

АСПЕКТЫ МАТЕМАТИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРЫ В ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКИЙ ПЕРИОД

УДК: 72.01
ББК: 85.110

Бабич Владимир Николаевич

кандидат технических наук, профессор,
“Уральский государственный архитектурно-художественный университет”,
Екатеринбург, Россия, e-mail: v.n.babich@mail.ru

Кремлев Александр Гурьевич

доктор физико-математических наук, профессор,
“Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина”.
Екатеринбург, Россия, e-mail: kremlev001@mail.ru

Аннотация

Развитие цивилизации связано с архитектурой, требующей фиксировать замыслы в изображениях, получать различные формы и пространственные конфигурации, описание которых с помощью математических методов и компьютерного моделирования обеспечивает четкость, точность, конструктивность, не всегда достижимые вербально. Математика по праву относится к важнейшим достижениям человечества, и ее задачи – решенные и нерешенные – уже много лет направляют и стимулируют творческие силы человека. Направления современной математизации архитектуры определяются продуктивными возможностями, предоставляемыми средствами информационно-математического моделирования.

Ключевые слова

информационно-математическое моделирование, синергетический подход, инновации

На этой постоянно повторяющейся и сменяющейся игре между мышлением и опытом, мне кажется, и основаны те многочисленные и поражающие аналогии и та кажущаяся предустановленная гармония, которые математик часто обнаруживает в задачах, методах и понятиях различных областей знания.
Давид Гильберт

Современная наука характеризуется междисциплинарностью (интеграция научного познания), открытостью, глобальностью и оперативной доступностью информационных источников, компьютерной насыщенностью, синергетической методологией, усилением тенденций энерго- и ресурсосбережения, экологичностью. Непременным становится компьютерное моделирование, компьютерный эксперимент. В архитектуре информационно-математическое моделирование выполняется с целью исследования объектов архитектурно-градостроительной сферы, поиска эффективных и обоснованных (экономически выгодных) решений, а в дальнейшем – инновационного управления инвестиционно-строительным процессом реализации принятого проекта.

Информационно-математическое моделирование – это инновационный подход к проектированию, строительству, обеспечению эксплуатации и ремонту объекта, к управлению жизненным циклом объекта, включая экономическую, экологическую, социальную и другие составляющие. Инновационный аспект проявляется и в интегрированном подходе к архитектурной деятельности, когда архитектор направляет работу специалистов разных профилей в процессе решения архитектурно-градостроительной задачи (от создания проекта до его реализации), что требует от

архитектора не только профессиональных знаний и умений, опыта управления людьми, но и широкой информированности (доступа к источникам информации) для обеспечения понимания всего комплекса взаимосвязанных, но разнопрофильных вопросов, влияющих на выбор конструктивных решений. В этом случае интуиция архитектора, генерирующая концептуальный замысел, определяется когнитивным базисом, формирующимся в результате освоения совокупности такой информации. Но это возможно только на базе высшего профильного образования, которое своей приоритетной целью ставит формирование компетенций, определяющих способность общего глубокого анализа решения задач планирования в архитектуре.

Суть современных процессов математизации архитектуры и градостроительства заключается в обеспечении архитектурной деятельности (как теоретической, так и практической направленности) системно-интеграционными средствами (методологическими и инструментальными), отвечающими достигнутому уровню развития науки и техники. Интенсивность этих процессов математизации определяется степенью распространенности технических/технологических достижений, глубиной их практического использования, причем в различных предметных областях. При этом важен образовательный аспект математизации: наличие субъектов архитектурной деятельности, достаточное как количественно, так и качественно, обладающих требуемыми компетенциями, способных осмыслить и применять новые методы и средства архитектурного проектирования, развивать новые подходы в теоретических исследованиях. Именно современная математизация архитектуры и градостроительства открывает новые возможности в архитектурном творчестве, способствует систематизации накопленных эмпирических знаний в сфере архитектуры и ее формализации, позволяет осмыслить качественные характеристики феномена архитектуры, механизмы формирования и развития архитектурных (градостроительных) систем, обеспечивает выход на междисциплинарный уровень познания, определяет использование методологии синергетики к исследованию структуры архитектуры и градостроительных образований.

Формализованное представление как модельное описание объекта познания (исследования) позволяет взглянуть на проблему развития современного города с позиции системного анализа. Это дает возможность четко и обоснованно сформулировать проблему развития города как совокупную задачу, оценить конкретность постановки задачи, определить переменные, сформировать критерий качества оценки процесса (целевую функцию). Последующая спецификация модельного описания отражает гомоморфное представление объекта градостроительства в виде информационно-математической модели [1]. Это позволяет выразить элементы объективной реальности города (их взаимосвязи и характеристики) на формальном языке и, далее, выполнить исследование модели, сформировать алгоритм решения.

Способы (направления) математизации архитектуры (градостроительства) можно выделить в соответствии с определением информационно-математического моделирования (ИММ).

Укажем общую концептуальную характеристику системы информационно-математического моделирования (ИММ) на основе интенционального определения ИММ, включающего его описание (в орме экспликации) как интеграционного процесса взаимодействия базовых составляющих, характеризующих разные виды (способы, формы) формализованного представления (модельного описания) объекта познания с позиции системного подхода (целостность, иерархическая организация, структурная упорядоченность, функциональные свойства, координация, целевая адаптация, процессуальные характеристики).

Информационно-математическое моделирование – это сложноорганизованный процесс построения формализованного образа объекта познания как его гомоморфного

отображения, воспринимаемого по определенным свойствам (характеристикам) как аналог этого объекта, с группами функций исследования, на основе обработки и анализа системно обоснованного информационного массива, отображающего пространственные, морфологические, структурные, функциональные, коммуникационные, процессуальные аспекты организации и функционирования объекта, путем интеграции процедур математической формализации, геометризации и информационно-технологической поддержки с целью получения новых знаний об объекте, направленных на решение задач проектирования, оптимизации, визуализации, управления, прогнозирования, объяснения фактов, построения гипотез, обучения.

Совокупный процесс ИММ включает сбор необходимой информации (в соответствии с поставленной целью), составляющей (определяющей) информационную модель исследуемого объекта, обработку полученных данных – их организацию или структурирование – и алгоритм преобразования этих данных (инкапсуляцию), формирование математической модели объекта, решение (в виде формализованных или алгоритмических процедур) необходимых аналитических задач технико-технологического, экономического, статистического и иного характера, геометризацию модели (компьютерную визуализацию), выполнение геометрических построений (преобразований), разработку численных алгоритмов с целью создания программных продуктов, получение рассчитываемой информации, используемой в процессах производства.

Системность общего процесса ИММ реальных объектов определяется взаимосвязанностью основных составляющих этого процесса (аналитической, информационной, геометрической) и достигается их интеграцией, целевой адаптацией, координацией решаемых задач в соответствии с целевой направленностью. В соответствии с [2] можно охарактеризовать основные составляющие ИММ.

Аналитическая составляющая включает:

- математическую формализацию описания объекта-оригинала (и, соответственно, интерпретацию целевой проблемы), причем, в форме, математически ориентированной на использование определенных аналитических методов исследования в рамках некоторой математической теории, таким образом формируется некоторая математическая модель;
- аналитическое решение поставленной в математической интерпретации задачи, при этом итоговый результат записывается в формальном (символьном) виде;
- алгоритмизацию итогового аналитического решения с целью использования вычислительных средств для получения числовых результатов, при этом может выполняться параметризация сформированной математической модели (это позволяет выполнить оптимизационный выбор конечного решения целевой проблемы).

Информационная составляющая включает:

- формирование массивов данных, составляющих информационное описание объекта-оригинала, что предполагает сбор данных в соответствии с целевой задачей, их пересылку и/или передачу на носителях, ввод данных в информационную систему, актуализацию данных (в соответствии с текущей обстановкой);
- обработку данных, в том числе их фильтрацию, организацию (инкапсуляцию) данных с целью их архивации, преобразования, спецификации, верификации и структурирования; а также сортировку данных (классификацию, агрегирование, интеграцию);
- анализ данных и получение обобщающих показателей (характеристик) с целью построения математической модели, ее параметризации;
- геометро-графическое представление (компьютерную визуализацию) полученной математической (аналитической или численной) модели, получение локальных (нормали, кривизны и др.) и интегральных (объем, площадь поверхности, моменты инерции и др.)

характеристик цифровой модели, работа с цифровой моделью;

- вычислительные операции, направленные на выполнение необходимых расчетов в рамках полученной модели (при получении целевых результатов), или производимые в процессе моделирования.

Геометрическая составляющая определяет выполнение:

- геометро-графической интерпретации массивов данных (информационного описания объекта-оригинала) в целях последующей визуализации в виде геометрической модели;

- оцифровки (векторизации) геометро-графических материалов на основе цифровой обработки изображений, пространственной информации;

- геометрической интерпретации аналитического описания модели, аналитического или численного решения в рамках сформированной математической модели;

- геометрических построений и преобразований (в том числе с применением компьютерных средств), необходимых для получения результатов (промежуточных или итоговых), направленных на целевое решение исходной проблемы.

Необходимо отметить, что каждая из выделенных составляющих ИММ характеризует определенный подход к описанию и изучению исследуемого объекта, отражая, таким образом, возможность получения его представления в определенной форме и определенным способом, что обеспечивает реализацию различных аспектов системного анализа, полноту исследования совместным дополнением разных системных представлений.

Так, математическая модель формируется на основании результатов компьютерной обработки данных (анализа данных, визуализации данных, вычислений, геометрических построений, процедур визуализации).

Аналитический метод решения, включая численную реализацию алгоритма решения, предполагает геометрическую интерпретацию и последующую визуализацию. Геометризация объекта проектирования позволяет рассмотреть различные варианты, внести уточнения (изменения), в том числе в аналитическое описание модели. Графический метод связан с геометризацией пространственных форм, использованием информационных технологий и построением объемных цифровых моделей объектов-оригиналов.

Применение компьютерных средств визуализации (машинной графики, компьютерной анимации) предоставляет функциональные возможности интерактивной работы с цифровой моделью, выполнение различных геометрических преобразований, внесение конструктивных изменений с последующим просмотром.

Графоаналитические методы используют практические способы геометрического представления (отображения) и конструирования объемных тел и форм, поверхностей и кривых, расчета их характеристик. При этом следует иметь в виду важную особенность геометрического моделирования: возможность практической реализации результата геометрического моделирования (например, результата инженерного проектирования). Необходимо не только получить конструктивное содержание геометрической модели, но и дать технологическое описание процесса создания (изготовления) образца.

Таким образом, каждая из составляющих ИММ является источником геометрических процедур, применяемых к модели в процессе моделирования. Процесс геометризации является составной частью процесса ИММ, включающего математическую формализацию описания исследуемого или проектируемого объекта на основе скоординированной, внутренне согласованной и системно достаточной информации об объекте.

Геометризация выполняется на основе геометро-графической интерпретации информационного описания объекта-оригинала в целях последующей визуализации в виде геометрической модели. При этом функциональная направленность (в научно-

теоретическом или конструктивно-практическом аспекте) образного представления отвечает поставленным целям исследования и определяет выбор вида модели (графического изображения), обеспечивающего ее семантические качества, когнитивные возможности, прикладные перспективы. Системный подход к пониманию геометризации как процесса геометрического моделирования требует осмысления различных аспектов его сущности, включая гносеологический, онтологический, когнитивный, морфологический, типологический, методологический.

Таким образом, направления современной математизации архитектуры определяются продуктивными возможностями, предоставляемыми средствами ИММ.

Характерные аспекты современной математизации архитектуры определяются:

- междисциплинарностью применяемых методов и используемых результатов в решении архитектурно-градостроительных проблем;
- автоматизацией получения расчетных характеристик архитектурной композиции, объектов градостроительной практики на основе компьютерных средств обработки информации;
- геометризацией объектов архитектурно-градостроительного проектирования в контексте визуализации в форме компьютерной модели;
- технологической насыщенностью (технологизацией) объектов архитектурно-градостроительной практики;
- инновационностью архитектурного процесса, результатов его реализации (от разработки нововведения и до практического использования инновации и получения выгоды);
- синергетическим подходом к пониманию феномена архитектуры, модельному представлению объектов архитектурной науки и практики как сложных открытых систем.

Математизация архитектуры связана с междисциплинарностью познания, научного поиска, возрастающими возможностями использования современных технологий, обязательно имеющих математическое сопряжение. Междисциплинарный подход базируется на интеграции знаний из различных предметных областей, способствует систематизации и обобщению знаний, нацелен на поиск новых применений результатов и идей из одних предметных областей в других.

Именно проблемно-ориентированность современной науки обуславливает междисциплинарность познания и в этом особую роль играют процессы математизации, активно происходящие в различных отраслях знания.

В отличие от объектно-ориентированных исследований (которые предметно ограничены определенным классом объектов конкретной научной дисциплины), проблемно-ориентированные исследования направлены на решение комплексных задач, связанных с несколькими областями знания, причем постановка проблемы предполагается как исходный пункт такого рода исследования.

Наряду с математическими методами решения используются информационные (компьютерные) технологии решения, проводятся вычислительные эксперименты, выполняется численная обработка математической модели. При этом особо следует отметить возможности применения современных информационных технологий, использование специализированных автоматизированных средств для обработки пространственной информации и построения объемных цифровых моделей. Геометризация объектов архитектурно-градостроительной практики использует методы геометрического моделирования, позволяющие визуализировать исследуемые объекты (их модели). Процесс геометрического моделирования на основе использования компьютерных средств визуализации дает возможность интерактивной работы с моделью (выполнение различных геометрических преобразований, внесение конструктивных изменений с последующим просмотром в различных ракурсах, получение численных

результатов, конкретизирующих количественные отношения элементов модели). Геометризация объекта проектирования позволяет рассмотреть различные варианты, внести уточнения (изменения), в том числе в аналитическое описание модели.

Функциональные возможности, предоставляемые используемой компьютерной информационной системой, определяются составом аппаратных средств и программным обеспечением.

Численная реализация полученного аналитического решения включает ряд этапов по организации и проведению вычислительного процесса: разработка, проектирование, конструирование и программная реализация конкретного вычислительного алгоритма; выбор используемых информационных технологий и средств, в первую очередь, выбор системы программирования и/или интегрированной системы, обеспечивающей выполнение требуемых вычислительных процедур.

Можно отметить следующие особенности компьютерного моделирования. Для компьютерного моделирования необходимо, прежде всего, наличие определенного программного обеспечения. Ведь разработка компьютерной модели начинается с выбора инструмента моделирования, выбора среды (программной или прикладной), в которой будет создаваться и исследоваться модель. От этого выбора зависит алгоритмическое описание модели (форма его представления). В среде программирования выполняется запись алгоритма на выбранном языке программирования – разрабатывается программа. В прикладных средах алгоритм определяется сформированной последовательностью технологических приемов, приводящей к решению поставленной задачи. Конкретная прикладная среда реализуется через пакеты прикладных программ, например табличные процессоры (электронные таблицы), комплексы компьютерной графики. При этом программное обеспечение, средствами которого предполагается выполнять моделирование, может быть как универсальным, так и специализированным (например, Autodesk AutoCAD или Graphisoft ArchiCAD, Cinema 4D или SolidWorks).

Один и тот же объект может быть описан различными моделями, можно использовать различные среды, программные средства. Выбор инструмента компьютерного моделирования определяется исследовательскими или практическими потребностями, сложностью формализованного описания модели (и использованного математического аппарата), доступностью специализированного программного обеспечения, уровнем (возможностями) технических средств исследования и т. д.

Современные объекты архитектурного (и в целом инженерного) проектирования также отличаются возросшей сложностью геометрии: пространственные криволинейные формы, морфологическая нерегулярность, структурная многоэлементность. Требуется разложить проектируемый объект на составные части, элементы; указать взаимосвязи и отношения между ними, топологические ограничения и требования к профилям элементов; дать размерное описание всех элементов и составных частей. Необходимо также определить конструктивный порядок сборки (получения) объекта. При этом потребуются описание того, как (по каким кривым) поверхности объекта соединяются друг с другом (направления касательных и нормалей в точках сопряжения). Кроме того, в процессе поиска наиболее приемлемого решения целевой задачи приходится рассматривать различные варианты, меняя те или иные количественные и геометрические параметры, которые влияют на обобщенные и интегральные характеристики проектируемого объекта. Конструктивные изменения, в свою очередь, изменяют технологические операции (способы, порядок выполнения операций, применяемые инструменты). Такой сложный процесс проектирования (многоэтапный, с итерационными периодами доработки проекта, точками возврата, характеризуемый большой трудоемкостью, базирующийся на наукоемких технологиях) без геометрической модели практически невозможен.

Более того, именно использование компьютерных средств и технологий

геометрического моделирования (систем автоматизированного проектирования) позволяет системно учесть необходимую информацию о свойствах проектируемых объектов и сопровождающих процессов и оперативно выполнить проектирование.

Проектирование объекта инженерной практики (технического изделия, механизма, конструкции, сооружения и т. д.) – это процесс решения целевой задачи с определенными исходными данными, причем способ ее решения должен отвечать существующим условиям и требованиям, предъявляемым к созданию (сборке) и функционированию объекта.

Проектирование объекта – многоэтапный процесс, включающий этапы аналитического исследования, геометрического моделирования (с вариантами компоновки, структурной организации), расчетного (по критериям прочности, устойчивости, баллистики, гидро- и аэрохарактеристикам, экономичности и др.), оптимизации характеристик объекта (физических, геометрических, функциональных, стоимостных и т. д.), визуализации, принятия решения при выборе вариантов (включая учет условий реализации проекта).

В процессе проектирования необходимо решить проблемы, связанные с корректностью описания итогового результата, представляющего последовательное представление описаний детализируемого объекта (по составу, по размерностям, по способам соединения частей и элементов, сопряжения поверхностей, точная координация одних элементов и узлов относительно других, пространственные отображения отдельных частей и в целом, все необходимые проекции и сечения). Проект, подготовленный для последующего прототипирования (реального воспроизведения), должен допускать однозначное понимание конструирования объекта и обеспечивать его технологическое воплощение.

Поэтому геометрическое моделирование позволяет преодолеть многие упомянутые проблемы, связанные с важными этапами процесса проектирования, к которым относятся:

- подготовка проектного решения (выработкой авторского замысла);
- создание эскизного проекта, представляющего общую конструкцию (основную схему) разрабатываемого объекта;
- выполнение анализа эскизного проекта, включающего аналитическое обоснование, численные расчеты, геометрические операции;
- формирование рабочего проекта, уточняющего конструкцию объекта (структуру, геометрические формы и размеры, последовательность сборки/компоновки и др.).

В процессе проектирования целевая проблема сводится к совокупной системе задач оптимизации (оптимизации многокритериальной): необходимо выбрать такое решение, которое обеспечивает комплексное выполнение функциональных, конструктивных и эстетических требований, а также учитывает социальные, экономические, санитарно-гигиенические, экологические, инженерно-технические аспекты. Результат проектирования представляется в виде технического описания, содержащего геометрические материалы и сформированную документацию (техническую, строительную и др.). Обеспечением такого описания является формирование скоординированной, внутренне согласованной, системно-рассчитываемой информации о проектируемом объекте, а также визуализированная модель как цифровой прототип проектируемого объекта. Причем имеется полное соответствие модели и представленной документации.

Электронная модель проектируемого объекта создается в системах 3D-геометрического моделирования, позволяющих эффективно выполнять необходимые геометрические операции, проводить требуемые измерения, осознанно и детализированно исследовать различные элементы объекта в модельном изображении. Поскольку 3D-модель хранится в памяти компьютера вместе с математическим описанием объекта, то можно выполнять аналитические исследования и вычислительные расчеты параллельно с геометрическим анализом визуализированной модели. Но при этом необходимо знание

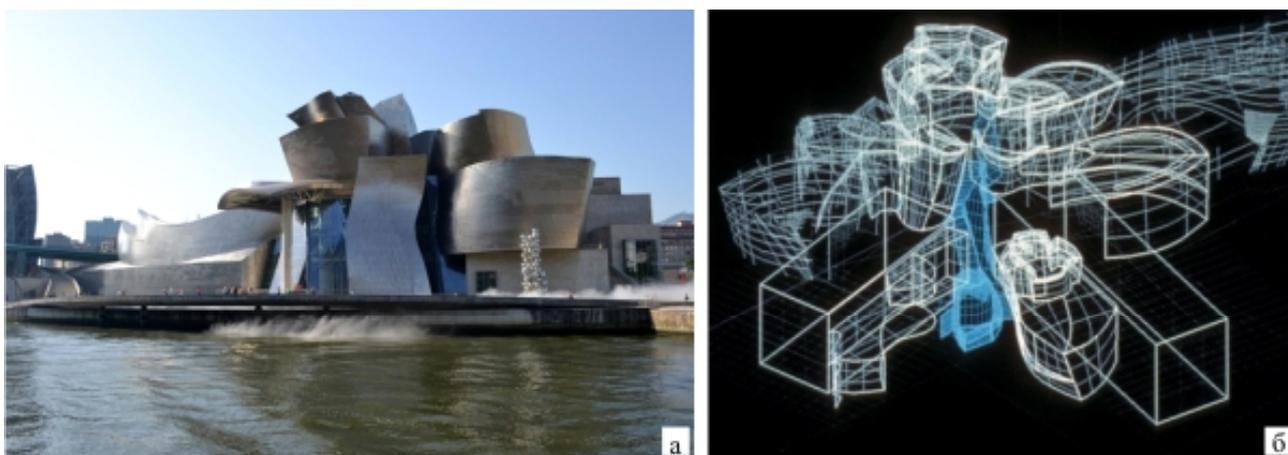


Рис. 1. Музей в Бильбао: а – внешний вид.

Источник: <http://seventour.net/wp-content/uploads/2014/05/bilbao-museum.jpg> ;

б – компьютерная 3D-модель. Источник: http://content.onliner.by/news/real/2011/12/onliner_bilbao_19.jpg

возможных методов (практических способов) геометрического моделирования и умение реализовать в соответствующей программной среде процесс построения модели объекта, сначала в эскизном виде, а затем в форме рабочего проекта. Это потребует детальной проработки не только процедуры геометрического моделирования (например, в системе CAD), но и формирования на основе геометрической модели объекта программного обеспечения производственных задач (системы САМ), инженерного анализа прочности и других технических характеристик компонентов и сборок (системы САЕ). Все эти автоматизированные системы используют геометрическую модель объекта в качестве входных данных.

Таким образом, необходимо подчеркнуть, что процесс проектирования выполняется как информационно-математическое моделирование объекта – процесс создания визуализируемой модели объекта на базе математического описания характеризующих объект зависимостей и отношений, геометризации объекта и информационной оболочки, реализуемой в соответствующей программной среде используемых программно-аппаратных средств.

Использование компьютерных средств (машинной графики) специализированного назначения позволяет значительно поднять уровень графического решения разнообразных инженерно-технических задач, в первую очередь, за счет резкого повышения точности геометрических построений. При этом появляется возможность использования в процессе моделирования различных баз графических данных (как собственных баз данных, так и распределенных). Преимущество объемного моделирования заключается в однозначной интерпретации физической формы модели, корректно отражающей возможность создания ее физического прототипа, расчета по модели объемно-массовых характеристик проектируемого объекта.

Визуализация информации (не только геометро-графической) – это важный фактор в усвоении информации, ее переработки как в творческом смысле (в научных исследованиях), так и в прагматичных целях (для практического применения).

Настоящим техногенным прорывом и демонстрацией миру потенциала компьютерного проектирования можно считать Музей Гуггенхайма в Бильбао (Испания), который спроектировал Фрэнк Гери (рис. 1). «Изначально проект, конечно, имел традиционный вид картонного макета, но только с помощью специальной компьютерной программы он стал технически и экономически реально выполнимым. С помощью компьютерной программы Ф. Гери создал трехмерную модель будущего музея, и с помощью этой же программы продолжил создание здания. Производственные

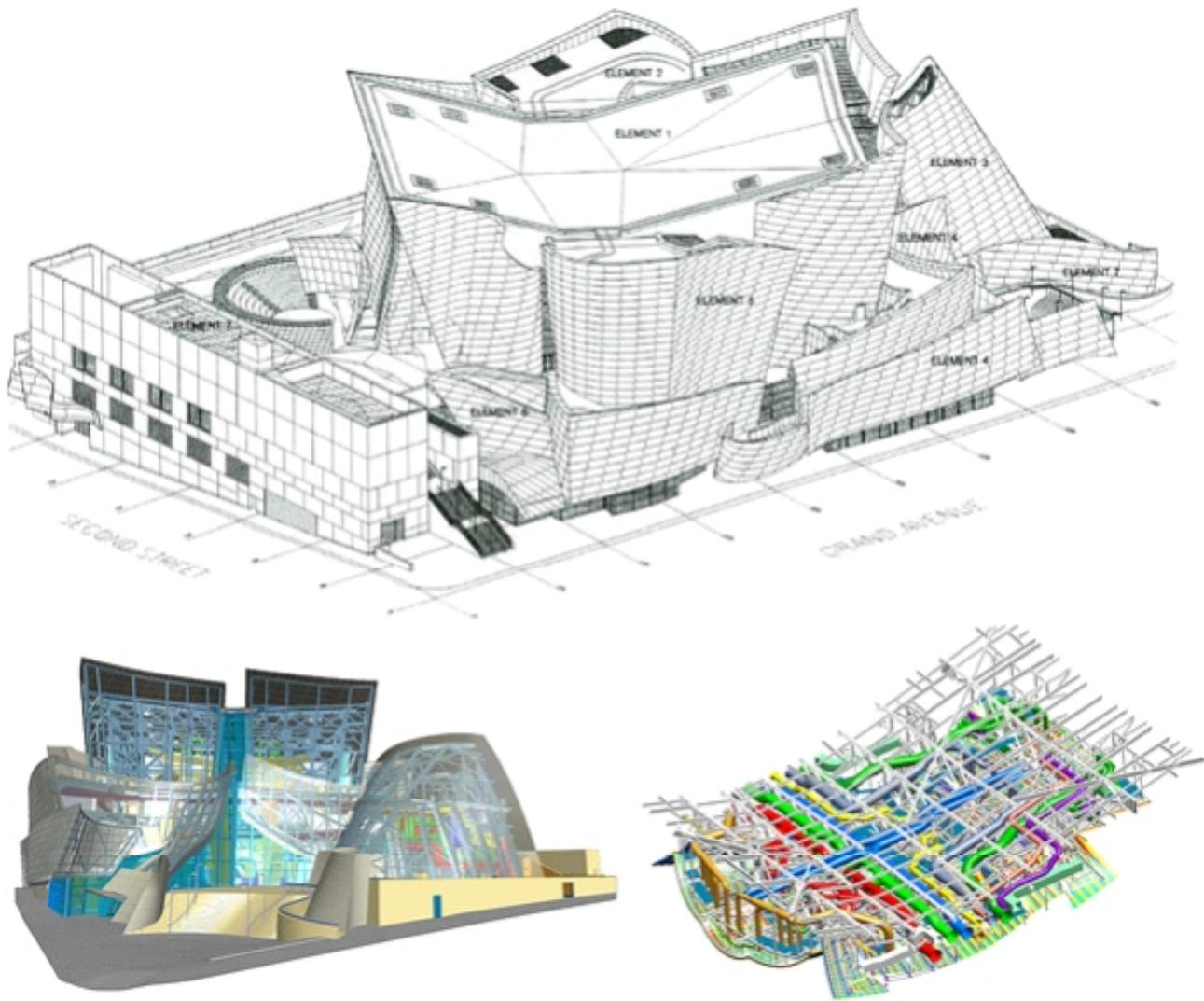


Рис. 2. Концертный зал им. Уолта Диснея в Лос-Анжелесе:
 а – моделирование формы здания, б – несущие конструкции, в – инженерное оборудование.
 Источник: http://isicad.ru/ru/articles/Talapov/BIM_Frank_Gehry/large/2.jpg

чертежи создавались программой автоматически на основе макета. Эту удивительную программу даже использовали в станках, которые изготавливали отдельные элементы здания. Точность выполнения каркаса была настолько высокой, что привычная подгонка элементов при сборке даже не потребовалась! Ни одна стальная деталь конструкции музея Гуггенхайма не повторяется, каждая – уникальна. На каждый элемент конструкции при изготовлении на заводе был прикреплен штрих-код, который впоследствии считывался на стройке. В результате элемент крепился точно на то место, которое ему предназначалось и было просчитано еще в трехмерной модели. Не менее интересно проходил и процесс облицовки конструкции. Здание музея облицовывали титановыми листами, а сложные кривые изогнутых элементов снова просчитывались с помощью компьютера. За счет этого зданию был обеспечен такой сложный, но красивый ”гнутый” силуэт» [3].

Компания Gehry Technologies – пример технологической фирмы, имеющей целью развитие компьютерных технологий в помощь проектировщикам и строителям. Продуктом этой компании является программа Digital Project – профессиональная САД-система, основанная на ядре платформы CATIA, предназначенная для архитектурно-

строительного проектирования [4]. Это полноценная программа, использующая технологию BIM (Building Information Modeling) – информационного моделирования зданий (в основе технологии BIM лежит концепция объектно-ориентированного параметрического проектирования зданий). Эта программа позволяет контролировать весь жизненный цикл строительных проектов в единой цифровой среде (на основе трехмерной модели), от проектирования и инжиниринга до производства, в том числе управление строительством и деятельностью на стройплощадке. На рис. 2 приведены результаты моделирования с помощью программы Digital Project концертного зала им. Уолта Диснея в Лос-Анжелесе (архитектор Франк Гери).

Современное общество является технологически насыщенным. Созданная человеком искусственная среда существования отражает уровень его преобразовательной деятельности, степень воздействия на естественные (природные) и социальные процессы, качество жизни людей, а также в какой мере происходит осознание (понимание) ответственности человека за свои действия (оценка новых технологий с точки зрения последствий от их внедрения). Сегодня приоритетными становятся технологии, устанавливающие примат способа над результатом деятельности с учетом социальных, экологических, экономических и других факторов. Таким образом, современный процесс технологизации, охватывая все стороны жизни человека и общества, является социально ориентированным, характеризуется возросшими требованиями к безопасности, экологии, энерго- и ресурсосберегаемости, потребительским характеристикам.

Технологическая насыщенность определяется совокупностью достигнутых технологий в материальном и духовном производстве, их распространенностью, доступностью и обеспечением устойчивого функционирования этих технологий. В процессе технологизации происходит становление, формирование и внедрение новых технологий в конкретных социальных условиях. При этом «под влиянием и давлением новых технических изобретений и изделий, новых предложений и форм обслуживания» формируются и складываются новые потребности. «Еще одна характеристика технологизации – подготовка специалистов (проектировщиков, строителей, организаторов и управленцев)... Технологизация предполагает и создание условий для воспроизводства осваиваемой технологии – формирование новых институтов, идеологической среды, научного обеспечения» [5].

Решение архитектурно-градостроительных задач в технологически насыщенной среде требует компетенций, определяющих профессиональную квалификацию, соответствующую современному научно-техническому уровню, а также фундаментализации общего образования, направленного на развитие интеллектуальных качеств, позволяющего саморазвиваться, повышать квалификацию, быть адаптированным к современному ритму жизни. Математическая и информационно-компьютерная грамотность являются важными компонентами образования, ориентированы на междисциплинарные связи и способствуют профессиональной направленности в архитектурном образовании. Это культура мыслительной деятельности, определяющая уровень развития человека, его творческих и умственных способностей.

Развитие бизнеса в области архитектуры и градостроительства идет через инновации. Передовые и успешные архитектурно-строительные компании постоянно нацелены на новшество. Они успешны не только потому, что имеют самые современные технологии и творческий потенциал, но и благодаря системному представлению инновационного процесса, более компактному видению инновационных продуктов, более глубокому развитию и рациональному использованию своих ресурсов. Инновации – это коммерциализация идей (интеллектуального продукта). Инновационный процесс всегда связан с бизнес-идеей, основанной на первоначальной инновации, и последующего

инновационного цикла. Инновационный процесс включает следующие аспекты:

- технологический (это новая технология, новый метод, новый алгоритм, новый порядок действий);
- прикладной (приложение к технологии в виде продуктов и услуг);
- рыночный, или маркетинговый, и логистический, вызванный инновационным маркетингом, инновационной логистикой и инновационным сервисом;
- организационно-управленческий, когда в результате новшеств в организационном плане появляются новые организационно-управленческие решения и инновации, при этом инновации следует рассматривать в комплексе (пакетом) и в определенной последовательности (порядок возникновения и реализации).

В таком подходе закодирована программа преобразований любой компании при внедрении какого-либо новшества. Разнообразие источников инноваций отражает нелинейность возможного хода инновационного процесса. Методология исследования инновационного процесса и его моделирования должна базироваться на системном подходе, который позволит рассматривать изучаемый объект с точки зрения состояния его внутренней структуры и влияния внешнего окружения на текущую и перспективную ситуацию.

Синергетический подход к модельному представлению сложных развивающихся систем – от отдельных архитектурных образований до городского пространства в целом – позволяет выделить факторы и условия, идентифицирующие переходные процессы: точки бифуркации, возможные флуктуации, вероятные сценарии развития, параметры ритмокаскадов, определяющие темповые характеристики. Это дает возможность не только понять и объяснить механизмы и принципы эволюции архитектурно-градостроительных систем, но и «прогнозировать и в определенной мере управлять системой посредством резонансных воздействий, что способно вывести ее на новый качественный уровень» [6].

Синергетика использует математические модели для описания нелинейных процессов самоорганизации. Компьютерная имитация на основе генерации формализованного представления архитектурно-градостроительной системы/ситуации при идентификации и параметризации иницирующих факторов позволяет рассмотреть и исследовать в динамике возможные варианты развития этой системы/ситуации.

Выводы

Современный процесс математизации архитектуры и градостроительства является интеграционным, основанным на методологии информационно-математического моделирования, охватывает в разных формах как теоретические, так и прикладные разделы архитектурной науки. Этот процесс будет расширяться в результате исследований математических факторов формообразования в архитектуре, систематизации проектного опыта и совершенствования методологии пространственной организации систем архитектурных и градостроительных объектов, комплексного взаимодействия архитекторов и специалистов разных областей строительной деятельности.

Процесс математизации архитектуры является инновационным (инструменты и методы исследования, проектирования, реализации проекта, эксплуатации объекта), позволяет качественно повысить уровень проработки проективных решений в условиях конструирования все более сложных по геометрической и коммуникационной организации архитектурно-градостроительных объектов, обеспечивает технологизацию архитектурно-градостроительной сферы, способствует появлению новых стилистических направлений, концептуальных разработок, градостроительных парадигм.

Образовательный аспект математизации архитектуры является важнейшим фактором, определяющее значение которого отражается в результативности и целенаправленности научного поиска, конкретизации концептуального замысла

(эффективность творчества архитектора), возможности реализации проектного решения (практическая согласованность операций и работ, функционально-конструктивная корректность модели). Образовательный аспект – это социальная (и при этом базовая) характеристика технологизации архитектурно-градостроительной сферы.

Библиография

1. Бабич, В. Н., Кремлёв, А. Г. Информационно-математическое моделирование в задачах архитектуры и градостроительства [Электронный ресурс] / В. Н. Бабич, А. Г. Кремлёв // Архитектон: Известия вузов. – 2012. – № 1(37). – URL: http://archvuz.ru/2012_1/5
2. Бабич, В. Н., Кремлёв, А. Г. Геометрическое моделирование архитектурных форм и градостроительных структур [Электронный ресурс] / В. Н. Бабич, А. Г. Кремлёв // Архитектон: Известия вузов. – 2015. – № 2(50). – URL: http://archvuz.ru/2015_2/2
3. Музей Гуггельхайма в Бильбао [Электронный ресурс] // Worlds museums. – URL: <http://wmuseum.ru/ispaniya/154-muzei-guggenhausma-v-bilbao.html>
4. Талапов, В. Технология BIM: новаторство Фрэнка Гери объединяет сторонников [Электронный ресурс] / В. Талапов. – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14753
5. Розин, В. М. От социальной технологизации к новой типологии архитектурно-строительных объектов [Электронный ресурс] / В. М. Розин // Урбанистика. – 2015. – № 2. – С. 1-39. DOI: 10.7256/2310-8673.2015.2.16365. – URL: http://e-notabene.ru/urb/article_16365.html
6. Плохов, Ю. «Акупунктура города» – этап становления / Ю. Плохов, Д. Фесенко // Архитектурный вестник. – 2010. – № 2 (113). – С. 46-51.

Произведение «АСПЕКТЫ МАТЕМАТИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРЫ В ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКИЙ ПЕРИОД», созданное автором по имени Бабич Владимир Николаевич, Кремлев Александр Гурьевич, публикуется на условиях лицензии Creative Commons «Attribution-NonCommercial-ShareAlike» («Атрибуция — Некоммерческое использование — На тех же условиях») 4.0 Всемирная.

Разрешения, выходящие за рамки данной лицензии, могут быть доступны на странице v.n.babich@mail.ru.



Бабич Владимир Николаевич
кандидат технических наук,

Уральский государственный архитектурно-художественный университет,
Екатеринбург, Россия, e-mail: v.n.babich@mail.ru

Кремлев Александр Гурьевич
доктор физико-математических наук,

Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Екатеринбург, Россия, e-mail: kremlev001@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.01.2016

Электронная версия доступна по адресу: http://archvuz.ru/2016_1/2

© В.Н. Бабич 2016

© А.Г. Кремлёв 2016

© УралГАХУ 2016

ISSUES IN MATHEMATIZATION OF ARCHITECTURE IN THE POST-NONCLASSICAL PERIOD

Babich Vladimir N.

C.Sc. (Technology),
Ural State University of Architecture and Arts,
Ekaterinburg, Russia, e-mail: v.n.babich@mail.ru

Kremlev Alexander G.

D.Sc. (Physics and Mathematics),
Ural Federal University,
Ekaterinburg, Russia, e-mail: kremlev001@mail.ru

Abstract

The evolution of civilisation is associated with architecture. Architects embody ideas in images and construct various forms and spatial configurations, description of which by mathematical methods and computer simulations provides the clarity, accuracy and structure that are not always achievable verbally. Mathematics is by right among the major achievements of humankind, and its problems, whether solved or unsolved, have been guiding and stimulating human creativity for many years. Trends in contemporary mathematization of architecture are defined by the productive capabilities provided by information and mathematical modelling technologies.

Key words

information and mathematical modelling, synergetic approach, innovation

References

1. Babich, V.N., Kremlev, A.G. (2012) IT-Based Mathematical Modelling for Addressing Architecture and Town-Planning Challenges. *Architecton: Proceedings of Higher Education*. No.1(37). Available from: http://archvuz.ru/2012_1/5 (in Russian)
2. Babich, V.N., Kremlev, A.G. (2015) Geometric Modelling of Architectural Forms and Urban Planning Structures. *Architecton: Proceedings of Higher Education*. No.2(50). Available from: http://archvuz.ru/2015_2/2 (in Russian)
3. <http://wmuseum.ru/ispaniya/154-muzey-guggenhayma-v-bilbao.html> (in Russian)
4. Talapov, V. BIM Technology: Frank Gehry's innovation unites supporters [Online]. Available from: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14753 (in Russian)
5. Rozin, V.M. (2015) From Social Technologization to a New Typology of Architecture and Building Objects [Online]. *Urbanistika*, No. 2, pp. 1-39. DOI: 10.7256/2310-8673.2015.2.16365. Available from: http://e-notabene.ru/urb/article_16365.html (in Russian)
6. Plokhov, Yu. and Fesenko, D. (2010) «Acupuncture for the City» – a Stage in Evolution. *Arkhitekturny Vestnik*, No. 2 (113), pp. 46-51. (in Russian)

Article submitted 21.12.2015

The online version of this article can be found at: http://archvuz.ru/2016_1/1

© Vlasov V.G. 2016

© USUAA 2016