
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО КОМПЬЮТЕРНЫМ СЕТЯМ

А.И. Говоров, М.М. Говорова, А.Н. Шиков

Санкт-Петербургский национально-исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики
Кронверкский проспект, д. 49, Санкт-Петербург, Россия, 197101

В статье приводятся результаты исследования по выявлению и оценке актуальности использования функциональных особенностей современного виртуального лабораторного практикума как системы, состоящей из двух компонент: подсистемы моделирования объекта изучения и подсистемы управления учебным процессом. Описано практическое применение результатов исследования при разработке ВЛП по компьютерным сетям.

Ключевые слова: виртуальный лабораторный практикум (ВЛП), метод экспертных оценок, подсистема управления, среда моделирования

Введение

Информационно-образовательная среда современного образовательного учреждения обуславливает широкое применение компьютерных обучающих средств (КОС), которые позволяют сделать обучение не только более плодотворным и результативным за счет обеспечения глубокого понимания контекста учебной информации и овладения профессиональными практическими умениями, но и интересным и самостоятельным.

Одним из главных условий формирования профессиональных компетенций специалиста в технических областях является практическая подготовка, реализуемая в виде лабораторно-практических работ, курсовых проектов, различных видов практик.

В современной педагогической практике лабораторные работы реализуются в двух форматах — реальном и виртуальном.

Лабораторные работы на реальных установках дают возможность приобрести навыки работы с аналогами, с которыми студентам придется иметь в реальной практической профессиональной деятельности. Но для организации и проведения лабораторных работ необходимо оборудование, специальные аудитории, обслуживающий технический персонал и т.д. Часто это слишком затратно для образовательного учреждения. Благодаря современным компьютерным технологиям все затраты можно существенно сократить, так как существует возможность использования виртуального моделирования или виртуальной среды взаимодействия. Организация лабораторных работ в информационно-образовательной среде (в рамках одного учебного курса или всего учебного заведения) позволяет активизировать самостоятельную деятельность студентов, наглядно

продемонстрировать модели изучаемых объектов и процессов, обеспечить приобщение к современным методам работы с информацией, т.е. решить проблемы эффективности обучения и управления учебно-познавательной деятельностью студентов.

Учебный процесс может базироваться на использовании универсальных коммерческих или свободно распространяемых виртуальных средств (например, программных эмуляторов или симуляторах, автоматизированных средах проектирования). Но их непосредственное применение в учебном процессе часто недостаточно для достижения образовательных целей, поэтому использование виртуальных лабораторных практикумов (ВЛП) может решить эту проблему [1].

Традиционно виртуальную лабораторию можно рассматривать как аппаратно-программный инструментальный, используемый в качестве объектно-ориентированной информационной среды для эффективного интерактивного взаимодействия пользователя со средой моделирования. Это позволяет обучающемуся в интерактивном режиме оперативно конструировать испытательную лабораторию для выполнения требуемой задачи. Важным преимуществом виртуальной лаборатории является возможность наглядной имитации реального физического эксперимента путем использования полученных ранее экспериментальных данных, хранящихся в соответствующих файлах данных [2].

В современных условиях становится все более актуальным использование ВЛП, позволяющих, с одной стороны, изучать виртуальные модели процессов или объектов, с другой — решать другие дидактические задачи и обеспечивать информационно-коммуникационную среду между студентами и преподавателем.

В настоящее время разработаны сотни вариантов ВЛП по различным дисциплинам, основанных на различных принципах, идеологиях, технологиях и решающих различные дидактические и организационно-методические задачи. При проектировании и создании ВЛП преподаватели и специалисты сталкиваются с десятками вопросов по разработке среды, обеспечивающей моделирование изучаемого объекта/процесса, и среды взаимодействия участников образовательного процесса (преподавателя и обучающихся) — подсистемы управления.

Цель исследования — определить степень значимости функциональных особенностей ВЛП как системы, состоящей из двух компонент (подсистемы моделирования и подсистемы управления учебным процессом), для проектирования и применения.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- проанализирован отечественный опыт использования различных типов ВЛП;
- выявлены функциональные особенности ВЛП для проектирования и применения как компьютерного обучающего средства на основе сравнения аналогов;
- определена степень значимости особенностей для разработки ВЛП с использованием метода групповых экспертных оценок.

Объектом настоящего исследования является совокупность функциональных особенностей ВЛП, применение которых необходимо при проектировании и разработке его программных компонент.

Проведение исследования по определению степени значимости функциональных особенностей ВЛП для проектирования и разработки

Компьютерная обучающая система в общем случае реализует двойственный набор функций [3]:

- функции реализации обучения;
- функции управления обучением.

ВЛП как КОС обеспечивает функции реализации обучения путем использования средств, которые позволяют моделировать изучаемый объект/процесс и управлять им, а также предоставляют возможности оценивать результаты деятельности обучающихся, т.е. частично реализуют функции управления обучением [3]. Исследование отечественного опыта применения ВЛП в учебном процессе, описанного в работах [4—9], показало, что большинство виртуальных средств этого типа независимо от формы обучения (очной, очно-заочной, заочной или дистанционной) поддерживают именно эту часть функций. С другой стороны, ВЛП может быть реализован как полнофункциональное средство, обеспечивающее возможности современных систем управления обучением (LMS — learning management system), поддерживающих большинство из функций реализации и управления обучением. Примером может служить виртуальный лабораторный практикум по естественным наукам, разработанный в Российском университете дружбы народов [9]. Подобные системы являются сложными программно-аппаратными комплексами, которые требуют взаимодействия достаточно широкого круга специалистов [10]: авторов учебного материала (преподавателей), компьютерных методистов, системотехников и специалистов по реализации КОС.

Выявление совокупности особенностей ВЛП было проведено на основе анализа функциональных возможностей виртуальных лабораторных практикумов, применяемых в образовательном процессе в Санкт-Петербургском государственном лесотехническом университете, Днепропетровском национальном университете, Национальном исследовательском Томском государственном университете, Российском университете дружбы народов, в университетах, размещающих свои курсы на ресурсах образовательной платформы Coursera, а также дистанционной системы для изучения и практики английского языка Lingualeo.

В ходе исследования была выявлена совокупность нижеперечисленных особенностей:

1) особенности среды (подсистемы) моделирования ВЛП:

- универсальность среды моделирования: для оценки вынесена востребованность виртуальных средств моделирования объектов/процессов как альтернативы реальным учебным лабораториям,
- многопользовательский режим,
- применение дистанционных образовательных технологий в практической части учебного курса при очной форме обучения,
- применение активных технологий обучения,
- детализация этапов выполнения лабораторной работы,
- управление временем выполнения работ средствами подсистемы моделирования,

— режим выполнения работ: так как разрабатываемый ВЛП предназначен для использования при очной форме обучения (при котором синхронный режим является классическим), то для оценки экспертов вынесена актуальность использования ВЛП в асинхронном и комбинированном режиме обучения (синхронный + асинхронный);

2) особенности подсистемы управления ВЛП:

- наличие syllabus (краткое описание учебного курса в вузе),
- теоретическая (информационная) поддержка,
- формирование индивидуального учебного плана обучающегося,
- организация входного контроля для допуска к работе,
- организация итогового контроля по результатам выполнения работы,
- реализация принципа регулярности,
- режим обучения (синхронный/асинхронный/комбинированный),
- уровень коммуникаций,
- объективность оценивания: для оценивания экспертами вынесена актуальность различных способов оценивания и комбинирование этих способов,
 - в различных системах оценивание может производиться преподавателем (вручную), автоматизировано, другими студентами. Для достижения максимальной объективности оценки результатов возможно сочетание различных способов,
 - применение активных методов обучения: для организации работ и оценивания предлагается использование элементов геймификации в подсистеме управления,
 - управление уровнем сложности работ: для оценивания экспертами вынесена актуальность дифференциации уровня заданий для обучающихся и требований к обучающимся в зависимости от их способностей.

Для оценки особенностей был использован один из методов экспертных оценок — метод ранжирования. Сбор данных опроса экспертов был выполнен на основе анкетирования преподавателей.

Для сбора первичной информации были разработаны две анкеты.

Первая анкета была составлена для проведения оценки компетентности экспертов, участвующих в исследовании. Для определения коэффициентов компетентности экспертов, участвующих в исследовании, использована стандартная методика, применяемая во многих методах экспертных оценок [11; 13].

Анкета состоит из двух частей:

- самооценка экспертом уровня своей компетентности и информированности по тематике исследования;
- опросный блок для определения степени аргументированности оценок эксперта.

Для расчета коэффициента компетентности эксперта используется формула (1):

$$K_k = \frac{K_{зн} + K_a}{2}, \quad (1)$$

где K_k — коэффициент компетентности эксперта; $K_{зн}$ — коэффициент степени знакомства эксперта с обсуждаемой проблемой; K_a — коэффициент аргументированности.

Традиционно минимальным допустимым значением для коэффициента компетентности считается значение 0,5.

В исследовании участвовали 32 эксперта, являющихся преподавателями и специалистами образовательных организаций высшего и среднего профессионального образования России.

Анализ результатов оценки компетентности экспертов показал возможность участия всех экспертов в исследовании.

Вторая анкета включает вопросы экспертам об оценке особенностей подсистемы моделирования и подсистемы управления ВЛП. Для оценивания выбранных характеристик была выбрана пятибалльная шкала.

Для определения значимости особенностей подсистемы моделирования и подсистемы управления ВЛП использовался непараметрический W-тест Kendall (W-тест Кендалла) программного пакета SPSS Statistics version 19 [11]. Этот тест специально разработан для проведения тестов в ситуации, когда большое количество экспертов высказывают свое мнение о большом количестве рецензируемых объектов. При этом сначала каждый эксперт оценивает объект по заданной балльной шкале. Затем для каждого рецензируемого объекта определяется сумма ранговых номеров. Исходя из этих сумм, определяется масштаб различных отзывов. Коэффициент согласованности М. Кендалла (коэффициент согласия экспертов) W ($0 \leq W \leq 1$) [12; 13], вычисленный на основании этого масштаба, указывает на меру согласия между экспертами.

Ниже приведены результаты ранжирования особенностей подсистемы моделирования и подсистемы управления ВЛП, рассчитанные в SPSS Statistics.

Результаты по первой группе исследуемых особенностей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные результаты по первой группе особенностей

Особенность виртуального лабораторного практикума	Усредненный ранг
Использование комбинированного режима обучения в обучения в практической части учебного курса	3,09
Востребованность виртуальных средств моделирования объектов/процессов как альтернативы реальных учебных лабораторий	3,52
Применение дистанционных образовательных технологий в практической части учебного курса при очной форме обучения	3,59
Применение активных игровых технологий в лабораторном практикуме	4,27
Детализация этапов выполнения лабораторного задания средствами ВЛП	4,73
Использование асинхронного режима обучения в обучения в практической части учебного курса	5,36
Групповые лабораторные работы в многопользовательском режиме с использованием программных средств ВЛП в технических специальностях	5,36
Управление временем выполнения лабораторного задания со стороны преподавателя средствами ВЛП	6,07

Таблица 2

Основные результаты по второй группе особенностей

Особенность виртуального лабораторного практикума	Усредненный ранг
Наличие силлабуса (краткого учебного курса) в ВЛП	6,36
Дистанционная система коммуникаций между преподавателем и обучающимся в практической части учебного курса средствами подсистемы управления ВЛП при очной форме обучения	6,80

Особенность виртуального лабораторного практикума	Усредненный ранг
Средства обеспечения принципа регулярности выполнения лабораторных работ средствами подсистемы управления ВЛП	6,84
Модуль, позволяющий настроить комбинации из выше представленных методов проверки	6,93
Модуль, позволяющий студентам и преподавателям оставлять комментарии к работам	7,30
Необходимость создания электронной библиотеки, в которой ресурсы привязывались бы к различным элементам учебного курса, таким как «Теория», «Лабораторная работа», «Аудиторная самостоятельная работа», «Внеаудиторная самостоятельная работа» (теоретическая поддержка)	8,09
Модуль ВЛП, позволяющий преподавателю вручную оценивать работы	8,14
Контролирующий модуль ВЛП, при использовании которого обучающемуся необходимо пройти тест или ответить на один или несколько вопросов для получения положительной оценки о прохождении лабораторной/практической работы	8,32
Внедрение элементов геймификации в подсистему управления ВЛП	8,50
Модуль настраиваемой автоматической проверки результатов работ	8,50
Формирование индивидуального учебного плана прохождения практической части курса обучающимся средствами подсистемы управления ВЛП	8,66
Входной контроль знаний обучающихся для выполнения лабораторной/практической работы средствами ВЛП	8,82
Модуль, позволяющий обучающемуся вести список заметок к работе	9,36
Модуль проверки работ в ВЛП с помощью загрузки одного или нескольких файлов для отправки преподавателю	9,68
Возможность дифференциации лабораторных заданий по уровню сложности между обучающимися, обладающими различными способностями	11,34
Возможность применения различных требований к обучающимся в зависимости от их уровня способностей при выполнении лабораторных работ	12,36

В таблице 3 приведена статистика по 1 группе.

Таблица 3

Статистика по первой группе особенностей

N (количество экспертов)	32
Статистика W Кендалла ^a	0,225
χ^2	34,593
Число степеней свободы (количество особенностей — 1)	7
Асимптотическая значимость (p1)	0,00001

$\chi^2 = 34,593 < \chi_{\alpha,n}^2 = 35,256$ (нулевая гипотеза о несогласии экспертов в ранжировках отклоняется).

В таблице 4 приведена статистика по 1 группе.

Таблица 4

Статистика по второй группе особенностей

N (количество экспертов)	32
Статистика W Кендалла ^a	0,200
χ^2	48,100
Число степеней свободы (количество особенностей — 1)	15
Асимптотическая значимость (p2)	0,00001

$\chi^2 = 48,100 < \chi_{\alpha,n}^2 = 50,493$ (нулевая гипотеза о несогласии экспертов в ранжировках отклоняется).

Расчеты статистики W Кендалла показывают невысокий уровень согласованности мнений экспертов в обеих группах исследуемых особенностей (принято удовлетворительным считать $0,45 \leq W \leq 0,65$ [14]). Но в обоих случаях при анализе по критерию χ^2 отклоняется нулевая гипотеза о несогласии мнений экспертов в ранжировках ($\chi^2 < \chi_{\alpha,n}^2$), поэтому коэффициент конкордации в обеих группах можно принять значимым, а согласованность мнений экспертов удовлетворительной. Таким образом, полученные результаты ранжирования особенностей ВЛП можно применять в дальнейших исследованиях и практических разработках.

Интерпретация результатов исследований по каждой группе особенностей

Группа 1. Особенности подсистемы моделирования ВЛП. В результате проведенного исследования было выявлено, что важнейшими по значимости при проектировании ВЛП в этой группе являются следующие особенности:

- использование комбинированного режима обучения в практической части учебного курса;
- востребованность виртуальных средств моделирования объектов/процессов как альтернативы реальных учебных лабораторий;
- применение дистанционных образовательных технологий в практической части учебного курса при очной форме обучения.

Таким образом, исследования показали в целом высокую востребованность виртуальных средств, применяемых в обучении. При разработке ВЛП, очевидно, в первую очередь следует уделять внимание обеспечению двух оставшихся особенностей управления средствами ВЛП.

Ко второй по значимости подгруппе особенностей можно отнести следующие:

- применение активных игровых технологий в лабораторном практикуме;
- детализация этапов выполнения лабораторного задания средствами ВЛП.

К третьей по значимости подгруппе особенностей можно отнести следующие:

- использование асинхронного режима обучения в обучения в практической части учебного курса;
- применение групповых лабораторных работ в многопользовательском режиме с использованием программных средств ВЛП.

Наименее востребованным оказалось управление временем выполнения лабораторных заданий со стороны преподавателя средствами ВЛП.

Группа 2. Особенности подсистемы управления ВЛП. В результате проведенного исследования важнейшими по значимости для ВЛП в этой группе являются следующие особенности:

- наличие силлабуса (краткого содержания учебного курса) в ВЛП;
- наличие дистанционной системы коммуникаций между преподавателем и обучающимся в практической части учебного курса средствами подсистемы управления ВЛП;
- наличие средства обеспечения принципа регулярности выполнения лабораторных работ средствами подсистемы управления ВЛП;

— возможность настройки комбинации автоматических и ручных методов проверки работ, средств входного и выходного контроля знаний, загрузки отчетов для проверки.

Использование комбинации способов проверки работ наиболее востребовано по сравнению с отдельными способами, рассматриваемыми независимо.

Ко второй по значимости подгруппе особенностей можно отнести следующие:

— возможность студентам и преподавателям оставлять комментарии к работам;

— необходимость создания электронной библиотеки, в которой ресурсы привязывались бы к различным элементам учебного курса, таким как «Теория», «Лабораторная работа», «Аудиторная самостоятельная работа», «Внеаудиторная самостоятельная работа» и т.д.;

— возможность преподавателем «вручную» оценивать работы;

— наличие выходного контроля: контролирующий модуль ВЛП, при использовании которого обучающемуся необходимо пройти тест или ответить на несколько вопросов для получения положительной оценки о прохождении лабораторной/практической работы;

— внедрение элементов геймификации в подсистему управления ВЛП;

— возможность настраиваемой автоматической проверки результатов работ;

— формирование индивидуального учебного плана прохождения практической части курса обучающимся средствами подсистемы управления ВЛП;

— наличие входного контроля знаний обучающихся для выполнения лабораторной/практической работы средствами ВЛП.

К третьей по значимости подгруппе особенностей можно отнести следующие:

— возможность обучающемуся вести список заметок к работе;

— модуль проверки работ в ВЛП с помощью загрузки одного или нескольких файлов для отправки преподавателю.

Наименее востребованными оказались возможности средствами ВЛП для дифференциации уровня сложности заданий и требований к обучающимся с разными способностями.

Практические результаты исследований

Результаты проведенного исследования были использованы при разработке ВЛП по компьютерным сетям, который успешно апробирован и внедрен в учебный процесс на кафедре интеллектуальных технологий в гуманитарной сфере и факультете СПО Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. ВЛП реализован в виде программного комплекса, состоящего из двух частей: веб-приложения, обеспечивающего систему управления ВЛП, и подсистемы моделирования на основе программного эмулятора Cisco Packet Tracer, обеспечивающего компьютерное моделирование объекта изучения [15].

При проектировании и реализации ВЛП функционально реализованы все выявленные особенности в подсистеме моделирования, кроме наименее значимой по ранжированию — управления временем выполнения заданий преподавателем средствами практикума.

В подсистеме управления ВЛП функционально реализованы следующие особенности:

- первая группа по ранжированию:
 - дистанционная система коммуникаций между преподавателем и студентами, позволяющая обеспечить взаимодействия типа «преподаватель — студент», «студент — студент»,
 - обеспечение принципа регулярности временем выполнения лабораторных работ;
- вторая группа по ранжированию:
 - использование элементов геймификации,
 - автоматическая проверка результатов работ: контроль правильности выполнения этапов лабораторных заданий выполняется автоматически средствами подсистемы управления после передачи студентом данных, полученных в результате выполнения лабораторного задания в подсистеме моделирования,
 - формирование индивидуального учебного плана прохождения практической части курса (под управлением преподавателя).

Обеспечение ручной проверки в текущей версии ВЛП не актуально, так как лабораторные задания спроектированы таким образом, что результатом работы является набор ключевых слов, который передается студентом в подсистему управления для синхронизации с эталонными данными, хранящимися на сервере. Таким образом, исключается субъективный фактор в оценке работы со стороны преподавателя.

В дальнейшем планируется реализация модулей входного и выходного контроля и «электронной библиотеки» (вторая группа по ранжированию).

Остальные особенности, наименее значимые по ранжированию, не рассматривались.

Таким образом, реализованный функционал ВЛП по компьютерным сетям полноценно реализует все востребованные функциональные особенности для подсистемы моделирования и частично основные для подсистемы управления. Это позволит успешно использовать его при любой форме обучения (очной, очно-заочной, заочной), а также при внедрении в учебный процесс дистанционных форм работы.

Выводы

Как показал анализ состояния вопроса, виртуальный лабораторный практикум, используемый в современном учебном процессе, может быть реализован как компьютерный инструмент, предназначенный только для моделирования изучаемого объекта, или как многофункциональная система, обеспечивающая и функции реализации, и функции управления обучением. Поэтому проектирование и программная реализация практикума с рекомендацией применения полученных результатов исследования по выявленным функциональным особенностям современных ВЛП позволит решить задачу его оптимального использования как компьютерного обучающего средства, «которая состоит в организации дидактически эффективного взаимодействия обучающихся, обучающего и КОС в реальном учебном процессе» [3].

FUNCTIONAL FEATURES OF DEVELOPMENT OF A VIRTUAL LABORATORY WORKSHOP ON COMPUTER NETWORKS

A.I. Govorov, M.M. Govorova, A.N. Shikov

St. Petersburg National Research University
of Information Technologies, Mechanics and Optics
Kronverksky Avenue, d. 49, St. Petersburg, Russia, 191701

In the article it is discussed the results of research to identify and assess the relevance of the functional features use of modern virtual laboratory workshops as a system consisting of two components: subsystem and learning management subsystem. It is described the practical application of research results in the development of works VLW modeling of computer networks.

Key words: Active methods of training, virtual laboratory practical work (VLP), method of expert evaluations, management subsystem, modeling environment

REFERENCES

- [1] Volkova L.V. Sredstva imitacionnogo modelirovaniya pri obuchenii studentov ptelekunikacionnym kursam: opyt i problemy ispol'zovaniya // Nauchno-tehnicheskij zhurnal «Informacionnye tehnologii modelirovaniya i upravleniya». 2006. № 1(26). S. 8—15.
- [2] Virtual'nyj laboratornyj praktikum // Informacionnyj portal «Distancionnoe obuchenie». URL: <http://www.distance-learning.ru/db/el/EB77D06B14773B11C3256C5B0057C877/doc.html> (data obrashheniya: 10.01.2015).
- [3] Pechnikov A.N., Avanesova T.P., Shikov A.N. Al'ternativnye podhody k proektirovaniyu i vnedreniyu komp'yuternyh tehnologij obucheniya // Mezhdunarodnyj jelektronnyj zhurnal «Obrazovatel'nye tehnologii i obshchestvo (Educational Technology & Society)». 2013. T. 16. № 2. C. 433—446. URL: http://ifets.ieee.org/russian/depository/v16_i2/pdf/8.pdf (data obrashheniya: 10.01.2015).
- [4] Habarov S.P. Modelirovanie funkcionirovaniya IP-setej // URL: http://www.habarov.spb.ru/lab_net/Network_Simulate/NetSimulate/manual.htm (data obrashheniya: 10.01.2015).
- [5] Grigor'ev V. Virtual'naja uchebnaja laboratorija po komp'yuternym setjam // Grigor'ev V. Setevye tehnologii Mikrotik Routeros. 2011. URL: <http://digital-library.wen.ru/ServiceMan/Page.html> (data obrashheniya: 10.01.2015).
- [6] Sazykin Ju.M., Simakov A.L., Odinkov A.V. Vozmozhnosti ispol'zovaniya informacionnyh tehnologij v laboratornom praktikume po tehnicheskim special'nostjam // Federal'nyj obrazovatel'nyj portal «Informacionno-kommunikacionnye tehnologii v obrazovanii». URL: <http://ito.edu.ru/2004/Moscow/II/4/II-4-4883.html> (data obrashheniya: 10.01.2015).
- [7] Alehin V.A., Paramonov V.D. Kompleksnyj laboratornyj praktikum po jelektrotehnike i jelektronike s ispol'zovaniem «Miniatjurnoj jelektrotehnicheskoy laboratorii MJeL-2, komp'yuternogo modelirovaniya, MATHCAD i LabVIEW. // Otkrytoe obrazovanie. 2009. № 5. C. 34—42.
- [8] Informatizacija inzhenerenogo obrazovaniya: jelektronnye obrazovatel'nye resursy. Vypusk 5 / sost.: T.I. Boldyreva, A.I. Evseev, B.R. Lipaj i dr.; pod obshh. red. S.I. Maslova. M.: Izdatel'skij dom MJeI. 2011. S. 399—453. // Jelektronnyj katalog obrazovatel'nyh resursov NIU MJeI. URL: <http://dot.mpei.ru/do/eres/edu2011.pdf> (data obrashheniya: 10.01.2015).
- [9] V.V. Andreev, Valensija Manrike Oskar, A.V. Kalashnikov, M.A. Korneeva, A.M. Umnov, D.V. Chuprov. Innovacionnyj virtual'nyj laboratornyj praktikum po estestvennym naukam // Otkrytoe obrazovanie. 2009. № 5. C. 42—47.

- [10] Bashmakov A.I., Bashmakov I.A. Razrabotka komp'juternyh uchebnikov i obuchajushhih sistem. M.: Informacionno-izdatel'skij dom «Filin#», 2003. 616 s.
- [11] Neparаметрические тесты / Программа SPSS // Jelektronnaja biblioteka Moldavskogo gosudarstvennogo universiteta. URL: <http://tempus2010.usm.md/SPSS10/14.pdf> (data obrashhenija: 10.01.2015).
- [12] Gromova N.M., Gromova N.I. Osnovy jekonomicheskogo prognozirovaniya // Izdatel'stvo «Akademija Estestvoznaniya»: monografii, izdannye v izdatel'stve Rossijskoj Akademii Estestvoznaniya. 2006. URL: <http://www.rae.ru/monographs/10> (data obrashhenija: 10.01.2015).
- [13] Prohorov Ju.K., Frolov V.V. Upravlencheskie reshenija: uchebnoe posobie. 2-e izd.ispr. i dop. Sankt-Peterburg: SPbGU ITMO, 2011.
- [14] Moskovcev V.V. Metodicheskie rekomendacii po formirovaniju gruppy jekspertov // Jelektronnaja biblioteka kafedry menedzhmenta Lipeckogo gosudarstvennogo tehničeskogo universitetaju. 2009—2012. URL: http://www.stu.lipetsk.ru/files/materials/2945/metodichka_gruppa_expertov.pdf (data obrashhenija: 10.01.2015).
- [15] Govorov A.I., Govorova M.M., Shikov A.N., Janson K.Ju. Primenenie virtual'nogo laboratornogo praktikuma po modelirovaniju komp'juternyh setej s ispol'zovaniem programmnogo jemuljatora // Distancionnoe i virtual'noe obuchenie. 2013. № 12. S. 65-74.