

Формула Невьянской башни

Показано применение ординационного метода анализа пропорций фасадов зданий на примере Невьянской наклонной башни (г. Невьянск). Критерии анализа обосновываются через применение аналогичных категорий, найденных в смежном виде искусства — музыке. Перевод найденных геометрических соотношений в звуковую форму подтверждает общность гармонических принципов архитектурной и музыкальной форм.

Ключевые слова: анализ пропорций, ординация, строй, архитектурная гармония, Невьянская башня, Арсенальная башня.

Parkulab S. A.
The Nevyanskaya tower's formula

The article is devoted to demonstrating the ordination method of analyzing the proportions of building facades using the example of the Inclined Nevyanskaya Tower (Nevyansk). The criteria of the analysis are justified through the application of similar categories found in a related art form — music. The translation of the found geometric relationships into a sound form confirms the commonality of the harmonic principles of architectural and musical forms.

Keywords: proportion analysis, ordination, structure, architectural harmony, Nevyanskaya Tower, Arsenal Tower.



Паркулаб
Сергей
Александрович

доцент, Уральский государственный архитектурно-художественный университет им. Н. С. Алферова (УрГАХУ), Екатеринбург, Российская Федерация
e-mail: gertp@yandex.ru

Цель работы

Выявление строя (совокупности ординат, связанных с собой системой соотношений, основанных на принципах гармонии) Невьянской башни. Установление аналогии в организации архитектурной и музыкальной форм при помощи нового авторского метода анализа размерных характеристик.

Задачи работы

- 1 Кратко охарактеризовать историю строительства и особенности, связанные с конструкцией и наклоном Невьянской башни.
- 2 Дать обзор попыток и результатов других исследователей изучить пропорции Невьянской башни.
- 3 Провести авторский пропорциональный анализ гармонического построения архитектурных форм башни.
- 4 Установить общие категории пропорционального построения форм в архитектуре и музыке.

Предмет исследования

Архитектурный и музыкальный строй Невьянской башни.

Методы исследования

- 1 Анализ размерных характеристик Невьянской башни с точки зрения соразмерности целого и его частей.
- 2 Установление аналогии подобия соразмерности архитектурной и музыкальной форм.

Границы исследования

Фронтальные изображения ортогональных фасадных форм Невьянской башни, выполненных в масштабе.

Некоторые сведения о предмете исследования

В феврале 2025 г. Невьянская наклонная башня Демидовых закрывается на ремонт [6], а значит, пришло время еще раз вспомнить об уникальных характеристиках этой архитектурной жемчужины.

Невьянская наклонная башня — уникальный памятник архитектуры первой четверти XVIII в. Имя архитектора-строителя неизвестно. Построена в 1721–1725 гг. по приказу Акинфия Демидова из подпятаго кирпича. Основание — квадрат 9,5 × 9,5 м, высота 57,5 м, отклонение от вертикали вверху 1,86 м на юго-запад, толщина стен в нижней части доходит до 2 м, а вверху — до 32 см. По внешнему виду башня напоминает русские шатровые колокольни: состоит из четверика и трех восьмигранных ярусов с балконами. Венчает ее шатрообразный купол с флюгером и «шаром-солнцем с шипами» — молниеотводом. Флаг-флюгер имеет длину 1,75 м, вес 25 кг. На нем изображен дворянский герб Демидовых.

Громоотвод на Невьянской башне установлен почти на четверть века раньше, чем Бенджамин Франклин сделал свое открытие. Демидовский громоотвод — шар диаметром около 30 см и толщиной металла 1 мм, полый внутри. К нему приковано 25 также полых треугольных остроконечных шипов длиной около 40 см. Почти все лучи полностью разрушены, а на шаре остались оплавленные отверстия от попадания молний.

В четверике размещались заводская лаборатория, архив, казначейская контора, тюрьма. В верхней части расположена слуховая комната, где слово, сказанное тихим шепотом,

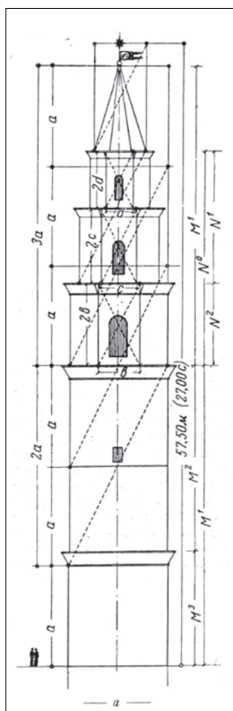


Иллюстрация 1. Схема пропорционального построения Невьянской башни, выполненная Р. П. Подольским [9, 23]

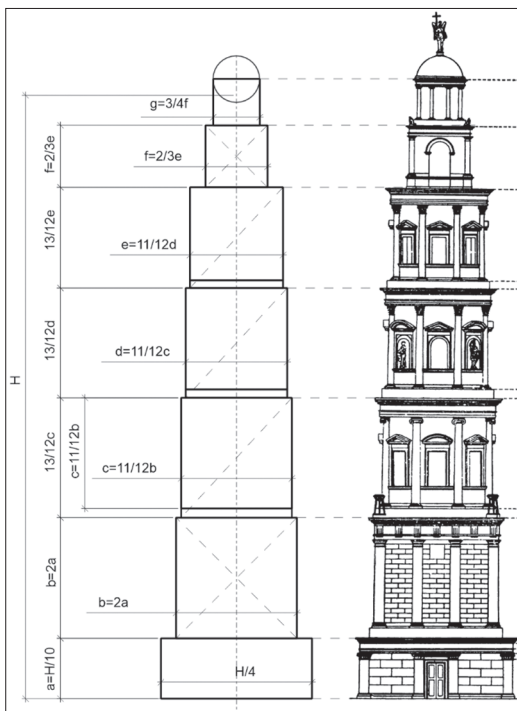


Иллюстрация 2. Построение «идеальной башни» Альберти. Чертеж С. А. Паркулаба. За основу изображения взято [4, 116]

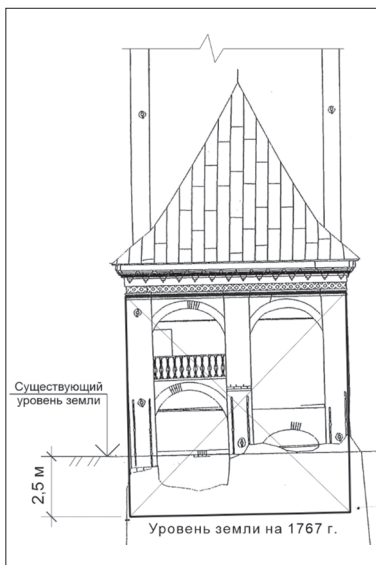


Иллюстрация 3. Изменение культурного слоя. Чертеж С. А. Паркулаба

том в одном углу, громко раздается в противоположном по диагонали, а человек, стоящий в центре комнаты, ничего не слышит.

Ответа на вопрос о причинах наклона башни нет. Мнения сводятся к двум версиям:

1 Башня построена наклонной осознанно (если верить легендам, строил ее итальянский архитектор наподобие Пизанской падающей башни).

2 Башня достраивалась с учетом появившегося наклона, который возник под действием грунтовых вод.

На Невьянской башне впервые применили железобетонные балки — сочетание двух разнородных материалов, дающих при совместной работе прекрасную систему, широко использованную лишь в XX в. — в аналогичном сочетании железа и бетона.

В башне очень много металла: дверные и оконные коробки отлиты из чугуна, полы и балконы выстланы чугунными плитами. Внутри башни — металлический каркас, места выхода которого скреплены на стенах чугунными шайбами (он одновременно служит и заземлением). Звенья перил на балконах — прекрасное чугунное художественное литье.

О предыдущих анализах пропорций

Перед тем как изложить наше видение пропорций Невьянской башни, обратимся к схеме пропорционального построения башни (Иллюстрация 1), выполненного Р. П. Подольским в журнале «Академия архитектуры» в 1936 г. [10, 23]. Данная схема была основана лишь на «описи общих размеров» от 1767 г., ниже шатровой части достаточно точно совпадающая с чертежами по современным обмерам

[7], при этом шатровая часть имеет существенное несоответствие.

Пропорциональная схема Р. П. Подольского строится на предположении, что фронтальная композиция до основания шпиля вписывается в 6 квадратов, нижний из которых ограничивается шириной четверика (с боков), слезником кровли пристройки (сверху) и уровнем земли на 1767 г. (снизу). С использованием современных обмеров нами перепроверено данное построение. Установлено, что из-за несоответствия шатровой части верхний из шести квадрат сильно не дотягивает до основания шпиля, а без этого три верхних квадрата вообще теряют какое-либо значение в пропорциональном построении, лишь засоряя схему. Не показалась убедительной предложенная система наклонных линий, призванная упорядочить пропорции ярусов восьмерика, так как в этом случае высоты этих ярусов должны были бы находиться в геометрической пропорции, чего на самом деле нет. Однако идея того, что в основании башни лежит квадрат, составляющий треть той части восьмерика, которая видима на 1767 г., выглядит интересной. Подобный квадрат (правда, стоящий на цоколе) фигурирует в последовательном построении «идеальной башни» в трактате Л.-Б. Альберти (см. [4, 115]) (Иллюстрация 2). В современном виде нижний ярус Невьянской башни не выглядит квадратным, но, построив такой квадрат на проекции современного обмера, мы получаем свидетельство, что уровень земли 1767 г. мог бы быть на 2,5 м ниже современного уровня (Иллюстрация 3). Можно также предположить, что на момент замысла и начала постройки (1721 г.) был еще и цоколь, а уровень земли был еще ниже. Наличие такого мощного культурного слоя косвенно подтверждается залеганием в непосредственной близости от башни насыпного грунта (шлака) с глубиной 4,5 ... 7,8 м от нынешней поверхности [5, 244].

Критерии поиска

Наш анализ строится на предположении, что при построении пропорций зодчими были приняты следующие приемы гармонизации:

1 Применение устойчивых «музыкальных» соотношений. Размеры элементов имеют взаимные отношения геометрических размеров в виде обыкновенных дробей, где в числителе и знаменателе применяются натуральные числа от 1 до 12. Особое внимание уделяется «регистровым» отношениям: это октавное отношение — $1/2$ и дробь $1/3$.

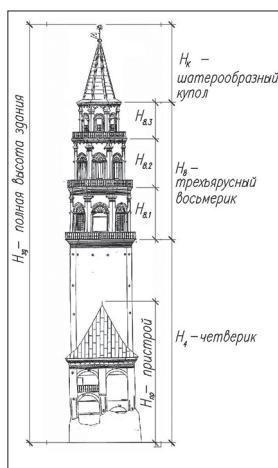


Иллюстрация 4. Основные членения башни. Чертеж С. А. Паркулаба

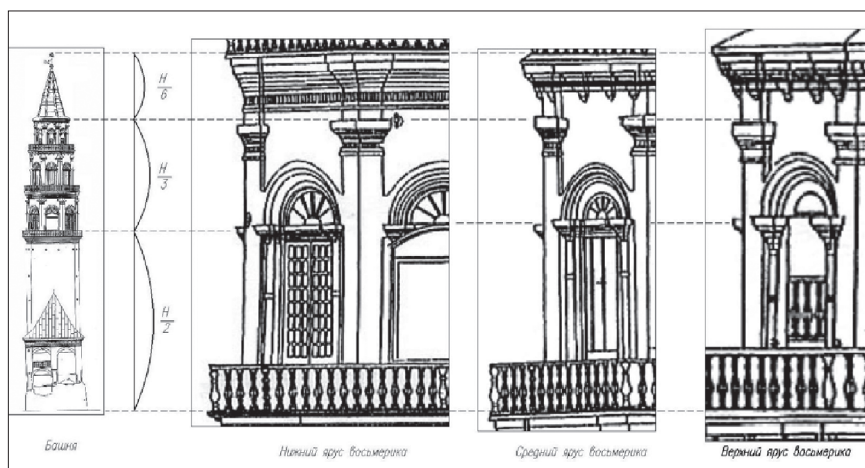


Иллюстрация 5. Ординационное линейное подобие. Ярусы восьмирика, изображенные в масштабе башни. Чертеж С. А. Паркулаба

2 Элементами для сравнения могут выступать полная высота постройки или любые целостные части фронтальной композиции, визуально отделенные от других частей. Такие элементы, в свою очередь, могут делиться на составные части, т. е. среди элементов существует иерархия.

3 Геометрическая связь элементов может устанавливаться при помощи размерных цепочек в виде: а) геометрической прогрессии, б) арифметической, геометрической или других пропорций, в) посредством линейного или плоскостного подобия.

В целом суть предлагаемого *пропорционального анализа* сводится к установлению геометрически-логических связей между элементами фронтальной архитектурной композиции. Это отсылает нас к теории систем, где предмет исследования определяется как «совокупность взаимодействующих разных функциональных единиц <...> связанная со средой и служащая достижению некоторой общей цели путем действий над материалами, энергией, биологическими явлениями и управления ими» [14, 6] или «устройство, процесс или схема, которые ведут себя согласно некоторому предписанию» [13, 31]. Непосредственно «теория систем исходит из предположения, что внешнее поведение любого физического устройства может быть описано соответствующей математической моделью» [12, 2]. [курсив наш. — С. П.]. Наиболее прочные связи просматриваются среди элементов одного уровня иерархии в едином целом либо в отношениях «целое — часть».

Отметим, что в описании последовательного построения приводимой выше «идеальной башни» уже Л.-Б. Альберти также использует перечисленные нами принципы: устойчивые отношения, геометрические последовательности размеров, плоскостное подобие элементов (Иллюстрация 2). Заметим, в описании пропорций, приводимых Альберти, не обошлось и без неточностей (странным образом купол со шпилем и часть верхнего яруса не вошли в расчет полной высоты), но это уже предмет другого исследования.

Анализ пропорций

Невьянская башня состоит из следующих частей (Иллюстрация 4): 1) четверик H_4 ; 2) трехъярусный восьмимерик H_8 ; 3) шатерообразный купол H_k с флагом-флюгером; 4) пристрой-крыльцо с трехскатной кровлей, присоединенный к четверику $H_{пр}$.

Установление ее ординационного строя требует восстановления величины культурного слоя вокруг ее основания, что одновременно позволило бы определить первоначальную высоту башни (главной ординаты H_{30}). Следуя принципу устойчивости, главная ордината должна быть такой, чтобы устойчивые промежуточные ординаты были ей кратны. Нижняя отметка легко находится в предположении, что линия, разделяющая четверик от нижнего восьмирика, делит полную высоту здания в октавном отношении, т. е. пополам:

$$H_4 = H_8 + H_k = \frac{H_{30}}{2}.$$

Как и предполагалось, в этом случае подошва башни находится ниже существующего уровня земли. С учетом этого еще две характерные ординаты (совокупная высота трехъярусного восьмирика H_8 и шатер вместе с громоводом H_k) оказываются равны, соответственно, трети и шестой части высоты башни:

$$H_8 = \frac{H_{30}}{3}; H_k = \frac{H_{30}}{6}.$$

Шатер башни является завершающей формой постройки, по которой находим ее коэффициент ординации (величина, показывающая отношение «целого» к ее остатку за вычетом верхнего завершения):

$$K_{орд} = \frac{5H_{30}}{6H_{30}} = 1,2.$$

Основные членения башни без учета крыльца выстраиваются в консонансный ряд:

$$H_4 : H_8 : H_k = \frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{6}.$$

Линейное подобие проявляет себя в том, что этот ряд дублируется и в членениях каждого из ярусов восьмирика (Иллюстрация 5). Антабамент (пространство выше колонны) занимает $1/6$ часть яруса, это означает, что их коэффициент ординации также равен $K_{орд} = 1,2$. В то же время при помощи уступов окон достаточно точно обозначены половинные высоты ярусов. Сами ярусы восьмирика подобны друг другу, за исключением перил, высота которых зависит только от роста человека. Налицо применение линейного подобия, когда часть здания подобна целому (в математике такое явление называется фракталом).

Таблица 1. Звуковая аналогия пропорций членений Невьянской башни

	Основные членения Невьянской башни				Членения восьмерика		
Высота элемента	$H_{зд}$	H_4	$H_{зд}-H_к$	H_8	$H_{8.1}$	$H_{8.2}$	$H_{8.3}$
Численное отношение	1	1/2	5/6	1/3	1/8	1/9	1/12
Соответствующая частота, Гц	110	220	132	330	880	990	1320
	Ля большой октавы	Ля малой октавы	До малой октавы	Ми 1 октавы	Ля 2 октавы	Си 2 октавы	Ми 3 октавы
Нотное обозначение аккорда	Развернутый аккорд Ля-минор (Am) 				Развернутый Ля-минор нона-аккорд (Am9) 		

Высота каждого яруса также находится в «консонансе» с высотой башни. Нижний составляет восьмую, средний — девятую, а верхний двенадцатую часть общей высоты:

$$H_{8.1} = \frac{H_{зд}}{8}; H_{8.2} = \frac{H_{зд}}{9}; H_{8.3} = \frac{H_{зд}}{12}.$$

Как мы видим, вместе они с небольшой погрешностью составляют треть высоты:

$$\frac{H_{зд}}{8} + \frac{H_{зд}}{9} + \frac{H_{зд}}{12} = 0.32 \approx \frac{H_{зд}}{3} = 0.33.$$

Справедливости ради отметим, что отношение двух верхних ярусов восьмерика к полной высоте восьмерика действительно (как у Р.П. Подольского) находится в соотношении золотого сечения, что лишь добавляет дополнительную связь между элементами:

$$\frac{\frac{H_{зд}}{8} + \frac{H_{зд}}{9} + \frac{H_{зд}}{12}}{\frac{H_{зд}}{9} + \frac{H_{зд}}{12}} = 1,64 \approx 1,618 = \varphi.$$

Еще две характерные отметки подтверждают правильность выбора нахождения начальной отметки подошвы здания. Высота крыльца с кровлей составляет $H_{зд}/3$, а без кровли — $H_{зд}/5$.

Какова роль кратности в соотношениях архитектурных элементов? Почему именно эти соотношения, еще пифагорейцами названные «музыкальными», мы считаем устойчивыми? Автор полагает, что подобно тому, как человеческое ухо воспринимает благозвучными лишь те сочетания звуков, длина волны которых различается в соотношениях малых чисел (1/2, 1/3, 2/3, и т. п.), так и человеческий глаз получает позитивную эмоцию восприятия элементов, геометрические размеры которых находятся в этих же соотношениях. Например, если заставить сначала зазвучать незажатую натянутую гитарную струну, а потом ее же, но зажатую на двенадцатом ладу (именно в этом месте струна делится ровно пополам), то слышимые звуки настолько благозвучны, что сливаются в единый октавный звук; если зажать пятый лад (деление на 2/3 струны), то звучит консонансный квинтовый интервал. По аналогии, переходя на восприятие геометрических форм, несложно заметить позитивный эмоциональный отклик на деление отрезка в отношениях 1/2 или 2/3.

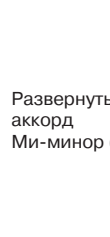
Музыкальные аналогии

К музыкальным аналогиям зодчие приходили и ранее. Если Витрувий просто дает перечисление музыкальных интервалов [2], то в рассуждениях Л.-Б. Альберти музыкальная теория строго ограничивала его кругом целых и рациональных чисел. Альберти «омузыкаливал» иррациональные числа, например, значение $\sqrt{2}$ он заменял на 10/7 (так как $\frac{10^2}{7^2} \approx 2$) [4, 149]. Огромный вклад в поиск «архитектурной музыки» сделал Г. Д. Гримм [3], однако практического применения музыкальных аналогий при построении архитектурных произведений им не проведено. Н. А. Васютинский [1, 64] предложил идею, где высоты архитектурных элементов могут соответствовать звуковой волне, что было проверено нами. Методика архитектурной аналогии описана и нами [9].

Проверим, какие музыкальные соотношения содержатся в пропорциях Невьянской башни, проявятся ли благозвучие в пропорциях ее форм. Для этого примем в соответствие полной высоты башни $H_{зд}$ основной тонический звук и назовем его как нота Ля малой октавы. Тогда высота четверика будет соответствовать октаве относительно тоники: ноте Ля первой октавы. Найденный нами коэффициент ординации $K_{орд} = 1,2 = 6/5$, в данном объекте неизменно показывающий завершение «целого» (отношение, в котором высоты ордера четвериков соотносятся к высотам колонн, а также полная высота башни к высоте ниже шатровой части), соответствует интервалу малая терция, придавая минорный характер звучания относительно тоники. Высота восьмерика H_8 дает квинтовое звучание. В итоге основные членения башни соответствуют развернутому минорному аккорду Am (Ля-минор). Приведем эти соотношения в Таблице 1. Обратим внимание на то, что частоты звуков соответствуют чистому (нетемперированному) строю.

Выше показано, что каждый из ярусов имеет линейное подобие основным членениям башни, а значит, соответствует подобному развернутому минорному аккорду, но взятому от другой ноты. Такими аккордами стали развернутые Ля-минор (Am), Си-минор (Bm) и Ми-минор (Em), взятые на высших октавах. В функциональном отношении данные аккорды имеют связь с тоникой как доминанта (Em) и двойная доминанта (Bm), аналогом пропорций башни может служить вполне связанное короткое музыкальное произведение (Таблица 2).

Таблица 2. Звуковая аналогия ярусов восьмерика башни

	Первый ярус восьмерика			Второй ярус восьмерика			Третий ярус восьмерика		
Высота элемента	$H_{8.1}$	$H_{кол}$	$H_{ок}$	$H_{8.2}$	$H_{кол}$	$H_{ок}$	$H_{8.3}$	$H_{кол}$	$H_{ок}$
Численное отношение	1	5/6	1/2	1	5/6	1/2	1	5/6	1/2
Соответствующая частота, Гц	880	1056	1760	990	1188	2376	1320	1584	2640
	Ля 2 октавы	До 3 октавы	Ля 3 октавы	Си 2 октавы	Ре 3 октавы	Си 3 октавы	Ми 3 октавы	Соль 3 октавы	Ми 4 октавы
Нотное обозначение аккорда	Развернутый аккорд Ля-минор (Am) 			Развернутый аккорд Си-минор (Bm) 			Развернутый аккорд Ми-минор (Em) 		

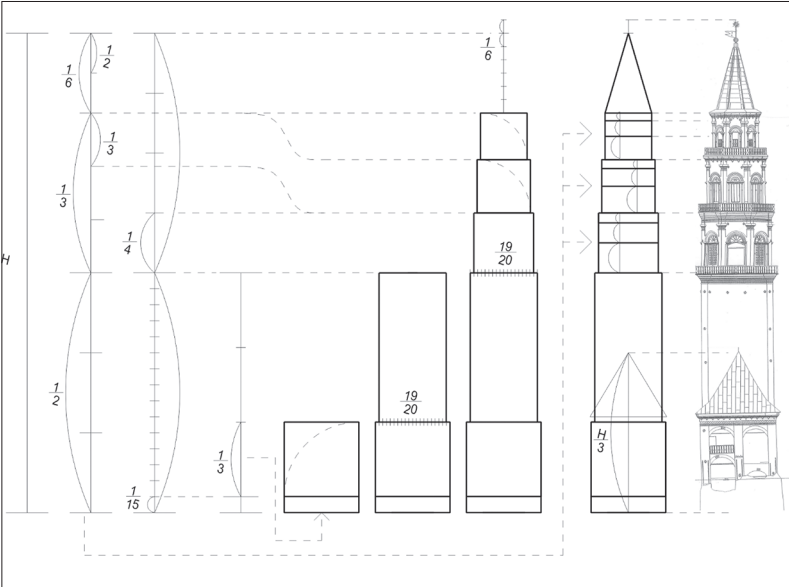


Иллюстрация 6. Графический метод построения пропорций Невьянской башни. Чертеж С. А. Паркулаба

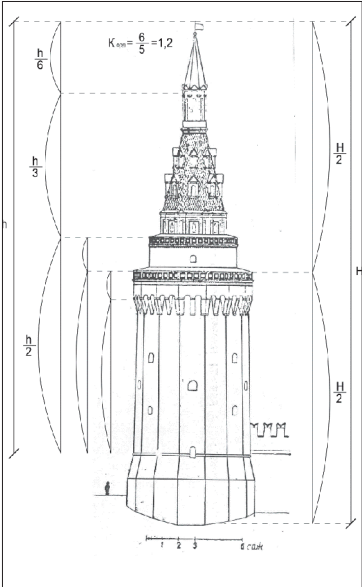


Иллюстрация 7. Анализ пропорций Угловой Арсенальной башни. Чертеж С. А. Паркулаба. По обмеру [8, 74]

Чтобы достичь цели исследования, необходимо восстановить путь построения архитектурной формы. На Иллюстрации 6 показан пошаговый порядок графического построения башни. Формула «целого» $H = \frac{H}{2} + \frac{H}{3} + \frac{H}{6}$, пронизывающая пропорции башни, дает легкое и логичное построение.

Невьянская башня не одинока в своем «звучании». Схожим строем обладает, например, Угловая Арсенальная башня Московского Кремля (та, что находится у Вечного огня), построенная в 1492 г. архитектором Пьетро Антонио Солари и отреставрированная Осипом Бове [11, 77] (Иллюстрация 7). Присутствует та же формула, соответственно, и коэффициент ординации $K_{орд} = 6/5 = 1,2$, дающий минорную окраску.

Заключение

На примере Невьянской башни нами установлены количественные и качественные закономерности в размерных характеристиках архитектурного целого и его

частей. Найдя основные соотношения, мы находим тот замысел, который был заложен зодчим для реализации гармонического строя этого уникального сооружения. Невьянская наклонная башня целиком построена на системе наиболее устойчивых кратных соотношений, полученных делением главной ординаты на 2, 3, 5, 8, 9, 12 и на использовании ординационного подобия. Кроме того, логика построения во многом схожа и с другими постройками той эпохи, что показывает всеобщий характер применения описываемых нами гармонических принципов построения архитектурной формы.

Список использованной литературы

[1] Васютинский Н. А. Золотая пропорция. — М.: Молодая гвардия, 1990. — 238 с.

[2] Витрувий Марк Поллион. Десять книг об архитектуре / пер. Ф. А. Петровского. — М.: Изд-во Всесоюз. Академии архитектуры, 1936. — Т. 1. — Кн. 5. — Гл. 4. — 331 с.: [сайт] — URL: <https://antique.totalarch.com/vitruvius/5/4> (дата обращения: 11.03.2025).

- [3] Гримм Г.Д. Пропорциональность в архитектуре. — Л.; М.: ОНТИ, Гл. ред. строит. лит., 1935. — 148 с.
- [4] Зубов В.П. Архитектурная теория Альберти. — СПб.: Алетея, 2001. — 464 с.
- [5] Лушников В.В., Оржеховский Ю.Р., Долгов А.В. Анализ деформаций и устойчивости наклонной башни в г. Невьянске // Реконструкция городов и геотехническое строительство. — 2003. — № 7. — С. 241–245.: [сайт] — URL: <http://georeconstruction.net/journals/07/files/pdf/0407019.pdf> (дата обращения: 11.03.2025).
- [6] Мешавкин А. Башня на реставрации: как преобразится символ Невьянска в 2025 году // Областная газета. — 2025. — 08. — Январь: [сайт] — URL: <https://oblgazeta.ru/infrastructure-and-construction/overhaul/2025/01/80076/> (дата обращения: 11.03.2025).
- [7] Невьянская наклонная башня. Стереографическая съемка / ООО «Технология-2000»; ОГУК «НПЦ по охране и использованию памятников истории и культуры Свердловской области». — 2001. — 2 л. изображения (северный фасад и восточный фасад). + 1 л. — смета.
- [8] Некрасов А.И. Московский Кремль. Стены и башни // Архитектура СССР. — 1935. — № 10–11. — С. 69–76: [сайт] — URL: <https://lib.cntb-sa.ru/node/774?fragment=page-311> (дата обращения: 11.03.2025).
- [9] Паркулаб С.А., Долгов А.В. Услышать «музыку камня»... // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. — 2009. — № 1. — С. 56–58: [сайт] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uslyshat-muzyku-kamna/viewer> (дата обращения: 11.03.2025).
- [10] Подольский Р.П. Падающая башня Невьянского завода // Академия архитектуры. — 1936. — № 6. — С. 19–26: [сайт] — URL: <https://lib.cntb-sa.ru/node/2544?fragment=page-68> (дата обращения: 11.03.2025).
- [11] Романюк С.К. Сердце Москвы. От Кремля до Белого города. — М.: Центрополиграф, 2013. — 909 с.
- [12] Booth T.L. Sequential Machines and Automata Theory. — N.-Y., 1967. — 592 p.
- [13] Ellis D.O., Ludwig F.J. Systems Philosophy. — New Jersey, 1962. — 387 p.
- [14] IEEE Newsletter, Systems Science and Cybernetics Group. — № 7. — May. — 1967.
- gazeta. — 2025. — 08. — Yanvar': [сайт] — URL: <https://oblgazeta.ru/infrastructure-and-construction/overhaul/2025/01/80076/> (data obrashcheniya: 11.03.2025).
- [7] Nev'yanskaya naklonnaya bashnya. Stereograficheskaya s'emka / ООО «Tekhnologiya-2000»; OGUК «NPC po ohrane i ispol'zovaniyu pamyatnikov istorii i kul'tury Sverdlovskoj oblasti». — 2001. — 2 l. izobrazheniya (severnyj fasad i vostochnyj fasad). + 1 l. — smeta.
- [8] Nekrasov A.I. Moskovskij Kreml'. Steny i bashni // Arhitektura SSSR. — 1935. — № 10–11. — S. 69–76: [сайт] — URL: <https://lib.cntb-sa.ru/node/774?fragment=page-311> (data obrashcheniya: 11.03.2025).
- [9] Parkulab S.A., Dolgov A.V. Uslyshat' «muzyku kamnya»... // Akademicheskij vestnik UralNIIProekt RAASN. — 2009. — № 1. — S. 56–58: [сайт] — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uslyshat-muzyku-kamna/viewer> (data obrashcheniya: 11.03.2025).
- [10] Podol'skij R.P. Padayushchaya bashnya Nev'yanskogo zavoda // Akademiya arhitektury. — 1936. — № 6. — S. 19–26: [сайт] — URL: <https://lib.cntb-sa.ru/node/2544?fragment=page-68> (data obrashcheniya: 11.03.2025).
- [11] Romanyuk S.K. Serdce Moskvyy. Ot Kremlya do Belogo goroda. — M.: Centrpoligraf, 2013. — 909 s.
- [12] Booth T.L. Sequential Machines and Automata Theory. — N.-Y., 1967. — 592 p.
- [13] Ellis D.O., Ludwig F.J. Systems Philosophy. — New Jersey, 1962. — 387 p.
- [14] IEEE Newsletter, Systems Science and Cybernetics Group. — № 7. — May. — 1967.

Статья поступила в редакцию 11.03.2025.
Опубликована 30.06.2025.

Паркулаб Сергей Александрович

доцент, Уральский государственный архитектурно-художественный университет им. Н.С. Алферова (УрГАХУ), Екатеринбург, Российская Федерация
e-mail: gertp@yandex.ru
ORCID ID: 0009-0004-1030-462X

Parkulab Sergey A.

Docent, Ural State University of Architecture and Arts (USAAA), Yekaterinburg, Russian Federation
e-mail: gertp@yandex.ru
ORCID ID: 0009-0004-1030-462X

References

- [1] Vasyutinskij N.A. Zolotaya proporcija. — M.: Molodaya gvardiya, 1990. — 238 s.
- [2] Vitruvij Mark Pollion. Desyat' knig ob arhitekture / per. F. A. Petrovskogo. — M.: Izd-vo Vsesoyuz. Akademii arhitektury, 1936. — T. 1. — Kn. 5. — Gl. 4. — 331 s.: [сайт] — URL: <https://antique.totalarch.com/vitruvius/5/4> (data obrashcheniya: 11.03.2025).
- [3] Grimm G.D. Proporcional'nost' v arhitekture. — L.; M.: ONTI, Gl. red. stroit. lit., 1935. — 148 s.
- [4] Zubov V.P. Arhitekturnaya teoriya Al'berti. — SPb.: Aleteya, 2001. — 464 s.
- [5] Lushnikov V.V., Orzhekhovskij Yu.R., Dolgov A.V. Analiz deformacij i ustojchivosti naklonnoj bashni v g. Nev'yanske // Rekonstrukciya gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo. — 2003. — № 7. — S. 241–245.: [сайт] — URL: <http://georeconstruction.net/journals/07/files/pdf/0407019.pdf> (data obrashcheniya: 11.03.2025).
- [6] Meshavkin A. Bashnya na restavracii: kak preobrazitsya simvol Nev'yanska v 2025 godu // Oblastnaya