

АРХИТЕКТУРНАЯ МАТЕМАТИКА ДРЕВНЕРУССКИХ ЗОДЧИХ

Постройки древнерусских зодчих до сих пор восхищают продуманной соразмерностью, удивительной гармонией своих частей, строгой логикой архитектурного замысла.

Методы архитектурных расчетов XI—XII вв. нам почти неизвестны. Подходя к их раскрытию с нашей современной меркой, рассматривая древнюю архитектуру с точки зрения эвклидовой геометрии, мы можем открыть и математически обосновать заключенные в ней пропорциональные соотношения. Интересная и ценная работа в этом направлении проделана К. Н. Афанасьевым¹.

Однако у нас нет никакой уверенности в том, что и древнерусские зодчие шли в своих расчетах тем же путем, отправляясь от теоретически безукоризненных положений великого греческого геометра. Наоборот, свидетельства средневековых математиков говорят о применении их современниками приближенных, практически удобных, но теоретически не обоснованных расчетов.

Так, например, знаменитый персидский математик Абуль-Вафа, современник древнейших русских церковных построек, переводчик Эвклида и Диофанта, писал в предисловии к сборнику составленных им геометрических задач: «В настоящей книге мы займемся разложением фигур. Вопрос этот необходим многим практикам и составляет предмет особенных их разысканий... Ввиду этого мы дадим основные (теоретические) начала, которые относятся к данным вопросам, так как все методы, применяемые рабочими, не основанные на каких-либо началах, не заслуживают доверия и весьма ошибочны; между тем на основании таких методов они производят различные действия»².

К сожалению, эти «методы, применяемые рабочими» (в архитектуре и ремесле), остались нам неизвестны.

Тайна расчетов и рецептов была характерна для всех средневековых мастеров; даже передавая наследие учителей и свой опыт ученикам, они старались зашифровать свои советы, скрывая, например, под именем «желтой ящерицы» золото. Вероятно, и математические расчеты, осужденные Абуль-Вафой, также составляли секрет зодчих.

В русской средневековой литературе есть несколько интересных записей, освещающих отдельные детали расчетно-строительного процесса. В общеизвестном рассказе Киево-Печерского Патерика о постройке в 1073 г. Успенской церкви обычно обращалось внимание лишь

¹ Афанасьев К. Н. Про пропорціональність пам'ятників древньоруської архітектури XI—XII ст. Архітектурні пам'ятники. Київ, 1950; он же. Построение архитектурной формы древнерусскими зодчими. Автореф. докт. дисс. М., 1954.

² Ващенко-Захарченко М. Е. История математики. Т. I. Киев, 1883.

на то, как размеряли церковь златым поясом: «20 в ширину и 30 в длину, а 30 в высоту; стены с врѣхом 50»³.

Но следует отметить, что кроме этих ценных данных в рассказе Патерика дано почти полное описание процесса подготовки строительной площадки: выбор сухого возвышенного места, где не ложится утренняя роса, выравнивание площадки («долины») для обозначения на ней рвов («якоже рвом подобно»), изготовление деревянного эталона в меру златого пояса («...древо бяше существом»), разметка сначала ширины, а затем и длины здания в определенных мерах, рытье рвов и, наконец, «водружение корения», т. е. закладка каменного фундамента⁴.

Историки архитектуры никогда не обращали внимания на интересные сведения о расчетной работе зодчего, содержащиеся в славянском «Сказании о Соломоне и Китоврасе», являющимся сказочной переработкой повествований о построении соломонова храма (XII в.)

Царю Соломону для начертания плана задуманного им храма понадобился мудрый кентавр — Китоврас. В русском прикладном искусстве и архитектурной орнаментике изображения кентавра-Китовраса довольно часты. Следует упомянуть кентавров с жезлами на стенах Георгиевского собора в Юрьеве-Польском (1236 г.) и мудрого кентавра с пальцем у лба (жест размышления) на створке серебряного браслета XII—XIII вв. из так называемого Тверского клада 1906 г. Мудрый Китоврас изображен здесь в окружении трех стихий (воды, земли и воздуха) и представителей двух царств природы — животного (зверь) и растительного (плодоносящее дерево)⁵.

«Сказание о Соломоне и Китоврасе» сохранило нам древнерусское наименование архитектурного плана — «очертание». Соломон говорит Китоврасу: «не на потребу ты приведох себе, но на упрое очертанию святая святых»⁶.

Самым важным в этом эпизоде является то, что Китоврас, зная заранее, что он призван царем для изготовления плана будущего храма, явился к нему с деревянными мерилми, эталонами каких-то мер: «Он же (Китоврас) умеря прут 4 локоть и вшед пред царя, поклонися и поверже пруты пред царем молча...»

Здесь для нас особенно интересно то, что главными инструментами архитектора, необходимыми ему для создания «очертания», являются деревянные мерилми (описанные во множественном числе) по 4 локтя в

³ Киево-Печерский Патерик. Под ред. Д. Абрамовича. Киев, 1931, с. 3. Последнее измерение «стены с врѣхом 50» затрудняло исследователей. По всей вероятности, здесь описана часть периметра лицевого (западного) фасада, определявшая основной объем здания: высота двух стен до закомар и ширина фасада. Таково по крайней мере соотношение частей в Спасском соборе 1036 г.

⁴ Там же, с. 8, 9. При закладке фундаментов в их основание были положены мощи тех святых, изображения которых предполагалось потом поместить на стенах церкви над этими местами. Это означает, что у зодчих был заранее разработан весь замысел здания, включая даже размещение живописных сюжетов.

⁵ Рыбаков Б. А. Прикладное искусство и скульптура. История культуры древней Руси. Т. II. М.—Л., 1951, с. 432, 215, рис. 1.

⁶ Веселовский А. Н. Из истории литературного общения Востока и Запада. Славянские сказания о Соломоне и Китоврасе и западные легенды о Морольфе и Мерлине. Спб., 1872; Палея Толковая 1477 г. воспроизведение Синодальной рукописи № 210. Вып. 1. Спб., 1892; На Васильевских вратах 1336 г. рядом с Китоврасом помещен дом, внутри которого изображены человек, рисующий на листе, и строительные(?) инструменты. См.: Лазарев В. Н. Васильевские врата 1336 г., СА, 1953, № XVIII, с. 425—426; рис. 27; В сказаниях о царе Давиде рассказывается о получении им «образа церковного» и об изготовлении им для царя Соломона чертежа храма. См.: Келтуяла В. А. Курс истории русской литературы. Ч. I, кн. 1. Спб., 1913, с. 190.

каждом. Обращение к древнерусской метрологии показывает полную достоверность сообщений «Сказания»: во-первых, в древней Руси применялось одновременно несколько видов сажень, а во-вторых, каждая сажень подразделялась именно на 4 локтя; такое деление просуществовало до XVI в.

Очевидно, волшебный архитектор Китоврас был наделен автором сказания реальными принадлежностями русского зодчего в виде изготовленных из дерева сажень, подразделенных на 4 локтя.

Эти два упоминания в литературе XII—XIII вв. о начальной стадии постройки зданий — в Патерике и в «Сказании о Соломоне и Китоврасе» — одинаково говорят о значении установленных мер, их портативных эталонов и самого процесса размеривания «очертания» храма на выровненной «долине».

Все это заставляет нас с особым вниманием отнестись к вопросу о древнерусских мерах длины и их применению в архитектуре; это поможет раскрыть методы работы древних архитекторов. Некоторых зодчих мы знаем по именам, сохранным летописями.

Единственное изображение, которое предположительно связывают с русским архитектором Петром, известным по летописи, обнаружено в башне Антоньева монастыря в Новгороде.

В 1949 г. мною была сделана попытка пересмотра русской средневековой метрологии в целях использования мер длины при анализе архитектурных сооружений⁷.

Основные выводы таковы:

1. В древней Руси с XI по XVII в. существовало семь видов сажень и локтей, бытовавших одновременно.

Наблюдения над русской метрологией показали, что очень мелких и дробных делений в древней Руси не применяли, а использовали многообразие мер, применяя, скажем, «локты» и «пяди» разных систем. Древнерусские меры длины могут быть сведены в следующую таблицу:

Таблица

Виды сажень	Сажень (в см)	Доли сажень			
		1/2	1/4 локоть	1/8 пядь	1/16
Простая, прямая	152,76	76,38	38,18	19	9,5
Мерная, маховая	176,4	88,2	44,1	22	11
«Морская»	≈ 183	91,5	45,7	22,8	11,3
«Трубная»	≈ 187	93,5	46,7	23,3	11,6
«Сажень без чети»	197,2	98,6	49,3	24,6	12,3
Косая, казенная	216	108	54	27	13,5
Великая, косая	249,46	124,73	62,36	31,18	15,6

2. Известен ряд случаев, когда одно и то же лицо производило измерение одного и того же объекта одновременно разными видами сажень.

Так, при ремонте Софийского собора в Новгороде в XVII в. изме-

⁷ Рыбаков Б. А. Русские системы мер длины XI—XV вв. — СЭ, 1949, № 1. Поводом к этой работе послужило открытие в Чернигове в 1946 г. части фундаментов Благовещенского собора 1186 г. Приложение метрологического анализа и использование аналогий позволили дать реконструкцию всего плана этого замечательного здания. (Рыбаков Б. О. Благовещенська церква у Чернігові 1186 р. за даними розкопок. — Архітектурні пам'ятники. Київ, 1950, рис. 63). Продолжение работ по исследованию фундаментов в 1947 г. полностью подтвердило первоначальную реконструкцию. (Там же, рис. 59).

рения велись двумя видами сажений: «А внутри главы кругом, где окна — 12 сажень (до 152 см. — Б. Р.), а от спасова образа ото лбу до моста церковного — 15 сажень мерных (по 176 см. — Б. Р.)»

При постройке засечной черты в 1638 г. «валили вал в ширину 25 сажень косых, а простых 40 сажень»⁸.

Анализ архитектурных памятников XI—XV вв. позволил утверждать, что древнерусские зодчие широко применяли одновременное пользование двумя или даже тремя видами сажений⁹.

3. Непонятное для нас одновременное пользование разными мерами длины объясняется заложенными в этих мерах при их создании строгими геометрическими соотношениями.

Геометрическая сопряженность древнерусских сажений особенно ясна в наименовании «прямой» и «косой» сажени. Оказалось, что прямая сажень есть сторона квадрата, а косая — его диагональ ($216 = 152,7 \sqrt{2}$). Такое же соотношение существует между «мерной» и «великой» (косой) сажнями: $249,4 = 176,4 \sqrt{2}$ (рис. 11).

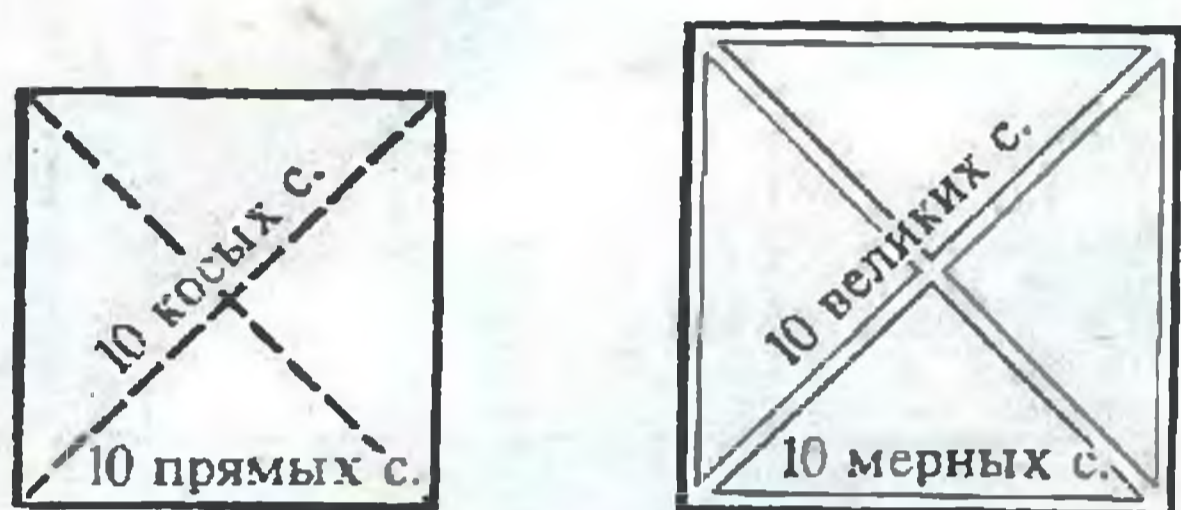


Рис. 11. Геометрические свойства русских сажений

Рис. 12. «Вавилон» и русские меры длины (сажень, локоть)



«Сажень без чети» оказалась искусственно созданной мерой, являвшейся диагональю половины квадрата, сторона которого равна мерной сажени¹⁰.

4. Графическим выражением двух систем мер длины (одной, основанной на «прямой» сажени, и другой, основанной на «мерной» сажени) являются хорошо известные по древним изображениям «вавилонны», представляющие собой систему вписанных квадратов. Наименование «вавилонны» взято из русских источников XVII в. (рис. 12, 13).

5. Дошедшие до нас изображения «вавилоннов» в основе своей являются схемой плана священного храма-зиккурата с его ступенями и лестницами, но почти все они далеки от точности и могли служить лишь каким-то символом, например символом зодческой мудрости. Этот древний символ давно уже нашел отражение в играх, и нам известны

⁸ Другие примеры см.: Рыбаков Б. А. Русские системы мер., с. 72, 74, 78.

⁹ Там же, с. 82—84.

¹⁰ Проверка выдвинутых мною принципов геометрической соподчиненности мер и одновременного употребления разных мер при постройке одного здания, произведенная В. Л. Ворониной на примере архитектуры Средней Азии, показала их правильность. Воронина В. Л. К вопросу о древней метрологии Средней Азии. — КСИИМК, XXXIX, 1951, с. 66.

ОСНОВНЫЕ ПЕРВИЧНЫЕ МЕРЫ						
САЖЕНИ	152 см Сажень простая	176 см Сажень мерная (маховая)		216 см Сажень косая (казенная)	1	
	76 см 76 см	88 см		108 см		$\frac{1}{2}$
	38 см	44 см	46 см	54 см		
	19 см Пядь малая	22-23 см Пядь великая		27 см «Пядь с кувырком»		$\frac{1}{8}$
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕРЫ						
САЖЕНИ	248 см Косая (великая) сажень «А сажень косая с ноги на руку, от земли до земли»		197 см «Сажень без чети»			
	62 см					
ЛОКТИ						

Рис. 13. Антропометрическое происхождение народных мер

игральные доски, воспроизводящие «вавилон» (игра «мельница») ¹¹. В последние годы в Новгороде и Пскове были найдены игральные доски XII—XIII вв., которые можно сопоставить с древнерусской игрой «тавлѣй» (от латинского *tabula*).

6. Предпринятые мною в 1949 г. попытки применить описанные выше графики к анализу русской архитектуры дали интересные, но ограниченные результаты; проследить полностью весь процесс создания плана сооружения древнерусским зодчим мне тогда не удалось.

¹¹ Рыбаков Б. А. Русские системы мер., с. 89 и 91, рис. 4, фиг. 11.

Новые находки загадочных чертежей — «вавилонов» — на Таманском городище (древней Тмутаракани) и Старо-Рязанском городище, относящиеся к IX—XII вв., позволяют значительно углубить анализ этих чертежей и установить их тесную связь с процессом архитектурного расчета (рис. 14, 15, 16).



Рис. 14, 15, 16. «Вавилоны» из строительного слоя Успенской церкви в Тмутаракани. 1023 г.

На территории Тмутаракани в центральной части города за время работ Таманской экспедиции (1952—1955) нами было найдено пять «вавилонов». Все они связаны с определенными зданиями.

1. В фундаментах шестигранного здания хазарского периода (IX — начало X в.), построенных из камня и кирпича закавказского типа, найден обломок глиняной плиты, на которую в сыром виде нанесли чертеж, состоящий из вписанных прямоугольников.

2—3. В фундаментах небольшого крестообразного в плане храма середины X в., расположенного на той же центральной городской площади, найден кусок черепицы X в., на котором с обеих сторон начертаны «вавилон»; на одной — три вписанных квадрата, а на другой — три вписанных прямоугольника.

4. Среди остатков каменотесной мастерской, созданной в процессе постройки храма Мстиславом Владимировичем Тмутараканским в 1023 г., была найдена расколотаая плита розового новороссийского песчаника с начертанным на ней квадратным «вавилоном». Этот розовый песчаник служил для самых различных частей здания: из него тесались плиты для вымостки пола, устои для алтарной преграды, резались орнаментальные вставки для тимпанов и т. п.

Чертеж врезан четко и определенно; сторона наибольшего квадра-

та равна 19 см, т. е. русской «малой пяди» (1/8 прямой сажени). Все это может говорить в пользу практического применения данного чертежа тмутараканскими каменотесами при определении размеров тех или иных деталей.

5. В этой же каменотесной мастерской найдено горло амфоры XI в. со схематическим изображением трех вписанных квадратов. Единственное значение, которое мог иметь этот знак в XI в., это служить тамгой артели строителей храма; как знак собственности строителей или каменотесов он и попал на сосуд для вина.

Как видим, все тмутараканские находки связаны с определенными архитектурными сооружениями и, что особенно важно отметить, все они стратиграфически залегают на уровне фундаментов, на уровне строительной «долины».

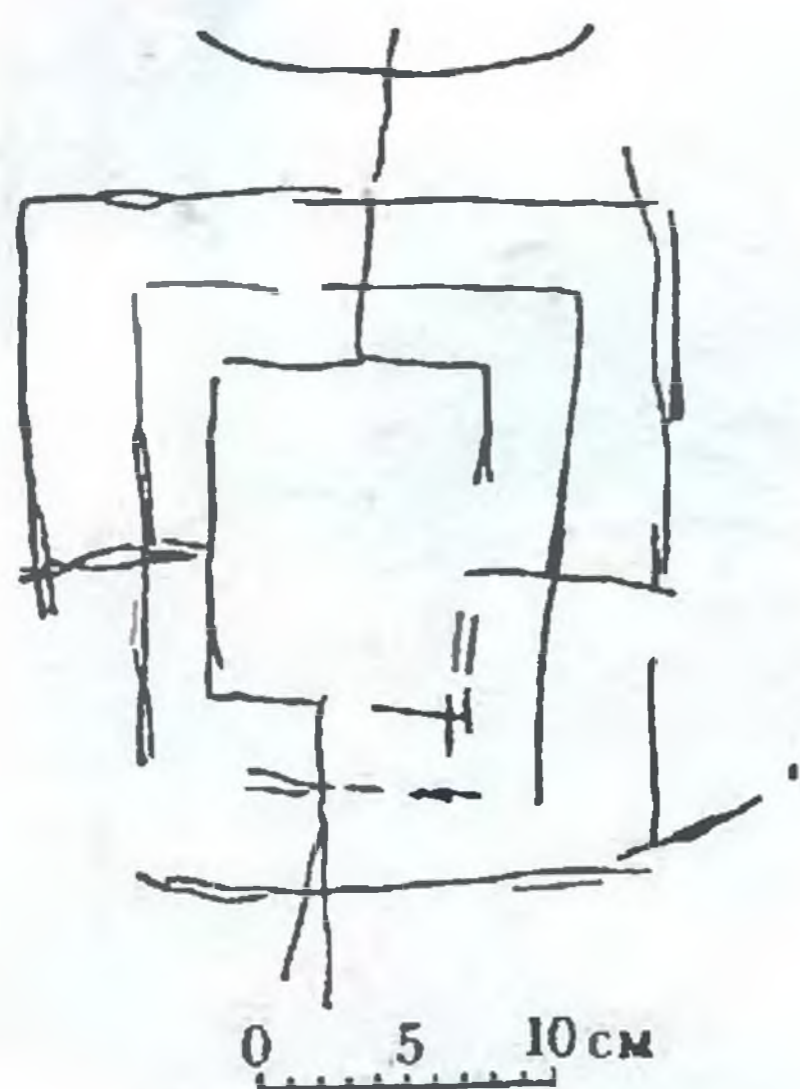


Рис. 17. «Вавилон», начертанный на гробнице болгарского архитектора X в. Мостича



Рис. 18. Реконструкция облика архитектора Мостича по черепу из гробницы. Софийский Исторический музей

В 1952 г. прямоугольный «вавилон» был найден в Болгарии в Преславе на надгробной плите вельможи Мостича, датируемой 950—960-ми годами (рис. 17, 18) ¹².

Одной из важнейших находок является открытая в 1948 г. в Старой Рязани глиняная плита с самым точным из всех известных до сих пор чертежей ¹³. Плита с чертежом найдена на уровне пола в западном притворе собора, названного А. Л. Монгайтом Борисоглебским (хотя ввиду полного тождества плана этого здания с Успенской церковью в Чернигове, его правильнее было бы назвать тоже Успенским) ¹⁴. Дата здания — середина XII в.

Из перечисленных семи новых находок особенно важны для нас, во-первых, таманская черепица X в. с двумя чертежами и, во-вторых, старорязанская плита. Тмутараканская черепица показала, что могут

¹² Станчев Ст., Иванова В. и др. Надпись на чъргубиля Мостич. София, 1955, с. 5, 15, 40 (рис. 16), 61. «Чъргубиль» — крупный придворный чин при болгарских царях Симеоне и Петре. Имя этого вельможи В. И. Иванова связывает со словом «мост» (с. 61). Наличие на его надгробии символа зодческой мудрости не может ли быть истолковано как указание на должность придворного архитектора?

¹³ См.: Монгайт А. Л. Старая Рязань. — МИА, 1955, № 49, с. 82.

¹⁴ Корзухина-Воронина Г. Ф. Рязань в сложении архитектурных форм XII—XIII вв. Сб. Бюро по делам аспирантов. — ГАИМК, вып. 1. Л., 1929, с. 77.

быть «вавилонны» двух видов — квадратные и прямоугольные. Начерчены они небрежно и служить непосредственно «рабочими чертежами», разумеется, не могли. Однако, несмотря на неточности выполнения, здесь легко угадываются те геометрические фигуры, которые древний гмутараканец стремился воспроизвести на глаз. Наложение точного чертежа, выполненного циркулем и угольником на эти рисунки, убеждает в существовании определенных закономерностей. Не подлежит сомнению, что один из рисунков на черепице изображает систему трех вписанных квадратов; середины сторон всех трех квадратов соответственно соединены четырьмя линиями, перпендикулярными этим сторонам («лестницы зиккурата»).

Второй рисунок, сделанный более тщательно, представляет собой три вписанных прямоугольника, размеры сторон которых находятся в зависимости от размеров первой фигуры: длинная сторона большого (внешнего) прямоугольника равна стороне большого квадрата, а его короткая, боковая сторона равна стороне среднего квадрата (или, что одно и то же, половине диагонали большого квадрата). Два внутренних прямоугольника второй фигуры дают следующие закономерности: длинная сторона каждого из них равна короткой стороне следующего по величине (большого) прямоугольника, середины сторон также соединены линиями. Геометрически построить такую фигуру, как три вписанных прямоугольника с отношением длинных сторон к коротким как $a : \frac{a\sqrt{2}}{2}$ можно только при помощи вспомогательного чертежа в виде трех вписанных квадратов.

По счастью, этот вспомогательный чертеж был сделан на этом же самом куске черепицы.

«Вавилонны» тмутараканской церкви середины X в. мы должны рассматривать как два сопряженных между собой чертежа: три вписанных квадрата были вспомогательным чертежом (выполненным более небрежно), необходимым для построения второго чертежа, состоящего из прямоугольников.

Каким же целям должен был служить этот сложный чертеж, ради чего создавалась такая геометрическая композиция?

Ответить на эти вопросы можно лишь, ознакомившись с математическими свойствами этого чертежа. Оказывается, что стороны прямоугольников и расстояния между узловыми точками чертежа (углами и пересечениями линий) таят в себе множество различных соотношений, которые известны в архитектуре и прикладной геометрии средневековья.

Обозначим все точки нашей фигуры буквами русского алфавита, перечислим соотношения линий. В основе фигуры лежат шесть пар прямых линий (сторон прямоугольников), разделенных пополам, и две пары пересекающихся их линий, каждая из которых разделяется на две неравные части. Если же учитывать не только изображенные на чертеже линии, но и те, которые могут быть проведены от точки к точке, то количество линий возрастет до 42 (рис. 19).

Все линии «вавилонна» можно подразделить на три группы.

1. Часть линий является долями длинных сторон ВД — АЖ внешнего прямоугольника:

$$ВГ = ГД = \frac{ВД}{2} = АЗ = ЗЖ = \frac{АЖ}{2} = ЛН = НП = УХ = СЧ;$$

$$БТ = ЦЕ = \frac{ВД}{4} = \frac{ВГ}{2} \text{ и т. д.}$$

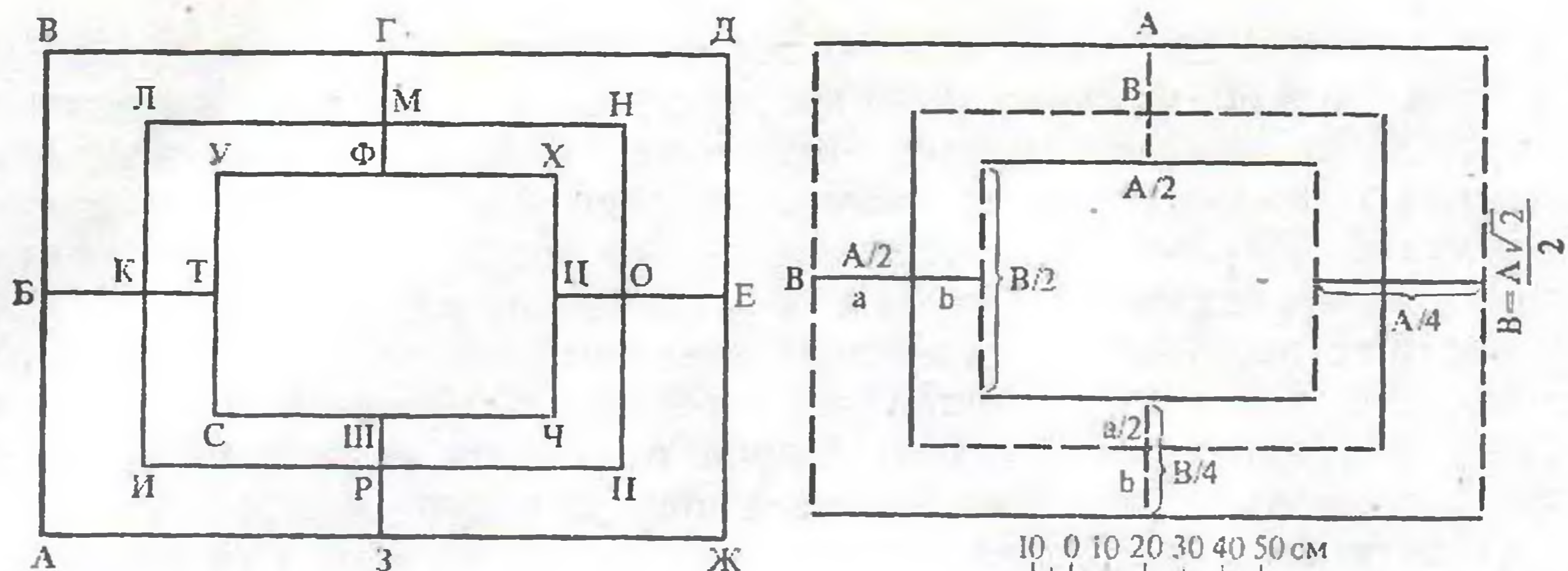


Рис. 19. Прямоугольный «вавилон». Слева — условные обозначения, справа — геометрические соотношения отдельных отрезков

2. Другие линии представляют собой фракции диагонали квадрата, сторона которого равна ВД или АЖ:

$$AB = ДЖ = ЛН = ИП = \frac{ВД \sqrt{2}}{2} = \frac{АЖ \sqrt{2}}{2};$$

$$СУ = ХЧ = \frac{AB}{2} = \frac{ДЖ}{2} = \frac{ВД \sqrt{2}}{4} = \frac{АЖ \sqrt{2}}{4};$$

$$\begin{aligned} ГФ = ШЗ &= \frac{AB}{2} = \frac{ДЖ}{2} = \frac{СУ}{2} = \frac{ХЧ}{2} = \frac{УФ \sqrt{2}}{2} = \frac{БТ \sqrt{2}}{2} = \\ &= \frac{УХ \sqrt{2}}{4} = \frac{ВД \sqrt{2}}{8} \end{aligned}$$

3. Третья группа самых коротких линий тоже представляет сочетание сторон и диагоналей квадрата; эти линии получены как разность между длинными и короткими сторонами прямоугольников.

$$БК = ОЕ; ГМ = РЗ = КТ = ЦО = \frac{БК \sqrt{2}}{2} = \frac{ОЕ \sqrt{2}}{2};$$

$$ФМ = ШР = \frac{БК}{2} = \frac{ОЕ}{2} = \frac{ГМ \sqrt{2}}{2}$$

Если для простоты обозначить длинную сторону через А, то при помощи этой величины мы сможем выразить все линии «вавилона». Одни из них будут представлять последовательное деление на 2: А; $\frac{А}{2}$; $\frac{А}{4}$, другие могут быть представлены иррационально:

$$\frac{А \sqrt{2}}{2}; \frac{А \sqrt{2}}{4}; \frac{А \sqrt{2}}{8}, \text{ третьи являются разностью:}$$

$$\frac{А}{2} - \frac{А \sqrt{2}}{4}; \frac{А \sqrt{2}}{4} - \frac{А}{4}; \frac{А}{4} - \frac{А \sqrt{2}}{8} \quad (\text{см. рис. 13 справа}).$$

Линии «вавилона» образуют несколько пропорциональных рядов. Вот, например, один из них: $МФ : МГ = МГ : БК = ГФ : БТ = УС : УХ = = АВ : ВД$.

Среди линий «вавилона» нетрудно подыскать свыше десятка отношений, очень близких к «золотому сечению»: $м : М = М : (м + М)$. Приближенность решений определяется только при математическом анализе,

но практически она неуловима. Наиболее точным является отношение: $BK : AL = AL : (BK + AL) = AL : BD$. Здесь суммой двух отрезков является длинная сторона прямоугольника A .

Погрешность равна 0,003 этой стороны; при практических построениях она была мало заметна.

При помощи изучаемого нами графика можно быстро и с достаточной для практических целей точностью решить все важнейшие задачи средневековых геометров. Упомянутый выше Абуль-Вафа (940—998 гг.) посвятил специальную книгу задачам на построение равновеликих фигур. Со всей строгостью настоящего ученого обрушился он на «методы, применяемые рабочими, не основанные на каких-либо началах», и дал взамен их математически безупречные, но необычайно сложные и громоздкие решения этих задач, руководствуясь «началами» Эвклида. Однако не все задачи, интересовавшие тогдашних практиков, могли быть решены строго математически — такова, например, была древняя задача о нахождении геометрическим путем квадрата, равновеликого кругу, задача «квadrатуры круга»¹⁵.

Современный Абуль-Вафе тмутараканский график из трех вписанных прямоугольников позволяет с очень большой степенью точности (хотя и не всегда теоретически верно) почти моментально решать все подобные задачи, включая и «квadrатуру круга».

Рассмотрим несколько примеров, взяв за основу квадрат, сторона которого равна длинной стороне внешнего прямоугольника «вавиллона» (A).

1. Удвоение квадрата: (рис. 20)

Сторона удвоенного квадрата равна удвоенной боковой стороне «вавиллона» (т. е. $2 AB$ или $2 ДЖ$).

2. Построение двух равных квадратов, сумма площадей которых равна площади основного квадрата:

Сторона каждого малого квадрата равна AB или $ДЖ$.

3. Построение трех квадратов на тех же условиях:

Удвоенная линия $БЛ$ (или три другие, ей соответствующие — $БИ$, $ЕН$, $ЕП$) является стороной искомого квадрата.

4. Построение равностороннего треугольника, равновеликого квадрату: сторона треугольника равна удвоенной линии $АЧ$. Высота его будет равна удвоенной линии $ТН$.

5. Построение правильного шестиугольника, равновеликого квадрату:

Стороной шестиугольника будет больший отрезок стороны квадрата, разделенной в «золотом сечении», т. е. линия $АЛ$.

6. Построение квадрата, равновеликого кругу («квadrатура круга»).

Примем диаметр окружности равным большой стороне «вавиллона». Сторона искомого квадрата будет равна сумме боковой стороны «вавиллона» и линии $ГФ$ (поперечной линии, соединяющей длинные стороны всех трех прямоугольников). Погрешность здесь будет очень невелика и практически почти неощутима — 0,0023 диаметра; ошибки в задачах 3 и 5 тоже очень малы и не превышают 0,005—0,003. Наименее точно решение задачи 4 (ошибка равна 0,08). Задачи 1, 2 решаются точно.

¹⁵ Древние египтяне очень хитро решили эту задачу, вычислив ее арифметически и подобрав соответствующие меры длины. Египетский локоть в 46 см — это сторона квадрата, а царский локоть в 52 см — диаметр круга $\frac{46}{52} = \frac{1}{2} \sqrt{\pi} = 0,886$.

Беляев Г. Н. О древних и нынешних русских мерах протяжения и веса. (Seminarium Kondakovianum). Т. I. Прага, 1927, с. 258.

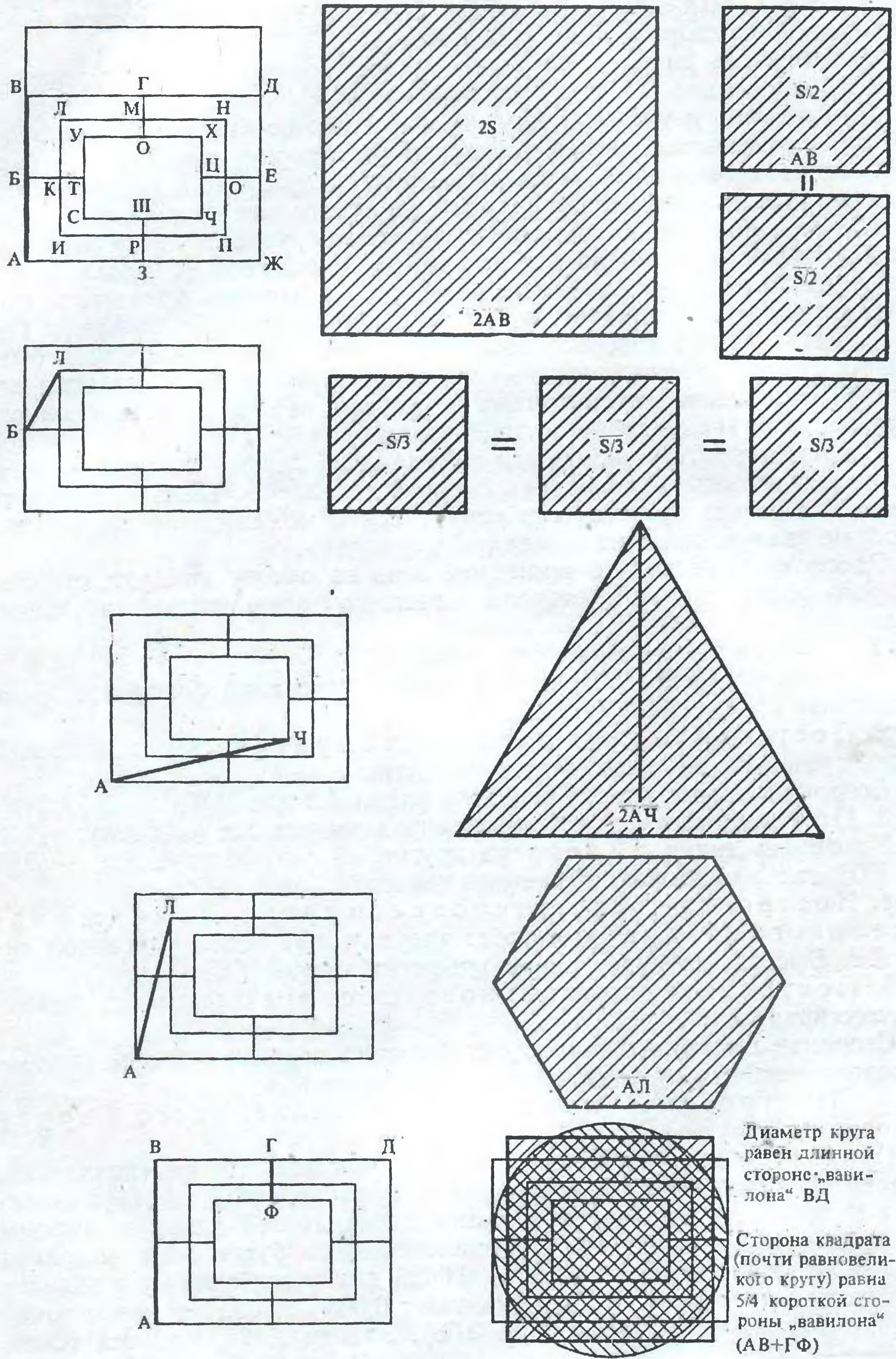


Рис. 20. Приближенное решение квадратуры круга и других задач на равноделикость с помощью «вавилона»

Как видим, для средневековых практиков, осужденных Абуль-Вафой, все подобные задачи решались поразительно просто — располагая «вавилон» в определенную меру (например, с большой стороны в «локоть»), мастера и архитекторы должны были только знать, который из 42 размеров этого графика нужно взять в качестве стороны искомой фигуры.

Зная свойства «вавилона», можно было быстро, не производя ни расчетов, ни геометрических построений, сразу же разделить локоть в отношении «золотого сечения», найти фигуры, равновеликие квадратному локтю, дать несколько пропорциональных рядов, дать графическое изображение ряда иррациональных величин:

$$a\sqrt{2}, a\sqrt{3}, a\sqrt{4}, a\sqrt{4}, a\sqrt{6} \dots$$

Неудивительно, что этот математически универсальный замечательный график мог стать еще в глубокой вавилонской древности символом зодческой мудрости, «хитрости храмоздательской».

* * *

Перечисленными выше примерами далеко не исчерпываются расчетные возможности прямоугольного «вавилона».

Обращение к древнерусским мерам длины открывает нам еще одну область применения нашего графика.

Возьмем за основу ту меру, которую сами древнерусские люди считали основной и называли «мерной саженью». Размер ее колеблется по разным данным между 176,0—176,8 см¹⁶.

Примем среднюю величину в 176,4 см и построим квадрат со стороной в мерную сажень, а на основе квадрата — прямоугольный «вавилон», длинная сторона которого будет, как известно, тоже равна мерной сажени в 176,4 см.

Все виды древнерусских сажней займут положение основных геометрических линий этой фигуры: (рис. 21)

Великая сажень (249,46 см) — диагональ квадрата.

«Сажень без чети» (197,21 см) — диагональ половины квадрата.

Мерная сажень (176,4 см) — сторона квадрата.

Косая сажень (216,04 см) — диагональ «вавилона».

Прямая сажень (152,76 см) — диагональ короткой половины «вавилона».

«Трубная сажень» (187,08 см) — диагональ длинной половины «вавилона».

Половина великой сажени (124,73 см) — короткая сторона «вавилона».

Только так называемая «морская сажень» не занимает здесь основного положения и может быть приурочена к линии АН (184 см).

Все стороны внутренних прямоугольников «вавилона» являются здесь фракциями двух сажней — мерной и великой.

Пересекающие линии «вавилона» («лестницы зиккурата») также оказываются выраженными в мерах длины: линии БТ и ЦЕ равны локтю (44,1 см), равны 1/4 мерной сажени. Линии ГФ и ШЗ равны 1/2 локтя «смоленского» (31,18 см), равны 1/8 великой сажени.

Таким образом, для построения такого «вавилона» нужно иметь

¹⁶ Рыбаков Б. А. Русские системы мер., с. 74, 86.

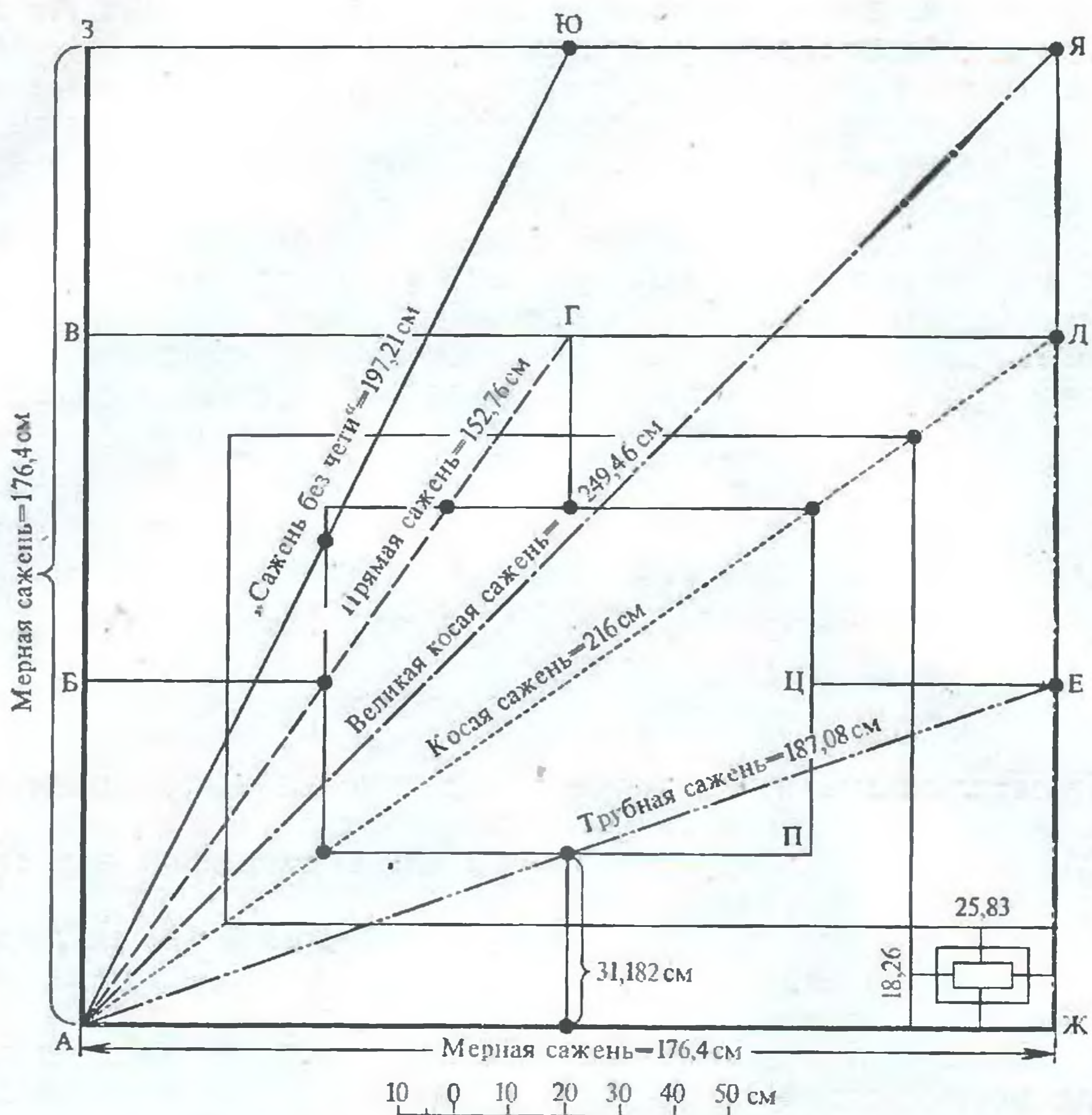


Рис. 21. Общая геометрическая система древнерусских сажень (сторона квадрата равна 1 мерной сажени)

только два «прута по четыре локтя», из которых один равен стороне квадрата, а другой — его диагонали.

Геометрическая сопряженность всех древнерусских мер длины, связанность их определенной общностью, принадлежностью к единой системе становятся особенно ясными тогда, когда мы рассмотрим их с точки зрения «метода построения по системе диагоналей», широко применявшегося еще в архитектуре древнего царства Египта¹⁷.

Если мы построим квадрат, сторона которого равна половине мерной сажени, то диагональ его будет равна половине великой сажени. Отложим диагональ на продолжении двух сторон квадрата, соединим точки и получим прямоугольник со сторонами A и $A\sqrt{2}$. Диагональ его будет равна $A\sqrt{3}$ = прямой сажени.

Продолжив построение по этому «принципу диагоналей» новых прямоугольников, мы получим последовательно (рис. 22):

$$A\sqrt{3} = 152,76 \text{ — прямая сажень}$$

$$A\sqrt{6} = 216,04 \text{ — косая сажень}$$

$$A\sqrt{4} = 176,4 \text{ — мерная сажень}$$

$$A\sqrt{8} = 249,46 \text{ — великая сажень}$$

$$A\sqrt{5} = 197,21 \text{ — «сажень без чети»}$$

¹⁷ Владимиров В. Н. Пропорции в египетской архитектуре. Всеобщая история архитектуры. Т. I. М., 1944, с. 81, 83, рис. 2.

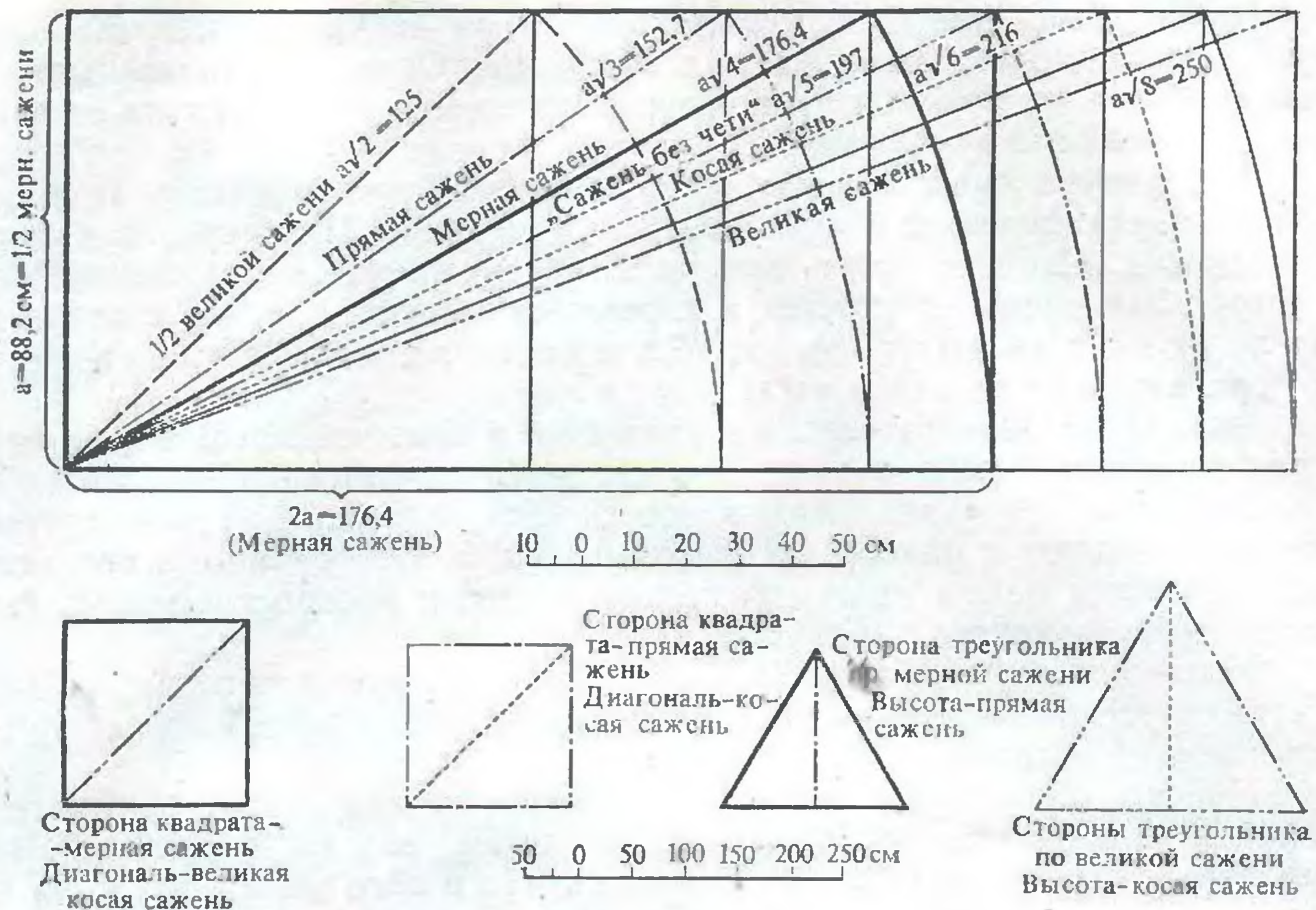


Рис. 22. Древнерусские сажени в их отношении к мерной сажени (176,4 см)

Следовательно, основной принцип архитектурных пропорций древней Руси был заложен в самой системе мер длины. Мы не можем считать их исключительно русскими, так как большинство этих мер, легко воспроизводимых человеком (размах рук, поднятие руки и т. п.), было распространено и у других народов.

Возможно, что именно их геометрическая сопряженность и позволила им сохраниться на Руси в таком полном комплекте. Одна мера была основной («мерная сажень»), а другие были геометрическими производными от нее и могли служить при тех или иных пропорциональных расчетах¹⁸.

Звеном, связывающим символические изображения «вавиллона» с конкретной архитектурной действительностью, является драгоценная находка в Старой Рязани.

¹⁸ Некоторые историки архитектуры придают большое значение в пропорциональных расчетах делению окружности на 10 частей (например: Мессель Э. Пропорции в античности и в средние века. М., 1936). Не присоединяясь к этим взглядам, я отмечаю лишь, что древнерусские сажени и локти, представляющие определенные отрезки «вавиллона», позволяли очень просто найти необходимый для деления окружности на 10 частей размер хорды с очень незначительной погрешностью. Для окружности, диаметр которой равен мерной сажени, такой хордой будет 1/4 косой сажени — локоть в 54 см. В общей форме это может быть выражено так: для деления окружности на 10 частей достаточно взять 1/4 диагонали «вавиллона», сторона которого равна диаметру окружности. Отмечу еще одно направление взаимных связей русских мер: высота равностороннего треугольника со стороной в мерную сажень равна прямой сажени, а со стороной в великую сажень — косой сажени.

На глиняной плите размером $25,9 \times 18$ см аккуратно и точно нанесены три прямоугольника разных размеров. Один внутри другого, но так, что одна из боковых сторон каждого из них опирается на одну общую для всех прямую линию.

Вся фигура имеет вид как бы трех букв П, написанных одна в другой и опирающихся на общую черту; над верхним П начерчена небольшая дужка. Следует особо отметить, что человек, исполнявший этот чертеж, был очень тщателен и стремился нанести линии с максимальной точностью, соблюдая их параллельность и правильность прямых углов.

Анализ рязанского чертежа убеждает в том, что здесь перед нами отобразены для каких-то целей линии «вавиллона».

Размеры того «вавиллона», который послужил основой для чертежа, почти совпадают с размерами самой плиты, а этот размер, в свою очередь, является одним из самых ходовых, самых распространенных форматов древнерусского кирпича¹⁹.

Устойчивость формата 25×18 см и в то же время несовпадение его с древнерусскими мерами заставляют нас поискать основу его за пределами локтей и пядей.

Поиски направляют нас к уже известному нам «вавилону» со стороны в мерную сажень. Как выяснено выше, все древнерусские меры укладываются в этот график. Оказалось, что в него укладывается и интересующий нас распространенный в XII в. формат кирпича: длинная сторона кирпича равна большему отрезку поперечной линии *BT* (линии *BK*), а короткая сторона кирпича равна меньшему отрезку этой линии (линии *KT*).

Другими словами, если в «вавилоне» со стороной в 176,4 см мы продолжим линии среднего по величине прямоугольника до пересечения их со сторонами наибольшего прямоугольника, то по углам «вавиллона» мы получим маленькие прямоугольники со сторонами 25,835 см и 18,265 см, т. е. соответствующие как ходовому формату русского кирпича, так и размерам старорязанской плиты с чертежом.

Все линии старорязанского чертежа взяты из «вавиллона», длинная сторона которого — 25,835, а короткая — 18,265 см, т. е. они находятся в определенном геометрическом соотношении с основной русской мерой — мерной саженью²⁰.

Степень точности рязанского чертежа ясна из следующей таблицы, где фактические размеры сопоставлены с размерами «вавиллона», вычисленными алгебраически с точностью до трех знаков.

В результате проведенного сопоставления мы можем утверждать, что происхождение всех величин рязанского чертежа установлено — они получены при помощи графика из трех прямоугольников, являющегося, в свою очередь, производным от мерной сажени в 176,4 см.

По месту находки рязанского чертежа — в строительном горизонте

¹⁹ В той самой Успенской церкви, где найден чертеж, основным размером кирпича является $26 \times 18,5 \times 5$; $25 \times 18 \times 4,5$ см. (Монгайт А. Л. Указ. соч., с. 79). То же самое мы встречаем и в двойнике этой церкви, вернее образце ее — в Успенской церкви Елецкого монастыря в Чернигове.

Все обозначения линий указаны в моей статье «Архитектурная математика древнерусских зодчих» (СА, 1957, № 1, рис. 17; с. 99).

²⁰ Следует отметить только одно несовпадение — левая сторона наибольшего прямоугольника меньше правой на 0,8 см. Возможно, что это несовпадение — результат дефекта плиты, на которой есть трещины (рис. 12).

Рязанский чертеж		Вычисленные величины	Обозначение линий на «вавилоне»
наименование линий	длина в см		
<i>F</i>	21,4	21,413	<i>ТД, ТЖ, ЦВ, АЦ</i>
<i>G</i>	16,9—17	16,867	<i>ТП, ТН, ИЦ, ЛЦ</i>
<i>N</i>	12,9—13	12,917	<i>ВГ, ГД, АЗ, ЗД, ЛИ, НП, УХ, СЧ</i>
<i>Q</i>	15,8	15,811	<i>БГ, БЗ, ГЕ, ЕЗ, СХ, УП</i>
<i>R</i>	10,5—10,7	10,706	<i>ТП</i> $\frac{\quad}{2}$ и т. д.
<i>S</i>	7,5	7,485	<i>БЛ, БИ, ЕН, ЕП</i>
<i>Q—R</i>	3,8	3,785	
<i>R—S</i>	3,8	3,785	<i>БК, ОЕ</i>
<i>F—G</i>	2,6	2,674	<i>ГМ, РЗ, КТ, ЦО</i>
<i>G—N</i>	1,8	1,892	<i>МФ, ШР</i>

здания XII в. — мы можем считать его автора причастным к строительству.

В отличие от всех известных нам находок «вавилонов», являющихся лишь изображением графика (порой очень приблизительными), рязанскую плиту мы вправе назвать точным чертежом, на который чертежник счел нужным перенести только шесть линий из всего многообразия линий «вавилона» (Расшифровку обозначений см.: СА, 1957, № 1, рис. 17).

Математические свойства их таковы:

1. Линия *F*. Если построить «вавилон» с основанием, равным линии *F*, то диагональ его будет равна стороне исходного «вавилона» — 25,835 см, линия $R = \frac{F}{2}$.

2. Линия *Q* делит сторону «вавилона» в отношении «золотого сечения». Погрешность около 0,017.

3. Линия *S* уже известна нам по задаче о превращении квадрата в три равновеликих ему квадрата.

4. Линия *G* тоже известна нам по задаче о построении равновеликого треугольника.

5. Линия *N* является половиной стороны «вавилона» в 25,8 см.

Как видим, все линии отобраны рязанским зодчим с определенным смыслом.

Каков же был практический смысл подобного отбора?

Естественней всего обратиться к мелким архитектурным деталям, для расчета которых мог быть нужен тот или иной геометрический расчет.

К сожалению, в Успенской церкви Старорязанского городища кроме обломков лекального кирпича от аркатурного пояса ничего не сохранилось.

На помощь нам приходит двойник рязанской церкви — Успенская церковь Елецкого монастыря в Чернигове, построенная в одно время с рязанской. Чернигов и Рязань составляли тогда единую епархию, и один из черниговских епископов середины XII в. построил, очевидно, церкви в черниговском монастыре и в Старой Рязани. У этих двух зданий одинаковы все размеры, одинаков план, одинаково применялось сочетание красного и желтого кирпича, кирпич штамповался одинаковыми клеймами; обе церкви имеют одинаковые крещальни для новообращенных язычников.

Пожалуй, во всей древнерусской архитектуре трудно найти два здания, более похожие друг на друга, чем рязанская и черниговская

Успенские церкви. Поэтому за поисками архитектурных деталей, которые мы могли бы сравнить с рязанским чертежом, мы обратимся к Елецкой церкви в Чернигове²¹.

Стены этого стройного здания украшены только пилястрами с полуколоннами и белокаменным аркатурным поясом, расчленявшим стены по горизонтали. Белокаменные арочки опирались на белокаменные консоли, для заполнения арок и их разветвлений применялись керамические вставки в виде полукругов и сферических треугольников.

Весь аркатурный пояс представляет собой продуманное гармоничное украшение здания, пронизанное отношениями «золотого сечения» (например, внутренняя высота арки и ширина консоли; расстояние между консолями и высота укладки треугольников; высота фриза до поребрика и радиус керамического полукружия и т. д.).

Чувствуется, что при создании аркатуры черниговский зодчий тщательно математически рассчитывал все ее детали.

Сопоставим аркатурный пояс Елецкой церкви с чертежом из развалин старорязанской церкви.

Линия Q , отмеченная на чертеже полукругом, оказывается равной радиусу керамического полукружия. Внутренний радиус арки равен линии G , а внешний радиус — линии F .

Консоли построены при помощи линий R и S и расстояний между линиями $F-N$ и $R-S$. Расстояние от консолей до поребрика равно стороне «вавиллона» ($2N$).

Фриз из кирпичей построен при помощи линии S и расстояния RS . Расстояние между двумя полукружьями равно линии N ; между консолями — $2G$.

Обнаружив такое поразительное совпадение, я вычертил все детали аркатурного пояса в натуральную величину, пользуясь только линиями рязанского чертежа, и кальку с полученного рисунка наложил на рисунок подлинного елецкого аркатурного пояса. Совпадение получилось полное; даже строительные допуски не исказили общего сходства (рис. 23, 24)²².

Для построения всего аркатурного пояса оказалось достаточно только тех линий, которые были отобраны на рязанском чертеже, но зато все эти линии и все расстояния между ними оказались использованными при построении аркатуры в натуральную величину.

Это позволяет сделать очень важный вывод: приступая к созданию единственной декоративной детали собора, аркатурного пояса, русский зодчий середины XII в. составил (на основе «мерной сажени») специальный график — «вавилон» и, зная математические свойства этой фигуры, отобрал несколько таких линий, которые позволили бы ему создать наиболее гармоничный рисунок аркатуры. Необходимость перенесения отобранных линий на глиняную плиту, создание прочного и портативного эталона вызывались тем, что вычерчиванием рисунка будущей аркатуры задача зодчего не ограничивалась. Для всего собора нужно было около 200 керамических полукружий, 200 белокаменных консолей, 400 белокаменных блоков (дуги по 90°) для арок и т. д.

Эти детали нужно было заказывать и мастерам — «плинфотворите-

²¹ І політ Моргилевський. Успенська церква Елецького монастиря в Чернігові. Чернігів Північне Левобережжя. Київ, 1928; Корзухина-Воронина Г. Ф. Указ. соч., с. 77; Рыбаков Б. А. Древности Чернигова. — МИА, 1949, № 11, с. 83—89, рис. 46, 47, 51.

²² Обмерный чертеж аркатурного пояса Елецкой церкви опубликован: Памятники архитектуры X—XV вв. Чертежи и фотографии, вып. 1. М., 1953, табл. 10.

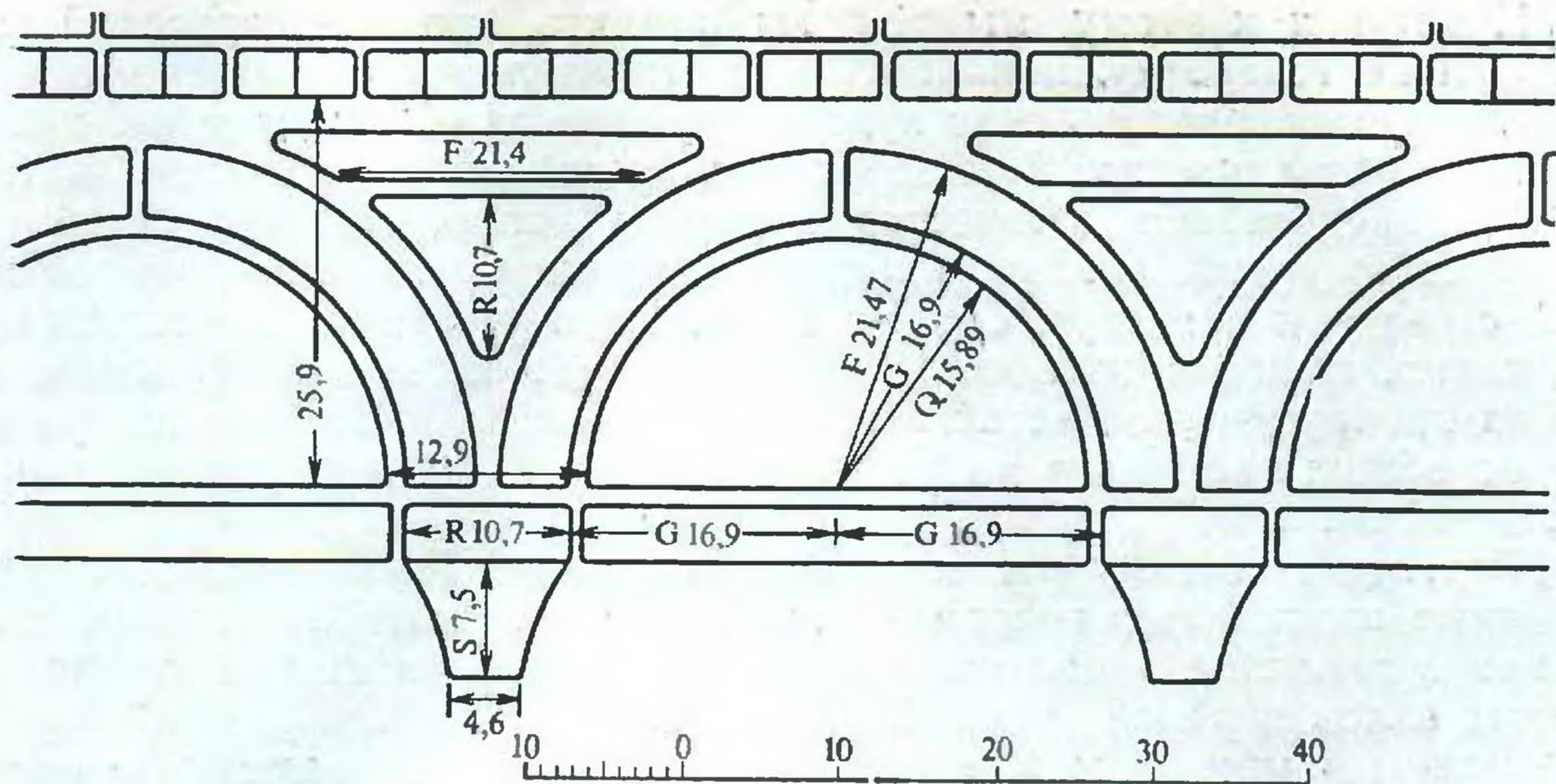


Рис. 23. Теоретический чертеж аркатурного пояса Елецкой церкви XII в. в Чернигове (по «вавилону»)

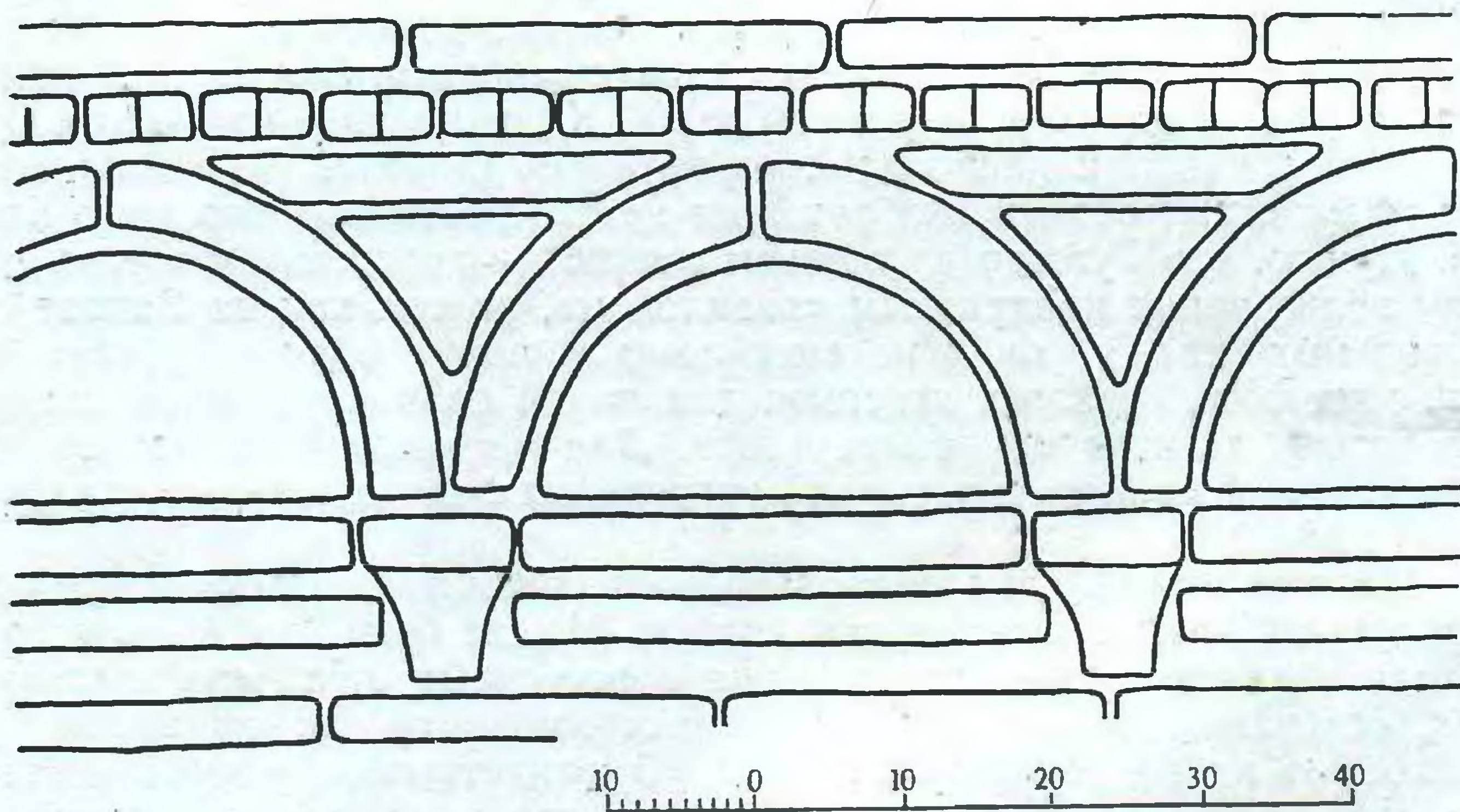


Рис. 24. Реальный обмерный чертеж того же пояса

лям», делавшим кирпичи, и мастерам-каменщикам, и вот для них, для этих мастеров, и был необходим эталон только тех размеров, которые действительно были нужны для практической разметки деталей.

Зодчий был предусмотрителен и заранее разделил линии между каменщиками и плинфотворителями: от мастера кирпичных дел требовалось главным образом изготовление полукружий — все остальные размеры были нужны каменщикам, и зодчий отметил на своем чертеже-эталоне полукруглой дужкой именно тот размер, который мастер-керамист должен был взять в качестве радиуса порученных ему полукружий.

* * *

Учитывая особенности средневекового математического мышления, попытаемся проникнуть в методику архитектурных расчетов.

Приступая к этому, мы должны помнить, что древнерусский зодчий был не только художником, но и строителем-практиком, которому приходилось переводить свои художественные замыслы на язык, понятный всем исполнителям. Еще до начала земляных работ нужно было заказать определенное количество кирпичей определенных форматов, нужно было учесть, сколько кирпичей и каких именно ляжет в той или иной стене или пилястре. Создав в своем воображении (а может быть, нарисовав, вылепив из воска или глины) общий вид сооружения, обдумав пропорции его частей, зодчий должен был подчинить все размеры, от общих габаритов до размера строительных материалов, какой-то единой системе.

Вероятно, поэтому мы встречаем в древней Руси кирпичи и декоративные плитки таких форматов, которые получают объяснение только при знакомстве с малыми «вавилонами», производными от трех основных видов сажень (мерной, прямой или косой) ²³.

Важным моментом в работе зодчего было производство «очертания», т. е. плана, чертившегося непосредственно на земле, на выровненной «долине» ²⁴.

Средневековое руководство начала XII в., написанное французским монахом Гуго, повествует о процессе вычерчивания Ноева ковчега ²⁵.

В центре чертежа изображаются два вписанных квадрата; внутренний делят на четыре малых квадрата. Затем продолжают стороны этого квадрата (названного в тексте «локтем») в четырех направлениях для получения длины и ширины ковчега. К сожалению, изложение процесса вычерчивания написано автором очень сбивчиво и неясно, да и сам мифический объект изображения не способствовал внесению ясности. Думаю, что Гуго хотел в своем сочинении передать читателям технику пользования квадратным «вавилонном», но так как на Западе она была неизвестна, то он и не смог по-настоящему об этом рассказать. Так, например, осталось неясным, для какой цели внутренний квадрат («локоть») делится на четыре части. Для чего понадобилось продолжать стороны «локтя» в четырех направлениях, когда в тексте говорится лишь о двух? ²⁶

По всей вероятности, сам автор плохо знал ту зодческую мудрость, которую собирался пересказать другим. Может быть, после крестового похода появились какие-то сведения о восточных архитектурных приемах, основанных на системе вписанных квадратов, но сочинение Гуго полностью их не раскрывает. Труд «О таинственном значении Ноева ковчега» важен для нас указанием на то, что в центре будущего сооружения находилась система квадратов, пересеченных линиями, близкая к изучаемым нами «вавилонам».

Предпринятые мною в 1947 г. попытки раскрыть методику работы древнерусских зодчих при помощи квадратных «вавилонов» не увенчались успехом, но теперь после тмутараканской и рязанской находок

²³ Так, например, майоликовые плитки Белгорода были изготовлены при помощи такого же «вавилона», каким пользовались при создании рязанского аркатурного пояса. Мы встречаем здесь размеры 25,8×25,8; 25,8×25,9; 26×26 см (промеры А. Кирпичникова). Часты размеры, совпадающие с линиями F, G, R, S, N рязанского чертежа, но встречаются и другие размеры, взятые с того же «вавилона», но не использованные рязанцем.

²⁴ Глагол «чертить» в древности означал «бороздить землю». Отсюда «чертадло» (чересло) — плужный нож, «черта» — борозда и т. д.

²⁵ Зубов В. П. К вопросу о роли чертежей в строительной практике западноевропейского средневековья. — Тр. Ин-та истории естествознания и техники. Т. VII. М., 1956, с. 233—234, рис. 1.

²⁶ Там же, с. 235.

оказалось возможным определить роль прямоугольных «вавилон» и входящих в их систему мер длины в создании «очертания» русских церквей.

Возьмем в качестве примера ту самую Успенскую церковь Елецкого монастыря, относительно аркатурного пояса которой нам уже стало известно, что он рассчитывался при помощи «вавилона» — отборочно-го рабочего графика.

Весь процесс разбивки плана — «очертания» можно представить себе так:

1. Вдоль строительной площадки прочерчивалась осевая линия запад — восток, определявшая направление церкви.

За восток принималась точка восхода солнца в день закладки здания, обычно совпадавший с праздником в честь патрона данного храма.

2. Примерно в середине строительной площадки чертился прямоугольный «вавилон», длинная сторона которого (*ВД*) должна была определить диаметр купола и расстояние между восточными подкупольными столбами. В большинстве русских церквей это расстояние слагалось из 2 или 4 сажени. Построение «вавилона» облегчалось тем, что его длинные и короткие стороны определялись двумя видами сажени. Следовательно, зодчий для построения «вавилона» должен был, как Китоврас в легенде, иметь при себе несколько «прутов» по 4 локтя.

Для удобства дальнейших отсчетов, вероятно, вычерчивались продолжения всех сторон «вавилона».

3. Свой художественный замысел и заранее продуманные соотношения частей здания зодчий в процессе практической работы переводил на язык общедоступных сажени и локтей, делая замысел понятным всем своим помощникам.

После вычерчивания на земле «вавилона», очевидно, определялись в натуре же общие габариты здания.

В Елецкой церкви это было сделано так:

а) от «вавилона» на восток было отсчитано ровно 6 мерных сажени до крайнего выступа средней апсиды;

б) на север и на юг было отложено по 3 косых сажени — это определило внешние линии стен;

в) от «вавилона» (на этот раз от его западной линии *АЖ*) на запад отсчитано 5 прямых сажени до стены, отделяющей нартекс;

г) далее на запад отложено еще 3 косых сажени, что дало внешнюю линию западного фасада.

4. Построение подкупольного прямоугольника производилось при помощи линий «вавилона» *БЧ* и *ЕС*. Из точек *Б* и *С* радиусом, равным указанным линиям (длина их — 5 м 70 см), отмерено расстояние на продолжение коротких сторон «вавилона».

5. Подкупольные столбы имели в основе квадрат со стороной в прямую сажень и выступы, равные $1/4$ этой сажени (локоть в 38 см). В ширину столбов были проведены полосы вдоль здания и поперек, чтобы отметить ширину других столбов и пилястр.

6. Ширина боковых нефов и толщина северной и южной стены определялись так:

а) от северной грани северного столба (и от южной грани южного) отсчитывались 2 мерные сажени — это и была ширина нефов, середина каждого нефа определялась очень удобно — на сажень от стены;

б) толщина стены определялась разностью: из трех косых сажени нужно вычесть ширину нефа и ширину столба, получается 143 см ($7/8$ прямой сажени), эта толщина сохраняется для всех внешних стен и для стены нартекса.

7. Средняя апсида строилась при помощи трехцентровых дуг. Центр апсиды определялся засечками от восточных углов «вавилон» радиусом в $4\frac{1}{2}$ прямых сажени.

Через полученный центр прочерчивались продолжения линий засечек, и из этого центра чертилась та часть дуги апсиды, которая умещалась между продолженными линиями. Радиус внешней дуги — $2\frac{1}{2}$ мерных сажени, а внутренней — 2 прямых сажени. Для вычерчивания боковых ветвей этих дуг применялись два вспомогательных центра.

8. Центры боковых апсид определялись тоже засечками; радиус — 3 прямых сажени. Так же применялся дополнительный центр (рис. 23).

9. Алтарное пространство до апсиды равно (но не очень точно) двум косым сажням.

10. Крещальня построена, как миниатюрная церковка; ее алтарное пространство в ширину равно 1 косо́й сажени, а в глубину $2\frac{1}{2}$ локтям (54 см). Радиусы — 1 прямая сажень и $\frac{1}{2}$ прямой сажени.

11. Пилястры с полуколоннами на внешних стенах построены так: радиус полуколонны — локоть в 44 см. Угловые плоские пилястры на юге и на севере равны $\frac{1}{2}$ косо́й сажени, а на западном фасаде — $\frac{1}{2}$ мерной сажени.

12. Северный и южный порталы — 1 мерная сажень. Западный портал — 1 прямая сажень и 1 локоть.

Вычерченный на основе перечисленных выше данных план церкви полностью совпадает с подлинным обмерным планом, что позволяет считать расшифровку метода зодчего правильной²⁷.

«Вавилон» был ядром плана, от него велись все первоначальные отсчеты, его линии определяли подкупольный прямоугольник, на продолжении западной стороны его находилась линия порталов. Но все дальнейшие работы велись зодчим при помощи мерных прутьев, ходовых русских мер длины (в которых был построен и «вавилон»).

Геометрические свойства русских мер (синтезом которых был прямоугольный «вавилон») позволяли зодчему, знавшему все секреты своеобразных математических графиков, переводить абстрактные пропорциональные отношения в конкретные меры, вещественным олицетворением которых были деревянные эталоны — сажени. Именно геометрическая сопряженность русских сажени и локтей, наличие системы мер и обусловило длительное существование на протяжении шести веков всех видов сажени и одновременное употребление их при одном и том же измерении. То, что должно удивлять современного архитектора, было в порядке вещей у средневековых мастеров.

Средневековая любовь к мистике и символике должна была содействовать консервации «вавилонов», попавших в Восточную Европу в IX веке, вероятно, с Востока. Свои расчетные таблицы — «вавилон» (своего рода логарифмические линейки) — и их изображения древние зодчие закапывали в основания построенных ими зданий.

В связи с проблемой архитектурного чертежа, предварявшего постройку здания или копировавшего уже построенное, совершенно исключительный интерес представляют схематические изображения храмов на миниатюрах знаменитого «Изборника» князя Святослава Ярославича 1073 г.²⁸

Возьмем миниатюру на листе 3-м. Почти во весь лист здесь изобра-

²⁷ Пользование геометрическими соотношениями в их наиболее удобной форме — в форме мер длины — прослеживается и на ряде других архитектурных памятников. Елецкая церковь разобрана здесь лишь как наиболее четкий пример.

²⁸ Рукопись «Изборника» хранится в ГИМе в Москве.

жен вертикальный разрез трехнефного пятиглавого храма, близкого по типу к Спасскому собору 1036 г. в Чернигове; внутри здания — «собор святителей». В архитектурной части это изображение является не рисунком, а точным чертежом, выполненным с помощью линейки и циркуля, но без угольника. Следы ножек циркуля хорошо видны на подлиннике (а некоторые даже на фотографии). Вычертив точно ту или иную линию, автор для большей выразительности обводил ее дополнительным контуром на расстоянии около 1 мм. Во всех случаях (кроме малых куполов и малых закомар) второй контур чертился внутри здания (рис. 25).

Размеры чертежа: ширина здания — 15 см; высота — 23,9 см. Анализ чертежа показал, что он мог быть построен только на основе «вавиллона» с длинной стороной в 15 см²⁹.

Чертежник XI в. начертил на книжном листе «вавилон» и, отобразив шесть основных линий, построил весь чертеж, пользуясь преимущественно линиями $\frac{B}{4}$ и b . Высота прямоугольной части здания образована путем прибавления $2b$ к боковой стороне «вавиллона» (B) (рис. 25).

Высота малых куполов равна $\frac{A}{2}$; но на этой же линии расположен центр дуги большого купола. Остальное видно на чертеже.

Доказательства того, что интересующему нас чертежу храма предшествовал чертеж — «вавилон», следующие:

1. Нижняя орнаментальная рамка соответствует нижнему членению «вавиллона».

2. Оси малых куполов и их барабанов находятся на продолжении боковых сторон второго прямоугольника «вавиллона».

3. Два центра трехцентровых дуг свода здания находятся на средней линии «вавиллона». Следы этих центров видны на подлиннике под осыпавшейся краской.

. Точки смены радиусов в трехцентровых дугах находятся на линиях «вавиллона».

Внимательный анализ методов построений чертежа храма в «Изборнике» Святослава убеждает нас в том, что он был изготовлен чертежником, хорошо знакомым с архитектурными расчетами, основанными на своеобразной геометрии «вавиллона». Быть может, миниатюры «Изборника» 1073 г. помогут нам ближе подойти к решению важного вопроса о древних архитектурных чертежах.

Приведенных мною примеров построения планов зданий в натуре и чертежей зданий в древних книгах, разумеется, недостаточно для того, чтобы полностью раскрыть архитектурную методику древней Руси; необходимо изучать обильный, почти необъятный материал по архитектурным деталям, но при этом изучении надо стремиться понять психологию средневекового мастера, разгадать привычные для него, а не для нас приемы мышления и работы. Возможно, что «вавиллоны» и являются таким ключом к давно забытой своеобразной архитектурной математике средневековья.

* * *

Опубликовано: *Советская археология*, 1957, № 1.

²⁹ Для упрощения и большей ясности обозначим длинную сторону «вавиллона» A , короткую — B , короткие перемычки («лестницы зиккурата») будут тогда $\frac{A}{4}$ и $\frac{B}{4}$; отрезки перемычек обозначим a и b .

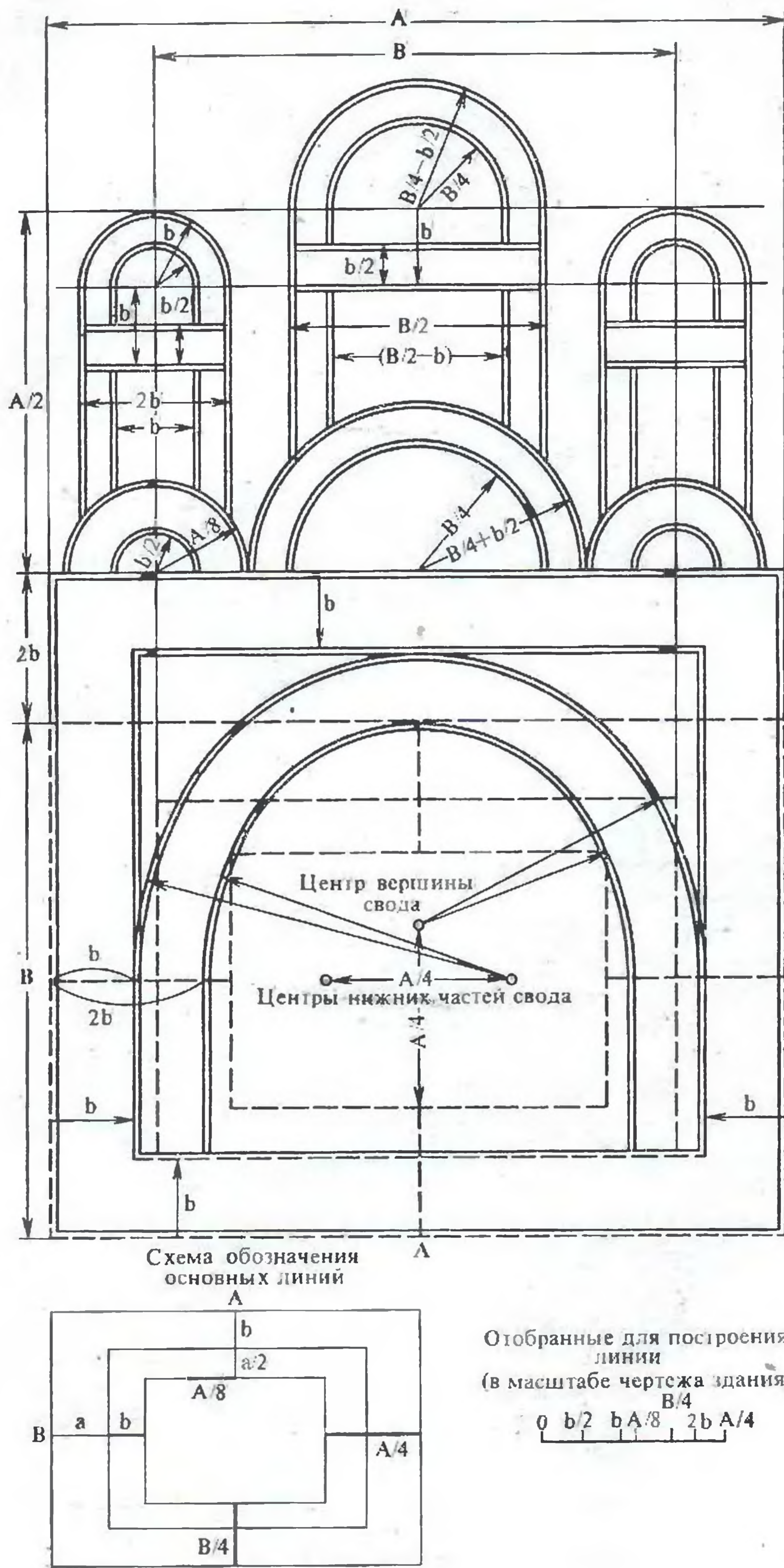


Рис. 25. Анализ построения чертежа храма на миниатюре из Изборника 1073 г.