

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ МАГИСТРАТУРЫ

КАФЕДРА ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Полуэктов Владимир Владимирович

**Тема: Интеграция BIM технологий в градостроительное  
проектирование**

*Состав выпускной квалификационной работы*

Расчетно-пояснительная записка \_\_\_\_\_ страниц

Графическая часть на \_\_\_\_\_ листах

*Расчетно-пояснительная записка к квалификационной работе*

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ д-р геогр. н., канд. арх., проф. Фирсова Н.В.  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель \_\_\_\_\_ канд. арх., проф. Енин А.Е.  
(фамилия, имя, отчество)

Магистрант \_\_\_\_\_ Полуэктов В.В.  
(подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1 ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ – КАЧЕСТВЕННЫЙ СКАЧОК В ПРОЕКТИРОВАНИИ .....	12
1.1 Архитектурное формообразование (динамика совершенствования проектного инструментария архитектора-градостроителя).....	12
1.2 Инструментарий информационного моделирования .....	29
1.3 Подготовка проектной документации .....	34
Выводы по первой главе.....	45
ГЛАВА 2 ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ BIM–ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ СИСТЕМЫ.....	46
2.1. Применение информационного моделирования при проектировании отдельных объектов .....	46
2.2. Особенности интеграции BIM при моделировании градостроительных образований .....	58
Выводы по второй главе.....	63
ГЛАВА 3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ КОНЦЕПЦИИ КУРСА ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (BIM) .....	65
3.1. Основные этапы курса.....	65
3.2. Рекомендации по выполнению этапов курса информационного моделирования.....	73
3.3. Методическое обеспечение, техническая и образовательная база курса.....	79
Выводы по третьей главе .....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	88
Термины и определения.....	90
Список литературы.....	91
Электронные ресурсы .....	96

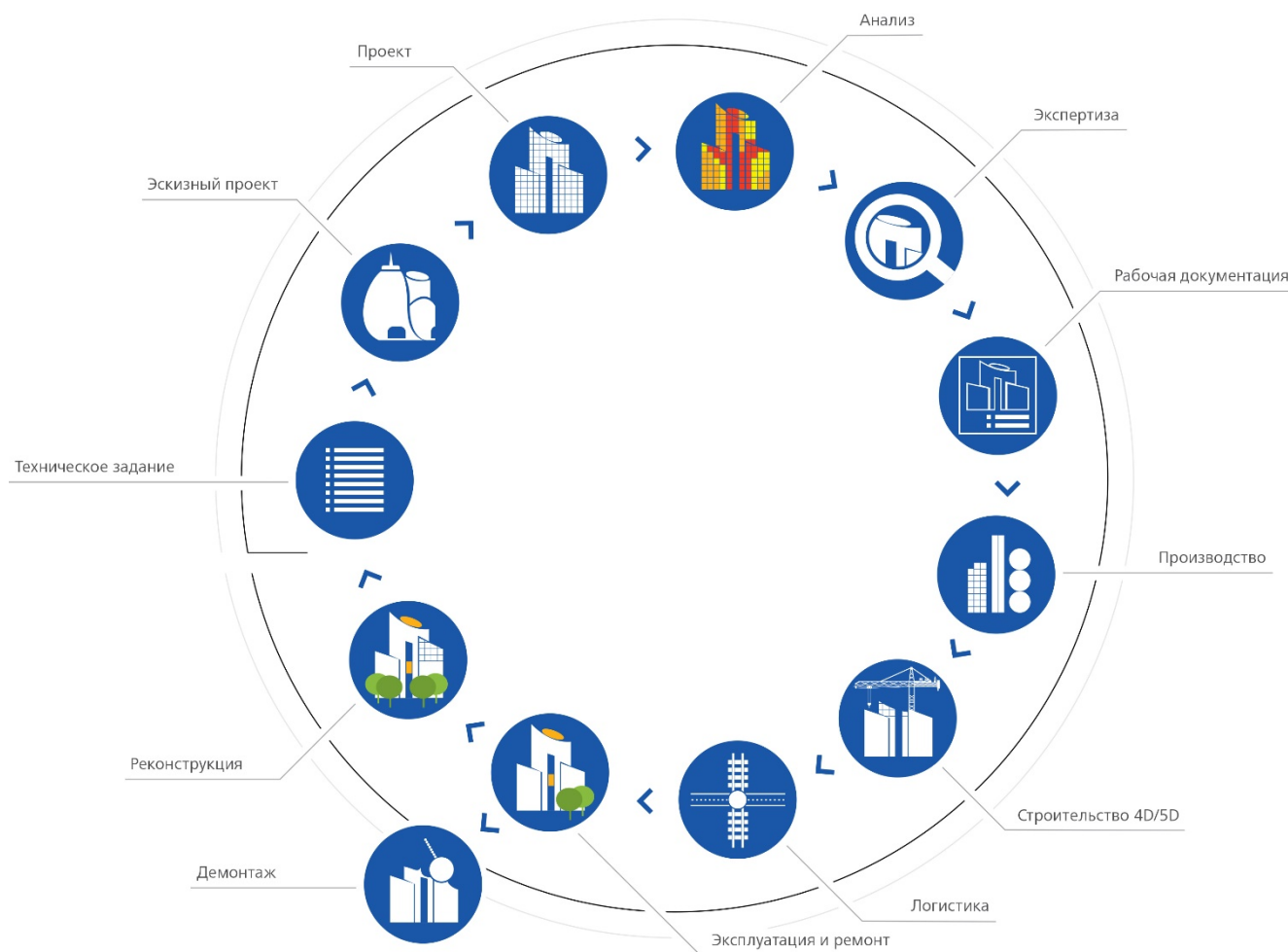
## ВВЕДЕНИЕ

Современный объем строительного производства, сложность и многокомпонентность функций проектируемых объектов приводит к необходимости переосмысления применения сложившихся методов и приемов моделирования архитектурного формообразования. Воплощение художественных замыслов с применением традиционных систем автоматизации проектирования в XXI веке обнаружит свою несостоятельность в плане оперативного взаимодействия и безошибочного управления проектируемым объектом. Изменения, вносимые на разных стадиях в проект, приводят к высоким временным, а в следствие этого и финансовым затратам. Применение BIM-технологий для проектирования, возведения, управления, контроля эксплуатации готового объекта, а также реконструкции или демонтажа, позволяет на уровне виртуальной физически подобной модели отслеживать возможное поведение проектируемого объекта при воздействии разнообразных факторов.

Сложившиеся сегодня тенденции нелинейной архитектуры диктуют свои правила взаимодействия проектировщика и объекта, и корректная совместная работа с молниеносной отдачей возможна только с применением технологий BIM. Для дальнейшего исследования необходимо дать определение информационному моделированию зданий (BIM). Наиболее емкое определение представили американские ученые: “Технология BIM предполагает построение одной или нескольких точных виртуальных моделей здания в цифровом виде. Использование моделей облегчает процесс проектирования на всех его этапах, обеспечивая более тщательные анализ и контроль. Будучи завершёнными, эти компьютерные модели содержат точную геометрию конструкции и все необходимые данные для закупки материалов, изготовления конструкций и производства строительных работ” [48]. В основе технологии BIM лежит трехмерная информационная модель, на базе которой организована работа всех заинтересованных лиц инвестора, заказчика, генерального проектировщика, генерального подрядчика, эксплуатирующей организации.

В свою очередь информационная модель объекта (BIM-модель): цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта при помощи совокупности графических элементов и информации, служащее коллективным ресурсом знаний о проектировании в строительстве, эксплуатации и модернизации и сносе (в случае объекта строительства) объекта (инфраструктурного/строительного) и представленное в структурированном и взаимосвязанном виде [60].

Моделирование отдельных зданий и сооружений, а также инфраструктуры с применением BIM одним из условий для создания работающей модели не только самого здания и окружающей его территории, что позволяет при применении принципов системного подхода выявить основные тенденции развития и предупреждения возможных проблем градостроительных образований различного уровня в целом. Информационное моделирование сооружений (BIM) — процесс коллективного создания и использования информации о сооружении, формирующий основу для всех решений на протяжении жизненного цикла объекта [60] (от планирования до проектирования, комплектации рабочей документации, строительства, эксплуатации и сноса или реконструкции и запуска нового цикла) (рис.1).



**Рис. 1. Жизненный цикл объекта строительства** (пиктограммы: <http://static-dc.autodesk.net/>)

Архитектурные и градостроительные объекты представляют собой единую систему антропогенной среды. Получаемая в результате работы над проектом информационная модель объекта, представляет собой систематизированный перечень связанных данных, включающих экологические, геологические, физические и социальные параметры. Внесение изменений в модель возможно на любом этапе проектирования, причем коммуникации между объектами системы, обеспечивающие непрерывность взаимодействия элементов, под воздействием системного принципа обратной связи позволяют получать корректные выходные данные при изменении конкретных параметров. Метод вывода данных позволяет фиксировать результаты в реальном времени, проектировщик (архитектор, градостроитель) при этом освобожден от технической регистрации изменений в массиве информации.

Возможность и необходимость перехода на работу с информационными моделями зданий подтверждает положительный опыт многих крупных проектных

компаний. Ниже приведены данные исследования компании McGraw-Hill Construction [53].

Пользователи BIM в странах Евросоюза:

- архитекторы – 47 %;
- инженеры – 38 %;
- специалисты смежных специальностей – 24 %.

Пользователи BIM в Северной Америке:

- архитекторы – 60 %;
- инженеры – 42 %;
- специалисты смежных специальностей – 50 %.

Согласно опросу, 41 % респондентов считает, что после внедрения BIM их прибыль увеличилась; 55 % уверены, что BIM позволяет снижать стоимость проекта (39 % из них называет снижение более чем на четверть); 41 % убежден, что BIM не приводит к изменению количества сотрудников; 21 % – что после внедрения BIM требуется меньше персонала, а 13 % – что больше.

Особо отметить необходимо возможности BIM для проектов зеленого строительства:

- моделирование потребления энергии зданием (80 % компаний);
- моделирование освещения, включая дневное (69 %);
- соответствие требованиями стандартов энергопотребления (65 %);
- оценка качества оборудования и его выбор (64 %);
- оценка эффекта применения возобновляемых источников энергии (63 %);
- анализ естественной вентиляции (57 %).

Полезность BIM для расчета кредитов по иностранному международному стандарту LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) отмечают 42 % специалистов, работающих с BIM в рамках проектов зеленого строительства. Стоит отметить, что USGBC (U.S. Green Building Council) планирует обновить функциональность сервиса онлайн-сертификации LEED-online с тем, чтобы позволить ряду BIM напрямую направлять информацию на оценку экспертов.

Одним из производителей, работающих в этом направлении, является компания Integrated Environmental Solutions, представляющая линейку инструментов для анализа производительности здания.

Приведенные аналитические данные отражают реальную ситуацию в сфере проектирования объектов в BIM зарубежом и преимущества интеграции информационного моделирования в деятельность специалистов смежных специальностей. Прирост производительности колоссален, а возможность просчета на всех этапах проектирования и взаимодействия специалистов сводится к минимуму.

Важный шаг для внедрения BIM в России был сделан 4 марта 2014 года на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России. Так, Минстрою России, Росстандарту совместно с Экспертным советом при Правительстве Российской Федерации и институтами развития было предписано «разработать и утвердить план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства, включающий предоставление возможности проведения экспертизы проектной документации, подготовленной с использованием таких технологий». Следующая веха на пути внедрения BIM на государственном уровне — 14 июля 2014 года. В этот день Мосгосэкспертиза выпустила новые требования к электронным документам для проведения государственной экспертизы проектно-сметной документации. Среди них — возможность подавать на экспертизу в качестве дополнительной справочной информации 3D-информационную (BIM) модель объекта в форматах \*IFC (2x3), 3D \*PDF, 3D \*DWFX или NWD (Navisworks)[60].

В рамках реализации стратегии Мосгосэкспертизы по использованию технологий информационного моделирования зданий (BIM) в конце 2014 года завершено рассмотрение выдано положительное заключение первому BIM проекту: поликлиника на 550 мест в микрорайоне Новые Ватуткин<sup>1</sup>. Компания-разработчик проекта «Градпроект» предоставила на рассмотрение экспертного

---

<sup>1</sup> <http://exp.mos.ru/presscenter/news/detail/1492457.html>

сообщества помимо стандартной документации информационную модель объекта капитального строительства в электронном виде, которая включала следующие разделы: архитектура, конструкции, системы отопления и вентиляции, водоснабжения и водоотведения, электроснабжения, освещения и все слаботочные системы (рис.2.).



**Рис.2. BIM-модель поликлиники на 550 мест в микрорайоне Новые Ватутинки**

29 декабря 2014 года Минстрой РФ издал приказ № 926 о поэтапном внедрении технологии информационного моделирования в промышленном и гражданском строительстве<sup>2</sup>.

Из этого следует, что в ближайшие годы произойдет смена парадигмы проектирования и презентации архитектурных и градостроительных проектов, и место уже привычного, но менее эффективного САПР займет BIM. Поэтому интеграция обучающего курса по информационному моделированию в учебный процесс бакалавриата специальности «Градостроительство» позволит ВУЗу выпускать квалифицированных специалистов, способных подтвердить свои конкурентные преимущества на рынке труда посредством более эффективного расхода производственных ресурсов, сокращения рутинных операций и времени работы над проектом, улучшения качества проекта и созидания презентабельного вида выпускаемой проектной информации.

<sup>2</sup> <http://www.minstroyrf.ru/>



### **Степень разработанности проблемы.**

Научную базу исследования составляют работы разных областей знания, в первую очередь в области теории градостроительства выделены работы следующих авторов: Л.Н. Авдоткин, Я. Гейл, В.Л. Глазычев, В. Рыбчинский, Ле Корбюзье, Л. Мамфорд, И.М. Смоляр, Л.Г. Тарасова, Д. Джекобс, Э. Верхаген.

В части моделирования как неотъемлемого процесса проектирования: В. Веников, В.А. Штофф, Г.А. Заболоцкий, И. Волович, А.Ю. Хренников; в срезе архитектурного виртуального моделирования: А. Асанович, О.В. Загребин, Е.С. Пронин, Н.А. Рочегова, В.Э. Волынский; творческого процесса архитектурного проектирования: О.И. Генисаретский, В.Л. Глазычев, Э.П. Григорьев, А.В. Ефимов, В.И. Иовлев, П.В. Капустин, Ю.И. Кармазин, Е.В. Кокорина, И.Г. Лежава, Ч. Лендри, Ф.Т. Мартынов, В.М. Розин, М.Р. Савченко, Г.П. Щедровицкий; архитектурного формообразования: Г.Ф. Горшкова, А.Г. Раппапорт, А.В. Иконников, М.В. Шубенков, Ю.С. Янковская; системных исследований в градостроительстве: В.В. Владимиров, А.Е. Енин, Г.И. Лаврик, А.А. Колесников, Г.И. Лаврик, Х.С. Перлоф, И. Перени, И.М. Смоляр, П.Холл; вопросов теории архитектуры : Ч. Дженкс, Г. Линч; А.И. Некрасов, В.И. Локтев и др.; техническая сторона вопроса информационного моделирования освещена в публикациях следующих авторов: Ч. Истмена, В.В. Талапова и др.

**Объект исследования:** программные продукты для информационного моделирования, применяемые в современном архитектурном и градостроительном проектировании.

**Предмет исследования:** принципы и методы компьютерного формообразования при BIM – моделировании, используемые в современной практике архитектурно-градостроительного проектирования и высшего архитектурного и градостроительного образования.

**Границы исследования:** определены рассмотрением взаимодействия архитектора-градостроителя и проектных средств BIM при обучении в Воронежском ГАСУ архитектурному и градостроительному проектированию.

**Цель исследования** заключается в выявлении особенностей, необходимости и эффективности внедрения BIM-технологий в проектную и учебную архитектурную и градостроительную деятельность.

**Решаемые задачи:**

1. Выявить современные проблемы графического и информационного представления градостроительных объектов;
2. Проанализировать и классифицировать существующий проектный инструментарий архитектора-градостроителя;
3. Определить возможность интеграции BIM на различных таксономических уровнях градостроительной системы;
4. Предложить концепцию курса информационного моделирования (BIM) для студентов направления подготовки «Градостроительство».

**Научная новизна исследования** заключается в рассмотрении информационных моделей объектов как определенной базы для усовершенствования градостроительного проектирования.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Результаты исследования могут быть использованы при разработке рабочих программ по курсам: «Компьютерная графика»; «Теория и практика композиционного моделирования»; «Мультимедийные технологии и компьютерные средства проектирования»; «Технологии презентации проектов»; «Территориальные информационные системы», внедрены в учебный процесс. Основные положения работы, выводы и графический материал могут быть использованы в дальнейших исследованиях, могут способствовать совершенствованию учебного процесса.

**На защиту выносятся:**

- классификация программных продуктов BIM в срезе градостроительного проектирования;
- авторская модель курса информационного моделирования BIM;
- структурная модель интегрирования BIM в учебный процесс по направлению обучения «Градостроительство».

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Основные положения проведённого исследования получили отражение в публикациях автора в ведущих научных журналах, а также в докладах на научно-практических конференциях.

**Структура работы:** диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка используемой литературы. Иллюстративная часть содержит 8 планшето́в.

## **ГЛАВА 1 ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ – КАЧЕСТВЕННЫЙ СКАЧОК В ПРОЕКТИРОВАНИИ**

### **1.1 Архитектурное формообразование (динамика совершенствования проектного инструментария архитектора-градостроителя)**

Развитие градостроительных формирований, усложнение внутрисистемных и межсистемных связей, колоссальный объем входящей информации подвигает архитектора-градостроителя к осознанию необходимости использования в проектной практике современных достижений науки и техники. Само градостроительное проектирование направлено на комплексную организацию материально-пространственной среды общественной жизнедеятельности в поселениях и районах расселения. В первую очередь оно способствует формированию условий труда, быта и рекреации населения, и коммуникаций между ними. То есть градостроительное проектирование содействует организации общественного производства, сохранения и улучшения окружающей среды путем рациональной планировочной организации территории, логичного размещения производственных комплексов, жилых районов и других градостроительных объектов [48, с.12]. «Объектами градостроительного проектирования и исследования являются развивающиеся градостроительные системы разного масштаба и функционального содержания, пространственная организация которых направлена на создание среды общественных процессов» [48, с.14]. В свою очередь градостроительная система определена как «совокупность пространственно организованных и взаимосвязанных материальных элементов – технически освоенных территорий, зданий и сооружений, дорог и инженерных коммуникаций, совместно с природными компонентами формирующих среду общественной жизнедеятельности на разных территориальных уровнях» [48, с.14].

Градостроительство – это деятельность по пространственной организации систем расселения, планировке и застройке населенных мест, опирающаяся на градостроительное законодательство, нормы и правила, системы научного знания, проектирование и управление, художественные принципы. Имеет целью развитие

и строительство города, создание необходимых условий для труда, быта и отдыха его населения. Охватывает комплекс социально-экономических, социально-технических, архитектурно-художественных, а так же санитарно-гигиенических задач планировки и застройки городов и методов их решения, реконструкцию, модернизацию и реставрацию городских районов и комплексов зданий [цит. по.39, с.44].

Градостроительная деятельность - деятельность по развитию территорий, в том числе городов и иных поселений, осуществляемая в виде территориального планирования, градостроительного зонирования, планировки территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства, капитального ремонта, реконструкции объектов капитального строительства, эксплуатации зданий, сооружений [51].

С течением времени, развитием науки и техники, становлением идей нелинейности организации целостности, основанную на идеях Жюль Делеза и Феликса Гваттари, определяющей абсолютно иную децентрализованную картину мира, которая проявляется и в архитектуре, и градостроительстве, с появлением новых стилистических направлений авангарда, мейнстримом которого считаются: нелинейная, дигитальная и фрактальная архитектура, возникла необходимость в более точной передаче эстетики и содержания формы объекта. Градостроительство, представляющее собой не просто особый раздел архитектуры, формирующий материально-пространственную среду городов и их элементов, но и особый вид искусства. «Градостроительное искусство – разновидность архитектурного творчества, заключающаяся в умении архитекторов создавать объемно-пространственные и стилистические композиции в городской среде с привлечением элементов природного ландшафта» [39, с.85].

Градостроительное проектирование охватывает широкий круг задач, подвергается воздействию множества факторов, включает в свои процессы колоссальный объем информации, что характеризует проектируемый объект как большую и сложную систему, проектировать и изучать которую необходимо с применением современных технических и медиа устройств. Вместе с тем 82

положение Афинской Хартии гласит: «Градостроительство – это наука о трех, а не о двух измерениях ...» [28, с.119], это положение еще более усиливает необходимость проектирования градостроительных объектов с задействованием информационных моделей с применением технологии трехмерного моделирования.

Эволюция технических средств градостроительного проектирования происходила совместно с научно-техническим прогрессом. В отечественной и зарубежной градостроительной практике процесс оптимизации разнообразных технических средств проектирования на базе новейших достижений научно-технического прогресса непрерывен. Среди этих технических средств ведущие российские градостроители выделяют [1, с.412-422]: электронная (машинная) графика, методы и технические средства архитектурной фотограмметрии, новейшие средства телемакетоскопии и информатика.

Подход к проектированию объектов (зданий, сооружений, градостроительных систем – элементов антропогенной среды), заключающийся в накоплении, обработке, представлении и хранении информации об объекте в виде плоских проекций: планах, фасадах, разрезах, перспективных видов, узлов, элементов, спецификаций и прочих графических изображений возник в XVI веке в римской архитектурной школе [1, с.15]. Этот подход реализуется человечеством по сей день. До середины XX века процесс проектирования любого объекта осуществлялся вручную. С приходом эры компьютерного производства процесс претерпел кардинальные качественные изменения, ведь машинная графика обладает рядом очевидных преимуществ: неоднократное использование чертежей и схем одного объекта, масштабирование чертежей и его частей, получение совмещенных проекций и манипуляции с ними, оперативность внесения изменений, точность, четкость и качество выпускаемой продукции и т.д.

В 1989 году в отношении машинной графики эксперты градостроительства [1, с. 412] определяли, что эффективным средством градостроительного проектирования является использование специальных внешних устройств для ЭВМ (электронно-вычислительной машины), выдающих результаты решения

проектных задач в чертежно-графической форме. В конце 80-х годов прошлого столетия использовали 4 типа устройств графического вывода:

- Электромеханические устройства: плоттеры, вычерчивающие на рулонном бумажном материале, и графопостроители – на плоских бумажных листах или на планшетах;
- Электронно-лучевая трубка (дисплей): для воспроизведения графической информации дисплеи обычно оборудованы электронным карандашом, позволяющим проектировщику производить разнообразные графические операции непосредственно на экране, а так же осуществлять связь с ЭВМ;
- Электростатические чертежные устройства: основаны на процессе нанесения и запоминания чертежно-графической информации, представленной электрическим сигналом на диэлектрическом носителе;
- Лазерные чертежные устройства: наиболее перспективные устройства вывода чертежно-графической информации.

Получение объемных моделей (макетов), проекций трехмерных объектов всегда являлось наиболее предпочтительным способом вывода проектной информации, т.к. они позволяют всесторонне оценить качество принятых проектных решений. Если еще чуть более четверти века назад архитектору и градостроителю приходилось выполнять сложные и долговременные манипуляции при создании городской среды: вычерчивание перспективных проекций градостроительных объектов с использованием ручной и машинной (посредством чертежного автомата) графики, объемное макетирование, макетоскопия, то в XXI веке подобные трудоемкие процессы достаточно автоматизированы.

История внедрения цифровых технологий в проектирование была положена в середине 50 -х годов прошлого столетия, когда Д.Т. Росс (MIT/Массачусетский технологический институт) начал работать над проектом технической поддержки проектирования CAD (Computer-Aided Design). В начале 60-х годов П. Хэнретти (General Motors Company) создал первую интерактивную графическую систему, в

основе которой было заложено образное представление информации. В 1982 г. Autodesk запустили первую версию AutoCAD, в 1984 г. Nemetschek показали программный пакет САПР Allplan. С этого момента начинается глобальная история внедрения САПР в проектирование, программные пакеты модифицируются, обновляются, комплектуются новыми возможностями и функциями. Первая советская/российская система автоматизированного проектирования была разработана в конце 80-х годов XX века рабочей группой Челябинского политехнического института, под руководством профессора Кошина А. А.

Первый уверенный шаг на пути к BIM был осуществлен посредством первого релиза программного пакета Revit версия 1.0 для информационного моделирования в 2000 году через три года после основания компании Charles River Software. В 2002 году Autodesk покупает Revit Technology Corporation и начинается эпоха совершенствования программы, расширяется круг пользователей (архитекторы всех специализаций, проектировщики, инженеры).

Понятия САПР и BIM не являются одним и тем же. Информационное моделирование - это тоже моделирование в виртуальном пространстве, но на выходе мы имеем модель здания с возможностью отслеживать весь его жизненный цикл (рис.1.1).

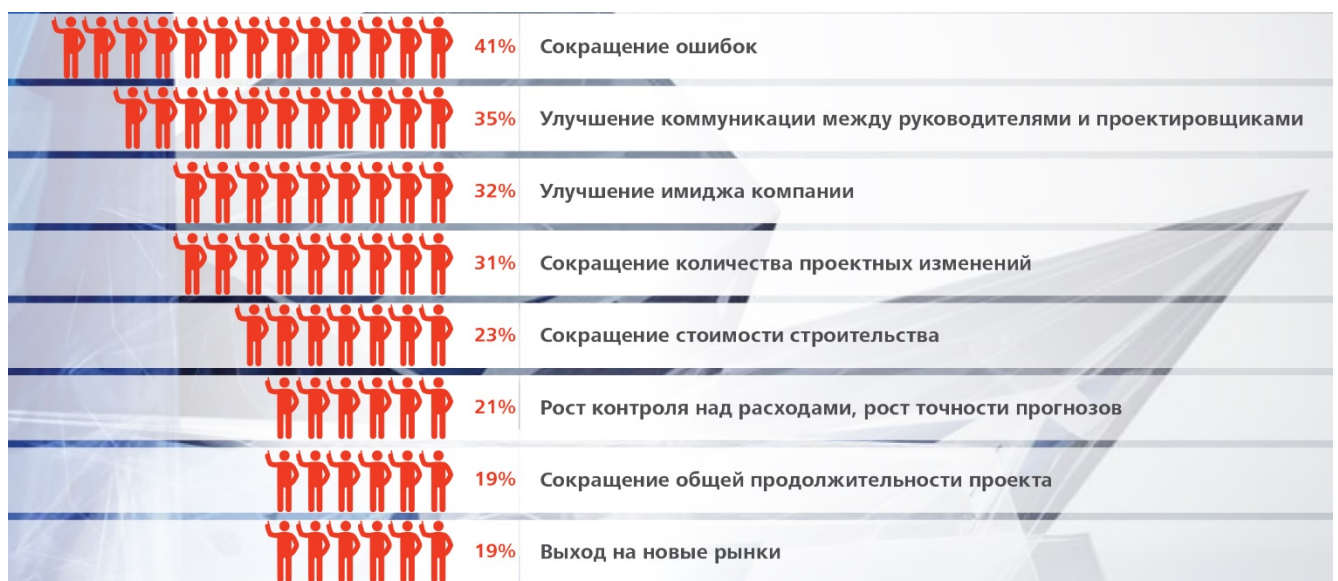


Рис. 1.1. Преимущества BIM

Для более четкого понимания необходимости внедрения именно BIM, предлагаем ознакомиться со сравнительной характеристикой BIM и CAD,



отражающей различия самого подхода к проектированию: при использовании BIM проектирование происходит в 3D с задействованием еще временных (4D) и финансовых(5D) ресурсов как проекций шкалы измерения. Т.е. происходит совмещение традиционных проекций проектирования и создание базы полной информации о проекте (в зависимости от выбранного уровня детализации), и на модели отслеживается весь жизненный цикл объекта, от проектирования, до эксплуатации и реконструкции или сноса. При проектировании в CAD происходит автоматизация ручного труда посредством компьютерной графики в 2D пространстве, высока вероятность погрешностей, связанная с человеческим фактором при подсчетах, отсутствует возможность создания информационной модели объекта (рис.1.2.).

Возможные операции	Проектирование в BIM моделях	Проектирование в стандартных САПР
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И ВЫПУСК ДОКУМЕНТАЦИИ</b>		
Проектирование на основе интеллектуальной 3D-модели	●	
Скоординированные модели и документация	●	
Просмотр и редактирование облаков точек	●	●
Профессиональные инструменты черчения и выпуска документации		●
<b>РАСЧЕТЫ И АНАЛИЗ ЗДАНИЙ</b>		
Insight 360	●	
Проектирование зданий, обладающих высокой энергоэффективностью	●	
Structural Analysis for Revit	●	
Energy Analysis for Revit	●	
Lighting Analysis for Revit	●	
Инструменты количественного анализа	●	
Расчеты и анализ строительных конструкций	●	
<b>СОВМЕСТНАЯ РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ЗДАНИЙ</b>		
Инструменты моделирования строительства	●	
Возможность 2D проектирования		●

Рис. 1.2. Сравнительная характеристика CAD и BIM

Проектирование сложных объектов становится возможным с учетом практически всех воздействующих на систему факторов при вводе корректных входных данных, загрузки действующих баз данных. И если даже пять лет назад

создаваемые проекты были не «тяжелыми», процессы, происходящие в РС (Personal Computer) задействовали все ресурсы ЦП. Сегодня технологии облачных вычислений, виртуализация рабочих мест САПР, совершенствование программных продуктов и приложений, обновление основных элементов рабочей системы РС и оптимизация их взаимодействий позволяют созидать архитектурную и градостроительную среду высокого качества в сжатые сроки.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) пользуются спросом на российском рынке уже около 30 лет. Аббревиатура BIM и понятие информационного моделирования вошли в обиход российского проектировщика сравнительно недавно, и на сегодняшний день представляют собой наиболее эффективный способ создания и преобразования архитектурной и градостроительной среды.

За последние 10 - 15 лет средства автоматизации проектирования совершили мощный рывок на пути развития с точки зрения расширения функционала, повышения надежности и стабильности работы приложений, снижения стоимости лицензий и подписок. Технологии информационного моделирования зданий уже внедряются в рабочий процесс проектных организаций России, что создает прецедент в необходимости изучения основ работы в программных пакетах студентами градостроительной, архитектурной и других технических специальностей. Технология BIM позволяет создавать физически подобные и визуальные технологические модели, позволяющие отслеживать все этапы жизненного цикла объекта.

Крупнейшие разработчики САПР и BIM сегодня представляют обновленные программные продукты и новые приложения для оптимизации процессов созидания сложных архитектурных и градостроительных систем.

Информационное моделирование зданий - это новый подход к проектированию и формированию пакета документации антропогенных объектов. В основе BIM лежит идея интегрированного проектного процесса, когда для разрабатываемого объекта обеспечивается достижение заданных показателей производительности: соответствие требованиям и нормативам,

энергоэффективности, соответствие заявленному графику, бюджету строительства и т.д. Функционирование этого процесса обеспечивает полидисциплинарная управляющая команда, которая работает синхронно, основываясь на целостном восприятии проекта как единой системы, где каждый участник привносит в модель своё видение обусловленное его специальностью. Управляющий коллектив формируется из представителей заказчика, архитектурных бюро и проектных организаций, субподрядчиков, поставщиков материалов, представителей согласующих органов, будущей управляющей компании, конечных потребителей и т.д. Работа этой команды продолжается на всех этапах жизненного цикла проекта.

Можно выделить основные принципы интегрированного проектного процесса:

- взаимодействие членов управляющей команды на протяжении всего жизненного цикла проекта;
- учет стоимости жизненного цикла, в том числе стоимости строительства, эксплуатации, технического обслуживания, социальные и экологические выгоды, стоимости демонтажа;
- целостное рассмотрение здания и его систем;
- поиск оптимальных решений с учетом взаимозависимости систем здания и порядка его эксплуатации;
- интерактивность – постоянная корректировка проекта, основанная на обратной связи за счет непрерывного мониторинга и совместного принятия решений;
- максимальные интеллектуальные усилия сосредотачиваются на этапах разработки концепции и схематического дизайна, когда стоимость внесения изменений минимальна, в соответствии с известной кривой Мак-Лими (MacLeamy Curve) (Рис.1.3).

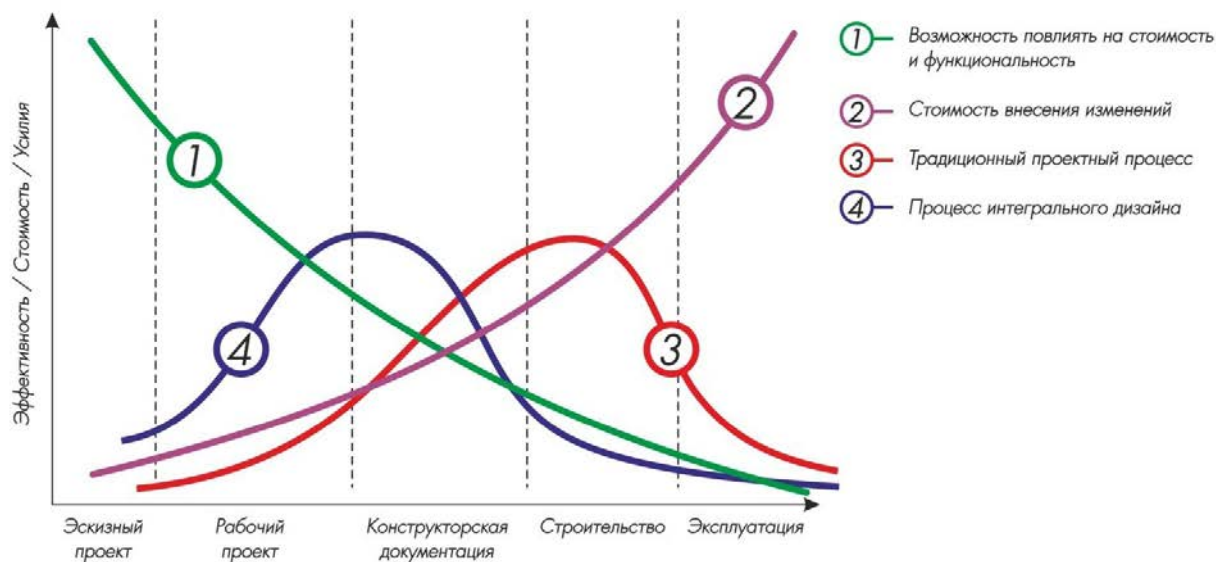


Рис.1.3. Кривая зависимостей Мак-Лини

До недавнего времени при работе с ресурсоёмкими приложениями, для рядового специалиста, ограничителем выступала вычислительная мощность компьютера, сейчас эта проблема уже не так актуальна. Компания Nvidia разрабатывает технологию виртуализации GPU (Citrix XenDesktop 7.1, Citrix XenServer 6.2). Помимо того, что эта технология позволяет получать удалённый доступ к огромным вычислительным ресурсам в любом месте и в любое время, она делает возможным использование потенциала GPU сразу несколькими пользователями без ущерба для совместимости приложений и возможностей пользователей, что позволяет осуществлять работу с колоссальными массивами данных. Вот здесь и проявляют себя окрепшие и набирающие всё большую популярность продукты, основывающиеся на технологии и процессах BIM.

Наиболее характерными представителями BIM-технологий в секторе AEC (Architecture Engineering Construction) в России считаются следующие программные продукты и их разработчики: ArchiCAD – Graphisoft; ALLPLAN – Nemetschek Allplan GmbH; Digital Project – Gehry Technologies; Bentley Building – Bentley Systems; Revit – Autodesk; AutoCAD – Autodesk; TEKLA Structures – Trimble (Таблица 1).

Таблица 1 - Характеристика программных продуктов BIM

Программный продукт/ Разработчик	Предназначение	Преимущества	Недостатки

ArchiCAD/ Graphisoft	Архитектурное проектирование; проектирование инженерных сетей (приложение MEP Modeler); проектирование экологических "зелёных" зданий (приложение ECO Designer); создание интерактивной презентации проекта (приложение VBE Explorer).	Самая популярная и нейтральная архитектурная платформа; понятный, интерактивный и легко усваиваемый пользовательский интерфейс; интеграция с широким спектром систем инженерного анализа (CAE): Scia Engineer; SAP 2000; ETABS; FEM Design; интеграция с широким спектром систем автоматизированного проектирования (CAD): Tekla Structures; Revit; может работать с большими моделями (разделение и фрагментирование); единственный сильный BIM продукт для MacOS.	Имеют место параметрические ограничения при моделировании; не поддерживает связь между объектом (деталью) и сборкой при выполнении логических операций; ограниченная масштабируемость, низкая производительность при работе с большими моделями.
ALLPLAN/ Nemetschek Allplan GmbH	архитектурное проектирование (Allplan Architecture); проектирование железобетонных конструкций и детализация армирования (Allplan Engineering RC); проектирование деревянных конструкций (Allplan Engineering Timber);	комплексное решение для проектирования CAD и CAE, а также экономической оценки; исключительная производительность при детализации железобетонных конструкций; бесшовная интеграция с Scia Engineer и Frilo Statics; эффективная связь при работе со	до 2011 версии частично устаревшая CAD платформа (обновлена начиная с 2011); достаточно сложный пользовательский интерфейс; смешанная технология 2D - 3D плана; недостаточно развито проектирование

	<p>проектирование металлоконструкций (Allplan Engineering Steel); создание конкурсных проектов и их экономической оценки (Allplan BMC); управление активами (Allplan Alfa); проектирование инженерных сетей (AX3000 – Allklima); расчет и анализ конструкций (SCIA Engineer, Frilo Static, SCAD Office); создание визуализаций (Maxon).</p>	<p>всеми известными форматами, в том числе 3D PDF; двусторонняя связь, изменения выполняются на любой стадии работ (модель, планы, фасады, разрезы, размеры, обозначения, ведомости); поддержка многопользовательской платформы и конкурентных операций при работе с одним объектом.</p>	<p>металлоконструкций; относительная дороговизна; позиционируется как передовая платформа технологии BIM.</p>
<p>Digital Project /Gehry Technologies;</p>	<p>использует ядро CATIA и предлагает два основных продукта: Digital Project Designer и Digital Project Viewer. А также специализированные приложения: Primavera Integration – связь с календарным планированием; MEP/Systems Routing – моделирование инженерных сетей; Imagine &amp; Shape – создание сложных и необычных форм; Knowledgeware – использование</p>	<p>технология BIM для всего жизненного цикла здания; мощная платформа проектирования, позволяющая создавать сложные, в том числе и криволинейные формы; 3D параметрическое моделирование; поддержка очень больших моделей; возможен обмен данными через IFC, STL, CIS / 2, SDNF, STEP форматы; 4D проектирование (включая временные затраты).</p>	<p>сложный и не чувствительный интерфейс. Требуется глубоких знаний и опыта пользователя; ограниченная библиотека конструктивных компонентов; недоразвита детализация архитектурных чертежей; высокая стоимость.</p>

	шаблонов; Specialized Translators - интеграция 3D модели; Photo Studio – создание визуализаций.		
Bentley Building / Bentley Systems.	архитектурное проектирование (Bentley Architecture, Generative Components); проектирование конструкций (Bentley Structural); проектирование железобетонных конструкций (Bentley ProConcrete); проектирование металлоконструкций (Bentley ProSteel); проектирование инженерных сетей (Bentley Mechanical Systems, Bentley Electrical); расчет и анализ конструкций (STAAD.Pro, RAM); групповая работа над проектом (Project Wise); проектирование инфраструктуры (Bentley Civil, Bentley Haestad, Bentley GIS).	технология BIM для всего жизненного цикла здания; полная интеграция между различными дисциплинами (архитектура, конструкции, инженерные системы, и т.д.); обмен данными и координация всех частей на всех этапах разработки проекта; мощная платформа проектирования, позволяющая создавать сложные, в том числе и криволинейные формы; реальное параметрическое моделирование, пользовательские компоненты, связи и свойства; поддержка создания пользовательских компонентов и библиотек; поддержка очень больших моделей; двусторонняя связь, изменения выполняются на любой стадии работ (модель, планы,	ограниченная библиотека конструктивных компонентов; относительная дороговизна; неясная и запутанная связь между продуктами (около 200 наименований); различные платформы (MicroStation, AutoCAD)

		<p>фасады, разрезы, размеры, обозначения, ведомости);</p> <p>поддержка многопользовательской платформы и конкурентных операций при работе с одним объектом; возможен обмен данными через IFC, STL, CIS / 2, SDNF, STEP форматы; 4D проектирование (включая временные затраты).</p>	
<p><u>Revit/</u> <u>Autodesk</u></p>	<p>архитектурное проектирование (Revit Architecture);</p> <p>проектирование конструкций (Revit Structure);</p> <p>проектирование инженерных сетей (Revit MEP); расчет и анализ конструкций (Robot Structural Analysis).</p> <p><u>Программные приложения Revit:</u></p> <p>Building Information Detailing &amp; Management (BID&amp;M) - анализ данных BIM и расчет площадей стен/полов/потолков ; детализация модели здания; быстрая сортировка и маркировка элементов; оценка затрат на</p>	<p>позиционируется , как самая современная система BIM (основан в 1997 году, первая коммерческая версия - 2000); комплексное решение для проектирования CAD и CAE; наиболее "желанная" комплексная платформа (из-за позиции на рынке); интеграция с широким спектром систем инженерного анализа (CAE): ADAPT, Bentley, CSC, CSI, Dlubal, SPACE GASS, Oasys, PROKON, RISA, Scia, SOFiSTiK, SOFTEK;</p>	<p>неясная, запутанная политика продуктов (Revit - AutoCAD); не работает на платформе AutoCAD, поэтому файлы в формате DWG импортируются или экспортируются; по многим аспектам (армирование, строительные затраты) не доработан или недоразвит; создание семейств структурных компонентов трудоемкое и сложное; не поддерживает сложные</p>



	<p>строительство; оценка энергетической эффективности здания; Cut Opening – приложение для создания пустотелых элементов: трубопроводов и кабельных лотков. "Rafter+" - приложение для моделирования деревянных кровельных конструкций, сортировки и маркировки элементов. "Sheet Manager" - приложение для создания и управления печатных страниц. "Truss+" - приложение для моделирования деревянных кровельных конструкций с использованием ферм.</p>	<p>интеграция с широким спектром систем автоматизированного проектирования (CAD): Bentley, TEKLA; понятный, интерактивный и легко усваиваемый пользовательский интерфейс; реальное параметрическое моделирование, пользовательские компоненты, связи и свойства; множество библиотек компонентов, созданных третьими компаниями; двусторонняя связь, изменения выполняются на любой стадии работ (модель, планы, фасады, разрезы, размеры, обозначения, ведомости); поддержка многопользовательской платформы и конкурентных операций при работе с одним объектом.</p>	<p>поверхности; есть параметрические ограничения при моделировании углов; чувствителен к аппаратным ресурсам при работе с большими моделями.</p>
AutoCAD/ – Autodesk	<p>Архитектурное проектирование (AutoCAD Architecture); Проектирование конструкций</p>	<p>Мощная платформа AutoCAD (global industry standard); Понятный и легко усваиваемый пользовательский</p>	<p>Ложное объектное моделирование (ARX object подменяет Solid); Недостаточная параметризация,</p>

	<p>(AutoCAD Structural Detailing);</p> <p>Проектирование инженерных сетей (AutoCAD MEP);</p> <p>Расчет и анализ конструкций (Autodesk Robot Structural Analysis (Robot Millennium);</p> <p>Групповая работа над проектом (Autodesk Design Review);</p> <p>Экологическая оценка (Autodesk Ecotec Analysis).</p> <p>Поддержка:</p> <p>Инфраструктура (AutoCAD Civil 3D);</p> <p>ГИС (AutoCAD Map);</p> <p>Промышленность (AutoCAD P&amp;ID, AutoCAD Plant 3D, Autodesk Navisworks);</p> <p>Визуализация (3ds Max).</p>	<p>интерфейс (много общего с AutoCAD 2D);</p> <p>Множество специализированных приложений (SOFiCAD, Graitec Advance Steel, Graitec Advance Concrete, Pro Steel, RealSteel, ...)</p>	<p>много ручной работы при внесении изменений;</p> <p>XRef Project Management Sysytem.</p> <p>Ограниченная связь с другими промышленными платформами;</p> <p>In memeory system.</p> <p>Ограниченная масштабируемость , низкая производительность при работе с большими моделями.</p>
TEKLA Structures/ – Trimble	<p>Решение предназначено только для проектирования конструкций:</p> <p>Детальное проектирование металлоконструкций (Tekla Structures for Steel Detailing);</p> <p>Детальное проектирование сборных железобетонных</p>	<p>Лидер в проектировании металлоконструкций;</p> <p>Параметрическое моделирование;</p> <p>Поддержка больших моделей;</p> <p>Большие библиотеки узлов;</p> <p>Автоматическая генерация детальных чертежей</p>	<p>Изолированный продукт. Нет решений для архитекторов, проектировщиков инженерных сетей и инфраструктуры;</p> <p>Недоразвито проектирование монолитных железобетонных конструкций;</p> <p>Изменения модели требуют</p>

	<p>конструкций (Tekla Structures for Precast Concrete Detailing);  Детальное проектирование монолитных железобетонных конструкций (Tekla Structures for Reinforced Concrete Detailing);  Детальное проектирование конструкций всех типов (Tekla Structures Full);  Общее проектирование конструкций всех типов (Tekla Structures Engineering);  Планирование строительства и управление строительной площадкой (Tekla Structures Construction Management);  Просмотр модели (Tekla Structures Viewer);  Редактирование чертежей (Tekla Structures Drafter);  Совместная работа над информационными моделями - Tekla BIMsight.</p>	<p>по выбранному шаблону;  Прямая связь между опалубкой и моделью армирования.</p>	<p>трудоемкой работы по обновлению чертежей;  Не поддерживает криволинейных поверхностей;  Сложный и не чувствительный интерфейс.  Требует глубоких знаний и опыта пользователя;  Высокая стоимость.</p>
--	---	--	--

Наиболее эффективным для нужд российского архитектора-градостроителя при внедрении технологии информационного моделирования является

программный пакет компании Autodesk, линейка которого содержит 45 программных продуктов, 6 из которых поддерживают технологию BIM. Необходимо отметить что сегодня в России Autodesk Revit – признанный лидер информационного моделирования зданий из-за упрощённого и более комплексного построения модели проектируемого объекта.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что в конце XX века проектный инструментарий архитектора и градостроителя подвергся технологическому усовершенствованию и все проектирование антропогенных объектов переместилось в виртуальное трехмерное пространство. Применение информационного моделирования имеет ряд существенных преимуществ перед устоявшимися методами САПР, что подвигает к необходимости внедрения BIM в проектную учебную деятельность в ближайшие годы.

## 1.2 Инструментарий информационного моделирования

Система учебной архитектурно-проектной деятельности представляется единством двух основных ее сторон – процесса и продукта. Процесс проектного моделирования – динамическая, временная характеристика этого единства, продукт – проект – его пространственная сторона [5, с.57]. Временные затраты на этапы проектирования с помощью современных технологий можно оптимизировать. При параметрическом моделировании учет данных происходит по заданным проектировщиком параметрам, здесь имеется ввиду, что многие строительные нормативы не обязательно держать в голове, в программе фиксируется (задается пользователем) необходимые ограничения и автоматически отслеживаются несоответствия.

Таким образом на выходе мы получаем продукт - рабочую модель с наиболее корректными систематизированными данными.

Архитектурное и градостроительное проектирование в своей основе имеют моделирование – создание проектной модели объекта в соответствии с его основными функциями (общественной, социально-культурной, утилитарно-практической, эстетической) и закономерностями формообразования. В процессе учебного проектирования студент постигает все стадии моделирования: графическое моделирование заключается в создании набросков, рисунков, схем, эскизов и чертежей; предметное моделирование или макетирование состоит в объёмно-пространственном выражении представлений автора об оригинале в материале макета и служит уточнению, развитию и проверке этих представлений; логико-математическое моделирование служит созданию количественных моделей, предполагает измерение компонентов объекта и наличие критериев оценки, отображает зависимости между компонентами в виде формул, уравнений и логических условий для целей оптимизации проектных решений [5, с.57]. Если десять лет назад студент должен был быть обладателем художественных и чертежных навыков высочайшего уровня для отображения проектного замысла и эффектной подачи проделанной работы, то сегодня его графические навыки могут остаться на уровне скетча (наброска), а к проектированию обучающийся приступит

уже обладая навыками активного пользователя специализированных архитектурных и графических компьютерных приложений, что значительно сократит временные затраты, а так же позволит избежать конструктивных несоответствий при приведении плоских проекций в объемное изображение, технических ошибок, связанных с дефицитом графической подготовки. Вместе с тем проектирование в виртуальной среде с заданными параметрами в масштабе 1:1 позволит совершенствовать объект в трехмерном пространстве, отслеживать связи составляющих его частей и приобретать основы знаний об инженерных особенностях объектов.

Технология трехмерного моделирования состоит не только в построении модели в основной программе, реализующей технологию BIM, к модели подключаются дополнительные специализированные надстройки, которые работают и насыщают ее информацией, в зависимости от условий проектирования.

На сегодняшний день компания Autodesk, Inc. являющаяся флагманом в производстве продуктов автоматизированного проектирования предлагает унифицированное решение для 3D-проектирования зданий и градостроительных образований и выпуска документации – Autodesk Infrastructure Design Suite. Этот комплекс программ, поддерживающий рабочие процессы на основе технологий BIM и CAD, рассчитан на градостроителей, архитекторов, проектировщиков инженерных систем и строительных конструкций, а также на специалистов строительных организаций. Предоставляется в трех пакетах различной комплектации (Standard, Premium, Ultimate) в зависимости от нужд проектирования, в максимальной версии (Ultimate) включает в свой состав весь необходимый для проектирования и управления объектами различной структуры инструментарий:

- AutoCAD - Быстрый выпуск документации, демонстрация идей и исследование 3D-концепций с помощью мощных инструментов САПР;
- AutoCAD Map 3D – доступ к данным САПР и ГИС, их анализ и совместное использование для планирования, эскизного проектирования и принятия управленческих решений;

- Storm and Sanitary Analysis – выполнение гидравлического и гидрологического анализа, необходимого для проектирования систем водоотвода, ливневых канализаций и канализационных коллекторов;
- AutoCAD Raster Design (английский) – Дополнение функций AutoCAD, мощными возможностями редактирования растровых изображений и векторизации;
- Showcase (английский) - Преобразование проектов AutoCAD и моделей Revit в реалистичные графические изображения, видеоролики и презентации;
- AutoCAD Raster Design (английский) - Дополнение функций AutoCAD мощными возможностями редактирования растровых изображений и векторизации;
- AutoCAD Civil 3D – поддержка технологии BIM в проектах инфраструктуры с помощью интегрированных инструментов для их проектирования, анализа и документирования;
- ReCap (английский) - Получение объективных показателей и непосредственное использование этих данных в процессе проектирования с помощью ПО и служб лазерного сканирования ReCap;
- 3ds Max - Подготовка наглядных изображений и видеороликов, обладающих профессиональным качеством, для демонстрации проектных идей;
- Revit - Инструменты на базе технологии BIM для архитектурного проектирования, проектирования инженерных систем и строительных конструкций, а также моделирования строительства;
- Revit Structure – Поддержка технологии BIM в проектах строительных конструкций с помощью инструментов для их проектирования и анализа;
- Infraworks - специализированное решение для концептуального проектирования, быстрого 3D-моделирования существующей

инфраструктуры на основе данных различных САПР и ГИС, растровых материалов, а также данных из открытых источников, оперативной разработки, анализа и визуализации нескольких вариантов проектов инфраструктурных объектов (дорог, мостов, инженерных коммуникаций, площадных объектов, участков застройки и т.д.;

- Navisworks - это решение для экспертизы архитектурно-строительных проектов, позволяющее полностью контролировать результаты. В нем осуществляется проверка моделей и данных, поступающих от всех участников процесса проектирования;
- Robot Structural Analysis Professional (английский) - Расширенные инструменты для инженерных расчетов и анализа, позволяющие исследовать линейное и нелинейное поведение крупных и сложных структур.

Продукты Navisworks представлены: Navisworks Manage, Navisworks Simulate. Основное отличие состоит в наличие у Navisworks Manage ряда дополнительных функций координации проектов:

- выявление коллизий и проверка на пересечения;
- управление коллизиями и пересечениями

Также необходимо включить такой продукт как Autodesk Vault - Программа для управления данными помогает проектировщикам и инженерам организовывать проектные данные, управлять документацией и отслеживать изменения и другие процессы разработки.

Архитектор-градостроитель должен иметь представление о формировании крупных градостроительных образований, но в современных условиях развития российских градостроительных систем, границы его вовлечения в реальный градостроительный процесс будут обозначены расширением существующих городских территорий и решением имеющихся локальных градостроительных проблем.

Широкий спектр возможностей предоставляет BIM не только архитекторам – главным зодчим, разработаны программные пакеты для специалистов смежных



специальностей, что позволяет реалистично воссоздать в трехмерном пространстве всю модель здания, включая конструкции и коммуникации. Это позволяет избежать неточностей, которые возникают при работе в двухмерном пространстве.

Не вызывает сомнений тот факт, что архитектор – есть главный зодчий, именно он формирует замысел и реализует авторское видение проектируемого объекта (здания или градостроительного образования). Вместе с тем, в сегодняшних реалиях архитектор взаимодействует с группой специалистов смежных специальностей для наиболее корректной проработки поставленной проектной задачи. Применение BIM позволяет организовать совместную работу для группы специалистов, а так же оперативно реагировать на запросы сторонних организаций, получать и отправлять корректировки и прочее.

### 1.3 Подготовка проектной документации

Проектирование в информационных моделях в скором времени вытеснит методы традиционных САПР, вместе с тем градостроительное проектирование как создание антропогенной среды высочайшей сложности непосредственно связано с получением аналитической информации из геоинформационных систем.

В ВМ и ГИС реализуются различные технологические направления: 3D-моделирование, модель-ориентированное проектирование, построение и анализ различного рода поверхностей, получение объективных данных об объектах за счёт лазерного сканирования (LiDAR), реализация 3D-среды визуализации. Эти технологии в разных комбинациях всё чаще используются для улучшения фаз жизненного цикла объекта строительства, что определяет, в свою очередь, и сферы задействования связки ВМ-ГИС<sup>3</sup>.

Итак, ГИС – это "система, включающая базу данных, специализированное материально обеспечение и пакеты программ, предназначенных для расширения базы данных, для манипулирования данными, их визуализации в виде карт или таблиц и, в конечном итоге, для принятия решений о том или ином варианте хозяйственной деятельности"<sup>4</sup>. Иначе говоря, геоинформационная система – это информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных (пространственных) данных. ГИС содержит данные о пространственных объектах в форме их цифровых представлений (векторных, растровых, квадратомиических и иных). Программное средство ГИС – это программный продукт, в котором реализованы функциональные возможности ГИС. Поддерживается программным, аппаратным, информационным, нормативно-правовым, кадровым и организационным обеспечением<sup>5</sup>.

ГИС - это прежде всего мощная компьютерная система обработки пространственной информации или картографическая система. Она способна

---

<sup>3</sup> Электронный журнал ArcReview, выпуск 2(73)2015. URL: <http://www.dataplus.ru/> (дата обращения 03.03.2016)

<sup>4</sup> Lillesand T.M., Liefer R.W. Remote sensing and image interpretation. N.Y., John Willey and Sons, 1987

<sup>5</sup> <http://www.gisa.ru/>

объединить расположение объекта с информацией о его свойствах и на основании этого дать возможность построить карты, позволяющие проводить анализ информации об объекте новым, не доступным другим технологиям методом. Иными словами, при использовании геоинформационных систем есть возможность выполнения комплексной оценки территории, включающей следующие виды анализа: хозяйственно-градостроительная освоенность территории; уровень природно-техногенной опасности; инженерно-строительная оценка и экологическая характеристика территории; обозначение территорий историко-культурного назначения; природно-заповедные и оздоровительно-рекреационные территории; хозяйственное зонирование территории; оценка туристического потенциала и освоенности территории; транспортная доступность и зоны стимулирующего влияния транспортных коридоров на прилегающую территорию; схемы энергоснабжения и другие виды анализа территории. Важным преимуществом ГИС для всех проектировщиков является возможность визуализации разнообразных картографических объектов, создание тематических карт и планов, картометрия, получение различной информации об исследуемой территории любого иерархического уровня градостроительной системы из одного источника.

К 2016 году производителей ГИС (в мире и в России) стало достаточно много, однако существуют флагманские продукты, на примере которых стоит рассматривать необходимые для градостроителя функциональные возможности геоинформационных систем. К флагманским отнесено программное обеспечение для формирования ГИС поддерживающее работу не только в плоскости, а в трех измерениях.

ArcGIS Pro<sup>6</sup> – это приложение для организации пространственных данных и работы с ними в виртуальной среде, которое содержит инструменты для визуализации, редактирования, анализа, компиляции и публикации данных в 2D- и в 3D-среде. Производит компания Esri, Inc.

---

<sup>6</sup> <http://pro.arcgis.com/>

Включает следующие основные функции для градостроительного анализа и проектирования:

- построение проектов ГИС - ArcGIS Pro организует ресурсы, используемые в работе, в проекты, которые содержат карты, компоновки, слои, таблицы, задания, инструменты и подключения к серверам, базам данных, папкам и стилям. Проекты также включают в себя ресурсы из портала организации, где разработан, или ArcGIS Online;
- визуализация данных – основная среда для проектирования образована картами и сценами. На картах отображаются 2D данные, а сцены – это типы карт на которых можно отображать 3D данные. Количество карт в проекте не ограничено, причем одни и те же данные можно синхронно просматривать в 2D и в 3D;
- выполнение анализа и геообработка - содержит богатый набор инструментов для выполнения пространственного анализа и управления ГИС-данными в автоматическом режиме. Типичный инструмент геообработки выполняет операцию над входным набором данных и создает при этом выходной набор данных. Python является языком написания скриптов в ArcGIS;
- редактирование географических данных – включает создание, обновление и поддержание геопространственной информации, которая хранится и организуется в слоях. Доступно как в 2D, так и в 3D. Можно создавать новые объекты в слое, рисуя их на карте и назначая параметры, определяющие их характеристики, обновлять существующие объекты для отображения текущего состояния на основе новых полученных данных или информации, полученной в поле;
- публикация своей работы – любые элементы из всего проекта можно предоставить для общего использования в картах, слоях и других компонентах, можно опубликовать как веб-карты.

Последняя актуализированная версия продукта: ArcGIS Pro 1.2.0.

Формат файла проекта и шаблона проекта: файлы .aprx, .prpx и .aprx соответственно; карты и пакеты карт (файлы .mapx и .mprx); слои (файлы .lyrx и .lprx).

К «плюсам» приложения можно отнести:

- позволяет создавать системы для работы с большими объемами данных;
- на базе данной платформы реализован Федеральный геоportal Инфраструктуры пространственных данных РФ и публичная кадастровая карта.
- разработаны и открыто распространяются модели данных для множества отраслевых применений;
- одна из немногих ГИС платформ, которая поддерживает полноценную работу с топологической моделью представления данных (узловая и цепочно-узловая модели), а также хранение, обработку и визуализацию 3D представления данных.

К недостаткам необходимо отнести:

- высокая стоимость ПО;
- сложность установки и обслуживания системы, требуются подготовленные специалисты.

Одна из распространенных ГИС – MapINFO<sup>7</sup>, разработчик: Pitney Bowes Software. Используется для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных. Благодаря простому и очень популярному текстовому формату обмена пространственными данными, система очень популярна в мелких и средних фирмах, небольших муниципалитетах, в научной среде. Это облегчает написание различных модулей обработки и формирования данных, а также наличие развитых средств разработки расширений.

---

<sup>7</sup> Официальный сайт русскоязычной версии MapInfo. URL : <http://www.mapinfo.ru/>

Хранение данных возможно во внутреннем формате, в формате ESRI ArcView Shape, подключение к хранилищам пространственных данных через ESRI ArcSDE (приобретается отдельно), табличным данным в Microsoft Access, Excel и множестве других.

Последняя актуализированная версия продукта: MapINFO Pro v.15.2.

К плюсам приложения можно отнести:

- относительная простота в освоении продукта и установке;
- поддерживается работа с данными в растровых форматах GIF, JPEG, TIFF, GEO TIFF, PCX, BMP, TGA, BIL и др., включая ECW, MrSID, JPEG2000;
- очень высокая степень отказоустойчивости;
- позволяет работать с трехмерным представлением данных на уровне ввода и хранения.

К недостаткам отнесены:

- полноценный собственный модуль визуализации трехмерных моделей отсутствует;
- ограничения на создание условных обозначений, которые можно использовать для оформления карт, т.к. встроенных средств создания и изменения условных обозначений нет, требуется вручную править файлы настроек;
- векторный экспорт ограничен;
- не поддерживается работа с топологической моделью представления пространственных данных.

Quantum GIS (QGIS)<sup>8</sup> - свободная кроссплатформенная географическая информационная система с открытым кодом.

Основные возможности Quantum GIS:

- просмотр данных - просмотр и наложение векторных и растровых данных без преобразования во внутренний или общий формат.

---

<sup>8</sup> <http://www.qgis.org/>

- исследование данных и компоновка карт – создание карт и исследование пространственных данных;
- управление данными: создание, редактирование и экспорт векторных данных в разные форматы. Растровые данные в первую очередь экспортируются в GRASS;
- анализ данных - возможность анализировать векторные пространственные данные в PostgreSQL/PostGIS и других форматах, поддерживаемых OGR, используя модуль fTools, написанный на языке программирования Python. В настоящее время QGIS предоставляет возможность использовать инструменты анализа, выборки, геопроецирования, управления геометрией и базами данных. Также можно использовать интегрированные инструменты GRASS, которые включают в себя функциональность более чем 300 модулей GRASS;
- публикация карт в сети Интернет - может использоваться для экспорта данных в map-файл и публикации его в сети Интернет, используя установленный веб-сервер Mapserver. QGIS может использоваться как клиент WMS/WFS и как сервер WMS;
- расширение функциональности QGIS с помощью модулей расширения QGIS может быть адаптирован к особым потребностям с помощью расширяемой архитектуры модулей. QGIS предоставляет библиотеки, которые могут использоваться для создания модулей. Можно создавать отдельные приложения, используя языки программирования C++ или Python.

Последняя актуализированная версия продукта: QGIS 2.14.3.

Преимущества приложения:

- распространение на безвозмездной основе;
- визуализация данных любых распространенных форматов;
- за счет использования кроссплатформенного инструментария QT QGIS доступна для большинства современных платформ (Windows, Mac OS X, Linux);

- QGIS имеет одно из наиболее развитых сообществ в среде открытых ГИС, при этом количество разработчиков постоянно увеличивается, чему способствуют хорошая документация по процессу разработки и удобная архитектура.

Недостатки приложения:

- отстаёт от профессиональных систем лидеров рынка;
- имеются проблемы с отображением сложных условных знаков, принятых в Российской Федерации для оформления топографических карт.

Особое внимание необходимо уделить приложению AutoCAD Map 3D [60], т.к. интерфейс программы схож с наиболее популярным в проектной среде AutoCAD, что существенно снижает время обучения. Разработчик: Autodesk, Inc.

Последняя актуализированная версия продукта: AutoCAD Map 3D 2016.

Основные преимущества продукта:

- объединяет в своей структуре возможности и САПР, и ГИС, это значит что САПР-ские функции очень удобно для векторизаций, составления и редактирования карт;
- использует ГИС файлы и базы данных с помощью FDO. Эта отличная технология, тут преобразования или импортирования ГИС-файлов или баз данных не требуется (такие функции в программе есть). Открытость системы FDO, позволяя написанием драйверов можно соединит любую базу данных или ГИС-файлы;
- содержит больше 4000 систем координат и пользователь может сам создать и добавит для себя геодезические координатные системы, параметры преобразования датумов, проекции, эллипсоиды и т.д.;
- интуитивная пользовательская среда;
- уникальная функция - трекинг курсора в разных системах координат одновременно.

К недостаткам относится:



- в AutoCAD Map нет функции для создания рельефа по TIN (эта функция реализуется в AutoCAD Civil 3D), только DEM (матрица высот);
- затруднена работа с большими объемами данных (особенно с тяжёлыми растровыми изображениями);
- символизация ГИС-слоёв не развита, особенно для линейных объектов;
- топология есть только для чертёжных примитивов.

С момента создания Autodesk, Inc. была ориентирована на область САПР, большая часть её продуктов, включая ГИС решения, направлены на инженерное применение при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов, поэтому данный продукт используется как правило в проектных, строительных и эксплуатирующих организациях.

Вместе с зарубежными продуктами, на рынке ГИС присутствует множество платформ российских производителей. Вот лишь некоторые основные из них: платформа ЗАО КБ Панорама — ГИС Карта 2011; платформа ЗАО «ЦСИ Интегро» — ИнГео; платформа ГИС системы группы компаний Csoft; платформа ОАО «Рекод»; платформа ООО «Политерм» — Zulu 7.0; платформа «ГЕОКАД плюс» - Geocad Systems; платформа компании ИндорСОФТ; Информационная ГИС GeoMixer – SCANEX, а так же платформы других разработчиков.

В срезе формирования визуально-акцентной градостроительной среды необходимо отметить инструменты параметрического моделирования поверхностей: Grasshopper (for Rhino)<sup>9</sup>, Dynamo (for Revit)<sup>10</sup>.

Grasshopper разработан для дизайнеров, изучающих новые типы формообразования, представляющий собой графический редактор алгоритмов, тесно связанный с инструментом моделирования Rhino 3D. В отличие от RhinoScript и Python, не требует навыков программирования, вместе с тем позволяет создавать сложнейшие формы.

---

<sup>9</sup> <http://www.grasshopper3d.com/>

<sup>10</sup> <http://dynamobim.org/>

Используется творческими профессионалами, работающими в широком диапазоне направлений, включая архитектуру, инжиниринг, промышленный дизайн и многое другое. В тандеме Grasshopper и Rhino дают возможность использовать точный параметрический контроль над моделью, способность исследовать процессы генеративного дизайна, а также даёт платформу для развития высокоуровневой программной логики — и всё это в пределах интуитивного графического интерфейса.

Grasshopper — это надстройка для Rhino, имеющая свои собственные типы файлов. Тип файла по умолчанию — файл двоичных данных, сохраняемый с расширением .gh. Другой тип файла известен как Grasshopper XML-файл, который использует расширение .ghx. Файл типа XML (Расширяемый Язык Разметки) использует признаки, чтобы определять объект и атрибуты объекта (во многом, как документ .HTML), но использует пользовательские теги, чтобы определить объекты и данные в пределах каждого объекта. Поскольку XML-документ отформатирован в формате текстового документа, пользователь может открыть любой XML-файл Grasshopper в текстовом редакторе, чтобы увидеть код.

Последняя актуализированная версия продукта: Grasshopper for Rhino 5.

К преимуществам надстройки можно отнести:

- отсутствие платы за установку при покупке Rhino;
- коммуницирует со множеством надстроек;
- есть возможность написания скриптов;
- визуальный интерфейс работы с математическими исчислениями;
- моделирование NURBS;
- не предполагает наличие знаний в области программирования.

Недостатки плагина:

- отсутствуют базовые элементы и типологическая раскладка структуры для моделирования;
- сложности в освоении работы с плагином.

Dynamo - это бесплатная система визуального программирования для платформы Autodesk Revit, позволяющая профильным специалистам и

специалистам BIM сопровождения решать как рутинные, так и уникальные, сложные задачи без создания или заказа разработки на стороне дополнительных плагинов к Revit. В Dynamo управление информацией об объектах происходит посредством языка визуального программирования (VPL), позволяет создавать геометрию, выполнять команды, манипулировать объектами графически без написания кода. Формат файла проекта Dynamo: .dyn, формат файла компонентов системы узлов (package): .dyf.

Последняя актуализированная версия продукта: Version 0.7.0.

К преимуществам надстройки Dynamo можно отнести:

- интуитивно понятная система управления;
- широкий спектр возможностей: от создания сложных форм до программирования;
- есть возможность получать спецификации прямо в плагине на создаваемые элементы;
- связь в Excel, CSV.

К недостаткам надстройки относятся:

- сложная схема запуска приложения;
- не работает с русским шаблоном концептуальных семейств;
- необходимы базовые знания Autodesk Revit.

Необходимо отметить, что некоторым препятствием для освоения надстроек Grasshopper и Dynamo может выступать нерусифицированный интерфейс и отсутствие русскоязычных сайтов и форумов.

Из вышеизложенного следует, что в начале XXI века архитектор-градостроитель получил в обиход мощный инструментарий для анализа, синтеза и проектирования современной экоустойчивой среды, учитывающей воздействие основных факторов, таких как: экологическая ситуация, транспортная доступность, плотность застройки и плотность населения, пространственное распределение и связи объектов, инженерные коммуникации и других факторов.

Использование в связке BIM и GIS позволяет получать оперативные, достоверные и точные данные



### **Выводы по первой главе**

Обучение градостроительному и архитектурному проектированию, формирование навыков градостроительного мышления требует внедрения инструментария, способствующего грамотной реализации не только градостроительного замысла.

1. Анализ эволюции проектного инструментария архитектора-градостроителя показал, что в конце XX века проектный инструментарий архитектора и градостроителя подвергся технологическому усовершенствованию и все проектирование антропогенных объектов переместилось в виртуальное трехмерное пространство. Применение информационного моделирования имеет ряд существенных преимуществ перед устоявшимися методами САПР, что подвигает к необходимости внедрения BIM в проектную учебную деятельность в ближайшие годы.
2. Широкий спектр предлагаемых вендорами программных пакетов позволяет убедиться в востребованности технологии BIM. На сегодняшний день на рынке представлено 5 флагманских продуктов, ведущих активную борьбу за потребителя. Наиболее подходящими для внедрения в учебную программу по направлению подготовки «Градостроительство» являются программные продукты компании Autodesk: Autodesk Revit, Navisworks, Infraworks, Civil 3D, Vault.
3. Градостроительное проектирование неразрывно связано с получением колоссального пласта аналитической информации из геоинформационных систем. Возможность выполнения проектов высокого качества появляется при работе в связке BIM-GIS. Вместе с тем, технология эта достаточно новая, но на нее возложены высокие надежды проектировщиков.

## ГЛАВА 2 ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ BIM–ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ СИСТЕМЫ

### 2.1. Применение информационного моделирования при проектировании отдельных объектов

BIM – технологии изначально внедрялись в проектный процесс при создании архитектурных и инженерных объектов. Опыт проектирования архитектурных объектов в информационных моделях в зарубежных компаниях к настоящему времени очень широк, изучая который появляется возможность подойти к необходимости внедрения BIM в учебный процесс для архитекторов и градостроителей более осознанно.

Водный стадион Watercube/Пекин

Габаритные размеры: 177x177 м<sup>2</sup>, высота: 30 м;

общая площадь: 90 000 м<sup>2</sup>;

стоимость: 140 млн. \$;

срок возведения: 4 года;

срок проектирования: 7 месяцев;

автор архитектурной и конструктивной части проекта: PTW Architects, CSCEC, CCDI, Arup Consulting Engineering;

реализация технологии BIM: Micro Station/Bentley Systems.

Само здание привлекает внимание за счет использования современных технологий конструирования и применяемых материалов, которые так же способствуют обеспечению энергоэффективности и экологичности здания<sup>11</sup>. Все здание представляет собой стальную конструкцию и распределенную по ней оболочку, структура напоминает мыльную пену.

Расположено в олимпийской деревне в непосредственной близости от основного стадиона («Птичьего гнезда»). Планировочную основу составляют пять бассейнов для плавания, синхронного плавания, водного поло, дайвинга и прыжков

---

<sup>11</sup> Официальный сайт компании PTW Architects. URL: <http://www.ptw.com.au/>

в воду, максимально вмещает 17 000 зрителей (6000 основных мест, 11 000 временных посадочных мест) [37, с. 203-214].

Инициатива применения BIM-технологии принадлежала проектному сектору: архитекторам, инженерам и конструкторам. Применение технологии позволяло на всех этапах проектирования (от конкурсного проекта до рабочей документации) осуществлять архитектурные разработки, конструктивные расчеты и оптимизация применяемых решений.

Основная модель создана в MicroStation компании Bentley Systems. Для осуществления коммерческой презентации модель из MicroStation через формат IGES была переведена в Rhino/Rhinoceros, затем в 3DS Max/Autodesk.

Для возможности использования остальными участниками модель была переведена в AutoCAD/Autodesk (напомним, что в начале 2000 годов, когда производилось проектирование, внедрение BIM еще не достигло должного уровня популяризации, преимущество отдавалось CAD- системам).

Для изготовления макета использовали классический формат .stl.

Расчеты конструктивной части проекта производились в программе Standard 7.0.

Применение BIM технологий позволили на всех этапах моделирования получать не только эффектный концепт, но и расчет нагрузок и конструкций.

Для оптимизации узлов конструкций по заказу Agur была написана на языке Visual Basic специальная программа, которая работала совместно с Strand 7.0.

Оптимизированная модель и результаты расчетов затем экспортировалась в чертежи для AutoCAD (формат DWG), чертежи для TriForma фирмы Bentley Systems (формат DGN), а также в электронные таблицы Microsoft Excel (формат XLS) для хранения данных.

Создание и оформление рабочей документации производилось посредством Bentley Structure.

Использование BIM крайне помогло в ситуации, когда все конструкции китайская сторона решила изготавливать и собирать (сваривать) вручную. Т.е. при машинном (технологичном) производстве была бы отдана модель и по ней бы

происходило изготовление множества конструктивных элементов. При ручном же монтаже понадобилось колоссальное количество пояснений, узлов и соединений, а соответственно и чертежей, и автоматизированные возможности информационного моделирования в очередной раз оправдали себя.

После завершения строительства, авторы проекта получили множество наград на разнообразных конкурсах, в числе которых: LEAF Award for Public Building of the Year (2007); World Architecture Festival Awards, Category: Sport – Highly Commended (2008); International Design Awards, Architecture of the Year Award (2008) и многие другие.

#### Небоскреб One East Island / Гонконг

Высотность - 70 этажей / 308 метров;

общая площадь – 158 000 м<sup>2</sup> (1 700 000 квадратных футов);

стоимость 260 млн.\$;

срок возведения 2 года;

собственник: Swire Properties Ltd Swire Properties Ltd;

автор проекта: Wong & Ouyang (HK) Ltd;

конструктив: Ove Arup & Partners (HK) Ltd;

генеральный подрядчик: Gammon Construction Ltd;

инженерное оснащение: Meinhardt (M&E) Ltd;

фасадные системы: Josef Gartner & Co, Ltd;

контроль расхода материально-технических ресурсов и финансовых средств - Levett & Bailey Quantity Surveyor Ltd;

Реализация технологии BIM: Digital Project/ Gehry Technologies.

Инициатором выполнения проекта в BIM- модели стал сам собственник, который проанализировав существующие на тот момент (2004 г.) несколько вариантов технологических и организационных подходов к проектированию выбрали программный пакет для основной модели Digital Project фирмы Gehry Technologies.

В результате фирма Gehry Technologies стала официальным консультантом проекта One Island East по комплексному применению технологии BIM



информационного моделирования зданий. В результате конкурсного отбора была определена группа проектно-строительного процесса. Среди ее участников практически не было опытных профессионалов работы с BIM (в силу нераспространенности информации о новой технологии), но квалификация и желание освоить новую технологию были высоки, что во многом и определило дальнейший успех всего рабочего процесса.

Роли в создании модели были четко распределены между участниками проекта, что определило схему их рабочего взаимодействия (обмена информацией), ядром которого стала информационная модель здания (Рис. 2.1.).



Рис.2.1. Взаимодействие участников BIM -процесса

При внедрении новой технологии проектирования стояла необходимость переподготовки кадров, смены парадигмы мышления от проектирования в 2D среде к созданию информационной модели в 3D. Для этого фирма-консультант Gehry Technologies в течение трех недель готовила специальную команду консультантов-проектировщиков из числа наиболее опытных сотрудников подразделений, которые участвовали в выполнении проекта: четыре архитектора,

четыре конструктора, шесть специалистов по инженерному оснащению здания (MEP), два специалиста по контролю за расходом материальных средств, один менеджер проекта, один менеджер проекта по MEP, а также четыре универсальных консультанта от фирмы Gehry Technologies.

Демонстрируемая модель была понятна для потенциальных инвесторов, ведь она позволяет увидеть объект изнутри, во всех взаимосвязях и деталях архитектурных, конструктивных и инженерных решений, применяемых фасадных и конструктивных материалов и оборудования, наглядно убеждая потенциальных вкладчиков в выверенности и экономической привлекательности проекта. Подбор оборудования так же производился в BIM. Спецификации на используемые изделия программой Digital Project составлялись автоматически, что служило основой для определения стоимости, составления и оптимизации сметы, выделения требуемых финансовых средств, формирования заказа, составления графика поэтапной оплаты, поэтапных поставок и монтажа, учета и контроля материально-технической базы.

Проектировщики, строители и поставщики оборудования работали в едином комплексе, планируя и согласовывая свои действия по информационной модели, что в итоге обеспечило скорость выполнения, экономию средств и высокое качество возведения здания. В процессе проектирования было выявлено и устранено более 2000 коллизий.

При решении вопросов организации и управления производством технология BIM сыграла основную роль, позволив проектировщикам всех специальностей на виртуальной модели проверить и оптимизировать весь процесс возведения здания, работу и взаимодействие всей строительной механизации, функционирование ограждающих конструкций и многое другое.

Этот проект стал примером одного из первых и весьма успешных комплексных применений технологии BIM при возведении зданий подобной высотности.

При анализе проектирования в BIM небоскреба One East Island отмечены следующие положительные экономические аспекты [37, с.190-191]:

1. Экономия примерно 10% от стоимости конструкций на своевременном выявлении и устранении в проекте нестыковок и коллизий.
2. Экономия еще 20% от стоимости конструкций в результате моделирования процесса возведения здания.
3. Уменьшение на 7% количества спецификаций.
4. Уменьшение на 40% не предусмотренных первоначально расходов (от 4 до 8% стоимости проекта).
5. Колебание уточненной сметной стоимости объекта в пределах 3%.
6. Уменьшение на 80% времени составления сметы.
7. Пяти- или десятикратный возврат инвестиций, вложенных в использование технологии BIM при проектировании и строительстве.

Необходимо отметить, что этот проект получил в 2008 году престижную премию Американского института архитекторов (The American Institute of Architects) в категории «инновационные методы проектирования с использованием BIM».

Оперный театр/Сидней

Габаритные размеры: 185x120 м<sup>2</sup>;

Высота - 67 метров;

общая площадь – 158 000 м<sup>2</sup> (1 700 000 квадратных футов);

стоимость 915 млн. \$;

срок возведения 14 лет;

собственник: Swire Properties Ltd Swire Properties Ltd;

автор проекта: Йорн Утзон;

конструктор: Ove Arup;

реконструкция 2002 -: Utzon Architects/Johnson Pilton Walker; Arup.

Реализация технологии BIM: Bentley Structures/ Bentley Systems; Bentley Architecture/ Bentley Systems; ArchiCAD/Graphisoft.

Великий шедевр мировой архитектуры, возведенные и открытый для зрителя в 1973 году к 2000 году стал нуждаться в комплексной реконструкции. Причины к использованию BIM-технологии для реконструкции объекта вполне ясны, это и

сложность самого здания, изменившиеся нормы и правила, регламентирующие нормы использования подобных объектов, и моральное старение инженерного наполнения, что влечет за собой новые коммуникативные связи внутри здания и с внешней средой и т.д. Модель здания должна была решить следующие задачи[39]:

- разработка и реализация проекта реконструкции театра и его переоснащение;
- обеспечение на новом технологическом уровне управления эксплуатацией здания.

ВІМ- модель театра создавалась не совсем традиционным способом, она была поделена на основную часть и подмодели, соответствующие решаемым задачам (строительно-технологическим; управленческим; финансовым; логистическим). Это связано с потребностями раздела АМ/FM (управление системами жизнеобеспечения и общей эксплуатации объекта) в использовании данных для администрирования, не входящих в раздел АС. Данные же архитектурно-конструкторской документации для это не нужны.

Все части (фрагменты единой системы) модели создавались в ВІМ программах разных вендоров, связано это с особенностями и возможностями функционала конкретных программных пакетов.

Конструктивная модель выполнялась в: Bentley Structures и Bentley Architecture. Через IFC -формат переводилась в Archicad/Graphisoft для моделирования архитектуры, и снова с помощью IFC в специальные программы для управления и администрирования. Для количественной оценки состояния помещений здания использовался так называемый Индекс состояния здания (Building Condition Index, BCI), колористическая визуализация которого представлялась весьма удобной для пользователя, позволяя оценивать общую ситуацию в помещениях театра.

Необходимо отметить, что без использования ВІМ-технологии реконструкция объекта растянулась бы на более длительное время, авторы этого сложнейшего объекта(реконструкции) по завершении проекта получили престижные премии, в том числе и за примененную технологию моделирования.

Построение «живой» модели объекта сегодня является объективной реальностью и необходимостью как для заказчика, так и для архитектора, проектировщика, подрядчика и других заинтересованных лиц. К 2016 году внедрение BIM за рубежом достигло высокой отметки и продолжает постоянно увеличиваться. В России объем внедрения BIM пока не так высок, тем не менее технология изучена и уже работает в некоторых компаниях.

Руководство архитектурной студии IND Architects<sup>12</sup> г. Москва начало внедрять технологию с 2013 года, и к 2016 году все объекты, выполняемые коллективом студии, представляются в BIM моделях Autodesk Revit Architecture. Спектр решаемых проектных задач достаточно широк: от элементов интерьерного дизайна до жилых кварталов, и преимущества использования технологии прослеживаются на всех стадиях проектирования, начиная с количества специалистов, работающих над проектом (по предоставленной информации руководства бюро над проектом дизайна интерьера офиса Альфа лаборатории в 2630 м<sup>2</sup> работало 2 человека; над проектом офиса компании RD Construction в 2200 м<sup>2</sup> - 3 человека; интерьер офиса авиакомпании «Волга-Днепр» в 5100м<sup>2</sup> – 3 человека и т.д.), заканчивая реализацией и эксплуатацией здания вплоть до демонтажа или реконструкции.

В рамках своей не крупной организации (около 30 человек) руководители выявили необходимых участников для реализации проектов:

- BIM-менеджер<sup>13</sup> (от англ. «to manage» – управлять);
- BIM-координатор (от англ. «to coordinate» – согласовывать);
- BIM-моделлер (англ. «to model» – лепить).

Именно эта иерархия специалистов необходима для грамотного и слаженного ведения проекта. Сущность деятельности BIM менеджера состоит в том, что он определяет цели и стратегию развития BIM компании; разрабатывает типовые рабочие процессы и стандарты для предприятия, управляет уровнями детализации проектов (LOD); поддерживает BIM технологию предприятия в

---

<sup>12</sup> <http://www.indarchitects.ru/>

<sup>13</sup> <http://autodeskforum.ru/>

актуальном состоянии, внедряет современные достижения области; разрабатывает программы обучения и повышения квалификации; управляет сотрудниками BIM отдела, участвует в подготовке BIM-координаторов и включении их в проекты; работает с экспертами по BIM для разработки новых бизнес процессов.

BIM-координатор организует совместную работу; отвечает за целостность BIM модели; выдаёт задания специалистам смежных специальностей по утвержденным правилам и стандартам; формирует заявки на разработку BIM контента; обучает приемам работы и помогает пользователям; участвует в формировании стандартов компании и контролирует их исполнение.

BIM-моделлер – архитектор, проектировщик, освоивший программу и осуществляющий проектирование с ее помощью, расширяет библиотеку семейств.

При более масштабных проектах или больших производственных мощностях проектной организации к работе подключается BIM-мастер (англ. «to master» – осваивать), который в первую очередь оказывает поддержку, а именно: создает BIM контент – семейства, группы и прочие библиотечные элементы; поддерживает корпоративную библиотеку семейств: документирует и создает примеры использования; оказывает поддержку пользователей (моделлеров); производит адаптацию ПО на уровне шаблонов.

Все специалисты в слаженной работе нацелены на достижение следующих целей и задач:

1. Получение информационной модели высокого качества, соответствующей принятому архитектурному решению;
2. Обеспечение корректного насыщения файлов хранения модели информацией согласно принятому регламенту;
3. Получение выводных данных из модели для их дальнейшего использования;
4. Увеличение производительности совместной работы;
5. Сокращение сроков проектирования;
6. Уменьшение влияния человеческого фактора в расчетах (путем уменьшения задействованных сотрудников в проектировании,

прописании скриптов для автоматизации процессов необходимых подсчетов и прочее).

При рассмотрении столь сложной схемы взаимодействия специалистов, может сложиться впечатление, что внедрение BIM – это не выполнимая задача, тем не менее схема взаимодействия отдела САПР с исполнителями имеет практически такую-же структуру, но эффект от проектирования в 3-D значительно превышает показатели программ CAD.

Стратегия моделирования (проектирования объектов) состоит из последовательных шагов. Прежде всего необходимо составить регламент, в соответствии с которым будет производиться взаимодействие участников проектирования, организация диспетчера проектов, настройка шаблонов видов проекта, правила именования (уровней и видов), правила именования файлов и элементов модели, определение уровней детализации модели (LOD), правила моделирования, формирования библиотек ресурсов, настройка и описание правил процедуры обмена информацией, определяется структура хранения данных и многое другое.

При проектировании объектов пристальное внимание необходимо уделять уровню детализации элементов информационной модели LOD (англ. Levels Of Detail — уровни детализации). В общем случае уровень детализации (LOD) определяет полноту проработки элемента информационной модели. С его помощью фиксируется, какое количество графической и неграфической (атрибутивной) информации требуется для конкретного элемента информационной модели на определенном этапе ее развития [59]. Это связано в первую очередь с логикой всего проектирования в целом «от общего к частному» (хотя LOD применяется не ко всей модели в целом, а к ее элементам), но и с весом самой модели, в которой происходит взаимодействие BIM-моделлеров, удобством их взаимодействия. Мировым сообществом выделено пять основных (до некоторой степени условных) уровней детализации элементов:

- LOD 100 – элемент модели может быть представлен объемными формообразующими элементами с неуточненными размерами, формой,

положением в пространстве и ориентаций, а так же в виде символа. Используется для: Анализ. Модель может анализироваться на основе объемов, площадей и ориентации путем применения обобщенных критериев эффективности.

Оценка стоимости. Модель может быть использована для приблизительной оценки стоимости (на основании расчетных площадей и объемов).

Планирование. Модель может быть использована для планирования процесса информационного моделирования.

Другие цели, указанные в требованиях Заказчика.

- LOD 200 – элемент модели представлен в виде объекта или сборки как характерный представитель системы здания с неуточненными размерами, формой, положением в пространстве и ориентаций и необходимой неграфической информацией. Используется для: тех же целей, что и LOD100.

- LOD 300 – элемент модели представлен в виде объекта или сборки, принадлежащей конкретной системе здания с точными размерами, формой, положением в пространстве и ориентаций, связями и необходимой неграфической информацией. Используется для: Выпуск проектной документации. Модель может быть использована для подготовки традиционной проектной документации.

Анализ. Модель может быть использована для проведения различных инженерных расчетов.

Оценка стоимости. Модель может быть использована для получения данных по оборудованию, изделиям и материалам для предварительного подсчета объемов работ.

Координация: Модель может быть использована для анализа коллизий.

Планирование. Модель может быть использована для планирования процесса информационного моделирования.

Другие задачи, указанные в требованиях Заказчика.



- LOD 400 – элемент модели представлен в виде конкретной сборки с детальными размерами, формой, пространственным положением, ориентацией, четкими связями, данными по изготовлению и монтажу, а так же другой необходимой неграфической информацией. Используется для: Выпуск рабочей документации. Модель может быть использована для подготовки традиционной рабочей документации.

Анализ. Модель может быть использована для проведения различных инженерных расчетов.

Оценка стоимости. Модель может быть использована для получения данных по оборудованию, изделиям и материалам для подсчета объемов работ.

Координация: Модель может быть использована для анализа коллизий.

Планирование. Модель может быть использована для планирования процесса информационного моделирования.

Строительство. Модель может быть использована на стадии СМР.

Для решения других задач, указанных в требованиях Заказчика.

- LOD 500 – элемент модели представлен в виде конкретной сборки с фактическими размерами, формой, пространственным положением, ориентацией и неграфической информацией достаточной для передачи модели в эксплуатацию. Используется для: Модель может быть использована на стадии эксплуатации.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что с применением технологии информационного моделирования в российских и зарубежных компаниях происходят следующие положительные изменения в проектном процессе: осуществляются решения на базе BIM-модели в соответствии с запросами рынка, в том числе со стороны государственных заказчиков; более чем на 30% минимизируется количество ошибок за счет скоординированной работы всех участников проекта; более чем на 30% сокращается время проектирования; повышение профессионального уровня перспективных сотрудников, работающих с применением BIM-технологии.

## 2.2. Особенности интеграции BIM при моделировании градостроительных образований

Градостроительное проектирование, районная планировка и прогнозирование больших и сложных многофункциональных систем представляет собой мощный комплекс задач и соответствующим их решению действий, корректное выполнение которых невозможно без применения современных технологий. Преимущества информационного моделирования очевидно, т.к. его применение позволит избежать многих просчетов, которые могут повлечь серьезные проблемы экономического, социального, демографического характера.

Градостроительные системы имеют иерархическую структуру и представлены в виде соподчиненного ряда объектов от территориального планирования Российской Федерации до территорий отдельных комплексов различного функционального назначения: Территориальное планирование РФ; Территориальное планирование субъектов РФ; территориальное планирование муниципальных образований РФ; элементы планировочной структуры городов (например, район, квартал, линейный объект (транспортное или инженерное сооружение); жилые и производственные комплексы, общественные центры и зоны отдыха, другие элементы города. При этом градостроительные системы низшего уровня формируют целостность систем более высокого уровня. Градостроительным объектам соответствуют стадии проектирования, которые различаются содержанием решаемых задач, масштабом и характером технической документации, сроками проектирования (Таблица 2.2). Решения, принимаемые на более высоких уровнях, являются основой их более детальной проработки на следующих уровнях [47, с. 17-23].

Таблица 2.2 – Иерархия объектов и уровней градостроительного  
проектирования РФ

№	Объект проектирования и территория объекта проектирования	Вид проектных работ
1	Территориальное планирование РФ	Схемы территориального планирования РФ
2	Территориальное планирование субъектов РФ	Схемы территориального планирования субъектов РФ
3	Территориальное планирование муниципальных образований РФ	Схемы территориального планирования муниципальных районов; генеральные планы

		поселений; генеральные планы городских округов; правила землепользования и застройки поселений, городских округов
4	Элементы планировочной структуры городов (например, район, квартал, линейный объект (транспортное или инженерное сооружение))	Проект планировки территории, проект межевания территории
5	Жилые и производственные комплексы, общественные центры и зоны отдыха, другие элементы города	Схема планировочной организации земельного участка

Возможность моделирования рельефа местности, инфраструктурных объектов, обустройства территории позволяет выполнять в BIM-моделях следующие виды проектных работ: при проектировании элементов планировочной структуры городов - Проект планировки территории, проект межевания территории; при проектировании жилых и производственных комплексов, общественных центров и зон отдыха, других элементов города - Схема планировочной организации земельного участка.

Ранее, в первой главе было определено, что для проектирования инфраструктурных объектов более всего подходят программные продукты комплекса Autodesk Infrastructure Design Suite: AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Map 3D, Autodesk InfraWorks, Autodesk Navisworks.

Положительный опыт реализации градостроительных объектов посредством инструментария BIM рассмотрен на примере крупного российского проектного института АО Казанский ГИПРОНИИАВИАПРОМ, который реализовывал проект в информационных моделях муниципального образования «город Иннополис» Верхнеуслонского муниципального района Республики Татарстан в сжатые сроки (не более одного года)<sup>14</sup>. Общая территория развития города составляет 1200 га, проектирование таких больших и сложных объектов занимает 2-3 года. Руководством проектного института была сформирована рабочая группа, состоявшая из специалистов различного профиля. Группа архитекторов в работе над проектом использовала программный пакет Autodesk Revit Architecture, проектирование всей инфраструктуры города осуществлялось в формате 3D с

<sup>14</sup> Официальный сайт АО Казанский ГИПРОНИИАВИАПРОМ. URL : <http://www.gap-rt.ru/>

использованием современных расчетных программ, с помощью которых были решены сложные задачи по водо- и электроснабжению. В целом над проектом работало около 200 человек, включая подрядные и субподрядные организации.

Проект города Иннополис – это яркий пример слаженной работы проектировщиков всех специализаций, освоивших совместную работу в трехмерной среде. Перед рабочим коллективом стояло множество задач высокой сложности, ведь необходимо было разработать проект большого населенного пункта (расчетная численность населения 155 000 человек) на сложном рельефе (перепады высот в этой местности до 150 м) с затруднительным доступом к водным ресурсам. Проект водоснабжения муниципального образования был решен посредством водозабора из реки Волги, т.к. на разрабатываемой территории отсутствуют подземные водные источники. Специалисты за три месяца (однако такая работа по мнению специалистов института занимает 6-18 месяцев): выбрали на рельефе высокой сложности места и определили конфигурации прокладки трасс, расположили насосные станции первого и второго подъёмов, очистные сооружения чистой воды, разместили канализационные очистные сооружения таким образом, дабы они не мешали водозабору.

На этапе проектирования электросети Иннополиса было проработано шесть вариантов энергосистем с учетом внешних электротехнических факторов и экологии. Для решения проблемы транспорта вместо дорогостоящей кольцевой автодороги (сложность рельефа предполагает возведение множества мостов) сделать единую транспортную ось – магистраль с перспективой расширения до 6 полос (по 3 в каждом направлении) с кольцевыми пересечениями, позволяющими организовать бессветофорное движение. Так же в проекте предусмотрительно заложено строительство нескольких подземных переходов.

Учитывая то, что мастер-план IT-города был разработан известным архитектурно-планировочным бюро RSP Architects Planners & Engineers (Сингапур) под руководством автора планировочного решения сегодняшнего Сингапура Лиу Тай Кера<sup>15</sup>, проектировщики Гипрониавиапром провели

---

<sup>15</sup> Официальный сайт муниципального образования «город Иннополис» / Режим доступа : <http://www.innopolis.com/>

колоссальную работу по детальному исследованию проектируемой территории, распределили роли в проектной группе и в сжатые сроки получили результат, с которым строители начали свою работу. При применении традиционных САПР время проектирования несомненно увеличилось, даже при задействовании большего числа профессионалов, т.к. при проектировании в двумерном пространстве вероятность просчетов значительно выше, чем при проектировании в трехмерной среде.

В 2015 году проект института ОЭЗ ТРТ «Ворота Байкала» (автор – Андрей Абрамов) стал одним из трех победителей в ежегодном конкурсе Autodesk Innovation Awards Russia 2015 [60]. Это особая экономическая зона туристско-рекреационного типа, созданная на базе действующего горнолыжного курорта. Территория проектирования составила – 756,97 га. Перед проектировщиком стояли следующие задачи:

- проектирование в первую очередь линейного объекта: сети, инженерно-техническое обеспечение, линии связи и электропередачи, трубопроводы и др.;
- сжатые сроки проектирования;
- проектирование с параллельным созданием 3D моделей всех проектируемых объектов;
- перевод исходных данных из форматов не предусмотренных для прямого использования для трехмерного моделирования.

Особый интерес представляет собой блок-схема взаимодействия и координации сотрудников в рамках выполняемого проекта.

Все задачи проекта были реализованы в рамках BIM-технологии компании Autodesk. Все внешние сети и поверхность прибрежной и предгорной зоны были спроектированы в AutoCAD Civil 3D. Проектирование зданий осуществлено в Revit 2015. Расчет зданий проводился в Robot Structural Analysis, сборка модели – в Navisworks, визуализация – в Infraworks 2015. Проект был выполнен за три месяца.

Необходимо отметить, что ЗАО Казанский ГИПРОНИИАВИАПРОМ является одним из ведущих проектных институтов Татарстана, штат сотрудников

которого составляет более 600 человек, в структуре которого выделен мощный отдел САПР, занимается внедрением BIM в проектирование архитектурных и градостроительных объектов с 2010 года.

Специалистами строительного сектора АЕОО (Architecture, Engineering, Construction, Owner and Operator; Архитектура-Инженерия-Строительство-Владельцы/Генподрядчики-Операторы) отмечается, что объём использования BIM в инфраструктурных проектах отстает примерно на 3 года от объемного проектирования в BIM, вместе с тем тенденции на более быстрое наращивание уровня использования BIM в инфраструктурных объектах все-таки есть.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Электронный журнал ArcReview, выпуск 2(73)2015. URL: <http://www.dataplus.ru/> (дата обращения 03.03.2016)

### **Выводы по второй главе**

1. С применением технологии информационного моделирования в российских и зарубежных компаниях происходят следующие положительные изменения в проектном процессе: осуществляются решения на базе BIM-модели в соответствии с запросами рынка, в том числе со стороны государственных заказчиков; более чем на 30% минимизируется количество ошибок за счет скоординированной работы всех участников проекта; более чем на 30% сокращается время проектирования; повышение профессионального уровня перспективных сотрудников, работающих с применением BIM-технологии. Согласно статистических данных сегодня технологию BIM применяют застройщики, девелоперы, проектировщики всех специальностей, сотрудники управляющей компании отмечают высокий уровень качества моделирования и удобство работы с моделью, внесения изменений и получения данных.
2. Большая и сложная многоуровневая градостроительная система может быть представлена посредством BIM-технологии по крайней мере на двух нижних таксономических уровнях: Элементы планировочной структуры городов; Жилые и производственные комплексы, общественные центры и зоны отдыха, другие элементы города. Специалистами строительного сектора AECCO (Architecture, Engineering, Construction, Owner and Operator; Архитектура-Инженерия-Строительство-Владельцы/Генподрядчики-Операторы) отмечается, что объём использования BIM в инфраструктурных проектах отстает примерно на 3 года от объемного проектирования в BIM, вместе с тем тенденции на более быстрое наращивание уровня использования BIM в градостроительных объектах все-таки есть
3. Исходя из имеющегося положительного апробированного исследовательского и проектного опыта прошлых лет, а также полученных в последние годы научных и научно-творческих результатов,

можно определить ряд актуальных направлений в градостроительной теории и практике, первоочередными из которых являются — создание эффективных информационно-компьютерных технологий и подготовка кадров высшей квалификации для градостроительной деятельности: разработка программного продукта для ПК, обеспечивающего решение задач на оптимум при исследовании, проектировании и управлении функционированием и развитием территориальных градостроительных систем уровня административной области и административного района области. Программы, базирующиеся на системных функциональных моделях и критериях, являются ключевым звеном в процессе оптимизации функциональной структуры и размещения объектов производительных сил административной области и административного района области — при составлении схем и проектов районной планировки (соответственно). Средствами ПО должно осуществляться: оперативный анализ вариантов решений на основе количественных системных критериев, решать задачи на оптимум, как в процессе научных разработок, так и вариантного градостроительного проектирования; постоянный контроль (мониторинг) состояния определяющих параметров функционирования и развития территориальных объектов; оперативный сравнительный количественный анализ «поведения» территориальных подсистем или системы региона в целом, — для нужд их исследования, проектирования и управления. Этот процесс условно можно назвать «непрерывным» или «динамичным проектированием», позволяющим оперативно исследовать ещё не существующие, но возможные в будущем функционально-планировочные состояния объекта путём варьирования компонентов нормативной базы, а также социальных, экономических, демографических, экологических и иных факторов, поддающихся доверительной формализации.



## ГЛАВА 3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ КОНЦЕПЦИИ КУРСА ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ (ВІМ)

### 3.1. Основные этапы курса

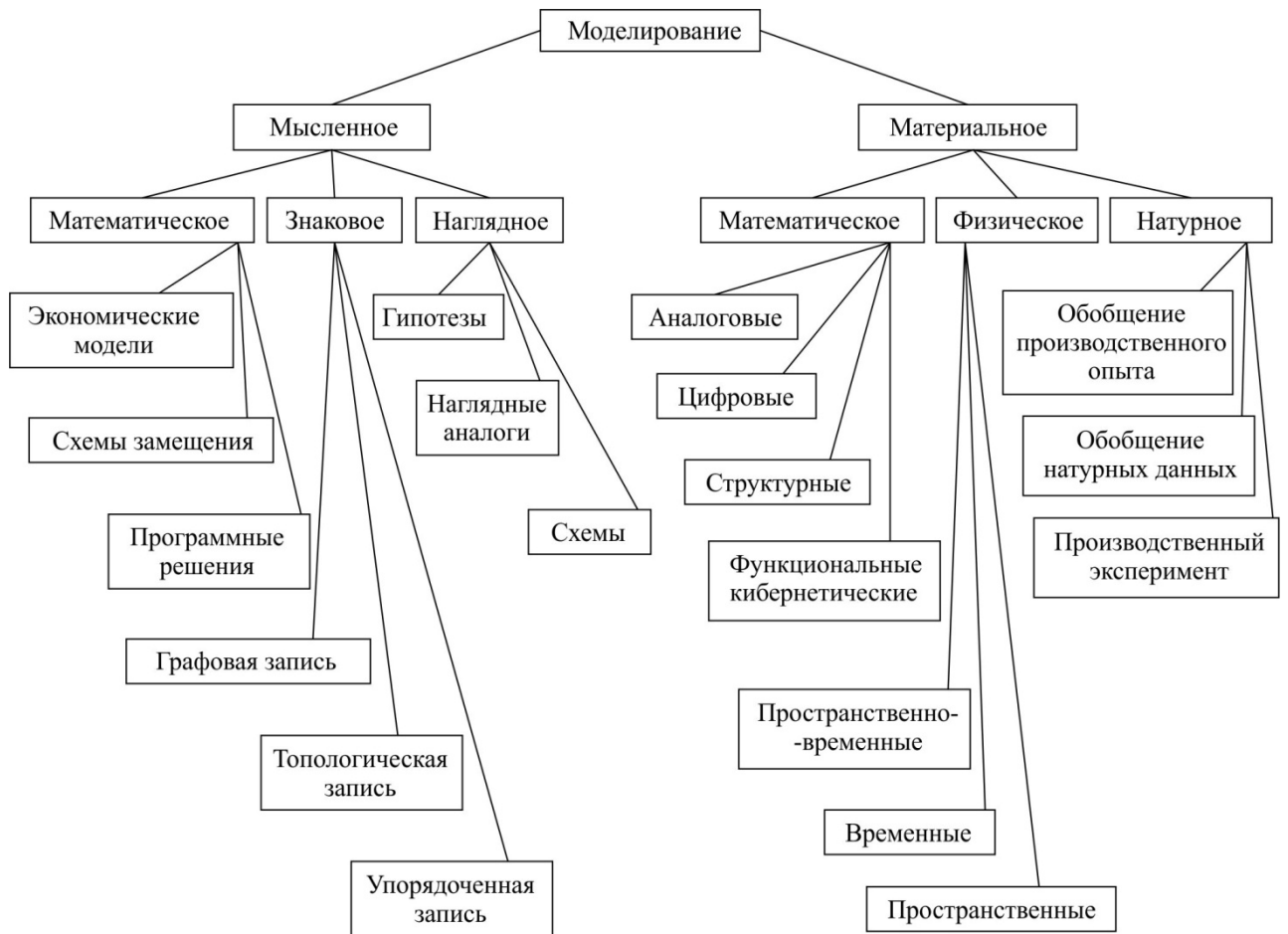
«Обучение градостроительству в высшей архитектурной школе должно рассматриваться как важнейший компонент подготовки архитектора и осуществляться одновременно с освоением архитектурного проектирования» [5, с.19].

Одним из основных методов представления архитектурных туристско-рекреационных систем является построение мысленных и материальных моделей. "Под моделью понимается такая мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что изучение дает нам новую информацию об этом объекте"<sup>17</sup>.

Модели архитектурных объектов представляются, как правило, в виде чертежей, функциональных схем, макетов, 3D моделей, графиков, математических зависимостей. (Рис. 3.1.)

---

<sup>17</sup> Цит.по: Лаврик, Г.И. Методы оценки качества жилища: Исследование. Проектирование. Экспертиза : учеб. для вузов / Г.И. Лаврик. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2007. – 98с.



Классификация методов моделирования по В. Веникову



Классификация моделей по В. Штофу

Рис. 3.1. Классификация методов моделирования и моделей

Творческий учебный процесс созидания архитектурных и градостроительных объектов, построенный на анализе, оценке и синтезе представлен в виде структурной модели, отражающей процедуру моделирования, механизм развития проектной модели, а так же временные отношения последовательного поэтапного решения проектной задачи. Основой организации структурной модели учебного проектирования стал принцип трансформации этапов деятельности в структурные уровни развития модели и ступеней действий [5, с.57]. В системе проектирования выделено четыре основных этапа (подготовительный, предпроектный этап, этап творческого поиска и этап творческой разработки), которым соответствуют определенные структурные уровни организации модели и ее упорядоченности.

Доктор архитектуры, профессор Ю.И. Кармазин<sup>18</sup> выделяет следующие этапы разработки курсового архитектурного проекта:

- выдача исходных данных;
- разработка содержания блока осмысления;
- анализ отечественной и зарубежной архитектурно-градостроительной практики;
- разработка блока задач «от функционально-смысловой основы»;
- разработка блока задач «от среды»;
- анализ развертывания первичной идеи проекта;
- проработка блока координации;
- разработка эскизного проекта в массах;
- доработка эскизного проекта;
- анализ и обсуждение выполненной работы.

Вместе с этапностью учебного проектирования необходимо так же учитывать специфику архитектурного и градостроительного мышления. Специалисты выделяют следующие основные типы мышления: художественное, научное,

---

<sup>18</sup> Стратегические аспекты архитектурного проектирования : метод. указания к изучению теоретических основ и структурной организации методики архитектурного проектирования для студ., обучающихся по спец. 270301 «Архитектура» / Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т; сост.: Ю.И. Кармазин. – Воронеж, 2007.-28с.

техническое или инженерное мышление, особый тип представляет собой проектное мышление.<sup>19</sup> Кроме того, существуют и другие типы мышления: философское мышление, мифологическое и мифопоэтическое мышление, историческое, методологическое и другие типы мышления.

Тип мышления в архитектурном и градостроительном проектировании невозможно определить однозначно, он представляет собой систему взаимодействия технического, художественного и научного мышления в различных соотношениях в зависимости от вида деятельности.

В объемном проектировании архитектор применяет следующие преимущества метода инженера: конструктивная и техническая целесообразность, построение гипотезы реального осуществления проектной модели, собранность, экономичность и логика принятых решений. Художественное мышление проявляется в широте глубине мыслительного процесса, самостоятельность и скорость мышления, гибкость и критичность ума, проблемная ориентированность. В архитектуре возможности проявления авторской свободы весьма ограничены, вместе с тем архитектор должен стремиться к художественно-композиционной убедительности своего решения, принимая во внимание сложности градостроительной ситуации, современные инженерно-технические решения и т.д. научно мышление предполагает умение проектанта изменять парадигму мышления, действовать как в намеченной системе, так и в условиях постоянно меняющейся ситуации. Современная архитектурная практика нуждается в научном мышлении, т.к. роль прототипов в ней ослабла, требуется исследование каждого нового объекта, разрабатываемой ситуации.

При градостроительном проектировании, наиболее сложной, многофакторной и разносторонне развитой сфере проектного моделирования, происходит максимальный синтез технического, художественного и научного мышления. В градостроительном проектировании художественное мышление не является приоритетным, т.к. присутствует великое множество ограничивающих

---

<sup>19</sup> Методологические основы культуры проектного мышления: методические указания и рекомендации к циклу проектировочных дисциплин для студентов 3-6 курсов специальности «Архитектура» / Воронеж. Гос. Арх.-строит. ун-т; сост.: Ю.И. Кармазин, П.В. Капустин. – Воронеж, 2001. -43 с.

факторов, многие задачи решаются в плоскости технического мышления. при проработке постановочных и структурных задач, где гармония проверяется алгеброй, техническое и научное мышление выходят на передний план. Тем не менее, изначально проектное задание и индивидуальная программа должны формироваться в плоскости художественного метода с ориентацией на некую идеальную концептуальную модель.

Использование того или иного вида мышления зависит от сложности и актуальности решаемой задачи, но в целом подчиняется следующим этапам: сбор информации и предпроектное исследование -научный тип мышления; индивидуальная программа (концептуальные решения) - художественное мышление сопровождается научной логикой и анализом многих факторов; этап творческого поиска – научное мышление практически полностью вытесняется техническим мышлением; на пике этапа творческого поиска художественное мышление сопровождается научным; этап творческой разработки - преобладает технический тип мышления; заключительный этап – усиление художественного типа мышления, с уменьшением технического типа; проработка обоснования проекта, утверждение и оценка результатов – научный тип мышления.

Резюмируя вышеизложенное заключаем, что этапы архитектурного и градостроительного проектирования сопровождаются различными типами мышления для решения разнообразных задач. Однако нередко при проектировании студенты, не имея теоретических знаний и практических навыков владения компьютерными приложениями для решений задач проектирования сосредотачиваются на решении технической стороны вопроса, зачастую отбрасывая художественную и аналитическую (научную) составляющую. Эту парадигму смещения художественного типа мышления в угоду технического исполнения можно решить, планомерно внедряя в учебный процесс дисциплины для освоения компьютерных методов проектирования.

Рассмотрим рабочие программы дисциплин, результатом освоения которых является знакомство с компьютерными приложениями для архитектурного и градостроительного проектирования в рамках учебного плана по направлению

подготовки 07.03.04 «Градостроительство» (270900) – Бакалавриат ФГБОУ ВО Воронежского ГАСУ.

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Компьютерная графика» бакалавры 1-го семестра обучения знакомятся с программным приложением Autodesk AutoCAD, которое обеспечит их необходимыми инструментами для проектирования, оформления в дальнейшем элементов готового проекта. Дисциплина «Теория и практика композиционного моделирования» (1-2 семестр) обеспечивает формирование первичного уровня композиционного мышления, необходимого для динамичного и самостоятельного решения проектных задач на первых стадиях учебного проектирования, студент получает первые навыки владения инструментарием 3ds Max. Продолжением этого курса выступает дисциплина «Мультимедийные технологии и средства проектирования» (2-4 семестр). Целью дисциплины является изучение студентами программных приложений, которые обеспечат их необходимыми инструментами для проектирования, визуализации, оформления курсового и дипломного проекта: AutoCAD, 3ds Max, Photoshop, Corel DRAW. В 5 семестре появляется дисциплина «Технологии презентации проектов» (5-6 семестр), которая направлена на изучение техник и технологий, позволяющих подготовить и провести презентацию проекта любого направления деятельности градостроителя, применив вербальные техники речевого воздействия и коммуникаций, необходимые программные приложения: AutoCAD, 3ds Max, Photoshop, Corel DRAW. Курс «Территориальные информационные системы» (6-7 семестр) завершает знакомство студентов с необходимыми для проектирования программными пакетами: 3ds Max, AutoCAD, NextGIS, MapInfo. Целью данного курса является изучение информационного инструментария градостроительной деятельности, развития современных информационных технологий, различных методов реализации в информационной среде, геоинформационных технологий управления пространственными данными. Ознакомление студентов с геоинформационными системами как информационными системами, оперирующими пространственно-координированными (географическими) данными.

Формируется представление о технике проектирования информационных систем, их функциональных возможностях и внутреннего устройства, целесообразности решения многих практических задач с применением территориальных информационных систем.

Формирование профессионального подхода к процессу проектирования и подготовки чертежей.

Всего за время обучения студент получает представление о шести профессиональных приложениях различных разработчиков для проектирования архитектурных и градостроительных объектов: AutoCAD/Autodesk, 3ds Max/Autodesk, Photoshop/Adobe, Corel DRAW/ Corel, NextGIS/ NextGIS, MapInfo/ Pitney Bowes Software.

Эти пять дисциплин связаны с другими дисциплинами, входящими в учебный план, в процессе освоения которого студентом разрабатывается несколько типологически разных объектов различных иерархических уровней градостроительной системы. По дисциплине «Градостроительное проектирование» предусмотрено выполнение следующих курсовых проектов: Дизайн-проект жилого двора (1 семестр), Усадебная застройка (2 семестр), Жилой квартал средней этажности (3 семестр), Рекреационно-оздоровительный комплекс (4 семестр), Сельский поселок (5 семестр), Жилой район в структуре города (6 семестр), Город на 100 тысяч жителей (промышленный город на 100 тысяч жителей/ наукоград на 75 тысяч жителей/ город-спутник крупного промышленного центра) (7 семестр), Реконструкция городской среды (8 семестр), научно-исследовательская и концептуальная часть дипломного проекта (9 семестр). По дисциплине «Архитектурно-строительное проектирование»: Жилой дом средней этажности (3 семестр), Культурно-оздоровительный центр рекреационно-оздоровительного комплекса (4 семестр). По дисциплине «Территориальное планирование»: Генеральный план городского округа (7 семестр), Схема территориального планирования муниципального района (8 семестр). По дисциплине «Экономика архитектурно-градостроительных решений и строительства»: Эффективность использования основных фондов; Виды сметной

документации; Экономическая оценка проектных предложений (на выбор один из вариантов курсового проекта/8 семестр).

Как следует из приведенного перечня курсовых проектов, сложность решаемых задач возрастает по мере накопления студентом знаний в области архитектурного и градостроительного проектирования. Параллельное ведение с процессом проектирования курса по информационному моделированию (BIM), освоение азов программных продуктов на небольших, функционально упрощенных объектах позволит сформировать базовые навыки, перейти на расширенный курс и завершить продвинутым курсом в вариативной части профессионального цикла обучения. Кроме того, изучение информационного моделирования будет способствовать освоению всех сопутствующих дисциплин и выполнения курсовых проектов на высоком профессиональном уровне.



### **3.2. Рекомендации по выполнению этапов курса информационного моделирования**

На сегодняшний день обучение информационному моделированию объектов на коммерческой основе предлагают частные лица и компании, которые предоставляют знания как уже сложившимся специалистам-проектировщикам с разным уровнем компьютерной подготовки или без него, так и студентам. Профессиональную подготовку, как правило, проводят два типа преподавателей: производственники, освоившие технологию на высоком уровне, преподаватели учебных заведений. Что касается обучаемых, то к их числу относятся следующие группы: студенты; специалисты, работающие на производстве, не имеющие компьютерной подготовки; проектировщики, имеющие компьютерную подготовку, нуждающиеся в повышении квалификации; специалисты, имеющие хорошую компьютерную подготовку, но в другой области деятельности (например, программисты, вникающие в архитектурно-строительное проектирование); преподаватели, повышающие свою квалификацию [59].

Положительный опыт преподавания дисциплины информационного моделирования в ВУЗе обнародован в НГАСУ (Сибстрин), где колоссальная работа по внедрению САПР и BIM в учебный процесс проводится под руководством профессора В.В. Талапова [37,38]. Студенты профильных ВУЗов, обладая живым умом, очень быстро осваивают предложенную информацию и имеют возможность применять знания в курсовом проектировании. Обучение именно на стадии основного образования имеет ряд положительных моментов [59]:

- Желание получать новые полезные знания;
- возможность получать и перерабатывать большой объем информации;
- гибкий ум, способный к работе в режиме многозадачности;
- доверительное восприятие грамотного преподавателя.

Таким образом, именно во время получения основного профильного образования необходимо внедрять все новые технологии, в число которых входит информационное моделирование объектов.

В настоящий момент в Институте архитектуры и градостроительства Воронежского ГАСУ не сложилась единая концепция внедрения информационных технологий в учебный процесс архитектурного и градостроительного образования. Отдельные несвязные друг другом рабочие программы дисциплин, основанные на получении навыков работы в разнообразных графических приложениях, не могут содействовать полноценному погружению студента в информационное моделирование. С переходом высшего архитектурного образования к стандартам третьего поколения появляется возможность включения востребованных информационных дисциплин в модули: «Теория и практика композиционного моделирования»; «Мультимедийные технологии и компьютерные средства проектирования»; «Технологии презентации проектов»; «Территориальные информационные системы». Вместе с тем, предлагается внести изменение в программу дисциплины «Компьютерная графика» (Таблица – 3.1).

Таблица – 3.1 – Существующие дисциплины компьютерного моделирования

№	Дисциплина учебного плана	Программный пакет для курсовой работы	Семестры	Виды учебной работы/количество часов	Курсовой проект (кол-во)	Часть профессионального цикла учебного плана
1	Компьютерная графика	AutoCAD Autodesk	1 семестр	Лабораторные работы(ЛР), Самостоятельная работа/ 72 ч	1	Вариативная часть профессионального цикла уч.плана БЗ.В.ОД.6.2
2	Теория и практика композиционного моделирования	3DMax	2-3 семестр	Практические занятия(ПЗ), Самостоятельная работа /144 ч	2	Вариативная часть профессионального цикла уч.плана БЗ.В.Д.В.2
3	Мультимедийные технологии и компьютерные средства проектирования	3DMax, AutoCAD Autodesk, Photoshop, CorelDraw	2-4 семестр	Лабораторные работы(ЛР), Самостоятельная работа/180 ч	3	Базовая часть профессионального цикла уч.плана
4	Технологии презентации проектов	3DMax, AutoCAD Autodesk,	5-6 семестр	Лекции, практические занятия (ПЗ),	2	Базовая часть профессионального цикла уч.плана

		Photoshop, CorelDraw		Самостоятельна я работа / 144 ч		
5	Территориальн ые информационн ые системы	3DMax, AutoCAD, Next Gis, Map Info	6-7 семестр	Лабораторные работы(ЛР), Самостоятельна я работа/ 144 ч	2	Вариативная часть профессиональн ого цикла уч.плана

Внедрение курса Информационное моделирование (BIM) положено на существующий учебный план и дисциплины по направлению «Компьютерное моделирование». Автор не ставит задачи составления рабочих программ дисциплин, а именно предлагает концепцию внедрения BIM-технологии в обучение по специальности 07.03.04 «Градостроительство» Бакалавриат (Таблица – 3.2).

Таблица – 3.2 – Курс «Информационное моделирование (BIM)»

№	Дисциплина учебного плана	Программн ый пакет для курсовой работы	Семестр ы	Виды учебной работы/количес тво часов	Курсово й проект (кол-во)	Часть профессиональн ого цикла учебного плана
1	Компьютерная графика	AutoCAD Autodesk; Adobe Photoshop; Adobe Illustrator	1 семестр	Лабораторные работы(ЛР), Самостоятельна я работа/ 72 ч	1	Вариативная часть профессиональн ого цикла уч.плана БЗ.В.ОД.6.2
2	Теория и практика композиционно го моделирования	AutoCAD Civil 3D; Infraworks; Navisworks	2-3 семестр	Практические занятия(ПЗ), Самостоятельна я работа /144 ч	2	Вариативная часть профессиональн ого цикла уч.плана БЗ.В.Д.В.2
3	Мультимедийн ые технологии и компьютерные средства проектировани я	AutoCAD Civil 3D; Infraworks; Navisworks; Revit	2-4 семестр	Лабораторные работы(ЛР), Самостоятельна я работа/180 ч	3	Базовая часть профессиональн ого цикла уч.плана
4	Технологии презентации проектов	Infraworks; 3DS Max; Adobe Photoshop; Adobe Illustrator	5-6 семестр	Лекции, практические занятия (ПЗ), Самостоятельна я работа / 144 ч	2	Базовая часть профессиональн ого цикла уч.плана
5	Территориальн ые	AutoCAD Map 3D; ArcGIS PRO	6-7 семестр	Лабораторные работы(ЛР),	2	Вариативная часть профессиональн

	информационные системы			Самостоятельная работа/ 144 ч		ого цикла уч.плана
--	------------------------	--	--	-------------------------------	--	-----------------------

На первой ступени обучения в рамках дисциплины «Компьютерная графика» предлагается освоить основы следующих программных продуктов: Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Autodesk AutoCAD. В процессе обучения студенты освоят различие между растровой и векторной графикой, получают базовые знания по основному САПР AutoCAD, что позволит перейти к освоению BIM-технологии. Предлагаемая замена приложения Corel DRAW на Adobe Illustrator обоснована тем, что это как и Photoshop продукт разработчика Adobe и взаимодействие этих приложений происходит максимально удобно, схожие интерфейсы (более простая ориентация в уже известной рабочей среде), плюсом так же является стоимость закупки ПО.

Здесь и далее необходимо дать пояснения по назначению предлагаемого ПО, не встречающемуся ранее в тексте исследования.

Adobe Photoshop<sup>20</sup> – многофункциональный графический редактор, разработанный для работы с растровыми изображениями, однако в рабочей среде приложения есть и некоторые векторные инструменты.

Adobe Illustrator<sup>21</sup> – это приложение для работы с векторной графикой. Благодаря Adobe Illustrator можно создавать векторные изображения любого уровня сложности, преобразовывать отсканированные эскизы, фотографии, и другие растровые изображения в редактируемые векторные контуры и т.д.

В рамках дисциплины «Теория и практика композиционного моделирования» предлагается освоение следующих программных продуктов: AutoCAD Civil 3D, Autodesk InfraWorks 360, Autodesk Navisworks. Это базовый курс проектирования в BIM объектов инфраструктуры, проведения анализа градостроительной ситуации. В процессе освоения продуктов курса будут получены навыки в области моделирования градостроительной среды, получения трехмерных подоснов для работы над проектом, первых презентаций, в том числе

<sup>20</sup> <https://www.adobe.com/ru/products/photoshop.html>

<sup>21</sup> <http://www.adobe.com/ru/products/illustrator.html>

и создания простейших видеороликов, так же получены основы организации совместной работы в виртуальной среде.

«Мультимедийные технологии и компьютерные средства проектирования», представляющая собой базовую часть профессионального цикла учебного плана, ориентирует на освоение принципов объемного моделирования в BIM, организации совместной работы в разных файлах специалистов по генеральному плану и архитектуре, задействует следующие программные продукты: Autodesk Revit, AutoCAD Civil 3D, Autodesk InfraWorks 360, Autodesk Navisworks. В рамках базового курса, студентом будут получены навыки для моделирования объектов (зданий) в трехмерной среде, включение в градостроительную среду, закреплены и углублены познания в части проектирования и визуализации градостроительных объектов.

Обучение презентации в BIM, выпуск чертежей, базовые скрипты, взаимодействие BIM и 3DS MAX, визуализация, постобработка происходит по мере освоения студентом дисциплины «Технологии презентации проектов», где раскрываются соответствующие возможности: Autodesk InfraWorks 360, 3DS MAX. Так же при презентации проектов необходимо использовать программные пакеты для постобработки полученного графического материала, компоновки на планшете, подготовки к печати и подачи готового проекта. В связи с этим необходимо углубить знания, полученные в результате освоения курса «Компьютерное моделирование» и более детально изучить инструментальный программный пакетов Adobe Illusrator и Adobe Photoshop.

Завершает цикл дисциплин компьютерного моделирования предмет «Территориальные информационные системы», в процессе постижения которого студент изучает взаимодействие BIM и GIS программ для различных проектных задач, изучаются программы: AutoCAD Map 3D; ArcGIS PRO.

Одним из положительных моментов изучения основ обращения с предлагаемым ПО является возможность студента выполнять курсовые проекты не только для закрепления знаний по изучаемой дисциплине, но и по сопутствующим дисциплинам, являющимися основой для направления подготовки

«Градостроительство»: Градостроительное проектирование (8 курсовых проектов с выходом на дипломное проектирование), Архитектурно-строительное проектирование (2 курсовых проекта), Территориальное планирование (2 курсовых проекта), Экономика архитектурно-градостроительных решений и строительства (1 курсовой проект) и остальных.

### **3.3. Методическое обеспечение, техническая и образовательная база курса**

Для реализации внедрения образовательного курса необходимо в первую очередь принять решение по платформе, на базе которой будет осуществляться проектирование. Предлагаемая концепция курса информационного моделирования построена на специализированных программных пакетах компании Autodesk и при необходимости может быть адаптирована под продукты другого разработчика.

Далее необходимо обеспечить материально-техническую базу, в которую входит: Определение технических параметров и характеристик РС для использования соответствующих приложений, закупка РС. Технологическое обновление компьютеров происходит в течение полутора лет, тем не менее, рекомендованная замена – каждые 4 года.

Закупка лицензионного софта для всех ученических мест может происходить по нескольким сценариям: многие поставщики предоставляют ПО со значительными скидками или без оплаты, однако не все компании заинтересованы в бесплатном распространении своего программного обеспечения. Обновление программного обеспечения происходит практически каждый год.

Разработка BIM- стандарта организации, который должен содержать общие требования к информационным моделям объектов инфраструктуры и уровням их проработки, а также общие требования к координатному обеспечению работ, важный этап внедрения технологии BIM. В начале работы за основу можно взять стандарты Autodesk: BIM-стандарт организации для линейных объектов, BIM-стандарт организации для площадных объектов [60].

Для освоения этапов программы необходимы специальные помещения, представляющие собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, оборудованные аудитории для проведения практических занятий и выполнения курсовых работ.

Помещения для практических занятий должны быть укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Учебная литература является неотъемлемой частью любого образовательного процесса, в связи с этим необходимо обеспечить библиотечный фонд современными изданиями по BIM [37, 38, 48], организовать доступ к виртуальной библиотеке (электронным изданиям, закрытым вебинарам по теме и проч.), а так же формировать информационную базу института с видео уроками по курсу. Необходимо отметить, что на сегодняшний день литературы по исследуемому вопросу достаточно мало, в связи с чем необходимо переводить зарубежные издания и пополнять библиотечный фонд, изучать содержание форумов и блогов по теме курса.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

При использовании библиотечного фонда, он должен быть укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 50 экземпляров каждого из изданий основной литературы и не менее 25 экземпляров дополнительной литературы на 100 обучающихся<sup>22</sup>.

Квалификация профессорско-преподавательского состава имеет колоссальную роль, т.к. от уровня владения программным продуктом и способностью профессионально донести информацию зависит интерес обучаемого к получаемым знаниям. Здесь имеется ввиду обладание знаниями не только по конкретному программному приложению, но и знания в области архитектуры и градостроительства для пояснений необходимости тех или иных операций в конкретных программных продуктах.

Роль технического оснащения компьютерного класса очень высока. Системные требования под определенные программные продукты последней версии обновления приведены в Таблице 3.1<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Приказ «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 07.03.04 -Градостроительство (уровень бакалавриата). Зарегистрировано 02 марта 2016г. (№41306).

<sup>23</sup> <https://knowledge.autodesk.com/support/system-requirements>



Таблица 3.1. – Основные системные требования

Системные требования	AutoCAD Civil 3D 2017	AutoCAD Map 3D 2017	Autodesk Revit 2016
Операционная система	Microsoft® Windows® 10 Microsoft Windows 8.1 with Update KB2919355 Microsoft Windows 7 SP1		Microsoft® Windows® 7 SP1 64-bit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows 7 Enterprise</li> <li>• Windows 7 Ultimate</li> <li>• Windows 7 Professional</li> <li>• Windows 7 Home Premium</li> </ul> Microsoft® Windows® 8 64-bit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows 8 Enterprise</li> <li>• Windows 8 Pro</li> <li>• Windows 8</li> </ul> Microsoft® Windows® 8.1 64-bit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows 8.1 Enterprise</li> <li>• Windows 8.1 Pro</li> <li>• Windows 8.1</li> </ul>
Процессор	1 gigahertz (GHz)или более высокой скорости 64-bit (x64) processor	Intel Pentium® 4 или AMD Athlon® 64 processor.	Multi-Core Intel® Xeon®, или i-Series processor or AMD® эквивалент с технологией SSE2. Highest affordable CPU speed rating recommended. Revit products will use multiple cores for many tasks, using up to 16 cores for near-photorealistic rendering operations.
Оперативная память	4 GB (8 GB или более)	8 GB RAM (минимум) 16 GB RAM (рекомендовано)	8 GB RAM <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usually sufficient for a typical editing session for a single model up to approximately 300 MB on disk. This estimate is based on internal testing and customer reports. Individual models will vary in their use of computer resources and performance characteristics.</li> <li>• Models created in previous versions of Revit may require more available memory for the one-time upgrade process.</li> </ul>
Разрешение экрана	1360x768 (1600x1050 или более) с True Color. 125% Desktop Scaling (120 DPI) или менее.		1680 x 1050 с True Color.

Видеокарта	Windows display adapter capable of 1360x768 with True Color capabilities and DirectX® 9 <sup>1</sup> . DirectX 11 compliant card recommended.		DirectX® 11 capable graphics card with Shader Model 3 as recommended by Autodesk at <a href="http://www.autodesk.com/revit-graphicshardware">http://www.autodesk.com/revit-graphicshardware</a>
Дисковое пространство	Для установки необходимо 10 Гб	Для установки необходимо 16 Гб (файл загрузки)	5 GB свободного пространства на диске
Браузер	Windows Internet Explorer® 9.0 или более поздняя версия		Microsoft® Internet Explorer® 7.0 или более поздняя версия
Устройство ввода	Мышь		MS-Mouse or 3Dconnexion® compliant device
Устройство мультимедиа	Загрузка и установка с DVD		Download or installation from DVD9 or USB key
Многопроцессорная система	Поддерживается приложением		
Программная платформа	NET Framework Version 4.6		

Как уже было выяснено ранее, во второй главе, для успешной реализации проектирования в BIM моделях необходима иерархическая структура построения рабочей группы: BIM-менеджер; BIM-координатор; BIM-моделлер.

Для внедрения в учебный процесс эта схема взаимодействия может быть до известной степени упрощена: преподаватель выступает в роли BIM-координатора, а обучающийся – BIM-моделлер. BIM-менеджером может выступать существующий отдел САПР университета, ориентированный на информационное моделирование.

Для реализации этапов проектирования необходимо создание регламента - BIM стандарта

Вместе со всеми положительными моментами изучения BIM необходимо отметить, что это сложный и долгий процесс, при обучении которому «с нуля», т.е. именно на стадии высшего образования исключается множество проблем, возникающих в проектной организации при переходе от CAD к BIM, а именно [59]:

- BIM – это не CAD - при проектировании в BIM происходит смена парадигмы проектирования, организация коллективного мышления;
- Не надо переводить на BIM всех сотрудников сразу – все специалисты одновременно не могут освоить новую технологию на одном уровне и с равной скоростью, поэтому внедрение необходимо проводить поэтапно;
- Первичное падение производительности труда – падение производительности труда на начальном этапе внедрения любой новой технологии закономерен, поэтому необходимо быть готовым к этому;
- Дополнительные затраты на внедрение BIM – при введении любой новой технологии необходимо выделить дополнительные средства на: закупку ПО, обучение сотрудников, консультации специалистов, обновление технических средств проектирования;
- Пересмотр организацией процесса проектирования – при проектировании в BIM основные усилия коллектива сконцентрированы на начальном этапе работы. При изменении парадигмы проектирования происходит перераспределение оплаты труда. Трудоемкие процессы осмечивания и составления спецификаций теперь практически автоматизированы, конструктор берет остов здания из архитектурной модели и т.д.
- Административно-кадровые изменения – изменения технологии работы – создание общей рабочей модели, а не отдельных частей, а так же сложности старшего поколения проектировщиков в освоении новых технологий диктуют новую иерархию профессионалов проектной группы: специалист (знает нормы и правила проектирования / использует BIM -программы для просмотра и координации работы) → моделировщик (создает основную модель/ очень хорошо знает BIM-программы) → чертежник (оформляет проектную документацию / использует только отдельные разделы BIM-программ).
- Необходимость в BIM-менеджере – для каждой проектной группы должен быть свой BIM-менеджер который осуществляет подготовку, направление и

управление процессом моделирования в проектной группе в рамках работы над общей задачей.

- Необходимость составления собственного регламента организации – совокупность правил взаимодействия всех участников производственного процесса.
- Плата за обучение сотрудников - вклад в обучение сотрудников должно быть соразмерно их возможностям проектирования:
  - 1 уровень – руководители, специалисты, чертежники IT-специалисты;
  - 2 уровень – моделировщики;
  - 3 уровень – BIM-менеджер, BIM-координатор.
- Необходимость отработки приемов проектирования на «пилотных» проектах – BIM лучше внедрять, когда заказов на проектирование немного, в спокойной обстановке обкатывать полученные навыки 3-4 пилотных проектах.
- Учет возраста организации – восприимчивость руководящих структур фирмы к преобразованиям и переходу к использованию новых технологий.
- Внедрение BIM с учетом собственной практики – разработка собственных стандартов, регламентов и рекомендаций по завершению внедрения BIM.
- BIM – это вид деятельности (не программа) – подбор комплекса программ для согласованной работы всех смежников, потенциальных заказчиков и партнеров.
- Комплексное внедрение BIM – внедрение во все процессы организации (проектные, строительные, управленческие и проч.)
- Понимание необходимости внедрения – внедрять BIM только тогда, когда назрела необходимость в этом.

В мировой практике внедрения BIM роль подготовки и переподготовки специалистов этого сектора играют как раз университеты и колледжи (ПТУ). Необходимо отметить, что наиболее успешное внедрение технологии происходит при активной государственной поддержке, выделении субсидий на закупку

оборудования, ПО, обучение персонала, консультации специалистов и другие операции.

### **Выводы по третьей главе**

1. Полученные в результате прохождения всех этапов курса знания, позволят выпускнику бакалавриата выполнять на высоком уровне следующие виды профессиональной деятельности: исследовательская; проектная; коммуникативная; организационно-управленческая; экспертная; педагогическая. Освоение программы необходимо для приобретения и последующего обладания профессиональными компетенциями: при ведении проектной деятельности – ПК-3 (владением основами территориального планирования, градостроительного зонирования, планировки территории, архитектурно-строительного проектирования, моделирования, макетирования и способностью участвовать в разработке проектной документации в этих областях); коммуникативной деятельности – ПК-6 (способностью грамотно представлять градостроительный замысел, передавать идеи и проектные предложения, изучать, разрабатывать, формализовать и транслировать их в ходе совместной деятельности средствами устной и письменной речи, макетирования, ручной и компьютерной графики, количественных оценок); педагогической деятельности ПК-8 (способностью проводить занятия по градостроительству в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, участвовать в популяризации градостроительства в обществе).

2. В процессе исследования выявлены дисциплины базовой и вариативной части учебного плана по направлению компьютерного моделирования по направлению подготовки 07.03.04 «Градостроительство» Бакалавриат. Были изучены рабочие программы дисциплин, выявлена возможность и необходимость интеграции курса «Информационное моделирование (BIM)» в учебный процесс. Организованы этапы освоения курса, предложены основные программные продукты (по этапам), выявлена взаимосвязь разрабатываемых дисциплин с ООП. Получена структурная модель интеграции BIM в учебный процесс архитектурно-строительного и градостроительного проектирования.

3. Для успешной реализации этапов курса необходимо следующее методическое и материально-техническое обеспечение: персональные

компьютеры, собранные в соответствии с требованиями устанавливаемого программного обеспечения, лицензионный софт, учебные аудитории со специализированной мебелью и техническими средствами обучения, учебная литература, доступ к сети «Интернет», квалифицированный в данной области профессорско-преподавательский состав, составление ВІМ-стандарта образовательной организации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнародованный опыт внедрения BIM в проектную деятельность российских и зарубежных компаний показал, что обучение параметрическому моделированию возможно в коллективах любого масштаба, но требует достаточного количества свободного времени. Востребованность готовых специалистов, обладающими навыками информационного моделирования, велика и с развитием технологии и увеличении объёма информации о ней только нарастает. В связи с этим, обучение проектированию с применением технологии BIM еще на стадии учебного процесса высшей школы, закрепление полученных навыков на ученических проектах, позволит университету выпускать более эффективных, высококвалифицированных градостроителей (при адаптации предложенных этапов курса под рабочие программы архитектурных дисциплин), и архитекторов, способных в кратчайшие сроки вливаться в рабочий процесс проектной организации.

Важным результатом проведенного исследования стало решение актуальной задачи градостроительной науки, а именно выявление возможности интеграции информационных моделей в градостроительную канву.

1. В процессе исследования были выявлены существующие проблемы графического представления архитектурных и градостроительных объектов: проектирование в плоскости, а не в пространстве; отсутствие прямой связи между проектной и сметной документацией; высокие временные затраты; высокий человеческий фактор; низкая координация между участниками проектирования больших и сложных объектов, которыми являются градостроительные системы.
2. Анализ существующего проектного инструментария архитектора-градостроителя показал качественный скачек взвешенности градостроительных решений, производительности и эффективности при введении в конце XX столетия первых САПР. Вместе с тем, необходимо отметить, что проектирование сложный многоуровневых градостроительных систем происходило в двумерном пространстве без задействования важной высотной шкалы координат. В начале XXI века



градостроитель получает возможность проектирования информационных моделей, что минимизирует количество коллизий, возникавших ранее при проектировании в 2D среде.

3. При сегодняшнем уровне развития науки и техники интеграция BIM в градостроительное проектирование возможно на следующих иерархических уровнях градостроительной системы: при проектировании элементов планировочной структуры городов - проект планировки территории, проект межевания территории; при проектировании жилых и производственных комплексов, общественных центров и зон отдыха, других элементов города - схема планировочной организации земельного участка посредством задействования программных продуктов комплекса Autodesk Infrastructure Design Suite: AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Map 3D, Autodesk InfraWorks, Autodesk Navisworks.
4. Предлагаемая автором концепция внедрения BIM позволит на всех этапах обучения архитектурному и градостроительному проектированию при ведении параллельной работы над текущими проектами по смежным дисциплинам выполнять продуманные проекты, быстро вносить изменения на всех его этапах и получать качественный результат. По завершении обучения и выходе на дипломное проектирование осуществлять все виды проектных работ на высочайшем уровне, а так же презентации на высоком уровне детализации LOD300-400 и составлении прикидочных смет на основе проекта.
5. В современных условиях градостроительной практики рассмотрены взаимодействие специализированных приложений и программных продуктов при их проектировании, оценена эффективность производимых манипуляций, даны рекомендации по более точному взаимодействию программ и определены принципы внедрения BIM в учебный процесс.

## Термины и определения

АЕС (англ.: Architecture, Engineering, Construction) – архитектура, инженерия, конструктив.

ВІМ- модель (англ.: Building Information Model) - Информационная модель объекта: цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта при помощи совокупности графических элементов и информации, служащее коллективным ресурсом знаний о проектировании в строительстве, эксплуатации и модернизации и сносе (в случае объекта строительства) объекта (инфраструктурного/строительного) и представленное в структурированном и взаимосвязанном виде.

CAD (англ.: Computer Aided Design) - общепринятое международное обозначение систем для разработки моделей объектов, например, деталей в машиностроении.

CAE (англ.: Computer Aided Engineering) - Общепринятое международное обозначение систем, предназначенных для проведения различных видов инженерных расчетов: на прочность, теплопроводность и т.д.

CAM (англ.: Computer Aided Manufacturing) - общепринятое международное обозначение систем для автоматической или автоматизированной разработки программ обработки деталей или технологической оснастки на станках с ЧПУ.

PLM (англ.: Product/ Project Lifecircle Management) – управление жизненным циклом проекта или продукта.

САПР - система автоматизированного проектирования, сокращение, обозначающее комплекс программно-аппаратных средств автоматизации проектных конструкторско-технологических, а также производственных работ.

ПО – программное обеспечение

### Список литературы

1. Авдотьин, Л.Н. Градостроительное проектирование : учеб. для ВУЗов / Л.Н. Авдотьин, И.Г. Лежава, И.М. Смоляр. – Спб.: Техкнига, 2009. – 432 с.: ил.
2. Архитектура и эмоциональный мир человека / Г.Б. Забельшанский, Г.Б. Минервин, А.Г.Раппапорт, Г.Ю.Сомов. - М.: Стройиздат, 1985. - 208 с. ил.
3. Асанович, А. Компьютерные средства и эволюция методологии архитектурного проектирования: автореф. дис...докт. арх.: 18.00.01/ Асанович Александр. – М., 2006. – 48 с.
4. Бабич, В.Н. Методология системного анализа в архитектуре / В.Н. Бабич, А.Г. Кремлёв, Л.П. Холодова // Архитектон: известия вузов [Электронный ресурс]. – 2013. – № 41. – Режим доступа: <http://archvuz.ru/>
5. Бархин, Б.Г. Методика архитектурного проектирования в системе архитектурного формообразования Текст. / Б.Г. Бархин М.: Стройиздат, 1993.- 439 с.
6. Берталанфи, Л. Фон. Общая теория систем : Критический обзор /Л. Фон Берталанфи // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1962. – С.23-82.
7. Вентцель, Е.С. Исследование операций : Задачи. Принципы. Методология / Е.С.Вентцель. - М.: Высшая школа, 2001. - 208 с.
8. Винер, Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине/ Пер. с англ. И.В. Соловьева и Г.Н. Поварова [Под ред. Г.Н.Поварова.] – 2-е издание. –М.: Наука; Главная редакция изданий для зарубежных стран, 1983. – 344 с.
9. Витрувий, М.П. Десять книг об архитектуре / Витрувий Марк Поллион. - Либроком, 2012. - 322 с.
10. Волынский, В.Э. Информационно–технологические методы проектирования в архитектурном формообразовании: автореф.

- дис...канд. арх.: 05.23.20/ Волинсков Владимир Эдуардович. – М., 2012. – 27 с.
11. Глазычев, В.Л. Урбанистика / В.Л. Глазычев. - М.: Издательство «Европа», 2008. — 220 с.
  12. Гайдес, М.А. Общая теория систем : системы и системный анализ / М.А. Гайдес. – 2-е изд., исправл. - Винница: Глобус-Пресс, 2005. – 200 с.
  13. Гейл, Я. Города для людей / Ян Гейл. – пер. с. англ. – М.: Альпина Паблишер, 2012. – 276 с.
  14. Гутнов, А.Э. Системный подход в изучении города: основания и контуры теории городского развития /А.Э.Гутнов//Системные исследования. Методологические проблемы. – М.: Наука, 1986.- С.211-233.
  15. Дженкс, Ч. А. Язык архитектуры постмодернизма / Ч.А. Дженкс ; пер. с англ. А. В. Рябушкина, М. В. Уварова; под ред.: А. В. Рябушкина, В. Л. Хайта. — М. : Стройиздат, 1985. — 135 с. : ил.
  16. Джекобс, Д. Смерть и жизнь больших американских городов / Джейн Джекобс; пер.с.англ. - М.: Новое издательство, 2011. - 460с.
  17. Дроздов, Н.Д. Основы системного анализа : учеб. пособие / Н.Д. Дроздов. – Тверь: Твер. Гос.ун-т, 2002. – 90 с.
  18. Енин, А.Е. Историко-культурные основы анализа и оценки градостроительного потенциала территорий исторически сложившихся регионов (на примере ЦЧР). М. Академия наук о Земле. 2000. – 75 с.
  19. Загребин, О.В. Учебные компьютеры в начальной композиционной подготовке : автореферат дис. ... кандидата архитектуры : 18.00.01 / Моск. архитектур. ин-т.- Москва, 1990.- 22 с.: ил.
  20. Капустин, П.В. Развитие представлений об объекте проектирования в процессах архитектурного мышления: автореферат дис. ... кандидата архитектуры : 18.00.01 / Моск. архитектур. ин-т.- Москва, 1999.- 24 с.

21. Клик, Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач : научное издание / Клик Джорж; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1990. – 554 с.: ил.
22. Колхас, Р. Нью Йорк вне себя / Рем Колхас; пер.с.англ. А.Смирнова. - М.: Strelka Press, 2013. - 336с.
23. Краснощекова, Н.С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов: учебное пособие для вузов / Н.С. Краснощекова. – М.: «Архитектура-С», 2010. – 184 с.: ил.
24. Крашенинников А. В. Градостроительное развитие урбанизированных территорий: Учебное пособие. - Саратов : Вузовское образование, 2013. -114 с., <http://www.iprbooks.hop.ru/13577>
25. Лаврик, Г.И. Методологические основы районной планировки. Введение в демозкологию : учебник для вузов / Г.И. Лаврик. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2006. - 113с.
26. Ле Корбюзье. Три формы расселения. Афинская Хартия / Ле Корбюзье; пер. с франц. Ж. Розенбаум. – М.: Стройиздат, 1976. – 136 с.
27. Метленков, Н.Ф. Роль пространственного моделирования в интенсификации процесса обучения архитектурному проектированию Текст.: автореферат дис. канд. арх. / Метленков, Н.Ф. М., 1978. – 24 с.
28. Перегудов, Ф.И. Введение в системный анализ : учеб. пособие для вузов / Ф.И. Перегудов, Ф.П.Тарасенко. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
29. Плинер, В.А. Системный подход в проектировании новых городов / В.А. Плинер. – М.: Стройиздат, 1985. – 128 с.
30. Пронин, Е.С. Теоретические основы архитектурной комбинаторики. – М: Архитектура-С, 2003. – 232 с.
31. Рочегова, Н.А. Компьютерное моделирование в процессе формирования основ архитектурной композиции (начальная стадия высшего профессионального архитектурного образования): автореф. дис...канд. арх.: 05.23.20/ Рочегова Наталия Александровна. – М., 2010. – 26 с.

32. Рыбчинский, В. Городской конструктор. Идеи и города / Витольд Рыбчинский; пер.с.англ. М.Коробочкин. - М.: Strelka Press, 2014. - 220с.
33. Системный анализ и проблемы развития городов / Ю.С. Попков, М.В. Посохин, А.Э. Гутнов и др. – М.: Наука; Гл. Редакция физ.-мат. Литературы, 1983. – 512с.
34. Системные методы исследования в архитектуре и градостроительстве. Проблемы моделирования: информационный обзор / научн. ред. А.И. Станиславский. - М.: Центр научно-технической информации по гражданскому строительству и архитектуре, 1970. - 40с.
35. Смоляр, И.М. Градостроительное планирование как система: Прогнозирование - Программирование - Проектирование: научная монография. РААСН / И.М.Смоляр. - М.: Эдиториал УРСС, 2001. - 164с.
36. Смоляр, И.М. Терминологический словарь по градостроительству / И.М. Смоляр. – М.: РОХОС, 2004. – 160 с.
37. Талапов, В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий / В.В. Талапов. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.: ил.
38. Талапов, В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В.В. Талапов.- М.: ДМК Пресс, 2015. – 409 с.: ил.
39. Урбанистика и архитектура городской среды : учебник для студ. учреждений высш. образования / Л.И. Соколов, Е.В. Щербина, Г.А. Малоян и др. ; под ред. Л.И. Соколова. — М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 272 с. — ISBN 978-5-4468-0318-7
40. Фирсова, Н.В. Урбогеосистемы Центрально-Черноземного региона: Природно-ландшафтные особенности, типология, землепользование [Текст] : монография / Фирсова Наталья Васильевна ; Воронеж. гос. архит.-строит. ун-т. - Воронеж : [б. и.], 2012 (Воронеж : Отдел оперативной полиграфии ВГАСУ, 2012). - 268 с. - ISBN 978-5-89040-409-1

41. Форрестер, Дж.В. Динамика развития города / Дж.В.Форрестер. – М.: Прогресс, 1974. – 287 с.
42. Чернявская, Е.М. Реконструкция городской среды: Учебное пособие. – Воронеж : 2003
43. Шевченко, В. Компьютерный ренессанс / В. Шевченко // А.С.С. – 2005. - № 7. – С.18.
44. Штофф, В.А. Моделирование и философия / В.А. Штофф. – М. : Наука, 1966. – 301 с.
45. Шубенков, М.В. Структура архитектурного пространства : автореф. дис. ... доктора арх. : 18.00.01 / Шубенков Михаил Валерьевич. – М., 2006. – 59 с.
46. Эшби, У. Росс. Введение в кибернетику : пер. с англ./ Росс Эшби Уильям; под. ред. В.А. Успенского. – Изд.2-е, стер. – М.: КомКнига, 2005. – 432 с.
47. Яргина, З. Н. Основы теории градостроительства: Учеб. для вузов. Спец. "Архитектура" / З. Н. Яргина, Я. В. Косицкий, В. В. Владимиров, А. Э. Гутнов, Е. М. Микулина, В. А. Сосновский. — М.: Стройиздат, 1986. — 326 с.
48. Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition. ISBN: 978-0-470-54137-1, 2011. - 648 p. July 2011
49. Jencks, Ch. Iconic building: The power of enigma / Charles Jencks. - Frances Lincoln, 2005. - 224 p.
50. Landry, Ch. The creative city: a toolkit for urban innovatores / Charles Landry. - London: Earthscan Ltd, 2000. - 240 p.

**Законодательная, справочная, нормативно-техническая  
литература**

51. Градостроительный кодекс Российской Федерации N 190-ФЗ: [федер. закон: принят Гос. Думой 29 дек. 2004г. ред. от 30.12.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2016)]. - Режим доступа : <http://www.consultant.ru/popular/gskrf/>
52. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01.-89\*. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 109 с.

### **Электронные ресурсы**

53. Экономическое значение BIM в Европе. Исследование внедрения BIM в трёх основных европейских странах: Великобритании, Германии и Франции. [Электронный ресурс] / McGraw-Hill Construction. - 2010. URL: <http://bim.construction.com/research/> (дата обращения: 10.12.2014)
54. URL: <http://www.hiteca.ru/>
55. Официальный сайт Научно-исследовательского института теории архитектуры и градостроительства Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИТАГ РААСН). URL: <http://niitag.ru/> (дата обращения: 01.12.2014).
56. Официальный сайт Российский государственный научно-исследовательский и проектный институт Урбанистики. URL: <http://www.urbanistika.ru/>.
57. Официальный сайт ЦНИИП Градостроительства РААСН. URL: <http://www.centergrad.ru/>.
58. Сайт «Задача моделирования территории города». URL: <http://www.eos-matrix.ru>.
59. Сайт о САПР. URL: <http://isicad.ru/> (дата обращения 01.06.2016)
60. Официальный сайт компании Autodesk. URL: <http://www.autodesk.ru/> (дата обращения 04.04.2016)



