

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДОСТУПНОСТИ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ГЕТЕРОГЕННОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ

В статье рассмотрены особенности виртуализации физических серверов и введено понятие гетерогенной виртуальной среды. На примере возрастания угрозы отказа в обслуживании информационных систем при их размещении в гетерогенной виртуальной среде рассмотрена проблема доступности ресурсов как одного из аспектов безопасности информационных систем. Проведен системный анализ, выявлен источник проблемы и намечены пути решения. Выполнено формальное описание задачи автоматизации проблемного участка и определены основные требования к программным системам.

Ключевые слова: виртуализация, гетерогенная виртуальная среда, информационная безопасность, отказ в обслуживании.

Tyschenko S. V., Soloviev N. A.

SYSTEM ANALYSIS OF INFORMATION SYSTEM RESOURCE AVAILABILITY IN THE HETEROGENEOUS VIRTUAL ENVIRONMENT

The paper deals with aspects of physical server virtualization and introduces notion of heterogeneous virtual environment. Case of increased denial of service threat for information system in heterogeneous virtual environment has been used to demonstrate the problem of resource availability as an aspect of information system security. System analysis of the problem has led to detection of the problem source, and development of solution approach. Formal description of the problem area automation has been provided and basic requirements to the software systems established.

Keywords: virtualization, heterogeneous virtual environment, information security, denial of service.

Описание проблемы

В связи с активным развитием технологий виртуализации все больше организаций стремятся использовать виртуальные платформы при построении своей IT-инфраструктуры. Наиболее часто переносятся в

виртуальную среду физические сервера, входящие в состав корпоративных информационных систем. Это объясняется высокой эффективностью подобной виртуализации при достаточно низкой стоимости решения.

Основным инструментом виртуализации стандартных серверов являются гипервизоры – мониторы виртуальных машин. Программные продукты, включающие в себя гипервизор и средства управления, составляют платформу виртуализации от конкретного производителя. Примерами современных платформ виртуализации являются: VSphere от компании VMware; Hyper-V от Microsoft; CitrixXen от Citrix¹.

Каждая из представленных на рынке платформ виртуализации имеет свои особенности: архитектуру гипервизора; используемый тип виртуализации; перечень совместимого оборудования; перечень поддерживаемых операционных систем. Эти особенности могут послужить причиной для параллельной эксплуатации нескольких виртуальных платформ в рамках виртуальной среды одного предприятия. Такая виртуальная среда называется гетерогенной. Гетерогенная виртуальная среда может образоваться в результате объединения компаний, в которых были развернуты разные виртуальные платформы. Также гетерогенность возникает в результате развертывания дополнительной виртуальной платформы с целью получения новой функциональности виртуальной среды или снижения стоимости решений виртуализации².

По результатам исследований, проведенных в 2012 году аналитической компанией Gartner Inc, – только 5% организаций на момент проведения исследования использовали единственную виртуальную платформу. В 2009 году абсолютное большинство организаций использовали только одну VMware³. Это означает, что гетерогенные виртуальные среды на текущий момент стали фактическим стандартом серверной виртуализации.

Наряду с преимуществами, виртуальная среда дает целый комплекс проблем, связанных с обеспечением безопасности информационных систем. Виртуальная среда динамична, а существующие средства обеспечения информационной безопасности рассчитаны на статические системы. Автоматизация управления виртуальной средой развита недостаточно и требует существенного человеческого участия. Ошибки в управлении виртуальной средой приводят к нехватке вычислительных ресурсов на физических узлах и могут спровоцировать лавинообразный процесс автоматического перемещения виртуальных машин, сопровождаемый каскадными отключениями физических серверов⁴.

Размещенные в виртуальной среде информационные системы наиболее уязвимы к увеличению нагрузок, вызванных DDoS-атаками злоумышленников, ошибками в программном обеспечении, а также нарушениями правил эксплуатации. В гетерогенной среде эта ситуация усугубляется тем, что необходимо одновременно управлять несколькими виртуальными платформами, а возможности автоматизации управления еще более ограничены совместимостью платформ.

Виртуализация физических серверов в ОАО «Оренбургоблгаз» была начата в 2011 году. Первая платформа виртуализации «Microsoft Hyper-V R2» была развернута в январе 2011 года. В феврале 2012 года на части физических серверов виртуальная платформа была изменена на XEN 4.1, что позволило значительно увеличить производительность существующих виртуальных серверов на базе ОС Ubuntu Server. Структура гетерогенной виртуальной среды представлена на рис. 1.

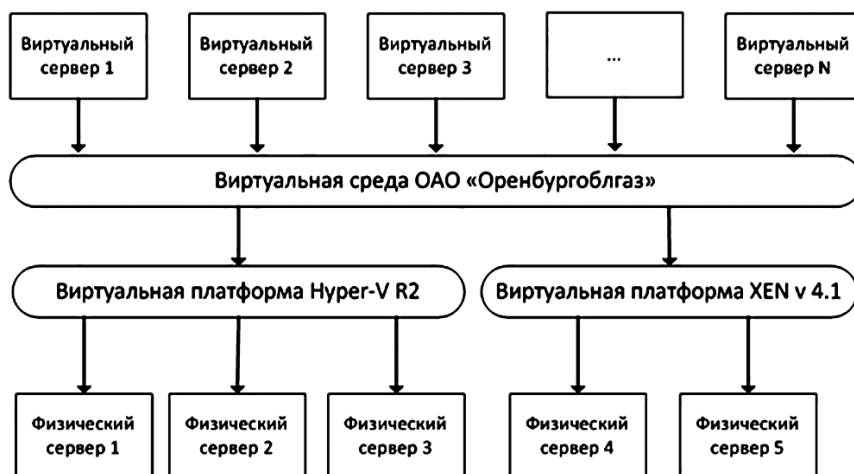
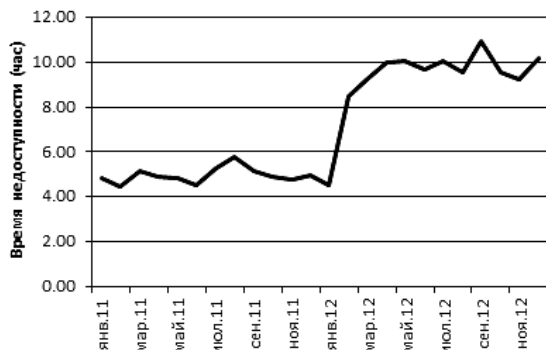
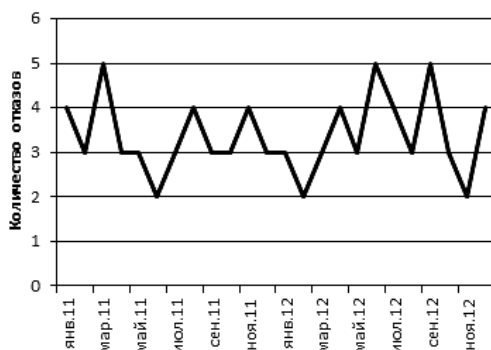


Рис. 1. Логическая структура гетерогенной виртуальной среды в ОАО «Оренбургоблгаз»

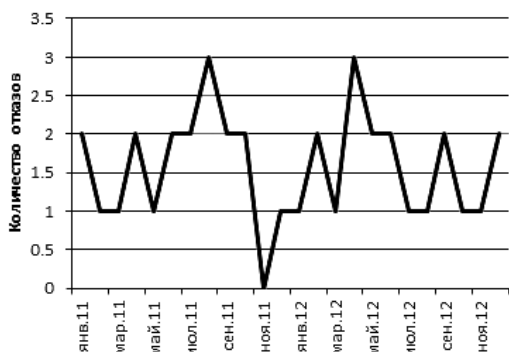
Время недоступности корпоративных сервисов за 2011-12 гг.



Отказы сервисов по причине ошибок в ПО



Отказы сервисов по причине аппаратных сбоев



Отказы сервисов по причине нехватки вычислительных ресурсов

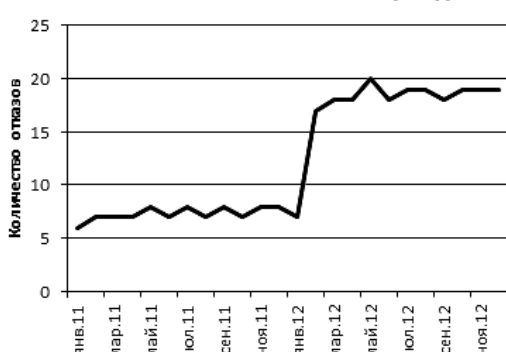


Рис. 2. Время недоступности и отказы информационных систем

Для управления и мониторинга в виртуальной среде используется программное обеспечение от производителей виртуальных платформ: Microsoft Virtual Machine Manager; Microsoft Performance Center; Virt-manager GNY GPL; XenMonitor tools GNU GPL.

После ввода в эксплуатацию второй платформы виртуализации в ОАО «Оренбургоблгаз» значительно выросло время недоступности информационных систем. Анализ причин отказов в обслуживании показал, что рост времени недоступности информационных систем вызван сбоями в работе программного обеспечения по причине нехватки вычислительных ресурсов для виртуализованных серверов. Диаграммы времени недоступности и отказов корпоративных информационных систем представлены на рис. 2.

Среднемесячное время недоступности корпоративных сервисов в ОАО «Оренбургоблгаз» в 2012 году возросло на 87%. Причиной нехватки вычислительных ресурсов во всех случаях отказов послужило некоррект-

ное распределение вычислительных ресурсов между виртуальными серверами. Несвоевременное реагирование администраторов виртуальной среды на появление растущего дефицита вычислительных ресурсов на физических серверах не позволяло вовремя выполнить перераспределение и предотвратить остановку корпоративных информационных систем.

В процессе анализа эксплуатации гетерогенной виртуальной среды выявлены следующие системные проблемы:

- в гетерогенной среде резко сократились возможности автоматического распределения вычислительных ресурсов, что увеличило вероятность появления дефицита вычислительных ресурсов на одном из участков виртуальной среды;
- для автоматизации мониторинга используются несколько различных программных продуктов, что снижает оперативность оценки состояния вычислительных ресурсов;
- в гетерогенной среде усилились последствия ошибок в распределении вычис-

лительных ресурсов, что ужесточает требования к точности оценки состояния ресурсов в виртуальной среде.

Таким образом, на основании выявленных проблем сделан вывод о недостаточной автоматизации информационных процессов мониторинга вычислительных ресурсов в гетерогенной виртуальной среде, заключающейся в низкой оперативности и точности оценки состояния вычислительных ресурсов.

Актуальность разработки программной системы

Обзор наиболее популярных программных систем, способных выполнять мониторинг вычислительных ресурсов в гетерогенных виртуальных средах выявил следующие программные продукты:

- Tivoli Monitoring от фирмы IBM⁵;
- System Center от Microsoft⁶;
- Veam One от фирмы Veam Software⁷.

Tivoli Monitoring – позиционируется на рынке как система мониторинга вычислительных инфраструктур корпоративного уровня. Отличается широкой кроссплатформенностью, может быть развернут в различ-

ных операционных системах, поддерживает много платформ виртуализации, удобен в управлении, отличается высокой надежностью. Имеет хороший аналитический функционал. К минусам продукта можно отнести чрезвычайно высокую стоимость внедрения и поддержки, недостаточную гибкость настройки оповещений, использование разрозненных показателей производительности в модели состояния вычислительных ресурсов.

System Center от Microsoft – появился в результате слияния разных пакетов управления и мониторинга серверных продуктов. Функции мониторинга осуществляет входящий в System Center пакет Operation Manager. В последних версиях продукта в пакете появились функции мониторинга сторонних гипервизоров. Пакет отличается развитым и удобным в настройке механизмом оповещений, модель состояния вычислительных ресурсов представлена в виде разрозненных показателей, но зато имеются широкие возможности для самостоятельной настройки собственных показателей. Имеет развитый механизм формирования представлений со-

Таблица 1. Сравнительные характеристики систем мониторинга

Система мониторинга	IBM Tivoli Monitoring 7.1	MS System Center 2012	Veeam ONE v7
Операционные системы, доступные для установки программного продукта	MS Windows Server; Red Hat Enterprise Linux; Suse Linux Enterprise Server; AIX	MS Windows Server	MS Windows Server
Поддерживаемый сервер баз данных	IBM DB2	MS SQL Server	MS SQL Server
Поддерживаемые виртуальные платформы	Vmware ESX/ESXi; Citrix-XenServer; KVM	Microsoft Virtual Server; Microsoft Hyper-V; Vmware ESX/ESXi	Vmware ESX/ESXi; Microsoft Hyper-V
Стоимость лицензирования (на виртуальный сервер)	482\$	x	x
Стоимость лицензирования (на физический процессор)	x	1940\$	894\$
Механизм статистического анализа состояния вычислительных ресурсов	есть	нет	с ограничениями
Настраиваемые представления для мониторинга вычислительных ресурсов в режиме реального времени	Есть	есть	нет
Настраиваемая система оповещений	с ограничениями	есть	есть

стояния вычислительных ресурсов. К минусам продукта можно отнести относительно высокую стоимость внедрения, отсутствие кроссплатформенности, отсутствие встроенных средств анализа, малый функционал управления сторонними виртуальными платформами, низкую надежность и высокую требовательность к вычислительным ресурсам.

Veam One от фирмы Veam Software – изначально разрабатывался как дополнительное средство управления виртуальными платформами, содержит функции, отсутствующие в стандартных средствах управления виртуальными платформами. Имеет достаточно низкую стоимость внедрения, не требователен к вычислительным ресурсам, имеет достаточно удобный, хоть и не гибкий, набор представлений состояния ресурсов, присутствует удобный механизм настраиваемых оповещений. Минусами продукта являются: отсутствие кроссплатформенности, невозможность настройки собственных представлений состояния ресурсов, всего две поддерживаемые виртуальные платформы.

Сравнительные характеристики рассматриваемых программных систем мониторинга представлены в табл. 1.

Ни один из рассмотренных продуктов не поддерживает виртуальную платформу Xen 4.1. Во всех продуктах используется модель состояния вычислительных ресурсов, основанная на отдельных несвязанных показателях, которая подвержена влиянию возмущающих воздействий со стороны управляющих операционных систем и самих гипервизоров, что снижает точность оценки состояния вычислительных ресурсов и затрудняет определение проблемных участков виртуальной среды. Рассмотренные программные продукты не способны обеспечить необходимую автоматизацию информационных процессов мониторинга в рассмотренной гетерогенной виртуальной среде, что доказывает актуальность разработки специализированной программной системы.

Концепция программной системы

Основной проблемой, возникающей при эксплуатации гетерогенной среды, является проблема единого управления, включающая проблему распределения и мониторинга вычислительных ресурсов. Мониторинг состояния ресурсов вычислительных систем, как и

любая другая деятельность IT-подразделения должен проводиться в рамках определенного процесса управления. Основной целью внедрения процесса управления нагрузкой на предприятии является обеспечение оправданной нагрузки на IT-инфраструктуру, удовлетворяющей текущим и будущим потребностям бизнеса⁸.

На практике мониторинг вычислительных ресурсов в виртуальных средах в первую очередь призван выявлять проблемы неэффективного использования и нехватки вычислительных ресурсов. Стремление максимально эффективно использовать физические сервера зачастую приводит к сильной конкуренции виртуальных машин и, как следствие, к снижению производительности виртуальных серверов вплоть до отказов корпоративных информационных систем. В гетерогенной виртуальной среде эта ситуация усугубляется, и увеличившееся количество отказов в обслуживании корпоративных информационных систем начинает представлять серьезную проблему для бизнеса.

Решением задачи снижения угрозы отказа в обслуживании является обеспечение достаточного количества вычислительных ресурсов на всех узлах виртуальной среды. Для эффективного размещения виртуальных серверов на физических узлах необходимо выделение групп узлов со схожими значениями ресурсообеспеченности из общего множества. Необходимость выделения групп узлов определяется задачей миграции виртуализованных серверов в группу с высокой ресурсообеспеченностью. Таким образом, процедура оценки состояния вычислительных ресурсов в гетерогенной виртуальной среде заключается в распределении физических узлов по группам ресурсообеспеченности с минимальным количеством ошибок и принимает вид целевой функции:

$$R(U(P_n), A) \xrightarrow{F} \min,$$

где R – ошибки классификации;

U – множество узлов гетерогенной виртуальной среды;

P_n – n -мерное пространство признаков классификации;

A – множество алгоритмов классификации.

Единая система мониторинга предполагает централизованное удаленное наблюдение за целевыми вычислительными системами.

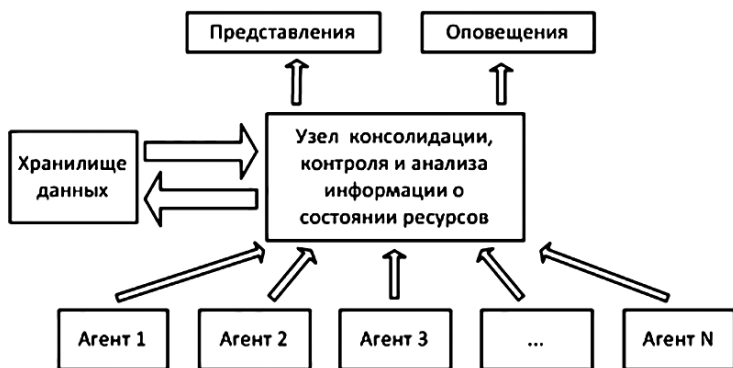


Рис. 3. Концептуальная модель системы мониторинга вычислительных ресурсов

Системы удаленного мониторинга построены по клиент-серверной модели, взаимодействие клиента и сервера осуществляется с помощью стандартных, либо же собственных протоколов, данные передаются через сети передачи данных⁹. Как правило, подобные системы используют доказавшую свою эффективность агент-ориентированную архитектуру. Концептуальная модель агент-ориентированной системы мониторинга приведена на рис. 3. В соответствии с этой моделью автономные программные агенты самостоятельно осуществляют сбор различных сведений о текущем состоянии ресурсов в целевых вычислительных системах и передают их в узел кон-

солидации, контроля и анализа. Узел консолидации, контроля и анализа регистрирует поступающие сведения и использует их для пополнения реализуемой модели состояния вычислительных ресурсов в наблюдаемых вычислительных системах, используя выделенное хранилище для данных модели. Узел осуществляет постоянный контроль модели состояния ресурсов и при

достижении заранее заданных критических условий оповещает пользователя. Также пользователь имеет доступ к различным представлениям модели состояния вычислительных ресурсов, на основании которых принимаются решения и выполняются операции по управлению вычислительными системами.

Основной проблемой разработки систем мониторинга ресурсов в виртуальных средах является невозможность использования стандартных системных библиотек для получения сведений об использовании вычислительных ресурсов¹⁰.

На рис. 4 представлена стандартная архитектура гипервизора смешанного типа.

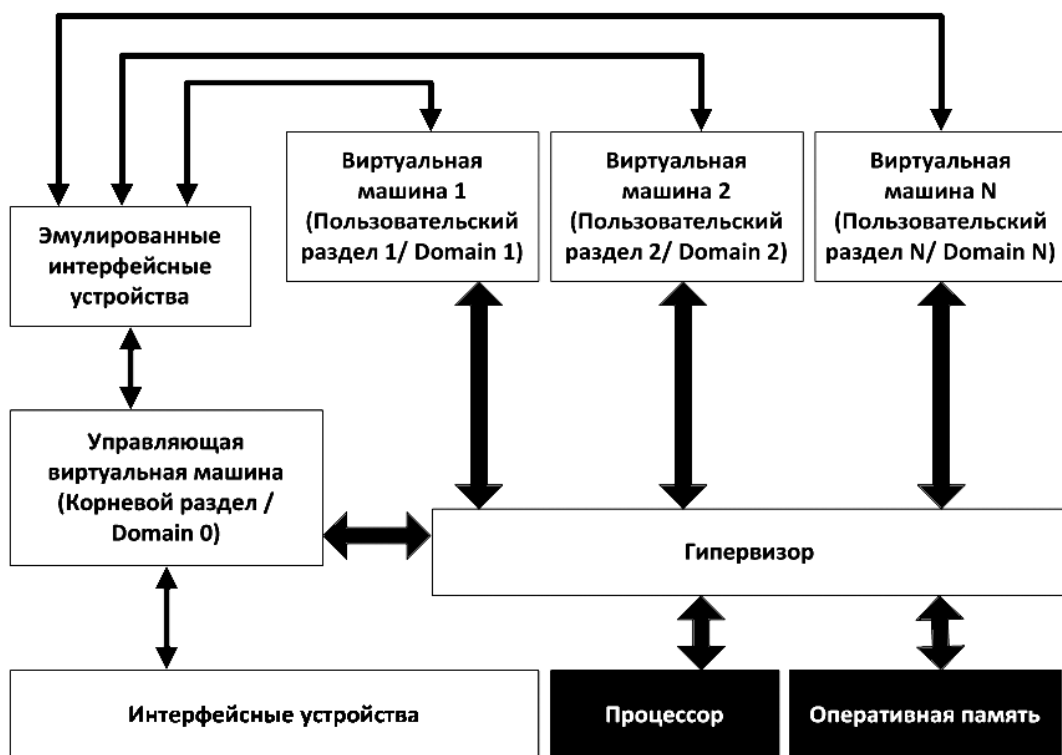


Рис. 4. Архитектура гипервизора смешанного типа

В соответствии с представленной архитектурой, непосредственное управление оперативной памятью и процессорным временем имеет только гипервизор, все виртуальные машины не имеют сведений о реальном использовании этих ресурсов. Доступ к ресурсам интерфейсных устройств (сетевые интерфейсы, дисковые подсистемы) предоставляется управляющей операционной системой, гостевые виртуальные машины также не имеют к ним доступа¹¹. В связи с этим программные агенты систем мониторинга для получения сведений о состоянии вычислительных ресурсов должны использовать API управления конкретными гипервизорами. Эти API могут различаться даже в разных версиях одного гипервизора, что ограничивает число поддерживаемых виртуальных платформ в любой системе мониторинга.

Таким образом, программная система мониторинга вычислительных ресурсов в гетерогенной виртуальной среде должна удовлетворять следующим требованиям:

- агенты системы должны функционировать в различных операционных системах;
- для получения сведений о состоянии вычислительных ресурсов агенты должны использовать API различных гипервизоров и собирать сведения о состоянии различных вычислительных ресурсов на физических узлах виртуальной среды;

- система мониторинга должна использовать модель состояния вычислительных ресурсов, исключая влияние случайных отклонений и дающую целостную картину состояния вычислительных ресурсов в виртуальной среде;

- система мониторинга должна предоставлять гибкую настройку и различные методы оповещения пользователей.

Выводы

Бурное развитие технологий виртуализации привело к возникновению феномена гетерогенных виртуальных сред. Производители виртуальных платформ и разработчики программных средств управления вычислительной инфраструктурой оказались не готовы к удовлетворению требований, накладываемых использованием разных платформ виртуализации для решения задач обеспечения доступности информационных систем. Существующие на рынке средства управления и мониторинга гетерогенных виртуальных сред не способны существенно снижать уровень угрозы отказа в обслуживании, что доказывает необходимость и актуальность разработки других программных систем, использующих новые модели и средства автоматизации.

Примечания

¹ Черняк Л. Виртуализация серверов стандартной архитектуры // Открытые системы. СУБД. 2008. № 3. С. 40–47.

² Ширманов А. Е. Сосуществование гипервизоров – обычное явление? // COMNEWS Новости телекоммуникаций, вещания и ИТ: ежедневная интернет-газета. 2013. URL: <http://www.comnews.ru/node/76551> (дата обращения: 03.12.2013).

³ Bittman T. G00233251 Reconsidering Heterogeneous x86 Server virtualization. Stamford: Gartner Inc., 2012. 8 р.

⁴ Черняк Л. Реальная безопасность виртуальных серверов // Открытые системы. СУБД. 2009. № 3. С. 60–62.

⁵ Darmawan B., Chen G., Varkonyi L. End-to-End Planning for Availability and Performance Monitoring. Indianapolis: IBM press, 2008. 172 с.

⁶ Ricks B. System Center 2012 R2 Operations Manager Documentation. Portland: Microsoft press, 2013. 1389 с.

⁷ Veeam ONE for VMware vSphere and Hyper-V [Электронный ресурс] // Veeam: Modern Data Protection – Built for Virtualization: [сайт]. [2013]. URL: <http://www.veeam.com/one-vmware-hyper-v-monitoring-reporting.html> (дата обращения: 02.12.2013)

⁸ Белкин П. Заметки о мониторинге виртуальной инфраструктуры // Intelligent Enterprise/RE («Корпоративные системы»). 2008. № 2. С. 7–8.

⁹ Сильнов Д. С. Актуальность современных систем удаленного мониторинга вычислительных ресурсов // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2011. № 141. С. 56–57.

¹⁰ Menon A. Diagnosing performance overheads in the Xen virtual machine environment // Proceedings of the 1st ACM/USENIX international conference on Virtual execution environments. 2005. P. 13–23.

¹¹ Гордеев А. В., Молчанов А. Ю. Системное программное обеспечение. СПб. : Питер, 2001. 736 с.

References

¹ Chernyak L. Virtualizatsiya serverov standartnoi arkhitektury [Virtualization of Servers of the Standard Architecture] // Otkrytye sistemy. SUBD. 2008. No. 3. p. 40–47.

² Shirmanov A.E. Sosushchestvovanie gipervizorov - obychnoe yavlenie? [Is Coexistence of Hypervisors a Common Phenomenon?] // COMNEWS- Novosti telekommunikatsii, veshchaniya i IT: ezhdnevnyaya internet gazeta. 2013. URL: <http://www.comnews.ru/node/76551> (Date of Access: 03.12.2013).

³ Bittman T. G00233251 Reconsidering Heterogeneous x86 Server virtualization. Stamford: Gartner Inc., 2012. 8 p.

⁴ Chernyak L. Real'naya bezopasnost' virtual'nykh serverov [Real Security of Virtual Servers] // Otkrytye sistemy. SUBD. 2009. No. 3. p. 60–62.

⁵ Darmawan B., Chen G., Varkonyi L. End-to-End Planning for Availability and Performance Monitoring. Indianapolis: IBM press, 2008. 172 s.

⁶ Ricks B. System Center 2012 R2 Operations Manager Documentation. Portland: Microsoft press, 2013. 1389 s.

⁷ Veeam ONE for VMware vSphere and Hyper-V [Electronic Resource] // Veeam: Modern Data Protection – Built for Virtualization: [Web-site]. [2013]. URL: <http://www.veeam.com/one-vmware-hyper-v-monitoring-reporting.html> (data ob-rashcheniya: 02.12.2013)

⁸ Belkin P. Zametki o monitoringe virtual'noi infrastruktury [Notes on Monitoring of Virtual Infrastructure] // Intelligent Enterprise/RE («Korporativnye sistemy»). 2008. No. 2. p. 7-8.

⁹ Sil'nov D.S. Aktual'nost' sovremennykh sistem udalennogo monitoringa vychislitel'nykh resursov [Urgent Character of Modern Systems of Remote Monitoring of Computational Resources] // Izvestiya Rossiiskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A. I. Gertsena. 2011. No. 141. P. 56-57.

¹⁰ Menon A. Diagnosing performance overheads in the Xen virtual machine environment // Proceedings of the 1st ACM/USENIX international conference on Virtual execution environments. 2005. P. 13–23.

¹¹ Gordeev A.V., Molchanov A.Yu. Sistemnoe programmnoe obespechenie [System Programming Software]. St. Petersburg: Piter Publ., 2001. 736 p.

Тыщенко Сергей Валерьевич, бакалавр техники и технологий, ведущий программист.
E-mail: tyshchenko@eplink.ru

Соловьев Николай Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет». E-mail: povt@unpk.osu.ru

Sergey Valerievich Tyshchenko, Bachelor of Technics and Technology. Leading programmer of JSC 'Orenburgoblgas'. E-mail: tyshchenko@eplink.ru

Nikolai Alekseevich Soloviev, PhD Engineering, Professor, Head of the Department of Programming Software of Computational Machinery and Automated Systems, Orenburg State University. E-mail: povt@unpk.osu.ru