

Стратегия подготовки ИТ-специалистов с применением инновационного учебного дата-центра «Виртуальная компьютерная лаборатория» для эффективного решения задач цифровой трансформации и акселерации цифровой экономики

М. А. Белов*, С. И. Гришко, М. В. Лишили, П. А. Осипов, Е. Н. Черемисина

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна», г. Дубна, Российская Федерация
141980, Российская Федерация, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19

* belov@uni-dubna.ru

Аннотация

В статье сформулированы ключевые аспекты стратегии подготовки высококвалифицированных и востребованных профессионалов в области обработки, хранения и анализа больших данных для быстрого и качественного решения актуальных задач цифровой трансформации и управления на основе данных. Проанализированы проблемы современного очного и дистанционного обучения и способы их преодоления с применением инновационного учебного дата-центра «Виртуальная Компьютерная Лаборатория» (ВКЛ), в работу которого заложены принципы самоорганизации и кибернетики 2.0. Представлен взгляд авторского коллектива на актуальные требования к базовым знаниям и их гармонизацию с профессиональными стандартами ассоциации АПКИТ, сформулированы ключевые драйверы развития и определены потенциальные риски, основанные на личном опыте и глубоком анализе проблем современного ИТ-образования в Российской Федерации. Описана концепция специализированного учебного дата-центра ВКЛ, позволившая сформировать однородную образовательную среду с элементами когнитивного представления внутренних операционных ресурсов на основе визуальных моделей и частичной автоматизации основных технологических операций с применением экспертной системы. Перечислены ключевые образовательные задачи, ориентированные на формирование актуальных профильных компетенций, успешное решение которых стало возможным благодаря разработанной методологии применения ВКЛ и её функциональным блокам. Описаны возможности перехода от традиционных образовательных подходов к новой системно-деятельностной образовательной парадигме с применением дата-центра «Виртуальная Компьютерная Лаборатория».

Ключевые слова: стратегия подготовки ИТ-специалистов, драйверы развития, учебный процесс, пропедевтика, дидактика, базовые знания, управление знаниями, совершенствование учебного процесса, учебный дата-центр, виртуальная компьютерная лаборатория, проблемы дистанционного обучения, дистанционное обучение, дистант, цифровая трансформация, цифровая экономика, инновации в образовании, облачные вычисления, виртуализация, контейнеризация, технологии подготовка ИТ-специалистов, обучение ИТ-специалистов, повышение квалификации ИТ-специалистов, профессиональные компетенции, энтропия, кибернетика, образовательные стандарты, большие данные, дата-сайентист, наука о данных, машинное обучение, искусственный интеллект, аналитика больших данных.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



Для цитирования: Стратегия подготовки ИТ-специалистов с применением инновационного учебного дата-центра «Виртуальная компьютерная лаборатория» для эффективного решения задач цифровой трансформации и акселерации цифровой экономики / М. А. Белов, С. И. Гришко, М. В. Лишин, П. А. Осипов, Е. Н. Черемисина. – DOI 10.25559/SITITO.17.202101.703 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 134-144.

© Белов М. А., Гришко С. И., Лишин М. В., Осипов П. А., Черемисина Е. Н., 2021



Strategy for Training IT Professionals Using the Innovative Training Data Center “Virtual Computer Lab” to Effectively Solve the Problems of Digital Transformation and Acceleration of the Digital Economy

M. A. Belov*, S. I. Grishko, M. V. Lishilin, P. A. Osipov, E. N. Cheremisina

Dubna State University, Dubna, Russian Federation

19 Universitetskaya St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation

*belov@uni-dubna.ru

Abstract

The article formulates the key aspects of the strategy for training highly qualified and in-demand professionals in the field of processing, storing and analyzing big data for a quick and high-quality solution to urgent problems of digital transformation and data-based management. The article analyzes the problems of modern full-time and distance learning and ways to overcome them using the innovative training data center “Virtual Computer Laboratory” (VCL), which incorporates the principles of self-organization and cybernetics 2.0. The author’s team’s view of the current requirements for basic knowledge and their harmonization with the professional standards of the APKIT association is presented, key development drivers are formulated, and potential risks are identified based on personal experience and in-depth analysis of the problems of modern IT education in the Russian Federation. The concept of a specialized training data center VCL is described, which made it possible to form a homogeneous educational environment with elements of cognitive representation of internal operational resources based on visual models and partial automation of basic technological operations using an expert system. The article also lists the key educational tasks focused on the formation of relevant core competencies, the successful solution of which became possible thanks to the developed methodology for using the VCL and its functional blocks. The possibilities of transition from traditional educational approaches to a new system-activity educational paradigm with the use of the “Virtual Computer Laboratory” data center are described.

Keywords: strategy, IT education, propaedeutics, didactics, knowledge management, educational process improvement, educational data center, virtual computer laboratory, e-learning problems, distance learning, distance education, digital transformation, digital economy, data-driven management, innovations in education, cloud computing, virtualization, containerization, training of IT professionals, advanced training, professional competence, entropy, self-organization, cybernetics, educational standards, big data, data scientist, data science, machine training, artificial intelligence, big data analytics.

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Belov M.A., Grishko S.I., Lishilin M.V., Osipov P.A., Cheremisina E.N. Strategy for Training IT Professionals Using the Innovative Training Data Center “Virtual Computer Lab” to Effectively Solve the Problems of Digital Transformation and Acceleration of the Digital Economy. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2021; 17(1):134-144. DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.17.202101.703>



Введение

Цифровая трансформация — это не только изменение логики выполнения бизнес-процессов и повышение эффективности работы компании, но и трансформация информационных систем в сторону многокомпонентных, горизонтально-масштабируемых, отказоустойчивых программно-технологических решений массового обслуживания. Сегодня, это уже не классическая корпоративная информационная система, с числом пользователей, редко превышающих 100-200 человек, где формирование компетенций учащихся сводилось к освоению ключевых функциональных возможностей и навигации по пользовательскому интерфейсу. Сегодня это фабрика данных, в основе которой лежит сетевый подход, являющаяся набором распределённых технологий и инструментов, позволяющая управлять информацией и бизнес-аналитикой на базе цифровых технологий обработки больших массивов данных (Data GRID, Big Data) с использованием моделей машинного обучения (Machine Learning, ML) и искусственного интеллекта (Artificial Intelligence, AI) [1]-[7]. Поэтому современный выпускник профильной магистратуры должен обладать необходимым и достаточным набором знаний и компетенций, чтобы спроектировать архитектуру многокомпонентного высоконагруженного решения, которое не только обслуживает запросы пользователей, но и зачастую обрабатывает непрерывный поток данных, поступающий от узлов Интернета Вещей (IoT) и Интернета Поведения (IoB), в режиме реального времени, а также успешно развернуть спроектированное программно-технологическое решение в условиях как стационарного, так и облачного дата-центра, самостоятельно выполнить обработку данных, выявить все взаимосвязи и зависимости между данными информационных систем. В учебном процессе также важна междисциплинарная эрудиция, чтобы корректно сформулировать бизнес-вопросы, сформировать аналитические показатели, строить прогнозные модели (регрессионный анализ, классификация, кластеризация, поиск аномалий, уменьшение размерности).

Требования к базовым знаниям современного ИТ специалиста

В условиях устойчивого развития и перехода к цифровой экономике, возникает потребность в новых компетенциях специалистов по цифровой трансформации, наиболее важными из которых являются: коммуникация и кооперация в цифровой среде (использование онлайн средств для цифровой коллаборации), саморазвитие в условиях неопределённости (способность человека к самоорганизации, формирование способности находить приемлемые решения и средства для саморазвития), креативное мышление (умение перестраивать сложившиеся способы решения задач, переход от предметных задач на методологический уровень, выдвигать альтернативные варианты действий на основе знания современных архитектур, методик, отраслевых практик и т.п.), управление информацией и большими данными (исходя из того, что Big Data – «новая нефть, золото и платина» XXI века, то умение быстро обрабатывать и анализировать большие данные с применением методов машинного обучения (искусственного интеллек-

та) позволяет порождать новую стоимость данных – данные как продукт, данные как инструмент управления, данные как драйвер устойчивого роста и развития экономики) [8]-[12].

Однако при этом, в процессе подготовки ИТ-специалистов для решения современных прорывных задач, также важно не забывать о базовых фундаментальных знаниях, которые должны быть систематически изложены в сжатой и элементарной форме. Поэтому сегодня нельзя недооценивать ключевую роль преподавателя при подготовке ИТ-специалистов. Также учебный процесс должен включать интеграцию фундаментальных знаний и платформо-ориентированного подхода, быструю адаптацию методологии под востребованные на рынке труда технологии, гибкое формирование пула преподавателей, обладающих необходимой экспертизой и методик обучения с учётом особенностей современной молодёжи поколения Y. По мнению авторов, актуальный на сегодняшний день фундамент базовых знаний должен включать такие разделы как:

- классическая теория алгоритмов (формальные модели алгоритмов, проблемы вычислимости, сложность вычислений);
- логические модели (дедуктивные системы, сложность вывода, индуктивный и абдуктивный вывод, вывод по аналогии);
- базы данных (структуры и модели данных, запросы, логический вывод);
- искусственный интеллект (представление знаний, вывод на знаниях, обучение, экспертные системы);
- теория роботов (автономные роботы, представление знаний о мире, децентрализованное управление, планирование целесообразного поведения);
- инженерия программного (математического) обеспечения (языки программирования, технологии создания программных систем, инструментальные системы);
- теория компьютеров и вычислительных сетей (архитектурные решения, многоагентные системы, новые принципы переработки информации);
- числовые и символьные вычисления (компьютерно-ориентированные методы вычислений, модели переработки информации, работа с естественно языковыми текстами);
- системы человеко-машинного взаимодействия (модели дискурса, распределение работ в смешанных системах, организация коллективных процедур, деятельность в телекоммуникационных системах);
- нейроматематика и нейросистемы (машинное обучение, теория формальных нейронных сетей, использование нейронных сетей для обучения, нейрокомпьютеры, компьютерное зрение, видео аналитика, распознавание образов);
- использование компьютеров в замкнутых системах (модели реального времени, интеллектуальное управление, системы мониторинга);
- теория моделирования и оптимизации бизнес-процессов (формальные грамматики и языки, параллельные процессы и методы распараллеливания, методы оптимизации, верификации, оценки качества, структурный, процессный, объектно-ориентированный подходы).



При отсутствии таких знаний, практически невозможно создавать и использовать информационные технологии нового уровня, предназначенные для экономически эффективного извлечения полезной информации из больших объемов разнообразных данных путем высокой скорости их сбора, обработки и анализа (технологий больших данных) для обеспечения информационно аналитической деятельности, поддержки принятия решений, а также создания инновационных продуктов и услуг в целях повышения эффективности управления и конкурентоспособности организаций [13].

Драйверы развития ИТ-образования в Российской Федерации

Для успешной подготовки ИТ-специалистов необходимо брать во внимание следующие драйверы развития, на которые необходимо ориентироваться при выстраивании образовательного процесса:

- успешное и продуктивное решение всего спектра возникающих образовательных, исследовательских, прикладных и проектных задач для обеспечения беспрецедентно высоких показателей трудоустройства выпускников в ведущие компании;
- быстрое и гармоничное встраивание новых информационных технологий в учебные курсы, стимулирование развития кадрового потенциала;
- организация обучения и сертификации у ведущих производителей программного обеспечения для валидации знаний, умений и навыков;
- сохранение закупки лицензий на важные импортные программные продукты для обеспечения широты охвата областей ИТ, актуальных архитектур программно-технологических решений и возможности трудоустройства студентов, в том числе в ведущие зарубежные компании;
- непрерывное и своевременное совершенствование технического оснащения инновационных учебных дата-центров, создание специализированных комнат (show-rooms) для самостоятельного знакомства учащихся с внутренним устройством серверов, ПК и специализированных рабочих станций, сетевого оборудования.

Указанные драйверы развития, являются необходимыми для того, чтобы готовить аналитиков, руководителей, инженеров больших данных, руководителей отделов по работе с данными, директоров по цифровой трансформации, директоров по данным, руководителей отделов цифровых технологий, директоров по цифровым технологиям, научных сотрудников (исследователей данных), руководителей исследовательских лабораторий больших данных, директоров по исследованиям мирового уровня [14]-[16].

Также при этом нельзя забывать и о зарплате преподавательского состава, она должна соответствовать отраслевому уровню, чтобы была возможность приглашать ведущих экспертов для проведения учебных занятий на высочайшем уровне.

Проблемы применения систем дистанционного обучения. Переход от задачно-ориентированного к платформо-ориентированному подходу

В условиях экономии средств на квалифицированный профессорско-преподавательский состав, в особенности на специалистов среднего и нижнего звена, которые оттачивают со студентами умения и навыки, сегодня в образовательный процесс, всё больше и больше, массово внедряются системы дистанционного обучения (СДО). Беспорно, современные СДО позволяют отлично справляться с формированием простых знаний и компетенций на основе классического задачно-ориентированного подхода, на смену которому в условиях цифровой трансформации приходит платформенно-ориентированный подход. Сегодня становится очевидно, что знаний и компетенций будущих специалистов, которые формируются на основе задачно-ориентированного подхода недостаточно для преодоления современных глобальных вызовов и поддержания конкурентоспособности всех отраслей экономики в условиях быстрого изменения факторов и условий, потому что, как правило, в основе задачно-ориентированного подхода лежит формальная постановка простой предметной задачи, выбор способа решения и соответствующих алгоритмов, практическая реализация и оценка результатов.

Сегодня мы видим, что классические средства традиционного компьютерного класса, как правило, с недостаточными техническими возможностями рабочих станций и существенными ограничениями групповых политик безопасности, не дающих учащимся прав на выполнение всех необходимых операций, и инструменты дистанционного обучения устаревают на глазах, потому что не позволяют развёртывать сложные многокомпонентные программно-технологические решения и отбатывать варианты их использования на реальных задачах в условиях, приближенных к реальным, не могут формировать платформенное мышление, согласованное архитектурное представление ИТ-инфраструктуры с бизнес-целями компании, стратегическое видение, процессный подход, интеллектуальное управление (интеллектуализацию операций), понимание комплексной интеграции на основе цифровых дорожных карт и переход к методологиям DataOps, ModelOps, DevOps при разработке современных информационных систем. Платформенно-ориентированный подход включает в себя, расширяет и дополняет задачно-ориентированный подход, а не заменяет его.

Беря во внимание представленные выше аргументы становится очевидно, что несмотря на дешевизну, индивидуальный подход, обучение в непринуждённой обстановке, наличие учебно-методических материалов, традиционные СДО имеют свои недостатки. Студентам нужна сильная мотивация для обучения в условиях отсутствия живого общения и отсутствия необходимости посещения традиционных занятий согласно расписанию. Требуется развитая сила воли, ответственность и самоконтроль для того, чтобы сохранять темп обучения. Очевидно, также, что дистанционное обучение не подходит для развития коммуникативных навыков (на которые делается акцент в последних версиях ФГОСов), поскольку личный кон-



такт учащихся друг с другом и с преподавателями минимален, и никакая система совместной работы в режиме реального времени не сможет этого заменить. Более того, преподаватель может рисовать эмоциональные знания и формировать платформенное мышление, моделировать корпоративную инфраструктуру и среду взаимодействия так, как это происходит в реальном коллективе, что является залогом для успешного построения сложных многокомпонентных систем, функционирование которых базируется на современных архитектурах и стеке технологий хранения, анализа и потоковой обработки данных. Получается так, что всё чаще и чаще программы дистанционного обучения и содержание дистанционных курсов не удовлетворяют растущим потребностям ИТ-отрасли в условиях цифровой трансформации. Возможно, дистант подходит для зрелого профессионала, который посмотрев видеокурс сможет легко понять, запомнить и повторить необходимые манипуляции самостоятельно, при этом обладая необходимой ИТ-инфраструктурой, доступной для персонального использования.

Говоря в целом, мы не думаем, что Вы хотели бы лететь с пилотами, которые обучались дистанционно или пойти на процедуры к врачу, который учился их проводить на основе YouTube трансляции. В дополнение к этому низкий уровень доступа не позволяет студентам самостоятельно покупать актуальные книги и необходимые вычислительные системы. Наличие актуальных общедоступных ресурсов, включающих аппаратные ресурсы, доступ в зарубежные ИТ библиотеки, такие как O'Reilly, и лицензии на программное обеспечение в вузах, позволит вовлечь всех заинтересованных и талантливых молодых людей, а не только из обеспеченных семей, что должно способствовать расширению возможностей естественного отбора и выхода на новый уровень цивилизационного развития, с учётом концепций кибернетики 3.0 и акцентами на глобализм и экологию.

Для предотвращения рассмотренных выше проблем, в Государственном университете «Дубна», в 2007 году Михаилом Александровичем Беловым¹ была предложена и реализована концепция инновационного учебного дата-центра, получившего название «Виртуальная Компьютерная Лаборатория» (ВКЛ) на основе принципов кибернетики 2.0 и самоорганизации, которая успешно развивается и непрерывно совершенствуется творческим коллективом Института системного анализа и управления (ИСАУ) при поддержке Лаборатории информационных технологий Объединенного института ядерных исследований.

Концепция Виртуальной Компьютерной Лаборатории

Виртуальная компьютерная лаборатория представляет собой набор аппаратных и программных средств виртуализации и контейнеризации, которые обеспечивают гибкое предоставление и использование вычислительных ресурсов в форме облачных Интернет-услуг по требованию с интегрированной системой управления знаниями. Система управления знаниями и принципы самоорганизации, заложенные в основу ВКЛ

позволяют сформировать однородную образовательную среду с элементами когнитивного представления внутренних операционных ресурсов на основе визуальных моделей и частичной автоматизации основных технологических операций с применением экспертной системы, что снижает порог вхождения и позволяет значительно быстрее получить результат в виде функционирующей многокомпонентной информационной системы [17], [18]. По сути, теперь учащимся не нужно решать разрозненные, порой оторванные от реальной практики задачи, ведь им предоставляется прекрасная возможность самостоятельно развёртывать и изучать современные информационные системы и самые последние достижения информационных технологий на основе актуальных методологий, теорем и алгоритмов, для создания перспективных программно-технологических решений в области цифровой трансформации и ИТ-сервисов массового обслуживания. Также, одной из основных отличительных черт Виртуальной Компьютерной Лаборатории являются принципы самоорганизации, которые позволяют студентам перейти от жесткой системы групповых политик безопасности компьютерного класса к системе без ограничений пользовательских прав внутри неё, что должно способствовать развитию чувства личной ответственности, уважения к коллегам и толерантности, а также призвано обеспечить прочную основу для укрепления и развития основных культурных ценностей в образовательной среде. Классический электронный учебник в ВКЛ подвергся существенным трансформациям, изначально он создавался преподавателями в одиночку, позже к его актуализации и дополнениям стали привлекаться сами учащиеся, благодаря реализованной системе управления знаниями [19]. Современный электронный учебник – это интерактив на базе технологий Docker контейнеризации и инструментальной среды Katacoda или Jupiter Notebook, которая позволяет объединить вместе текст учебника и практические задачи, предоставив возможность прямо в учебнике выполнять практические задания, комбинируя воедино усвоение теории и её закрепление на практике в изолированных контейнерах (песочницах), что позволяет эффективно готовить не только программистов и системных администраторов, но и специалистов нового типа, таких как Data Scientists. Сегодня ведутся работы по созданию виртуальных автомобильных полигонов для отработки тематических моделей управления автомобилем и его системами, а также упрощенной ИТ-инфраструктуры дата-центров транснациональных компаний и исследовательских центров.

Совершенствование учебного процесса. Особенности применения Виртуальной Компьютерной лаборатории

Текущие высокие результаты в трудоустройстве выпускников ИСАУ по специальности, возможны во многом благодаря созданию и использованию Виртуальной Компьютерной Лаборатории и накопленному успешному опыту её применения для формирования профессиональной экспертизы, включающей актуальные сложные компетенции (знания, умения и навыки). На сегодняшний день Виртуальная компьютерная лаборатория

¹ Белов М. А. [Электронный ресурс]. URL: <https://belov.global> (дата обращения: 26.02.2021).



рия позволяет успешно решать следующие важнейшие учебные задачи:

- совершенствование образовательной и исследовательской инфраструктуры вуза, повышение привлекательности вуза как для абитуриентов, так и для компаний-партнёров;
- развитие открытой технологической платформы для повышения гибкости и актуальности образовательных программ непрерывно меняющимся потребностям работодателей, а также выполнения творческих и малых инновационных проектов, испытательных заданий при трудоустройстве выпускников;
- формирование базы для выполнения межфакультетских проектов, грантов, выпускных квалификационных работ, применение виртуальных машин в качестве разнообразных исследовательских стендов аспирантами университета и подготовки ими научных публикаций;
- предоставление учащимся и сотрудникам из числа профессорско-преподавательского состава (ППС) возможности свободной, беспрепятственной удалённой работы с многокомпонентными информационными системами и распределёнными программно-технологическими решениями – развитие интеллектуального и творческого потенциала, большая свобода в выборе тем для исследования в области ИТ или с применением современных ИТ;
- повышение привлекательности магистерских программ в области ИТ для абитуриентов, за счёт актуализации учебных курсов и внедрения, наиболее востребованных на рынке труда программно-технологических решений;
- повышение востребованности выпускников на рынке труда, повышение проходного бала абитуриентов, повышение привлекательности вуза для более сильных абитуриентов, увеличение числа учащихся на платной основе;
- предоставление всем учащимся конкурентноспособных и равных возможностей при обучении по ИТ курсам, вне зависимости от социального и финансового положения;
- реализация синектического подхода в ИТ-образовании – интерактивные мастер-классы преподавателя с вовлечением студентов, совместная работа по развёртыванию и интеграции сложных программно-технологических решений с последующим рассмотрением актуальных прикладных задач, более широкий и качественный охват трудовых функций из профессиональных стандартов ассоциации АПКИТ, расширение спектра подходящих вакансий для трудоустройства выпускников;
- психологическая разгрузка и комфортная среда для обучения и методической работы в области ИТ, благодаря возможности взаимодействовать с программными продуктами, с правами администратора и без страха что-то сломать или испортить, подключаясь из компьютерных классов университета или удалённо;
- гибкость в выборе программного обеспечения, с возможностью выполнения всех необходимых технологи-

ческих манипуляций, позволяет упростить реализацию ИТ-обеспечения новых учебных курсов под требования компаний-партнёров и повышать их заинтересованность в сотрудничестве с университетом, а также увеличить количество целевых договоров;

- возможность вовлечения экспертов компаний-партнёров в учебный процесс от удаленного конфигурирования программного обеспечения до проведения мастер-классов, а также дистанционного мониторинга работы студентов и преподавателя по целевым курсам;
- предоставление выпускникам технической возможности для самостоятельного прохождения практических испытаний при трудоустройстве – упрощение процесса трудоустройства выпускников, повышение привлекательности конкурсного отбора сотрудников из числа выпускников университета для малых и средних компаний, у которых ограничены собственные свободные серверные ресурсы;
- предоставление открытой технологической площадки для программной поддержки выполнения межфакультетских проектов, грантов, договорных работ, студенческих стартап-проектов, академического партнёрства (Arena Data, Oracle, Software AG, Microsoft, IBM и др.);
- экономия средств вуза благодаря отсутствию необходимости покупать отдельное оборудование для малых проектов и поддержки творческой технической деятельности учащихся;
- повышение актуальности и практической значимости выпускных квалификационных работ студентов, повышение качества научных публикаций по ИТ-тематике;
- развитие серии научных работ по совершенствованию виртуальной компьютерной лаборатории;
- проведение летних научных школ и других мероприятий, где требуется вовлечение учащихся в работу с многокомпонентными информационными системами.

Виртуальная компьютерная лаборатория не является революцией в области образования, однако её непрерывное поэтапное совершенствование и развитие, формирование новой концепции и парадигмы позволяет создавать условия для качественного улучшения учебного процесса за счет использования современного образовательного контента, внедрения в учебный процесс новейших информационных технологий, обеспечения максимальной гибкости образовательных программ для своевременного реагирования на изменения рынка труда, повышения доступности ИТ-образования [20]-[25].

Заключение

Представленная стратегия, а также успешное внедрение Виртуальной Компьютерной Лаборатории в учебный процесс Института системного анализа и управления Государственного университета «Дубна» делает возможным превращение инноваций в жизнь и способствует существованию отрыву вперёд от традиционных образовательных подходов. Популяризация информатики, математики, технологических и естественнонаучных дисциплин, непрерывная модернизация учебной инфраструктуры, автоматизация образовательного процесса



важны для позиционирования Государственного университета «Дубна», как центра подготовки квалифицированных кадров в области технических наук, а также поддержки и стимулирования предпринимательской и научной деятельности в образовательной среде на пути трансформации в сторону исследовательского университета.

Список использованных источников

- [1] Architecture of a Compact Data GRID Cluster for Teaching Modern Methods of Data Mining in the Virtual Computer Lab / M. A. Belov, V. V. Korenkov, N. A. Tokareva, E. N. Cheremisina. – DOI 10.1051/epjconf/202022603004 // EPJ Web of Conferences. – 2020. – Vol. 226. – Article 03004.
- [2] Система управления виртуальной инфраструктурой на основе визуальных моделей в среде виртуальной компьютерной лаборатории / М. А. Белов, П. Е. Лупанов, А. С. Минзов, Н. А. Токарева // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2019. – № 6-2. – С. 41-46. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=40873261> (дата обращения: 26.02.2021). – Рез. англ.
- [3] Essential aspects of it training technology for processing, storage and data mining using the Virtual Computer Lab / M. A. Belov, Y. A. Krukov, M. A. Mikheev, P. E. Lupanov, N. A. Tokareva, E. N. Cheremisina // CEUR Workshop Proceedings. – 2018. – Vol. 2267. – Pp. 207-212. – URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2267/207-212-paper-38.pdf> (дата обращения: 26.02.2021).
- [4] Концепция когнитивного взаимодействия с виртуальной компьютерной лабораторией на основе визуальных моделей и экспертной системы / М. А. Белов, Ю. А. Крюков, П. Е. Лупанов, М. А. Михеев, Е. Н. Черемисина // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – № 10. – С. 27-35. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36403665> (дата обращения: 26.02.2021). – Рез. англ.
- [5] Концепция усовершенствованной архитектуры виртуальной компьютерной лаборатории для эффективного обучения специалистов по распределённым информационным системам различного назначения и инструментальным средствам проектирования / М. А. Белов, П. Е. Лупанов, Н. А. Токарева, Е. Н. Черемисина. – DOI 10.25559/SITITO.2017.1.492 // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017. – Т. 13, № 1. – С. 182-189. – Рез. англ.
- [6] Belov, M. Distance learning through distributed information systems using a virtual computer lab and knowledge management system / M. Belov, E. Cheremisina, S. Potemkina. – DOI 10.20544/ERSICT.02.16.P04 // Journal of Emerging Research and Solutions in ICT. – 2016. – Vol. 1, No. 2. – Pp. 39-46.
- [7] Концептуальная модель системы управления знаниями для формирования профессиональных компетенций в области ИТ в среде виртуальной компьютерной лаборатории / М. В. Лишилилин, М. А. Белов, Н. А. Токарева, А. В. Сорокин // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11-5. – С. 886-890. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25097628> (дата обращения: 26.02.2021). – Рез. англ.
- [8] От виртуальной компьютерной лаборатории к управлению знаниями. Итоги и перспективы / М. А. Белов, М. В. Лишилилин, Н. А. Токарева, О. Е. Антипов // Качество. Инновации. Образование. – 2014. – № 9(112). – С. 3-14. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23089246> (дата обращения: 26.02.2021). – Рез. англ.
- [9] Черемисина, Е. Н. Интеграция виртуальной компьютерной лаборатории и знаниевого пространства – новый взгляд на подготовку высококвалифицированных ИТ-Специалистов / Е. Н. Черемисина, М. А. Белов, М. В. Лишилилин // Системный анализ в науке и образовании. – 2014. – № 1. – С. 97-104. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23148937> (дата обращения: 26.02.2021). – Рез. англ.
- [10] Черемисина, Е. Н. Анализ ключевых активностей жизненного цикла управления знаниями в вузе и формирование концептуальной модели архитектуры системы управления знаниями / Е. Н. Черемисина, М. А. Белов, М. В. Лишилилин // Открытое образование. – 2013. – № 3(98). – С. 34-41. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19117965> (дата обращения: 26.02.2021). – Рез. англ.
- [11] Черемисина, Е. Н. Комплексные системы электронного обучения как инструментарий оценки компетенций учащихся / Е. Н. Черемисина, П. А. Митрошин, М. А. Белов // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – № 5(23). – С. 113-122. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20654329> (дата обращения: 26.02.2021). – Рез. англ.
- [12] Черемисина, Е. Н. Роль виртуальной компьютерной лаборатории на основе технологии облачных вычислений в современном компьютерном образовании / Е. Н. Черемисина, О. Е. Антипов, М. А. Белов // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2012. – № 1. – С. 50-64. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17300377> (дата обращения: 26.02.2021).
- [13] Белов, М. А. Контрольно-измерительная система оценки качества обучения в виртуальной компьютерной лаборатории / М. А. Белов, О. Е. Антипов // Качество. Инновации. Образование. – 2012. – № 3(82). – С. 28-32. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17794961> (дата обращения: 26.02.2021). – Рез. англ.
- [14] Антипов, О. Е. Технология применения виртуальной компьютерной лаборатории в учебных курсах ВУЗа / О. Е. Антипов, М. А. Белов // Естественные и технические науки. – 2012. – № 1(57). – С. 260-268. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17660587> (дата обращения: 26.02.2021).
- [15] Инновационная практика компьютерного образования в университете «Дубна» с применением виртуальной компьютерной лаборатории на основе технологии облачных вычислений / Е. Н. Черемисина, М. А. Белов, О. Е. Антипов, А. В. Сорокин // Программная инженерия. – 2012. – № 5. – С. 34-41. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17847427> (дата обращения: 26.02.2021). – Рез. англ.
- [16] Balashov, N. Creating a Unified Educational Environment for Training IT Specialists of Organizations of the JINR Member States in the Field of Cloud Technologies / N. Balashov [и



- др.]. – DOI 10.1007/978-3-030-46895-8_12 // Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science; V. Sukhomlin, E. Zubareva (eds.). – Springer, Cham, 2020. – Vol. 1201. – Pp. 149-162.
- [17] Sukhomlin, V. Analytical Review of the Current Curriculum Standards in Information Technologies / V. Sukhomlin, E. Zubareva. – DOI 10.1007/978-3-030-46895-8_1 // Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science; V. Sukhomlin, E. Zubareva (eds.). – Springer, Cham, 2020. – Vol. 1201. – Pp. 3-41.
- [18] Sukhomlin, V. Multiplatform System of Digital Talents Development “Academy of OIT” / V. Sukhomlin, E. Zubareva, D. Namiot. – DOI 10.1007/978-3-030-78273-3_1 // Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2017. Communications in Computer and Information Science; V. Sukhomlin, E. Zubareva (eds.). – Springer, Cham, 2021. – Vol. 1201. – Pp. 3-13.
- [19] Dalkir, K. Knowledge management in theory and practice / K. Dalkir. – London: MIT Press, 2011.
- [20] Chen, D. Q. From Innovative I.S. Strategy to Customer Value: The Roles of Innovative Business Orientation, CIO Leadership and Organizational Climate / D. Q. Chen, D. S. Preston, M. Tarafdar. – DOI 10.1145/2795618.2795620 // SIGMIS Database. – 2015. – Vol. 46, issue 2. – Pp. 8-29.
- [21] Innovation and active learning for training mobile app developers / F. V. Binder, R. Albuquerque, Sh. Reinehr, A. Malucelli. – DOI 10.1145/3377814.3381713 // Proceedings of the ACM/IEEE 42nd International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET’20). – Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2020. – Pp. 151-161.
- [22] Hawthorne, M. J. Software Engineering Education in the Era of Outsourcing, Distributed Development, and Open Source Software: Challenges and Opportunities / M. J. Hawthorne, D. E. Perry. – DOI 10.1007/11949374_11 // Software Engineering Education in the Modern Age. ICSE 2005. Lecture Notes in Computer Science; P. Inverardi, M. Jazayeri (eds.). – Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. – Vol. 4309. – Pp. 166-185.
- [23] Kinnunen, P. Problems in Problem-Based Learning-Experiences, Analysis and Lessons Learned on an Introductory Programming Course / P. Kinnunen, L. Malmi. – DOI 10.15388/infedu.2005.11 // Informatics in Education. – 2005. – Vol. 4, issue 2. – Pp. 193-214.
- [24] The Science of Training and Development in Organizations: What Matters in Practice / E. Salas, S. I. Tannenbaum, K. Kraiger, K. A. Smith-Jentsch. – DOI 10.1177/1529100612436661 // Psychological Science in the Public Interest. – 2012. – Vol. 13, issue 2. – Pp. 74-101.
- [25] Cascio, W. F. Training trends: Macro, micro, and policy issues / W. F. Cascio. – DOI 10.1016/j.hrmmr.2017.11.001 // Human Resource Management Review. – 2019. – Vol. 29, issue 2. – Pp. 284-297.

Поступила 26.02.2021; одобрена после рецензирования
30.03.2021; принята к публикации 05.04.2021.

Об авторах:

Белов Михаил Александрович, доцент кафедры системного анализа и управления, Институт системного анализа и управления, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна» (141980, Российская Федерация, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19), кандидат технических наук, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0678-3344>, belov@uni-dubna.ru

Гришко Станислав Иванович, аспирант, преподаватель кафедры системного анализа и управления, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна» (141980, Российская Федерация, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0185-1400>, grishko@uni-dubna.ru

Лишили Михаил Владимирович, доцент кафедры системного анализа и управления, научный руководитель лаборатории виртуальной реальности, Институт системного анализа и управления, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна» (141980, Российская Федерация, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19), кандидат технических наук, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3119-2511>, lishi@uni-dubna.ru

Осипов Павел Александрович, аспирант, преподаватель кафедры системного анализа и управления, Институт системного анализа и управления, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна» (141980, Российская Федерация, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19), **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6660-6329>, osipov-pavel@uni-dubna.ru

Черемисина Евгения Наумовна, директор Института системного анализа и управления, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна» (141980, Российская Федерация, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19), доктор технических наук, профессор, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6041-8359>, chere@uni-dubna.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

- [1] Belov M.A., Korenkov V.V., Tokareva N.A., Cheremisina E.N. Architecture of a Compact Data GRID Cluster for Teaching Modern Methods of Data Mining in the Virtual Computer Lab. *EPJ Web of Conferences*. 2020; 226:03004. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1051/epjconf/202022603004>
- [2] Belov M.A., Lupanov P.E., Minzov A.S., Tokareva N.A. *Sistema upravleniya virtual'noj infrastrukturoj na osnove vizual'nyh modelej v srede virtual'noj kompyuternoj laboratorii* [Virtual infrastructure management based on visual models in the Virtual Computer Lab environment]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki* = Modern Science: actual prob-



- lems of theory and practice. Series "Natural & Technical Sciences". 2019; (6-2):41-46. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=40873261> (accessed 26.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [3] Belov M.A., Krukov Y.A., Mikheev M.A., Lupanov P.E., Tokareva N.A., Cheremisina E.N. Essential aspects of it training technology for processing, storage and data mining using the Virtual Computer Lab. *CEUR Workshop Proceedings*. 2018; 2267:207-212. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2267/207-212-paper-38.pdf> (accessed 26.02.2021). (In Eng.)
- [4] Belov M.A., Kryukov Yu.A., Lupanov P.E., Mikheev M.A., Cheremisina E.N. *Koncepciya kognitivnogo vzaimodeystviya s virtual'noy komp'yuternoy laboratoriei na osnove vizual'nyh modeley i ehkspertnoy sistemy* [The concept of cognitive interaction with a Virtual Computer Laboratory based on visual models and expert systems]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki* = Modern Science: actual problems of theory and practice. Series "Natural & Technical Sciences". 2018; (10):27-35. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36403665> (accessed 26.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [5] Belov M.A., Lupanov P.E., Tokareva N.A., Cheremisina E.N. *Kontseptsiya usovershenstvovannoy arhitektury virtual'noy komp'yuternoy laboratorii dlya effektivnogo obucheniya spetsialistov po raspredelennym informatsionnym sistemam razlichnogo naznacheniya i instrumental'nym sredstvami proektirovaniya* [Concept of the improved architecture of Virtual Computer Laboratory for effective training of specialists skilled in distributed information systems and design tools]. *Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie* = Modern Information Technologies and IT-Education. 2017; 13(1):182-189. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.25559/SITITO.2017.1.492>
- [6] Belov M., Cheremisina E., Potemkina S. Distance learning through distributed information systems using a virtual computer lab and knowledge management system. *Journal of Emerging Research and Solutions in ICT*. 2016; 1(2):39-46. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.20544/ERSICT.02.16.P04>
- [7] Lishilin M.V., Belov M.A., Tokareva N.A., Sorokin A.V. *Kontseptual'naya model' sistemy upravleniya znaniyami dlya formirovaniya professional'nyh kompetentsiy v oblasti it v srede virtual'noy komp'yuternoy laboratorii* [Conceptual model of knowledge management system for forming professional competence in the field of IT in a Virtual Computer Lab]. *Fundamental'nye issledovaniya* = Fundamental research. 2015; (11-5):886-890. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25097628> (accessed 26.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [8] Belov M.A., Lishilin M.V., Tokareva N.A., Antipov O.E. *Ot virtual'noy komp'yuternoy laboratorii k upravleniyu znaniyami. Itogi i perspektivy* [From the Virtual Computer Lab to knowledge management. Results and Prospects]. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie* = Quality. Innovation. Education. 2014; (9):3-14. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23089246> (accessed 26.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [9] Cheremisina E.N., Belov M.A., Lishilin M.V. *Integratsiya virtual'noy komp'yuternoy laboratorii i znanievogo prostranstva - novyy vzglyad na podgotovku vysokokvalifitsirovannyh it-spet-sialistov* [Integration of Virtual Computer Laboratory with information knowledge space - a new look on the education of IT-professionals]. *Sistemnyy analiz v nauke i obrazovanii* = System Analysis in Science and Education. 2014; (1):97-104. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23148937> (accessed 26.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [10] Cheremisina E.N., Belov M.A., Lishilin M.V. *Analiz klyuchevykh aktivnostey zhiznennogo tsikla upravleniya znaniyami v vuzе i formirovaniye kontseptual'noy modeli arhitektury sistemy upravleniya znaniyami* [Analysis of the key activities of the life cycle of knowledge management in the university and development of the conceptual architecture of the knowledge management system]. *Otkrytoe obrazovanie* = Open Education. 2013; (3):34-41. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19117965> (accessed 26.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [11] Cheremisina E.N., Mitroshin P.A., Belov M.A. *Kompleksnyye sistemy elektronnoy obucheniya kak instrumentariy otsenki kompetentsiy uchashchihsya* [Integrated e-learning systems as tools for assessing students' competencies]. *Nauka i biznes: puti razvitiya* = Science and Business: Ways of Development. 2013; (5):113-122. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20654329> (accessed 26.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [12] Cheremisina E.N., Antipov O.E., Belov M.A. *Rol' virtual'noy komp'yuternoy laboratorii na osnove tekhnologii oblachnykh vychisleniy v sovremennom komp'yuternom obrazovanii* [The role of a Virtual Computer Laboratory based on cloud computing technology in modern computer education]. *Distantionnoe i virtual'noe obuchenie* = Distance and Virtual Learning. 2012; (1):50-64. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17300377> (accessed 26.02.2021). (In Russ.)
- [13] Belov M.A., Antipov O.E., *Kontrol'no-izmeritel'naya sistema otsenki kachestva obucheniya v virtual'noy komp'yuternoy laboratorii* [Control and measuring system of an estimation of quality of training in Virtual Computer Laboratory]. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie* = Quality. Innovation. Education. 2012; (3):28-32. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17794961> (accessed 26.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [14] Antipov O.E., Belov M.A. *Tekhnologiya primeneniya virtual'noy komp'yuternoy laboratorii v uchebnykh kursakh vuza* [The technology of using a Virtual Computer Laboratory in the educational courses of the university]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* = Natural and technical sciences. 2012; (1):260-268. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17660587> (accessed 26.02.2021). (In Russ.)
- [15] Cheremisina E.N., Belov M.A., Antipov O.E., Sorokin A.V. *Innovatsionnaya praktika komp'yuternogo obrazovaniya v universitete "Dubna" s primeneniem virtual'noy komp'yuternoy laboratorii na osnove tekhnologii oblachnykh vychisleniy* [Innovational Approach to E-learning in Dubna University based on Virtual Computerized Laboratory and Cloud Computing]. *Programma inzheneriya* = Software Engineering. 2012; (5):34-41. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17847427> (accessed 26.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)
- [16] Balashov N. et al. Creating a Unified Educational Environment for Training IT Specialists of Organizations of the JINR



- Member States in the Field of Cloud Technologies. In: V. Sukhomlin, E. Zubareva (Eds.) *Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science*, vol. 1201. Springer, Cham; 2020. p. 149-162. (In Eng.) DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-46895-8_12
- [17] Sukhomlin V., Zubareva E. Analytical Review of the Current Curriculum Standards in Information Technologies. In: V. Sukhomlin, E. Zubareva (Eds.) *Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science*, vol. 1201. Springer, Cham; 2020. p. 3-41. (In Eng.) DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-46895-8_1
- [18] Sukhomlin V., Zubareva E., Namiot D. Multiplatform System of Digital Talents Development "Academy of OIT". In: V. Sukhomlin, E. Zubareva (Eds.) *Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2017. Communications in Computer and Information Science*, vol. 1204. Springer, Cham; 2021. p. 3-13. (In Eng.) DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-78273-3_1
- [19] Dalkir K. Knowledge management in theory and practice. MIT Press, London; 2011. (In Eng.)
- [20] Chen D.Q., Preston D.S., Tarafdar M. From Innovative I.S. Strategy to Customer Value: The Roles of Innovative Business Orientation, CIO Leadership and Organizational Climate. *SIGMIS Database*. 2015; 46(2):8-29. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/2795618.2795620>
- [21] Binder F.V., Albuquerque R., Reinehr Sh., Malucelli A. Innovation and active learning for training mobile app developers. *Proceedings of the ACM/IEEE 42nd International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET'20)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA; 2020. p. 151-161. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1145/3377814.3381713>
- [22] Hawthorne M.J., Perry D.E. Software Engineering Education in the Era of Outsourcing, Distributed Development, and Open Source Software: Challenges and Opportunities. In: P. Inverardi, M. Jazayeri (Eds.) *Software Engineering Education in the Modern Age. ICSE 2005. Lecture Notes in Computer Science*, vol. 4309. Springer, Berlin, Heidelberg; 2006. p. 166-185. (In Eng.) DOI: https://doi.org/10.1007/11949374_11
- [23] Kinnunen P., Malmi L. Problems in Problem-Based Learning-Experiences, Analysis and Lessons Learned on an Introductory Programming Course. *Informatics in Education*. 2005; 4(2):193-214. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.15388/infedu.2005.11>
- [24] Salas E., Tannenbaum S.I., Kraiger K., Smith-Jentsch K.A. The Science of Training and Development in Organizations: What Matters in Practice. *Psychological Science in the Public Interest*. 2012; 13(2):74-101. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1177/1529100612436661>
- [25] Cascio W.F. Training trends: Macro, micro, and policy issues. *Human Resource Management Review*. 2019; 29(2):284-297. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2017.11.001>

Submitted 26.02.2021; approved after reviewing 30.03.2021;
accepted for publication 05.04.2021.

About the authors:

Mikhail A. Belov, Associate Professor of the Department of System Analysis and Management, Institute of System Analysis and Management, Dubna State University (19 Universitetskaya St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), Ph.D. (Engineering), **ORCID**: <https://orcid.org/0000-0003-0678-3344>, belov@uni-dubna.ru

Stanislav I. Grishko, Postgraduate Student, Master Teacher of the Department of System Analysis and Management, Institute of System Analysis and Management, Dubna State University (19 Universitetskaya St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), **ORCID**: <https://orcid.org/0000-0002-0185-1400>, grishko@uni-dubna.ru

Mikhail V. Lishilin, Associate Professor of the Department of System Analysis and Management, Virtual Reality Laboratory Director, Institute of System Analysis and Management, Dubna State University (19 Universitetskaya St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), Ph.D. (Engineering), **ORCID**: <https://orcid.org/0000-0003-3119-2511>, lishi@uni-dubna.ru

Pavel A. Osipov, Postgraduate Student, Master Teacher of the Department of System Analysis and Management, Institute of System Analysis and Management, Dubna State University (19 Universitetskaya St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), **ORCID**: <https://orcid.org/0000-0001-6660-6329>, osipov-pavel@uni-dubna.ru

Evgeniya N. Cheremisina, Head of the Institute of System Analysis and Management, Dubna State University (19 Universitetskaya St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), Dr.Sci. (Engineering), Professor, **ORCID**: <https://orcid.org/0000-0002-6041-8359>, chere@uni-dubna.ru

All authors have read and approved the final manuscript.

