

ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

УДК: 72.01
ББК: 85.110

Горнева Ольга Сергеевна

кандидат архитектуры, доцент,
«Уральская государственная архитектурно-художественная академия»,
Екатеринбург, Россия, e-mail: hjule@yandex.ru



Титов Сергей Сергеевич

доктор физико-математических наук, профессор,
«Уральская государственная архитектурно-художественная академия»,
Екатеринбург, Россия



Аннотация

Статья посвящена математическим методам в архитектуре. В ней впервые сформулирован и рассмотрен комплекс проблем интеграции математических методов в архитектурное проектирование. В качестве их возможного решения предложена концепция дисциплины «архитектурная математика» в рамках преподавания учебного архитектурного проектирования.

Ключевые слова

математизация проектирования, архитектурное проектирование, архитектурная математика

Во второй половине XX века произошел пересмотр архитекторами роли математики в проектировании. Пример биологии, лингвистики, социологии – дисциплин, пытающихся перейти на математические рельсы, которые позволяют ускорить развитие науки, показал, что новые (относительно новые, поскольку существует определенное запаздывание между разработкой метода в математике и его применением к решению прикладных задач) математические методы могут быть полезным инструментом, в частности для градостроительства [1].

Тем не менее, несмотря на попытки математизировать архитектурное проектирование, проникновение математики в него до сих пор довольно локально, а некоторые методы (например, методы дискретной математики) еще только ищут свое место в архитектурной системе. Почему это происходит? С какими трудностями раз от раза сталкиваются исследователи и разработчики? Этой проблеме, а также возможным вариантам ее решения и посвящена статья.

Проведенное авторами исследование [5], частью которого был анализ источников, посвященных математическим методам в архитектуре (Авдотьина [1], Фридмана [12], Пронина [10], Фирсова [11] и др.), позволило выявить и сформулировать комплекс проблем, возникающих при попытках ввести математические методы в архитектуру.

Проблема №1. В архитектурной науке к настоящему времени не сложились условия, необходимые для ее математизации с последующим переходом выработанных методов

на уровень архитектурного проектирования. Внедрение математических методов в сферу архитектурного проектирования невозможно без их первоначальной переработки архитектурной наукой. Первое условие математизации – обобщение достигнутого и выделение некоторого количества основных положений (аксиом), которые содержали бы точное описание взаимосвязей между элементарными понятиями и служили бы определениями этих понятий. Второе условие – каждое утверждение науки должно вытекать из ее аксиом. Вследствие относительной молодости архитектурной науки и ее довольно «рыхлой» синтетичности, эти условия в настоящий момент не выполняются. В качестве примера можно привести работу О. Бюттнера и Э. Хампе [3], посвященную несущим конструкциям и структурам. Пытаясь дать определение этим понятиям, авторы анализируют высказывания известных специалистов и приходят к следующим выводам: «В прошедшие века в строительстве сформировались многочисленные названия, понятия и определения, восходящие своими корнями к другим отраслям человеческой деятельности. Эта терминология, создание которой происходило порой с различных профессиональных позиций и с разной степенью точности того или иного определения, со временем прочно вошла в лексикон инженера и архитектора, хотя отдельные понятия зачастую не имели четких смысловых границ, а иногда один и тот же термин в зависимости от контекста мог обладать даже совершенно противоположным значением. В последние годы систематизация терминологии в строительстве приобрела большое значение в связи с развитием различных теорий и методов проектирования. Возникновение теории моделирования, теории решений и теории систем потребовало создания научной и логически целостной системы понятий» [3, с.17]. В СССР книга вышла в 1983 году, но проблема разработки научной системы понятий до сих пор остается актуальной.

Тем не менее отдельные области архитектурной науки поддаются относительной формализации и впоследствии их методы находят применение в архитектурном проектировании. В основном это делается на базе конкретного математического метода, под который формулируются аксиомы и базовые понятия, как было, например, при разработке системы «Квартирограф» И. Фридмана [12], основанной на теории графов.

Проблема №2. Между архитектурой и математикой существует языковой («концептуальный») барьер. Как правило, взаимодействие архитекторов и математиков сильно затруднено уже на первом этапе совместной работы, когда формулируется цель исследования, определяются задачи и методы. Почему это происходит?

Сопоставление математических и архитектурных терминов с соблюдением условий смысловой «однородности», омонимичности и значимости для дисциплин показывает, что параллели между ними действительно существуют. Проблема, однако, заключается в том, что, во-первых, строгое определение термина не исчерпывает всей информационной емкости понятия (по В.В. Налимову) [8], поэтому необходимо знать все концепции, которые с ним связаны. Это позволяет определить раздел математики и методы, необходимые для последующего моделирования. Во-вторых, математика и архитектура предполагают разные уровни абстракции.

Пример такого разночтения можно обнаружить в книге известного советского архитектора А.И. Гегелло «Из творческого опыта: Возникновение и развитие творческого замысла» [4]. Описывая систему пропорций, спонтанно возникшую при проектировании изолятора одной из больниц Ленинграда, он употребляет термин «простые числа». Однако для математика необходимость применения данного термина здесь неочевидна, поскольку в математике «простое» число – это число, которое делится нацело только на единицу и на само себя. Из текста этого не видно, поскольку автор вкладывает в данный термин иной смысл, отличный от математического. Также автор сообщает нам о восьми процентах отклонения от абсолютного модуля, получившегося у него из-за того, что система пропорций не была обдумана заранее. В масштабе проекта в целом эти восемь

процентов не являются большой погрешностью. Тем не менее понимание дискретности у архитектора и у математика в данном случае будет различным, поскольку для математика отклонение в восемь процентов недопустимо при постулировании дискретности и целочисленности.

В-третьих, существует проблема понимания математического текста, содержащего формулы, поскольку для этого необходимо затратить усилия на его «дешифровку», проверку на доказуемость и усвоение необходимых абстракций.

Проблема №3. Архитекторы и математики работают в разных диапазонах абстракции (эти диапазоны перекрываются, что дает шанс на взаимопонимание). Сами математики говорят о своей науке, что это «поиск аналогий среди аналогий», т.е. указывают на высокую степень абстрагирования математических моделей от реальных процессов, которые они моделируют. Мышление же архитектора акцентируется на конкретности материала и конструкций. Проблема состоит в возникновении трудностей при переходе от конкретики архитектурной задачи к математической модели и наоборот.

В качестве первого примера приведем ситуацию, сложившуюся вокруг Парфенона и теории пропорций. Существует целый круг работ по архитектурному пропорционированию, в которых важное место занимает исследование системы его пропорций.

Однако А. К. Буров в своей книге «Об архитектуре», описывая Парфенон, говорит о нем как о «необычайном сооружении архитектуры, не имеющем ни одной вертикали и ни одной горизонтали, сооружении, в котором все сделано наклонно, конкавно и конвексно – для того, чтобы казаться прямым и вертикальным» [2, с. 14]. Таким образом, исследователи при составлении пропорциональных систем создают весьма приближенные, а не точные математические модели, поскольку первое приближение они совершают уже на начальном этапе исследования при обмерах памятника, вследствие несовершенства измерительных приборов и методик.

Второй пример касается разработки и расчета форм оболочек. Курт Зигель в книге «Структура и форма в современной архитектуре» пишет об оболочковых конструкциях: «Тектоническая форма подчиняется другим, не только геометрическим законам. Часто упоминаемая кривая давления не всегда является параболой. Хотя она и похожа на нее, но лишь в редких случаях ей тождественна. Кривая давления меняется в зависимости от нагрузки. Элементарная геометрия окружности, цилиндра и шара имела, с точки зрения строительства и математической постигаемости, большое значение, но она не была связана с несущей способностью оболочек» [7, с. 234]. Расчет «произвольной формы» (оболочки), если эта форма тектонична, а не скульптурна (как капелла в Роншане Ле Корбюзье), требует более сложных методов расчета, чем оболочка простой геометрической формы. Современное программное обеспечение позволяет эти расчеты сделать. Проблема не столько в расчетах, сколько в реализации оболочки в натуре, т.е. в переводе математической модели в материал, связанном с трудностями строительного производства работ, которые не рассчитываются конструкторской программой.

Таковы основные проблемы интеграции математических методов в архитектурное проектирование. Решение их довольно затруднительно, поскольку мы не можем ускорить развитие архитектурной науки только лишь принятием декрета об ускорении ее развития. Тем не менее решение есть. В работе «Математические методы и модели в архитектуре (на примере учебного архитектурного проектирования)» введено понятие «архитектурная математика» [5]. Что это такое? Образовалась достаточно устойчивая область взаимодействия архитектуры и математики. Она обладает довольно четкой структурой: определенный круг задач градостроительства и объемной архитектуры, для решения которых использованы определенные математические методы (пусть и разрозненные). В настоящий момент общепринятого термина «архитектурная математика» и одноименной дисциплины, которая включала бы в себя всю совокупность разрабатываемых методов,

не существует. Однако создание подобной дисциплины позволило бы осмысленно и комплексно работать над решением сформулированных ранее проблем интеграции математики и архитектуры.

При этом авторы полагают, что первые шаги по разработке архитектурной математики необходимо начинать не с выделения ее в отдельную область архитектурной науки, а с введения в курс обучения архитекторов в качестве учебной дисциплины. Это позволило бы сформировать у будущих архитекторов понимание места математических методов в системе архитектурного проектирования, отработать первичные модели диалога архитектуры и математики на уровне введения в специальность, подготовить тех, кто будет в дальнейшем участвовать в создании «большой» архитектурной математики.

Разработки в этом направлении ведутся, в частности А.И. Фирсовым [11], предложившим программу факультативного спецкурса-семинара «Избранные главы математики для архитекторов» для Московского архитектурно-художественного института.

Авторы статьи предполагают развивать подобный подход. Однако сформулированные ранее проблемы математизации архитектурного проектирования показывают, что прямое заимствование математических методов и терминологии невозможно. Соответственно, невозможно использование традиционных методик преподавания математики. Перед нами встают три важных вопроса: чему и зачем учить? что необходимо для реализации концепции дисциплины? какова методика преподавания?

1. Введение в процесс обучения математических элементов позволит студенту освоить эффективные методики, дающие возможность сократить время на верификацию результатов проектирования, нахождение интересных композиционных решений и т.д. «Игра в проектирование», введение кажущихся парадоксальными с точки зрения профессионального архитектора параметров модели, их «надуманность» позволяет не только показать действенность математических инструментов, но и выйти за пределы конкретики, натренировать профессиональную интуицию [5]. Занятия математикой структурируют мышление, учат переносить свойства одного объекта на другой (аналогии) и распознавать ситуации, когда такой перенос невозможен. Это тот самый компонент неявного знания [5], который в силу неясности не всегда осознается. И поэтому не всегда правильно оценивается тот вклад, который вносится в процесс обучения архитектора.

2. Условия для реализации концепции дисциплины вытекают из проблем математизации архитектурного проектирования. Первым необходимым условием является разработка архитектурно-математического словаря, включающего в себя и такие «базовые» термины как «точка», «линия», «плоскость», «пространство» и пр., вторым – отбор математических методов и разработка модельных задач на архитектурной основе. Архитектурно-математический словарь поможет преодолеть «концептуальный» барьер между дисциплинами и найти те области, в которых диапазоны абстракции математики и архитектурного проектирования перекрываются. Отбор математических методов позволит пополнить список традиционных методов. В частности, познакомить студентов с методами дискретной математики, например – с теорией графов. Разработка модельных задач на архитектурной основе необходима не только для наглядности материала, но и для того, чтобы показать разницу между архитектурным взглядом на математику и математическим – на архитектуру.

3. Прототипами для разработки методики преподавания дисциплины «Архитектурная математика» могут послужить три подхода, взаимно дополняющие друг друга: принцип изложения материала, связанный с именем древнегреческого математика Диофанта; педагогический принцип Дж. Пойа, предложенный в книге «Математическое открытие»; и подход математиков-прикладников, работающих в междисциплинарных сферах.

Труды Диофанта, в отличие от трудов Евклида, являются не последовательным

изложением аксиоматической теории, а набором примеров и задач, в решении которых он излагает свои идеи, методы и гипотезы. То есть, решая задачи, в которые встроены диофантовы положения, человек исподволь, в комплексе, овладевает материалом [5].

По аналогии с подходом математиков, работающих в междисциплинарных областях, в частности, подходом В.Ф. Зайцева [6], мы предлагаем внедрение в процесс обучения архитектора несложных модельных задач, преподавание элементарных методик, не только математических, но и логических, которые не умаляют значение «творческого полета», но позволяют обосновать некие интуитивно возникшие решения. С этим созвучен принцип, предложенный Пойа, который звучит как «одна четверть математики, три четверти здравого смысла» [9], это дает необходимую конкретику в рамках предложенной модели.

Создание архитектурной математики не даст мгновенного решения проблем, возникающих при интеграции математических методов в архитектурное проектирование. Однако ее разработка поможет подготовить почву для того, чтобы условия, необходимые для математизации, сложились; даст будущим архитекторам системное представление о месте математических методов в архитектурном проектировании, новые интересные инструменты, которые они будут использовать в проектной деятельности; и избавит их от «аллергических реакций» на формулы.

Библиография

1. Авдотьин, Л.Н. Применение вычислительной техники и моделирования в архитектурном проектировании / Л.Н. Авдотьин. – М.: Стройиздат, 1978. – 255 с.
2. Буров, А.К. Об архитектуре / А.К. Буров. – М.: Гос. изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960. – 146 с.
3. Бюттнер, О., Хампе, Э. Сооружение – несущая конструкция – несущая структура / О. Бюттнер, Э. Хампе; пер. с нем. Ю.М. Веллера. – М.: Стройиздат, 1983. – 340 с.
4. Гегелло, А.И. Из творческого опыта: возникновение и развитие творческого замысла / А.И. Гегелло. – Л.: Гос. изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. – 376 с.
5. Горнева, О.С. Математические методы и модели в архитектуре (на примере учебного архитектурного проектирования): автореф. дис. ... канд. архитектуры: 05.23.20 / О.С. Горнева. – Н. Новгород., 2010. – 132 с.
6. Зайцев, В.Ф. Математические модели в точных и гуманитарных науках / В.Ф. Зайцев. – СПб: Изд-во библиотеки Акад. наук, 2006. – 112 с.
7. Зигель, К. Структура и форма в современной архитектуре / К. Зигель; пер. с нем. Г.М. Гольденберга; под ред. В.Г. Гроссмана, А.И. Серебряной. – М.: Стройиздат, 1963. – 267 с.
8. Налимов, В.В. Вероятностная модель языка: о соотношении естественных и искусственных языков / В.В. Налимов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1979. – 303 с.
9. Пойа, Дж. Математическое открытие. Решение задач: основные понятия, изучение и преподавание / Дж. Пойа; пер. с англ. В.С. Бермана; под ред. И.М. Яглома. – М.: Наука, 1970. – 452 с.
10. Пронин, Е.С. Теоретические основы архитектурной комбинаторики: учеб. для вузов / Е.С. Пронин. – М.: Архитектура – С, 2004. – 232 с.
11. Фирсов, А.И. Архитектурная теория множеств. Теоретико-множественные методы в архитектурном и градостроительном проектировании: учеб. пособие / А.И. Фирсов. – М.: Ладыя, 2000. – Вып.1. – 64 с.
12. Фридман, И. Научные методы в архитектуре / И. Фридман; пер. с англ. А.А. Воронова. – М.: Стройиздат, 1983. – 160 с.

Статья поступила в редакцию 31.01.2013

INTEGRATION OF MATHEMATICAL METHODS INTO ARCHITECTURAL DESIGN

Gorneva Olga S.

PhD (Architecture), Associate Professor,
Ural State Academy of Architecture and Arts, Ekaterinburg, Russia

Titov Sergey S.

Doctor of Science (Mathematics), Professor,
Ural State Academy of Architecture and Arts, Ekaterinburg, Russia

Abstract

The article deals with mathematical methods in architecture. It formulates and considers a range of issues relating to the integration of mathematical methods into architectural design. The study carried out by the authors suggests the following conclusions. Firstly, at the moment there are no conditions in the architectural science that could ensure its mathematization with subsequent progress of any methods thus worked out to the level of architectural design. Secondly, there is a language barrier between architecture and mathematics. Thirdly, architects and mathematicians operate abstractions of differing scope. The authors believe that the establishment of «Architectural Mathematics» as a discipline would enable the earlier stated problems connected with the integration of mathematics to be approached in a meaningful and comprehensive manner. The first steps in the development of architectural mathematics should involve its introduction into architectural training as a study discipline rather than establishing it as a separate area of architectural science. This would allow would-be architects to understand the place of mathematical methods in architectural design, produce essential models of dialogue between architecture and mathematics at the level of introduction to the speciality, and train those who would then participate in the creation of a “big” architectural mathematics. In conclusion, the authors propose a concept of «Architectural Mathematics» as a discipline within the framework of a course of architectural design.

Key words

mathematization design, architectural design, architectural mathematics

References

1. Avdotyn, L.N. (1978) Application of computer technology and modelling in architectural design. Moscow: Stroyizdat.
2. Burov, A.K. (1960) On architecture. Moscow: State Publishing House on Civil Engineering, Architecture and Building Materials.
3. Büttner, O., Hampe, E. (1983) Construction – structural frame – bearing structure. Translated from German by Yu.M. Veller. Moscow: Stroyizdat.
4. Gegello, A.I. (1962) From creativity experience: the emergence and development of a creative concept. Leningrad: State Publishing House for Literature on Civil Engineering, Architecture and Building Materials.
5. Gorneva, O.S. (2010) Mathematical methods and models in architecture (with reference to academic architectural design). Author’s summary of PhD Dissertation: 05.23.20. Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.
6. Zaitsev, V.F. (2006) Mathematical models in science and scholarship. Saint-Petersburg: Publishing House of the Academy of Sciences Library.
7. Siegel, C. (1963) Structure and form in modern architecture. Translated from German by G.M. Goldenberg. Moscow: Stroyizdat.

-
8. Nalimov, V.V. (1979) Probabilistic model of language: on relationship between natural and artificial languages. 2nd edition. Moscow: Nauka.
 9. Polya, G. (1970) Mathematical discovery: on understanding, learning and teaching problem solving. Translated from English by V.S. Berman. Moscow: Nauka.
 10. Pronin, E.S. (2004) Theoretical basics of architectural combinatorics. Moscow: Arkhitektura-S.
 11. Firsov, A.I. (2000) Architectural theory of sets. Theory of sets methods in architectural design and town planning. Moscow: Ladya, 2000.
 12. Friedman, Y. (1983) Towards a Scientific Architecture. Translated from English by A.A. Voronov. Moscow: Stroyizdat.