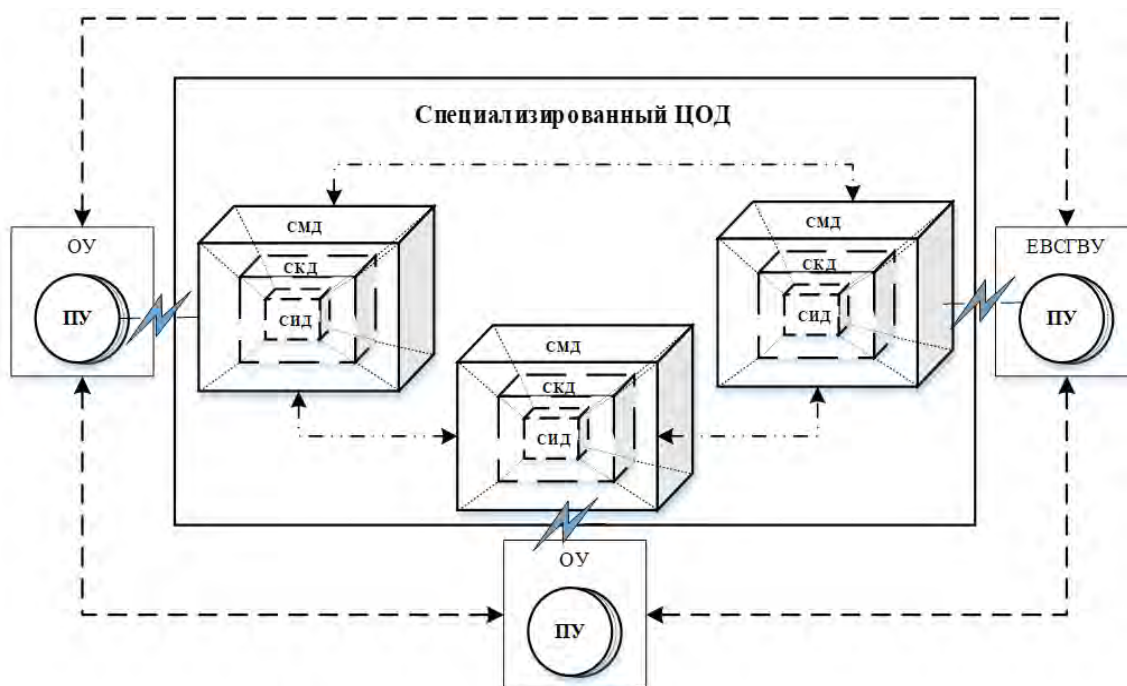


Рис. 3. Структура взаимодействия пунктов управления в кибернетической среде

Программно-аппаратные комплексы ИУС могут размещаться на отраслевых мобильных пунктах управления в форме «тонкого клиента», а сама кибернетическая среда формируемой виртуальной инфраструктуры — на вышерасположенном пункте управления и ближайшем ЦОД. Пункт управления (ПУ) соответствующего уровня иерархии самостоятельно занимается установкой и поддержкой кибернетической среды для обеспечения функционирования пункта управления нижерасположенного звена управления (НЗУ). Такая среда обеспечит детальный контроль над информационными

ресурсами и предоставит требуемые варианты конфигурации и защиты информации [7] под конкретные пункты управления и отраслевые ИУС (см. рис. 2 и 3).

Исходя из этого, структура КСУ требует пересмотра самой концепции осуществления взаимодействия объектов управления на основе виртуальной инфраструктуры кибернетической среды, которая строится на стационарных высокозащищенных программно-определяемых ЦОД соответствующего звена управления, а доступ в информационную среду осуществляется по требованию с учетом разграничения прав доступа (рис. 4).

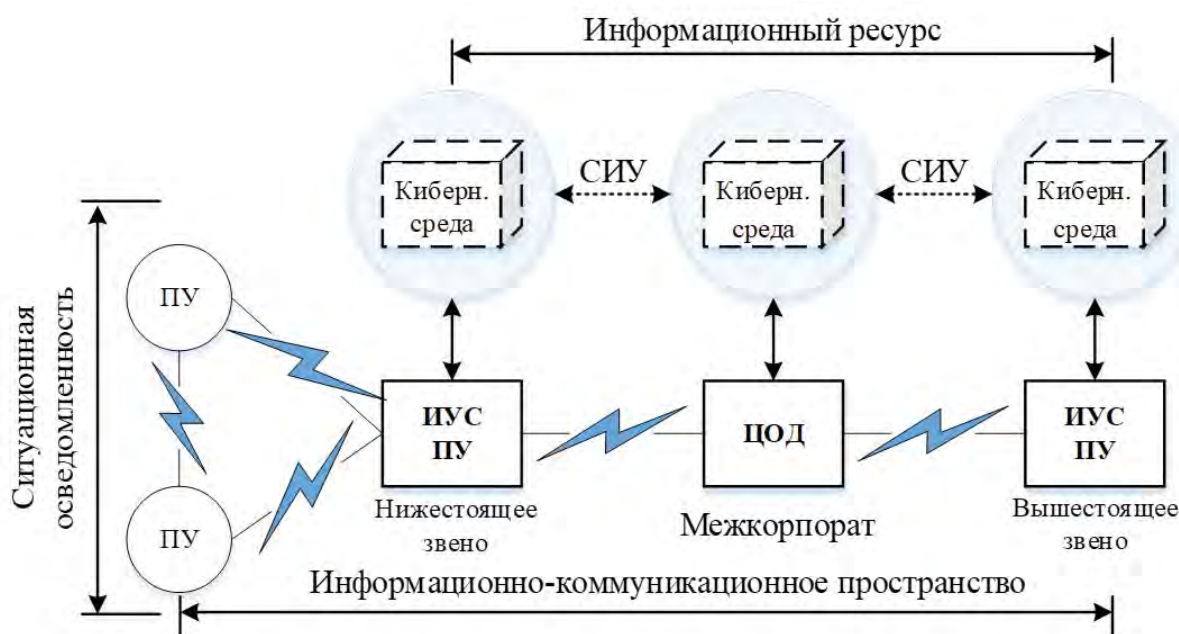


Рис. 4. Доступ к информационному ресурсу в кибернетической среде

Достоинства предлагаемой системной информатизации управления сложноорганизованными объектами

Применение достижений технологии ПКС позволяет оптимизировать процессы управления и администрирования сетями ИУС пункта управления вне зависимости от их юрисдикции посредством программно-определяемых ЦОД и осуществлять динамическую адаптацию сети под нужды приложений (из состава АРМ ПАК), тем самым повышая операционную гибкость и упрощая доступ к получению сетеориентированных информационных услуг.

Корпоративная система управления, построенная на базе концепции виртуального взаимодействия, обеспечит доступ к объединенному информационному ресурсу [5] независимо от уровня взаимодействия и звена управления для удовлетворения информационной потребности элементов системы управления и «ситуационной осведомленности» операторов органов управления (см. рис. 4).

В качестве отличительных характеристик КСУ применительно к концептуальной модели применения кибернетической среды можно отметить: самостоятельность обслуживания, универсальность доступа, объединение ресурсов, широкий спектр услуг, возможность осуществления контроля состояния пунктов управления с вышерасположенных звеньев управления (ВЗУ).

Вывод

Таким образом, создание собственной обособленной *информационной инфраструктуры* корпоративной системы управления на базе достижений SDx, а именно формирование *кибернетической среды* функционирования КСУ позволит обеспечить процессы автоматизации управления, конфигурирования и масштабирования сетей и получения сетеориентированных информационных услуг; увеличить мощность физической инфраструктуры органов управления за счет виртуальной; снизить расходы на модернизацию, обслуживание и энергоснабжение, а в перспективе, определившись с выбором операционной системы, реконфигурировать всю информационную систему под текущие задачи.

Реализация предложенных системно-технических решений по внедрению достижений технологий SDx в корпоративных системах управления обеспечит переход к сетевой организации управления и создание *единого информационного пространства* перспективной КСУ, обеспечивающего удовлетворение информационных потребностей и оптимизацию состояния элементов КСУ в условиях меняющейся обстановки и определяющего повышения *живучести* (до 15—25%) и *оперативности* (до 20%) взаимодействия мультиструктурных пунктов управления.

Рецензент: **Сухов Андрей Владимирович**, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник научно-производственного объединения «Специальная техника и связь», Российская Федерация, г. Москва.
E-mail: avs57@mail.ru

Литература

1. Батура Т.В., Мурзин Ф.А., Семич Д.Ф. Облачные технологии: основные модели, приложения, концепции и тенденции развития // Программные продукты и системы. 2014. № 3. С. 64—72.
2. Бородакий Ю.В., Боговик А.В., Курносов В.И. Основы теории управления в системах специального назначения. М. : Управление делами президента РФ, 2018. 394 с.
3. Ващекин А.Н., Дзедзинский А.В. Правовое регулирование отношений в цифровом пространстве // Правосудие. 2020. № 3. С. 108—114.
4. Ефименко А.А., Федосеев С.В. Организация инфраструктуры облачных вычислений на основе SDN сети // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2013. № 5. С. 185—187.
5. Ловцов Д.А. Информационная теория эргасистем : монография. М. : РГУП, 2020. 314 с. ISBN 978-5-93916-887-8.
6. Ловцов Д.А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере : монография. М. : РГУП, 2016. 316 с. ISBN 978-5-93916-505-1.
7. Ловцов Д.А. Теория защищенности информации в эргасистемах : монография. М. : РГУП, 2021. 276 с. ISBN 978-5-93916-896-0.
8. Ловцов Д.А. Проблема гарантированного обеспечения информационной безопасности крупномасштабных автоматизированных систем // Правовая информатика. 2017. № 3. С. 66—74. DOI: 10.21681/2226-0692-2017-3-66-74.
9. Ловцов Д.А. Системный анализ. Часть 1. Теоретические основы. М. : РГУП, 2018. 224 с. ISBN 978-5-93916-701-7.
10. Ловцов Д.А., Гаврилов Д.А. Моделирование оптико-электронных систем дистанционно пилотируемых аппаратов : монография. М. : Технолож-3000, 2019. 164 с. ISBN 978-5-94472-036-8.
11. Ловцов Д.А., Черных А.М. Геоинформационные системы. М. : Росс. акад. правосудия, 2012. 188 с.
12. Микрюков А.А. Парадигма сетцентрического управления предприятием и особенности ее реализации // Инновации и инвестиции. 2019. № 5. С. 75—79.

13. Прохоров А., Рахматуллин С. Центры обработки данных. Анализ, тренды, мировой опыт. М. : АльянсПринт, 2021. 420 с.
14. Скиба В.А. Синтез информационно-коммуникационного пространства эргатических систем военного назначения // Военная мысль. 2018. № 11. С. 39—48.
15. Скиба В.А., Скиба Н.П. Формирование информационно-коммуникационного пространства систем специального назначения на основе современных информационных технологий // Тр. 77-й Всеросс. конф. (с междунар. участ.) «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий (REDS-2022)» (8—10 июня 2022 г.) / МТУСИ. М. : МТУСИ, 2022. С. 135—151.
16. Скиба В.А., Сухов А.В., Зайцев М.А. Фантомная полиэдральная среда закрытых организационно-технических систем // Образовательные ресурсы и технологии. 2018. № 2 (23). С. 60—66.
17. Шалагинов А.В. SDN/NFV — технологическая основа цифровой трансформации // Электросвязь. 2017. № 12. С. 88—89.

A CYBERNETIC ENVIRONMENT FOR CORPORATE SYSTEMS FUNCTIONING

Valerii Skiba, Dr.Sc. (Technology), Associate Professor, Professor at the Academy of Military Sciences, Head of the Department of Special-Purpose Robotic Complexes of the Peter the Great Military Academy, Balashikha, Moscow Oblast, Russian Federation.

E-mail: cdf777@yandex.ru

Natal'ia Skiba, Junior Researcher at the Research Centre of the Peter the Great Military Academy, Balashikha, Moscow Oblast, Russian Federation.

E-mail: cdf777@yandex.ru

Keywords: *cybernetic environment, network-oriented information services, information management system, information and communication space, information resource, information infrastructure, hardware and software system, digital communication system, access.*

Abstract

Purpose of the paper: improving the research and methodological basis of the theory of building complex dynamic systems, studying and optimising ergatic systems.

Methods used: system analysis of information relations and informatisation of management of complex objects, conceptual logical modelling.

Findings. A new conceptual approach to forming a cybernetic environment for corporate systems functioning based on modern software-oriented technologies is put forward allowing to support the processes of automation of management, configuring and scaling of networks and obtaining network-oriented information services, to increase the capacity of the physical infrastructure of management bodies at the expense of the virtual one, and to reduce the costs of modernisation, maintenance and power supply.

References

1. Batura T.V., Murzin F.A., Semich D.F. Oblachnye tekhnologii: osnovnye modeli, prilozheniia, kontseptsii i tendentsii razvitiia. Programmnye produkty i sistemy, 2014, No. 3, pp. 64—72.
2. Borodakii Iu.V., Bogovik A.V., Kurnosov V.I. Osnovy teorii upravleniia v sistemakh spetsial'nogo naznachenii. M. : Upravlenie delami prezidenta RF, 2018. 394 pp.
3. Vashchekin A.N., Dziedzinskii A.V. Pravovoe regulirovanie otnoshenii v tsifrovom prostranstve. Pravosudie, 2020, No.3, pp. 108—114.
4. Efimenko A.A., Fedoseev S.V. Organizatsiia infrastruktury oblachnykh vychislenii na osnove SDN seti. Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO, 2013, No. 5, pp. 185—187.
5. Lovtsov D.A. Informatsionnaia teoriia ergasistem : monografiia. M. : RGUP, 2020. 314 pp. ISBN 978-5-93916-887-8.
6. Lovtsov D.A. Sistemologiia pravovogo regulirovaniia informatsionnykh otnoshenii v infosfere : monografiia. M. : RGUP, 2016. 316 pp. ISBN 978-5-93916-505-1.
7. Lovtsov D.A. Teoriia zashchishchennosti informatsii v ergasistemakh : monografiia. M. : RGUP, 2021. 276 pp. ISBN 978-5-93916-896-0.

8. Lovtsov D.A. Problema garantirovannogo obespecheniia informatsionnoi bezopasnosti krupnomasshtabnykh avtomatizirovannykh sistem. *Pravovaia informatika*, 2017, No. 3, pp. 66–74. DOI: 10.21681/2226-0692-2017-3-66-74.
9. Lovtsov D.A. *Sistemnyi analiz. Chast' 1. Teoreticheskie osnovy*. M. : RGUP, 2018. 224 pp. ISBN 978-5-93916-701-7.
10. Lovtsov D.A., Gavrilov D.A. *Modelirovanie optiko-elektronnykh sistem distantsionno pilotiruemykh apparatov : monografiia*. M. : Tekhnolodzhi-3000, 2019. 164 pp. ISBN 978-5-94472-036-8.
11. Lovtsov D.A., Chernykh A.M. *Geoinformatsionnye sistemy*. M. : Ross. akad. pravosudiia, 2012. 188 pp.
12. Mikriukov A.A. Paradigma setetsentricheskogo upravleniia predpriatiem i osobennosti ee realizatsii. *Innovatsii i investitsii*, 2019, No. 5, pp. 75–79.
13. Prokhorov A., Rakhmatullin S. *Tsentry obrabotki dannykh. Analiz, trendy, mirovoi opyt*. M. : Al'iansPrint, 2021. 420 pp.
14. Skiba V.A. Sintez informatsionno-kommunikatsionnogo prostranstva ergaticheskikh sistem voennogo naznacheniiia. *Voennaia mysl'*, 2018, No. 11, pp. 39–48.
15. Skiba V.A., Skiba N.P. Formirovanie informatsionno-kommunikatsionnogo prostranstva sistem spetsial'nogo naznacheniiia na osnove sovremennykh informatsionnykh tekhnologii. Tr. 77-i Vseross. konf. (s mezhdunar. uchast.) "Radioelektronnye ustroistva i sistemy dlia infokommunikatsionnykh tekhnologii (REDS-2022)" (8–10 iyunia 2022 g.). MTUSI. M. : MTUSI, 2022, pp. 135–151.
16. Skiba V.A., Sukhov A.V., Zaitsev M.A. Fantomnaia poliedral'naia sreda zakrytykh organizatsionno-tekhnicheskikh sistem. *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii*, 2018, No. 2 (23), pp. 60–66.
17. Shalaginov A.V. SDN/NFV – tekhnologicheskaiia osnova tsifrovoi transformatsii. *Elektrosviaz'*, 2017, No. 12, pp. 88–89.