

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АВТОМАТИЗАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПРОЕКТИРОВАНИЯ

***В. С. Мкртчян, М. А. Шахраманьян,
А. М. Шахраманьян, Н. В. Учеваткина***
*Сиднейский университет управления,
информационных наук и технологий
Международный университет в Москве
Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет*

Доклад посвящен фундаментальным основам применения технологий цифрового (информационного) моделирования на примере проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений как одного из ключевых элементов цифровой экономики.

Ключевые слова: интеллектуальные агенты, индикатор, скользящий режим, информационные науки, технологии и семантический интернет, математические моделирование, цифровые модели, системы принятия решений, информационное моделирование, интеллектуальные и экспертные системы.

FUNDAMENTALS OF DIGITAL SIMULATION AND MORE EFFICIENT TECHNOLOGIES OF 3D DESIGN

V. Mkrttchian, M. Shakhramanian, A. Shakhramanian, N. Uchevatkina
*University of Control, Information Sciences and Technology (HHH University)
International University in Moscow City
Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering*

The plenary lecture focuses on the fundamentals of the use of digital technologies (information) modeling the example of the design, construction and operation of buildings and structures, as a key element of the digital economy.

Key words: intellectual agents, indicator of sliding mode, information's sciences, technology and Semantic Web, mathematical modeling, Decision Support Systems, digital models, informational modeling, intellectual and expert systems.

В настоящее время во всем мире бурно развиваются технологии информационного моделирования зданий и сооружений, известные за

рубежом как BIM (Building Information Modeling) технологии. Актуальность предлагаемого проекта обусловлено тем фактом, что в настоящее время на мировом рынке товаров и услуг в сфере строительства идет цифровая революция - внедрение на всем жизненном цикле здания (проектирование, строительство, эксплуатация (в том числе и управление активами, операции с недвижимостью и др.) технологий информационного моделирования зданий и сооружений. Этот своего рода современный аналог проектных чертежей позволяет не только сократить количество времени, затрачиваемое на создание проекта, но и добиться максимальной точности в показателях при построении модели, а, значит, практически исключить возможность допущения ошибок и неточностей при реализации проекта, смоделировать возможные изменения конструкций и внутренних систем здания или сооружения со временем. Как показывает опыт внедрения BIM-технологии в зарубежных странах, данные технологии позволяют снизить затраты на строительство, не менее чем на 25 %, существенно уменьшить время строительства, обеспечить прозрачность и контроль процесса строительства, безопасность эксплуатации построенного здания за счет получения детальной эксплуатационной документации в виде трехмерной информационной модели. Информационная (цифровая) модель здания и сооружения создается на стадии обоснования инвестиций в качестве исходных данных для разработки проектной документации. На стадии проектирования разрабатывается информационная 3D-модель объекта капитально строительства со всеми инженерными системами (тепловодоснабжение, вентиляция и кондиционирование и др.). Параметрами информационной модели являются типовые элементы строительных конструкций и изделий, элементов инженерных систем, комбинация из которых в итоге и реализуется в виде информационной модели. Созданная на стадии проектирования информационная модель здания используется в процессе строительства, прежде всего для повышения качества и достоверности проведения строительного контроля с точки зрения контроля за точной реализацией тех инженерно-технических решений, заложенных в проектной документации, сроков и стоимости выполнения строительных работ. В процессе выполнения строительных работ параметры информационной модели здания, разработанная на стадии проектирования может уточняться путем внесения в нее изменений, связанных с возникшими в процессе строительства обстоятельствами, которые не были предусмотрены в процессе проектирования объекта (замена марки и типов строительным материалами и изделий и др.). По окончании строительства информационная модель здания передается в эксплуатационную службу уже построенного объекта капитального строительства. В процессе эксплуатации параметры информационной (цифровой) модели здания тоже может

меняться, например, в результате проведения ремонтных работ (замена отдельных элементов инженерных систем и др.) Как видно из вышеизложенного процесс создания информационной (цифровой) модели здания или сооружения не является одномоментным актом, а по существу является сложным динамическим процессом, в течение которого происходит изменение многих параметров информационной модели здания и сооружения. Интуитивно ясно, что применение технологии информационного моделирования зданий и сооружений позволяет снизить стоимость и сроки строительства за счет автоматизации и визуализации строительного процесса, и это подтверждается практическим опытом применения технологий информационного моделирования зданий и сооружений за рубежом.

В настоящее время, как известно, в Российской Федерации сложилась непростая экономическая ситуация. Стало очевидным, что модель развития экономики, основанная не только на нефтегазовом комплексе, себя исчерпала, и необходимо искать новые точки стабилизации и роста экономики страны. Такой точкой роста в России может стать строительный комплекс, который, как никакая другая отрасль экономики, создает большое количество рабочих мест в различных секторах экономики: металлургия, деревообрабатывающая промышленность, лакокрасочное производство, электротехническая промышленность и др. Но, кроме этого, в результате строительства получается очень востребованный товар массового потребления – жилье. Это принципиальное отличие строительной отрасли от других, например, ракетно-космической, которая тоже может создавать много рабочих мест в различных отраслях экономики, но не может выпустить востребованный в массовом порядке конечный товар.

На практике эти принципиальные преимущества строительной отрасли не реализуются в полной степени. Причин тут несколько. Одна из основных – это долгострой. Другая причина – широкое поле для развития коррупционных схем, связанных с существенным завышением реальной стоимости строительства со всеми вытекающими последствиями.

Как известно, строительство осуществляется на основе кредитования в банках. Затягивание строительства приводит к невозврату во время взятого в банке кредита, штрафным санкциям, банкротству строительных компаний, и в итоге граждане не получают жилье.

То есть известная экономическая формула: *деньги* (кредит) – *товар* (жилье) – *деньги* (выручка от продажи жилья) – *товар* (жилье) и так далее перестает работать. Деньги в виде налогов от продажи жилья перестают, в достаточном объеме, поступать в бюджет страны и это способствует развитию кризисных явлений.

Одной из наиболее острых проблем в строительных комплексах большинства стран мира является проблема снижения стоимости и

сроков строительства. Данная проблема характерна и для Российской Федерации

Выходом из этой ситуации может стать внедрение в строительный комплекс России инновационных технологий, основанных на информационном моделировании зданий и сооружений (BIM-технологии, **Building Information Modelling**) [1].

BIM-технологии позволяют во многом изменить существующую в настоящее время практику проектирования зданий и сооружений и надзора в сфере строительства.

Проектная документация готовится группой проектировщиков в виде двумерных плоских чертежей, причем, отдельно разрабатываются объемно-планировочные решения, отдельно проектируются инженерные системы, отдельно формируется сметная документация. В итоге получается большое количество различных томов документации, слабо связанных между собой и самое главное по этим документам практически невозможно осуществить объективный контроль всего объема и стоимости запроектированных работ.

В процессе проектирования и строительства часто возникает необходимость внесения изменений в проектную документацию, что неизбежно приводит к удорожанию работ и затягиванию сроков строительства.

Эти проблемы в настоящее время решаются в мире путем внедрения в практику строительства технологий информационного моделирования зданий, которые позволяют на совершенно новом уровне подойти к вопросу повышения эффективности использования финансовых, материальных и временных ресурсов на всем жизненном цикле создаваемого объекта капитального строительства (проектирование-строительство-эксплуатация) и существенному сокращению сроков строительства.

В проектировании здания или сооружения участвуют большое количество специалистов различного профиля (рис. 1).

Попросту говоря, BIM-технологии – это интегрированная платформа, позволяющая архитектору проектировать в 3D и передавать результат инженерам и прочим специалистам, продолжающим выполнять проектную работу в 3D-формате. BIM-технологии позволяют интегрировать все разделы на одной платформе и обеспечивать взаимодействие исполнителей разделов между собой.

Важно отметить, что BIM-технологии реализуются на основе облачных платформ, обеспечивая удаленный доступ к информационной модели и возможности вносить изменения для любого числа участников.



Рис. 1. Профили специалистов, занятых в проектировании объекта

Преимущества:

- Выявление противоречий в работе профильных специалистов.
- Взаимодействие внутри проекта исполнителей разделов.
- Прямая связь между трехмерными моделями и двухмерными планами.
 - Визуализация и рендеринг.
 - Работа с одной моделью (в облаке) всех участников процесса проектирования и строительства (Заказчик, Проектировщик, Застройщик, Пользователь, Надзор).
 - Обеспечение возможности объективного контроля за процессом проектирования и строительства объектов капитального строительства в режиме времени близкому к реальному.

Информационное моделирование не предполагает отказа от выпуска 2D-чертежей. Другое дело, что сами чертежи – будь то поэтажные планы, фасады или разрезы – являются производными от точной модели зданий и сооружений. Они генерируются на основе 3D-модели в автоматическом режиме, когда модель в достаточной степени проработана. Параллельно, отдельно от модели, чертежи не разрабатываются. В результате они получаются скоординированными, а изменения, вносимые в модель, автоматически отражаются на всех видах, чем и гарантируется высокое качество проектов [1].

Вышесказанное иллюстрирует рис. 2, на котором представлен фрагмент модели – план этажа как проекция.

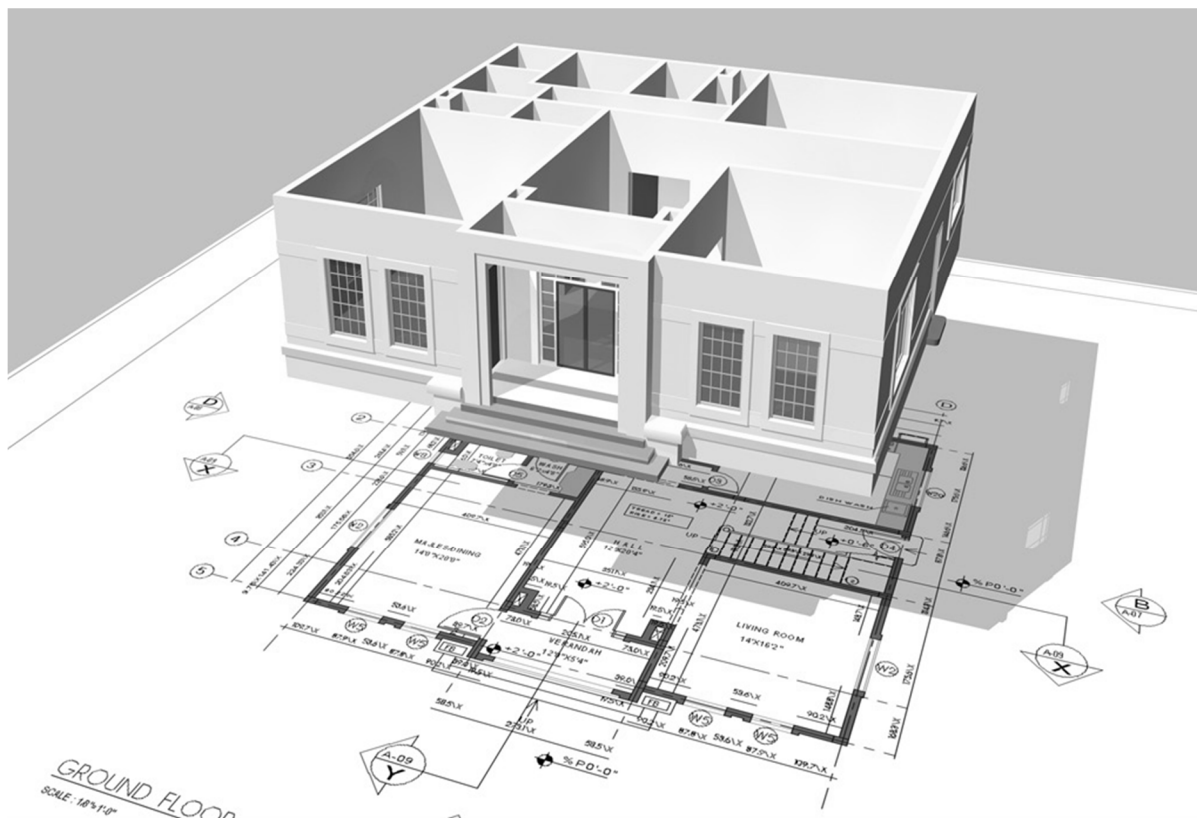


Рис. 2. Фрагмент модели – план этажа как проекция

Важным преимуществом BIM-технологии является то, что она позволяет осуществлять дистанционное проектирование разработчиками, которые находятся на значительных расстояниях друг от друга. Это позволяет сделать BIM-технологии неопределимым инструментом для организации международной кооперации разработчиков при проектировании уникальных и технически сложных объектов капитального строительства. Применительно к строительству эффект от внедрения BIM-технологии достигается прежде всего за счет:

- автоматизации построения и кардинального повышения достоверности проекта организации строительства (ПОС) и конкретизирующих/дополняющих его проектов производства работ (ППР), включая календарные планы, сетевые графики производства работ, графики поступления на строительную площадку материалов и конструкций. На 3D-модели объекта можно виртуально реализовать и проверить работоспособность любого варианта ПОС или ППР;
- мониторинга процесса строительства объекта, контроля за выполнением технологических требований и полноты выполнения скрытых работ (возможно использование мобильных компьютерных систем);
- отслеживания выполнения сетевого графика и принятие оперативных решений по его корректировке;

- управления стоимостью строительно-монтажных работ и материалов, которая позволяет выполнить оптимизацию затрат на строительство объекта.

Важно также отметить и тот факт, что внедрение технологии информационного моделирования зданий и сооружений в строительный комплекс позволит сделать процессы ценообразования и обоснования стоимости строительных работ максимально прозрачными и тем самым позволит существенно ограничить применение коррупционных схем в строительстве [2].

Информационное моделирование зданий позволяет получать вместо большого объема эксплуатационной документации на бумажном носителе, крайне неудобной в практическом использовании, особенно в случае возникновения чрезвычайной ситуации в условиях острого дефицита времени на принятие эффективных управленческих решений, практически идеальную систему поиска и обнаружения необходимой информации [2].

По данным зарубежных источников экономия времени при выполнении проектной документации на строительный объект в среднем составляет 20–50 %, при внесении изменений в проект она намного больше. К сожалению, пока технология BIM в нашей стране внедрены не настолько широко и массово, чтобы говорить о достоверной статистике, но опыт проектных фирм, использующих BIM и вышедших на устойчивую работу, эти цифры подтверждает. Известны специализированные российские фирмы, у которых подобная экономия времени, по их собственным данным, составляет порядка 90 % [3]!

Как показывает опыт внедрения BIM-технологии в зарубежных странах, данные технологии позволяют снизить затраты на строительство, не менее чем на 25 %, существенно уменьшить время строительство (не менее, чем на 40 %), обеспечить прозрачность и контроль процесса строительства, безопасность эксплуатации построенного здания за счет получения детальной эксплуатационной документации в виде трехмерной информационной модели.

Промышленно развитые страны США и Великобритания, в качестве первоочередного шага по стимулированию внедрения BIM-технологий, установили обязательное применение указанных технологий при проектировании и строительстве объектов за счет средств государственного бюджета. Подобные требования введены в США с 2003 г., а в Великобритании с 2013 г. Данные шаги обеспечили уровень внедрения BIM-технологий в США около 70 % от всех реализуемых в 2012 г. проектов (данные компании McGraw – HillConstruction), в Великобритании – около 15 %.

BIM-технологии позволяют сформировать единый информационный ресурс об объекте капитального строительства, что обеспечи-

вадет значительно более эффективное управление проектом, по сравнению с традиционными подходами. При этом происходит кардинальное повышение прозрачности оценки эффективности и целевого использования бюджетных средств. Следует ожидать подобный эффект от использования BIM-технологий при проектировании, строительстве объектов, финансируемых частными инвесторами.

В настоящее время в 17 ведущих стран действует стандарт IFC, определяющий требования по обмену данными при использовании BIM-технологий. В Великобритании разработан аналогичный национальный стандарт, устанавливающий требования к BIM технологиям, а также перечень мероприятий, необходимых для перехода всех строительных госзаказов на указанные технологии.

Необходимо отметить, что в настоящее время созданы хорошие предпосылки для внедрения технологий информационного моделирования зданий и сооружений в строительный комплекс России.

Так, 4 марта 2014 г. состоялось заседание Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России об инновационном развитии в сфере строительства по целому комплексу вопросов, в том числе и по вопросу внедрения технологии информационного моделирования зданий и сооружений в практику строительного комплекса. По результатам этого заседания даны конкретные поручения министерствам и ведомствам.

Во исполнение решения Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России об инновационном развитии в сфере строительства от 4 марта 2014 г. Минстрой выпустил Приказ от 29.12.2014 № 926/пр. «Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологии информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства».

В Российской Федерации сформирован пул компаний, которые активно внедряют технологии информационного моделирования объектов капитального строительства различного назначения: жилые здания, школы, поликлиники, спортивные сооружения и др.

В качестве примера приведем некоторые примеры информационных моделей таких сложных инженерных объектов, как олимпийские объекты в Сочи-2014.

На рис. 3 представлены фрагменты информационных моделей олимпийских стадионов в Сочи, разработанные компанией СОДИС ЛАБ.

Внедрение технологий информационного моделирования зданий и сооружений предлагается осуществить в несколько этапов:

- Разработка нормативно-правовой базы (новых методических и нормативных документов, внесения изменений в действующее законодательство), легализующей технологии информационного моделирования зданий и сооружений в Российской Федерации.

- Проектирование и строительство пилотных объектов капитального строительства с использованием технологий информационного моделирования.
- По результатам пилотного проектирования и строительства объектов внесение (при необходимости) изменений и дополнений в нормативно-правовую базу, регулирующую процессы проектирования и строительства зданий и сооружений.
- Тиражирование удачного опыта информационного моделирования зданий и сооружений в масштабах строительного комплекса России.

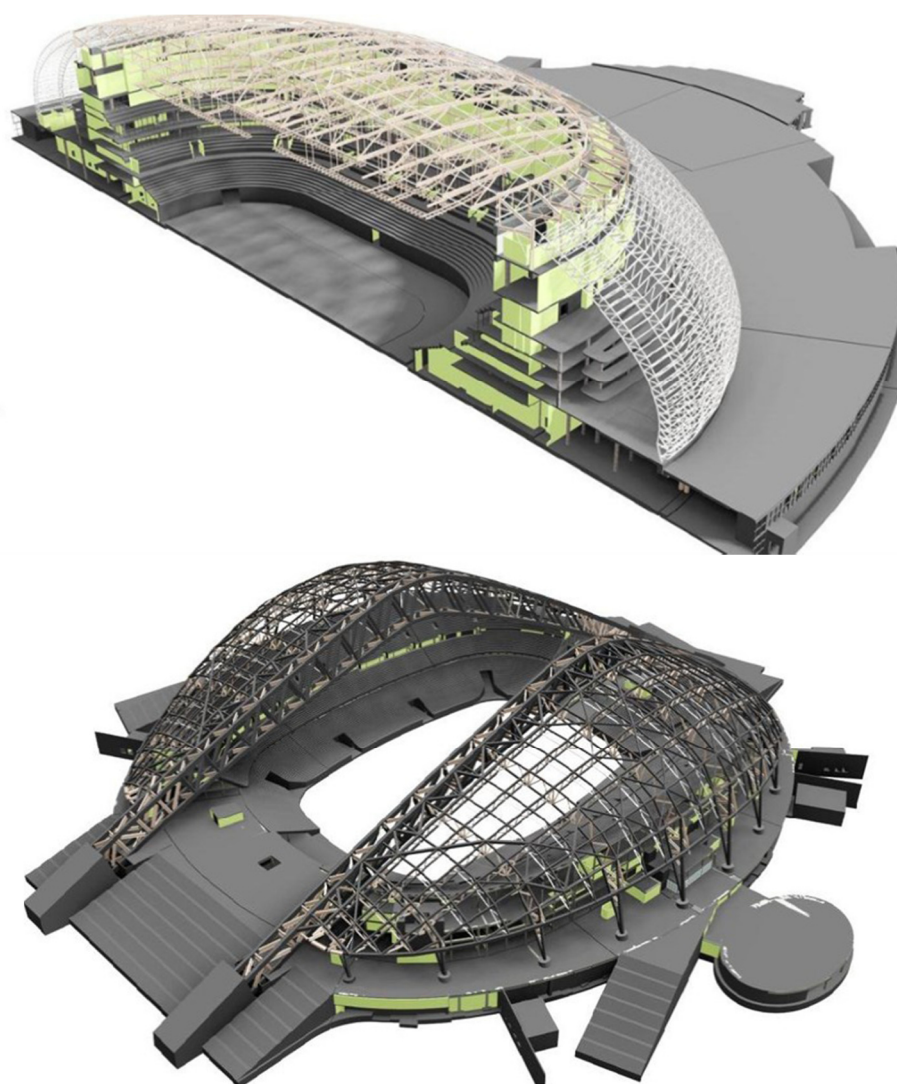


Рис. 3. Фрагменты информационных моделей стадионов в Сочи

Таким образом, технологии информационного 3D-моделирования являются тем инновационным инструментом, который позволит реально повысить эффективность (уменьшить сроки и стоимость строительства) строительного комплекса России и может стать катализатором процессов смягчения негативных кризисных явлений, как строительной отрасли, так и экономики страны в целом.

Заключение

Технологии информационного моделирования зданий и сооружений являются мощным инновационным ресурсом повышения эффективности строительного комплекса России, прежде всего с точки зрения снижения сроков и стоимости строительства.

Одной из наиболее важных проблем, стоящей перед строительным комплексом является массовое внедрение технологий информационного моделирования зданий и сооружений.

Для решения этой проблемы необходимо проведение целого комплекса работ, прежде всего по созданию нормативно-правовой базы, позволяющей легализовать технологии информационного моделирования зданий и сооружений в Российской Федерации.

Помимо этого очень важным является создание для инвесторов и заказчиков строительства инструментария, позволяющего еще до начала строительства оценить ожидаемый экономический эффект от применения технологии информационного моделирования по сравнению с существующими процедурами проектирования, строительства и эксплуатации.

Авторы намерены посвятить свои будущие исследования по созданию математических моделей, позволяющих оценивать ожидаемый экономический эффект от применения технологий информационного моделирования зданий и сооружений, в рамках заявки 17-19-01565 в Российский научный фонд для участия в конкурсе 2017 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» на тему: «Фундаментальные основы цифрового моделирования и повышение эффективности технологий 3D-проектирования», реализация проекта основана публикациях авторов доклада, в основном на десяти индексируемых в Scopus [4–13].

Список литературы

1. Король М. Г. BIM: информационное моделирование – цифровой век строительной отрасли // Стройматериалы. 2014. № 39. С. 26–30.
2. Шахраманьян М. А., Бурдаков Н. И., Шахраманьян А. М. Информационное моделирование зданий и сооружений как инновационный инструмент обеспечения государственного, общественного контроля и противодействия коррупции в строительстве // Вестник Московского антикоррупционного комитета. 2014. № 1 (4).
3. Талапов В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М., 2015. 409 с.
4. Mkrttchian, V. (Book chapter). Use "hhh" technology in the transformative models of online education. In Handbook of Research on Transformative Online Education and Liberation: Models for Social Equality, IGI Global, 2012, pp. 340–351.
5. Mkrttchian, V. (Book chapter). Avatar manager and student reflective conversations as the base for describing meta-communication model. In Meta-Communication for Reflective Online Conversations: Models for Distance Education. IGI Global, 2012, pp. 76–101.

6. Mkrttchian, V., Stephanova, G. (Book chapter). Training of avatar moderator in sliding mode control environment for virtual project management. In Enterprise Resource Planning: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications. IGI Global. 2013, pp. 1376–1405.
7. Mkrttchian, V., Stephanova, G. (Book chapter). Training of avatar moderator in sliding mode control environment for virtual project management. In Project Management Approaches for Online Learning Design. IGI Global. 2013, pp. 175–203.
8. Mkrttchian, V., Hwang, W.-Y., Kataev, M., Bedi, S.S., Fedotova, A. (Book chapter). Using plug-avatars "hhh" technology education as service-oriented virtual learning environment in sliding mode. In Handbook of Research on Emerging Priorities and Trends in Distance Education: Communication, Pedagogy, and Technology. IGI Global. 2014, pp. 43–55.
9. Glotova, T., Deev, M., Krevskiy, I., Matukin, S., Mkrttchian, V., Sheremeteva, E. Individualized learning trajectories using distance education technologies. In Processing Communications in Computer and Information Science. 2015, Springer International Publishing Switzerland 2015 A. Kravets et al. (Eds.): CIT&DS 2015, CCIS 535, 2015, pp. 778–792.
10. Bershadsky, A., Evseeva, J., Bozhday, A., Gudkov, A., Mkrttchian, V. Variability Modeling in the Automated System for Authoring Intelligent Adaptive Applications on the Basis of Three-Dimensional Graphics. In Processing Communications in Computer and Information Science. Springer International Publishing Switzerland 2015 A. Kravets et al. (Eds.): CIT&DS 2015, CCIS 535, 2015, pp. 149–159.
11. Mkrttchian, V., Aysmontas, B., Uddin, M.A., Andreev, A., Vorovchenko, N. (Book chapter). The academic views from Moscow universities on the future of dee at Russia and Ukraine. In Identification, Evaluation, and Perceptions of Distance Education Experts. IGI Global, 2015, pp. 32–45.
12. Mkrttchian, V., Bershadsky, A., Bozhday, A., Fionova, L. (Book chapter). Model in SM of DEE based on service-oriented interactions at dynamic software product lines. In Identification, Evaluation, and Perceptions of Distance Education Experts. IGI Global, 2015, pp. 231–248.
13. Mkrttchian, V., Hwang, W.-Y., Kataev, M., Bedi, S.S., Fedotova, A. (Book chapter). Using plug-avatars "hhh" technology education as service-oriented virtual learning environment in sliding mode. In Leadership and Personnel Management: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications. IGI Global. 2016, pp. 890–902.

ЯВНАЯ ФОРМУЛА МНОГООБРАЗИЙ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С ЧАСТНЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

А. К. Ильясова

Астраханский государственный технический университет

В настоящей работе показано решение одного класса линейного гиперболического дифференциального уравнения с частными производными третьего порядка, приведением к системе трех линейных дифференциальных уравнений с частными производными первого порядка.

Ключевые слова: многообразие решений, квазилинейное уравнение, нелинейное уравнение, гиперболический тип, резольвента, интегральное представление.