ПРОПОРЦИИ В ЕГИПЕТСКОЙ АРХИТЕКТУРЕ

В построении пропорций возможны два основных метода.

1. Арифметические системы, где пропорции вычисляются абстрактным методом (по числам). Разновидностью этого способа является модульная система, при которой размер какой-либо части здания (например, диаметр колонны) принимается за единицу (модуль) и по отношению к нему все остальные размеры выражаются в простых числах.

2. Геометрические системы пропорций, где все три проекции сооружения определяются путем геометрических построений (чаще всего на основе квадрата или круга). Наибольшую роль здесь играет принцип подобия частей.

Частным случаем геометрических построений является группа отношений так называемого «золотого сечения» (т. е. деления отрезка в среднем и крайнем отношении), при котором весь отрезок так относится к большей своей части, как большая часть относится к меньшей. Таким образом, постоянная пропорция этой системы, образуя убывающую или возрастающую прогрессию, связывает воедино все элементы здания, от больших до самых малых величин.

Золотым сечением наиболее часто занимались теоретики, исходя из квадрата, точнее из двух квадратов (Хембидж), или из деления окружности на 10 частей (Мёссель).

Оба названных исследователя приводят, кроме того, общие законы построений, объясняющие все схемы геометрических пропорций. Мёссель, например, выводит все геометрические фигуры из деления окружности на различное число частей. По Мёсселю пропорции храма Хонсу в Карнаке были определены путем вписывания его в круг (описанный веревкой на земле), разделенный на восемь частей (рис. 1).

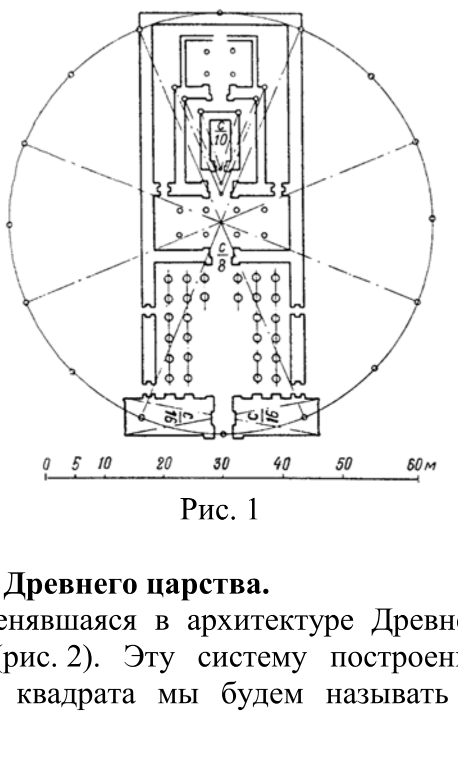

Рис. 1

Пропорции в архитектуре Древнего царства.

Система пропорций, применявшаяся в архитектуре Древнего Египта, построена на квадрате и его производных (рис. 2). Эту систему построения ряда последовательно увеличивающихся производных квадрата мы будем называть в дальнейшем системой диагоналей.

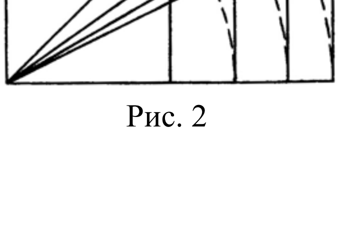

Рис. 2

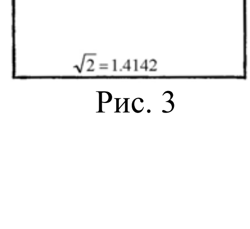

Рис. 3

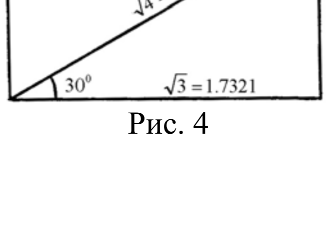

Рис. 4

Эти четыре фигуры, связанные между собой общим построением, обладают интересными свойствами. Первая фигура — квадрат — одна из простейших фигур, имеющая равные стороны. Она является основной формой в ранней архитектуре Древнего Египта, так же как и связанная с ней вторая фигура — прямоугольник с отношением сторон, равным отношению стороны квадрата к его диагонали (рис. 3).

Отношение сторон в нем $\frac{\sqrt{2}}{1} = 1.4142$ или $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.7071$. Третья фигура (рис. 4) имеет отношение сторон $\frac{1}{\sqrt{3}} = 0.5773$ или $\frac{\sqrt{3}}{1} = 1.7321$.

Половина этого прямоугольника образует прямоугольный треугольник с меньшей стороной, равной половине гипотенузы, и с углами 30° и 60°. Хорошо знакомый всем угольник с такими углами является, вероятно, самым ранним вспомогательным прибором в работе архитектора, наравне с угольником, имеющим угол 45° и равным половине квадрата.

Отношение большего катета к гипотенузе в треугольнике с углом 60° равно

$\frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866$.

Четвертая фигура представляет собой прямоугольник, составленный из двух квадратов (рис. 5).

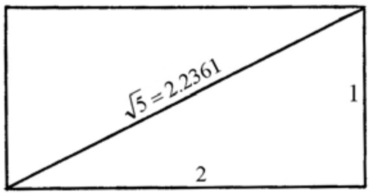

Рис. 5

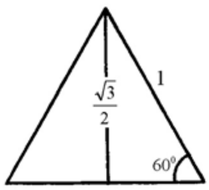

Рис. 6

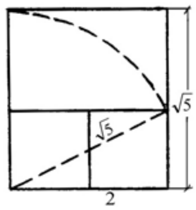

Рис. 7

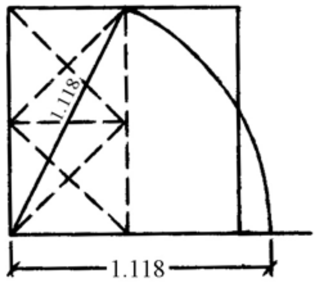

Рис. 8

В нем примечательно часто встречающееся в Египте отношение диагонали к большей стороне $\frac{\sqrt{5}}{2} = 1{,}11805$, совпадающее с «функцией» золотого сечения. Отношение малого катета к диагонали $\frac{1}{\sqrt{5}} = 0.4472$.

Эти шесть связанных между собой величин:

1) квадрат;

2) его диагональ;

3) прямоугольный треугольник с углом 60°;

4) прямоугольник, состоящий из двух квадратов;

5) и 6) отношения его диагонали к сторонам $\frac{\sqrt{5}}{2}$ и $\frac{1}{\sqrt{5}}$ лежат в основе пропорций большинства сооружений Древнего царства.

Иногда кроме квадрата применялся равносторонний треугольник (рис. 6).

Он имеет уже знакомое отношение высоты к стороне $\frac{\sqrt{3}}{2} : 1 = 0.866$ или стороны к высоте $1 : \frac{\sqrt{3}}{2} = 1.155$.

Все эти фигуры могут быть построены в натуре при помощи простой веревки. Даже прямоугольник с таким иррациональным и, казалось бы, сложным отношением сторон, как

$\frac{\sqrt{5}}{2} = 1.118$, которое является отношением диагонали двух квадратов к стороне (рис. 7), может быть построен этим простейшим способом (такой прямоугольник условно называется в дальнейшем неточным квадратом).

Это же отношение может быть получено при помощи диагонали полуквадрата (рис. 8), так как половина квадрата составляет прямоугольник в два малых квадрата.

Гробница в Негаде.

Система квадрата и его производных стала применяться, вероятно, еще в архаическом периоде. По этим пропорциям построен один из самых ранних египетских памятников — предполагаемая гробница фараона Менеса в Негаде, относящаяся к I династии (рис. 9).

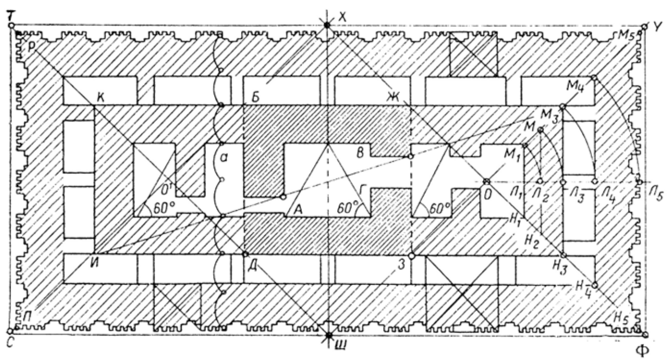

Рис. 9

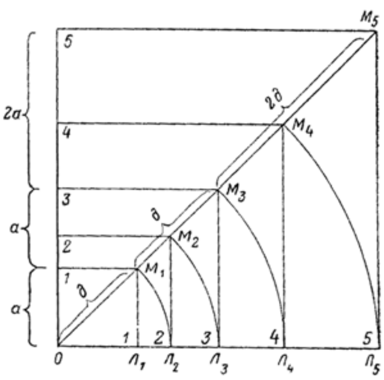

Рис. 10

Особенность описанной выше системы построения последовательно увеличивающихся прямоугольников при помощи диагоналей (см. рис. 10) заключается в том, что большие величины (диагонали) оказываются производными от меньших величин — сторон квадрата или прямоугольника. Поэтому в ранних памятниках построение должно было идти от части к целому. Дионисий Галикарнасский, историк I в. до н. э., приписывает египетским скульпторам применение «аналогии от наименьшей [величины] до наибольшей».

Такой исходной величиной в гробнице Менеса служит ширина основной камеры, равная высоте равностороннего треугольника, вписанного в эту камеру. Половина этой меньшей стороны камеры будет модулем построения пропорций; обозначим ее буквой *a*. Интересен тот факт, что начальная фигура построения не является точным квадратом ($\frac{2}{\sqrt{3}} = 1.155$), хотя и очень близка к нему.

Этот прием будет иногда повторяться в последующих памятниках.

Все дальнейшее построение пропорций гробницы в Негаде основано только на квадратах.

Исходя из фигуры центральной камеры, легко построить пропорции среднего объема $ИКМ_3Н_3$, включающего пять внутренних камер. Центральная камера (в план которой может быть вписан равносторонний треугольник) окружена стенами, толщина которых равна половине ширины камеры, т. е. модулю *a*. Вся ширина центрального объема поэтому равна 4*a*. К полученному прямоугольнику *ДБЖЗ* с меньших сторон были прибавлены два точных квадрата — $ЗЖМ_3Н_3$ и *ИКБД*. В них заключено по две камеры, равные половине центральной; следовательно, в эти камеры вписываются прямоугольные треугольники с углом в 60°. Две из этих камер примыкают к стенам центральной камеры; положение двух крайних определено пересечениями их внешних углов с диагоналями квадратов.

Положение внешних стен определяется путем удвоения ширины центральной части плана — $ИКМ_3Н_3$. Общая ширина гробницы *ПР* (без постамента), таким образом, равна 8*a*. Внешние габариты ее близки к двум квадратам, но, как понятно из построения, отличаются от них в сторону удлинения на разность сторон центральной камеры. Габариты же постамента гробницы *СТУФ* равны точно двум квадратам. Ширина постамента определяется точками пересечения (*X* и *Ш*) диагоналей боковых квадратов среднего объема (*ОЖ*, *ОЗ* и $O_1Б$, $O_1Д$).

Непонятное на первый взгляд несовпадение толщины внешней стены с разбивочным модулем *a* указывает на то, что в данном случае наряду с методом кратного повторения модуля, применен какой-то иной способ построения пропорций. Этим способом является, вероятно, метод последовательно увеличивающихся квадратов, представляющий известную аналогию с описанным выше (см. рис. 2) способом построения по системе диагоналей. Сущность этого метода пояснена на рис. 10. В основу построения положен квадрат № 1. Его диагональю OM_1 как радиусом, производится засечка на оси абсцисс (и ординат). Из засеченной точки $Л_2$ восстанавливается перпендикуляр, который отсекает на линии диагоналей (на биссектрисе) отрезок OM_2, являющийся диагональю квадрата № 2. Затем радиусом OM_2 повторяется засечка оси абсцисс, определяющая точку $Л_3$, и т. д. В этом построении сторона каждого последующего квадрата относится к стороне предыдущего, как диагональ квадрата к его же стороне, т. е. как $\frac{\sqrt{2}}{1}$. Так же относятся друг к другу и диагонали последовательных квадратов:

$$\frac{ОЛ_2}{ОЛ_1}=\frac{ОЛ_3}{ОЛ_2}=\frac{ОЛ_4}{ОЛ_3}=\frac{ОЛ_5}{ОЛ_4}=\ldots=\frac{\sqrt{2}}{1};$$

$$\frac{OM_2}{OM_1}=\frac{OM_3}{OM_2}=\frac{OM_4}{OM_3}=\frac{OM_5}{OM_4}=\ldots=\frac{\sqrt{2}}{1}.$$

Откуда[1]

$ОЛ_3 = 2ОЛ_1$; $ОЛ_5 = 2ОЛ_3$; $OM_3 = 2OM_1$; $OM_5 = 2OM_3$

Из указанных равенств видно, что метод последовательного построения квадратов дает при двукратном применении удвоение размера, откуда вытекает совпадение найденных этим методом угловых точек M_3 и M_5 с точками пересечения соответствующих линий стен (см. рис. 137), построенных способом повторного отложения (удвоения) модуля *a*, как описано выше. Метод последовательно увеличивающихся квадратов дает, однако, помимо точек M_3 и M_5 также и точку M_4, которая определяет ширину внешнего кольца камер и, следовательно, толщину наружной стены. Точка M_2 остается неиспользованной.

Таким образом, система модульных кратных отношений сочетается с методом последовательно построенных квадратов и с системой диагоналей (или иррациональных величин). Примитивную модульность раннего Египта нельзя признать развитой системой арифметических кратных отношений; она сводится к простым удвоениям величин, вытекающим из употребления указанных двух способов пропорционального построения, дающих последовательно то целые, то иррациональные величины.

Из остальных пропорциональных зависимостей в гробнице в Негаде следует отметить равенство расстояния между осями выступов фасада и толщины внешней стены. Так, построение фасада связывается со всеми остальными размерами плана. Вертикальные пропорции фасада трудно определить, так как гробница сохранилась плохо.

В такой законченной системе квадратов обращает на себя внимание появление неквадратной формы в основе всего построения пропорций. Этот факт легко объясняется приемами построения прямого угла. В условиях примитивной техники восстановление в натуре перпендикуляра к прямой возможно только методом засечек при помощи веревок.

---

[1] Поскольку $ОЛ_2 = ОЛ_1(\sqrt{2})^1$,

$ОЛ_3 = ОЛ_1(\sqrt{2})^2, = 2ОЛ_1$;

$ОЛ_4 = ОЛ_1(\sqrt{2})^3, = ОЛ_2\, 2\sqrt{2}$;

$ОЛ_5 = ОЛ_1(\sqrt{2})^4, = 4ОЛ_1$.

Применявшийся позднее «священный» египетский треугольник со сторонами 3 : 4 : 5, служивший, по Плутарху, египтянам для построения прямого угла, в ранних памятниках не обнаруживается.

При построении засечками перпендикуляра к прямой возможны три различных итога.

1. Если мы примем для радиуса засечек заданное расстояние между исходными точками построения *а*, то в результате получим равносторонний треугольник (рис. 11).

Построив засечками около одного из углов равностороннего треугольника две его половины, мы получим прямоугольник с отношением сторон $\frac{a}{\text{б}} = \frac{1.155}{1}$ (рис. 12).

Таким методом и построены пропорции центральной и боковых камер гробницы в Негаде.

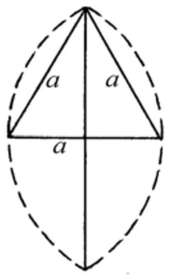

Рис. 11

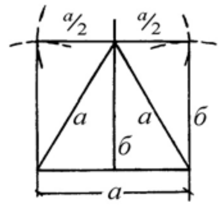

Рис. 12

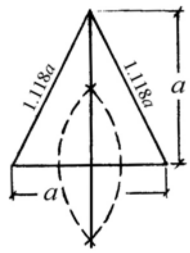

Рис. 13

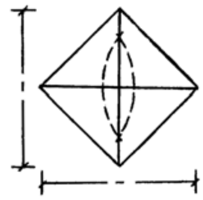

Рис. 14

2. Если мы берем произвольные радиусы, то на полученном перпендикуляре можно отложить заданное расстояние *а* двумя способами.

Отложив отрезок *а* полностью вверх, получим треугольник с высотой *а* и основанием *а*. Его стороны будут в этом случае равны 1.118 *а* (рис. 13).

Отношение $\frac{1}{1.118}$ определяет пропорцию второй, весьма часто применявшейся формы построения центральной части здания или ансамбля.

3. Третий результат получится, если отложить на перпендикуляре заданный отрезок *а* таким образом, чтобы его середина совпала с основной прямой. Тогда мы получим квадрат, но он окажется повернутым в неудобное для дальнейшего построения положение (рис. 14).

Наблюдаемое в гробнице Менеса употребление двух частично совпадающих между собой систем пропорционирования — метода удвоений и системы диагональных (иррациональных) отношений — характерно для всего раннего периода Древнего Египта.

Ясно также, что на ранней стадии египетской архитектуры проблема пропорций была нераздельно связана с проблемой измерения и разбивки здания в натуре и, вероятно, возникла на основе практики строительства (значение квадрата обусловливалось тем, что он служил мерой площади).

Можно утверждать, что сознательно применяемая пропорциональная закономерность была методом художественного построения уже в искусстве времени I династии.