

УДК 004.75

*В.Я. Дворянчиков, С.Г. Редько*

## **ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА ВУЗА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

*V.Y. Dvoryanchikov, S.G. Redko*

### **THE UNIVERSITY INFORMATION AND EDUCATION SYSTEM BASED ON IMPLEMENTATION OF CLOUD COMPUTING TECHNOLOGIES**

Рассмотрена информационно-образовательная среда (ИОС) вуза, построенная на базе технологий облачных вычислений, разработана многоуровневая структурная схема ее организации. Формализованы основные критерии оценки эффективности ИОС на пользовательском уровне. Предложены базовые метрики сервисного уровня. Выявлены основные проблемные области создания и применения корпоративных информационных систем в высших учебных заведениях.

ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА, КОРПОРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ.

This article describes a multi - level university information and education system based on implementation of cloud computing technologies, a structural scheme of which is provided. The main criteria of user - level estimation in quality and performance of a proposed system are formalized; base metrics of service - level are listed. The main issues of building and development of corporate information systems in universities are discussed.

CLOUD COMPUTING, INFORMATION AND EDUCATION TECHNOLOGIES, CORPORATE INFORMATION SYSTEM, MEASUREMENT OF EFFICIENCY.

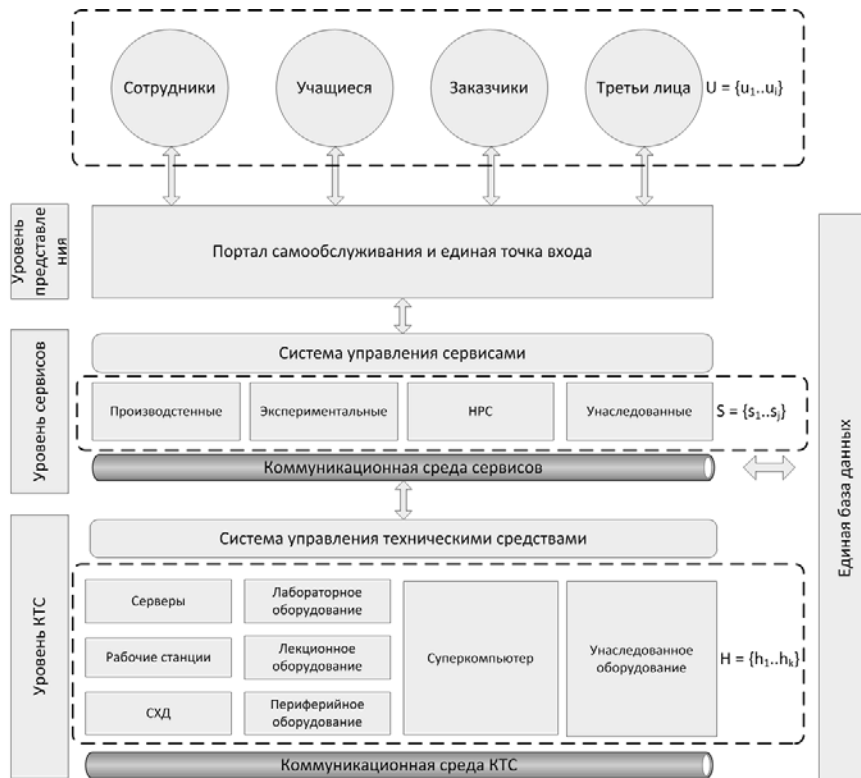
Цель исследования – разработка структуры и формализованное описание информационно-образовательной среды (ИОС), построенной на базе технологий облачных вычислений.

Существует достаточно много определений понятия ИОС как с точки зрения педагогической, так и технической. В данной работе под информационно-образовательной средой будем понимать системно организованную совокупность технических, информационных и организационно-методических средств, обеспечивающих реализацию образовательного и научно-исследовательского процесса вуза. Пользователями ИОС являются сотрудники вуза, принимающие участие в реализации и поддержке образовательного процесса, контингент учащихся (студенты, аспиранты, докторанты, слушатели курсов, стажеры и практиканты), абитуриенты и сторонние лица.

Актуальность и важность проблемы создания информационно-образовательной среды,

отвечающей стратегическим задачам развития университета, доказывают многочисленные научные и практические работы. Вопросам создания вузовской ИОС и реализации отдельных её компонентов посвящены исследования Э.Г. Скибицкого, А.Г. Абросимова, В.В. Крюкова, К.И. Шахгельдян, С.В. Потемкиной, С.Л. Атанасяна, Д.А. Королева, Р.Н. Агапова, Т.В. Шеламовой. Вопросам построения информационно-образовательной среды вуза посвящен ряд программ и учебных курсов. В частности, в Московском государственном институте радиотехники, электроники и автоматики была разработана программа «Корпоративная информационно-образовательная среда университета».

В последнее время в контексте как модернизации, так и создания ИОС все чаще упоминаются технологии облачных вычислений (*cloud computing*). Основные преимущества облачных сред на данный момент описаны доста-



Структурная схема ИОС на базе облачных вычислений

точно подробно [1 – 3] и их детальное рассмотрение выходит за рамки настоящей статьи. В первую очередь следует отметить:

снижение ряда затрат на развертывание и эксплуатацию сервисов корпоративной информационной системы;

доступность сервисов облачной среды с широкого спектра клиентских устройств и вне зависимости от географического положения пользователя;

возможность запуска унаследованных программных продуктов на более новом и надежном оборудовании;

возможности повышения отказоустойчивости ИТ-инфраструктуры в целом и отдельных ее компонентов.

Несколько менее подробно в отечественных и зарубежных публикациях анализируются возможные затраты и риски, возникающие при создании и эксплуатации информационной системы на базе облачных вычислительных сред. На общем уровне среди основных категорий подобных издержек можно выделить [4, 5]:

приобретение (модернизация) оборудова-

ния, обеспечивающего функционирование вычислительной платформы;

затраты на обучение пользователей сервисов облачной среды;

расходы на оплату услуг специалистов, осуществляющих внедрение и сопровождение ИОС;

расходы на аренду помещений, инфраструктуры и сервисов провайдеров, вовлеченных в эксплуатацию облачной платформы.

При эффективном планировании их применения в ИТ-инфраструктуре вуза и обоснованном выборе средств реализации облачной вычислительной среды использование технологий cloud computing способно дать университету ощутимые конкурентные преимущества и решить ряд проблем. К таким проблемам относятся [6]:

недостаточно тесная интеграция информационных систем подразделений вуза, что приводит к отсутствию единой точки доступа к ИТ-сервисам и централизованного управления ими;

отсутствие тиражируемости, предполагающей применение решений, разработанных для

автоматизации данного вуза, в инфраструктуре других организаций;

недостаточная доступность ИТ-сервисов университета с разнообразных клиентских устройств, в том числе территориально удаленных;

неравномерность модернизации парка компьютерного оборудования;

отсутствие в подразделениях квалифицированных кадров, способных поддерживать и развивать ИТ-инфраструктуру.

Приведём некоторые примеры внедрения облачных платформ в информационную среду вузов:

Южно-Уральский государственный университет (реализация инфраструктуры персональных виртуальных ПК);

Северо-Восточный федеральный университет (образовательная платформа и система дистанционного обучения);

университет «Дубна» (компьютерная лаборатория на базе виртуальных машин).

Среди зарубежных проектов по созданию облачных платформ, поддерживающих образовательный процесс, следует выделить проект «Virtual Computing Lab», запущенный еще в 2004 году в США в Университете Северной Каролины [7].

При изучении информации о подобного рода внедрениях и рассмотрении различных источников, посвященных технологиям *cloud computing*, можно отметить разнообразие определений концепции облачных вычислений [8]. Соответственно в зависимости от трактовки и видения облачных технологий могут различаться как стратегии их применения, так и конечный результат реализации проекта в виде новой (или модернизированной) ИОС. Общая схема ИОС в укрупнённом виде представлена на рисунке в виде многоуровневой системы.

Определим следующие множества:

$U$  – множество пользователей ИОС,

$$u_{i=1..i_{max}} \in U$$

$S$  – множество предоставляемых сервисов,

$$s_{j=1..j_{max}} \in S$$

$H$  – множество технических средств,

$$h_{k=1..k_{max}} \in H$$

Данные элементы можно описать в виде набора свойств, представленного в таблице.

### Уровни организации ИОС

|                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уровень ИОС                                                                                                                                                                                                                     |
| Пользователи среды<br>$u_{i=1..i_{max}} = \langle t_i, d_i, p_i, a_i, l_i, c_i \rangle$                                                                                                                                         |
| Свойство элемента                                                                                                                                                                                                               |
| $t$ – тип пользователя, $d$ – потребности пользователя в сервисах, $p$ – клиентские устройства пользователя, $a$ – учётная запись пользователя, $l$ – географическое расположение пользователя, $c$ – пользовательский контент. |
| Предоставляемые сервисы                                                                                                                                                                                                         |
| $s_{j=1..j_{max}} = \langle t_j, d_j, f_j, c_j \rangle$                                                                                                                                                                         |
| $t$ – тип сервиса, $d$ – потребности сервиса в ресурсах КТС, $f$ – функциональное назначение, $c$ – характеристика сервиса                                                                                                      |
| Средства реализации                                                                                                                                                                                                             |
| $h_{k=1..k_{max}} = \langle t_k, c_k \rangle$                                                                                                                                                                                   |
| $t$ – тип технического средства, $c$ – характеристика технического средства                                                                                                                                                     |

В качестве общих критериев оценки среды можно выделить четыре критерия.

**Масштабируемость:** для любого изменения потребностей пользователей в  $j$ -м сервисе найдётся такая функция распределения ресурсов  $A$ , что объём ресурсов, необходимых для работы  $j$ -го сервиса, может быть изменен за минимальное время  $dt$  при сохранении оговорённого уровня качества сервиса в пределах значений  $Q_{SLA}$  (SLA, Service Level Agreement, соглашение об уровне обслуживания):

$$\left\{ \forall \sum_i \Delta_i(s_j) \exists A(s_j, dh_k / dt) : Q_{s_j}(t) \in Q_{SLA} \right. \\ \left. dt \rightarrow \min \right.$$

где  $A(s_j, dh_k / dt)$  – функция изменения объёма ресурсов  $h_k$ , необходимого для работы  $j$ -го сервиса;  $Q_{s_j}$  – уровень качества  $j$ -го сервиса.

**Многофункциональность,** задачу обеспечения которой можно обозначить, как максими-

зацию области пересечения множеств потребностей пользователей  $D_u$  и общей функциональности ИОС  $F$ :

$$D_u \cap F \rightarrow \max,$$

где  $F = \sum_{j=1}^{j_{max}} f_j$  – общая функциональность сервисов ИОС, содержащая в себе функциональности отдельных сервисов;  $D_u = \{d_1..d_{i_{max}}\}$  – множество, представляющее совокупность потребностей пользователей ИОС.

*Географическая доступность* предоставляемых сервисов вне зависимости от географического расположения пользователя: для любого расположения  $i$ -го пользователя найдётся такой путь доступа к сервису  $G(H, N)$ , что уровень качества сервиса будет в пределах  $Q_{SLA}$

$$\forall i \exists G(H, N): Q_s(l_i) \in Q_{SLA},$$

где  $G(H, N)$  – граф взаимосвязей технических средств реализации доступа к сервисам;  $H$  – компоненты КТС;  $N$  – компоненты среды передачи [9].

*Доступность сервисов.* Средний показатель доступности сервисов по всей ИОС можно определить так:

$$O = \frac{\sum_{j=1}^{j_{max}} t_{dj}}{j_{max} \cdot t_{uj}},$$

где  $t_{dj}$  – время простоя  $j$ -го сервиса;  $t_{uj}$  – время работы  $j$ -го сервиса;  $j_{max}$  – общее количество сервисов.

Значение показателя доступности оговаривается в требованиях к конкретной ИОС.

При рассмотрении корпоративной информационной системы на уровне какого-либо отдельного предоставляемого сервиса можно перейти от общих критериев оценки всей среды к более детализированным метрикам сервисного уровня [10]. Для рассматриваемой ИОС к та-

ким метрикам относятся:

количество дублирующихся сервисов данной функциональности в различных подразделениях вуза;

численность сотрудников, необходимая для поддержания того или иного сервиса;

временные и финансовые затраты на развертывание сервиса;

время, затрачиваемое на доступ пользователя к сервису ИОС;

совокупная стоимость владения типовым сервером и типовой рабочей станцией за определенный период;

временные и финансовые затраты на развертывание аналогичного по функциональности сервиса на другой площадке;

объем потребления сервиса, выраженный в единицах измерения количества информации, времени работы, стоимости;

потери от недоступности сервиса – упущенная прибыль, затраты на восстановление (финансовые, кадровые, временные).

ИОС вуза, будучи по сути разновидностью корпоративной информационной среды (КИС), имеет ряд отличительных особенностей, связанных с характером деятельности высшего учебного заведения.

Анализ отечественных и зарубежных публикаций, посвященных применению облачных вычислений в вузах, позволяет сделать вывод о недостаточной изученности следующих вопросов:

взаимосвязь между особенностями применения технологий облачных вычислений в вузах и методикой создания ИОС;

формирование методики и способов выбора программных и аппаратных решений, применение которых будет наиболее предпочтительным при создании и развитии облачной ИОС;

проблемы интеграции с облачной вычислительной средой оборудования, не относящегося к инфраструктуре серверов или тонких клиентов;

реализуемые на базе облачной вычислительной среды возможности централизованного хранения и анализа данных, формируемых в результате проведения научно-исследовательских работ и экспериментов на базе различных подразделений вуза;

анализ рисков, сопутствующих созданию и развитию рассматриваемой ИОС;

оценка эффективности работы ИОС, построенной на базе технологий облачных вычислений.

Рассмотренная в данной статье структура ИОС и обозначенные вопросы обосновывают постановку следующих задач, решение которых составляет предмет дальнейшего исследования информационно-образовательной среды вуза, построенной на базе технологий облачных вычислений:

выявление особенностей применения информационных технологий в образовательной среде вуза;

анализ потребностей высшего учебного заведения в сервисах ИОС и составление каталога сервисов;

построение модели информационно-образовательной среды на базе технологий виртуализации и облачных вычислений;

определение подходов к интеграции облачной ИОС с унаследованными информационными системами, ИС отдельных подразделений и филиалов, а также с внешними системами;

разработка системы ключевых показателей эффективности функционирования ИОС на базе концепции облачных вычислений;

обоснование преимуществ предлагаемого подхода к созданию университетской информационно-образовательной среды.

В заключение можно сделать следующие основные выводы:

На сегодняшний день применение технологий облачных вычислений является одним из актуальных направлений развития корпоративных информационных систем различного профиля и масштаба. Многие решения в этой области были разработаны и апробированы именно в университетской среде. Анализ преимуществ использования облачных вычисли-

тельных платформ позволяет сделать вывод, что их применение для построения и развития ИОС может решить ряд проблем, характерных для вузовских информационных систем и обеспечить их развитие с учетом предъявляемых требований.

Как в России, так и за рубежом существуют примеры внедрения тех или иных облачных сервисов в университетских информационных системах; история некоторых проектов насчитывает уже 10 лет. Несмотря на это на сегодняшний день остается недостаточно изученным ряд вопросов, относящихся к формированию методики построения и развития ИОС на базе технологий облачных вычислений, анализу преимуществ и рисков подобных проектов, проблемам интеграции с унаследованными программными и аппаратными средствами, а также оценке эффективности работы подобной ИОС. Зачастую аспекты применения облачных платформ и сервисов в вузах рассматриваются на слишком общем уровне, недостаток детализации снижает возможность использования результатов тех или иных работ при практической реализации облачных сервисов в университетах.

Предложенная структура ИОС, основанная на технологиях облачных вычислений, представляет многоуровневую систему, объединенную при помощи сервисов «вертикальной» и «горизонтальной» коммуникации. Для элементов каждого уровня определен собственный набор свойств.

Методы оценки ИОС зависят от уровня, на котором производится рассмотрение данной среды. Так, основные общие критерии (масштабируемость, многофункциональность, географическая доступность и надежность) зависят от более детализированных метрик сервисного уровня.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Anthony T.V., Toby J.V., Robert E.** Cloud Computing: A Practical Approach. McGraw-Hill. 2010
2. **Rajkumar Buyya, James Broberg, Andrzej M. Goscinski.** Cloud Computing: Principles and Paradigms. John Wiley & Sons, Inc. 2011.
3. **John W.R., James F.R.** Cloud Computing Implementation, Management, and Security. CRC Press. 2010.
4. **Vivek K.** Federal Cloud Computing Strategy. 8

Feb. 2011 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/digital-strategy/federal-cloud-computing-strategy.pdf>

5. **Dan Sullivan.** The Definitive Guide to Cloud Computing. Realtime Publishers. 2010.

6. **Крюков В.В., Шахгельдян К.И.** Корпоративная информационная среда вуза: методология, модели, решения. – Владивосток: Дальнаука, 2007.



– 308 с.

7. **Jithesh M., Vasvi B.** A Cloud Computing Solution for Universities: Virtual Computing Lab. Case study of North Carolina State University's Virtual Computing Lab. 15 Dec 2009 [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-vcl/>

8. **Luis M.V., Luis Rodero-Merino, Juan C, Maik Lindner.** A break in the clouds: towards a cloud definition. ACM SIGCOMM Computer Communica-

tions Review, Volume 39, Number 1, January, 2009 ACM New York, NY, USA.

9. **Joe Weinman.** Axiomatic Cloud Theory. Working Paper, July 29, 2011 [Электронный ресурс] / – Режим доступа: [http://www.joeweinman.com/resources/joe\\_weinman\\_axiomatic\\_cloud\\_theory.pdf](http://www.joeweinman.com/resources/joe_weinman_axiomatic_cloud_theory.pdf)

10. **Сысоев А.С.** Разработка моделей и методов мониторинга сервис-ориентированных информационных систем. [Текст] / Автореф. дис. канд. техн. наук / А.С. Сысоев. – М., 2011. – 26 с.

## REFERENCES

1. **Anthony T.V., Toby J.V., Robert E.** Cloud Computing: A Practical Approach. McGraw-Hill. 2010

2. **Rajkumar Buyya, James Broberg, Andrzej M. Goscinski.** Cloud Computing: Principles and Paradigms. John Wiley & Sons, Inc. 2011.

3. **John W.R., James F.R.** Cloud Computing Implementation, Management, and Security. CRC Press. 2010.

4. **Vivek K.** Federal Cloud Computing Strategy. 8 Feb. 2011 [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/digital-strategy/federal-cloud-computing-strategy.pdf>

5. **Dan Sullivan.** The Definitive Guide to Cloud Computing. Realtime Publishers. 2010.

6. **Kriukov V.V., Shakhgel'dian K.I.** Korporativnaia informatsionnaia sreda vuza: metodologiya, model, reshenia.–Vladivostok: Dalnauka, 2007. – 308p.

7. **Jithesh Moothoor, Vasvi Bhatt.** A Cloud Computing Solution for Universities: Virtual Computing Lab. Case study of North Carolina State University's Virtual Computing Lab. 15 Dec 2009 <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-vcl/>

8. **Luis M.V., Luis Rodero-Merino, Juan Carceres, Maik Lindner.** A break in the clouds: towards a cloud definition. ACM SIGCOMM Computer Communications Review, Volume 39, Number 1, January, 2009 ACM New York, NY, USA.

9. **Joe Weinman.** Axiomatic Cloud Theory. Working Paper, July 29, 2011 / [http://www.joeweinman.com/resources/joe\\_weinman\\_axiomatic\\_cloud\\_theory.pdf](http://www.joeweinman.com/resources/joe_weinman_axiomatic_cloud_theory.pdf)

10. **Sysoev A.S.** Razrabotka modeli I metodov monitoring servis-orientirovannyh informatsionnyh system. Avtoreferat dissertatsii kandidata tekhnicheskikh nauk. – М., 2011. – 26 p.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/AUTHORS

**ДВОРЯНЧИКОВ Валентин Ярославович** – начальник отдела автоматизации ИБК, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет; 195251, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: [dvoryanchikovv@gmail.com](mailto:dvoryanchikovv@gmail.com)

**DVORYANCHIKOV Valentin Y.** – St. Petersburg State Polytechnical University; 195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia; e-mail: [dvoryanchikovv@gmail.com](mailto:dvoryanchikovv@gmail.com)

**РЕДЬКО Сергей Георгиевич** – заведующий кафедрой, доктор технических наук, старший научный сотрудник; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет; 195251, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: [redko@acea.neva.ru](mailto:redko@acea.neva.ru)

**REDKO Sergey G.** – St. Petersburg State Polytechnical University; 195251, Politekhnikeskaya Str. 29, St. Petersburg, Russia; e-mail: [redko@acea.neva.ru](mailto:redko@acea.neva.ru)