

УДК 004.72

ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ И СОЗДАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ УЧЕБНО-ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ ЦЕНТРОВ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО УПРАВЛЕНИЮ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

В.Е. Шукишун, д.т.н., профессор, генеральный директор

(Центр тренажеростроения и подготовки персонала,

ул. Первомайская, 92, г. Москва, 115088, Россия, sekretct@gmail.com);

В.В. Янюшкин, к.т.н., начальник отдела

(Донской филиал Центра тренажеростроения,

Платовский просп., 101, г. Новочеркасск, 346400, Россия, vadim21185@rambler.ru)

Рассматриваются задачи разработки и создания интегрированных учебной и тренажерной баз на основе перспективных технологий, виртуализации и центров обработки данных для интеграции единого комплекса, создания информационного полигона для проведения тренировок и занятий, осуществления непрерывного процесса подготовки специалистов по управлению динамическими объектами. Множество разработанных поколений тренажеров, имеющих различные пользовательские и программные интерфейсы, территориально расположенные в разных помещениях и зданиях учебного центра, довольно трудно контролировать, как и осуществлять управление при все возрастающей сложности задач подготовки специалистов. При этом актуальными задачами являются проектирование и однократная разработка такой системы или комплекса, который может быть неоднократно модернизирован и использован как изделие двойного или тройного назначения, к примеру, для начальной подготовки и ознакомления обучаемых, тренажерной подготовки специалистов и восстановления навыков с использованием руководства обучением или записанных ранее занятий. Синтез передовых информационных технологий, многолетнего опыта разработки космических тренажеров и актуальных задач подготовки экипажей пилотируемых космических аппаратов позволит создать теоретические, а потом и практические основы проектирования технических средств подготовки специалистов нового поколения.

Ключевые слова: *тренажер, технические средства подготовки космонавтов, центр обработки данных, VMware vSphere, Hyper-V, виртуализация ресурсов, учебная и тренажерная базы.*

BASICS OF DEVELOPMENT AND CREATION OF INTEGRATED EDUCATIONAL AND TRAINING COMPLEXES FOR EQUIPPING DYNAMIC OBJECTS MANAGEMENT TRAINING CENTERS

Shukshunov V.E., Ph.D., professor, director general

(Space Simulator Center, Pervomayskaya St., 92, Moscow, 115088, Russia, sekretct@gmail.com);

Yanyushkin V.V., Ph.D., head of department

(Don Branch of the Space Simulator Center, Platovsky Av., 101, Novocherkassk, 346400, Russia, vadim21185@rambler.ru)

Abstract. The article describes design and development of integrated training and simulator framework based on advanced technologies, virtualization and datacenter for united set integration, creation of range information system for dynamic objects management trainings. It is quite difficult to control a lot of developed simulators generations that have various user and program interfaces, located in different rooms and buildings of training center. Besides, the complexity of specialists training is increasing. The relevant objective is design and single-shot development of such system or complex, which can be repeatedly upgraded and used as a product of double or triple purpose. For example, for initial preparation and acquaintance of trainees, training of specialists and restoration of skills using educational management or lessons written down earlier. Synthesis of advanced information technologies, developing space simulators experience and relevant objectives of training manned spacecraft crews will allow creating theoretical and practical basis for new generation design of training technical equipment.

Keywords: simulator, cosmonaut training technical means, datacenter, VMware vSphere, Hyper-V, virtualization of resources, training and study base.

Новые системные решения при организации процесса обучения специалистов обуславливаются современными тенденциями проектирования сложных распределенных систем и тренажеров. Немаловажной задачей является модернизация существующих учебной и тренажерной баз с учетом применения передовых программных и технических средств. Крупнейшими пользователями специализированных тренажеров являются учебные центры по подготовке космонавтов, гражданских и военных моряков, пилотов воздушных судов.

Главной задачей, решаемой с помощью российских космических тренажеров, является подготовка космонавтов для полетов на российских пилотируемых космических аппаратах (ПКА) и Российском сегменте Международной космической станции (РС МКС). Данная задача успешно решается с применением широкого спектра учебной и тренажерной баз, технических средств подготовки космонавтов (ТСПК). Множество ТСПК, разработанных в разное время, используют различные технологии обмена данными, системы виртуальной реальности (СВР), конструктивы

пультов контроля и управления (ПКУ), поэтому в настоящее время находятся на разных ступенях эволюции поколений тренажеров [1].

Наличие множества задач накладывает свою специфику на разработку единой программы непрерывного обучения космонавтов, которая должна быть совмещена с имеющимися учебной и тренажерной базами. Такое единство позволит расширить методические возможности ТСПК, повысить качество подготовки космонавтов к полетам на существующих и перспективных ПКА за счет введения новых форм и методов обучения, контроля знаний, расширения имеющихся наборов виртуальных экспериментов, проводимых на борту РС МКС, создания новых возможностей управления моделями ПКА и систем РС МКС, повышающих степень адекватности реальным объектам.

В действительности компоненты учебной и тренажерной баз мало интегрированы между собой в единую информационную систему, поэтому особенно актуальными задачами являются проектирование и внедрение единого учебно-тренажерного комплекса. На смену экстенсивному пути развития по наращиванию объемов данных и вычислительных мощностей комплекса учебной и тренажерной баз, а также разобщенным локальным решениям должна прийти новая идеология построения систем, которая позволит решить следующие задачи:

- удовлетворение потребности в хранении и обработке больших объемов данных учебно-методического материала, БД тренажеров, вспомогательных систем, систем хранения архива фото- и видеоматериалов при сокращении затрат на закупку новых средств технической базы и ее размещение в условиях ограниченных площадей;

- обеспечение единства и непрерывности процесса обучения и подготовки специалистов как на существующих специализированных тренажерах, комплексе тренажеров РС МКС, *функционально-моделирующих стендах* (ФМС), так и на новых ФМС и тренажерах перспективных ПКА;

- обеспечение процесса перехода в используемых тренажерах и ФМС к приближению тренировочного процесса управления полетом РС МКС, в основе которого лежат задачи специалистов *центра управления полетами* (ЦУП) и *главной оперативной группы управления* (ГОГУ);

- организация в общей сети элементов доступа к единому информационному пространству и выделенным ресурсам для осуществления удаленного мониторинга, контроля состояния и управления, в том числе с применением беспроводных мобильных устройств.

Технологии и стандарты для решения задач разработки, проектирования и развития учебно-тренажерной базы. Некоторые вопросы проектирования тренажеров нового поколения, в том

числе интеграция различных функциональных возможностей и используемых технологий во множество архитектур, были рассмотрены в [2].

Для комплексного решения задач разработки, проектирования и развития учебно-тренажерной базы необходимо использовать прорывные инновационные технологии, охватывающие масштабные области: от новых подходов в организации серверных технологий и *центров обработки данных* (ЦОД) до всеобщей мобильности и организации защищенного сетевого доступа (рис. 1), а именно:

- создание современного ЦОД, способного обеспечить непрерывную и эффективную работу и с корпоративными ресурсами, и с комплексом учебных и тренажерных средств;

- применение технологий виртуализации, обеспечивающих выделение необходимого количества ресурсов для функционирования компонент тренажерной и учебной баз;

- переход с клиент-серверной на сервис-ориентированную архитектуру в разработке и развитии ПО тренажеров и систем обучения с применением облачных технологий в рамках организации, что позволит обеспечить всех пользователей набором универсальных интерфейсов с необходимой функциональностью;

- обеспечение всеобщей мобильности и возможности запуска сервисов и корпоративных приложений на персональных планшетах и мобильных компьютерах, а также внедрения в качестве ПКУ сенсорных мониторов.

В основе используемых технологий должна лежать виртуализация ресурсов сервера, что в ряде случаев может дать следующие положительные результаты:

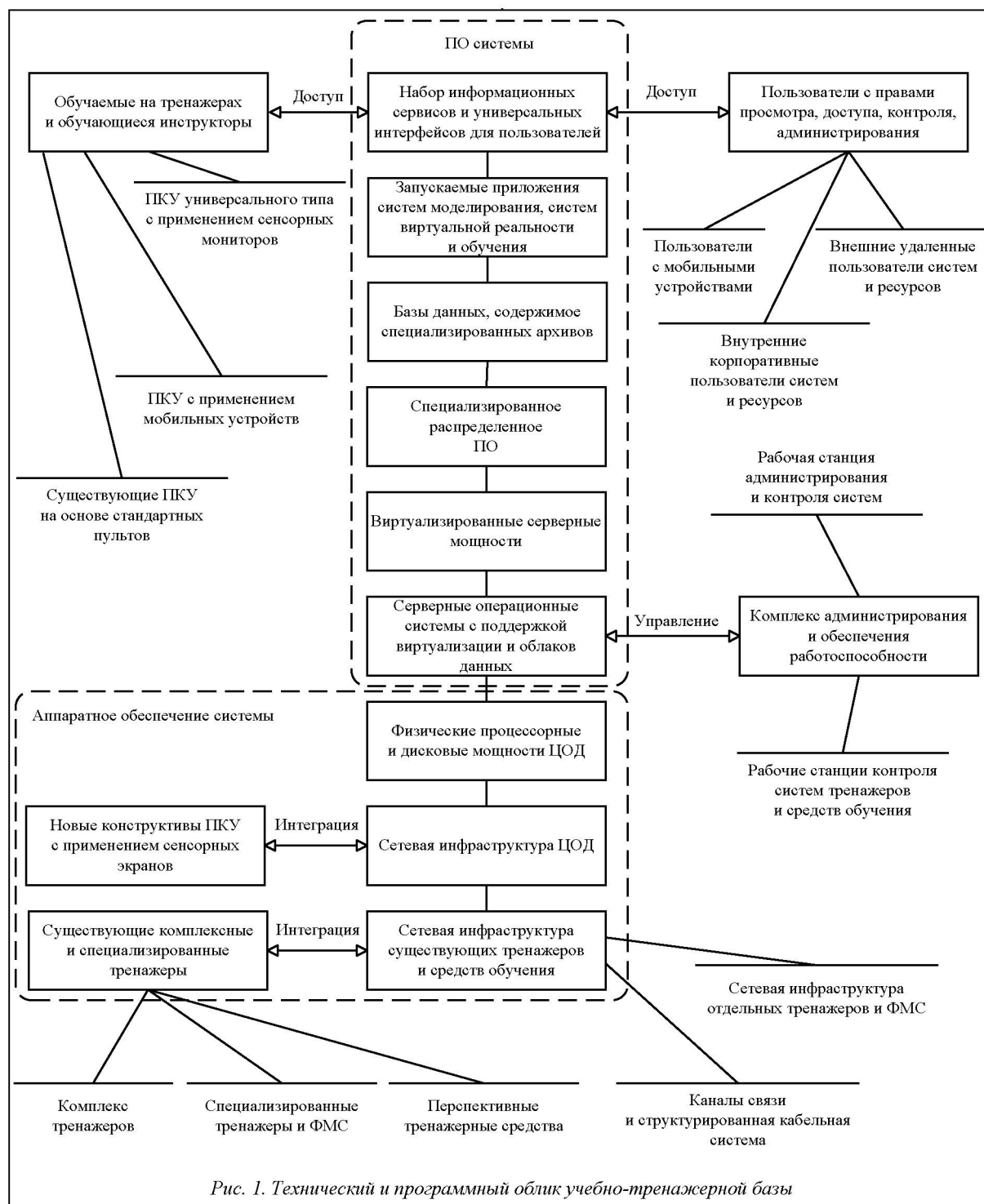
- сокращение затрат на работу и обслуживание физических серверов за счет увеличения использования оборудования (можно уменьшить количество оборудования, необходимого для выполнения моделирования и хранения информации);

- повышение эффективности разработки и тестирования за счет уменьшения времени на установку оборудования, ПО и воспроизведение среды тестирования (использование новых программных сред и систем в ТСПК);

- повышение доступности и надежности сервера без использования такого количества физических компьютеров, которое потребовалось бы в отказоустойчивой конфигурации, использующей только физические компьютеры.

Для развертывания подобной системы необходимо использование специализированных операционных систем, таких как VMware vSphere, Microsoft Hyper-V, вспомогательного ПО System Center 2012–*Virtual Machine Manager* (VMM) и технологий виртуализации приложений.

VMware vSphere – это платформа виртуализации, включающая службы инфраструктуры, ко-



которые преобразуют оборудование в общую вычислительную платформу, и службы приложений, с помощью которых можно добиться максимального уровня доступности, безопасности и масштабируемости [3]. Основные службы обеспечивают возможности надежной виртуализации, сокращения расходов для хранилищ, визуализацию, контроль и масштабируемость для сетей виртуальных машин [4]. Операционная система vSphere помогает превратить существующие ЦОД в частные

облака, обеспечивающие более эффективное и экономичное управление существующими приложениями, а также способствующие формированию гибких тренажеров и их ресурсов, предоставляемых по требованию. Внедрение vSphere в качестве платформы частного облака позволит применять новые методы организации вычислительного процесса, создавать набор гибких и эффективных методов предоставления интерфейсов доступа для управления.

Другая система, Hyper-V, предоставляет программную инфраструктуру и основные средства управления, которые можно использовать для создания виртуализированной среды сервера и управления ею [5]. Hyper-V представляет собой виртуальную среду, работающую непосредственно на аппаратном уровне, без обменов с операционной системой компьютера; архитектура Hyper-V состоит из гипервизора микроядра, родительских и дочерних разделов [6]. Гостевые виртуальные машины запускаются из дочерних разделов Hyper-V. Дочерние разделы поддерживают два типа виртуальных машин: в первую группу входят машины с системами Windows Server 2003, Windows Vista, Server 2008 и Linux (поддерживающими Xen); во вторую – с системами Windows NT, Windows 2000 и Linux (без поддержки технологии Xen, например SUSE Linux Server Enterprise 10).

Комплекс программ System Center 2012–VMM является решением для управления виртуализованным ЦОД, позволяющим настраивать и контролировать узлы виртуальных машин, сеть и ресурсы хранения с целью создания и развертывания виртуальных машин и служб в частных облаках [7]. Решения для управления облачными сервисами и ЦОД System Center 2012 предоставляют общий набор инструментов для управления частными и общедоступными облачными приложениями и службами.

Технология виртуализации приложений App-V позволяет сделать приложения доступными для компьютеров конечных пользователей без необходимости установки на них приложений. Это стало возможным благодаря процессу, называемому виртуализацией приложений, при котором каждое приложение может работать в собственной автономной виртуальной среде на клиентском компьютере [8].

Анализ и использование данного ПО для работы с аппаратной составляющей ЦОД обеспечит применение таких методик, как моделирование

служб, конфигурация служб и управление на основе образов виртуальных машин для функционирования единого комплекса учебной и тренажерной составляющих с набором различных потребителей ресурсов. На рисунке 2 представлен единый комплекс учебной и тренажерной баз, где центральной частью является программное и аппаратное обеспечение конфигурируемого ЦОД, предоставляющего необходимые ресурсы набору клиентов.

Предложенные технологии и ПО по созданию единого информационного пространства и общесистемной архитектуры тренажеров позволят решить актуальные задачи подготовки всего спектра специалистов в каждой определенной отрасли на существующих и перспективных средствах, объединить потоки данных и ресурсы всех имеющихся средств, интегрировать территориально удаленные тренажеры и комплексы, обеспечить аппаратными и программными средствами высокую надежность вычислительного процесса.

Трансформация и переход к новым технологиям в учебной и тренажерной базах. На первых этапах для решения поставленных задач модернизации и развития необходимо выбрать набор тренажеров и систем ПО (БД, систем хранения и обучения) для пилотного внедрения предлагаемых решений с последующей разработкой специализированного интегрирующего ПО. Следующим этапом станет создание технического комплекса ЦОД для размещения интегрированных пользовательских и информационных сервисов учебной и тренажерной баз с виртуализацией и выделением необходимых ресурсов.

В целом данное решение предполагает постепенный переход от клиент-серверной парадигмы взаимодействия приложений к сервис-ориентированной архитектуре (рис. 3), при котором можно управлять не только инфраструктурой центра данных или виртуальными машинами, но и жизненным циклом приложения или службы.

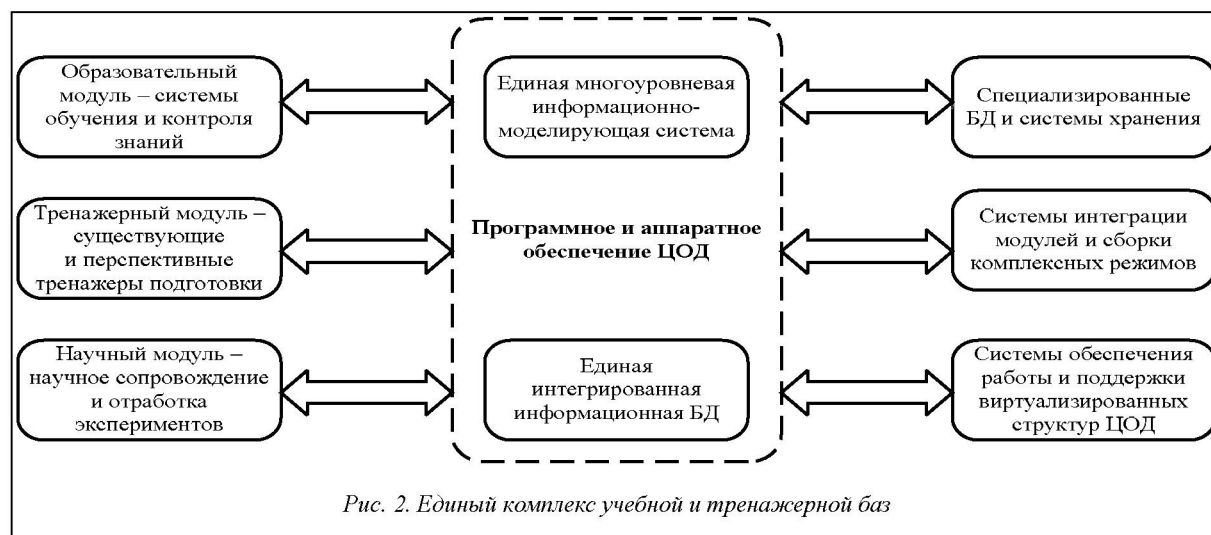


Рис. 2. Единый комплекс учебной и тренажерной баз



На рисунке 3 в процентном соотношении показана доля информации (результатов моделирования, обращения к БД и системам хранения), циркулирующей по каналам связи системы, при этом основные обмены осуществляются в рамках ЦОД – 75 %, в то же время с 95 до 25 % снижаются нагрузки и на каналы связи при доставке данных пользователям [9]. Таким образом, подобное решение даст преимущества при разработке и наращивании новых систем, оптимальном распределении производительности без простоев, позволит

быстро и менее ресурсоемко интегрировать новые приложения учебной и тренажерной баз, а также модернизировать существующие.

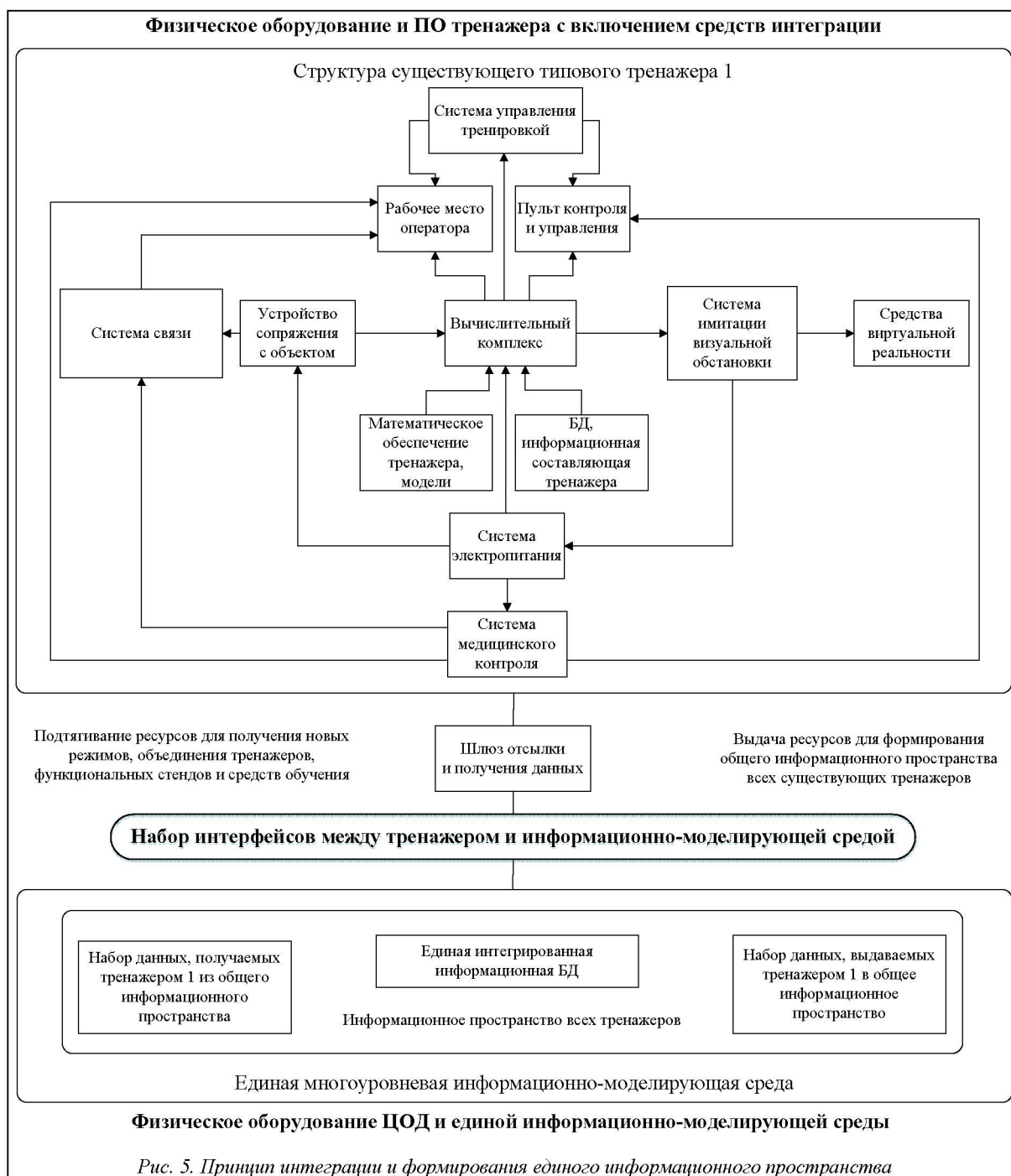
Например, современный комплекс тренажеров РС МКС обладает существенными недостатками, такими как относительная разобщенность технологий разработки, наличие множества локальных тренажеров, от-

сутствие взаимосвязи с другими тренажерами и объектами. Предлагаемое решение позволит интегрировать работу персонала, связать с новыми задачами, возможностями других комплексов, получить качественно новые режимы проведения занятий. Предлагается ввести интегрирующий комплекс с набором единых интерфейсов доступа, который обеспечит возможности работы с ресурсами тренажеров удаленным клиентам для контроля и наблюдения за проведением тренировок (рис. 4).



Важной задачей, связанной с разработкой теоретических основ проектирования тренажеров и систем обучения операторов управлению сложными динамическими объектами, является определение архитектурного и структурного построения ТСПК. Она решается на первых этапах при проектировании новых систем, но в случае модернизации и развития учебной и тренажерной баз разработчики сталкиваются с набором уже существующих локальных решений и комплексных тренажеров, поэтому должны рассматриваться варианты интеграции набора автономно функционирующих тренажеров и создания единого интег-

рированного тренажерного комплекса (рис. 5). Существующая структура тренажерной базы учебных центров подготовки специалистов, сочетающая в себе как локальные тренажеры, так и единые тренажерные комплексы, требует модернизации с введением в каждый тренажер шлюзов обмена с информационным пространством, что и станет связующим звеном в объединении автономных тренажеров между собой и с другими комплексами ТСПК. В структуру тренажеров вводится дополнительное ПО в виде специализированных шлюзов приема и отсылки данных, которые позволяют осуществлять обмены с использова-



нием универсального набора интерфейсов информационно-моделирующей среды. Единая информационная среда содержит в себе интегрированные БД, наборы модельного мира каждого тренажера и каналы связи между всеми составными частями тренажеров, функционально-моделирующих стендов и систем обучения.

Единый интегрированный тренажерный комплекс, формируемый из типовых программно-аппаратных модулей, существующих тренажеров, имеющих стандартный интерфейс, можно представить в виде набора шести взаимосвязанных функциональных уровней. Уровень 1 – единое информационное пространство учебной и тренажерной баз – содержит БД, наполнение систем хранения, объекты модельного мира, циркулирующие в системе. Уровень 2 – программное и аппаратное обеспечение единого ЦОД организации – содержит набор физических серверов с процессорными и дисковыми мощностями для моделирования, хранения и обеспечения доступа, виртуализации ресурсов на основе распространенных программных средств. Уровень 3 – набор универсальных интерфейсов для обеспечения доступа и управления – содержит разработанные типовые

интерфейсы доступа к ресурсам, системам обучения, построенные с применением сервис-ориентированной технологии. Уровень 4 – набор корпоративных клиентов в рамках организации (внутренняя инфраструктура) – содержит подсистемы контроля виртуализированных ресурсов, работы тренажеров, наблюдения и администрирования всего комплекса. Уровень 5 – набор интегрированных клиентов в рамках организации (инфраструктура организации) – содержит рабочие места операторов и инструкторов, обучающихся на ФМС и СВР. Уровень 6 – интеграция с внешними клиентами и организациями (сетевая инфраструктура Internet) – содержит набор удаленных пользователей информационных ресурсов, сайтов и БД организации. При такой организации системы информация до потребителя циркулирует от уровня 1 до уровня 5 или 6, обеспечивая оптимизацию потоков данных между потребителями, надежность информации и логическое разделение процесса моделирования и хранения ресурсов.

В таблице показана реальная практическая ценность внедрения предлагаемых решений в учебной и тренажерной базах типового центра подготовки специалистов, приведен анализ со-

Практическая ценность внедрения предлагаемых решений при создании интегрированных учебно-тренажерных комплексов

Показатель	Состояние существующих решений	Состояние после внедрения	Практическая ценность
Затраты на создание новых тренажеров и ФМС	Обязательным элементом нового тренажера является набор вычислительных ресурсов для моделирования и хранения БД	Используется готовая инфраструктура ЦОД с выделением необходимых ресурсов	Снижаются затраты на закупку оборудования
Характер использования вычислительных ресурсов	Система для своего функционирования использует только собственные локальные вычислительные мощности (простой и дисбаланс использования ресурсов серверных мощностей локального тренажера от сервера к серверу составляет около 20 % в ту или иную сторону)	Используются динамически выделенные необходимые вычислительные мощности и дисковые пространства (простой и дисбаланс использования ресурсов серверных мощностей ЦОД отсутствуют)	Повышается эффективность использования ресурсов, снижаются нагрузки на сетевой канал связи практически в 4 раза с 95 до 25 % благодаря динамическому, автоматизированному и основанному на политиках выделению ресурсов; производительность приложений повышается в среднем до 50 %
Показатели надежности и доступности	Надежность обеспечивается средствами, заложенными в конкретный тренажер, как правило, без аппаратного и программного резервирования	Надежность обеспечивается ЦОД, в том числе аппаратными средствами, средствами резервирования, контроля; уровень доступности системы составляет 99,995 % (по стандарту TIER IV)	Надежность всех ресурсов (и информационных, и аппаратных) подчиняется единому набору правил, заложенных в проекте ЦОД
Интегрированность в существующую инфраструктуру учебной и тренажерной баз	Тренажеры слабо интегрированы как между собой, так и с объектами учебного центра	Используются единые БД и единая распределенная моделирующая среда	Единое информационное пространство решает задачи интеграции, коллективного доступа, использования ресурсов, гибкого наращивания и развития учебной и тренажерной баз
Площади для размещения новых ФМС, тренажеров и специализированных тренажеров	Каждый тренажер и ФМС занимают определенную площадь для установки средств моделирования, РМО и ПКУ, а также физических макетов и специализированных обеспечивающих систем	Средства моделирования мигрируют в ЦОД, новые решения рабочих мест операторов и ПКУ смогут выполнять задачи двойного и тройного назначения при обучении и подготовке космонавтов	За счет перехода к единому ЦОД, а также введения новых образцов ПКУ и рабочих мест операторов необходимые площади для размещения каждого ФМС и тренажера будут сокращены

стояния существующих показателей надежности использования вычислительных ресурсов и мощностей и состояния после частичного или полного внедрения программных и технических решений. Наибольшее значение имеют показатели интегрированности, надежности вычислительных мощностей и хранимой информации, а также качественно нового подхода к совместному использованию дорогостоящих вычислительных ресурсов.

В процессе разработки и создания интегрированной учебной и тренажерной баз на основе перспективных технологий актуальным является применение распределения физических ресурсов между отдельными задачами и функциями тренажеров. Создание современного ЦОД для интеграции существующих и перспективных систем позволит решить актуальные проблемы осуществления непрерывного процесса подготовки специалистов по управлению динамическими объектами. Показанная практическая ценность и эффективность предлагаемых подходов по снижению рисков выхода из строя оборудования, уменьшению стоимости используемых вычислительных мощностей в целом повышают оперативность и готовность комплекса учебно-тренажерной базы, гибкость конфигурирования систем и надежность, которая должна быть обеспечена при подготовке широкого спектра специалистов.

Литература

1. Шукшунов В.Е., Циблев В.В., Потоцкий С.И. Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологии разработки и опыт эксплуатации. М.: Машиностроение, 2005. 384 с.
2. Шукшунов В.Е., Янюшкин В.В. Проектирование тренажерно-моделирующих комплексов нового поколения // Программные продукты и системы. 2012. № 4. С. 192–200.
3. Кусек К., Ван Ной В., Дэниел А. Администрирование VMware vSphere 5. Для профессионалов. СПб: Питер, 2013. 384 с.
4. Михеев М.О. Администрирование VMware vSphere 5. М.: ДМК Пресс, 2012. 504 с.
5. Обзор Hyper-V. URL: <http://technet.microsoft.com/ru-ru/library/cc770901.aspx> (дата обращения: 14.02.2013).
6. Расскажите подробнее о Hyper-V. URL: <http://vds.data-xata.com/faq/hyperv.html> (дата обращения: 14.02.2013).
7. System Center Virtual Machine Manager (SCVMM) 2012. URL: <http://www.microsoft.com/ru-ru/server-cloud/system-center/virtual-machine-manager-2012.aspx> (дата обращения: 18.02.2013).
8. Обзор системы Application Virtualization. URL: <http://technet.microsoft.com/library/ee958112.aspx> (дата обращения: 18.02.2013).
9. Dude, where's my business logic? URL: <http://www.codeproject.com/Articles/10746/Dude-where-s-my-business-logic> (дата обращения: 2.04.2013).

References

1. Shukshunov V.E., Tsibliev V.V., Potocky S.I., *Trenazhernye komplekсы i trenazhery. Tekhnologii razrabotki i opyt ekspluatatsii* [Training complexes and simulators. Design technique and field experience], Moscow, Mashinostroenie, 2005.
2. Shukshunov V.E., Yanyushkin V.V., *Programmnye produkty i sistemy* [Software and Systems], 2012, no. 4, pp. 192–200.
3. Kusek Ch., Van Noy V., Daniel A., *VMware vSphere 5 Administration Instant Reference*, Sybex, 2nd edition, 2011.
4. Mikheev M.O., *Administrirovanie VMware vSphere 5* [Administration of VMware vSphere 5], Moscow, DMK Press, 2012.
5. *Obzor Hyper-V* [Review of Hyper-V], available at: <http://technet.microsoft.com/ru-ru/library/cc770901.aspx> (accessed 14 February 2013).
6. *Rasskazhite podrobnее o Hyper-V* [amplify on Hyper-V], available at: <http://vds.data-xata.com/faq/hyperv.html> (accessed 14 February 2013).
7. *System Center Virtual Machine Manager (SCVMM) 2012*, available at: <http://www.microsoft.com/ru-ru/server-cloud/system-center/virtual-machine-manager-2012.aspx> (accessed 18 February 2013).
8. *Obzor sistemy Application Virtualization* [Review of Application Virtualization system], available at: <http://technet.microsoft.com/library/ee958112.aspx> (accessed 18 February 2013).
9. *Dude, where's my business logic?* available at: <http://www.codeproject.com/Articles/10746/Dude-where-s-my-business-logic> (accessed 2 April 2013).

УДК 004.72

ОРГАНИЗАЦИЯ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ТРЕНАЖЕРОВ И ТРЕНАЖЕРНО-МОДЕЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕТЕВОЙ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОТА

Г.А. Теренько, начальник отдела; В.В. Янюшкин, к.т.н., начальник отдела
(Донской филиал Центра тренажеростроения, Платовский просп., 101, г. Новочеркасск, 346400,
Россия, egrif@rambler.ru, vadim21185@rambler.ru)

Представлен вариант решения задачи объединения и организации взаимодействия специализированного программного обеспечения тренажеров, тренажерных систем и комплексов в едином информационном пространстве на основе разработанной распределенной сетевой среды моделирования. Подробно рассмотрены принципы построения, архитектура и возможности распределенной сетевой среды моделирования СОТА. Описаны этапы создания тренажерных систем и комплексов на базе этой среды. Использование системы распределенного моделирования при разработке систем различной сложности обеспечит их легкую интеграцию, модернизацию и дальнейшее обслуживание.