

ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ, ВЕЛИЧИНЫ e И π В АРХИТЕКТУРНОЙ КОМПОЗИЦИИ

УДК 74:72.013
ББК 30.18:85.11

С.В. Семка

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина

Аннотация

Исследование связано с анализом развития теории комплексного пропорционирования в архитектурном формообразовании и дизайне. Рассмотрены проблемы назревшего кризиса между научно-теоретической и инструментально-практической составляющей пропорционирования как современной науки. Методология исследования состоит из формирования системы способов и принципов поиска пропорциональных зависимостей между «золотым сечением» и другими постоянными, которая позволяет выявить соотношения между ними в окружающем мире. Методология позволяет рассматривать пропорционирование в дизайне и архитектуре как отдельную науку (или научное направление) с наметившейся научно-теоретической и инструментальной базой. Новизна исследования состоит в поиске ранее не известных соотношений «золотого сечения» с другими постоянными величинами, выявлении закономерностей, выраженных в виде формул. Эти формулы в большинстве своём носят линейный характер, но в будущем такое пропорционирование, выполненное с помощью компьютерных технологий, может получить новый импульс к развитию его инструментальной базы для того, чтобы детально описывать, исследовать и применять системы гармонизации объёмно-пространственных композиций в дизайне архитектурной среды. В результате может быть найдено недостающее звено между теорией и практикой пропорционирования как самостоятельного направления осуществления исследований в рамках формообразования и гармонизации архитектурного пространства.¹

Ключевые слова: пропорции, гармонизация пространства, «золотое сечение», архитектура и дизайн, системы пропорционирования, соотношения пропорций

GOLDEN RATIO, FIGURES e AND π , IN ARCHITECTURAL COMPOSITION

S. Sjomka

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

Abstract

The study is related to the analysis of the development of the theory of complex proportioning in architectural shaping and design. Considers the problem urgent crises as between the theoretical and instrumental-practical component of proportionaria as modern science. The research methodology consists of the formation of a system of methods and principles of finding proportional relationships between the "Golden section" and other constants, which allows to identify the relationship between them in the world. The methodology allows us to consider the proportion in design and architecture as a separate science (or scientific direction) with the existing scientific-theoretical and instrumental base. The novelty of the study is in the search for previously unknown ratios of the "Golden section" with other constant values, the identification of patterns expressed in the form of formulas. These structures are mostly linear in nature, but

¹ **Для цитирования:** Семка С.В. Золотое сечение, величины e и π в архитектурной композиции // Architecture and Modern Information Technologies. – 2019. – №1(46). – С. 248-262 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://marhi.ru/AMIT/2019/1kvart19/18_semka/index.php

in the future such a proportionation, made with the help of computer technology, can get a new pulse to the development of its tool base in order to describe in detail, to follow and to apply the system of harmonization of spatial compositions in the design of the architectural environment. As a result, the missing link between the theory and practice of proportionation as an independent direction of research within the framework of formation and harmonization of architectural space can be found.²

Keywords: proportions, harmonization of space, "Golden section", architecture and design, systems of proportionation, proportions

Постановка проблемы

В современной архитектуре и дизайне появляются новые и новые понятия и термины, обусловленные её динамичным развитием, и требующие постоянного исследования, комплексного анализа и систематизации результатов. Особенно это важно в системе архитектурно-художественного и дизайнерского образования, где терминология и методология преподавания играют важную роль в профессиональной подготовке молодых специалистов (архитекторов, художников, дизайнеров, конструкторов). Так, например, в рамках гармонизации архитектурного пространства всё меньше говорят о пропорционировании как средстве архитектурной композиции, способе улучшить ее параметры, сделать среду более комфортной, приятной для зрителя в композиционно-стилевом и художественно-эстетическом отношении.

Исследования в области пропорционирования интенсивно проводились всегда, но до середины XX века они касались преимущественно плоскостного графоаналитического исследования памятников классической архитектуры. В основном это были наиболее выразительные храмы Афинского Акрополя – Парфенон и Эрехтейон. При этом на них часто накладывались фигуры людей чтобы выявить и подчеркнуть закономерности гармонии в живой природе и в архитектуре. Но, к сожалению, дальше неевклидовой геометрии все эти исследования не сдвинулись с места, даже в системе «пространство–время». Примитивный плоскостной подход к анализу архитектуры фасадов сохранился до наших дней. Он не даёт полного представления о целостном объёмно-пространственном решении здания или архитектурного комплекса. Для подобной полноценной гармонизации архитектурной среды необходимо создать *комплексную систему анализа и гармонизации отдельных объектов* методами пропорционирования и согласования композиционно-стилистических особенностей их построения. Осуществить эту задачу в наше время возможно лишь возобновив и развив теорию комплексного пропорционирования, а также пропустив её через призму современных технологий, существующих социальных сетей, компьютерного моделирования и экспериментального проектирования. Для того, чтобы успешно решать проблемы гармонизации пространства (в частности архитектурной среды), необходимо осуществить ряд следующих мероприятий:

- детально проанализировать наработанные методологические основы пропорционирования на базе неевклидовой геометрии;
- выявить место пропорционирования в общей системе средств архитектурной композиции;

² **For citation:** Shevchenko M. Golden Ratio, Figures e and π , in Architectural Composition. Architecture and Modern Information Technologies, 2019, no. 1(46), pp. 248-262. Available at: http://marhi.ru/eng/AMIT/2019/1kvart19/18_semka/index.php

- рассматривать пропорционирование в архитектурном формообразовании только лишь в комплексе с другими средствами архитектурной композиции и выявленными в процессе этого исследования приемами гармонизации объемных моделей;
- гармонизировать формы исключительно с учетом характера, структуры и стилистики существующей окружающей архитектуры;
- объединять в пропорциональном анализе структуру не одного, а нескольких сопредельных факторов проектируемого здания;
- рассмотреть возможность комплексного восприятия проектируемого объекта в движении потенциального зрителя с помощью современных компьютерных программ;
- выявить научно-методические основы системного подбора наилучших видовых точек, обеспечивающих яркое комплексное целостное восприятие объекта зрителем;
- сформировать комплексную научно обоснованную теорию использования метода пропорционирования в процессе гармонизации архитектурного пространства на различных планировочных уровнях;
- проанализировать возможность использования методики пропорционирования и гармонизации архитектурных объектов в дизайне архитектурной среды (в ландшафтном дизайне и дизайне интерьера);
- выявить особенности применения пропорций на различных уровнях архитектурного формообразования на основе анализа предшествующих исследований [10, 11, 12, 13].

В статье осуществляется попытка рассмотреть три первых пункта из перечисленного выше списка.

Исследование закономерностей в живой природе на протяжении тысячелетий позволило человечеству выявить в ней основные соотношения, а пропорционирование (как наука и как инструмент исследования) стало основой формообразования для представителей многих творческих профессий: художников, скульпторов, архитекторов. Начиная от наскальных рисунков до современных сложных систем городских структур человек-творец везде использовал принцип пропорционирования, т.е. предварительно выявлял существующие закономерности в построении и формообразовании подобных форм (независимо от того, природные это формы или антропогенные). И только потом исследователь имел возможность приступить к самому творческому процессу, синтезируя идеи из опыта предшественников.

Занимаясь исследовательской деятельностью, ученые-архитекторы настойчиво пытались постичь тайны живой природы и перенести их в процессы формообразования. Так появились понятия «двойной квадрат», «египетский треугольник», «золотое сечение», целочисленные отношения, которые через числа ряда Фибоначчи выражают золотое сечение. Пытливый ум зодчих Средневековья настойчиво пытался постичь пропорциональные закономерности построения ордерных систем греческих и римских ордеров. К сожалению, безжалостное время и многочисленные пожары (в т.ч. в Александрийской библиотеке) уничтожили папирусы и документы, прямо доказывающие, что в основе построения ордеров Древней Греции и Древнего Рима лежало именно такое деление основных элементов на модули и парты. На самом деле это просто довольно красивая теория ученых Средневековья, которых очень привлекало совершенство классических архитектурных форм в союзе с обожествлением пропорций тела человека («божественная пропорция»).

Лука Пачолли, Леонардо да Винчи открыли человечеству доступ к пропорциям, обожествляемым людьми – пропорциям «золотого сечения». Закономерность этих соотношений была выявлена не только в закономерностях построения человеческого тела, но и во многих пропорциях элементов живой природы: размножении кроликов, пропорциях стебля злаковых растений и т.п. На основе пропорций человеческого тела были созданы *модулы* Леонардо да Винчи и Ле Корбюзье, которые формировали целостную систему соотношений человеческого тела, что делало возможным их адаптацию к различным процессам формообразования в архитектуре.

Золотое сечение до сих пор остается загадкой, поскольку исследователи до сих пор не смогли объяснить его природу. Золотое сечение выражается такой формулой:

$$\frac{\sqrt{5}-1}{2} = \frac{2}{\sqrt{5}+1} = 0.618034.$$

Эти многочисленные исследования постепенно подвели нас к поискам ответа на вопрос: «Можно ли выявить новые интересные закономерности в соотношении известных величин?» Такими соотношениями могли бы оказаться не только пропорции золотого сечения, но также e и π , задействованные во множестве формул в физике и математике. А действительно, какими могут быть соотношения между тремя основными постоянными, заложенными в закономерности формообразования окружающей среды, физических законов: Z – золотое сечение; π – отношение длины окружности к её диаметру; e – основание натурального логарифма?

Помнится, как в студенческие годы поражали эти загадочные величины и очень хотелось открыть тайну их взаимного отношения. А опыт показывает, что нет ничего невозможного – эти формулы лежат где-то рядом. Возможно, их значение можно открыть одновременно несколькими математическими или графоаналитическими путями. Построенные выдающимися зодчими модулы подтверждают возможность систематизации пропорциональных зависимостей, заложенных в живой природе, в пропорциях человеческого тела. Возможность нахождения пропорциональных взаимосвязей и закономерностей между живой природой и архитектурой напрямую зависят от развития и усовершенствования пропорционального механизма графоаналитических исследований. Важным моментом здесь, по нашему мнению, может оказаться выявление взаимосвязи между основными мировыми константами, на которых зиждется большинство наук: число $\pi = 3,1415926$; основание натурального логарифма $e = 2,718282$, золотое сечение $Z = 1,618$.

Например, в основных формулах золотого сечения (Z) в большинстве случаев фигурирует величина, с помощью которой получают 0,618 и 1,618. В книгах Ю.С. Лебедева «Архитектурная бионика» [6] и И.Ш. Шевелева «Принцип пропорции» [8] авторы прибегают к этой величине неоднократно: и в расчете наклона египетских пирамид, и в мерной трости древнего зодчего, и в формообразовании в живой природе, и в структуре православных храмов [5, 9].

Отталкиваясь от аналогичных формул и соотношений, нам удалось выявить некоторые закономерности, связанные с логарифмами. Они выражаются следующими формулами:

$$\frac{\log \pi}{\log e} = \ln \pi$$

Мы также попытались найти в логарифмах величины, похожие на те, которые есть в золотом сечении (0,618; 1,618), но в чем-то обратные от способов их получения:

$$\ln 0.56714 \cong -0.56714; \lg 0.3998 \cong -0.3998.$$

Представляется необходимым вначале выявить взаимоотношение между двумя основными мировыми константами π и e . Так например, методом подбора было выявлено приблизительное соотношение этих величин (график прямой, рис. 1):

$$\frac{\pi + 1}{2 \ln(\pi - 1)} = e$$

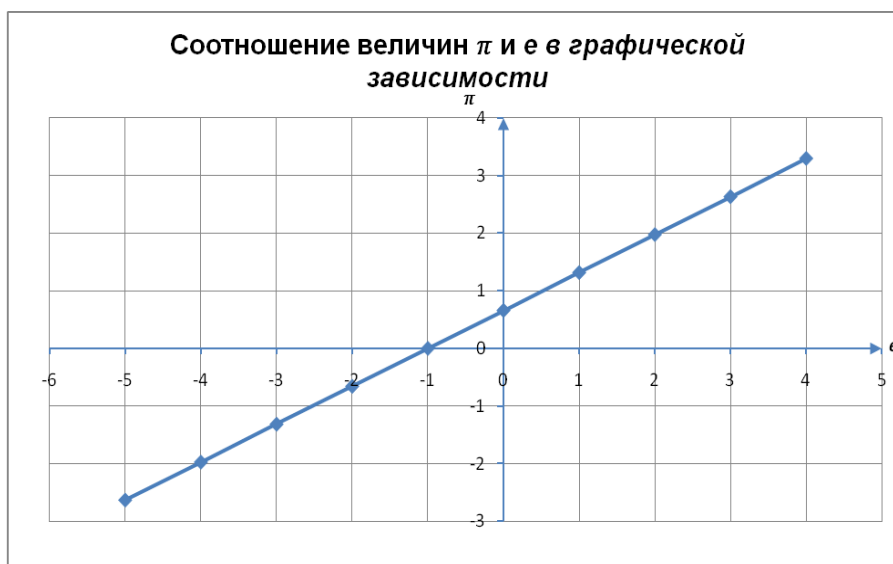


Рис. 1. Соотношение величин π и e в графической зависимости

Но интересная пропорция, присутствующая в этом соотношении позволяет заменить элемент формулы, приведя к следующему виду:

$$\frac{\pi+1}{2 \times \ln 2 \times \ln 3} \cong e.$$

Довольно интересным является соотношение $\ln 20 - 1 = \pi - \ln \pi$, которое позволяет выявить для наших исследований соотношение между величиной π и $\ln \pi$. Следуя аналогии построения вышеуказанных формул, просматривается приблизительная закономерность и в следующих соотношениях:

$$\frac{Z+1}{2 \times \ln(Z-1)} \cong e (-2,7199049) \text{ (поправка от } e \text{ 1.0005970315)}$$

$$\frac{e-1}{2 \times \ln(e-1)} \cong \pi (3,174215).$$

Подобные взаимозависимости могут быть интересны в исследовании закономерностей живой природы, природных явлений и архитектурных форм. Наряду с золотым сечением величины π и e теоретически тоже могут быть активно задействованы в процессе исследования законов формообразования.

Анализ публикаций в области пропорционирования дает возможность вскрыть огромный потенциал наработанных материалов и практик использования графоаналитического и пропорционального методов в анализе характера формообразования пространства. Одним из наиболее важных аспектов профессиональной деятельности архитектора и дизайнера является, прежде всего, *композиция*, цель которой – упорядочивание внешней формы, ее гармонизация и создание художественного образа. Комплексное построение целостной композиции этого образа взаимосвязано с его пропорциональной структурой – системой организации. Во второй половине XX в. известные архитекторы и ученые разработали основы пропорционального метода гармонизации пространства, которые проявились в следующих направлениях:

- *Ле Корбюзье*: модульор на основе пропорций человеческого тела;
- *Ю.Г. Божко*: архитектура и комбинаторика формообразования, моделирование эстетических свойств пространства;

- *М.Я. Гинзбург*: основы графоаналитического исследования архитектуры, ритмостенография фасадов зданий;
- *Р. Жук*: триангуляция фасадов православных храмов на основе наложения на них треугольной модульной сетки с разным углом наклона;
- *О.П. Кордунян*: принцип пропорционирования в архитектуре различных типов зданий и сооружений и моделирование разверток улиц;
- *В. Радзюкевич*: методологические основы пропорционального анализа классических памятников архитектуры (Парфенон и др.);
- *А.А. Тиц, Ю.С. Лебедев, А.И. Лазарев*: архитектурная бионика и биодизайн;
- *И.Ш. Шевелев*: принцип пропорций в архитектурной гармонии и формах живой природы;
- *В.Е. Михайленко, А.В. Кащенко*: выявление закономерностей построения форм живой природы, биодизайн, геометрический анализ построения форм исходных прототипов живой природы путём биотектонического моделирования;
- *Н.И. Яковлев*: пропорционирование в дизайне и искусстве;
- *А.А. Пилецкий*: система размеров и их отношения в древнерусской архитектуре.

Подобных исследований огромное количество, и каждое из них рассматривает определенный сегмент пропорционирования. По мнению автора, главная проблема торможения внедрения наработок и результатов исследования в области пропорционирования состоит в отсутствии механизма их реализации и большим разрывом между теорией и практикой применения пропорций в процессе моделирования и проектирования. К.С. Алабян считал, что архитектурная композиция, как одно из звеньев архитектурной деятельности, ставит своей целью раскрытие объективных законов структурного построения архитектурного организма, основ его формообразования. Альберти же считал человека и его пропорции основой любых возможных расчётов при создании гармоничных композиций [2].

Целью настоящего исследования является анализ состояния проблемы применения методики пропорционирования в архитектуре и дизайне среды. Предполагается, что окончательные результаты исследования могут быть адаптированы как в теорию, так и в практику пропорционирования. Особенно важно то, что за последние 20 лет инструментальная база проектирования получила огромный импульс в виде современных технологий, гаджетов, социальных сетей и 3D принтеров, которые позволили предположить, что приемы и принципы гармонизации пространства дополнились новыми инструментами и возможностями использования пропорционирования как науки, как искусства, как методики и как инструмента графоаналитического исследования. Окончательной целью работы и всего исследования в целом является возможность применения пропорционирования в практике проектирования.

Вопросы гармонизации окружающего пространства интересовали людей с давних времен, хотя и в разной степени. Особо остро эти проблемы наметились в конце XIX столетия с бурным развитием промышленности в Европе, капитализацией средств производства и расслоением общества. Появились прослойки людей, которые желали получить более комфортные условия проживания, работы и отдыха. Уровень жизни людей с каждым годом растет, и они хотят постоянно улучшать предметно-материальную среду своего обитания. Социальные сети позволяют пользователям комплексно оценить общий уровень развития и состояние проблемы в различных отраслях народного хозяйства. Задача ученых – предоставить архитекторам и дизайнерам стройную научно-теоретическую и инструментальную базу для осуществления комплексной организации и развития внутреннего и внешнего пространства, а также его возможной гармонизации и совершенствования.

В наше время дизайну приписывается различная природа. С одной стороны, многие специалисты ограничивают и обобщают его ключевое значение необходимостью заниматься только улучшением внешней формы (т.н. «тюнингом») различных предметов материально-предметного пространства. Другие ученые считают, что дизайн возник

давно и периоды его развития уместно синхронизировать с историей развития мировой архитектуры или всего человеческого общества в целом. Действительно, если считать дизайн искусством организации внешней среды и предметного пространства мест обитания людей, то вполне возможно отнести наскальную живопись сообществ первобытных людей к начальной стадии заложения основ дизайна. Однако другие ученые считают, что понятие и терминология дизайна как такового не употреблялись до начала XX столетия (конкретно до 1907 года), когда высокий уровень развития науки и техники обусловил необходимость создания нового направления в процессе формообразования архитектурной среды, элементов одежды, бытовой техники и мебели заводского изготовления, транспортных средств с унифицированными деталями и т.п. Новый вид искусства организации внешней формы различных предметов и архитектурного пространства в целом назвали *дизайном* (от английского слова *design* – проектирование, оформление), поскольку он возник в Европе и США в связи с обострившимся мировым экономическим кризисом и острой потребностью промышленности в поиске новых прогрессивных средств и форм совершенствования качества товаров. Кризис обострил конкуренцию в условиях перепроизводства промышленных товаров и коммерческих услуг, а также обусловил возникновение дизайна как отдельной науки и как самостоятельного искусства организации пространства. В связи с бурным развитием науки и техники и острой потребностью промышленности в разработке четкой концепции по отношению к внешней форме (в её тесной взаимосвязи с функцией и конструктивной системой), в дизайне постепенно выделилось специальное направление – техническая эстетика, которая в последствии стала отдельной наукой, и которая позволила научно обосновать большинство технических идей. Она касалась в основном технических средств, оборудования и концептуального решения конструктивно-дизайнерской составляющей в проектировании разнообразных транспортных средств, машин и механизмов.

Сложности различных понятий и терминов и определений в дизайне и архитектуре, в первую очередь, связаны с бурным развитием науки и техники за последние сто лет, когда человечество благодаря компьютерным технологиям сделало огромный прорыв от постиндустриального к информационному сообществу. Современный уровень развития науки и техники позволяет говорить о том, что в ближайшие годы возможен еще более серьезный прорыв в этом направлении, поскольку информационная стадия развития современного общества выявила новую особенность этого развития – движение по конусообразной спирали со значительным сужением и учащением самих витков. То есть, научно-технический прогресс, информационные и нанотехнологии, интернет и социальные сети, гаджеты и открытия вчерашнего дня активно формируют состояние науки и техники сегодня, которое, в свою очередь, опосредованно но активно влияет на то, каким будет наш уровень жизни завтра, ближайшие 5–10 лет.

Наиболее распространёнными общепринятыми понятиями и терминами архитектурной композиции, которые широко используются в дизайне и архитектуре, являются такие средства композиции как: ритм, метр (сложный ритм, сложный метр), симметрия и асимметрия, контраст, нюанс, целостность (дробность), гармония, масштаб, тектоника, модуль, комбинаторика, силуэт (внешний абрис-контур), пространство, масса, плоскость, объем, акцент (доминанта), масштабность и соразмерность, пропорция и пропорционирование. Как отмечалось выше, многие ученые и практики в архитектурном творчестве подчеркивали огромную роль пропорционирования, оценки соотношения масс и масштаба, объемов в композиции, графоаналитического анализа в организации окружающего пространства. По мнению Л.-Б. Альберти, именно *архитектурная пропорция* и удачное владение ею лежит в основе композиционного мастерства архитектора [2].

К сожалению, многие пропорциональные практики уже безвозвратно утрачены, но ученым средневековья удалось выявить некоторые закономерности модульного построения основных ордерных систем классических древнегреческих и древнеримских храмов.

Для повышения архитектурно-художественных качеств современной застройки ученые предложили ряд архитектурно-строительных систем пропорций, которые базируются на синтезе элемента архитектурной формы (архитектурной композиции) и конструктивного элемента в единое целое путём разработки систем архитектурной пропорции. В связи с этим возникла необходимость согласовать математическую составляющую архитектурно-пропорциональных систем с принятой в проектной практике системой модулей (на основе модульных планировочных сеток, модульных сеток фасадов, модулов и т.п.). При этом, поскольку в конце XX в. архитекторы ушли от типового проектирования в строительстве, рационально было бы сохранить *унификацию* элементов заводского изготовления для объектов массового строительства, а также понятие типологии в архитектуре, связанные с поиском и систематизацией соразмерных (по пропорциям) базовых модульных (конструктивных) систем и выявлением основных пропорциональных принципов модульной координации и комбинаторики в архитектурном формообразовании. Это дало бы возможность не только получить значительный экономический эффект от применения унифицированных систем заводского изготовления (что удешевило бы строительство), но и получить большой вариативный ряд для оптимального объёмно-пространственного и структурно-пропорционального решения нового строительства с развитым «свободным» планом и «свободным» фасадом здания.

В период освоения классического наследия, особенно в XX – в начале XXI века, внимание исследователей было приковано к памятникам классической архитектуры (А.В. Радзюкевич) и их анализа (Б.П. Михайлов). Например, делались попытки определить универсальные законы (И.В. Жолтовский), осуществить анализ памятников народного украинского зодчества (В.В. Чепелик, Д.Н. Яблонский), русской культовой архитектуры (К.Н. Афанасьев), принципа пропорций (И.Ш. Шевелев), архитектурной пропорции (В.Л. Авксентьев) и т.п. [1, 3, 5]. Главной целью подобных разработок было перенесение разнопланового опыта пропорционирования в практическую работу мастеров-зодчих, в плоскость прикладного проектирования как традиционного метода формообразования. Среди зарубежных мастеров архитектуры, которые детально изучали систему пропорций для массового применения, можно назвать чешского архитектора-теоретика Карела Гонзика (достижение гармонической целостности решений на основе использования «пропорциональных форматов»), Ле Корбюзье (разработка «системы Модулов», построенной на основе «красной» и «голубой» шкалы метрических рядов), который реализовал теоретические положения этой системы в своих практических работах: «жилая единица» в Марселе на 1600 жителей с «пространственной единицей» для жизни человека; жилой блок в Нант-Резе; комплекс сооружений в г. Чандигархе в Индии (система вертикальных пропорций Дворца правосудия) и т.д.

Пропорциональные циркули античности и пропорциональные меры средневековья вспоминались в трактатах о пропорциях, написанных известными зодчими. Подобный принцип пропорциональной шкалы, несколько модернизированной, применил Ле Корбюзье в своём модуле.

Пропорционированию большое внимание уделяли в своих трудах многие ученые, но оно так и не заняло должных позиций в мировой практике проектирования. По мнению автора, это произошло потому, что в этой науке наблюдается большой разрыв между теорией и практикой, не было стройной методики и достаточной инструментальной базы для реализации результатов исследований на практике. Кроме того, во всех научных исследованиях ведущие ученые не смогли найти и доработать именно завершающей стадии – механизма перехода от различных теоретических моделей к прикладному архитектурному проектированию, что выполнялось при помощи геометрии.

Соотношения, которые передаются формулами, интересовали в давние времена физиков, астрономов, алхимиков и математиков. Пропорционирование как наука сопоставления разных величин пришла в архитектуру из математики и геометрии. Давние зодчие, прежде всего, были всесторонне развитыми людьми с широким спектром научных и творческих интересов. Они приносили в архитектурное формообразование основы

синтеза науки и искусства, сопоставления и оценки, анализа и трансформации в практику основных результатов научной деятельности. Так, известный зодчий, художник и изобретатель Леонардо да Винчи был не только творцом, кисти которого принадлежит «Джоконда» и много других известных произведений, но и непревзойденным ученым-аналитиком, исследователем, натуралистом, конструктором, писателем. До сегодняшнего дня ему приписывают идеи и разработку первых чертежей деревянного велосипеда, подводной лодки, вертолёта, автомата, мотора, телефона, шариковой ручки, мяча, самолёта, парашюта и т.п. Пропорциональный модуль Леонардо да Винчи, в центре которого находится фигура человека, является своеобразной модульной системой того времени, структуре и закономерностям которого подчинены все основные принципы формообразования в произведениях этого автора.

В средние века науку о гармонии пропорций развивали выдающиеся ученые Аврелий Августин, Иоанн Скотт Эриуген, Гуго Сен-Викторский, Боэций, Фома Аквинский, Бонавентура и другие. Именно Бонавентура (очевидно, имея ввиду «золотое сечение») довольно точно объединил в одном определении гармонию и пропорциональность как основу красоты: «Если все прекрасные вещи до определенной степени могут служить источником наслаждения, а красоты и наслаждения нет без пропорциональности, пропорциональность же, прежде всего, существует в цифрах и числах, необходимо, чтобы всё поддавалось исчислению, благодаря чему цифра и является выражением гармонии подобно телу человека, как наиболее важному прообразу творца, а в вещах – гармония – это важный аспект, который ведёт к мудрости» [1, 2, 3].

Золотым сечением называется деление отрезка на две правильные части в таком соотношении, в котором большая часть относится к меньшей как весь отрезок к его большей части:

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{a} = \frac{a+b}{a}.$$

Числовое значение золотого сечения (Z) определяется функцией трёх уравнений:

$$\frac{a}{b} = Z; Z = \frac{Z+1}{Z}; Z^2 - Z - 1 = 0; Z = \frac{a}{b} = \frac{\sqrt{5}+1}{2} = 1.61803398875.$$

При этом интересно, что его обратное соотношение тоже задействовано в определении содержания и соотношения золотого сечения:

$$\frac{\sqrt{5}-1}{2} = \frac{2}{\sqrt{5}+1} = 0.618034.$$

На этом этапе необходимо отметить, что на сегодня Z исследовано не полностью, а его научное содержание пока не выявлено, поскольку сама только величина соотношения 1,618033 может быть составной частью целого ряда подобной комплексной системы пропорций, например:

$$\begin{array}{lcl} 1.618 \cong \frac{1}{0.618} & & \\ 2.4142343 \cong \frac{1}{0.4142343} & \Leftarrow & \frac{1.618 + 3.302777}{2} \\ 3.302777 \cong \frac{1}{0.302777} & \Leftarrow & \frac{2.4142343 + 4.236}{2} \\ 4.236 \cong \frac{1}{0.236} & \Leftarrow & \frac{3.302777 + 5.19913883}{2} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
5.19913883 &\cong \frac{1}{0.19913883} &< \frac{4.236+6.16227766}{2} \\
6.16227766 &\cong \frac{1}{0.16227766} &< \frac{5.19913883+7.14056022}{2} \\
7.14056022 &\cong \frac{1}{0.14056022}
\end{aligned}$$

Кстати, приблизительные данные этих величин присутствуют в «красной» и «синей» шкале Модулора Ле Корбюзье, а в работах Луки Пачиоли (известного теоретика и философа эпохи Возрождения) золотое сечение называется *божественной пропорцией*, поскольку послано людям богами. Кеплер говорил о нём, как о «бесценном сокровище, как об одном из двух наибольших достижений геометрии» (имелось ввиду, что второе – это теорема Пифагора), и называл его «*Sectiodivina*» – *божественное сечение* [10].

На протяжении нескольких столетий в результате многочисленных исследований было выявлено, что золотое сечение присутствует в пропорциях человеческого тела и присутствует в соотношениях пропорций большинства представителей растительного и животного мира, в произведениях, создаваемых человеком спонтанно, в классических храмах, произведениях изобразительного искусства и скульптуры, в биологии и музыке. Большую роль в композиции играют ряды чисел, которые составляют ряд Фибоначчи: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987 и т.д., который был открыт в 1202 году Леонардо Пизанским.

Среди ученых, мастеров архитектуры и исследователей-аналитиков, широко использовавших золотое сечение и золотой ряд для анализа античных, древнерусских и средневековых памятников архитектуры, можно назвать Н. Брунова, О.Я. Боднара, М.С. Гика, И.В. Жолтовского, Е. Месселя, А.А. Тица, Д. Хембиджа, И.Ш. Шевелева, А. Цейзинга и многих других.

В последнее время в средствах массовой информации участились высказывания о том, что ученым, которым удастся найти взаимосвязь между тремя основными базовыми величинами современных технических наук – числом π , основанием натурального логарифма e и величиной золотого сечения – Z (1,618), безусловно, удастся выявить или приоткрыть завесу мироздания, приблизить человечество к пониманию принципов организации пространства во вселенной, открыть ключевые законы формообразования.

Среди выявленных автором эмпирическим путем взаимоотношений между этими величинами находится следующая формула:

$$\ln 2 \times \ln 3 \cong \ln(\pi - 1), \text{ или: } 0.76150001 \cong 0.71549782.$$

Довольно близкими по взаимоотношению величины являются и следующие соотношения числа π : $(\pi + 1)(\ln(\pi - 1)) \cong \pi$.

Интересной является, по мнению автора, также формула, выявляющая более сложную взаимосвязь постоянной величины π (3,1415926) и основания логарифма e (2,718282), объединенных следующим соотношением: $\frac{\pi + 1}{2 \ln(\pi - 1)} \cong e$; $\frac{(\pi + 1)^2}{2\pi} \cong e$, (их график представляет прямую линию).

Отталкиваясь от главных правил логарифмирования десятичных и натуральных логарифмов, выраженных формулой:

$$\frac{\log B}{\ln B} = \frac{1}{\ln 10}; \quad \frac{\ln B}{\log B} = \ln 10,$$

где B – любое произвольное число, выбранное на отрезке величин от 500 до 550. Подобное соотношение присутствует и в интересующих нас величинах, например:

$$\log \pi \times \ln 10 = \ln \pi .$$

Но еще более интересным, по мнению автора, является соотношение логарифмов величин π и e по отношению друг к другу, выраженное следующей формулой:

$$\frac{\log \pi}{\log e} = \ln \pi .$$

Довольно близкие соотношения между величинами π и e дает нам также следующая формула, выражающая такую взаимозависимость:

$$\frac{(\pi+1)^2}{2\pi} \cong e .$$

Как отмечалось выше, целью этой работы, кроме того, чтобы обратить внимание ученых на проблему гармонизации пространства методами пропорционирования, является также желание автора поделится с широкой архитектурной и дизайнерской общественностью результатами своих многолетних исследований и наблюдений в области соотношений между основными константами π , e и Z . Выявленные закономерности могут быть интересны и другим ученым для развития темы пропорционирования и углубления знаний и представлений о математическом инструментарии графоаналитического и пропорционального метода в исследовании архитектурных объектов и формальных объемно-пространственных композиций [5, 7, 9].

Кроме перечисленных формул, автором путём последовательных преобразований функций, состоящих из нескольких отношений, были выявлены следующие зависимости известных постоянных: $1+2\log(\sqrt[3]{\pi})=\sqrt[4]{\pi}$, а также эмпирическим путем выявлен ряд следующих взаимозависимостей между этими величинами:

$$20\pi = (\pi-1)^{2e}; \log(\pi+1) \cong Z-1 .$$

Кроме вышеперечисленных величин, интересными для учёных, занимающихся исследованием пропорциональных зависимостей, может быть выявленная взаимозависимость между любыми величинами с очень близкой абсолютной величиной (например, $B_5=501$; $B_6=550$). Если найти соотношения между близкими величинами, принятыми условно, путем выявления степенного соотношения между этими величинами через натуральный логарифм, то $B_5 = B_6^K$. Переводим их в $\ln B_5 = K \ln B_6$, отсюда:

$$K_6 = \frac{\ln B_5}{\ln B_6} .$$

С этими условно принятыми величинами автором выявлены следующие состояния:

$$(e)^{\frac{1}{B_6}} = (2.718282)^{\frac{1}{B_6}} = 1 + \frac{1}{B_6}; \quad (B_6)^{\left(\frac{B_5}{B_6}\right)^{\frac{1}{2\pi}}} \cong B_5$$

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о необходимости продолжить формальный анализ взаимоотношений между архитектурными массами и формами, величинами и объемами в разных типах пространства. Но безусловным, по мнению автора, является то, что ученые-архитекторы должны рассматривать в будущем пропорционирование как инструмент и как науку в зодчестве только в контексте комплексной оценки качества и гармонии композиции или архитектурной среды в целом. Комплексная система гармонизации материально-предметного пространства должна включать целый ряд мероприятий по её реализации:

- выявление масштаба пространства, его сомасштабности человеку;
- определение наиболее оптимальных эргономических параметров проектируемого пространства в зависимости от особенностей физического и психосоматического состояния человека;
- изучение исторических предпосылок, проектного опыта и формообразующих факторов, оказывающих влияние на развитие пропорционирования как науки;
- выявление основных, наиболее приемлемых видовых точек оптимального восприятия композиции, наилучших разверток фасадов;
- определение наиболее характерных пропорциональных зависимостей в данной композиции, которые можно было бы перенести в проектируемое пространство, синтезировав их с выявленными стилистическими особенностями дизайна архитектурной среды.

Так, например, доцент Т.Н. Ладан (КНУСА) в своих научных исследованиях и пропорциональном анализе архитектурного масштаба памятников архитектуры использовала такую последовательность стадий анализа: соразмерность с человеком; степень расчленённости формы; соразмерность с окружением; оптические иллюзии (камерность, доступность, божественность); значимость в ансамбле; масштабность и образность; стиль и стилевое единство. Известный ученый Г.М. Скуратовский определял гармоничность и целостность в архитектуре через раскрытие таких понятий в рассматриваемой композиции: повторяемость; соподчиненность целому; соразмерность; уравновешенность; принцип пропорционального единства. Р. Жук добавил к этому процессу принцип триангуляции (наложения треугольной сетки на план и фасад здания) и условного суммарного абрис-контура. а Гинзбург – приём ритмостенографии фасада здания с нанесением вертикальных или горизонтальных линий, наиболее ярко выражающих структуру рассматриваемых фасадов, их морфологию [6, 7, 9].

Выводы

Таким образом, научная новизна представленной работы состоит в развитии существующих теорий и создании новых форм пропорционирования с целью взаимной дальнейшей адаптации полученных результатов в процессе гармонизации архитектурной среды. Впервые представлены на суд ученых формулы, полученные экспериментальными и графоаналитическими методами, а также соотношения, полученные методом случайного (эмпирического) подбора. Основной целью на данном этапе исследования было проследить закономерности между величиной основания натурального логарифма (e), числом π и величиной золотого сечения (Z), более популярного в среде архитекторов. Некоторые формулы, по мнению автора, заслуживают внимания не только зодчих, занимающихся пропорционированием, дизайнеров, но и представителей технических профессий.

Интерес к профессиональным исследованиям в области пропорционирования в архитектурном формообразовании постоянно растет, Интернет изобилует подобной информацией. Однако причинами неиспользования пропорций в прикладном проектировании, по мнению автора, являются: отсутствие полноценной связи между их теорией и практикой (отсутствие самого механизма перехода к реализации основных положений теории пропорционирования в прикладном проектировании);

неопределенностью сферы применения возможных результатов исследований; отсутствие классификации пропорций и пропорциональных систем; отсутствие действенной методики и механизма применения пропорционирования в аналитических процессах и в практике проектирования; линейность и плоскость основных формул и графиков соотношений (например: $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$), которые более близки к неевклидовой геометрии, но не соответствуют высоким современным требованиям к пространственному формообразованию, и которые не дают представления о возможном объёмно-пространственном восприятии (наилучшие видовые точки) композиции и способах организации её целостности и гармонизации; отсутствие необходимой терминологической базы и системы определения критериев эстетической оценки целостности композиции и критериев определения уровня комфортности данного типа архитектуры. В случае решения этого комплекса задач механизм пропорционирования в архитектурном формообразовании и дизайне среды вполне может превратиться в отдельное научное направление, и даже в отдельную науку со своей научно-теоретической и инструментальной базой. Кроме того, молодым ученым необходимо учитывать современные тенденции и высокий уровень развития науки и техники, поскольку современная инструментальная база в виде компьютерных технологий значительно опережает уровень развития теоретических основ пропорционирования.

Литература

1. Авксентьев В.Л. Архитектурная пропорция. – К.: Будівельник, 1986. – 96 с.
2. Альберти Леон-Баттиста. Десять книг о зодчестве. – М.: Всенародная академия архитектуры, 1935. – 392 с.
3. Афанасьев К.Н. Построение архитектурной формы древнерусскими зодчими. – М., Академия наук, Институт истории искусств, 1961. – 271 с.
4. Боднар О.Я. Золотое сечение и неевклидова геометрия в природе и искусстве: монография. – Львів: Світ, 1994. – 197 с.
5. Жолтовский И.В. Палладио Андреа. Четыре книги об архитектуре Андреа Палладио, в которых трактуется о частных домах, городах, мостах, площадях и храмах. – М.: Стройиздат, 1989. – 352с.
6. Лебедев Ю.С. Архитектурная бионика. – М.: Стройиздат, 1990. – 269 с.
7. Ле Корбюзье. Архитектура XX века. – М.: Прогресс, 1977. – 189 с.
8. Шевелев И.Ш. Логика архитектурной гармонии. – М.: Стройиздат, 1973. – 203 с.
9. Штейнберг А.Я. Методы и инструменты архитектурного проектирования: справочное пособие. – К.: Будівельник, 1977. – 103 с.
10. Сазонов В.И. Методика компьютерного графоанализа произведений архитектуры и живописи // Architecture and Modern Information Technologies. – 2015. – №2(31). – С. 1-12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.marhi.ru/AMIT/2015/2kvart15/sazonov/sazonov.pdf>
11. Пилецкий А.А. Система размеров и их отношений в древнерусской архитектуре // В сб. «Естественно-научные знания в Древней Руси». – М., 1980. – С. 63-109.

12. Кострикин Н.Д. План города как основа формирования его художественного образа. автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. архитектуры: (18.00.01) – М.: МАРХИ, 1977. – 22 с.
13. Рыбаков Б.А.. Архитектурная математика древнерусских зодчих // Советская археология. – 1957. – № 1. – С. 83-112.

References

1. Avksentiev V.L. *Arhitekturnaja proporcija* [Architectural proportion]. Kiev, Budivelnik, 1986, 96 p.
2. Alberti Leon-Battista. *Desjat' knig o zodchestve* [Ten books on architecture]. Moscow, All-national Academy of Architecture, 1935, 392 p.
3. Afanasiev K.N. *Postroenie arhitekturnoj formy drevnerusskimi zodchimi* [Construction of the architectural form by ancient Russian architects]. Moscow, Academy of Sciences, Institute of Art History, 1961, 271 p.
4. Bodnar O.Ya. *Zolotoe sechenie i nejevklidova geometrija v prirode i iskusstve: monografija* [The golden section and non-Euclidean geometry in nature and art: monograph]. Lviv, Svit, 1994, 197p.
5. Zholtovsky I.V. *Palladio Andrea. Chetyre knigi ob arhitekture Andrea Palladio, v kotoryh traktuetsja o chastnyh domah, gorodah, mostah, ploshhadjah i hramah* [Palladio Andrea. Four books on the architecture of Andrea Palladio, which treats of private homes, cities, bridges, squares and temples]. Moscow, Stroiizdat, 1989, 352 p.
6. Lebedev Yu.S. *Arhitekturnaya bionika* [Architectural bionics]. Moscow, stroiizdat, 1990, 269 p.
7. Le Corbusier. *Arhitektura XX veka* [Architecture of the twentieth century]. Moscow, Progress, 1977, 189 p.
8. Shevelev I.Sh. *Logika arhitekturnoj garmonii* [The logic of architectural harmony]. Moscow, Stroiizdat, 1973, 203 p.
9. Steinberg A.Ya. *Metody i instrumenty arhitekturnogo proektirovanija: spravocnoe posobie* [Methods and tools of architectural design: reference manual]. Kiev, Budivelnik, 1977, 103p.
10. Sazonov V.I. Methodology of computer-curve analysis of the proportions of works of architecture and painting. Architecture and Modern Information Technologies, 2015, no. 2(31), pp. 1-12. Available at: <http://www.marhi.ru/eng/AMIT/2015/2kvart15/sazonov/abstract.php>
11. Piletsky A.A. *Sistema razмеров i ih otnoshenij v drevnerusskoj arhitekture* [The system of sizes and their relations in the old Russian architecture in coll. "Natural scientific knowledge in ancient Russia"]. Moscow, 1980, pp. 63-109.
12. Kostrikin N.D. *Plan goroda kak osnova formirovanija ego hudozhestvennogo obraza* [Plan of the city as the basis for the formation of its artistic image. (Cand. Dis. Thesis)]. Moscow, MARHI, 1977, 22 p.
13. Rybakov B.A. *Arhitekturnaja matematika drevnerusskih zodchih* [Architectural mathematics of ancient Russian architects. Soviet archeology]. 1957, no. 1, pp. 83-112.

ОБ АВТОРЕ**Семка Сергей Владимирович**

Кандидат архитектуры, доцент кафедры «Основы архитектуры и архитектурного проектирования», Киевский национальный университет строительства и архитектуры. Киев, Украина

e-mail: semka.s.Vladimirovich@gmail.com

ABOUT THE AUTHOR**Semka Sergey**

PhD in Architecture, Associate Professor of the Department of «Architecture and Architectural Design», Kiev National University of Civil Engineering and Architecture. Kyiv, Ukraine

e-mail: semka.s.Vladimirovich@gmail.com