

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-5.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/78EVN517.pdf>

Статья опубликована 13.11.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Салов А.С., Фасхутдинова Л.М., Самофеев Н.С., Хабибуллина Л.И., Гнилицкая А.А. Ретроспективный взгляд на свойства архитектурной эконометрики в строительстве // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/78EVN517.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 72.03:519

Салов Александр Сергеевич

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия, Уфа¹
Архитектурно строительный институт
Кафедра «Автомобильные дороги и технология строительного производства»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: salov@list.ru

Фасхутдинова Лилия Маратовна

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия, Уфа
Архитектурно строительный институт
Кафедра «Строительные конструкции»
Бакалавр
E-mail: volvita@inbox.ru

Самофеев Никита Святославович

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия, Уфа
Институт нефтегазового бизнеса
Кафедра «Экономики и управления на предприятии нефтяной и газовой промышленности»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: volvita@inbox.ru

Хабибуллина Лилия Илдусовна

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия, Уфа
Архитектурно строительный институт
Кафедра «Автомобильные дороги и технология строительного производства»
Магистр
E-mail: volvita@inbox.ru

Гнилицкая Александра Александровна

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Россия, Уфа
Архитектурно строительный институт
Кафедра «Архитектуры»
Студент
E-mail: kluna5@yandex.ru

**Ретроспективный взгляд на свойства
архитектурной эконометрики в строительстве**

¹ 450062, Республика Башкортостан, Уфа, Космонавтов ул., 1

Аннотация. Исторический анализ опыта проектирования и строительства зданий и сооружений различного назначения и выявления их закономерностей, пропорциональности, размерности, модульности, обогащает различные разделы эконометрической науки знаниями, раскрывая в них новые области применения, понятия и функции.

Авторами, на основе ретроспективного анализа развития архитектуры, выявлены закономерности в проектировании и строительстве зданий и сооружений в разных эпохах. Парадигма архитектурной эконометрики основывается на установлении зависимости в определении кратных пропорций размеров объектов, что сочетает одновременное соблюдение условий рационального, гармоничного синтеза стилистики, научной мысли, субстанциональности пространства и времени, эконометрики и физико-математических законов.

Стремление к идеализации форм объектов известными авторами в разных эпохах времени, в большинстве случаев, приближается к величине «золотого сечения» или их соотношения (размеров или пропорций) к «золотому числу», что подтверждается анализом размерности как зарубежных, так и русских уникальных построек.

Современное строительство немислимо без учета накопленного опыта в архитектурном проектировании и, в частности, архитектурной эконометрике; ее развитие позволит гармонизировать облик и встраивание объектов в существующий ландшафт городов, подбирать комфортные и рациональные по издержкам варианты строительства зданий и сооружений на новых и неосвоенных территориях.

Ключевые слова: архитектурное проектирование; пропорциональность строительства; размерность зданий; золотое сечение; архитектурная эконометрика; ретроспективный анализ; кратность пропорций и размеров

Эконометрическое описание пропорций и закономерностей в архитектуре и строительстве тесно связано с необходимостью гармонизировать параметры экстерьеров и интерьеров объектов. Такие описания позволяют минимизировать издержки в строительстве за счет более рационального размещения ресурсов в плоскостях [13], адаптации понятий прочности и художественной выразительности к объектам строительства [7].

Исторически сложилось так, что архитектура глубоко синтезирована с математическими науками, и во многих периодах прошлого, это смешивание становилось более глубоким, неразделимым и взаимодополняющим. Пирамидами, зиккуратами, храмами, стадионами и ирригационными проектами – конструкциями древних математиков и архитекторов мы восхищаемся и по сей день. Даже строительство храма Святой Софии византийский император Юстиниан поручил не архитекторам, а двум профессорам математики (геометрии) – Исидоросу и Анфимию, дабы построить необыкновенное здание, превосходящее все, что создавалось ранее. Изучение пропорциональности и закономерности строительства зданий и сооружений развивалось, дополняя смежные с эконометрикой науки новыми понятиями, терминами и функциями.

В древние времена здания, пирамиды, храмы, мечети, дворцы и мавзолеи были заложены в определенных пропорциях по религиозным причинам, такое явление наблюдалось в Древнем Египте, Древней Греции, Индии [4]. В Исламской архитектуре, геометрические фигуры и узоры используются для украшения зданий, как внутри, так и снаружи. В двадцать первом веке математический орнамент вновь используется для покрытия общественных зданий [1, 2].

Изучение древнегреческим математиком Пифагором параметров египетских треугольников позволило ему постулировать все их как прямоугольные и определенно заявить о влиянии математики на архитектуру (рис. 1). Для него, число приобрело религиозное значение. Пифагорейское убеждение, что "все вещи – есть числа", несомненно, имеет большое значение для архитектуры. Пифагор увидел связь между музыкой и числами. Он установил соотношение последовательности нот в масштабе, которое до сих пор используется в Западной музыке. Это привело к созданию модуля, основной единицы длины здания, благодаря чему размеры стали кратными базовой длине [4].

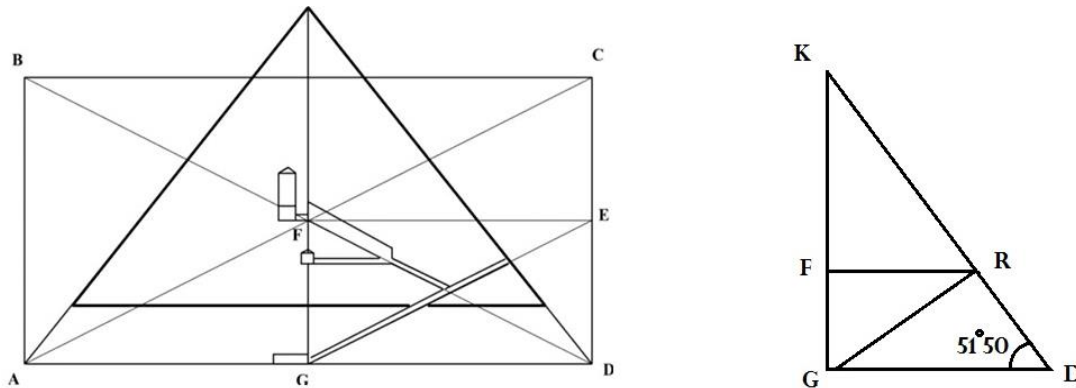


Рисунок 1. Схема совмещения двойного квадрата и пирамиды Хеопса в разрезе и схема «Египетского треугольника»

Пифагорейцами также было разработано понятие эстетики на основе пропорций. Рассмотрим размеры Парфенона, чтобы увидеть соответствие математических принципов пропорции Пифагорейцев [17]. В 480 году до нашей эры во второй персидской войне Акрополь в Афинах был полностью разрушен персами. После победы над персами близь острова Саламин и города Платеи греки не реконструировали Афины в течение нескольких лет [18]. Только после окончания всех войн греческие государства взялись за восстановление территорий. В 447 году до нашей эры Перикл, глава государства в Афинах, отдал приказ о восстановлении храмов Парфенона [26]. Архитекторами были назначены Иктин и Калликрат, а скульптором – Фидий. Варден В. изучает, как идеи Пифагора о соотношении малых чисел, были использованы при строительстве храма Афины – Парфенон. Соотношение 4/9 имеет важнейшее значение для строительства. Стандартный прямоугольник с отношением сторон 4/9 был построен из трех прямоугольников со сторонами по модулю 3 и 4 и с диагональю 5 [19]. Эта конструкция означает, что треугольник с отношением сторон 3/4/5, «Пифагоров треугольник», использовался для создания правильных, рациональных углов построек [20].

Длина храма составляет 69,5 м, ширина – 30,88 м, высота в карнизе – 13,72 м. Это означает, что соотношение ширина/длина = 4/9, а соотношение высота/ширина = 4/9. Бергер принял наибольший общий знаменатель этих измерений высота/ширина/длина = 16/36/81, что дало базовый модуль длиной 0,858 м. Таким образом, длина храма составляет 9² модулей, ширина – 6² модулей, а высота – 4² модулей. Мера длины "модуль" используется повсюду, например, общая высота храма составляет 21 модуль, а столбы по 12 модулей в высоту. Наос, что в греческих храмах, является внутренней площадью украшенной статуей Бога, имеет ширину 21,44 м и длину 48,3 м, которые тоже находятся в соотношении 4/9. Бергер отмечает удивительный факт, что колонны 1,905 м в диаметре, а расстояние между их осями 4,293 м, опять же в соотношении 4/9. Несомненно, архитектура была тесно связана с математикой и смежными науками, и образует единый комплекс понятия «архитектурная эконометрия».

Исторически, изучение пропорциональности, гармоничности размеров и форм параметров объектов велось разными способами, по мере развития математического аппарата,

исследователей того времени. Их расчеты отмечались высокой погрешностью, низкой валидацией ранних доказательств и представляли собой исходные данные для последующих исследований. В настоящее время архитектурная эконометрика тесно связана с физическими моделями, параметрами, и строится на математических принципах экономического баланса, гармоничности форм и соотношения размеров, ресурсной минимизации с одновременным сохранением принципов архитектурно-художественной выразительности [3, 10, 14]. Одним из важных принципов архитектурной эконометрики является выявление параметров «золотого сечения». Г. Ребер считал, что «золотое число» использовалось при построении египетских пирамид (рис. 1) и Храма Афины в Парфеноне [21]. Здание Парфенона достигло своей несомненной исключительной красоты благодаря использованию «золотого числа» (рис. 2).

Идеи Пифагора повлияли и на работы Платона [22]. Теория идей Платона делает понятия фундаментальными и реальными, в то время как физическая реализация этих идей была нереальной и менее важной. Например, идея о цветке реальна и постоянна, в то время как физические примеры цветов видны только как видимые и временные. Хотя здания не являются постоянными, Платон видел, что они долговечны и поэтому более красивы для него, чем цветы. Он видел математику как наиболее фундаментальную из всех идей, и поэтому здания должны строиться на математических принципах [27].

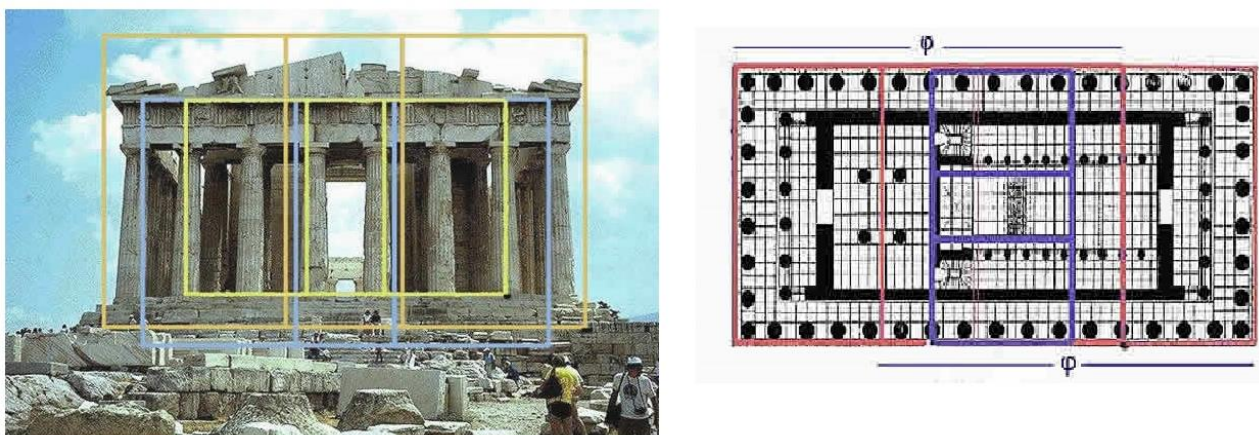


Рисунок 2. «Золотое сечение» в конструкции и на плане пола Парфенона (составлено автором)

Благодаря работе Витрувиуса «Десять книг об архитектуре» мир знает о математических методах древней архитектуры [6]. Это латинская работа по архитектуре в десяти книгах, посвященных Октавиану, приемному сыну Юлия Цезаря. Витрувий был архитектором и инженером, отвечающим за строительные проекты в Риме. Некоторые темы, например, музыка, кажутся совершенно неуместными в книге по архитектуре, но Витрувий видел свои книги как учебное пособие для молодых архитекторов, поэтому некоторые темы имеют более общеобразовательный характер. Однако стоит отметить, что инженерное дело и строительство определенно считались самыми необходимыми навыками для архитектора.

Для Витрувия пропорции человеческого тела были фундаментальными в достижении красоты, поэтому, по его мнению, пропорции храма должны следовать человеческим. Он предполагает, что круг и квадрат – идеальные фигуры для создания архитектурных проектов, так как они приближены геометрии распластавшегося человеческого тела. Здесь особую роль играет религиозное значение, поскольку Витрувий воспринимал человеческое тело как нечто подобное образу Бога и видел в нем совершенство. Такого видения «золотого числа» в пропорциях человеческого тела придерживались по всей видимости многие, ведь найдено немало примеров применения золотого числа в древнегреческих храмах.

Несмотря на то, что Витрувий был скорее практиком, чем ученым, Кардан включил его в свой список двенадцати ведущих мыслителей всех времен. На территории Европы особых продвижений в математике и архитектуре до XIV и XV веков не наблюдалось. Архитектура была смоделирована по учению Витрувия и по классической архитектуре. Следующим человеком, внесшим особый вклад в расширение свойств архитектурной эконометрики, является итальянец Филиппо Брунеллески. Примечательно, что начальным его образованием была подготовка в качестве ювелира. В то время не было профессиональных архитекторов, и Брунеллески приобрел свои навыки в архитектуре, посетив Рим. Он рисовал большое количество старинных зданий, в том числе бани, базилики, амфитеатры и храмы, в частности, изучал постройку архитектурных элементов, таких как своды и купола. Объектом его архитектурных исследований, однако, было не только научиться воспроизводить римскую архитектуру, но и обогатить архитектуру своего времени и усовершенствовать свои инженерные навыки.

Брунеллески сделал одно из самых важных достижений – открытие принципов линейной перспективы [23]. Классические ученые понимали некоторые принципы перспективы, но на эту тему не было написано ни одной работы. Брунеллески использовал перспективу в проектировании зданий. Он создавал свои проекты как гарантию того, что визуальный эффект, которого он хотел достигнуть, был виден со всех позиций наблюдателя [8]. Следуя правилам пропорции и симметрии старших поколений, Брунеллески хотел, чтобы эти математические принципы красоты были доступны всем наблюдателям. В некотором смысле он пытался добиться неизменной пропорции, в зависимости от угла.

Многие из знаменитых математиков, современников Брунеллески, вносили свой вклад в архитектуру. Леон Баттиста Альберти первым записал блестящие открытия Брунеллески, первым корректно изложил математические основы учения о перспективе. Он был одним из многих математиков, который развивал общую теорию пропорций (рис. 3), что, конечно, было мотивировано его архитектурными исследованиями [9].

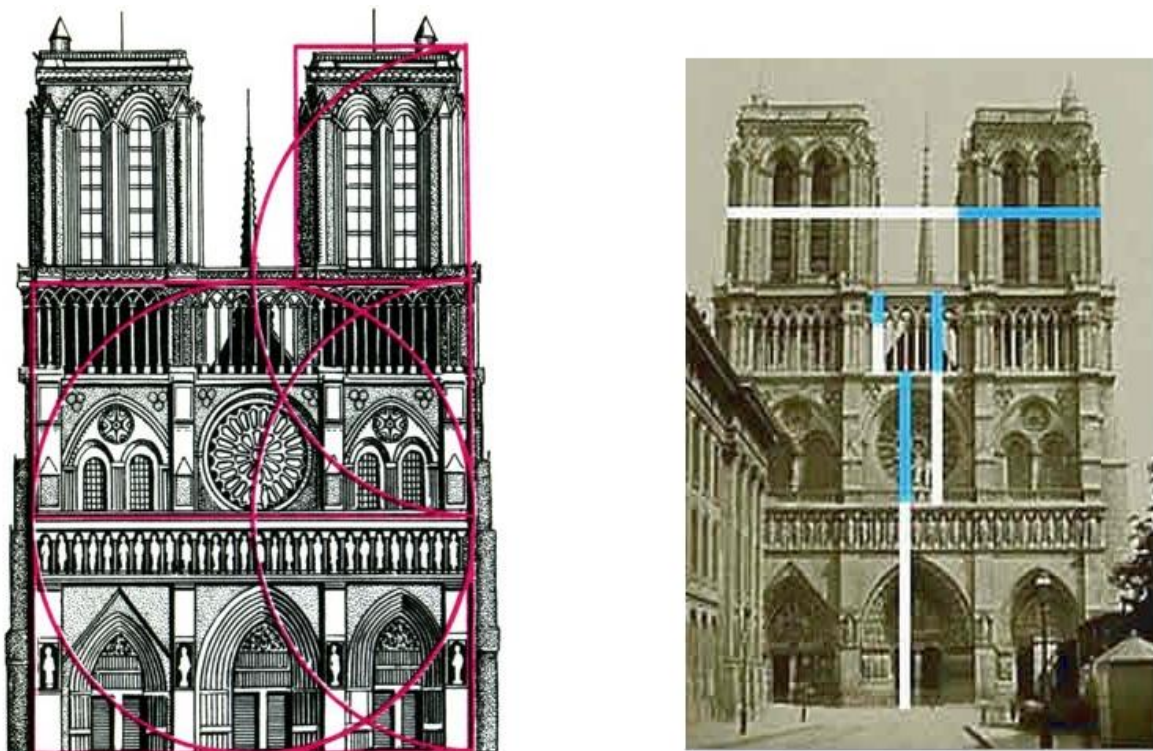


Рисунок 3. Примеры пропорциональности западного фасада собора Парижской Богоматери и Собора "Нотердам де Пари" в Париже, Франция (составлено автором)

Имя Леонардо да Винчи заставляет думать в большей степени о его потрясающих картинах. Но на самом деле одним из его серьезных увлечений была математика. Архитектура была лишь одной из его специальностей, однако о математических принципах, лежащих в ее основе, он узнал из изучения текстов Альберти. Он был человеком обширного кругозора и невероятных способностей, и на одном из этапов своей карьеры зарабатывал себе на жизнь консультированием герцога Миланского по вопросам архитектуры, укрепления и военного дела. Он также считался инженером по гидравлике и механике, работал в Чезаре Борджиа в качестве военного архитектора и генерального инженера. Позже французский король Франциск I назначил его первым королевским художником, архитектором и механиком.

Еще одним математиком эпохи Возрождения был Рафаэле Бомбелли. Он также работал инженером-архитектором. Бомбелли использовал свои математические навыки, как в работе, так и в глубоком исследовании сложных чисел. Другим, кто объединил свои навыки в математике и архитектуре, был Брэмер. В своих исследованиях он следовал за Альберти (1435), Альбрехтом Дюрером (1525) и Йостом Бюрги (1604). Он был нанят для разработки конструкций укреплений и замков. Однако, продолжая заниматься своим увлечением, в 1630 году он построил механическое устройство, которое позволило нарисовать точную геометрическую перспективу.

В XVII веке известный архитектор Англии Кристофер Врен, также решил ряд математических проблем [24], прежде чем заняться архитектурой как основной профессией. Врен видел математику в качестве предмета, которая имеет приложение к широкому кругу научных и прикладных дисциплин. Он совместно с архитектором Робертом Гуком постулировали синтез эконометрики и архитектуры в различных объектах старой Англии, стремясь придать зданиям лаконичный, архаичный, компактный дизайн с сохранением его гармоничности в застройке города.

С начала XVII-го до середины XIX века «архитектурная эконометрика» начинает тесно связываться с другими инженерными науками и их понятиями, например, с физикой, механикой, гидравликой, астрономией, гомоникой, прикладной математикой и др. Свой вклад в эти исследования внесли яркие представители того времени [24, 28] – Филипп де ла Гир (изучал влияние геометрии), Франческо Бриоши (влияние дифференциальных вычислений на описание форм), Джованни Полени (исследование перспективы, гидравлики, археологии и др.).

Во второй половине XIX и до начала XX тренд архитектурной стилистики концептуально связан искусством [5] и работами талантливых архитекторов – Маурицем Эшером и Бакминстером Фуллером. Эшер никогда не был математиком, несмотря на его увлеченность предметом и глубокие математические идеи, лежащие в основе его искусства [25]. Он обучался в Школе архитектуры и декоративного искусства в Харлеме, и только в возрасте 21 года он отказался от архитектуры в пользу искусства. Бакминстер Фуллер был инженером, математиком и архитектором, который применил геометрические принципы для разработки совершенно новой концепции в зданиях во второй половине 20-го века. Он сделал искусство из структурной чистоты, используя простые геометрические формы для эстетическо-функциональных целей.

В настоящее время понятие «архитектурной эконометрики» неразрывно связано с накопленным опытом архитектурного проектирования [11] и будет стремиться к поиску гармоничного соединения новых концепций урбанистики с человеческими потребностями, оптимизации городских пространств [12], развития новых территорий [15, 16] при одновременной ресурсной минимизации, художественной выразительности, экологичности и эргономичности внешних и внутренних форм объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Freiburger M. Perfect buildings: the maths of modern architecture / M. Freiburger // Issue 42. Submitted by plusadmin on March 1, 2007.
2. А. В. Волошинов. Математика и искусство. М.: Просвещение. 2000. – 399 с.
3. Рахманкулов Д. Л., Габитов А. И., Семенов А. А., Удалова Е. А. Высшее строительное образование в Республике Башкортостан: историческое наследие, опыт и перспективы развития. М.: Интер, 2010. – 390 с.
4. Фридман И. Научные методы в архитектуре. Перевод с англ. А. А. Воронова. – М.: Стройиздат, 1983. – 161 с.
5. А.В. Иконников. Художественный язык архитектуры. М: Стройиздат. 1992. – 175 с.
6. S. R. Wassell, Art and mathematics before the Quattrocento: a context for understanding Renaissance architecture, in Nexus III: architecture and mathematics, Ferrara, June 4-7, 2000 (Pisa, 2000), 157-168.
7. Бедов А. И., Габитов А. И., Галлямов А. А., Салов А. С., Гайсин А. М. Применение компьютерного моделирования при оценке напряженно-деформированного состояния несущих конструкций зданий из каменной кладки // International journal for computational civil and structural engineering, №1, 2017. М.: Издательство АСВ. – С. 42-49.
8. Салов А. С. Монолитное строительство в Республике Башкортостан: от теории к практике / Бедов А. И., Бабков В. В., Габитов А. И., Сахибгареев Р. Р., Салов А. С. / Вестник МГСУ. 2013. № 10. С. 110-121.
9. Гайсин А. М., Хабибуллина Л. И. Моделирование высокопустотных керамических изделий в современных программных комплексах // Вторые Полаковские Чтения 2017. Издательство "Реактив" (Уфа). Стр. 184-186.
10. Порываев И. А., Сафиуллин М. М., Гайсин А. М. Моделирование узлов металлических конструкций в среде ПК SCAD OFFICE // Расчет и проектирование строительных конструкций, зданий и сооружений в среде "SCAD OFFICE". Материалы международной научно-практической конференции. Уфа, 2012. Издательство: Уфимский государственный нефтяной технический университет (Уфа), стр. 101-104.
11. Шильдт Л. А., Самофеев Н. С., Маковкина А. С. Методы оптимизации проектных решений благоустройства объекта зоны отдыха (на примере площади им. С. Юлаева в г. Уфа) // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №3 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/127EVN316.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
12. Клявлин М. С., Самофеев Н. С., Шильдт Л. А., Клявлиная Я. М. Проблемы оценки эффективности проектов совершенствования городских систем теплогоразпределения (на примере города Уфа) // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/02EVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/02EVN615.
13. Шильдт Л. А., Андреева Е. С., Клявлиная Я. М., Самофеев Н. С. Выявление иерархии элементов городского плана по их значимости в формировании

- композиции района «Инорс» калининского района города Уфы // Интернет - журнал Наукоеведение. 2016. Т.8. №2. С. 135.
14. Самофеев Н. С. Подходы к выбору эффективных решений в жилищном строительстве Республики Башкортостан // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2014. №3 (119). С. 72-76.
 15. Шарипова Р. Р., Самофеев Н. С. Проблемы и основные тенденции развития строительства жилья в Российской Федерации // В сборнике: Современные аспекты глобализации экономических наук Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Сукиасян А. А. 2015. С. 114-116.
 16. Самофеев, Н. С., Абузарова А. Р. Перспективы развития малоэтажного строительства в Республике Башкортостан / Н. С. Самофеев, А. Р. Абузарова // В сборнике: Современные аспекты глобализации экономических наук Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Сукиасян А. А. 2015. С. 87-89.
 17. Афанасьев К. Н. Опыт пропорционального анализа. Размещение в библиотеке «РусАрх»; 2006. (Электронная научная библиотека по истории древнерусской архитектуры): <http://www.rusarch.ru> (дата обращения 20.09.2017).
 18. Ляпустин Б. С., Суриков И. Е., Древняя Греция Учебное пособие. – М.: Дрофа, 2007. – 544 с.
 19. Ван дер Варден Б. Л. Пробуждающаяся наука. Математика древнего Египта, Вавилона и Греции. М.: Физматлит, 1959. 460 с.
 20. Успенский В. А., Апология математики, или о математике как части духовной культуры, журнал «Новый мир», 2007 г., N 12, с. 141-145.
 21. Щетников А. И. Золотое сечение, квадратные корни и пропорции пирамид в Гизе / А. И. Щетников. – Условия доступа: <http://www.nsu.ru/classics/pythagoras/Pyramis.pdf>.
 22. Михайлова Н. В. Философия и математика в учении платона: развитие идеи и современность. Российский гуманитарный журнал. 2014. Том 3. №6. С. 468-479.
 23. Геймюллер Г. «Филиппо ди Сер Брунеллески» // Издательство: – М. 1936. 305 с.
 24. Самин Дмитрий. 100 великих архитекторов. Историческая библиотека. М.: Вече, 2009 г. 192 с.
 25. Ж. Л. Лошер, В. Ф. Вельдхуизен. Магия М. К. Эшера // Издательство: «Арт-Родник», «Taschen» 2007 г. 198 с.
 26. Брунов, Н. И.: Памятники афинского Акрополя. Парфенон и Эрехтейон // Издательство: М.: Искусство. 1973. 220 с.
 27. Егорычев И. Э. Природа математического у Платона // Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Философские науки». 2012. №4. С. 61-66.
 28. Боголюбов А. Н. Математики. Механики // Биографический справочник. – Киев: Наукова думка, 1983. – 639 с.

Salov Alexander Sergeevich

Ufa state petroleum technological university, Russia, Ufa
E-mail: salov@list.ru

Faskhutdinova Liliya Maratovna

Ufa state petroleum technological university, Russia, Ufa
E-mail: volvita@inbox.ru

Samofeev Nikita Svyatoslavovich

Ufa state petroleum technological university, Russia, Ufa
E-mail: volvita@inbox.ru

Khabibullina Lilia Ildusovna

Ufa state petroleum technological university, Russia, Ufa
E-mail: volvita@inbox.ru

Gnilitskaya Alexandra Alexandrovna

Ufa state petroleum technological university, Russia, Ufa
E-mail: kluna5@yandex.ru

Retrospective look at the properties of architectural econometrics in construction

Abstract. The historical analysis of the experience in design and construction of buildings and structures for various purposes and revealing their proportionality, dimensionality, modularity, enriches the various sections of econometric science with knowledge, revealing new areas of application, concepts and functions.

Basing on a retrospective analysis of the development of architecture, the authors revealed patterns in design and construction of buildings and structures in different periods. The paradigm of architectural econometrics is based on the establishment of dependence in definition of multiple proportions of objects, which combines the simultaneous observance of conditions for a rational, harmonious synthesis of stylistics, scientific ideas, the substantiality of space and time, econometrics and physico-mathematical laws.

The analysis of the dimension of both foreign and Russian unique objects confirmed, that in most cases, the desire of famous authors in different periods to idealize the forms, is close to the value of "golden section" or their ratio (sizes or proportions) to the "golden number".

Modern construction is unthinkable without taking into account the accumulated experience in architectural design and, in particular, architectural econometrics; its development will allow to harmonize the appearance and embedding of objects in the existing landscape of cities, to select comfortable and rational options for the construction of buildings and structures in new and undeveloped territories.

Keywords: architectural design; proportionality of construction; the dimension of buildings; golden section; architectural econometrics; retrospective analysis; multiplicity of proportions and sizes