УДК 004.75

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ «ОБЛАЧНЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

С.В. Абламейко[1], Ю.И. Воротницкий[1], Н.И. Листопад[2]
[1]Белорусский государственный университет, Минск;
[2]Главный информационно-аналитический центр
Министерства образования Республики Беларусь, Минск

Рассматриваются основные возможности и перспективы использования современных «облачных» технологий в образовании. На основе проведенного анализа современного состояния проблемы предлагаются актуальные направления внедрения этих технологий в национальной системе образования.

Введение

Информатизация национальной системы образования - одна из приоритетных задач развития информационного общества [1, 2]. В Республике Беларусь в настоящее время созданы условия для широкомасштабного внедрения инновационных моделей информационно-коммуникационного обеспечения системы образования, таких как грид-сети и «облачные» компьютерные системы.

Построена высокоскоростная коммуникационная научно-образовательная среда, основу которой составляет Единая научно-информационная компьютерная сеть Республики Беларусь (НИКС) [3], базовыми элементами которой являются сети Министерства образования Республики Беларусь UNIBEL, Национальной академии наук Беларуси BASNET и Белорусского государственного университета BSUNET. Развитию образовательного сегмента национальной грид-сети способствуют начатая в 2009-2010 гг. в Белорусском государственном университете и Гродненском государственном университете эксплуатация суперкомпьютерных кластеров СКИФ К-1000-05, а также внедрение суперкомпьютерных систем в учебный процесс и научные исследования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники и Белорусского национального технического университета [4].

«Облачные» технологии являются частью новой развивающейся сетевой интернет-архитектуры, которая базируется на трех основных принципах:

- информационно-ориентированная сетевая архитектура (information-centric networking);
-«облачные» вычисления, интегрированные с сетью (cloud computing integrated with networking);
- открытая коннективность (open connectivity).

Информационно-ориентированная сетевая архитектура ставит своей целью не коннективность интернет-хостов, а возможность эффективной организации хранения информационных объектов и доступа к ним. Информационные объекты рассматриваются как объекты, принадлежащие к определенному классу абстракции, для которого предлагаются унифицированные механизмы передачи, хранения, доступа; информация становится независимой от устройств, которые ее хранят.

«Облачные» вычисления, интегрированные с сетью, предлагают комбинацию и интеграцию «облачных» вычислений и виртуальной сети. Такое решение позволяет более глубоко интегрировать само «облако» непосредственно в сеть, что обеспечивает тесную интеграцию виртуальной сети как на уровне вычислений, так и на сетевом уровне.

Для поддержки этих двух подходов требуется так называемая открытая коннективность, основной задачей которой является обеспечение транспортных услуг и поддержка различных сетевых механизмов.

«Облака» относятся к классу сетевых компьютерных систем, основными элементами которых являются: компьютерная сеть с повышенной надежностью и пропускной способностью; клиент «облака» - аппаратное и программное обеспечение, взаимодействующее с «облаком» на основе стека протоколов TCP/IP; собственно «облако» - программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий работу «облачных» сервисов, взаимодействие с клиентом и динамическое управление ресурсами облака.

Отличительными особенностями «облачных» технологий являются [5, 6] следующие признаки:

- сервисная модель обслуживания - представление сетевых ресурсов в виде пула настраиваемых сервисов, готовых к немедленному использованию на условиях онлайн-подписки без дополнительной установки и настройки со стороны пользователя;
- самообслуживание - возможность для потребителя самостоятельно изменять номенклатуру и конфигурацию сервисов в режиме онлайн с использованием http-клиента;
- высокая автоматизация процесса управления пулом сервисов, учетными записями пользователей и потреблением ресурсов;
- эластичность - возможность динамического перераспределения имеющихся ресурсов между потребителями; при этом внутренняя техническая структура «облака» скрыта от потребителя и недоступна ему для модификации, а само расширение доступных ресурсов является прозрачным;
-использование распространенных сетевых технологий - «облачные» сервисы должны быть доступны для любого клиентского оборудования с использованием стандартных технологий и протоколов, поддерживающих стек протоколов TCP/IP.

С точки зрения пользователя, отличием работы в «облачной» среде от использования традиционных сетевых ресурсов также является универсальный интерфейс, ориентированный на веб-технологии и http-протокол в качестве базовых средств управления «облаком» и доступа к его сервисам. Для специализированных сервисов также сохраняется возможность использования собственных прикладных протоколов, работающих в составе стека протоколов TCP/IP.

Обычно выделяют следующие базовые классы «облачных» сервисов.

1. IaaS (Infrastructure as a Service) - «инфраструктура как услуга», клиенту предоставляется полный доступ к виртуальной машине с возможностью устанавливать и настраивать операционную систему (ОС) и любое программное обеспечение (ПО). Модель IaaS предполагает, что клиент самостоятельно может управлять количеством процессоров, объемами оперативной памяти, дискового пространства и сетевых коммуникаций виртуальной машины. В качестве потребителя сервиса может выступать как удаленный клиент, так и система управления самим «облаком», использующая IaaS для построения сервисов более высокого уровня. Сервис IaaS предполагает полную ответственность клиента за безопасность, работоспособность и законность использования ПО. На оператора «облака» возлагается лишь ответственность за безопасность и надежность функционирования аппаратной платформы.

2. PaaS (Platform as a Service) - «платформа как услуга», предоставляет клиенту ограниченный доступ к управлению ОС, удаленным рабочим столом (DaaS, desktop as a service), СУБД и т. д. В этом случае на оператора «облака» возлагается установка и настройка системного ПО, соблюдение соответствующих лицензионных соглашений и обеспечение мер безопасности. Клиент же имеет возможность устанавливать, настраивать и использовать прикладное ПО, несет ответственность за его безопасность и со-

блюдение лицензионных прав. Сервисы PaaS также могут использоваться при организации других сервисов «облака».

3. SaaS (Software as a Service) - «прикладное ПО как услуга», предоставляет онлайн-доступ к использованию прикладного ПО. При этом настройка ПО, обеспечение мер безопасности и соблюдение лицензионных соглашений возлагаются на оператора «облака».

Здесь следует обратить внимание на предложенную в статье [7] концепцию сервиса KaaS (Knowledge as a Service) - «знания как услуга», «облачный» сервис, содержащий «однозначно интерпретируемые актуальные знания, обеспечивающие поддержку принятия решений» и предоставляющий технологические средства их использования.

Программно-техническая инфраструктура «облака» строится на основе центров обработки данных (ЦОД). В зависимости от размещения и принадлежности ЦОД, порядка предоставления доступа к сервисам и способа организации работы клиента выделяются корпоративные или специализированные «частные облака» (private cloud), универсальные «публичные облака» (public cloud), совместно используемые «общие облака» (common cloud) и смешанный тип обслуживания - «гибридные облака» (hybrid cloud).

1. Основные цели, задачи и приложения «облачных» технологий в образовании

Современные тенденции развития информационно-коммуникационных технологий позволяют утверждать, что суперкомпьютерные, грид- и «облачные» технологии в близкой перспективе станут вычислительным инструментарием развития высоких технологий в научно-технической, социально-экономической и общественно-политической деятельности, основой повышения национальной конкурентоспособности в критически важных областях деятельности государства и общества. Исходя из этого, широкомасштабное внедрение в системе образования данных технологий в настоящее время имеет стратегический характер. Основной целью использования «облачных» технологий в образовании является обеспечение нового качества образовательного процесса, адекватного инновационному развитию государства и общества.

Применение «облачных» технологий в системе образования позволяет решить две основные задачи. Во-первых, обеспечить для образовательных учреждений и отдельных учащихся возможность использовать современные и постоянно актуализируемые компьютерную инфраструктуру, программные средства, электронные образовательные ресурсы и сервисы. Во-вторых, снизить затраты отдельных учебных заведений и системы образования в целом на построение локальных информационных инфраструктур за счет эффективного использования вычислительных ресурсов, сосредоточенных в «облаке» и эластично выделяемых пользователям в соответствии с их запросами.

Рассмотрим основные, перспективные на наш взгляд, приложения «облачных» технологий в образовании.

Непрерывный доступ учащихся к образовательным ресурсам. Клиент-серверные архитектуры в совокупности с веб-технологиями позволяют предоставить пользователям, работающим с различными компьютерными устройствами, гомогенную масштабируемую среду для доступа к вычислительным и информационным ресурсам. Современная молодежь, стремящаяся постоянно присутствовать в сети Интернет, должна получить адекватные механизмы использования имеющихся компьютерных устройств для образования [8]. В настоящее время в Республике Беларусь подавляющее большинство домохозяйств, в которых есть учащиеся и студенты, оснащены персональными компьютерами и имеют широкополосный доступ в Интернет. Широкомасштабное вовлечение в образовательный процесс персональных устройств позволит существенно

сократить издержки на оснащение компьютерами и лицензионными программными продуктами компьютерных классов в учебных заведениях, а также отвлечь молодежь от бесполезного использования персональных устройств (например, для общения в социальных сетях и т. п.). В молодежной среде распространены мобильные компьютеры, планшетные устройства и смартфоны. «Облачные» технологии позволяют создать удобную среду для доступа к ресурсам с разнообразных устройств и обеспечить синхронизацию деятельности пользователя, осуществляемой с нескольких устройств (компьютер в учебном классе, домашний компьютер, смартфон и т. п.).

Разработка и внедрение современных электронных образовательных ресурсов. В настоящее время в национальной системе образования накоплен значительный опыт разработки электронных средств обучения (ЭСО). Можно выделить следующие основные направления работ по созданию ЭСО за последние пять лет [9, 10].

Первое направление - разработка сетевых ЭСО для средней школы. Гак, в рамках государственной программы «Комплексная информатизация системы образования Республики Беларусь на 2007-2010 годы» БГУ разработал в 2008 г. комплекс электронных средств обучения для общеобразовательной школы: систему управления учебным процессом и интегрированные с ней электронные учебники по математике, биологии, русскому языку и другим предметам. Следует отметить, что при внедрении разработанной полномасштабной сетевой системы управления учебным процессом в средних школах возник ряд проблем. Это - сложность установки и эксплуатации, несовместимость с системами других производителей и др.

Второе направление - разработка автономных электронных учебно-методических комплексов для высших учебных заведений, полностью охватывающих содержание дисциплин, включая теоретический курс, задачи и задания семинарских и практических занятий задания лабораторного практикума, материалы для самостоятельной работы и т. п. Такие ЭСО просты в использовании и не требуют усилий для их инсталляции. Основные недостатки - отсутствие механизмов обновления и большой объем локально хранимых файлов при включении в состав ЭСО мультимедийных материалов. Кроме того, отсутствуют возможности анализа результатов тестирования учащихся, построения на основе этих результатов индивидуальных траекторий обучения.

Третье направление связано с организацией дистанционного обучения. Использование систем дистанционного обучения, как правило, реализованных в клиент-серверной архитектуре, позволяет организовать сетевой доступ к учебным материалам и реализовать основные функции управления учебным процессом. Основной проблемой внедрения таких систем в отдельных учебных заведениях, на наш взгляд, являются относительно высокие материальные и трудовые затраты на освоение и сопровождение современных систем дистанционного обучения.

К основным мировым тенденциям развития ЭСО следует отнести широкое использование мультимедийных материалов (видеолекции и видеоуроки, учебные видеоролики и т.п.), интерактивной графики, в том числе трехмерной (вращение и масштабирование рисованных объектов, всплывающие пояснения и др.), интеграцию в ЭСО различных файлов (презентаций, электронных таблиц, графиков и др.), а также использование сетевых систем доступа к ЭСО, их актуализации и подписки на них. Актуальной является задача создания национального репозитария электронных образовательных ресурсов на основе общих для учебных заведений и преподавателей соглашении, стандартов и технологий. Это позволит создать интерактивную образовательную среду, которая обеспечит гибкое обучение на различных уровнях образования в любое время и в любом месте на базе свободного доступа к образовательному контенту. Репозитарий образовательных ресурсов, объединенных удобной системой семантического поис-

ка, обеспечит эффективное использование этих ресурсов как преподавателями при подготовке занятий, так и учащимися в процессе самообразования. Очевидно, что такая образовательная среда может быть эффективно построена на основе национальной «облачной» научно-образовательной инфраструктуры.

Хостинг информационных ресурсов и информационное взаимодействие субъектов образовательного процесса. Можно утверждать, что объем информационных ресурсов, публикуемых белорусскими учебными заведениями в сети интернет, подчиняется общим законам экспоненциального роста ресурсов данной глобальной сети. При этом растут затраты на серверное оборудование и широкополосные каналы для исходящего трафика в интернет, которые могли бы обеспечить хранение больших объемов информации и доступ к ним. Создание в системе образования единого национального ЦОД позволило бы существенно снизить эти затраты, а также повысить безопасность хранимых ресурсов, снизить требования к квалификации ИТ-персонала учебных заведений. Кроме того, на базе такого «облачного» ЦОД могли бы быть реализованы сервисы, обеспечивающие информационное взаимодействие преподавателей и студентов (разделяемые файловые хранилища и др.).

Управление в системе образования. На протяжении последних лет в национальной системе образования сформирован целый ряд интегрированных баз данных, на основе которых юридическим и физическим лицам могут предоставляться те или иные информационные сервисы. Одним из наиболее эффективных инструментов предоставления таких сервисов являются «облачные» системы. Так, в 2012 г. Министерством образования проводится исследование возможностей использования «облачной» системы информационного обеспечения учебного процесса «Дневник.ру» [11]. Начиная с 2010 г. в вузах Республики Беларусь внедрены пластиковые студенческие билеты на основе смарт-карт. Относительно небольшое число вузов и их достаточно развитая информационная инфраструктура позволили внедрить автономные программные комплексы изготовления студенческих билетов непосредственно в высших учебных заведениях [12]. Масштабирование данного проекта с целью внедрения билетов учащихся для учеников общеобразовательных школ, учащихся средних специальных учебных заведений потребует создания централизованной и в то же время очень гибкой программной системы учета, изготовления и использования пластиковых документов на основе «облачной» технологии. В конечном итоге можно прогнозировать уже в ближайшем будущем переход от автономных систем управления учебным процессом, функционирующих в локальных сетях вузов, к централизованным «облачным» системам.

2. Архитектура «облачной» системы

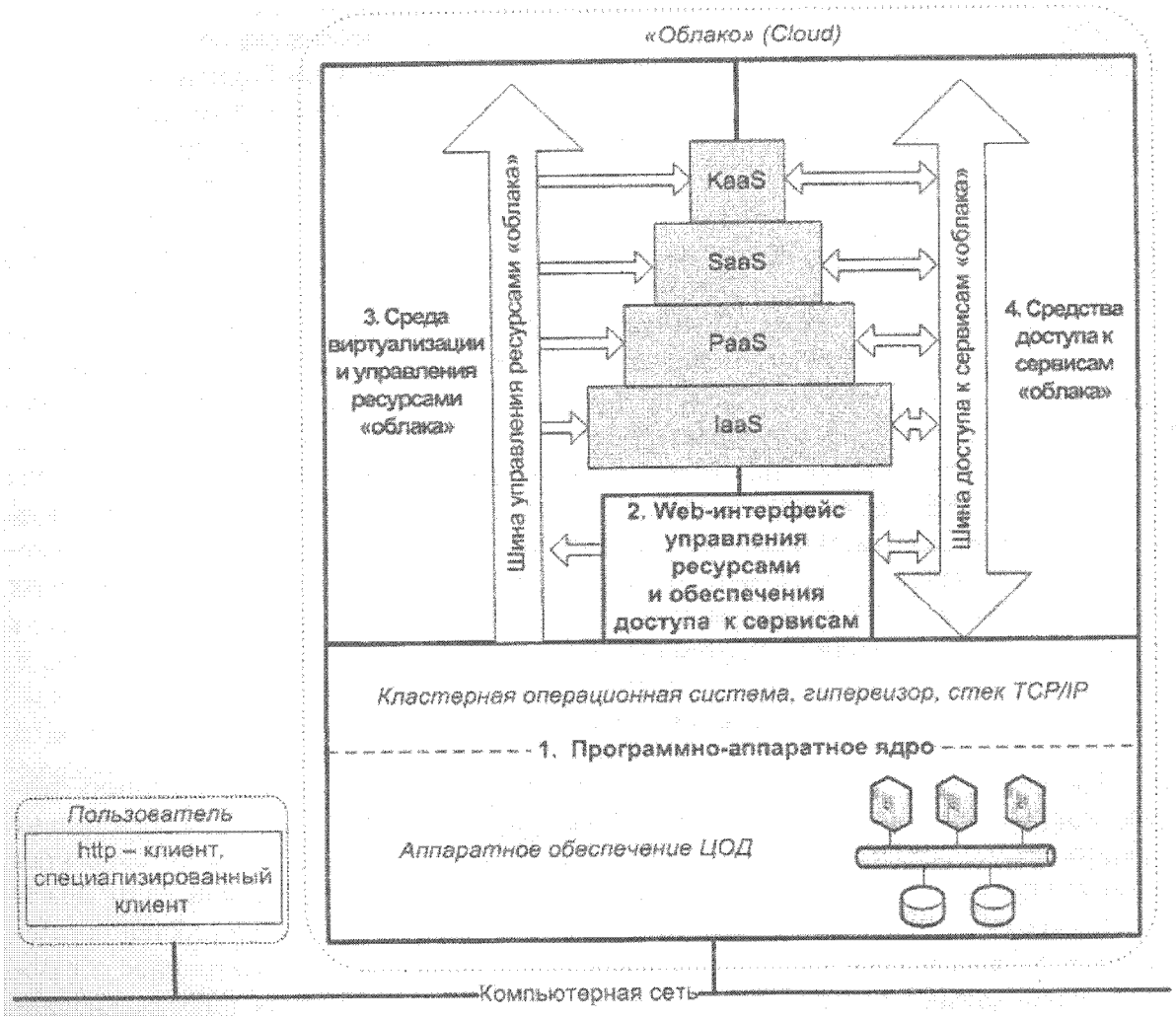
Исходя из анализа перспективных направлений использования «облачных» технологий, авторами предлагается создание республиканского ЦОД системы образования и построение на его основе «облачной» инфраструктуры, доступной всем субъектам образовательного процесса - юридическим и физическим лицам. Такой ЦОД может быть создан в Главном информационно-аналитическом центре Министерства образования Республики Беларусь в рамках реализации подпрограммы «Электронное образование» Национальной программы ускоренного развития услуг в сфере информационно-коммуникационных технологий на 2011-2015 годы [13].

На основе анализа различных «облачных» систем, поддерживаемых такими компаниями, как Microsoft, VMware, HP, Amazon, авторами работы [14] предлагается обобщенная модель архитектуры «облака», представленная на рисунке. Основными элементами такой модели являются:

1. Отказоустойчивое программно-аппаратное ядро ЦОД, включающее аппаратное обеспечение ЦОД, кластерное системное ПО, гипервизор системы виртуализации и средства обеспечения работы сети на основе стека TCPIP. Аппаратное обеспечение включает вычислительный кластер и комплекс сетевых подсистем хранения (SAN, NAS).

2. Интерфейс управления «облаком» на основе веб-сервера, позволяющий управлять ресурсами «облака» и получать доступ к его сервисам на основе http-протокола с использованием веб-технологий.

3. Среда виртуализации и управления виртуальными ресурсами «облака», представляющая собой специализированное «промежуточное» ПО, позволяющее обеспечивать ключевые свойства «облака» (представление ресурсов в виде сервисов, автоматизация управления, самообслуживание клиентов), управлять учетными записями, потреблением ресурсов, правами пользователей. Организация передачи управляющей информации ресурсам может быть представлена в виде универсальной шины управления ресурсами, доступ к которой имеет как среда управления, так и клиент «облака» посредством веб-интерфейса.



Архитектура «облачной» компьютерной системы

4. Средства доступа к сервисам «облака», представляющие собой набор протоколов и технологий, позволяющих пользователю подключаться и пользоваться нужными сервисами. Организация обмена данными между клиентом и сервисами может быть

представлена в виде шины доступа к сервисам, поддерживающей стандартные протоколы передачи и доступной как для непосредственного сетевого доступа, так и для доступа с помощью веб-интерфейса, транслирующего http-запросы клиента в специализированные протоколы доступа к сервисам.

На основе анализа предложенной схемы, являющейся общей для разных видов «облака» и отражающей основные компоненты архитектуры, могут быть сделаны следующие выводы:

1. Комплекс системного ПО «облака» может рассматриваться как операционная система «облачного» типа, отличительной особенностью которой является обязательное наличие модуля виртуализации и динамической реконфигурации виртуальных ресурсов.

2. Архитектура «облака» предполагает и включает средства обеспечения двух режимов работы пользователя: режима управления ресурсами и режима использования сервисов.

3. Использование веб-сервера для организации универсального интерфейса пользователя, с одной стороны, позволяет упростить доступ к сервисам, а с другой - ограничивает возможности сервисов «облака» рамками http-протокола. В связи с этим можно прогнозировать появление специально разработанного расширения http-протокола или нового протокола удаленного управления для «облака».

4. В отличие от IaaS и PaaS сервисов, программное обеспечение уровней SaaS и KaaS значительно более разнообразно и создается большим количеством независимых производителей; соответственно должна быть предусмотрена возможность создания специального «облачного» программного интерфейса (cloud-API), который позволит обеспечить разработку многочисленных SaaS- и KaaS-приложений и их переносимость для разных реализаций «облака».

Основные классы «облачных» сервисов могут быть упорядочены в иерархию (стек) сервисов «IaaS-PaaS-SaaS-KaaS», показанную на рисунке, в которой каждый вышележащий уровень использует ресурсы нижних. Отсюда целесообразна специализация «облаков» в виде ресурсных IaaS-, Paa8-«облаков» и сервисных SaaS-, Каа8-«облаков» для гибкого построения на их базе «гибридных облаков» любого назначения.

Заключение

«Облачные» компьютерные системы представляют собой новый способ организации информационно-коммуникационной инфраструктуры, характеризующийся упрощением и унификацией методов, средств и способов работы пользователя за счет сосредоточения высокотехнологичных операций, сложного программно-аппаратного обеспечения и квалифицированных кадров в рамках специализированных центров обработки данных.

Основными практическими преимуществами использования «облачных» систем в образовательной инфраструктуре являются: снижение требований к техническому оснащению и квалификации пользователей, оптимизация использования дорогостоящего высокопроизводительного оборудования и программного обеспечения, упрощение процессов управления лицензиями и обновлениями, стандартизация выполнения операций в рамках системы менеджмента качества.

Список литературы

1. Стратегия развития информационного общества в Республике Беларусь на период до 2015 года : постановление Совета Министров Республики Беларусь, 9 авг. 2010 г., № 1174 // Национальный правовой портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. -

Режим доступа : http://www.pravo.by/webnpa/text.asp?RN=C21001174. - Дата доступа :

2. Роль БГУ в формировании информационного общества в Республике Беларусь / С.В. Абламейко [и др.] // Вестн. Белорус, гос. ун-та. - 2012. - Сер. 1, № 1. - С. 3-12.

3. Воротницкий, Ю.И. Технологии интеграции научно-информационной компьютерной сети Республики Беларусь во внешние сети / Ю.И. Воротницкий, А.В. Иода // Управление защитой информации. - 2004. - Т. 8, № 2. - С. 170-171.

4. Абламейко, С.В. Национальный образовательный грид-сегмент: стратегия развития и приложения / С.В. Абламейко, В.В. Анищенко, Ю.И. Воротницкий // Третья Междунар. науч. конф. «Суперкомпьютерные системы и их применение» : доклады конференции, Минск, 25-27 мая 2010 г. : в 2 т. / ОИПИ НАН Беларуси ; науч. редактор : В.В. Анищенко.-Минск, 2010. - Т. 1,-С. 19-27.

5. Mell, P. The NIST Definition of Cloud Computing / P. Mell, T. Grance. - Gaithersburg, 2011.

6. Buyya, R. Cloud Computing: Principles and Paradigm / R. Buyya, J. Broberg, A. Goscinski. - Hoboken, NJ, USA : John Wiley & Sons, 2011.

7. Виссия, Х. Интеллектуализация принятия решений на основе предметных коллекций / Х. Виссия, В.В. Краснопрошин, А.Н. Вальвачев // Вестн. БГУ. - 2011. - Сер. 1, № 3. - С. 85-86.

8. Абламейко, С.В. Перспективные направления информатизации университета в условиях развития информационного общества / С.В. Абламейко, Ю.И. Воротницкий // Электроника - инфо. - 2011. - № 4. - С. 12-16.

9. Листопад, Н.И. Электронные средства обучения: состояние, проблемы и перспективы / Н.И. Листопад, Ю.И. Воротницкий // Высшая школа. - 2008. - № 6. - С. 6-14.

10. Жук, А.Н. Современный электронный учебно-методический комплекс - основа информационно-образовательной среды вуза / А.И. Жук, Ю.И. Воротницкий, П.А. Мандрик // Информатизация образования - 2010: педагогические аспекты создания информационно-образовательной среды : материалы междунар. науч. конф., Минск, 27-30 окт. 2010 г. / БГУ; редкол.: И.А. Новик (отв. ред.) [и др.]. - Минск, 2010. - С. 197-201.

11. Портал Дневник.ру [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.dnevnik.ru. - Дата доступа : 07.06.2012.

12. Опыт и перспективы внедрения интеллектуальных документов в учебных заведениях / С.В. Абламейко [и др.] // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Современные технологии автоматической идентификации и электронного бизнеса. Состояние и перспективы развития ID Comptence 2011», Минск, апрель 2011. - Минск, 2011. - С. 49-57.

13. Национальная программа ускоренного развития услуг в сфере информационно-коммуникационных технологий на 2011-2015 годы : постановление Совета Министров Республики Беларусь, 28 марта 2011 г., № 384 // Национальный правовой портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. - Режим доступа : http://www.pravo.by/webnpa/text.asp?RN=C21100384. - Дата доступа : 07.06.2012.

14. Листопад, Н.И. Модели функционирования «облачной» компьютерной системы / Н.И. Листопад, Е.В. Олизарович // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. - 2012. - № 3. - С. 23-29.