

ДК  
56  
В42

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

# ВИЗАНТИЙСКИЙ ВРЕМЕННОК



V

1952

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
АКАДЕМИИ НАУК СССР

К. Н. АФАНАСЬЕВ

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХРАМА СВ. СОФИИ В КОНСТАНТИНОПОЛЕ

Купол храма св. Софии в Константинополе (532—557) как в архитектурно-художественном, так и в техническом отношении является наиболее существенной и эффектной частью сооружения. Именно на куполе было сосредоточено все внимание зодчего. Это обстоятельство бесспорно дает нам основание при анализе построения архитектурной формы храма прежде всего обратить внимание именно на его купол. В куполе можно видеть исходную геометрическую форму, которая в последующем построении предопределила меру всех других частей сооружения.

Следуя естественному процессу строительства, мы начнем наше построение с плана и обратим внимание, прежде всего, на горизонтальную проекцию купола в плане сооружения.

Купол в плане очень близок к кругу. Имеющиеся отклонения, помимо вполне закономерных строительных „допусков“, должны быть объяснены многократными разрушениями и перестройкой купола, а также разного рода деформациями, которым подверглось сооружение за длительный срок его существования. По замыслу же купол сферический и в плане очерчивается окружностью.<sup>1</sup>

Основание купола лежит на „кольце“, образованном смыкающимися грандиозными парусами-пандативами, передающими тяжесть купола на столбы. Диаметр этого „кольца“ равен 31,36 м.<sup>2</sup>

Если же принять во внимание размеры карнизика, идущего по этому кольцу и имеющего вынос, равный примерно 25 см, то мы получим диаметр „светового кольца“, диаметр как бы парящей над головой молящихся сферы, равный  $31,34 - 2 \cdot 0,25 = 30,84$  м.

---

<sup>1</sup> Принятие теории Милле об эллиптическом основании купола храма св. Софии (G. Millet. La coupole primitive de st. Sophie. „Revue de Philologie et d'Histoire“, II, 1923) несколько осложнило бы наше рассуждение, однако не вошло бы с ним в противоречие, так как малый диаметр первоначального купола св. Софии, по теории Милле, все же приравнялся бы к диаметру сферического купола, принятого нами за исходный размер всех наших последующих построений.

<sup>2</sup> См. K. J. Conant. The First Dome of St. Sophia and its Rebuilding. „American Journal of Archaeology“, XLIII, 1939. Подробная таблица размеров купола храма Софии, а также пролетов всех четырех подпружных арок приведена у E. Swift (Hagia Sophia, New York, 1940, p. 159), где размер диаметра первоначального купола храма указан равным 31,36 м. В настоящее время в результате полученных деформаций и перестроек купол имеет диаметр, равный в направлении восток—запад 31,24 м и в направлении север—юг 33,04 м

Небезинтересно сравнить купол храма св. Софии с куполами хотя бы некоторых других византийских храмов. Легко убедиться, например, в том, что купол храма св. Сергия и св. Вакха (527), или, точнее, диаметр окружности, вписанной в восьмиугольную сердцевину храма, равен примерно 15,40 м. Храм св. Ирины (740), расположенный в непосредственной близости от храма св. Софии, имеет диаметр купола его „светового кольца“, равный также 15,40 м.

Если сопоставить эти размеры с греческим олимпийским футом (πούς), равным 303 мм<sup>1</sup>, то окажется, что диаметр купола св. Софии приравнялся к ста футам, купол храма св. Сергия и св. Вакха, а также и храма св. Ирины — к пятидесяти футам. Среди других византийских храмов можно встретить множество примеров такого размера диаметра главного купола, который выражен в округлом числе того

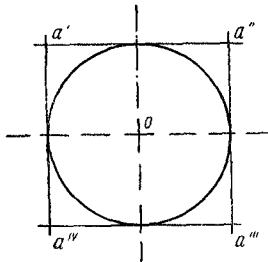


Рис. 1.

же фута. Например, диаметр купола церкви св. Андрея „в Суде“ VI в. (Каджа Мустафа-паша Джами) равен 20 греч. фут. (6,16 м), диаметр купола церкви св. апостолов Петра и Марка IX в. (Аттик Джами) — 15 греч. фут. (4,6 м), диаметр купола церкви Марии Панохранты монастыря Липса X в. (Фенари-Исса) — 12 греч. фут. (3,7 м), церкви Спасителя Пантеопта XI в. (Эски Имарет Меджиди) — 15 греч. фут. (4,6 м), церкви св. Иоанна в Труле XII в. (Ахмет паша-Меджиди) — 12 греч. фут. (3,7 м)<sup>2</sup> и т. п. Очевидно, в византийском храмостроительстве существовала устойчивая традиция, следуя которой, зодчий, приступавший к возведению храма, сравнивал его предполагаемые размеры с размерами уже существующих храмов, ориентируясь при этом на размер основного элемента сооружения — центрального купола.

Построение плана св. Софии Константинопольской мы начнем с квадрата ( $a^I a^{II} a^{III} a^{IV}$ ), имеющего сторону, равную диаметру опорного кольца купола и описанного около круга, являющегося его горизонтальной прерсекцией (рис. 1). Совершенно очевидно, что этому построению должно предшествовать определение как продольной, так и поперечной оси храма, должным образом ориентированных по странам света.

Границы всего храма, его длина и ширина определяются при помощи полудиagonали уже построенного нами квадрата ( $o a^{II}$ ) и ( $o a^{IV}$ ) (рис. 2) и с помощью диагоналей полуквадрата ( $a^I a^{VI}$ ) и ( $a^V a^{III}$ ). Если полудиagonаль ( $o a^{II}$ ) мы повернем вокруг точки  $a^{II}$ , то сможем определить точку  $b^V$ , расположенную на внутренней стороне восточной стены храма (так же определяется положение и точки  $b^{VI}$ ). Если же диагональ полуквадрата  $a^I a^{VI}$  мы повернем около точки  $a^{VI}$ , то сможем определить точку  $b^{VIII}$ , расположенную на внутренней стороне северной стены храма. Это последнее построение есть не что иное как отношения так называемого „золотого сечения“, так как

$$\frac{b^{VIII} a^{III}}{a^{IV} a^{III}} = \frac{a^{IV} a^{III}}{b^{VIII} a^{IV}}.$$

<sup>1</sup> Размеры греческого фута, равного 0,30828 м, взяты нами из справочных таблиц, приложенных к комментариям, составленным В. П. Зубовым к десяти книгам о зодчестве Альберта (М., 1937, стр. 757). Те же размеры указаны и в других справочных изданиях.

<sup>2</sup> Эти данные, основанные на масштабном измерении чертежей, равно как и наименования памятников, приводятся у J. Ebersolt, A. Thiers. Les églises byzantines de Constantinople, Paris, 1913; A. Millingen. Byzantine Churches in Constantinople, London, 1912.

Подобное построение не является чем-то неповторимым и свойственным лишь одному храму св. Софии; мы можем его проследить и в плане других византийских храмов. Множественность примеров подобного рода делает их характерными для рабочего метода византийского зодчего.

Центры полукуполов храма св. Софии, имеющих тот же диаметр, что и главный купол (его опорное кольцо), размещены один от другого ( $o^I o^{II}$ ) на расстоянии, равном диагонали половины подкупольного квадрата ( $o^I o^{II} = a^I a^{VI}$ ) (рис. 3).

Южная и северная грани центрального звена плана несколько раздвинуты за пределы подкупольного квадрата, так что его ширина

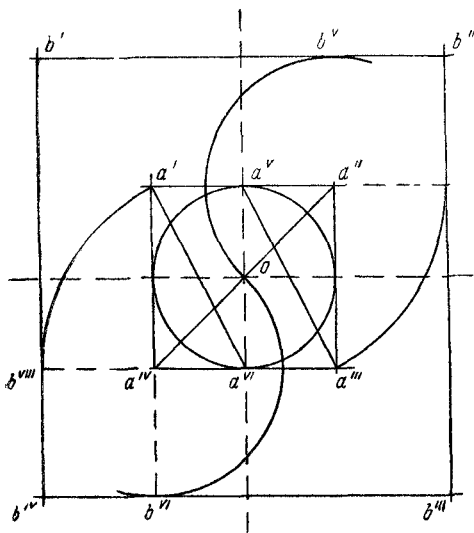


Рис. 2.

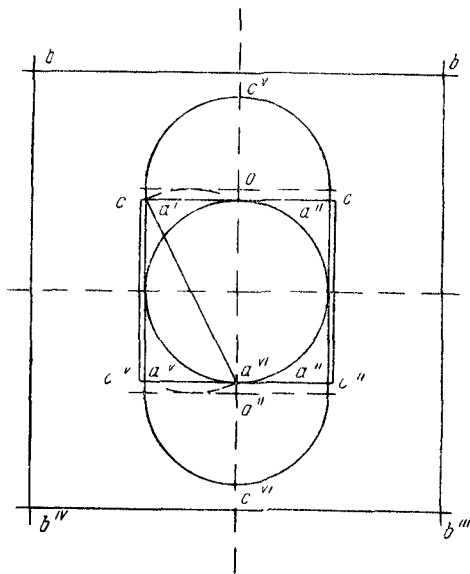


Рис. 3.

( $c^I c^{II}$ ) оказалась равной половине общей длины всей подкупольной части плана ( $c^I c^{II} = \frac{1}{2} c^V c^{VI}$ ; рис. 3). Следует заметить, что центральное звено храма ( $c^I c^{II} c^{III} c^{IV}$ ) тем самым получает почти точно такое же отношение сторон, что и основной контур всего храма в целом ( $b^I b^{II} b^{III} b^{IV}$ ; рис. 3), но повернуто своей большей стороной в поперечном, по отношению к продольной оси храма, направлении.

Алтарный проем в восточной части храма ( $e^V e^{VI}$ ) и равный ему проем с запада, в котором разместился центральный вход, определены размером стороны квадрата ( $e^I e^{II} e^{III} e^{IV}$ ), вписанного в полуокружие, которое представляет собой горизонтальную проекцию восточного или, соответственно, западного полукупола (рис. 4).

Большой размер центрального звена боковых нефов ( $f^V f^{VI}$ ) приравнен, как мы видим на рис. 4, к стороне квадрата ( $f^I f^{II} f^{III} f^{IV}$ ), вписанного в окружность, соответствующую горизонтальной проекции центрального купола, или, что то же самое, приравнен к половине диагонали подкупольного квадрата ( $\frac{1}{2} a^I a^{III} = f^I f^{IV} = f^V f^{VI}$ ).

Восточные и западные звенья малых нефов по длине приравнены к  $\frac{1}{4}$  части всей длины храма (на рис. 5 обозначены буквой А). Тем самым, попутно оказалась установленной толщина пилонов-контрфорсов (на рис. 5 обозначены буквой б).

Продольные, сквозные на всем протяжении храма части боковых нефов (равно и проемы в пилонах-контрфорсах) с внутренней стороны ограничены прямыми ( $g^I g^I$  и  $g^{II} g^{II}$ ), касательными к окружности, описанной вокруг подкупольного квадрата ( $a^I a^{II} a^{III} a^{IV}$ ; рис. 5). Этот прием впоследствии получил широкое распространение как в византийской, так и в русской архитектуре и часто использовался для определения размеров центральных четырех столбов, несущих главный купол храма. С внешней стороны эти продольные, сквозные на всем протяжении храма части боковых нефов ограничены прямыми ( $h^I h^I$  и  $h^{II} h^{II}$ ), положение которых устанавливается при помощи радиуса большого купола

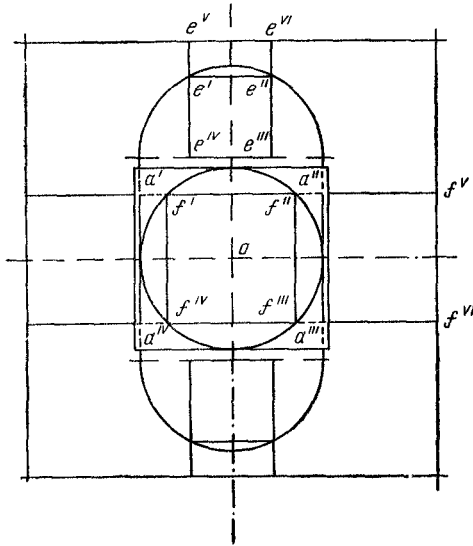


Рис. 4.

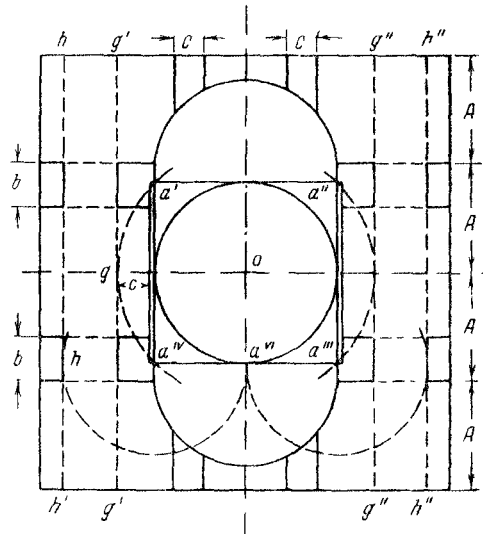


Рис. 5.

или полустороны подкупольного квадрата (см. рис. 5, где расстояние  $ha^{IV}$  приравнено к  $a^{IV}a^{VI}$ ).

Четыре малые конхи, род экседр, перекрытые полукуполами, соответственно полуциркульные в плане, описываются из центров  $o^{III} o^{IV} o^V o^{VI}$  радиусом, приравненным к размеру паруса в его горизонтальной проекции (рис. 6). Центры расположены на хордах, равных их диаметру.

Алтарная абсида очерчена тем же радиусом, что и четыре конхи. Глубина ее определяется положением вершины равностороннего треугольника ( $a^I$  к  $a^{II}$ ; рис. 6).

Толщина стен ( $l$ ) как внутренних, так и наружных обусловлена (как видно на рис. 6) двойным циркульным построением из точек  $S^I$  и  $S^{II}$  радиусами, в сумме равными большему размеру центрального звена боковых нефов, при меньшем радиусе, равном ширине их продольной сквозной части. (Это построение может быть принято лишь условно, так как оно должно быть проверено при помощи натуральных обмеров.)

Боковые нефы храма по ширине ( $d$ ) приравнены к половине ширины центрального нефа ( $2d$ ; рис. 6). Причем, в связи с точным соответствием этому отношению наружные, северная и южная стены храма в местах, где стена не несет никакой нагрузки от перекрытий, сделаны тоньше. Тем самым малые нефы, правда, незначительно, но все же

выходят местами за границы установленных нами на рис. 2 основных соотношений храма, определивших все четыре его наружных стены.

Ширина храма, соответствующая относительно толстым стенам ( $I$ ), обозначена на рис. 7 буквой  $m$ , ширина же, соответствующая стенам, имеющим меньшую толщину, обозначена буквой  $m'$ . И тот, и другой размеры, как мы видим, соответствуют различным построениям.

Положение столбов, поддерживающих свод малых нефов храма в продольном направлении, уже определилось прямыми  $g^1 g^1$  и  $h^1 h^1$  (рис. 5). В поперечном же направлении положение этих столбов (колонн) в среднем звене малых нефов определяется приведенным нами циркульным построением из точки  $S^1$  (рис. 6 и рис. 7), повторенным соответственно четыре раза.

Крайние восточные и западные столбы малых нефов расположены так, что расстояние их от стен равно разнице между общей длиной и шириной храма (рис. 7). Другая же пара столбов крайних звеньев малых нефов отстоит от только что упомянутых нами столбов на расстоянии, равное большому радиусу двойного циркульного построения, которое приведено нами на рис. 6 и обозначено на рис. 7 буквой  $r'$ .

Оба нартекса (или паперти) по своему большому размеру приравнены удвоенному диаметру купола, или, — что то же самое, — удвоенной стороне подкупольного квадрата (рис. 7). Ширина его определяется тем же размером (стороной квадрата), отложенным от его западной границы (см. построение на рис. 7). Полная же ширина нартекса, без учета имеющихся на западной его стороне пилястров, приравнивается к ширине средней части малых нефов.

Оба нартекса в сумме равны по ширине проему западной входной арки храма, в которой размещен центральный вход. Полная же ширина первого, меньшего нартекса равна радиусу конх храма, или, — что то же самое, — размеру паруса главного купола в его горизонтальной проекции.

Если пренебречь построением отдельных второстепенных деталей (таких, как проемы дверей и окон), то имеется полное основание утверждать, что с помощью простейших геометрических методов мы можем последовательно, исходя из размеров главного купола, определить все размеры храма в плане.

Весьма вероятно, что дальнейшая работа над соразмерностями в плане храма св. Софии позволит еще более упростить и уточнить приведенные нами закономерности.

Теперь обратимся к построению разреза, к определению размеров храма по вертикали. При начертании плана мы пользовались такого рода геометрическими построениями, которые в том или ином виде воспроизводились, или могли быть воспроизведенными, на выравненной площадке, при разбивке сооружения в натуре. Производить же,

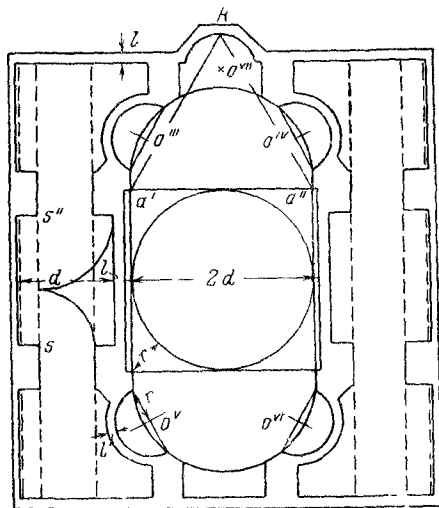


Рис. 6.

при возведении стен и сводов, какие бы то ни было построения в пространстве крайне затруднительно. Исходя из этого, чисто практического соображения, мы должны при построении разреза сооружения отдать предпочтение упрощенным методам построения и не злоупотреблять иррациональными соотношениями.

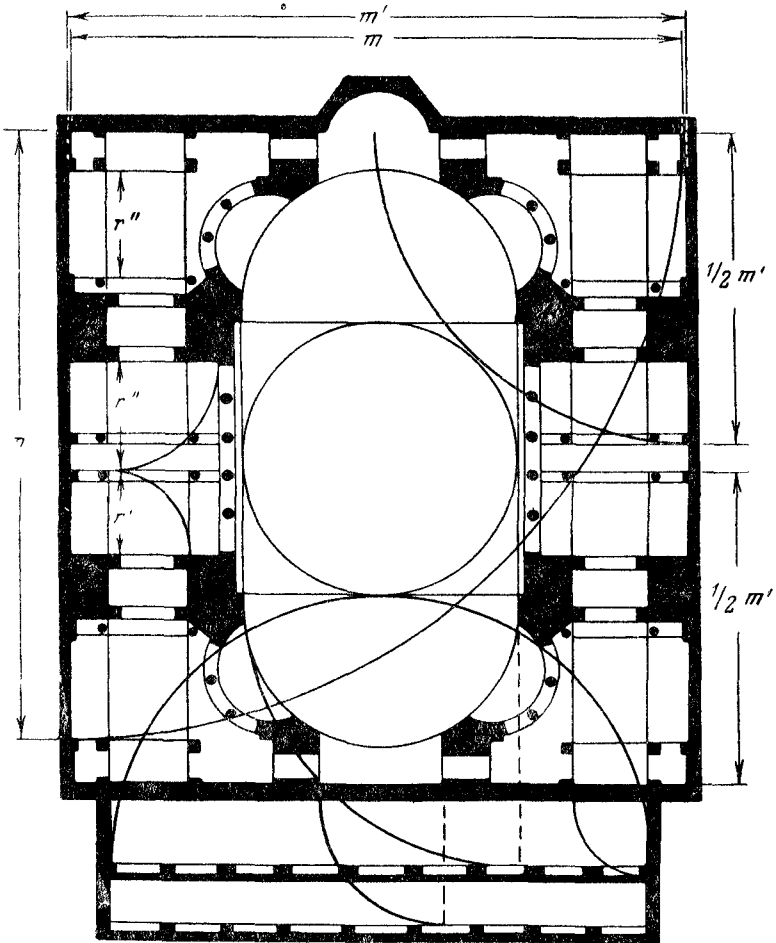


Рис. 7.

При составлении плана сооружения, его разбивке и закладке фундаментов происходит „рождение“ постройки, как говорит Барбаро, комментируя Витрувия<sup>1</sup>. Изображение же фасада или внутреннего вида здания, показывающее высоту сооружения, соответствует уже росту родившегося в виде плана сооружения; оно должно отвечать плану, ибо вещь рождающаяся и вещь растущая суть одно и то же.

Это суждение означает, что при построении вертикальных размеров сооружения приходится искать им соответствия в размерностях плана.

<sup>1</sup> Десять книг об архитектуре Витрувия с комментарием Даниеле Барбаро. Изд. Всес. академии архитектуры, М., 1938, стр. 29—30.

Первоначальный купол св. Софии утрачен. Купол, существующий в настоящее время, имеет уже другую форму. Поэтому судить о полной высоте храма и соответствии этой высоты плану сооружения следует в том случае, когда встанут вопросы его реконструкции. Здесь же мы ограничимся сопоставлением высоты основания главного купола (а не полной его высоты) с размерами в плане того пространства, которое он перекрывает.

Как мы и предполагали, это соотношение является простейшим, отнюдь не иррациональным, и легко поддающимся элементарному расчету. Оно равно отношению  $4:3$  — соотношению катетов в простейшем целочисленном прямоугольном треугольнике.

Определение высоты, на которой расположено основание главного купола, в известной мере предопределяет и общую высоту храма<sup>1</sup>.

Вторым важнейшим размером в разрезе храма является высота, на которой покоятся пять подпружных арок, основание восточного и западного полукуполов, а также полукуполов, перекрывающих малые абсиды (или конхи), и основания алтарного и соответственно входного сводов. Все эти арки и своды расположены на одной и той же высоте. Определить эту высоту — значит указать все основные размеры храма по высоте в его центральной части.

Как мы видим на рис. 8, пять подпружных арок (а равно и других перечисленных сводов и полукуполов) покоятся на высоте, которая относится к их пролету, как  $3:4$ . Эти цифры имеют в данном случае ту особенность, что обуславливают отношение полной высоты арки к ее проему, равное  $5:4$ . Быть может, эта своеобразная особенность явилась причиной широкого использования этого отношения при конструировании арок как до, так и после эпохи строительства храма св. Софии.

Двухъярусная структура продольных малых нефов получила свое архитектурное выражение в виде двух карнизных тяг, опоясывающих храм изнутри. Положение верхнего карниза определяется отношением, в котором он членит полную высоту храма, взятую до основания главного купола. Это отношение равно  $5:4$  (рис. 9). Промежуточный карниз, в свою очередь, членит высоту, на которой расположен верхний карниз, в отношении  $4:3$ .

Эти немногие соотношения определяют собой все главные размеры сооружения по высоте.

Необходимо еще отметить, что пять сводов, перекрывающих нартексы, расположены на высоте, равной соответственно полной ширине одного и другого нартекса (рис. 9).

Хоры, расположенные над нартексом, перекрыты таким образом, что полная высота помещения до шалыги свода равна его ширине (рис. 9).

<sup>1</sup> Сравнивая такой метод простейших кратных сопоставлений размеров плана и высоты сооружения с теми трудностями, которые возникают при иррациональных отношениях, полезно вспомнить случай, связанный с историей возведения Миланского собора. Его разрез построен в своей основе на соотношении высоты и стороны равностороннего треугольника, т. е. на иррациональном соотношении. Необходимость исчислить высоту сооружения заставила строителей обратиться за специальной помощью математика, который лишь после кропотливого изучения проблемы предложил свое, в достаточной мере удобное решение (см. E. Panofsky. An Explanation on Stornaloco's formula. „Art Bulletin“, 1945, vol. 27). Этот пример, хотя и относится к иной исторической эпохе, уместен в данном случае просто потому, что для той и другой эпохи расчет иррациональных размеров представлял одни и те же трудности.



Из этого анализа ясно, что высота всех помещений храма сопоставляется непосредственно, без всяких промежуточных геометрических построений, с размерностями плана.

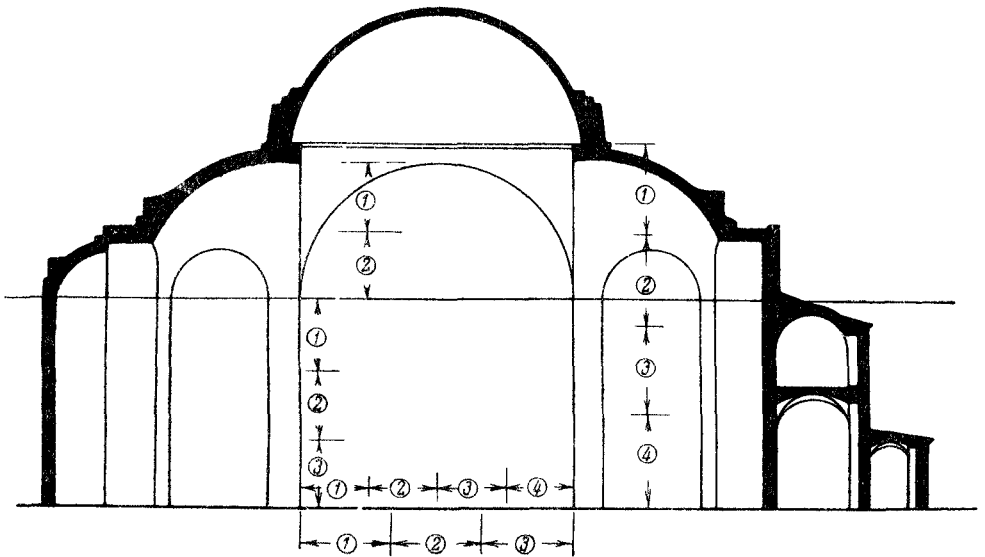


Рис. 8.

Таким способом мы можем исчерпывающим образом построить, следуя определенным методологическим предпосылкам, основные размеры храма св. Софии.

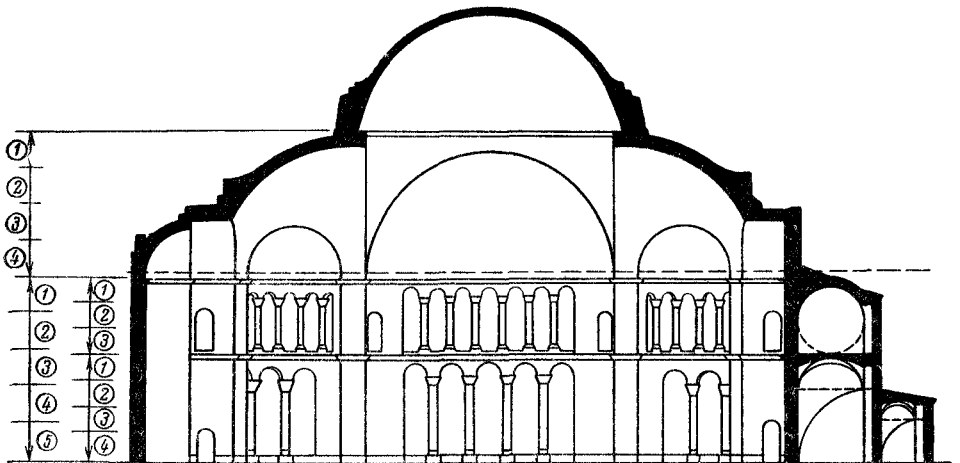


Рис. 9.

Истоки византийского искусства теряются в так называемом „древнехристианском“, которое исследователи правильно рассматривают как последний этап в развитии собственно античного искусства. Поэтому нельзя, разрабатывая методологию геометрического построения архитектурной формы в византийской архитектуре, пройти мимо свидетельства Витрувия, который говорит (1.2.2): „Ихнография есть надле-

жащее и последовательное применение циркуля и линейки для получения очертаний плана на поверхности земли“; „орфография же есть вертикальное изображение фасада и картина внешнего вида будущего здания“. И далее (1.2.4): „... соразмерность есть стройная гармония отдельных членов самого сооружения и соответствие отдельных частей и всего целого одной определенной части, принятой за исходную“.

Основываясь на этих строках Витрувия, мы не без основания полагаем, что в своей работе занимались ихнографией и орфографией храма св. Софии, принимая за исходную часть диаметр его купола. В этой работе мы не пытались объяснить причины использования зодчим тех или иных соотношений. Чтобы решить подобную задачу, необходимо, не ограничиваясь одним, хотя бы и важнейшим храмом, изучить и провести всесторонний анализ ряда византийских памятников и не только византийских, но и множества иных сооружений эллинистического мира, в котором крепко держались традиции греческой образованности и искусства.

Эта статья является попыткой осветить чрезвычайно важный, но, к сожалению, запущенный раздел теории архитектуры, ибо вопросам геометрического построения архитектурной формы уделяется по сей день слишком мало внимания. А между тем подобный анализ памятников архитектуры может послужить источником новых сведений по истории искусства и средневековой культуры.