



REFERENCES

1. Moskalev N. S., Popova R. A. Stalnye konstruksii lyogkikh zdaniy [Steel Structures of Buildings]: uchebnoe posobie. – Moscow : ASV, 2003. – 216 p. – ISBN 5-93093-202-6.
2. SP 16.13330.2017. Stalnye konstruksii [Steel structures]: svod pravil: izdanie ofitsialnoe: utverzhd. i vved. v deystvie prikazom Min-va stroit-va i zhilishchno-kommunal. khoz-va RF ot 27 fevralya 2017 g. №126/pr: aktualizirovannaya redaktsiya SNIP II-23-81*: data vved. 28 avgusta 2017 g. [redaktsiya ot 4 dekabrya 2019 g.]. – URL: <http://www.consultant.ru>.
3. Kolotov O. V. Universalnoe pokrytie balochnogo tipa [Universal beam type coating]. Vestnik Volzhskogo regionalnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitelnykh nauk [Bulletin of the Volga regional branch of the Russian academy of architecture and construction sciences]. – Nizhny Novgorod, 2009. Issue 12. – P. 222–224.
4. Kudryashov V. V., Kolotov O. V. Analiz effektivnosti universalnogo pokrytiya balochnogo tipa pri primenenii balok s gibkoy stenкой [Analysis of the effectiveness of a universal beam-type coating when using beams with a flexible web]. Mezhvuzovskiy sbornik statey laureatov konkursov [Interuniversity collection of articles of competition laureates] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2009. – Issue 11. – P. 195–196.

© О. В. Колотов, 2023

Получено: 02.12.2022 г.

УДК 692.004

А. В. ЩЕГОЛЕВА, канд. культурологии, доц. кафедры архитектуры;
Ф. Р. ИБРАГИМОВА, магистрант кафедры архитектуры

**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ
В ПРОЕКТИРОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ СПОРТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;
эл. почта: schegoleva.av@yandex.ru

Ключевые слова: BIM-моделирование, технологии, информационная модель, управление проектом, спортивные объекты, спорткомплексы.

Рассмотрено понятие BIM-проектирование и проанализированы его возможности. Изучено применение BIM-технологий в мире и в России, приведены примеры создания BIM-моделей на конкретных спортивных объектах.

BIM-технология как инструмент управления проектами

В настоящее время в сфере строительства активно внедряется и получает все большее распространение BIM-технология как инструмент создания и управления проектами. BIM-технология (*Building Information Modelling*) – технология автоматизированного компьютерного моделирования совокупности бизнес-процессов, сопровождающих все этапы жизненного цикла объекта. Эта технология в России получила название «Технология информационного моделирования» (ТИМ) [1].

Данная технология позволяет моделировать любые строительные объекты, включая здания, железные дороги, мосты, тоннели, порты и др. Сходство BIM и 3D-моделирования заключается в том, что в обоих случаях проект здания выпол-



няется в трехмерном пространстве. Но в отличие от 3D- модели BIM напрямую связан с базой данных. Такая модель включает в себя не только несущие линии и текстуру материалов, но и другие данные (технологические, экономические и прочие), которые имеют отношение к зданию. Например, BIM учитывает физические характеристики объекта, варианты размещения в пространстве, стоимость конструктивных элементов.

BIM позволяет представить здание как единый объект, в котором все элементы связаны и взаимозависимы. В том случае, если какой-то показатель системы изменится, система автоматически внесет изменения в остальные данные. С технологией информационного моделирования, обладая лишь исходными данными объекта без реальных свойств, возможно предсказать будущие свойства и характеристики объекта. Более того, при помощи BIM можно просчитать процессы, которые будут происходить в уже построенном объекте. Происходит это следующим образом: вся информация о здании, материалах, способе его использования, климате и других факторах переносится в цифровой вариант, после чего система просчитывает возможные варианты развития событий.

BIM находится на стыке различных дисциплин. С помощью данного метода моделирования в одном проекте можно объединить всеобъемлющие данные по архитектуре, дизайну, инженерным, экономическим решениям и многое другое, что в комплексе позволяет избежать ошибок, увеличить окупаемость и эффективность проекта. Данные вносятся в соответствии с установленными стандартами, являются точными и обновляются регулярно. Одно из главных преимуществ модели – сокращение времени и расходов со стороны заказчика, а также возможность исправлять и улучшать проект на первых этапах его формирования. Технология информационного моделирования делает заказчика полноправным участником строительства. Он может визуализировать то, каким будет объект и вносить коррективы по ходу работы. Ни один 2D-чертеж не предоставит такой реалистичной картинки будущего здания, как это возможно при BIM-моделировании. Бывает так, что задумка архитектора, дизайнера или заказчика не всегда выполнима на практике, и только в BIM-модели это можно увидеть на первоначальных этапах проектирования. При таком типе проектирования еще не построенное здание «оживает» на экране, делая заметными любые недочеты и возможные проблемы.

Для эффективной работы модели необходимо создать единую информационную среду, которая сможет обеспечить моментальный доступ к данным всех участников проекта. К цифровой BIM-модели привязан большой массив данных, включая графики работ, данные геолокации, финансовые отчеты. Современные мобильные приложения способны воспроизводить виртуальную реальность, позволяющую воссоздать строительный объект в реальных условиях и оценить ход строительства, находясь в другом месте.

Использование BIM позволяет вносить изменения в информационную модель в режиме реального времени, более успешно проводить переоснащение зданий, отслеживать их текущее состояние и грамотно эксплуатировать.

Применение BIM-технологий в мире

Появление информационного моделирования в корне изменило способ взаимодействия между архитекторами, инженерами и другими специалистами в строительной области. Полная информация о проекте (материалы, технологии, их стоимость, а также дизайн, логистика, обслуживание объекта во время возведения, после введения в эксплуатацию) доступна каждому участнику благодаря BIM и облачным технологиям [3].



Применение *BIM* находится в стадии развития. В развитых странах информационное моделирование активно используется в последнее десятилетие.

Великобритания до сих пор не просто первая, но и абсолютный лидер по применению *BIM*. Это стало возможным благодаря поддержке на уровне государства: с 2016 года все бюджетные проекты в сфере строительства обязаны применять *BIM* второго уровня, не ниже. Так, в качестве пробной реализации технологию использовали для проекта Министерства Юстиции – расширение тюрьмы Кукхэм Вуд в Кенте. Это позволило существенно сократить капитальные затраты и сроки реализации.

В США, в Управлении общих служб составлена программа *BIM* для всех проектов по обслуживанию общественных зданий с 2003 года. Сегодня в США около 72 % строительных фирм используют *BIM* для значительной экономии средств на проектах. Ряд американских штатов, университетов и частных организаций также применяют стандарты *BIM*. Так, штат Висконсин сделал обязательным применение *BIM* для государственных проектов, если их общий бюджет начинается от 5 млн долларов [6].

Во Франции существует уже полмиллиона домов, которые спроектированы с использованием *BIM*. С 2017 года правительство страны задействовало *BIM* в жилищном секторе на 500 000 домов. Рабочая группа “*Le Plan Transition Numérique dans le Bâtiment*” отвечает за французскую стратегию *BIM*, цель которой обеспечить экологичность строительства и снизить затраты.

В Германии также правительство влияет на продвижение технологии *BIM*. Акцент делается больше на коммерческие и жилые здания, чтобы к 2023 году внедрить *BIM* во все инфраструктурные проекты [7].

В Испании *BIM* применяется для проектов государственного сектора с 2018 г., а с 2019 г. введено обязательное использование технологии в инфраструктурных проектах. Была создана отдельная Комиссия для содействия по внедрению *BIM* в строительный сектор.

Скандинавские страны одни из первых, кто начал использовать *BIM*. Например, Финляндия начала применять информационное моделирование зданий еще в 2002 г. *BIM* использовался для создания сложных инфраструктур, таких как линия метро Хельсинки.

В Китае *BIM* стал ключевым элементом и используется в большинстве проектов Комиссии по атомной энергетике. Правительство Китая еще не ввело обязательное использование *BIM* в строительстве, однако использование приветствуется.

В целом применение *BIM* даже в развитых странах находится в экспериментальной стадии, т. к. процесс внедрения цифровых технологий в строительстве требует большого времени. Однако прослеживается ускорение в цифровизации отрасли и большая заинтересованность застройщиков в современных долгосрочных решениях, таких как строительное информационное моделирование.

Применение BIM-технологий в России

Согласно Постановлению Правительства РФ №331 от 5 марта 2021 г., с 1 января 2022 г. применение технологий *BIM*-моделирования стало обязательным на объектах, финансируемых из бюджета Российской Федерации – от федеральных до муниципальных объектов вне зависимости от их стоимости. Несмотря на это, в России *BIM*-модель для эксплуатации и управления объектом пока еще применяется редко. В качестве примеров можно привести следующие: спорткомплекс «ВТБ-Арена», стадион «Казань Арена», Олимпийские объекты Сочи-2014.

Реконструкция и эксплуатация спорткомплекса «ВТБ-Арена»

**К СТАТЬЕ А. В. ЩЕГОЛЕВОЙ, Ф. Р. ИБРАГИМОВОЙ «АНАЛИЗ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ
СОВРЕМЕННЫХ СПОРТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ»**



Рис. 1. Модель спорткомплекса «ВТБ Арена»

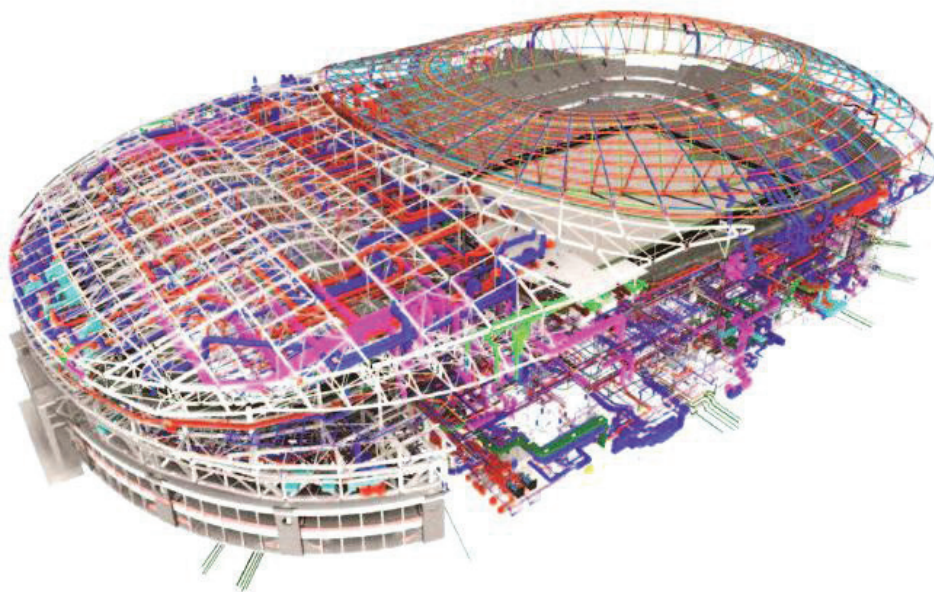


Рис. 2. Информационная модель спорткомплекса «ВТБ Арена»

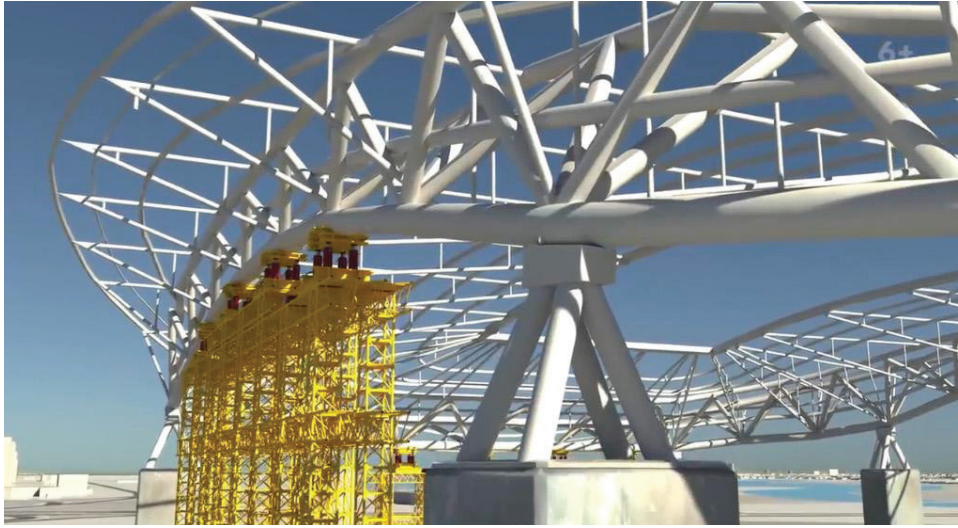


Рис. 3. Информационная модель фрагмента конструкции кровли стадиона «Казань Арена»

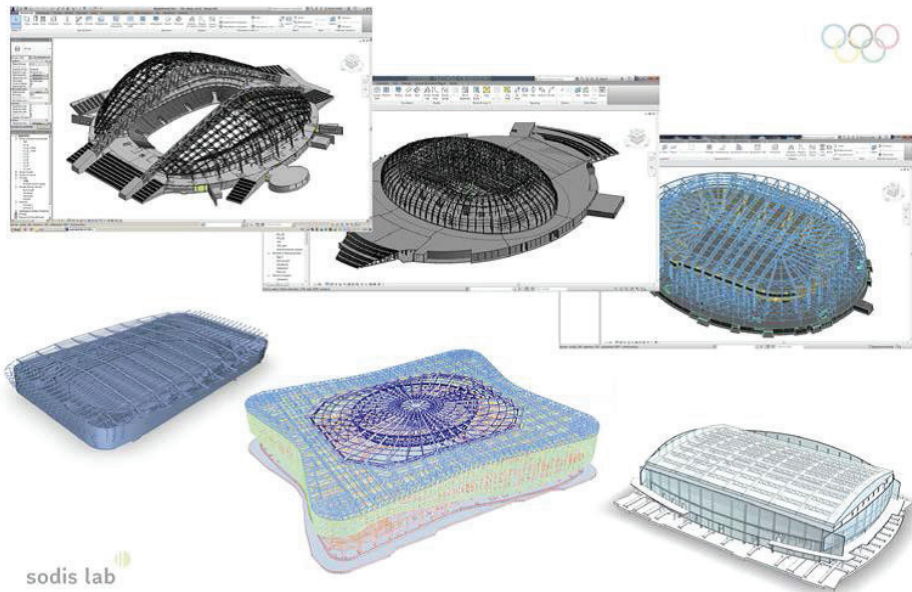


Рис. 4. Информационные модели олимпийских объектов Сочи-2014



Комплекс имеет две площадки: футбольный стадион на 30 тысяч мест и малую арену (ледовую) на 14 тысяч мест. Комплекс был закрыт на реконструкцию в 2008 году. Сначала было проведено лазерное сканирование и получено облако точек, на основе которого была сформирована информационная модель (рис. 1, 2 цв. вклейки) [2].

Далее только часть субподрядчиков начала применять *BIM*. В результате был объявлен новый тендер, а компания *AECOM* сформировала общие стандарты для работы с информационной моделью. Все участники проекта стали переходить к технологиям *BIM*, т. к. ее использование являлось одним из условий контрактов.

Информационная модель также использовалась для проектирования и анализа стадионной звукоусилительной системы, к которой предъявляются определенные требования, например, равномерность покрытия, высокое звуковое давление, высокий уровень детализации звукового материала. На стадии эксплуатации этого сложного оборудования без информационной модели нельзя обойтись [4].

Проектирование стадиона «Казань Арена»

Стадион является одним из объектов Универсиады, проводимой в Казани в 2013 г. При проектировании объекта обязательно учитывались требования, предъявляемые ко всем объектам Универсиады, в том числе: экологичность, экономичность, минимальная материалоемкость конструкторских и инженерных решений. Также требовалось добиться максимально возможного притока воздуха и естественного освещения. Для выполнения всех этих и других требований необходимо было создать информационную модель объекта и с помощью нее отрабатывать различные варианты, чтобы добиться требуемых показателей [5].

Одной из самых сложных задач оказалось создание конструкции кровельной системы. Она имеет волнообразную форму, кажется легкой (в соответствии с требованиями) несмотря на то, что весит более 12 тысяч тонн. Ее каркас состоит из стальных труб с пролетами более 100 м и вылетами консолей почти 40 м (рис. 3 цв. вклейки). Крышу поддерживают восемь опор.

Олимпийские объекты Сочи-2014

В период строительства олимпийских объектов Сочи-2014 в соответствии с действующими в тот период времени нормативными документами во всех олимпийских ледовых дворцах (Большая ледовая арена, Ледовый дворец для керлинга, Крытый конькобежный центр, Ледовый дворец для фигурного катания, Малая ледовая арена) и на Центральном олимпийском стадионе были установлены автоматизированные системы мониторинга деформационного состояния несущих конструкций и инженерных систем.

С учетом специфики организации строительных работ пусконаладочные работы по установке систем мониторинга олимпийских объектов выполнялись на последней стадии строительства. Тогда же производилась разработка информационных моделей объектов (рис. 4 цв. вклейки) на основе имеющейся на тот момент проектной документации, выполненной в виде двухмерных чертежей.

В ходе работ по разработке информационных моделей на основе двухмерных чертежей было выявлено большое количество неточностей и нестыковок, а именно: ошибки в проектных и компоновочных решениях, неточности в спецификациях и пр. В итоге ошибки, обнаруженные в ходе компьютерного информационного моделирования, были представлены на этапе строительства, что повлекло за собой дополнительные временные и финансовые издержки.

При работе со сложными и ответственными объектами в современном строительстве без *BIM*-технологий не обойтись. Причем их применение крайне необ-



ходимо как на стадиях эксплуатации, реконструкции, так и на стадии демонтажа. Это позволяет оптимизировать эксплуатационные расходы, сократить ошибки, «недосмотры», сроки устранения неполадок. Особенно это касается сложных строительных объектов, к которым относятся современные спортивные комплексы, рассмотренные в данной статье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 301.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. – Москва : Стандартиформ, 2018. – 18 с. – Текст : непосредственный.
2. Альянс Арена : уникальные решения для грандиозного. – Текст : электронный // ООО «Капарол» : сайт. – 2008. – URL: <http://www.caparol.ru/articles/details/index.php?sendID=14>.
3. BIM-технологии в строительстве. – Текст : электронный // PlanRadar. 2022. – URL: <https://www.planradar.com/ru/> (дата обращения: 05.09.2022).
4. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы V Международной научно-практической конференции / под общей редакцией А. А. Семенова. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2022. – 276 с. – Текст : электронный.
5. 12 000 тонн на 8 опорах. Как устроена «Ак Барс Арена». 2021. – URL: <https://www.tn.ru/journal/12-000-tonn-na-8-oporakh-kak-ustroena-akbars-arena/>. – Текст : электронный.
6. Dubois, A. The construction industry as a loosely coupled system: implications for productivity and innovation / Dubois A., Gadde L.-E. // Construction Management and Economics. – 2002. – Vol. 20, № 7. – P. 621–631. – DOI: 10.1080/01446190210163543.
7. Global Industry 4.0 Survey. Engineering and Construction Key Findings. 2016. – URL: <https://www.pwc.com/sk/en/odvetvia/assets/industry-4.0-metals-key-findings.pdf> (дата обращения: 05.09.2022).

SCHYOGOLEVA Anastasiya Vladimirovna, candidate of culture science, associate professor of the chair of architecture; IBRAGIMOVA Farmin Rakhim Kyzy, undergraduate student of the chair of architecture

ANALYSIS OF BIM TECHNOLOGIES USE IN THE DESIGN OF MODERN SPORTS COMPLEXES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Ijinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-19-57;
e-mail: schegoleva.av@yandex.ru
Key words: BIM design, technologies, information model, project management, sport facilities, sport complexes.

The article discusses the concept of BIM design and analyzes its capabilities. The application of BIM technologies in the world and in Russia is studied; examples of creating BIM models at specific sport facilities are given.

REFERENCES

1. SP 301.1325800.2017. Informatsionnoe modelirovanie v stroitelstve. Pravila organizatsii rabot proizvodstvenno-tekhnicheskimi otdelami [Information modeling in construction. Rules for organizing work by production and technical departments]. Moscow : Standartinform, 2018. 18 p.
2. Alyans Arena: unikalnye resheniya dlya grandioznogo proekta [Alliance Arena: unique solutions for a grandiose project]. ООО "Капарол". - 2008. – URL: <http://www.caparol.ru/articles/details/index.php?sendID=14>.



3. BIM-tekhnologii v stroitelstve [BIM technologies in construction]. PlanRadar. 2022. URL: <https://www.planradar.com/ru/> (data obrascheniya: 05.09.2022).

4. BIM-modelirovanie v zadachakh stroitelstva i arkhitektury [BIM-modeling in the problems of construction and architecture] : materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod obsch. red. A. A. Semyonova ; Saint-Petersburg : Sankt-Peterb. gos. arkhitektur.-stroit. un-t, 2022. – 276 p.

5. 12 000 tonn na 8 oporax. Kak ustroena «Ak Bars Arena» [12,000 tons on 8 legs. How Ak Bars Arena works]. URL: <https://www.tn.ru/journal/12-000-tonn-na-8-oporakh-kak-ustroena-akbars-arena/>.

6. Dubois A., Gadde L.-E. The construction industry as a loosely coupled system: implications for productivity and innovation // Construction Management and Economics. 2002. Vol. 20, № 7. P. 621–631. DOI: 10.1080/01446190210163543.

7. Global Industry 4.0 Survey. Engineering and Construction Key Findings. 2016. URL: <https://www.pwc.com/sk/en/odvetvia/assets/industry-4.0-metals-key-findings.pdf> (data obrascheniya: 05.09.2022).

© А. В. Щеголева, Ф. Р. Ибрагимова, 2023

Получено: 28.01.2023 г.

УДК 533.6:624.042.41

С. С. ШИЛОВ, аспирант кафедры теории сооружений и технической механики

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДВОЙКОЙ КРИВИЗНЫ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-96, +7 961-631-06-81;
эл. почта: sergey.shilov.1997@mail.ru

Ключевые слова: численное моделирование, поверхность второго порядка, аэродинамическое давление, изополя давлений, параметры турбулентности.

Проводится исследование аэродинамических сил, действующих на криволинейную поверхность. Описывается порядок численного моделирования в Ansys CFX, а также начальные и граничные условия. Приводится порядок определения профиля скорости ветрового потока и параметров турбулентности. Приводятся результаты исследований в виде сводных таблиц и изополей аэродинамических давлений на поверхности сооружения.

В настоящее время возводится все больше зданий и сооружений, проработка которых с помощью современных нормативных документов весьма затруднительна. Одной из множества проблем является определение ветровых давлений и характера их распределения по поверхности. В данной работе рассматривается поверхность двойкой кривизны, весьма редко используемая при проектировании зданий и сооружений в отечественной практике – гиперболический параболоид. Несмотря на это, в настоящее время существует ряд зарубежных объектов, включающих в свои архитектурные решения поверхности второго порядка: олимпий-