

Пропорциональные соотношения

Пропорцией называется соразмерность, определенное соотношение элементов архитектурной формы друг с другом. Она связывает отдельные части и параметры формы в единое целое. Пропорции - одно из основных композиционных средств, применяемых в архитектуре для гармонизации размеров сооружения.

Пропорционирование и гармонизация размеров - одна из сторон общего процесса проектирования, направленного на комплексное решение стоящих перед архитектором задач.

Пропорционирование в своей основе имеет геометрическую или числовую закономерность, которая способствует достижению эстетической целостности, гармоничности объемно-пространственной формы за счет объединения ее размеров в какую-либо систему.

пропорцией в соответствии с математической природой этого понятия называется равенство двух отношений:

$$a : b = c : d.$$

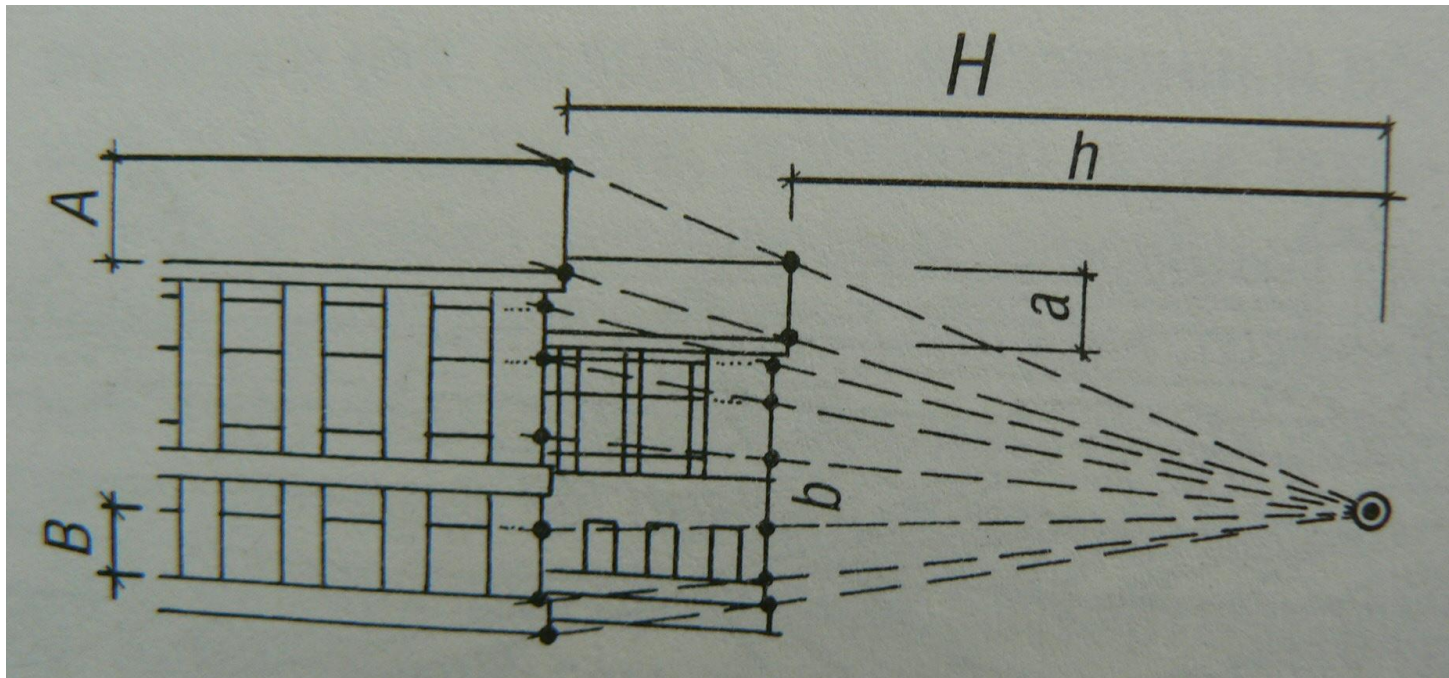
Но дробь, состоящая из двух величин, еще не является пропорцией; это всего лишь отношение величин.

Для образования пропорции необходимы два и более отношений, которые будут приравнены к первому:

$$a:b=c:d=e:f=\dots=k.$$

Перед Вами схема с зависимостью линейных элементов двух фасадов здания, расчлененных в следующих соотношениях:

$A:a=B:b=C:c=\dots=N:n$ (на геометрически подобные части)



Уже в своем простейшем выражении пропорция иллюстрирует взаимосвязь и строгую согласованность входящих в нее членов. В практической работе архитектору приходится иметь дело, как правило, не столько с математическими равенствами числовых отношений, сколько с их геометрическими линейными выражениями.

- Там, где есть пропорции, имеется и подобие; где подобия нет, там нет и пропорциональных элементов. Но проявление геометрического подобия в архитектурных сооружениях разных эпох не может служить доказательством каких-либо расчетов, якобы предпринятых их создателями. Надо полагать, что в ряде случаев геометрическое подобие элементов достигалось **интуитивно**, в процессе поисков согласованности и гармонического единства частей сооружения.

Пропорции пирамид определялись геометрическим построением. Стороны их точно ориентированы по странам света и параллельны

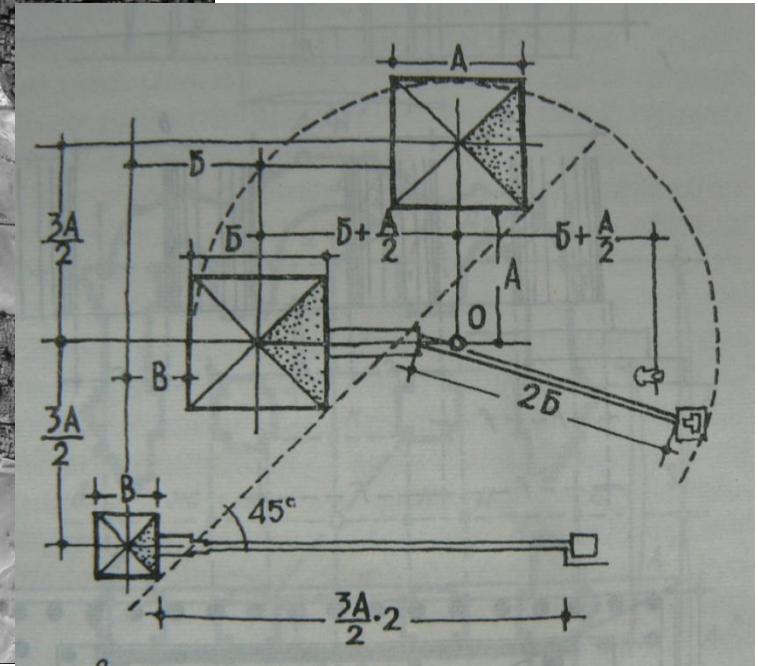
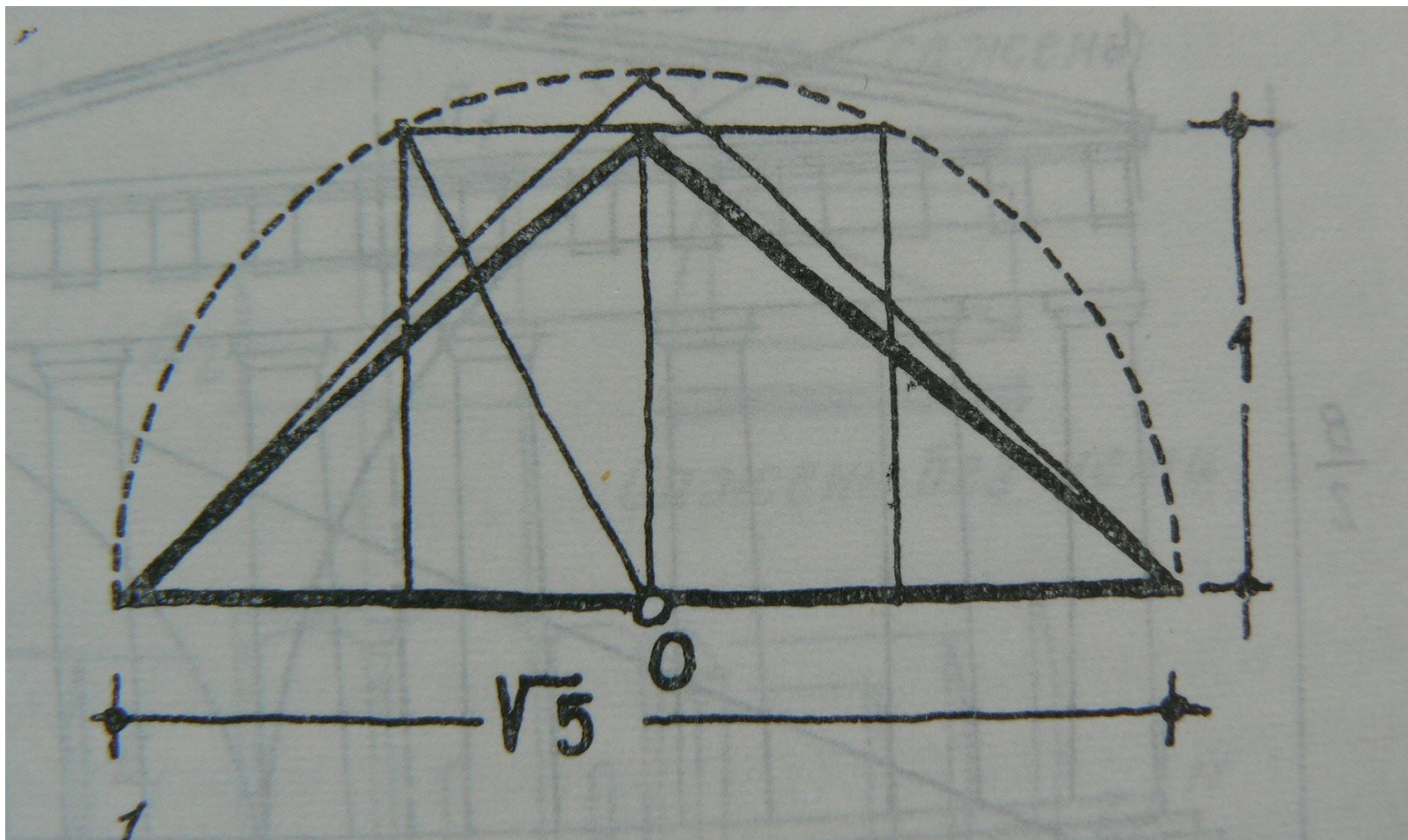
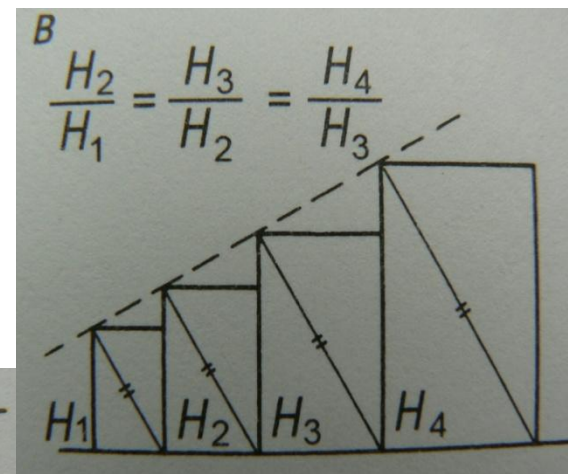
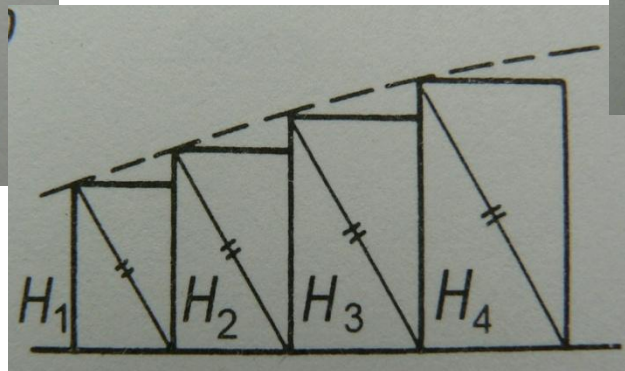
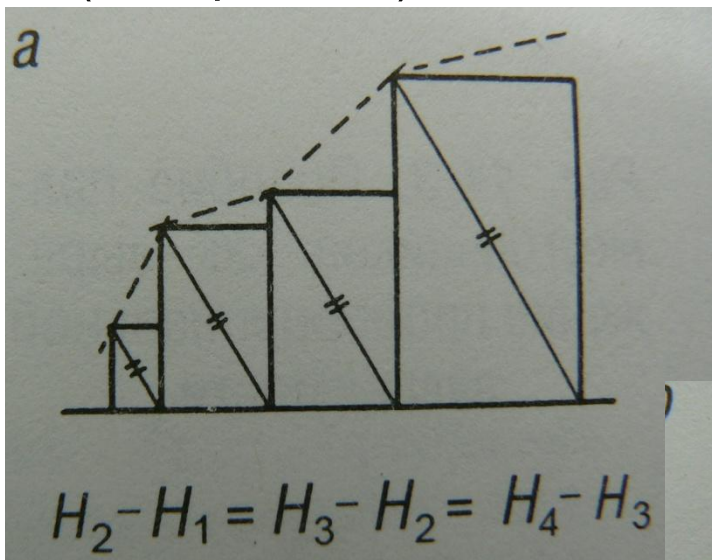


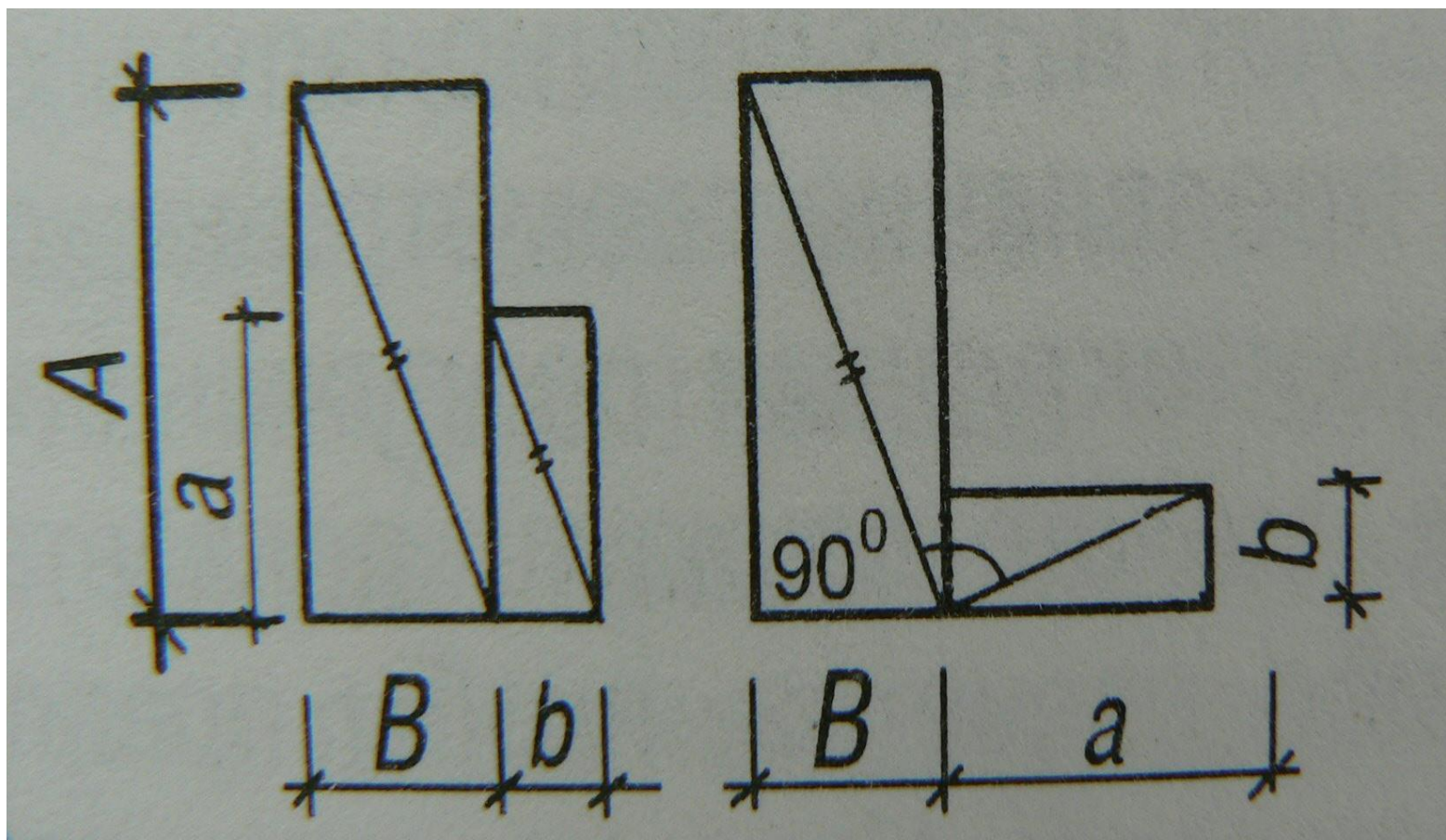
Схема соразмерности пирамиды Хеопса. Ее высота (146,6м) относится к диагонали основания (325,7м), как 1: утолщенная линия показывает сечение пирамиды по диагонали.



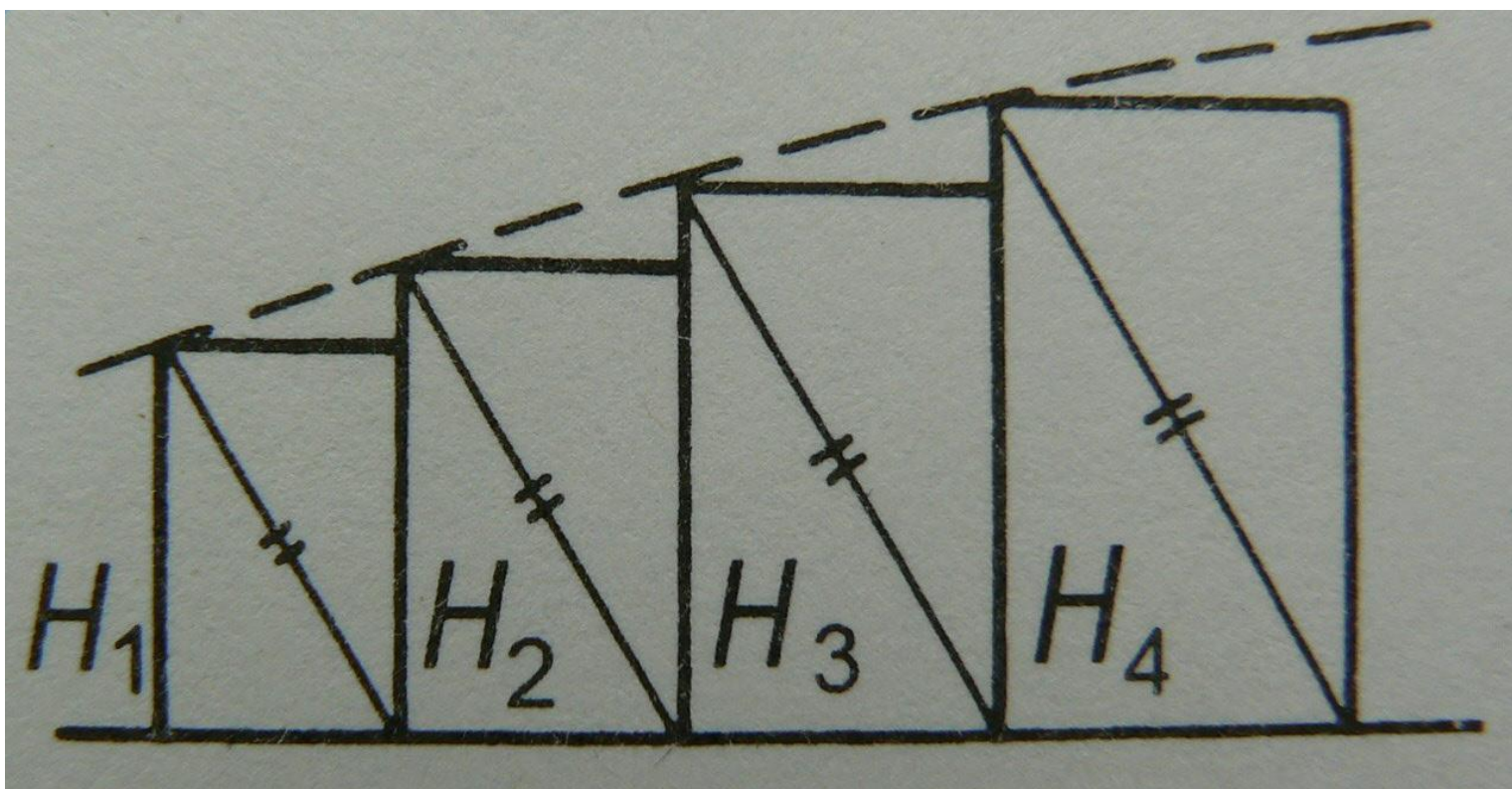
О геометрическом подобии фигур как о выражении пропорциональной зависимости писали древнегреческий математик Эвклид в III веке до н.э. и древнеримский архитектор Витрувий во 2-й половине I века до н.э. При сочетании подобных фигур возникают новые формы и новые отношения. Для достижения общей гармонической согласованности вновь образованные формы также должны быть объединены общими пропорциональными связями. **Арифметическая, гармоническая и геометрическая прогрессии**- это виды закономерных (однородных) изменений величин.



Большой и малый прямоугольники, изображенные на рисунке, оказываются подобными фигурами. При параллельном размещении прямоугольников их диагонали тоже располагаются параллельно (**прямая пропорциональность**), а при взаимно перпендикулярном - под углом 90° (**обратная пропорциональность**).



С применением **арифметической пропорции (прогрессии)** в архитектуре тесно связано использование различных модульных систем и простых чисел натурального ряда. Арифметическая прогрессия является по существу выражением закономерностей обычного ритмического ряда ($H_2 - H_1 = H_3 - H_2 = H_4 - H_3 = \dots$). Это есть ряд чисел, в котором каждое последующее число больше предыдущего на одну и ту же величину (ряд целых натуральных чисел – 0, 1, 2, 3, 4, 5, и т.д., или обычная мерная линейка).



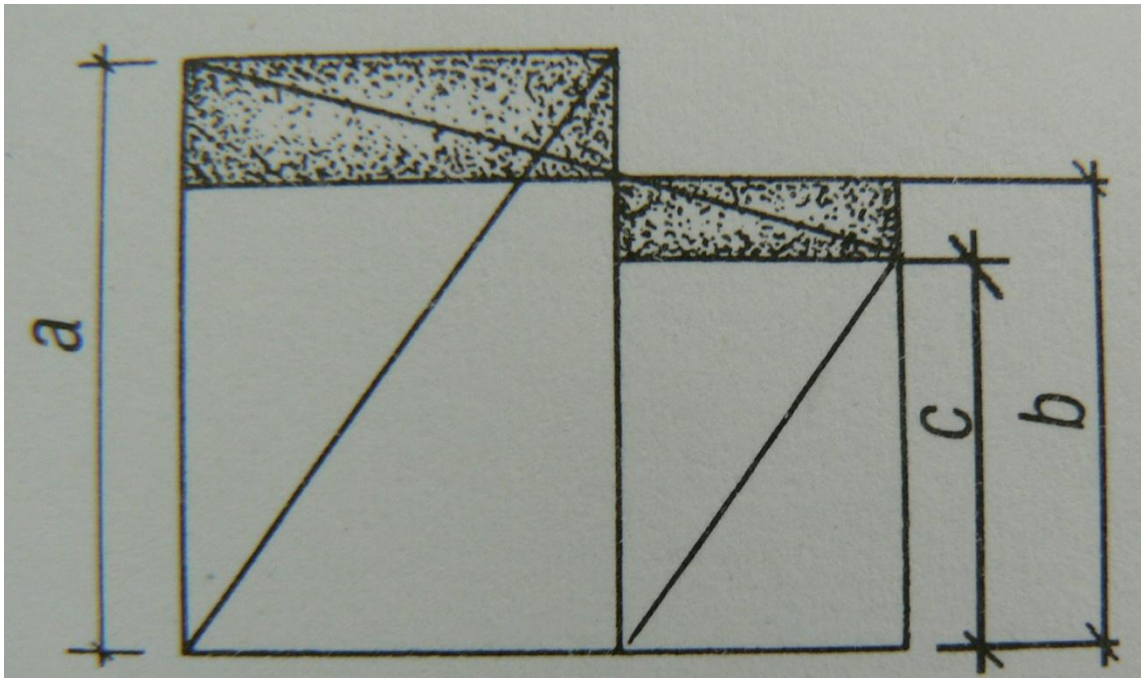
Помимо арифметической и геометрической прогрессий существует также целый ряд пропорциональных зависимостей, объединенных общим названием **гармонические прогрессия**.

Восемь из них перечислил в свое время еще Эвклид.

Графическая интерпретация одной из них:

$a : c = (a - c) : (b - c)$. Особенность выражения в наличии 3, а не 4 элементов пропорции.

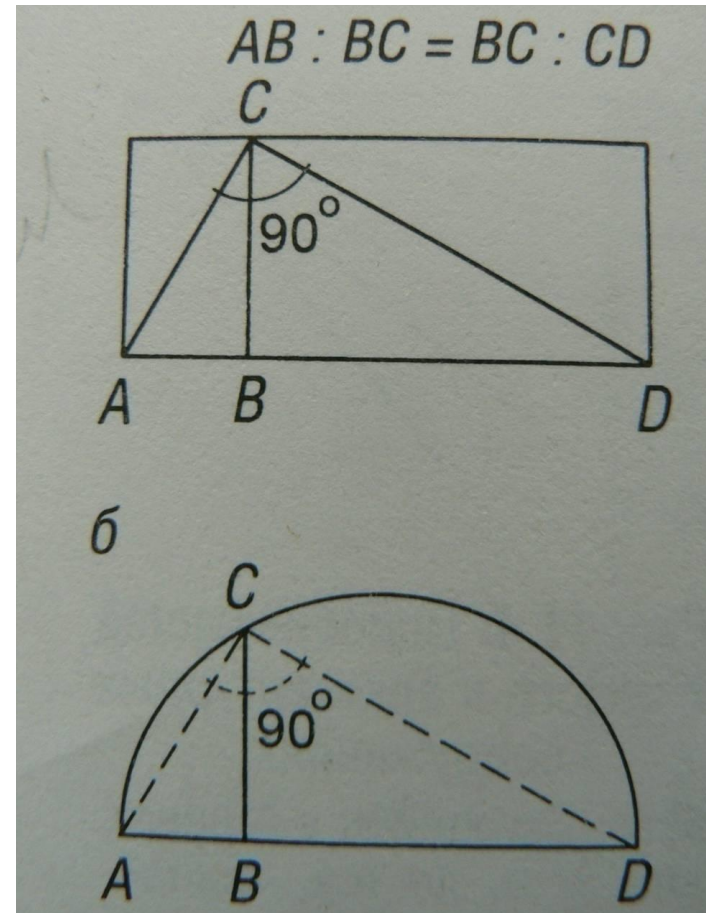
Это ряд чисел обратных ряду чисел арифметической прогрессии ($1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6$ и т.д.). Она лежит в основе музыкального строя.



Геометрическая прогрессия – это ряд чисел, в котором каждое последующее число больше (или меньше) предыдущего в одно и то же число раз. Например: 1,2,4,8,16... или 1,1/2,1/4,1/8,1/16...

Отношение между соседними членами геометрического ряда на всем протяжении останется постоянным, равным знаменателю прогрессии.

Существуют ряды, каждый член которых равен предыдущему, возведенному в какую-либо степень (квадрат, куб и т.д.) . Однако возникают между членами излишне контрастные отношения.



Широко используются в архитектуре **аддитивные ряды**, построенные на суммировании чисел. Например, в ряде чисел 1,2,3,5,8,13,21,34... (ряд Фибоначчи) каждый последующий член, начиная с 3-го равен сумме двух предыдущих. Отношение между смежными членами, начиная с 5-го члена, постоянно и равно 1,62.



Замечательным свойством арифметического, гармонического и геометрического рядов является то, что каждое из чисел представляет собой соответственно среднее арифметическое, среднее гармоническое и среднее геометрическое предыдущего и последующего членов:

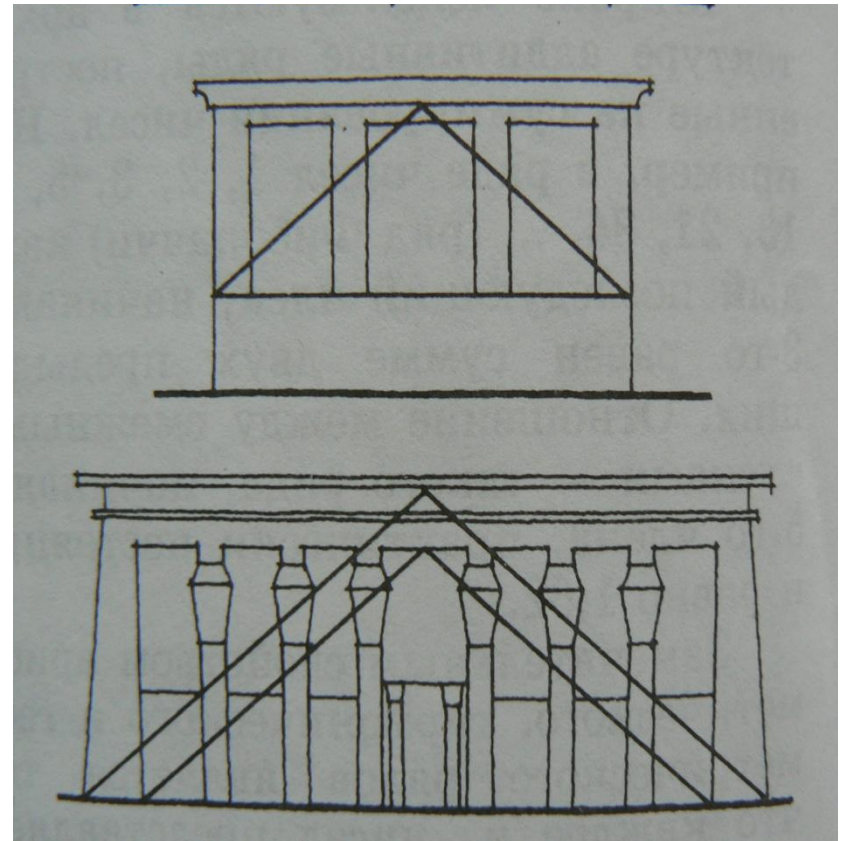
арифметическая прогрессия 1,2,3 - число $2=(3+1):2$;

гармоническая прогрессия $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}$ - число $\frac{1}{3}=2:(2+4)$;

геометрическая прогрессия 1,2,4 - число $2=1 \times 4/2$.

Поэтому числа арифметического, гармонического и геометрического рядов называют **средними числами**.

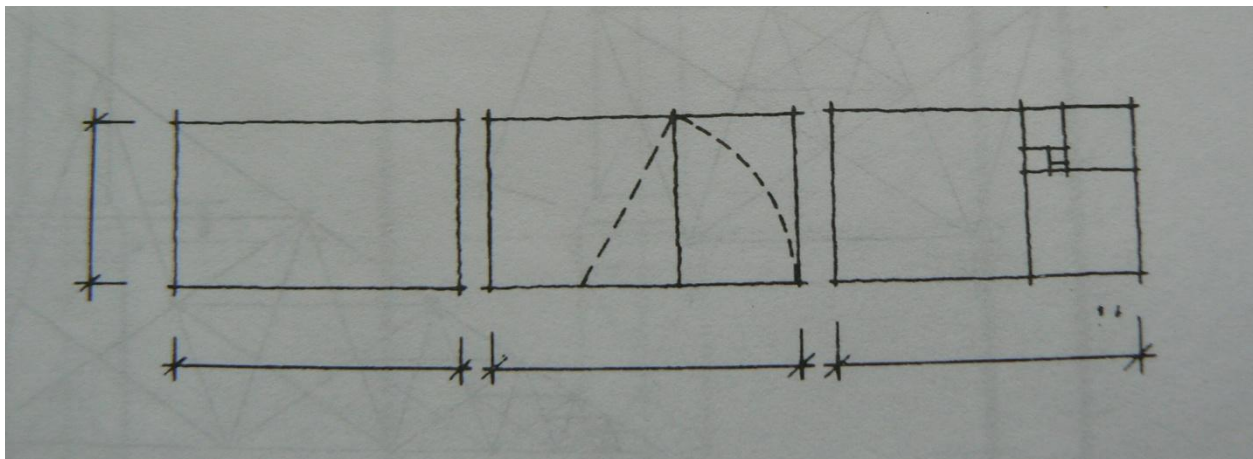
Средние числа издавна служили архитекторам, скульпторам и художникам в качестве средства достижения гармоничных соотношений.



Особое место среди пропорций занимает **«золотое сечение»**, известное уже зодчим античности. В эпоху Возрождения оно считалось «божественной пропорцией».

Термин **«золотое сечение»** был возведен Леонардо да Винчи для известного еще пифагорейцам описанного Эвклидом деления отрезка в так называемом «крайнем и среднем отношении», при котором большая его часть является средней пропорциональной между всем отрезком и меньшей частью.

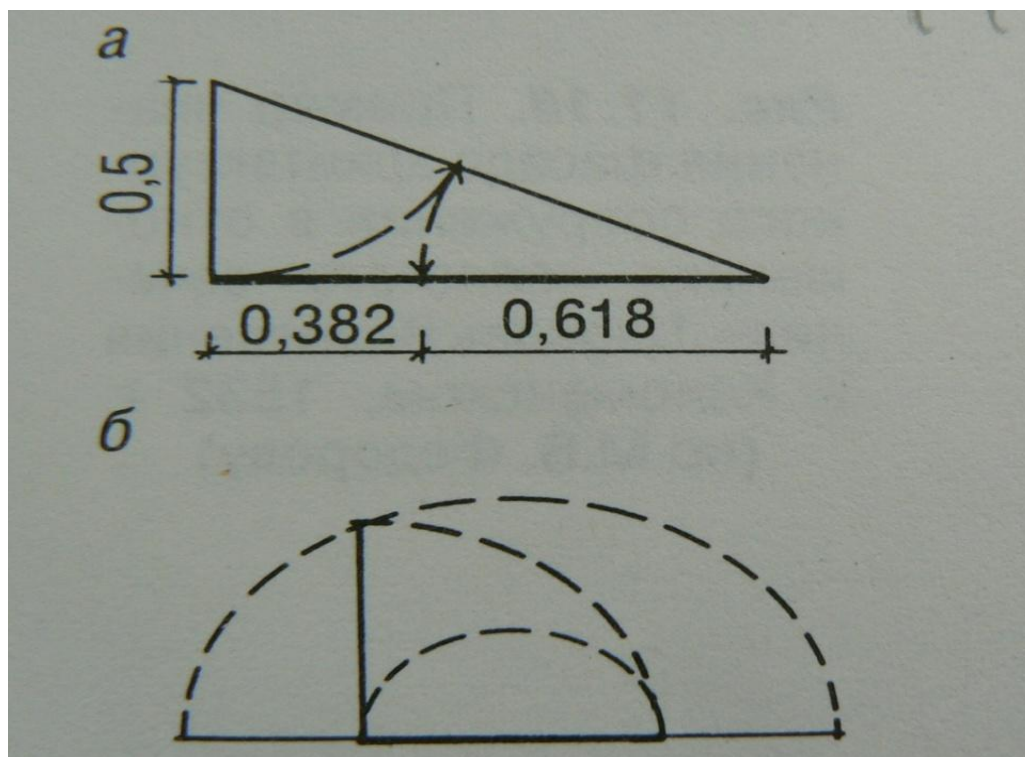
Дело в том, что для образования обычной математической пропорции требуется четыре входящих в равенство члена. Геометрические и гармонические пропорции состоят из трех элементов. И только **«золотое сечение»** обладает по сравнению с другими пропорциями той исключительной особенностью, что оно образуется при сочетании всего лишь **двух величин**.



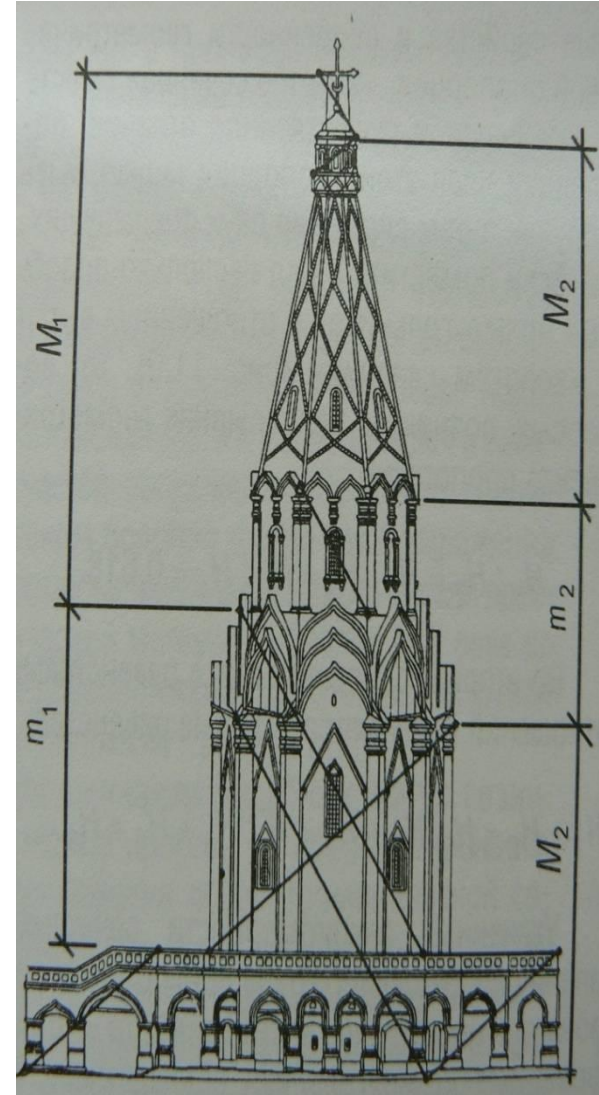
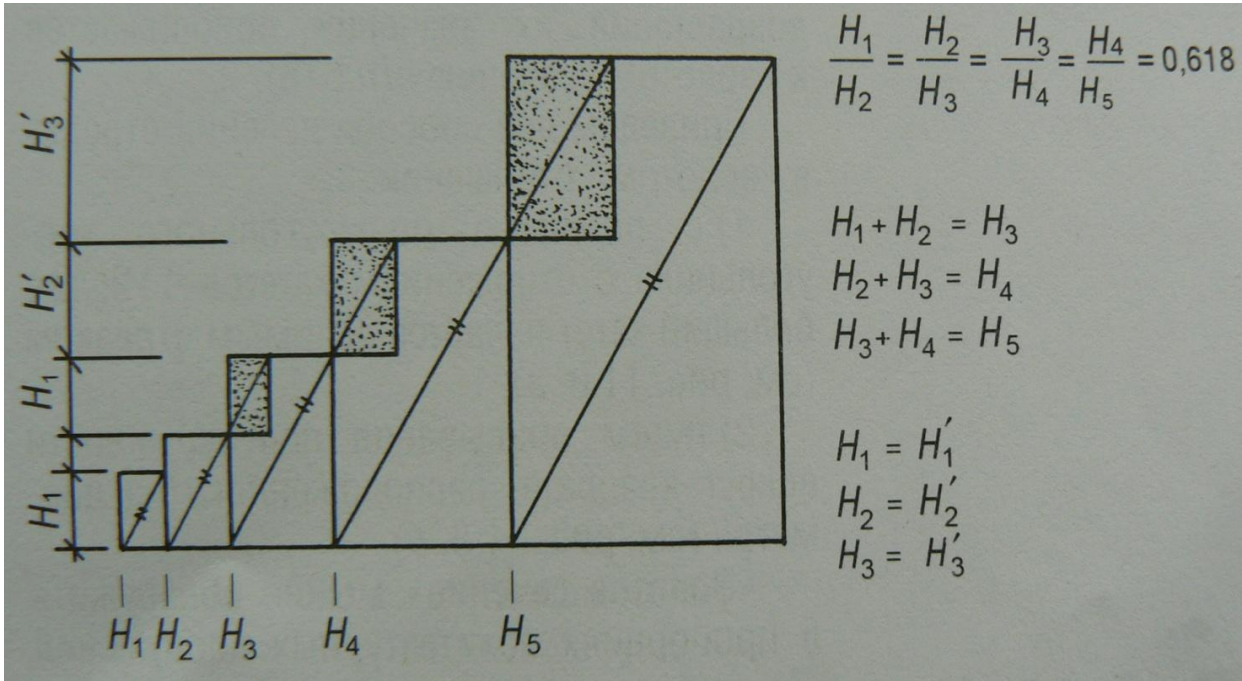
«Золотое» отношение может быть получено из геометрической пропорции при замене ее последнего члена суммой двух предшествующих: $a : b = b : (a + b)$.

Если длину отрезка принять за единицу, то его части будут выражаться иррациональными числами $X = 0,618$, $A - X = 0,382$.

На основе этих чисел может быть получен геометрический ряд ... - 0,146 - 0,236 - 0,382 - 0,618 - 1 - 1,618 - 2,618 - 4,236 - 6,854 - ..., обнаруживаемый при рассмотрении самого широкого круга явлений природы, искусства и архитектуры



Как бы наследуя все основные свойства и особенности геометрической пропорции, «золотое сечение» вместе с тем имеет и существенное отличие: **последний член этой пропорции может быть получен путем сложения двух предыдущих.**



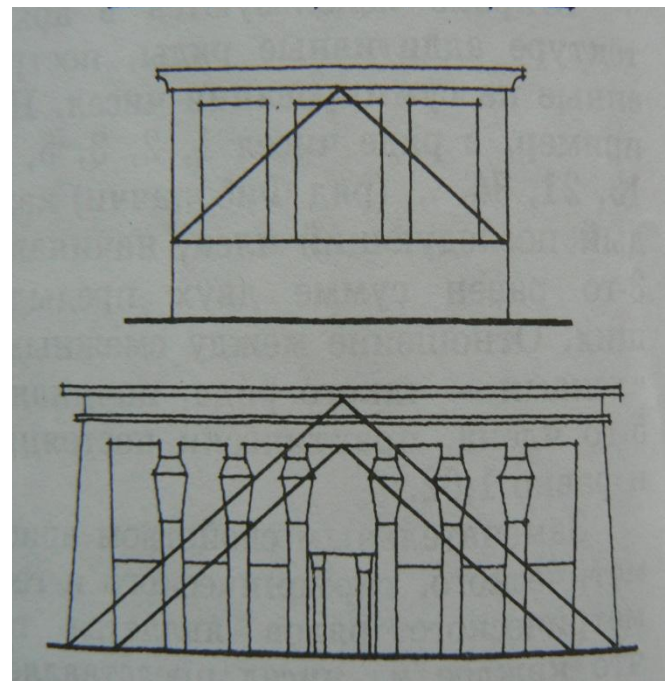
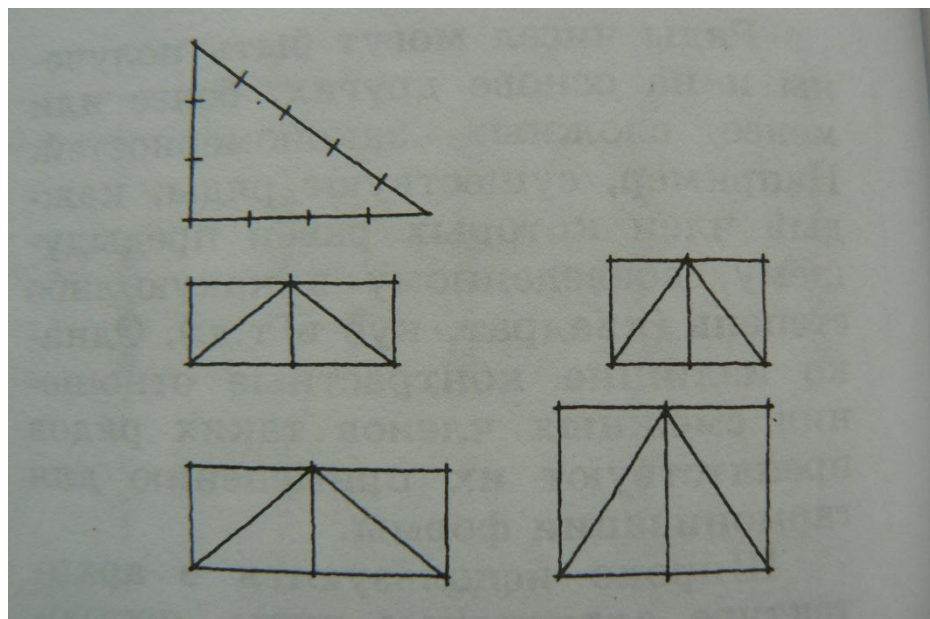
Если же этот ряд приближенно выразить в целых числах, то получится новый ряд, носящий имя открывшего его итальянского математика XIII века **Фибоначчи**: **3, 5, 8, 13, 21, 34, 55...**

Нетрудно заметить, что и здесь любой член ряда равен сумме двух предыдущих. Отношение же соседних членов по мере возрастания их значений приближается к «золотому сечению» (0,618).

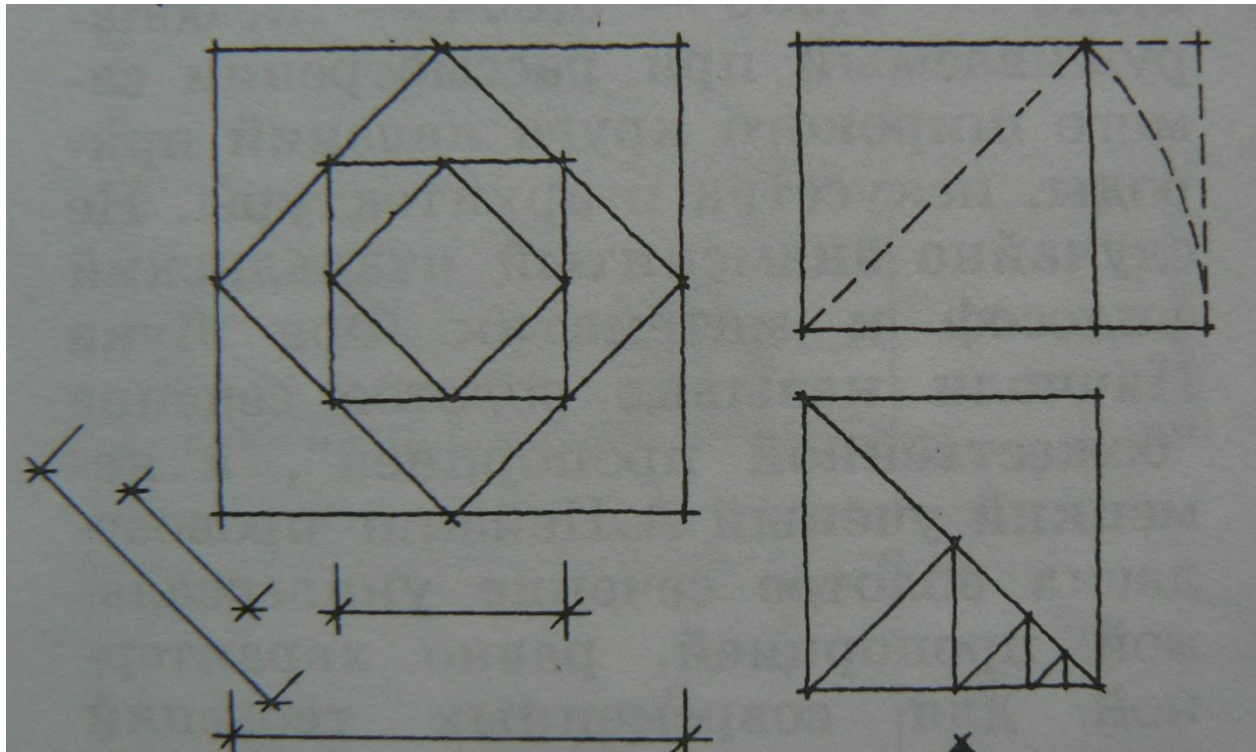


Особенности **пропорциональных систем** тесно связаны со способами строительства и измерения, которые применялись архитекторами той или иной эпохи. В древности пропорциональные системы получали с помощью мерного шнура и кольев путем относительно простых геометрических построений на основе треугольника, квадрата, прямоугольника или круга.

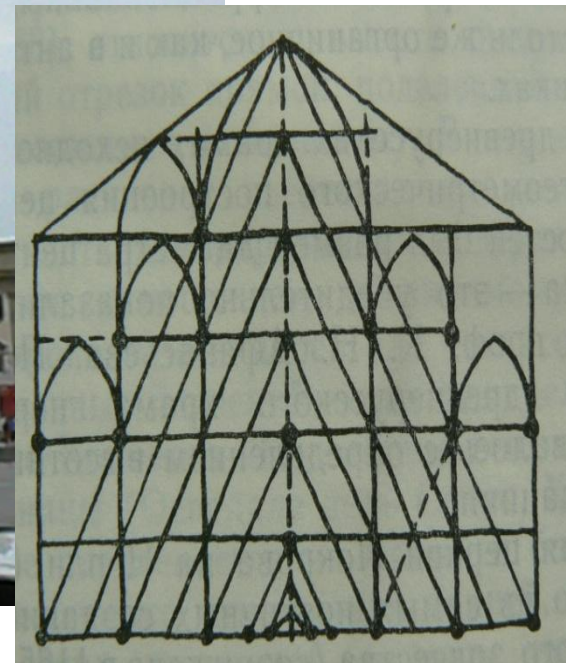
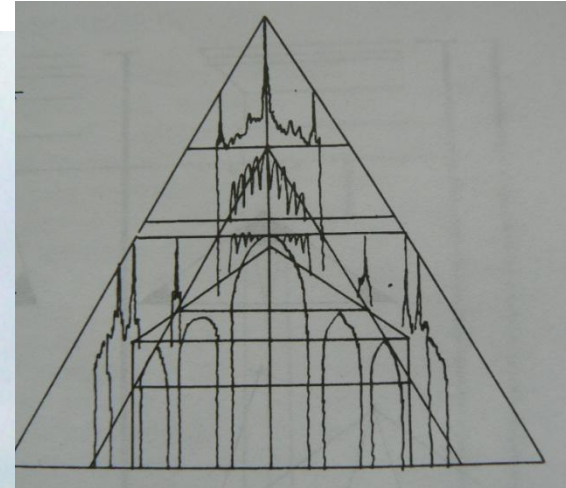
В Древнем Египте широко использовалась система пропорционирования на основе «священного египетского треугольника» с соотношением сторон 3:4:5, позволявшего получать прямой угол и ряд прямоугольников со сторонами, выраженными в простых целых числах



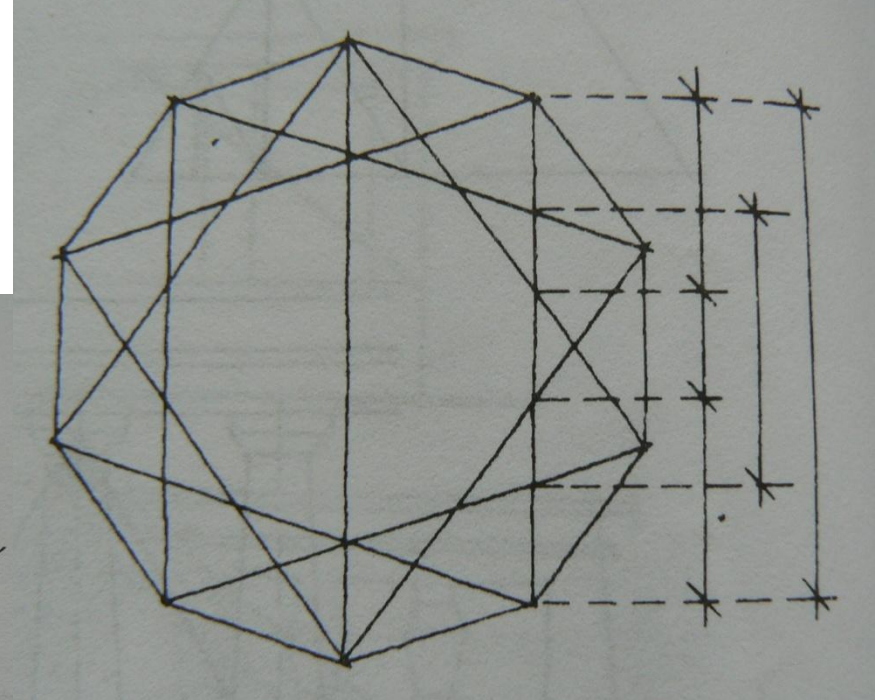
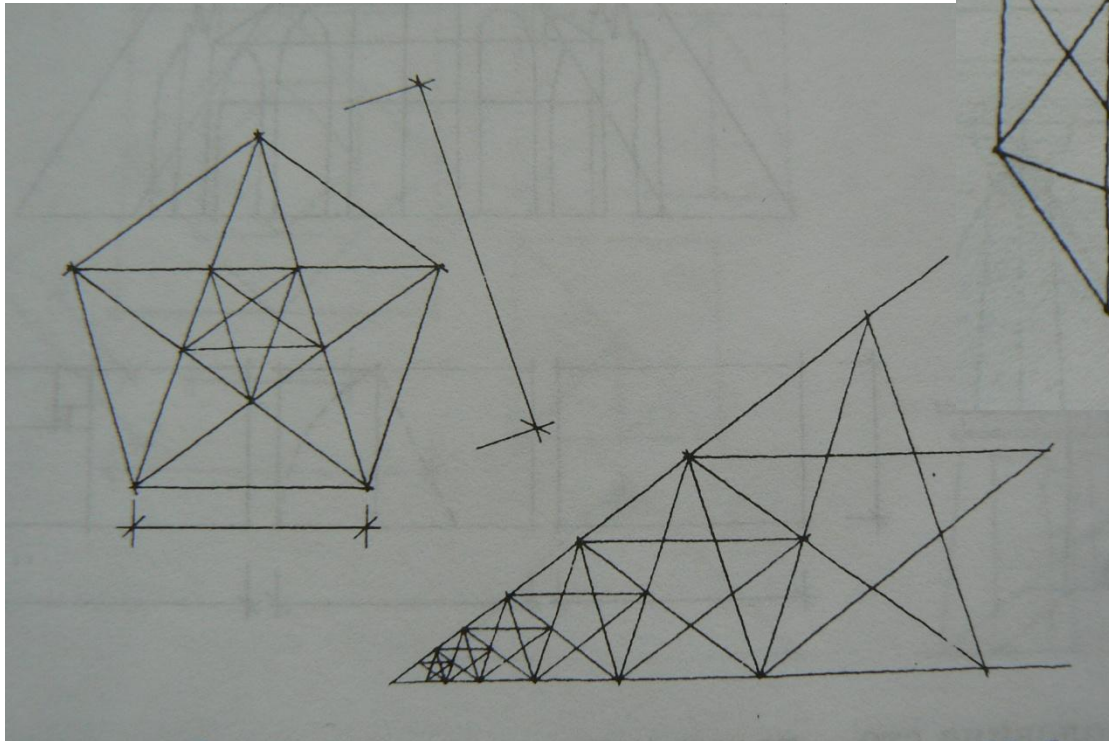
Система пропорционирования на основе вписанных квадратов давала геометрический ряд с соотношением $1:\sqrt{2}$, в котором чередовались иррациональные и целые простые числа. Эта система использовалась как в Египте, так и в более поздние времена, например в средневековье для построения готических башен; отношение стороны и диагонали квадрата связывают древнерусскую сажень и косую сажень.



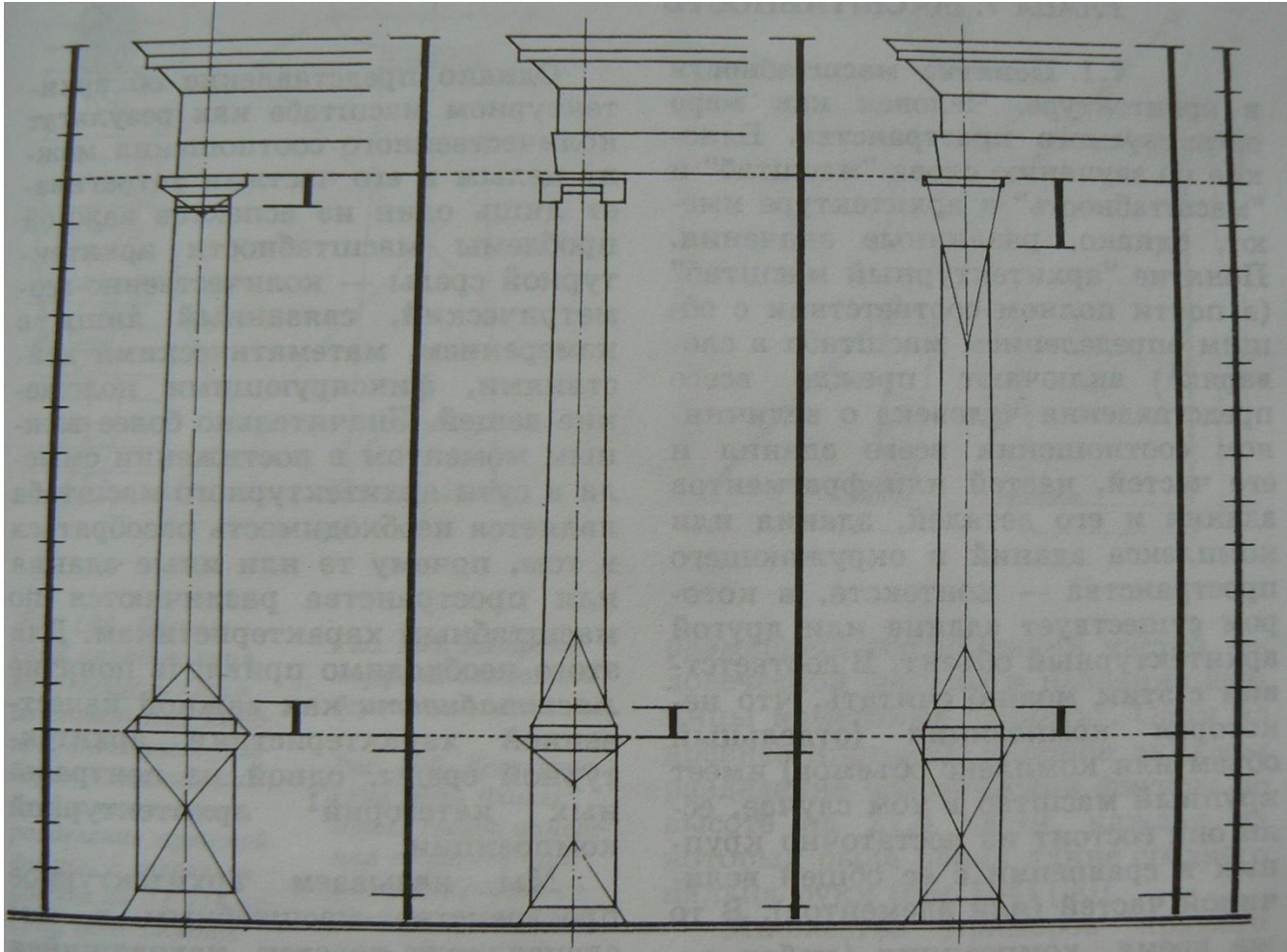
Пропорционирование на основе равностороннего треугольника особенно широко применялось в средневековье, в структуре готических соборов (Миланский собор).



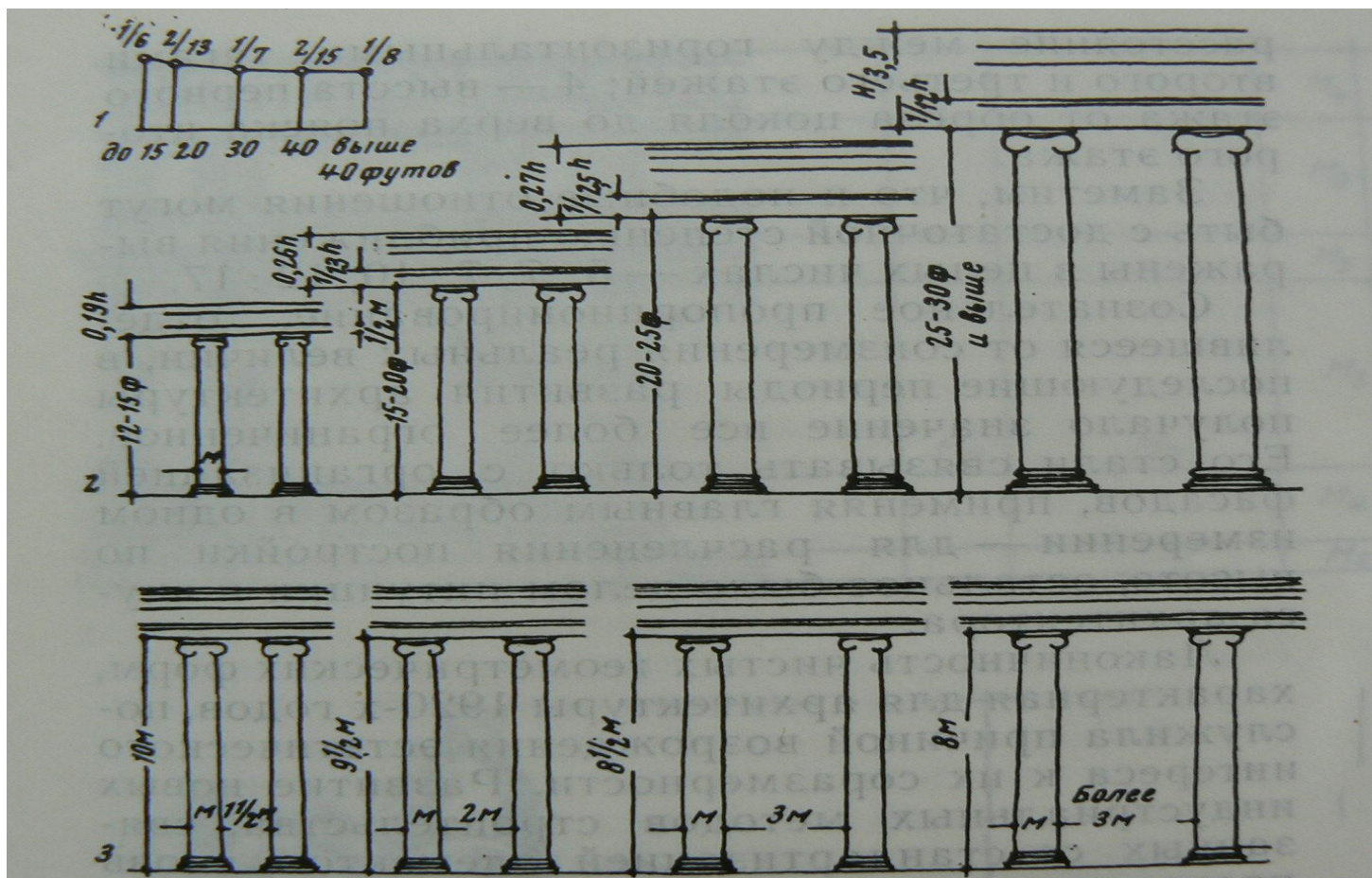
Ряд золотого сечения может быть получен также на основе пентаграммы – пятиугольной звезды, образованной продлением сторон правильного пятиугольника или звездчатого десятиугольника. Ряд золотых отношений неоднократно обнаруживались исследователями в памятниках архитектуры Египта, Греции, Рима, Русского и Западно - Европейского средневековья, Ренессанса.



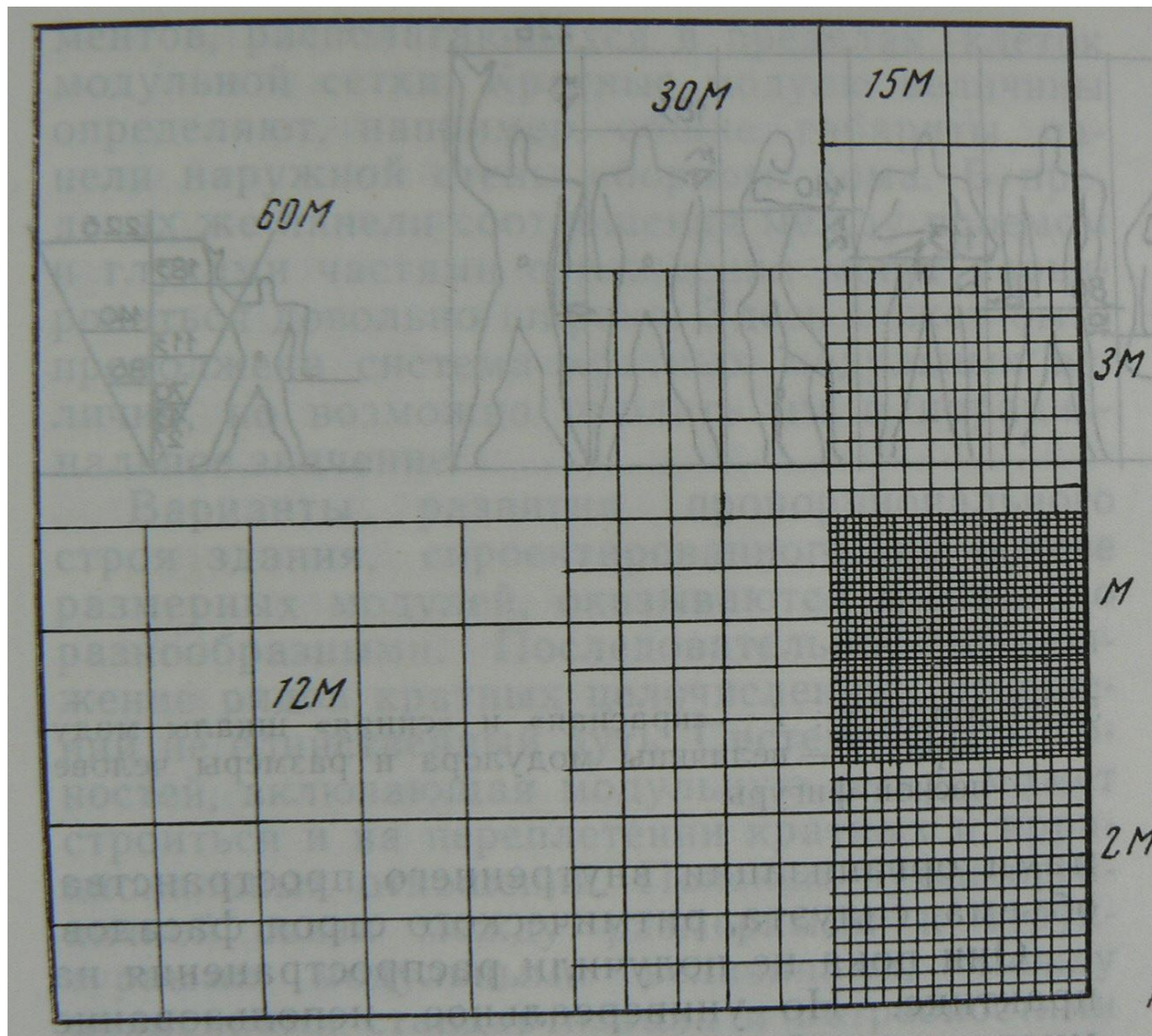
Перечисленные системы пропорционирования являются геометрическими, в числовом выражении они менее удобны в использовании, так как включают иррациональные числа. Однако существуют пропорциональные системы, основанные на числовых (арифметических) приемах согласования частей и целого; это так называемые **модульные системы**.



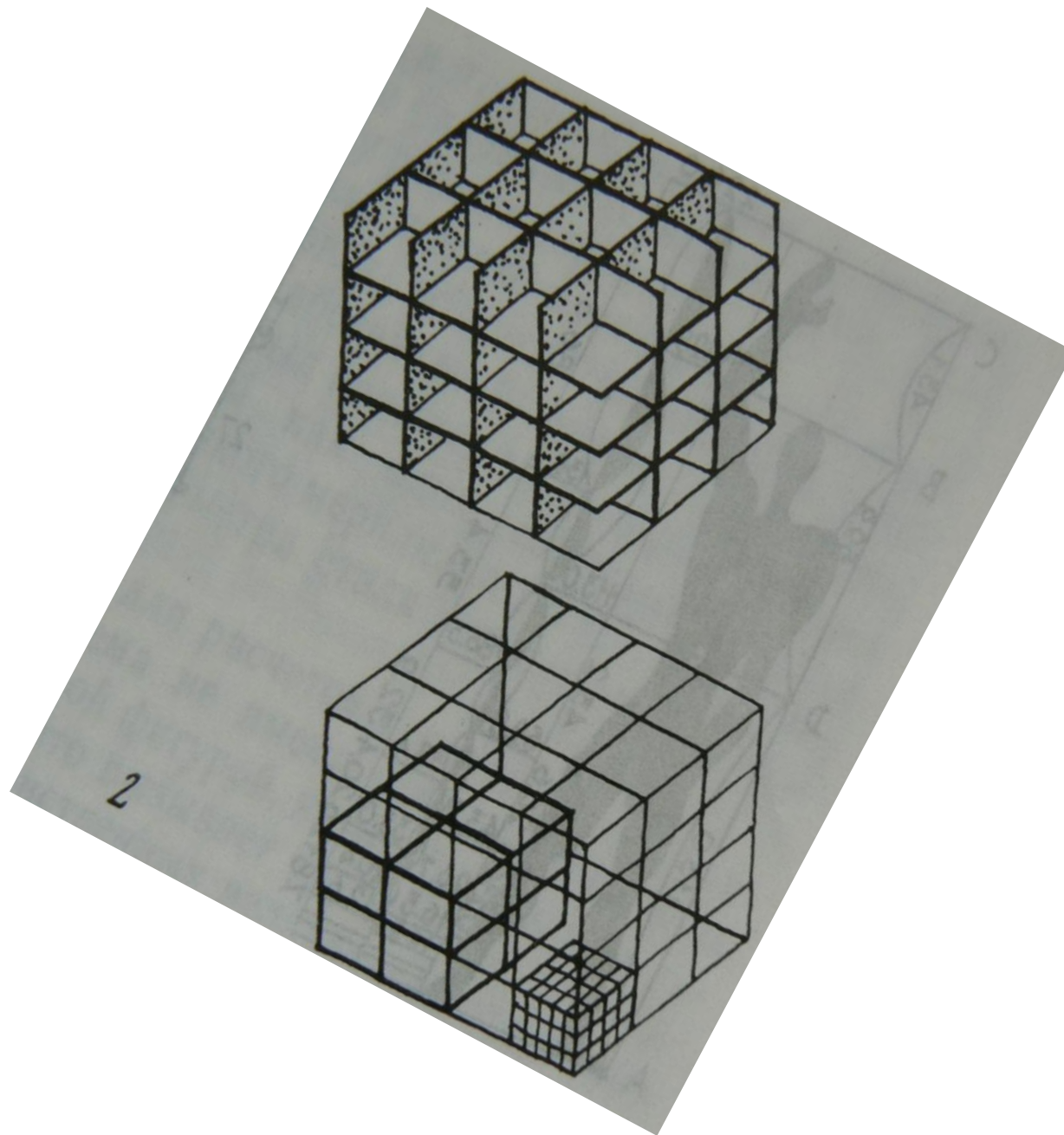
Простейшим примером модульной системы является масштабная сетка, в которую вписывается как общий абрис, так и детали сооружения. Модульная система пропорционирования предполагает существование **модуля** – условной единицы измерения. Модульные пропорции широко применялись на протяжении всего развития архитектуры. Яркий пример – построение античных ордеров, где в качестве модуля – диаметр или радиус колонны.



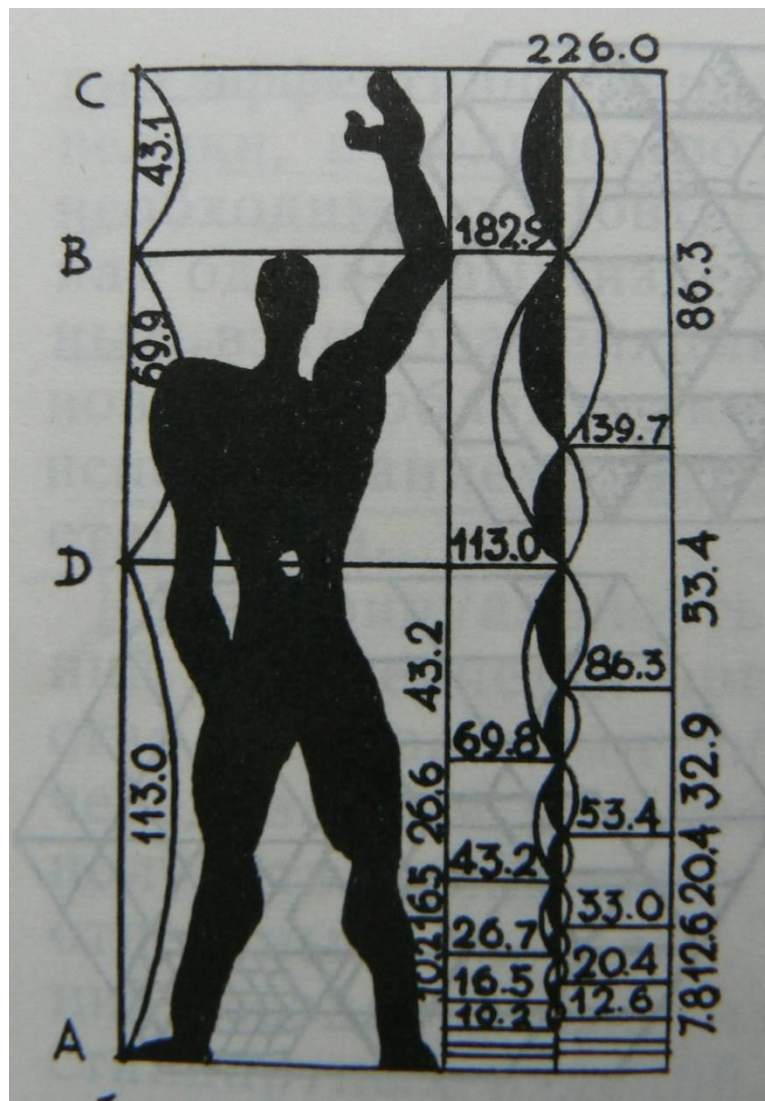
Применяемая в нашей стране модульная система соразмерности (ЕМС) так же использует единый модуль ($M=100\text{см}$), на основе которого путем его членения или умножения получают все принятые в строительстве размеры.



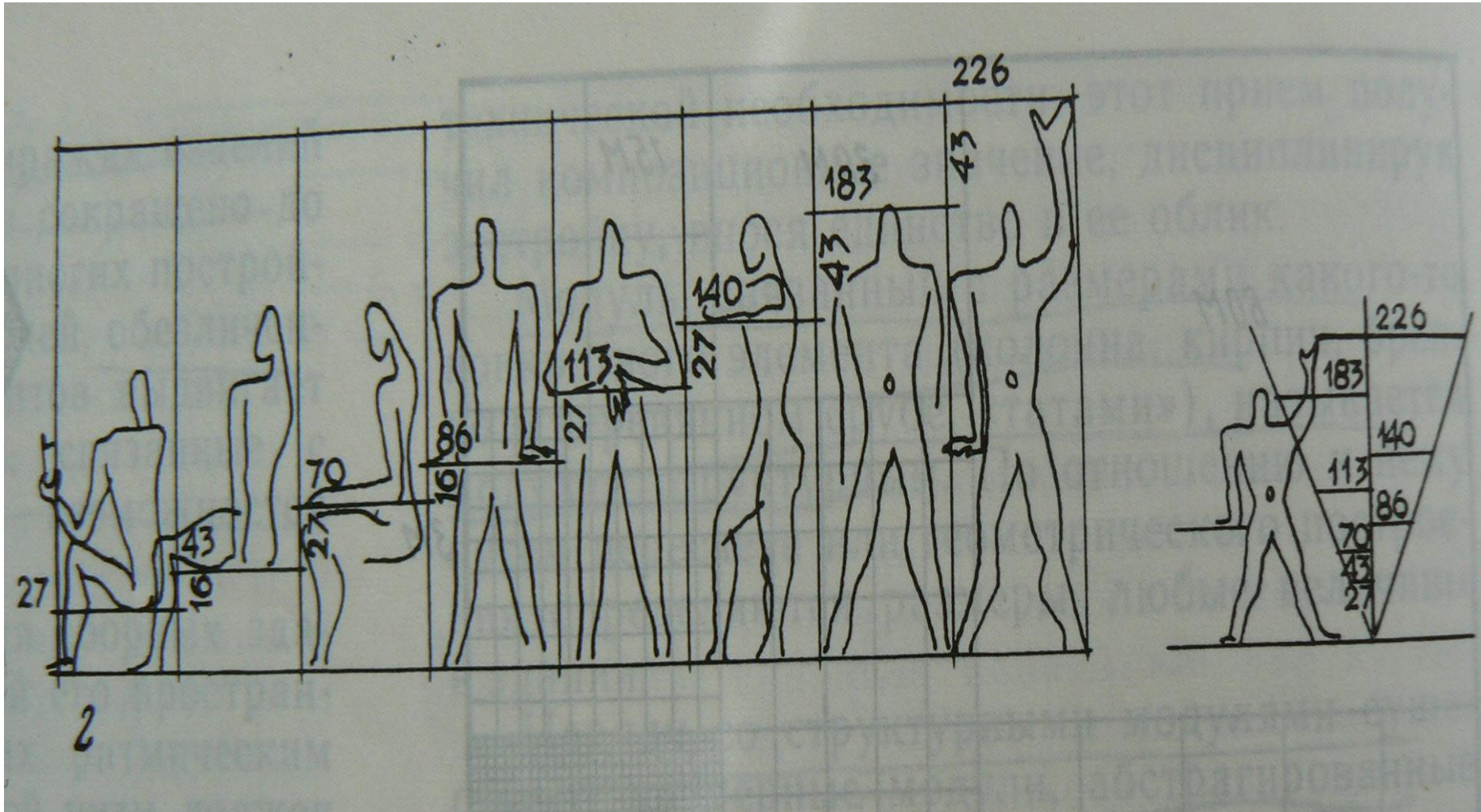
Пространственная решетка модульных измерений



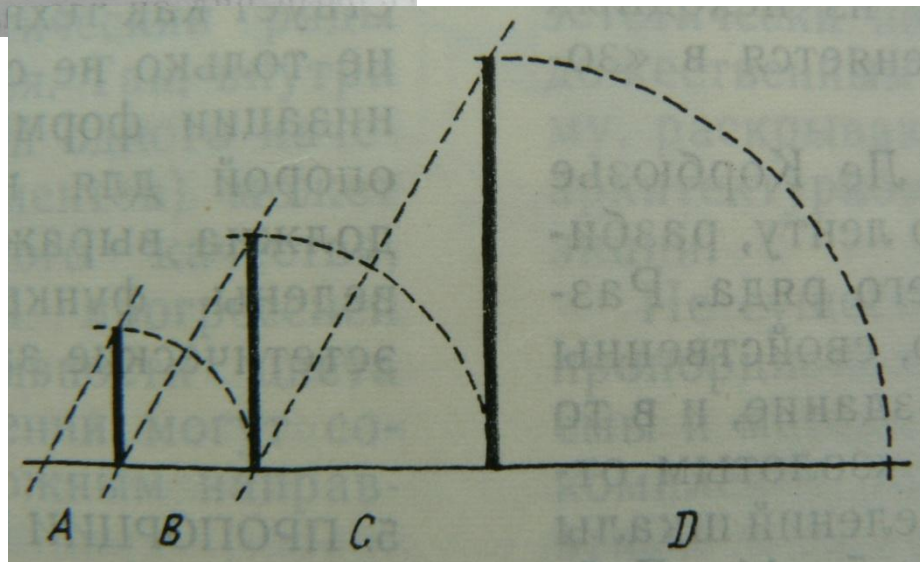
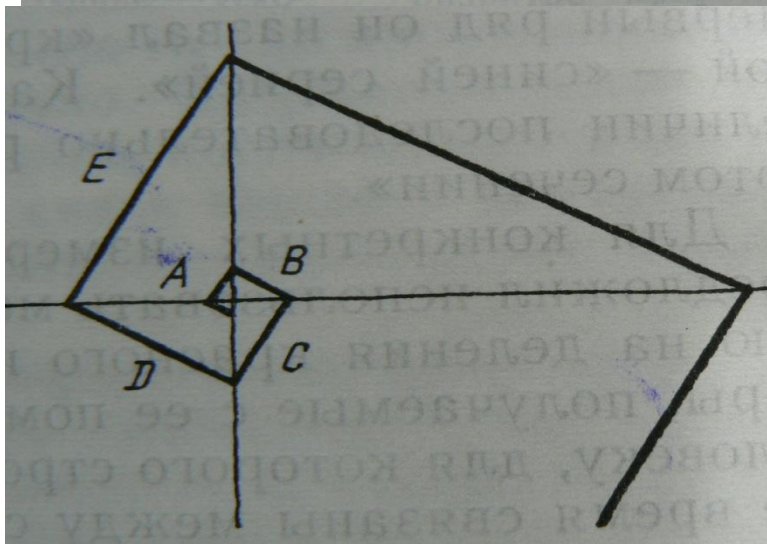
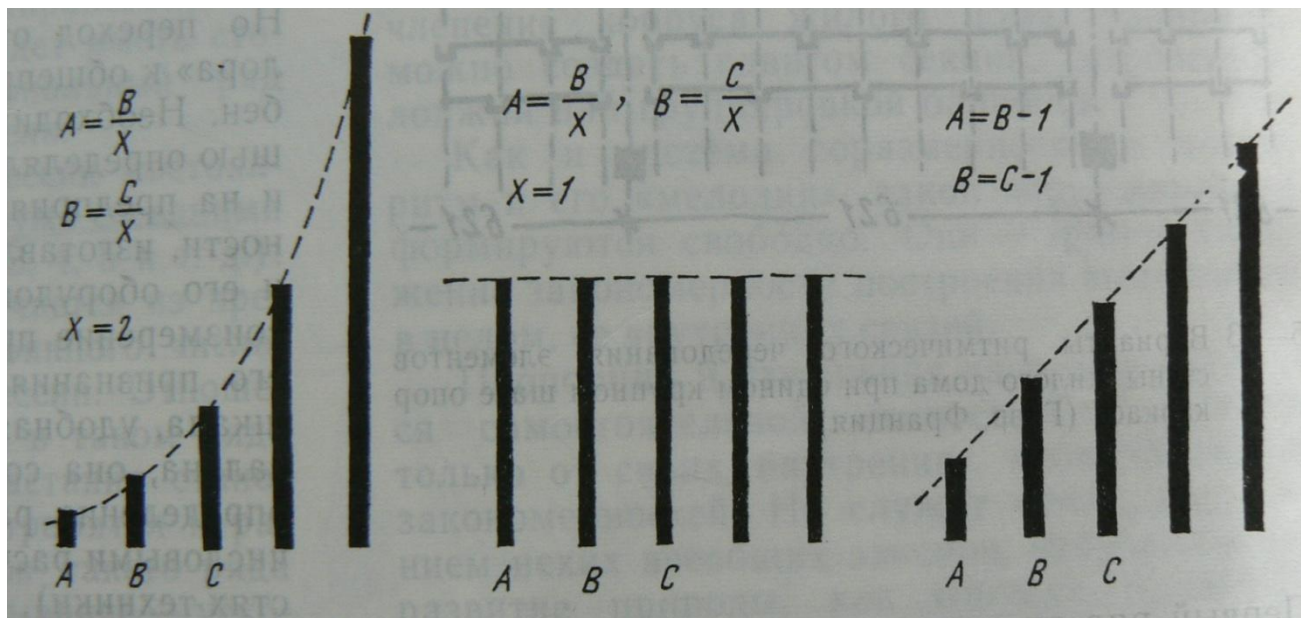
Шкала модулора, удобная для строительства, не универсальна, она совершенно непригодна там, где определение размеров связано со сложными числовыми расчетами (почти все области техники).



Величина модуляра и размеры человеческой фигуры по теории Ле-Корбюзье



Ритмические ряды, основанные на геометрической и арифметической прогрессии. Построение геометрических рядов по прямой и двух перпендикулярных прямым



Любая, даже самая совершенная пропорция не может способствовать достижению художественной выразительности, если применение ее идет вразрез с основными принципами использования других композиционных средств.

Выделяя главное, создавая гармоническую последовательность в расположении элементов здания или ансамбля, пропорции тем самым способствуют правильной ориентации зрителя в окружающей среде, помогают ему представить и верно оценить структуру сооружения, его роль и взаимосвязь с окружением.



Наиболее эффективным методом решения проблем соразмерности в архитектуре следует признать согласованное использование **интуиции и математического расчета.**

На первой стадии проектирования решающим при выполнении эскизов является интуитивный метод работы, позволяющий наиболее оперативно, вчерне осуществлять комплексное решение вопросов. При конкретизации замысла и переходе к более крупным масштабам изображения первостепенной задачей становится уточнение пропорциональной схемы на основании математических расчетов, геометрических построений и проверок.

- Пропорции архитектурных объектов должны естественно формироваться из заданных габаритов и конструкций сооружений, из основных соотношений их композиционно активных частей и элементов. В этом заключается смысл процесса **пропорционирования** как гармонизации архитектурной формы.

Архитектурный масштаб

Для того, чтобы найти соразмерное отношение между архитектурной формой и ее окружением, между архитектурным произведением и человеком, затем перейти от соразмерности жилого здания и улицы к соразмерности внутреннего пространства и человека, можно и нужно применить масштаб.

Архитектурный масштаб - одна из основных и специфических категорий архитектурной композиции.

- Масштаб в архитектуре есть соизмеримость пространственной формы с человеком. Однако эта соизмеримость понимается не буквально как соотношение абсолютной величины сооружения и человека, а как степень соответствия величины данной формы и ее частей назначению самого объекта и характеру окружающей среды. Но поскольку все требования к величине сооружения исходят опять-таки от человека, то условно **средний размер его фигуры является нагляднейшей мерой архитектурного масштаба.**

Человек -мера всех вещей, именно с ним соизмеряется все, что создается на земле. Единство трех аспектов:

1. физическая величина арх. сооружения связана с антропометрическими данными человека (высота дверного проема, ступеньки, этажа, ограждения балкона и т.д.);

2. в понятие арх. масштаба входит соотношение физических величин, определяемое развивающимися функциональными потребностями человека. При этом человек выступает во всем многообразии своей деятельности и связей с окружающим миром.

3. арх. масштаб связан с индивидуальным процессом художественного осмысления пространственных форм.

- Масштаб выступает и как средство архитектурной композиции, и как художественное качество объемно-пространственной формы. От правильного его установления во многом зависит выразительность объекта. Нередко именно архитектурный масштаб определяет важнейшие черты образного строя отдельных зданий и целых ансамблей

Впечатление большей величины здания в целом и впечатление крупности его форм - не одно и то же. Здания равной величины могут выглядеть благодаря своим различным членениям по-разному: в одном случае - больше своего натурального размера, в другом - относительно меньше, но зато крупнее по масштабу. Более высоким будет казаться то здание, которое имеет больше членений.



Соизмеримость - процесс сопоставления арх.формы с человеком. **Соразмерность** - это сопоставимость, соответствие формы человеку, т.е. положительное качество, выявленное в ходе сравнения, сопоставления.

Масштабность - это наличие масштаба, соразмерного человеку, это подходящая для архитектурной формы «мера», приданная ей человеком. Основой возникновения масштабных представлений человека в архитектуре явились величина и форма разумно организованного внутреннего пространства, внешнего объема здания и его частей.

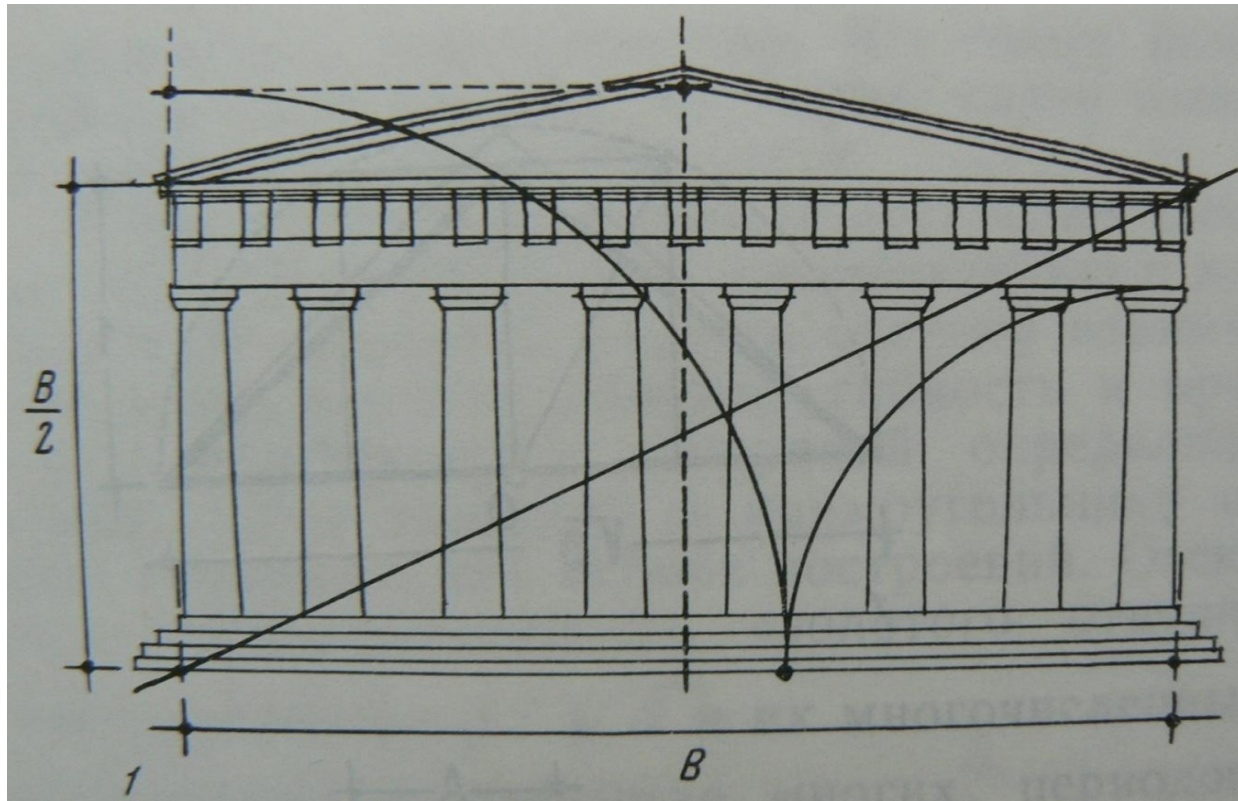
- Указателями масштаба являются высота этажа, шаг проемов, размеры мансардного окна или вентиляционной трубы, высота дерева или кустарника, размеры элементов стаффажа или, наконец, фигуры человека. В дальнейшем термины «масштаб» и «масштабность» будут применяться как синонимы, поскольку в задачу архитектора входит правильное выявление масштаба здания, т.е. создание масштабности.

Сравнение оценки масштабности пространства современного города людьми разного возраста:

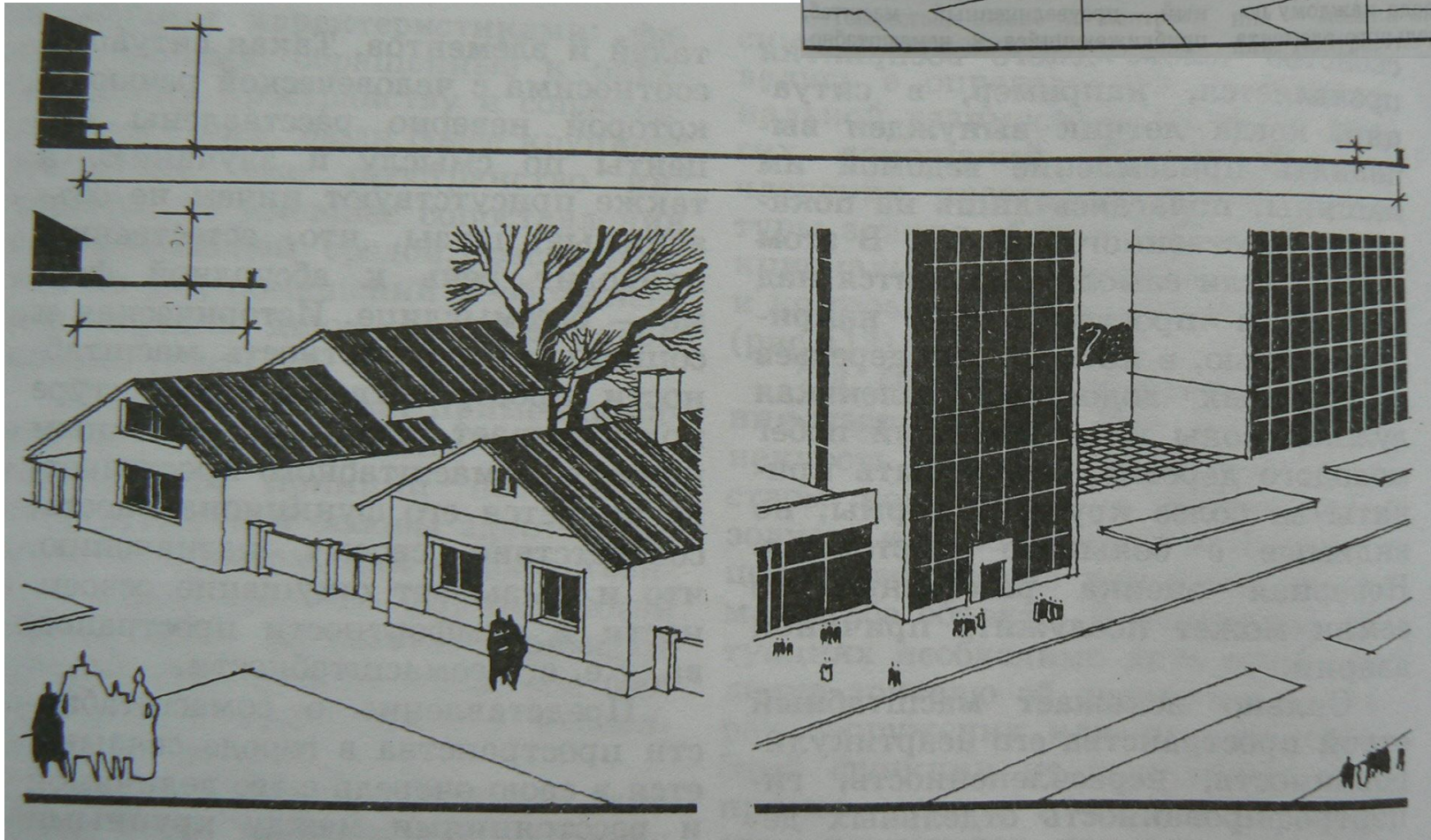
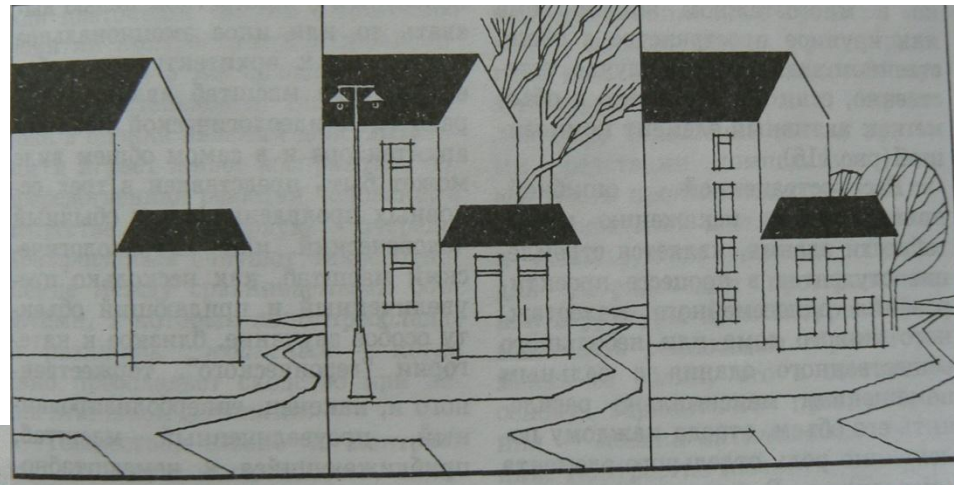
- для дошкольника дворы и улицы города кажутся огромными, неосвоенными и враждебными;
- маленький ребенок в квартире с родителями живет в другом мире - пространство квартиры с большими вещами;
- третий масштаб пространства для ребенка – для его индивидуальной деятельности, его мир игрушек.



Эвритмия-одна из центральных категорий древнегреческого зодчества (впервые это понятие появилось у Платона как обозначение особого состояния, возникающего у человека, движущегося под музыку, когда музыкальный ритм вполне овладевает телом). По отношению к архитектуре **эвритмия** означает определенную соразмерность формы человеческому восприятию. Витрувий утверждал, что никакой храм не может иметь правильной композиции без соразмерности и пропорций, без того точного членения, какие есть у хорошо сложенного человека.



1. Указатели масштаба и истинные размеры здания. (оконные и дверные проемы).
2. Зависимость представления о масштабе пространства и его величины от зрителя.



Искаженный масштаб, как правило, возникает там, где масштабный строй композиции не соответствует ни содержанию, ни назначению здания, ни конструкциям и материалам, в которых оно выполнено, ни окружению, в котором он находится.

Масштаб может намеренно искажаться, если он используется с конкретной целью вызвать то или иное эмоциональное отношение к архитектурному объекту. Тогда масштаб является выразителем идеологической позиции архитектора.



Различают три основные проявления масштаба в пределах масштабности архитектурной формы:

- 1. естественный, обычный человеческий или антропологический;**
- 2. крупный, «героический», торжественный;**
- 3. гиперболизированный, преувеличенный, приближающийся к немасштабности («амасштабности»).**

Кроме того, существует множество промежуточных градаций масштабной выразительности.



В архитектуре каждой эпохи мы находим свой характерный оттенок масштабной выразительности, получивший известное отражение в архитектурных произведениях и включенный в понятие стиля архитектуры данной эпохи.

Этот **архитектурный «масштаб эпохи»** является той мерой предметов, которая соответствует масштабным представлениям человека в данную историческую эпоху, наиболее полно выражая функциональное назначение и идейно-художественное содержание архитектурного произведения. Характерно, что самым ярким периодам развития зодчества, наиболее совершенным его произведениям свойственен относительно крупный, выразительный масштаб.



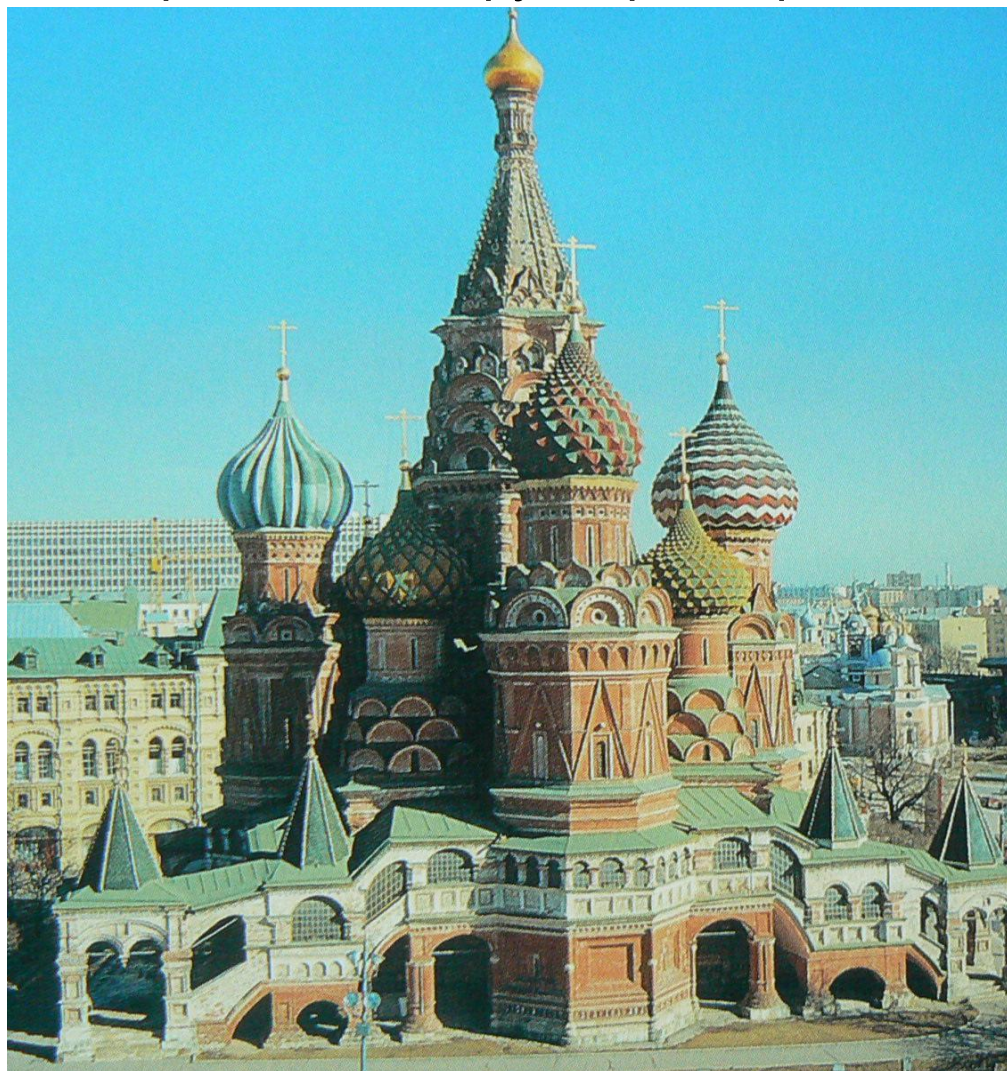
Основой масштабности зданий и сооружений следует считать: правильное определение параметров внутреннего пространства и внешнего объема в соответствии с функциональным назначением и с учетом градостроительной ситуации; оптимальный выбор конструкций и материалов, обусловленный типом и размером здания; правильную постановку задачи создания определенного типа масштаба в соответствии с идейно-художественным содержанием здания.



Перераспределение размера квартир на лестничной площадке не отразится на масштабной шкале дома, так как привычная величина жилой секции не изменилась. Но значительное увеличение площади общей комнаты, оконного проема или высоты этажа сразу же обеспечит дому известную степень значительности

- Сложность категории архитектурного масштаба заключается еще и в том, что представление о степени крупности объемно-пространственной формы складывается в результате взаимодействия нескольких соразмерностей, существующих словно на разных уровнях:
 1. здания и окружающей среды;
 - 2.целой формы и ее частей;
 - 3.здания и человека.

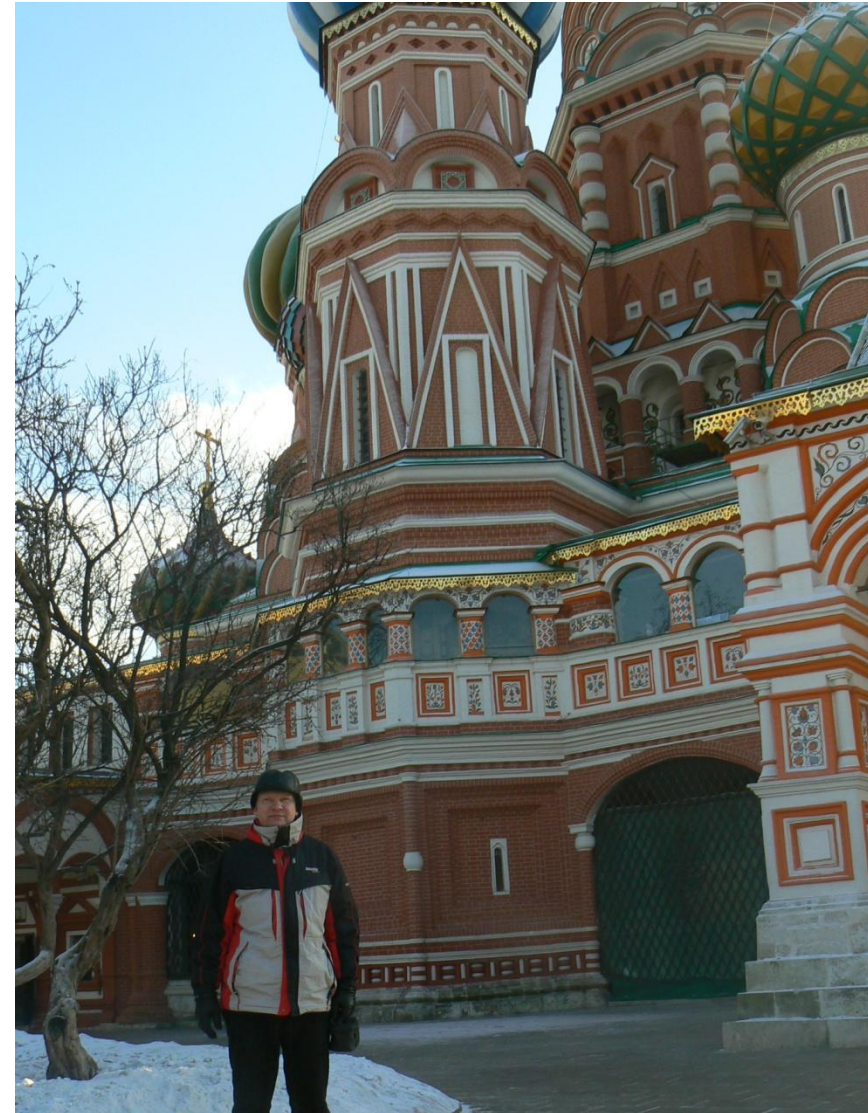
Согласованность масштабных связей этих трех уровней создает гармоничный **масштабный строй** сооружения. Великолепным примером сложно развивающегося масштабного строя может служить храм Василия Блаженного в Москве. Основной масштаб сооружения определяется крупноразмерной ритмической системой, образованной центральным храмом с шатровым покрытием и восемью приделами, также увенчанными луковичными главами.



По существу еще одна масштабная градация. Она включает большое количество мелких декоративных деталей: машикули, кокошники, бровки, арочные проемы крылец, ступени наружных лестниц, сочные рельефы ширинок на галереях и т.д. Эти элементы соизмеримы с человеком.



Единство масштабного строя собора определяется также характером использованного строительного материала. Храм был построен из кирпича и белого камня, а основные архитектурные формы образованы такими простыми стандартными элементами, как гусек, четвертной вал, выкружка, использованными в разных сочетаниях. Сложный, пронизанный взаимосвязями масштабный строй придает храму Василия Блаженного необычайную выразительность и на расстоянии, когда воспринимается его силуэт, и вблизи, когда различается пластика декора.



Внутреннее пространство проектируемого объема - главное и определяющее в архитектурной композиции. Его величина и форма непосредственно связаны с назначением здания. Этим объясняется отличие значительного масштаба общественных сооружений, например театра с большим зрительным залом, от более мелкого масштаба жилого дома с его небольшими ячейками



Эта закономерность основана на функциональных и художественных особенностях интерьера: как всегда, масштаб зависит от величины пространства, с которым взаимодействуют и в котором существуют архитектурные формы. Переход из внешней среды в помещение требует изменения масштаба для того, чтобы человек сохранял ощущение масштабности здания и пространства, интерьера и среды.



Построение масштаба интерьера имеет свои закономерности. К наиболее характерным из них относятся:
выделение главного помещения (вестибюль построение различных помещений по определенной масштабной шкале в зависимости от их функционального и художественного содержания (вестибюли, фойе, зрительные залы, а также кулуары и кружковые комнаты),
постепенное нарастание значительности масштаба смежных помещений



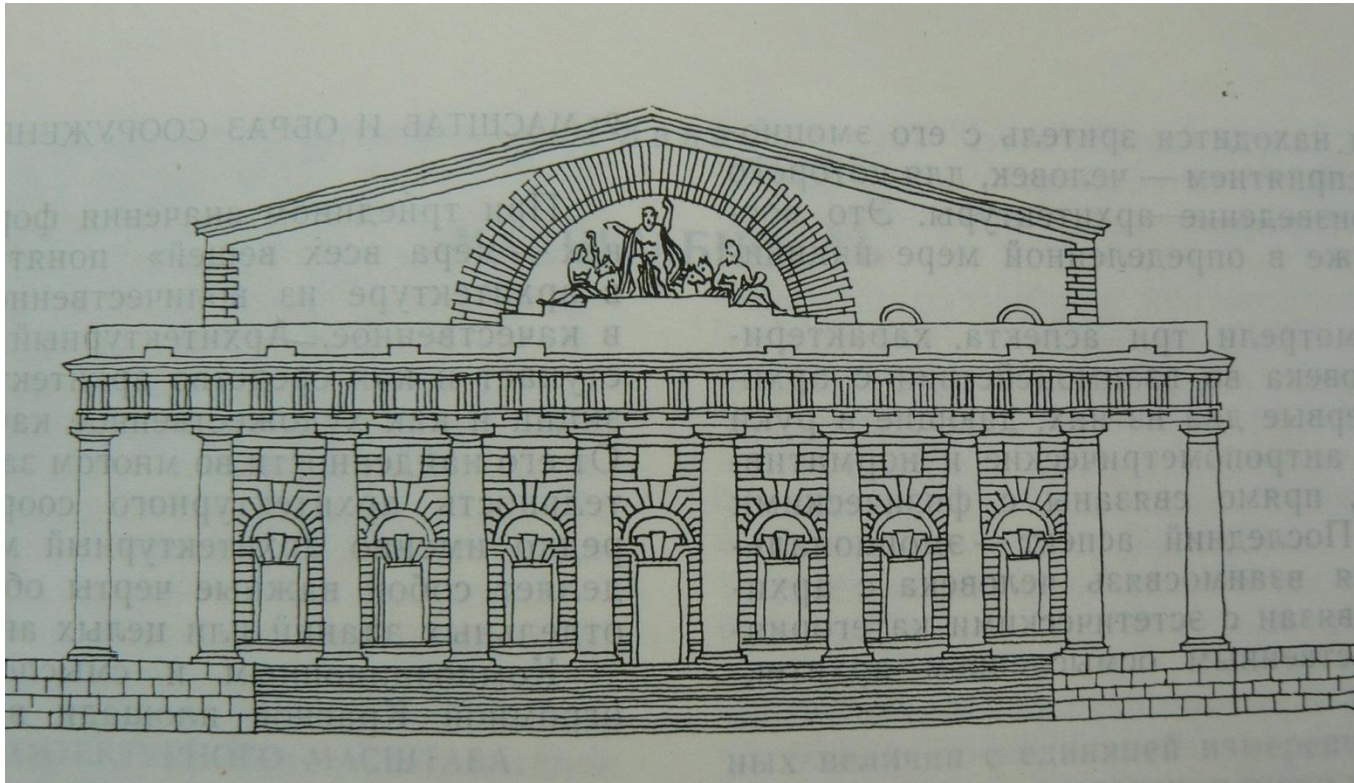
Понятие масштаба в равной мере относится к созданию как отдельных сооружений, так и целых архитектурных ансамблей, представленных застройкой улицы, площади, жилого и промышленного районов, общественного центра города, наконец, города в целом. Масштабный строй в градостроительстве обуславливается теми же положениями, что и в отдельном сооружении.



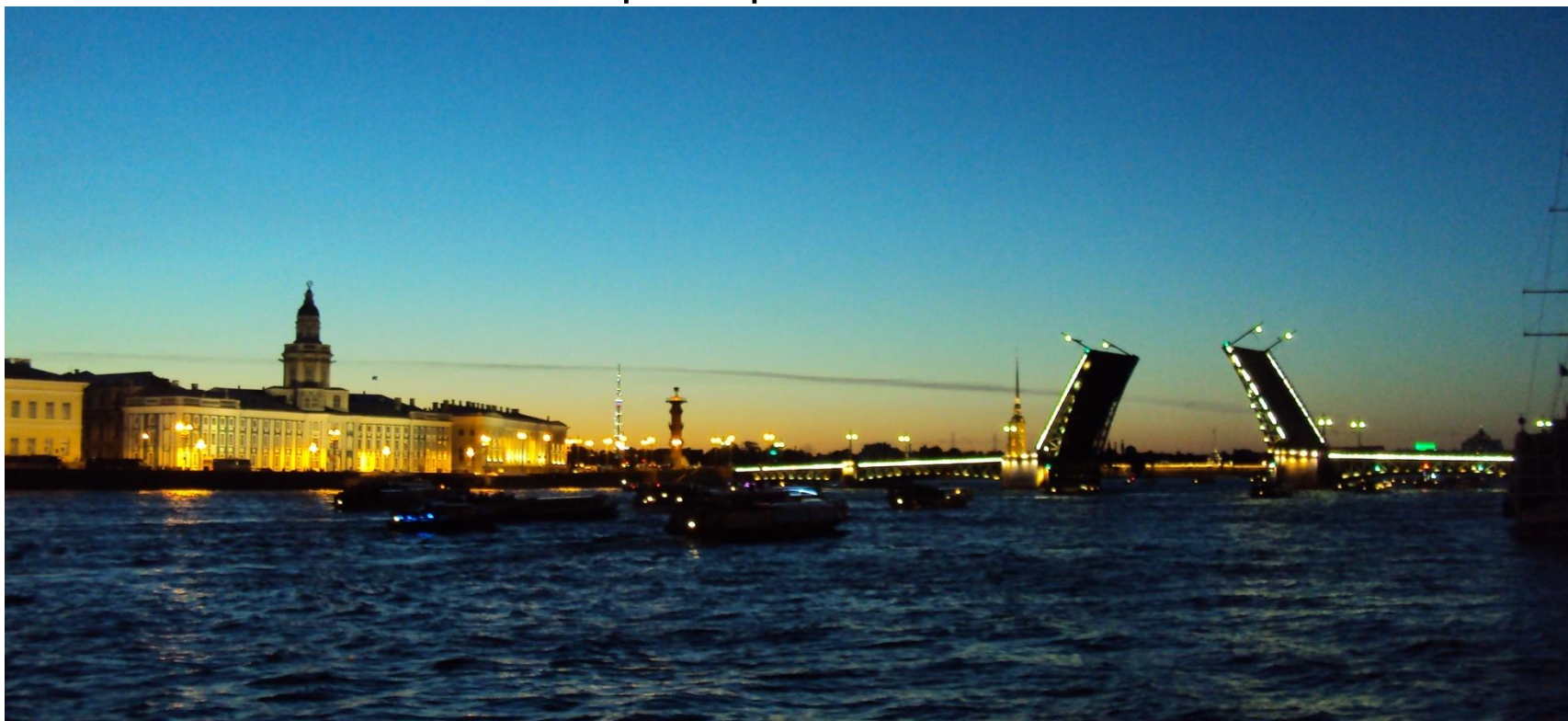
Формирование масштаба градостроительного комплекса в значительной степени зависит от природных и пространственно-планировочных факторов. Так, в Санкт-Петербурге система центральных площадей была сориентирована частично на планировочный каркас, сложившийся на удивительно плоской территории, но главным образом - на Неву и масштабно подчинена реке. Акватория Невы стала организующим началом в пространственной композиции городского центра. Завершением же этого ансамбля стала застройка Стрелки Васильевского острова возле разветвления Невы



Своеобразной кульминацией композиции Стрелки является здание Биржи (арх. Ж. Тома де Томон, 1805-1816 гг.). По своим размерам оно меньше многих монументальных зданий, образовавших застройку набережных Невы. Но масштабный строй Биржи гораздо более значителен. Он основан на крупных членениях лаконичного объема и окружающего пространства. Высокий стилобат, крупный ордер портика с глубокой светотенью, доминирующий объем самого здания со ступенчатым силуэтом хорошо заметны с дальних расстояний и усиливают ощущение крупномасштабности городской среды



Соседние корпуса, расположенные на Стрелке, Ростральные колонны, набережная, оформленная спусками к воде, также достаточно значительны сами по себе, но все же они подчинены крупному масштабу Биржи. Ансамбль Стрелки - целостный комплекс, взаимодействующий с другими частями городского центра. В его основе лежит сопоставимость крупных архитектурных масштабов Зимнего дворца, Адмиралтейства, Петропавловской крепости и других акцентных сооружений. В итоге рождается архитектурный масштаб, созвучный широким просторам Невы.



Сложной и интересной задачей является решение объема жилого или административного здания, если оно становится акцентным элементом в городской застройке. В таких условиях проектировщику приходится, не нарушая внутренней структуры плана, добиваться укрупнения масштаба архитектурной доминанты.



Вторжение гигантских объектов в историческую часть города разрушает масштабные связи сложившейся застройки. Поэтому правила и нормы, регламентирующие новое строительство в старинных городах, обязывают застройщиков подчиняться сложившимся масштабным закономерностям городской среды, а дальнейшее развитие ее осуществлять наслоением, прибавлением новых структурных элементов.



В проектируемых больших районах современного города особенно велика роль своеобразных масштабных посредников между многоэтажной застройкой и человеком. Таким образом, масштаб является категорией, свойственной не только внешнему архитектурному объему. Качественно масштабно обладают и такие объекты, как двор, улица, площадь, садово-парковый ансамбль, город в целом.

