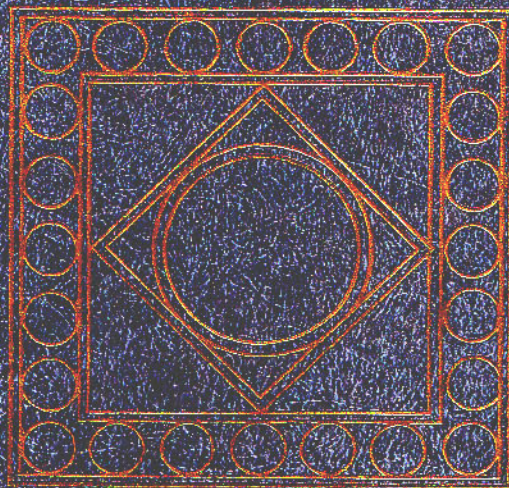


М. С. Булатов

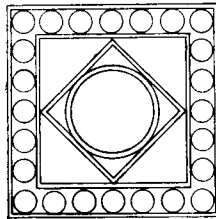
ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ
ГАРМОНИЗАЦИЯ
В АРХИТЕКТУРЕ
СРЕДНЕЙ АЗИИ
IX—XV вв.



М.С. Булатов

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ
ГАРМОНИЗАЦИЯ
В АРХИТЕКТУРЕ
СРЕДНЕЙ АЗИИ
IX—XV вв.

(историко-теоретическое исследование)



Издание второе,
исправленное и дополненное



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ВОСТОЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1988

Ответственный редактор
Л. И. РЕМПЕЛЬ

Рецензенты
А. А. ГУРШТЕЙН, Б. А. ЛИТВИНСКИЙ

В книге освещаются основы средневековой теории архитектуры Средней Азии — гармонизация пространственных структур и архитектурной формы, общественное положение и образованность зодчих. Анализируются архитектурные пропорции, композиция орнаментов. Прослеживается связь средневековой теории архитектуры Средней Азии с учением о гармонии на мусульманском Востоке.

Книга написана на стыке наук — математики, философии, эстетики и архитектуры. При рассмотрении некоторых вопросов архитектуры учтены космологические представления древних.

4902010000-097
Б $\frac{013(02)-88}{127-87}$

© Главная редакция восточной литературы
издательства «Наука», 1988.

О КНИГЕ М. С. БУЛАТОВА
«ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ГАРМОНИЗАЦИЯ
В АРХИТЕКТУРЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ
IX—XV вв.»

Венок сонетов — давняя мечта
Изведать власть железного канона?
Теряя форму, гибнет красота,
А форма четко требует закона.

Владимир Солоухин

Предлагаемая вниманию читателя книга доктора архитектуры М. С. Булатова — явление не частое, оригинальное и в известном смысле новаторское. «Изведать власть железного закона» — мечта не одних поэтов. Этим же озабочены и исследователи смежных с поэзией искусств, особенно музыки и архитектуры. Именно так можно понимать задачу, которую поставил перед собой и автор этой книги, когда в поисках законов гармонии формы приступил к анализу пропорций памятников архитектуры Средней Азии.

Известно, что никакая художественная система еще не творит гениев, но она ложится в основу творчества зодчих целой эпохи, и потому выявить ее необходимо. Для этого М. С. Булатову пришлось не только составлять описание дошедших до нас памятников искусства древних зодчих, но и сопоставлять полученные результаты обмеров с теми принципами и положениями, которые выдвигались в свое время в трактатах древних, проследить влияние этих принципов как формы универсального мышления, распространенного в ту эпоху, на все виды искусства. И уже из этого сравнения полученных результатов с теоретическими расчетами сделать выводы о том, какими же законами формы руководствовались в прошлом геометры, инженеры и мастера.

Законы эстетики форм имеют непреходящее значение, но их нельзя считать и «нормой», обязательной для настоящего и будущего. Мы ощущаем действие красоты, но вне законов, которыми руководствовались в прошлом, не сознаем средств и причин, по которым красота памятников архитектуры действует спустя века и на нас.

Значение труда М. С. Булатова в том, что он доказал существование науки о пропорциях в архитектурной теории и строительной практике восточного

средневековья, что он этот свой вывод не декларировал как известную догадку, а убедительно аргументировал большим количеством примеров. Тем самым он как бы перебросил мост от теории к практике зодчих и поставил этот мост на прочные устои истории строительного дела.

Если верно, что произведение искусства отличается от произведения науки (и всякого изобретения) тем, что оно неповторимо, а наука служит многократному повторению достигнутого (иначе она бесплодна), то произведение архитектуры одновременно и неповторимо как явление искусства, и создается по определенному закону, повторяемому многократно.

Историзм всякого пропорционирования состоит в том, что каждая эпоха ставит свои задачи и находит средства, в которых законы гармонии рассматриваются с новой стороны. Структурам социально-историческим отвечают структуры в области эстетической мысли, отраженные и искусством. Таков закон развития всей истории искусств — он стал аксиомой, т.е. не требует доказательств.

Сущность эстетических учений античного мира состояла в том, что они выработывали особый тип мышления, который заложил основы всех мировоззренческих структур позднейшего времени. Этот тип мышления носил универсальный характер и со времени первобытного общества был тесно связан с мифологическим мировоззрением на природу и отношения людей. Античное мышление, происходя от коллективизма первобытнообщинного строя, объединяло самые живые и самые отвлеченные представления в одно понятийно-пластическое целое. В эпоху классики и кризиса полисов, эпоху военной монархии и македонских, а потом и римских завоеваний наблюдается отход от древней мифологии и обращение к личности, ее интересам. Последние возобладали в эпоху элли-

низма и к концу существования Римской империи (II в. до н.э. — V в. н.э.). Мерилом прекрасного в античном мире был человек. По словам А. Ф. Лосева (лучшего знатока эстетической мысли античной классики), Платон воспринимает человека в его скульптурной модели и строит по его образцу свое идеальное государство, отдельные добродетели и весь космос, т. е. прежде всего и самих богов, причем скульптурность заложена уже в том самом сверхмировом образце, на основании которого демиург творит и богов, и космос, и вообще все существующее. Этот образ мышления послужил исходным и для античной архитектуры с ее гармонией, основанной на красоте идеальной модели¹.

Мыслители Среднего Востока постоянно обращались к Платону и Аристотелю как высшим авторитетам философско-эстетической мысли прошлого. Так, сравнение города с частями человеческого тела присуще Абу Насру ал-Фараби (870—950). Однако феодальная иерархия потребовала от него совсем иной схемы, нежели та, которая была присуща идеальному построению полиса по Платону. Она давала теоретическое обоснование структуры Аббасидского государства и тем перестраивала учение античного мыслителя на средневековый лад. «Золотое сечение» было также подхвачено мыслителями средневекового Востока из наследия античности, оно выводится не из эстетических требований и законов идеального строения человеческого тела (как это было в античном искусстве), а посредством вычислительной геометрии. По ней при делении окружности на десять частей хорда относится к радиусу окружности по законам «золотого сечения». Отношение «золотого сечения», т. е. деление величины в крайнем и среднем отношении, встречается в памятниках архитектуры Средней Азии, как это доказывает и автор предлагаемой книги, весьма часто, но уже как производное, полученное от чисто геометрического построения.

Многие вопросы геометрии были сведены к алгебре, и вместе с тем все виды кубических уравнений с положительными корнями решались геометрически. Методом этим пользовались Абу-л-Вафа Бузджани (940—998), ал-Хайсам, Абдуссахл ал-Кухи, Омар Хайям (1046—1123) и др. Они постоянно подправляли и исправляли суждения древних в связи с собственными воззрениями и тем создавали нечто новое даже там, где они, казалось бы, шли от античных авторов. Это существенно прежде всего в отношении понятия формы и исчисления меры.

Возражая Аристотелю, отдававшему приоритет форме, Ибн Сина (980—1037) писал: «Каждая форма, будучи единственной причиной существования материи, в случае исчезновения привела бы к тому, что и материя не существовала бы. Не может быть также, чтобы формы не были бы действительными и не участвовали бы в приведении материи в состояние действительности, в противном случае материя могла бы существовать без формы»². Делая вывод, что «телес-

ная форма без материи не существует», Ибн Сина отбрасывал как «бесполезную» идеалистическую позицию Платона на вещи как бесплотные понятия. Признавая, что числа реально существуют в вещах, Ибн Сина отвергал мистику чисел Пифагора и тем как бы возражал более поздним представителям мусульманского богословия вроде Газали (1058—1111). Ибн Сина доказывал, что в согласии с «подлинной философией» (т. е. передовым воззрением его времени) «точка существует только в линии, содержащейся, в свою очередь, в плоскости, которая снова существует в форме тела, находящегося в материи»³. Этим отвергались все мистические откровения, основанные на магии чисел, и утверждались роль и значение методов прикладной математики.

Ибн Сина как бы подхватил известный лозунг, украшавший вход в Платонову академию: «Пусть не входит сюда никто не знающий геометрии», но он же и сбросил с пьедестала самого Платона и тех его последователей, которые создавали культ абстрактных чисел, в то время как сам он высказывал полное доверие к чувственному опыту, основанному на практике и «процессе тяжелого, кропотливого научного труда».

Следом и Омар Хайям выступал против того неоплатонизма, который все же взял верх в мусульманской догматике. Он искал опору в науках математических. Важнейшими из них он называл «искусство алгебры, имеющее определение как числовых, так и геометрических неизвестных»⁴.

Научные основы этим «определениям» дал еще Абу Наср ал-Фараби. Из всех положений, действующих в природе и в науке о пропорциях, он считал самым знаменательным следующее: сторона квадрата, части окружности (выступающие измерителями в геометрии) являются аналогами силлогизму в логике, строфам в поэзии и стопам в метрике. На роль поэзии указывали также ал-Джуджани и Физули (1502—1562). Первый насчитывал три вида пропорций: арифметическую, геометрическую и гармоническую (все другие были отвергнуты Ибн Синой как выдвинутые «без пользы для науки»). Физули же считал, что «поэзия без науки — это стены без фундамента, а на стену, не имеющую фундамента, совершенно нельзя положиться»; он не мыслил своей поэзии вне «дисциплины логических и словесных наук», вне философских и математических знаний, называя противное тому мнение, опиравшееся на Коран, «судей клеветой».

М. С. Булатов проследил за тем, как это единство арифметической, геометрической и гармонической пропорций осуществлялось на практике. Он не раз отмечает их полное соответствие (связь), но в то же время и неточности и отступления от пропорций, вызванные в основном нерадивостью производителей работ. М. С. Булатов прав и в том, что не все геометрические построения в орнаменте отвечали требованиям науки.

Еще Абу-л-Вафа Бузджани в нередко цитируемой

автором этого исследования «Книге о том, что необходимо ремесленнику из геометрических построений» сетовал на то, что ремесленники «находят приближенное построение», не обращая внимания на указания геометров, что они «допускают ошибки», в то время как сами геометры не учитывают этой практики и, не зная, что возразить, принимают построения ремесленников на глаз, как «очень близкие к истине».

То же сетование на профанацию науки повторял и Омар Хайям, когда писал, что эти ремесленники только «имеют вид ученых, переодевают истину в ложь, не выходя из границ обмана и бахвальства, заставляя служить знания, которыми они обладают, корыстным и недобрым целям»⁵.

Стремление М. С. Булатова доказать образованность восточных зодчих вполне обоснованно, но могли быть и расхождения между геометрами и строителями, вызванные тем, что между математическим методом исчисления и прикладной геометрией существовал разрыв, скрепленный практикой строительного дела. Если между теоретическими расчетами, сделанными М. С. Булатовым в полном соответствии с основными положениями старых трактатов, обнаруживались расхождения с натурой, то, как нам представляется, этому есть причины двоякого рода. Во-первых, между теоретическим расчетом иррациональных отношений $1: \sqrt{2}$, $1: \sqrt{3}$, $1: \sqrt{5}$ и прямоугольниками, построенными на лучевой сетке координат, нет точного совпадения. Во-вторых, сам метод перевода чертежей в натуру основывался на наличии разных видов соразмерности, действующих одновременно.

Когда при переводе чертежей в натуру мастера, упрощая расчеты, пользовались методами прикладной геометрии, нарушения теоретических расчетов были неизбежны. В XIV—XVI вв. ими пренебрегали в определенных пределах. Во-первых, это было вызвано тем, что даже грубая, приближенная кладка в кирпиче «исправлялась» при облицовках. Облицовка наносилась на кладку толстым слоем (до 20 см) или выносилась на переборках так, что плиты, облицованные мозаикой или майоликой, отступали от кирпичных стен (особенно на кривых поверхностях арок) на расстояние 20—40 см. Соответственно этому и пропорции частей здания, габариты арочных ниш, пилонов и т.д. менялись. Основные соразмерности (проекция по осям здания) при этом сохранялись, и гармонизация целого не теряла своей силы. Но отдельные части, особенно те же ниши, пилястры и прочие элементы, получали соразмерности применительно к ситуации, сложившейся на месте. Во-вторых, для купольных конструкций и зданий центрального плана само производство работ обеспечивало соразмерность всех частей здания благодаря единству метода, основанного на особом прочтении плана. Из него и брались все основные высотные отметки. По той же, видимо, причине зодчие Средней Азии не знали и постоянного гяза в качестве обязательной для всех меры длины и для каждого здания устанавливали свой гяз. Его абсолютная величина (как

мера длины) не имела в этом случае решающего значения. Лишь бы все части здания были ему соразмерны. А метод геометрических построений отвечал этому условию сполна.

В чем сущность этого метода? Она в том, что действуют совокупно три вида соразмерности: геометрическая, арифметическая и модульная. Геометрическая определяет объемы, массы, членения, так же как у греков канон отношений частей тела в искусстве; арифметическая переводила геометрию на язык расчетов, необходимых по ходу строительных работ (исчисление количества требуемых кирпичей, облицовок, криволинейных деталей и т.д. для покрытия сводов, куполов, барабанов и других частей здания); модульная переводила геометрическую соразмерность как общий принцип (выраженный в плане здания и в объемной модели) на языке производителя работ, который требовал рабочих чертежей. Но кроме плана, модели и математических расчетов, иной технической документации у него, видимо, не было. На помощь приходила модульная сетка. Она не зависела от эталона измерения. Эталона длины вообще не было. Размеры гяза в одну и ту же пору, в одном и том же районе колебались. Был модулем гяз или единицей измерения был кирпич, не имело значения, ибо гяз при всех условиях должен был содержать целое число кирпичей, иначе он лишался роли модуля.

Модульная сетка отвечала стандарту кирпича, принятого для данного сооружения (с учетом толщины шва). Из-за того что толщина шва была непостоянна (работа велась вручную), происходили нарушения арифметического расчета и модульной сетки. Эти нарушения в ходе работы исправлялись с помощью веревки, колышков и отвесов, т. е. геометрически. Отсюда проистекает представление о несоответствиях, погрешностях и странном использовании зодчими то геометрических, то модульных, то арифметических отношений.

Были и другие причины искажений арифметического расчета (одни причины накладывались на другие). Но допущенные мастерами ошибки нейтрализовались самим методом пропорционирования. Геометрия и математический расчет приводились к общему знаменателю, проверяемому на практике гязом. Недостатки этого метода явились прямым продолжением его достоинств. У нас нет основания идеализировать общественное положение мастеров или той науки в средние века, которая ими же и профанировалась из-за технической отсталости строительного дела. Но их искусство перекрывало все пороки времени, оно было для культуры средних веков главным проявлением гения народа, выражением его художественного опыта.

Для приведенных в книге расчетов возможны уточнения и варианты. Но это не меняет дела. Сейчас в наших руках компас, идя по которому, мы в конечном счете достигнем цели. Этому и служит предлагаемый М. С. Булатовым труд.

Остается добавить, что строительные материалы

(дерево, камень, кирпич-сырец, жженный кирпич или современные материалы — железо, бетон и стекло) оказывают влияние на конструкции, формы и пропорции. Сами по себе эти пропорции — геометрические, арифметические или модульные — еще не решают уровня художественного произведения архитектуры. Они составляют своего рода научные абстракции. Но именно научные абстракции высоко ценил В. И. Ленин. Они позволяют обобщить колоссальный опыт поколений и тем осветить путь науке и на будущее. Мышление, восходя от конкретного к абстрактному, не от-

ходит — если оно *правильное* (NB) (а Кант, как и все философы, говорит о правильном мышлении) — от истины, а подходит к ней. Абстракция *материи, закона природы, стоимости* и т.д., одним словом, *все* научные (правильные, серьезные, не вздорные) абстракции отражают природу глубже, вернее, *полнее*». К научным абстракциям принадлежит также и пропорционирование на средневековом Востоке, которому посвятил свой плодотворный труд и автор этой книги.

Л. И. Ремпель

ОТ АВТОРА

В эпоху научно-технической революции и крупнейших социальных преобразований архитектура развивается в неслыханных доселе масштабах; как общественное явление, она развивается по спирали, зачастую возвращаясь к прошлому, но в новом качестве, отвечающем социальным запросам общества.

Особенно острой и актуальной для творчества зодчих является проблема архитектурной композиции, и в этом свете вполне закономерен ретроспективный взгляд, обогащающий зодчего информацией об опыте прошлых эпох.

До недавнего времени историческая наука отрицала существование архитектурной науки в Средней Азии (поскольку здесь не было ни Витрувия, ни Альберти) и даже наличие специальных знаний у зодчих этого региона.

Исследования проблемы «Геометрическая гармонизация в архитектуре Средней Азии IX—XV вв.» позволили доказать на конкретных фактах несправедливость такого утверждения.

В книге, предлагаемой вниманию читателя, рассмотрены некоторые вопросы науки (математика), философские и эстетические воззрения этого времени, место архитектуры в классификации наук Среднего и Ближнего Востока, освещены тексты «трактатов для зодчих», написанные учеными-энциклопедистами, проанализированы пропорции частей и целого произведений зодчества, рабочие методы построения архитектурной формы, конструктивная сущность и тектонический строй сооружений. Комплексный метод исследований, выполненный на стыке истории науки и теории архитектуры Средней Азии эпохи восточного Ренессанса, вызвал интерес ученых в СССР и за рубежом.

В связи с интересом к настоящей книге со стороны архитекторов, искусствоведов, историков, студентов архитектурно-художественных вузов возникла необходимость второго ее издания, с некоторыми дополнениями.

В главе «Построение архитектурной формы зодчими Средней Азии» больше, чем в первом издании, уделено внимания архитектуре мавзолея Тюрабек-ханым в Куна-Ургенче (Хорезм), поскольку она характеризует переломный этап в направленности архитектуры после монгольской катастрофы (XIII в.).

В книгу введен раздел «Минареты», в котором рассмотрено построение их формы.

Глава «Арочно-сводчатые кривые в архитектуре Средней Азии IX—XV вв.» дополнена исследованием геометрического построения форм котла Тимура (1399 г.) из комплекса Ходжа Ахмада Ясеви в г. Туркестане — уникального произведения бронзового художественного литья, при составлении формы для которого мастера пользовались отрезками кривых эллипса.

Второе издание книги дополнено главой «Архитектурная гармония и космос», разработанной с привлечением археоастрономического метода, возникшего в эпоху НТР.

Античные цивилизации Востока и Запада породили доктрину гармонии во Вселенной. Гармония Космоса рассматривается древними как основополагающая и в деятельности человеческого общества, что нашло отражение в творчестве зодчих, привело к гармонизации целого и частей архитектурного организма.

Астрономия, возникшая из необходимости исчисления времени, становится достоянием астральных культов. Служители храмов пользуются астрономическими наблюдениями не только для составления календарей, предсказаний по звездам важных явлений природы и событий в жизни людей, но и для ориентации культовых сооружений на восходы Солнца и Луны в дни равноденствий и солнцестояний. Выбор той или иной ориентации храма был связан с верованиями и хозяйственным укладом жизни общества.

В объемно-пространственной архитектурной композиции отразилась идея контакта молящихся с небесными божествами путем раскрытия интерьера храмов к небу (подобно Пантеону в Риме) или устройством замкнутых дворовых пространств.

Книга иллюстрируется фотографиями В. П. Телегина, отражающими современное состояние исследуемых памятников архитектуры Средней Азии.

Автор благодарит всех, кто уделит внимание его книге, опубликовал свои отзывы и рецензии на нее, а также прислал свои замечания, которые учтены во втором издании.

ВВЕДЕНИЕ

Творческая деятельность архитектора во все времена и народы в той или иной степени была связана с проблемой гармонии. Особенную актуальность эта проблема приобретает в наше время в связи с задачей воспитания гармонически развитого человека коммунистического общества.

Гармонизация предметной среды для человека, создание благоприятной обстановки для труда и отдыха — это профессиональные задачи архитектурного искусства. Создает ли зодчий проекты городов и сел, жилых комплексов и общественных зданий и сооружений, садов и парков — он всюду встречается с проблемой гармонии. Таким образом, гармония предметно-пространственной среды — проблема не только эстетическая, но и социальная: она может быть решена лишь там, где человеческая личность развивается во всем многообразии своих способностей и таланта, где гуманизм, забота о человеке — основополагающая идея общества.

Гармония предметно-пространственной среды — тема, затрагивающая многие аспекты зодчества. В цепи больших и малых ее звеньев особое место принадлежит средствам гармонизации и пропорциональным отношениям в пределах не только отдельного сооружения, но и целых городских ансамблей, городских образований, находящихся в постоянном развитии, изменении и обновлении [172, с. 27].

На данном этапе развития нашего общества, записано в партийных документах, важным представляется прогнозирование будущего и активное влияние теории на практику. Это имеет прямое отношение к архитектурной науке и не может быть решено без ретроспективного взгляда на прошлое, ибо «весь дух марксизма, — говорил В. И. Ленин, — вся его система требует, чтобы каждое положение рассматривалось лишь (α) исторически; (β) лишь в связи с другими; (γ) лишь в связи с конкретным опытом истории» [5, с. 326].

Тема «Геометрическая гармонизация в архитектуре Средней Азии IX—XV вв.» — исследо-

вание историко-теоретическое¹. Цель его — воссоздать утраченные временем приемы геометрической гармонизации как части теории архитектуры средневековой Средней Азии. Для этого нами предприняты: а) рассмотрение эстетических воззрений средневековых ученых-энциклопедистов, оказавших влияние на архитектурную теорию и практику зодчих Среднего Востока; б) выявление связи прикладной математики и архитектурного творчества; в) анализ приемов построения архитектурной формы избранных произведений архитектуры Средней Азии IX—XV вв.

В наших исследованиях эти аспекты представлены неодинаково по той причине, что философские и эстетические воззрения ученых-энциклопедистов, а также высказывания современников об архитектуре и архитекторах выявлены недостаточно. Средневековые трактаты, написанные на арабском и таджикско-персидском языках, имевшие прямое или косвенное отношение к профессии архитектора, не всегда доступны для исследования. Кроме того, вопросы средневековой архитектурной теории Среднего и Ближнего Востока оставались «белым пятном», так как исследование этой проблемы было связано с трудностями изучения арабских и персидских текстов, большей частью рукописных и непереведенных. Названия рукописей и каталожные аннотации не всегда давали гарантию, что в рукописи имеются сведения по вопросам архитектурной теории. К тому же рукописи, посвященные вопросам архитектуры и хранящиеся в библиотеках нашей страны и за рубежом, все еще не полностью выявлены и не исследованы.

В качестве живого источника научной информации по исследованию интересующей нас проблемы нужно привлекать «каменную летопись». Анализы приемов построения архитектурной формы и геометрических орнаментов в сопоставлении с геометрическими построениями из «трактатов для зодчих» подтвердили правомерность такого подхода. В связи с этим основную часть труда составляют взаимодопол-

няющие, доступные обозрению трактаты мастеров и графический анализ пропорций созданных ими произведений. Эти исследования способствовали раскрытию неизвестных ранее особенностей пропорционального строя сооружений, и многие данные графического анализа обмерных чертежей получали документальные подтверждения — постепенно обнаруживались замечательные достижения зодчих средневековья в разработке приемов гармонизации архитектурной формы.

Такая работа, проводимая в п е р в ы е, вводит в научный обиход малоизвестные данные, которые позволяют совершенно по-иному взглянуть на средневековую архитектурную науку стран Среднего и Ближнего Востока и говорить не только о ее существовании, но и о высоком развитии.

Нашими исследованиями охвачен период с конца IX до XV в., характеризующийся наибольшим расцветом науки, культуры и искусства средневековой Средней Азии и получивший в трудах А. Меца [202], Н. И. Конрада [157], В. К. Чалояна [295], Ш. Н. Нуцубидзе [214], И. С. Брагинского [59], В. М. Жирмунского [130], М. М. Хайруллаева [285] и других наименование эпохи восточного Ренессанса. Нами сознательно не затрагивается сама проблема восточного Ренессанса, и не потому, что она продолжает оставаться дискуссионной [34; 249 и др.], а в силу того, что рассмотрение ее увело бы нас от основной темы, хотя материалы наших исследований могли бы в какой-то степени способствовать расширению представлений об этом явлении.

В настоящей работе автор не ставит задачи охватить все аспекты проблемы геометрической гармонизации с желательной полнотой. Не представляется возможным провести широкие сравнительные анализы построений архитектурной формы зодчества Ближнего и Среднего Востока в силу отсутствия достаточного количества опубликованных обмерных материалов, в связи с чем такая работа проводится нами лишь выборочно и фрагментарно — для анализа привлекаются лишь некоторые архитектурные памятники Азербайджана.

Автор далек от мысли, что геометрические приемы построения архитектурной формы,

которыми пользовались великие средневековые зодчие Средней Азии, могут быть механически перенесены в современную архитектурную практику, ибо иная эпоха и иные социально-экономические условия жизни общества порождают и иную архитектуру. Человек новой эпохи мыслит по-новому, осваивает новые и новые области науки, техники, культуры и искусства. Прогресс огромен, однако при всем этом характерным в деятельности человека является тот факт, что человек все больше пользуется математикой как орудием мышления. В нашу эпоху математика проникает во все области человеческого творчества шире, глубже и в ином качестве, чем в прошлом. Да и сама математическая наука находится в состоянии развития.

Если в средние века зодчий для осуществления архитектурных замыслов в лучшем случае пользовался геометрией Евклида, зачатками механики по Архимеду, Филону, Герону и Ибн Сине (Авиценне), то современные архитектурно-строительная теория и практика не обходятся без строительной механики, молекулярной физики, теории сопротивления материалов, все шире для решения теоретических проблем и практических задач привлекается электронно-вычислительная техника. Возникает проблема использования электронно-вычислительных машин для определения рациональных тектонических структур и архитектурных форм.

В свете сказанного возникает также вопрос о роли математического метода гармонизации архитектурной формы в современном искусстве зодчих.

Проблема эта не нова и, несмотря на значительную работу, проделанную в области исследования теории архитектурной композиции, ожидает своего разрешения: она немыслима без теоретического обобщения проблем гармонизации архитектурной формы в прошлом. А прошлое тянется к истокам человеческой цивилизации Востока и Запада, когда гармонию в жизни и деятельности человека определяли космогонические представления. И не удивительно, что при исследовании истории теории архитектуры древности на арену выступает архео-астрономический метод, связанный с эпохой научно-технической революции.

Глава I

АРХИТЕКТУРНАЯ ГАРМОНИЯ И КОСМОС

За последние десятилетия благодаря широко-масштабным археологическим исследованиям историческая наука обогащается новой информацией об архитектурно-художественной культуре Средней Азии глубокой древности — эпох античной и даже архаической культуры, которые позволили открыть новые страницы в изучении истории искусства Средней Азии [186, с. 118—120; 237; 240].

На первом этапе исследований публикации носили описательный характер. Накопление археологических обмерных материалов неизбежно привело к сопоставлению их с историческими данными и к широким обобщениям, в которых прослеживаются:

- 1) культурно-экономические связи Средней Азии с древними цивилизациями «классического Востока»;
- 2) время становления градостроительной культуры в отдельных регионах страны;
- 3) особенности материальной основы зодчества;
- 4) уровень развития строительной техники и художественного ремесла;
- 5) становление локальных архитектурных школ и особенностей архитектурного стиля на разных этапах исторического развития;
- 6) характер фортификационных устройств городов и крепостей;
- 7) состояние изобразительного искусства — монументальной живописи и скульптуры.

Исследования искусства народов Средней Азии глубокой древности и средневековья представлены научными и научно-популярными публикациями. Сами же объекты искусства широко известны по музейным экспозициям, телевизионным фильмам.

Достижения в области истории науки Средней Азии достаточно велики; исследования проведены с привлечением трудов средневековых ученых-энциклопедистов: ал-Кинди, ал-Хорезми, ал-Фараби, ал-Фергани, ал-Бузджани, ал-Бируни, Ибн Сины и др. История науки античной Средней Азии не затрагивается истори-

ками науки из-за отсутствия письменных источников, не дошедших до нас.

Геометрическая гармонизация в архитектуре, получившая высокое развитие в средневековой Средней Азии, рассматривается автором настоящей книги на стыке зодческого искусства и науки, философско-эстетических воззрений эпохи и геометрических познаний зодчих, функции сооружения и строительной техники, породивших гармонию частей и целого архитектурного организма.

Однако геометрическая гармонизация в зодчестве Средней Азии как теория архитектурной композиции не могла возникнуть вдруг: она имела глубокие корни в античности и раннем средневековье.

Освещение этого вопроса представляется возможным путем исследования археологических остатков памятников архитектуры архео-астрономическим методом и анализом соразмерностей сооружения.

Марксизм учит рассматривать каждое явление в развитии, это касается и самого метода, который совершенствуется буквально на наших глазах.

Так, в эпоху НТР появился архео-астрономический метод исследования древних памятников архитектуры. Этот метод был применен советскими учеными Хорезмийской археолого-этнографической экспедиции АН СССР, возглавлявшейся С. П. Толстовым, при исследовании руин Кой-Крылган-кала, в низовьях Амударьи (1951—1957 гг.).

В комплексной Хорезмийской экспедиции наряду с археологами участвовали архитекторы, астрономы и математики. Благодаря исследованиям М. Г. Воробьевой и М. М. Рожанской при участии проф. И. Н. Веселовского удалось доказать, что на Кой-Крылган-кале (IV в. до н. э.) осуществлялись астрономические наблюдения, и прийти к выводам о существовании здесь астрономической науки в эпоху расцвета древнехорезмийской цивилизации.

Армянские астрономы изучают древнейшие

астрономические площадки у холма Мецамор, близ Еревана. В этом районе Армении обнаружены следы цивилизации, предшествовавшей государству Урарту. Высеченные на скалах в 200 м от Мецаморского холма «угломерные инструменты», как полагают исследователи, могли служить предкам урартов для простейших астрономических измерений.

На Западе основоположником архео-астрономического метода исследований является английский астроном Джеральд Хокинс. Его исследования начались с загадочного мегалитического сооружения, знаменитого Стоунхенджа, который называют «восьмым чудом света». Величественные руины расположены на Солсберийской равнине, на юго-западе Англии, и как памятник материальной культуры давно привлекали внимание ученых. Стоунхенджу посвящены многочисленные капитальные исследования. Стараниями ученых в области истории, археологии, геологии, строительного искусства и химии за последние 50 лет воссоздана правдивая картина того, как, когда и кем было создано это «восьмое чудо света». Вопрос же о его назначении продолжал оставаться загадочным. Дж. Хокинсу удалось доказать, что Стоунхендж представлял собой солнечно-лунную обсерваторию, где жрецы нескольких поколений вели на рубеже каменного и бронзового веков астрономические наблюдения за Солнцем и Луной.

Открытие Дж. Хокинса явилось научной сенсацией: оно шло вразрез с установившимися представлениями историков об астрономических познаниях людей времен палеолита. Крупнейшие авторитеты исторической науки встретили его в штыки. Вокруг тайны Стоунхенджа развернулась острая дискуссия, которая завершилась победой Дж. Хокинса.

Почему не археологу Дж. Хокинсу удалось

раскрыть тайну Стоунхенджа, тогда как археологам сделать этого не удавалось? Ларчик открывается просто: Дж. Хокинс подошел к археологическому объекту с несколько иной меркой — для него Стоунхендж не только археологический объект, но и астрономическая обсерватория, и для его исследований традиционные археологические методы были явно недостаточны.

Примененный Дж. Хокинсом архео-астрономический метод с использованием электронно-вычислительной машины сразу же дал положительный результат.

Астрономия как наука, возникшая из жизненных потребностей человеческого общества в исчислении времени, и искусство зодчего — архитектура — древнейшие области человеческой деятельности. Астрономия и архитектура существовали и развивались в продолжение многих веков в тесном взаимодействии. Более того, храмы зачастую были на службе астрономии: в храмах жрецы вели астрономические наблюдения.

* * *

Среди множества религиозных верований древности особое место принадлежит астральному культу, который связал мысли, чаяния и надежды человека с «небожителями», с небом и тем самым с Космосом. Человеком древности была осознана небесная гармония. Люди были убеждены, что во Вселенной — в Космосе — существует гармония. Только этим следует объяснить строгое чередование восхода и захода небесных светил, смену дня и ночи, зимы и лета, цикличность расцвета и угасания природы. Гармония присуща и человеческому обществу, которое зависит от неба.

КЛАССИЧЕСКИЙ ВОСТОК

В развитии астрономии и астрологии особое место принадлежит шумерам и вавилонянам. О шумерах и их высокоразвитой культуре мир узнал в XIX в. — благодаря археологическим раскопкам, которые обнаружили в развалинах библиотеки Ашшурбанипала (668—626 гг. до н. э.) сотни тысяч глиняных «рукописей», состоявших как из новых записей, так и из копий текстов более ранних времен.

Все значительные храмы регулярно посылали царю отчеты с истолкованием того, что произошло на небе. Библиотека Ашшурбанипала служила своеобразным научным центром, где концентрировались эти отчеты [220, с. 29].

В конце XIX в. французские археологи открыли огромный архив хозяйственных документов древнего шумерского города Лагаша

с приходо-расходными записями, планами земельных участков с обозначением размеров и с подсчетом площадей. Этот архив очень интересен для изучения социальной истории шумеров.

Не меньшее значение для истории архитектуры, математики и астрономии имели клинописные таблички из библиотеки при храме Энлиля в Нишпуре. Библиотека занимала более 80 комнат. При храме были обнаружены и школьные помещения, где сохранились учебные пособия и тексты для упражнений учащихся в письме, грамматике, математике и астрономии [106, с. 80].

Расшифровка и прочтение древних текстов стали сенсацией века и пролили свет на забытую эпоху человеческой культуры пятитысячелетней

давности. Стало известно, что Месопотамия была населена шумерами на юге и аккадцами на севере. В III тысячелетии до н. э. большие шумерские города на юге (Эриду у моря, Ур на границе с пустыней, Урук, Лагаш, Ниппур, Ларса) достигли наивысшего расцвета. Они не были изолированы от древних цивилизаций Мохенджо-Даро на востоке и Египта на западе, между ними существовали торгово-экономические контакты.

В северных городах Месопотамии (Вавилоне, Агаде, Ситаре, Борсиппе) аккадцы восприняли культуру шумеров. Около 2500 г. до н. э. аккадцы завладели территорией всей страны. В эту пору военные силы состояли из аккадцев, тогда как писцами, государственными чиновниками и жрецами храмов были шумеры. В следующем столетии господствующее положение вернулось к югу: правители Лагаша и Ура называли себя «царями Шумера и Аккада». В дальнейшем Вавилон становится столицей и культурно-экономическим центром страны.

С. Н. Крамер на основании исследований клинописных рукописей в своей книге «История начинается в Шумере» осветил такие вопросы истории культуры древнейшего классового общества, как образование, международные отношения, политическая система, социальные реформы, своды законов, правосудие, медицина, сельское хозяйство, натурфилософия, этика, религиозные воззрения: рай, потоп, потусторонний мир, первая легенда о воскресении из мертвых, эпическая литература — сказания о Гильгамеше.

Простое перечисление поднятых Крамером вопросов истории культуры Шумера свидетельствует о широте и глубине исследований автора. Акад. В. В. Струве, написавший предисловие к русскому изданию книги С. Н. Крамера [161], утверждает, что С. Н. Крамер открыл для науки литературные и религиозные памятники древнейшей цивилизации мира. Вот почему Крамер мог с такой убедительностью выявить непосредственное воздействие шумерской литературы на вавилонскую и через посредующие звенья — на литературу и культуру греков, евреев и даже народов Западной Европы. С. Н. Крамеру первому, как говорит В. В. Струве, засияло полным светом солнце шумерской культуры, и он первый полностью осознал все то, что дал человечеству этот одаренный народ. При этом Струве отмечает склонность Крамера к шумерскому «национализму», приведшему в некоторых случаях к умалчанию достижений другого народа, а именно египтян [161, с. 14].

Велики заслуги шумеров перед человечеством и в области развития математики и астрономии. Шумерская математическая культура была мно-

гонациональной: она развилась в процессе культурного общения и международной заморской торговли с Египтом и Индией (Мохенджо-Даро), социальное и культурное развитие которых находилось на одном уровне с Шумером [181, с. 132].

Астрономическая наука развивалась в плодородных долинах рек Инда, Нила, Тигра и Евфрата. В этих долинах разные природно-географические условия, по-разному ведут себя реки. Однако их объединяет весьма существенный фактор — отсутствие в продолжение многих месяцев в году атмосферных осадков. В силу этого на заре оседлой земледельческой культуры хлеборобы пользовались разливом рек, искусственным орошением почвы. Начало сельскохозяйственных работ зависело от времени таяния снегов в горах, времени разлива рек, от своевременной ежегодной очистки каналов и оросительной сети от наносов, исчисляемых многими тысячами кубометров ила, от устройства и ремонта дамб, от организации правильного и своевременного распределения воды в ирригационной сети.

Разнородные сельскохозяйственные работы должны были выполняться в определенной последовательности в течение круглого года, будучи взаимосвязаны во всей орошаемой долине. Такая работа не могла быть организована мелкими княжествами. В силу хозяйственной необходимости создавались централизованные государства, единые для всей орошаемой долины, с объединением богов отдельных племен в пантеоны; жрецы создавали календари, что было необходимо для координации сельскохозяйственного производства; ради этого осуществляются астрономические наблюдения. Календари нужны были также кочевым и оседлым скотоводам для регулирования выпаса скота в долинах и отгона на горные пастбища, стрижки овец с учетом времени окота и многого другого.

Религии народов Месопотамии в шумерскую эпоху до начала III тысячелетия до н. э. — это почитание богов Ану, Эа и Энлиль.

Происхождение Ану ученые связывают с олицетворением Неба (*ан* 'небо'), Энлиль (*милль* 'ветер') — с ветром, приносящим дожди с гор, а Эа — с водной стихией. В этом пантеоне богов шумеров прослеживается олицетворение сил природы и главного божества — Неба. В семитическую эпоху (с середины III тысячелетия до н. э.) древние шумерские боги были сохранены, но появились и новые.

Возвышение Вавилона как культурно-экономического, торгового и политического центра страны приводит к объявлению Мардука главным божеством. Впервые возникает идея монотеизма. Вавилонские жрецы пытаются создать учение о том, что существует только один бог

Мардук, а все другие — это лишь разные его проявления. В этом сказались политика централизации власти в стране.

В дальнейшем выдвигается идея обожествления царей Вавилона, правящих народами от имени небесного бога Солнца Шамаша, который вручает царю Хаммурапи (1792—1750 гг. до н. э.) свиток с законами. Вавилоняне строят храмы, посвященные Солнцу, возводятся и зиккураты — искусственные горы, предназначенные для моления на их вершине.

Жители долины Нила поклонялись местным новым божествам-покровителям (священным животным). На этом культе сказались приручение полезных животных в доисторическом прошлом — коровы (богиня Хатор), дававшей людям молоко, пахотного вола, облегчавшего труд земледельца, кошки (богиня Бастет), истреблявшей грызунов, крокодила (богиня Собек), очищавшего Нил от загрязнений отбросами и падалью, львицы (богиня Сохмет), царицы зверей, и т. п.

При первом объединении Египта в конце IV тысячелетия до н. э. под властью выходцев из области Эдфу племенное божество этой области превратилось в общеегипетского бога Солнца. В эпоху возвышения Мемфиса (около 3700 г. до н. э.) главным богом Египта становится мемфисский бог Птах. В связи с перемещением центра Египта в город Гелиополь местный бог Атум (Ра) превращается в верховное божество страны (около 2700 г. до н. э.). Политические перемены в стране приводят (около 2100 г. до н. э.) к созданию центра государства в Фивах. Культ местного божества Фив Амона сближается с культом прежнего бога Ра. В результате бог Амон-Ра становится верховным божеством нового объединения Египта.

Ученые прослеживают создание нескольких пантеонов богов Египта: фиванской триады — Амон, Мут, Хонсу; мемфисской — Птах, Сохмет, Нефертум и эннеад (девятибожие), среди которых особенно популярна была гелиополисская, состоявшая из четырех пар богов во главе с Ра, это — Шу и Тефнут, Ге и Нут, Осирис и Исида, Сет и Нефтида.

КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ В АРХИТЕКТУРЕ АНТИЧНОЙ ГРЕЦИИ И РИМА

На развитие и становление культовой архитектуры Эллады оказали влияние древнегреческие мифы, посвящения храмов и алтарей богам-небожителям. Для непосредственного общения с богами вырабатывается особый тип храма — гипетра, у которого целла была раскрыта к небу, не имела крыши, о чем сообщает Витрувий [92, с. 26, 67]. Тот же автор утверждает, что алтари должны быть обращены на

Архитектура египетских храмов — это воплощение идеи вечности мироздания. Многоступенчатые месопотамские зиккураты выражали идею общения с Космосом человека, который, поднявшись над окружающим пространством, становился ближе к небу.

Архитектура индийских ступ символизировала сущность мироздания, основанного на его четырех сторонах покрытого сферой купола.

В соразмерностях и архитектурных пропорциях древности отразились достижения греческой математики, зачастую одетой в мистическую оболочку, однако выросшей из практики хозяйственного управления государством, исчисления времени, землемерного искусства. Математические познания становились основой гармонизации в архитектуре и порядка в строительном производстве.

Зодчие Месопотамии и Египта были искусными геометрами и в установлении соразмерностей сооружений пользовались как арифметическими отношениями, так и геометрическими построениями. Это подтверждается целым рядом непреложных фактов.

Например, Геродот (V в. до н. э.), основываясь на рассказах египетских жрецов, сообщает, что «площадь грани Хеопсовой пирамиды равняется квадрату, построенному на высоте пирамиды», т. е. $h^2 = ab$. Это сообщение историка подтвердилось анализом натуральных обмеров пирамиды Хеопса [174, с. с. 213—214; 16, с. 18].

Сохранившиеся на стенах храмов эпохи Древнего царства рельефные изображения строителей-каменотесов, а также исследования соразмерностей памятников древнего Египта не оставляют сомнений в том, что для построения архитектурной формы жрецы-зодчие широко пользовались простыми отношениями малых величин, «священными» целочисленными треугольниками со сторонами 3 : 4 : 5; 5 : 12 : 13; 20 : 21 : 29, а также иррациональными величинами: диагональю квадрата — $\sqrt{2}$, диагональю двух квадратов — $\sqrt{5}$, его половиной и др. [301, с. 36—40; 93, с. 5—16; 22, с. 23—28].

Восток, дабы молящиеся и приносящие жертву совершали богослужение, поднимая взоры к божеству [92, с. 90].

Нами установлено, что некоторые храмы и алтари ориентированы на восход Солнца в день летнего солнцестояния, что находит аргументированное объяснение, если вспомнить миф о рождении близнецов Аполлона и Артемиды, чьим отцом был Зевс, а матерью — Ла-

тона (Лета). В ранний период возникновения древнегреческой религии Аполлон выступает как божество, связанное с культом производительных сил земли, сестра его Артемида — покровительницей животноводства и охоты. В дальнейшем Аполлон — это солнечное божество, а Артемида — богиня Луны. День рождения их древние греки отмечали большим праздником в июне. Вероятно, это был день летнего солнцестояния, что и нашло отражение в ориентации некоторых храмов.

Архитектура древней Греции явилась отражением идеи гармонии, присущей древнегреческой философии, объявившей пропорции основной мирового строя [203]. Согласно учению Пифагора о Вселенной, Космосу присуща гармония. Вселенная существует благодаря гармонической системе. При этом Пифагор считал, что число есть сущность всех вещей и это относится и к Космосу. Об этом пифагорейском положении Ф. Энгельс писал: «Подобно тому, как число подчинено определенным законам, так подчинена им и вселенная; этим впервые высказывается мысль о закономерности вселенной» [4, с. 148]. Под влиянием пифагорейской философии, провозгласившей, что «все упорядочивается и познается благодаря силе чисел», возникают «Каноны» Поликлета в скульптуре (V. в. до н. э.), развивается Гипподамова прямоугольная система в планировке городов и формулируется положение, что *прекрасное целое не является простой суммой прекрасных частей, а требует соответствия и соподчинения* с целью создания художественного единства. Чем же следует руководствоваться водчому, чтобы гармонично сочетать части с целым? На этот вопрос Платон отвечает: «Невозможно, чтобы две вещи объединялись красивым видом без третьего. Так как между ними должна возникнуть связь, которая их объединит». Это может объединить пропорция.

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{c},$$

в которой b — средняя пропорциональная величина, без которой невозможно создание гармоничной композиции. Деление отрезка в среднем и крайнем отношении, так называемое «золотое сечение», являющееся частным случаем этой пропорции, дало основание теоретикам архитектуры искать в соразмерностях храмов именно эти отношения ¹.

Во времена Платона в области греческой математики было сделано открытие иррациональности квадратного корня из двух, что «нанесло такой удар пифагорейской философии, — как справедливо утверждает И. Н. Веселовский, — от которого последняя уже не могла оправиться».

Оказалась неверной ее исходная идея — математический атомизм, — и пифагорейская школа со второй половины V в. начинает быстро вырождаться, обращаясь к той математической мистике, которая характерна для пифагорейцев эпохи Платона, много воспринявшего от идеалистической философии пифагореизма» [16, с. 19].

Учение Аристотеля отражает ту систему мышления, которая объявила гармонию основой мироздания — Космоса. Ею он объясняет и устройство человеческого общества. По Аристотелю, пропорции господствуют в распределении общественных благ между людьми (социальными слоями), которое должно быть справедливым.

По Аристотелю, «справедливое есть равное», «но равное двояко, одно количественно равное, а другое качественно. Под первым я разумею то, что тождественно и равно по числу и массе, а под вторым — то, что равно по пропорции... Люди, соглашаясь в том, что абсолютно равное есть справедливое, расходятся между собой во взглядах на равенство... В одних случаях должно поступать на основании арифметического равенства, а в других — на основании равенства по достоинству». Так, «Ликург изгнал из Спарты арифметическую пропорцию, как демократическую и плебейскую, и ввел там геометрическую пропорцию, как созвучную олигархии» — слова, характеризующие вторжение математики в политику [15, кн. III].

Гармония, равновесие и пропорциональность в природе и искусстве, возведенные в принцип жизни и деятельности человека, — такова философская концепция Аристотеля. О чем бы он ни говорил — о строении Вселенной, человека, государства, о торговом обмене, произведении искусства, музыке, поэтике и риторике, об архитектуре, всюду он видит единые законы гармонии, уравновешенности, пропорциональности — законы числа и меры, которыми человек руководствуется в повседневной жизни. Это касается в равной степени художника и государственного деятеля, создающих из разрозненных частей единое целое. *Цельность, стройность и порядок, соразмерность и ограниченность* объявляются Аристотелем существенной основой прекрасного.

В истории античной эстетики, как справедливо отмечает В. П. Шестаков, четко прослеживаются две главные тенденции в понимании гармонии. Одна из них — пифагорейско-платоновская — сводила гармонию к формальным числовым закономерностям. Другая, идущая от Сократа и Аристотеля, разрабатывала в понятии гармонии мотив соответствия и целесообразности. Первая была связана с идеалистической линией в античной эстетике, вторая в

своей основе была материалистической [299, с. 53].

Архитектура эллинизма — сложный сплав строительно-художественной культуры, научно-технических достижений Востока и Запада, освещенный лучами аристотелевской философии и александрийской научной традиции. В эту эпоху под влиянием митраизма, родиной которого была Персия, астральный культ приобретает новые качества и масштабы, расширяется круг объектов, ориентированных на астрономические «постоянные».

Архитектура древнего Рима — это взлет античной инженерной мысли, воплощение на практике механики Архимеда, о чем свидетельствуют книги Витрувия об архитектуре, написанные им на основании обобщения древнегреческого научного наследия и современной ему римской архитектурной практики. Автор утверждает, что «природа создала человека, соблюдая постоянные отношения отдельных частей его к целому; таким же образом и отдельные архитектурные части храма должны находиться в постоянном соразмерном отношении к целому» [92, с. 77].

Философская концепция Витрувия сводится к тому, что надобно учиться у природы, а соразмерность архитектурных пропорций «извлекать» из соразмерности гармонично развитого человеческого тела. Автор в своем труде уделяет внимание вопросам астрономии, в которых должны быть сведущими архитекторы, однако в своих рекомендациях по застройке городов ни слова не говорит об ориентации городов на астрономические «постоянные». Более того, здесь главное внимание уделяется созданию благоприятных условий жизни общества, учету особенностей климата, ветровому режиму, здоровому, чистому воздуху и пр. [92, с. 28—31].

В эпоху античности и раннего средневековья культурно-экономические контакты Средней Азии и Северо-Западной Индии были весьма оживленными. Они оставили неизгладимый след в культуре народов Средней Азии. Наиболее яркое проявление этой связи — распространение буддизма в Средней Азии. Буддизм, возникший в Индии во II—I вв. до н. э., в период разложения рабовладельческого общества и появления феодальных отношений, уступает место индуизму. Однако в сопредельных странах Юго-Восточной Азии, а также в Китае, Тибете и Японии буддизм получает широкое распространение, включив в себя и местные культы².

Проникновение буддизма в Среднюю Азию фиксируется археологическими данными последних десятилетий: обнаружены остатки буддийских храмов, ступ, монастырей со скульптурами и фресковой живописью.

Буддийская идеология встретила сопротивление местных культов и потерпела окончательное поражение при столкновении с исламом.

Буддийские космогонические представления имеют глубокие корни, что отражено в древних текстах Брахманы (VIII—V вв. до н. э.), Шульбасутры и Грихьясутры (около V в. до н. э.), где упоминаются древние культовые сооружения и правила возведения жертвенных алтарей.

Астрологические сочинения (VI в.) также содержат специальные разделы, посвященные архитектуре. Палийские тексты (около V в.) касаются жертвенных алтарей, повторяя содержание — Грихьясутры.

Исследования этих текстов позволили утверждать, что формы и структура жертвенных алтарей древней Индии отражали космологические представления — связь двух космических зон — земной и небесной, мира людей и мира богов, — выраженную архитектурно-пространственной символикой.

В представлении индийцев, квадрат символизирует небесный мир, которому присущи вечный порядок (гармония) и устойчивость. Земному миру присущи движение и развитие — его символом становится круг.

Для установления соразмерностей алтарей индийские зодчие пользовались стороной (*вьяма*) «квадрата небесного огня», которая была равна высоте человека от пят до корней волос. Использовались и другие антропометрические меры: ладонь (*витасти*), локоть (*хаста*), расстояние между вытянутыми по горизонтали руками (оно же высота человека — *вьяма*). Высота алтаря соответствовала росту человека. Установилась антропометрическая система и в соразмерностях культовых сооружений.

Жертвенные алтари могли быть разной формы: круглыми, квадратными, восьмигранными, треугольными и в виде трапеции, но по площади обязательно равными «квадрату небесного огня». В связи с этим были разработаны геометрические построения для преобразования квадрата в другие фигуры.

Все это характеризует древний период основ индийского зодчества. В V в. до н. э. появляются иные меры и правила возведения алтарей, возникают различные варианты пропорций, описанные в Шульбасутрах.

Согласно верованиям индийцев, круглая плоская земля становится четырехточечной (*чатуспракти*) благодаря контакту земли и неба там, где поднимается и садится солнце.

Нетрудно догадаться, что эти точки не что иное, как точки восхода и захода солнца в дни летнего и зимнего солнцестояний, которые имеют диагональное направление по отношению к

странам света. Земля, находящаяся в объятиях неба, удерживается в определенном положении, становится упорядоченной.

Возникают две канонические системы определения соразмерностей в архитектуре, это космические диаграммы — *мандалы*, которые стали основой для архитектурного проектирования. Первая диаграмма — *мандука*. Это квадрат (8×8), состоящий из 64 пады (малых квадратов).

Число «восемь» символизировало восемь пространственных направлений — четыре по странам света и четыре точки контакта земли и неба (чатурасракти). *Мандала мандука* как основа для определения соразмерностей сооружения, вероятно, применялась в середине I тысячелетия до н. э. Наряду с этой известна *мандала парамашайика*, которая представляла квадрат (9×9), состоящий из 81 пады. Эта мандала — космическая диаграмма, которая воплощает в себе тело космического человека Пурши.

По верованиям индийцев, небо состоит из девяти сфер. К семи сферам прикреплены Солнце, луна и пять Планет, к восьмой сфере прикреплены звезды, а девятая сфера — это «яйцо Брахмы» — перводвигатель. Учение, восходящее к пифагорейцам.

Священные числа «семь» и «девять» с древнейших времен вошли в жизнь и сознание людей, нашли отражение в науке, календаре и идеологии. Достаточно вспомнить энеаду древних египтян, девять дней оплакивания Гектора, щит Ахилла с изображением девяти быстроногих псов, семь дней недели и многое другое.

В соразмерностях сооружений, в установлении пропорциональных соотношений частей и целого архитектурного организма зодчие Индии пользовались простыми отношениями малых величин, при этом космогонические представления были идеологической основой архитектурного проектирования зодчих не только культовых, но и дворцовых жилых зданий и сооружений.

Применение мандалы мандука позволяло устанавливать отношения $1 : 1$, $1 : 3$, $3 : 5$, $1 : 7$, а мандалы парамашайика — отношения $1 : 1$, $3 : 3$, $4 : 5$, $2 : 5$, $1 : 8$, при этом не исключались более дробные отношения, связанные с вистасши и хаста.

Храмы Индии олицетворяли собой Вселенную, им не нужно было раскрытия вовне. Это были храмы-святилища, являющиеся даром божеству. Многие храмы высекались в скалах, что еще больше подчеркивало их интимность.

В эпоху раннего средневековья языческие религии уступают место христианству и исламу, однако астральный культ — сабеизм про-

должает существовать. В этот вопрос внес определенную ясность капитальный труд «Сабейсты и сабеизм», принадлежащий русскому семитологу Д. А. Хвольсону (1819—1911), который воспользовался сообщениями мусульманских авторов Мас'уди, Шахристани и Димешки, руководствовавшихся сведениями еврейских христианских авторов, а также самих сабейцев не только своего времени, но и времен седой старины.

Один из них, Мас'уди, в 332/943 г. был в Харране и беседовал с несколькими образованными сабейцами об их догматах и религиозных обычаях и рассказывал о многом как очевидец. Его сведения дополнены сообщениями Шахристани (ум. в 548/1153 г.), который свой рассказ начинает с того, что сабейцы обратили свое поклонение к знакам Зодиака и что сабейцы Рума поклоняются планетам, а сабейцы Индии — неподвижным звездам [314, с. 418]. Последнее косвенно подтверждается словами Абу Рейхана Бируни: «Астрономия — самая знаменитая наука среди индийцев вследствие того, что с ней связаны дела их религии» [314, с. 418].

Примечателен религиозный спор между сабейцами и ханифитами, в котором первые нападают, а вторые защищаются. Сабейцы обосновывают идею поклонения звездам, высказывая пантеистические взгляды на сущность мироздания.

В первые века ислама приверженцами сабеизма были индийцы, персы, цари Ирака, греки, Рум, копты, арабы, а их храмы существовали в Мекке, Йемене, близ Исфахана, в Индии, в Балхе (Нисе), Фергане, Китае, Тире, Дамаске, Айн-Шамсе (Гелиополисе), Мамбеге, Судане, Андалузии (Испании) и Харране.

Шахристани и Абу Талёб Димешки дают подробное описание храмов, посвященных духовным субстанциям небесных светил. Так, Димешки пишет: «К храмам тех сабейцев, которые признают цепь от причин к первопричине всех причин, принадлежат следующие — храм Первопричины, образующий круглую стену и имеющий форму полушария (цилиндр и купол. — М. Б.), установленный на земле в виде шатра. В верхней части 48 окон, в равном числе выходящих на восток и на запад. Восход Солнца ежедневно виден в одном определенном окне и заход — также в противоположном. Его свет проходит через окна в верхней части храма. То же происходит в полдень. В этом храме в праздничные дни (сабейцы) поют хвалебные гимны и посвящения» (цит. по [314, с. 391; 78, с. 74]).

Структура храма Первопричины, описанная Димешки, отражает космологические концепции, восходящие к пифагорейцам и учению

Аристотеля о девяти небесных хрустальных сферах, к коим прикреплены Солнце, Луна, пять планет, к восьмой сфере — неподвижные звезды, а девятая — это Первопричина, которая дает движение Космосу. Сорок восемь окон храма Первопричины — это не только солнечные часы, фиксирующие время через каждые полчаса [78, с. 75], но и выражение идеи вечности мироздания.

Дименки говорит далее, что к храмам, посвященным духовным субстанциям небесных светил, принадлежит «храм Первого Разума, также состоящий из круглой стены без окон, далее храм Миропорядка (Гармонии), также с круглой стеной и без окон, далее храм Необходимости, в котором находятся фигуры и изображения *девяти сфер* (курсив мой. — М. Б.), и, наконец, храм Души — круглый, как и предыдущие, в котором находится скульптурное изображение человека, имеющего много различных голов, рук и ног» [314, с. 382].

Надо полагать, что эти круглые храмы без окон на фасадах не были темными. Они имели проемы в зените купола, что обеспечивало зрительное общение молящихся с Небом — лейтмотив, присущий храмам астрального культа, начиная с месопотамских зиккуратов до Пантеона в Риме, нашедший отражение в средневековых храмах сабейцев.

Иного типа храмы были посвящены семи Планетам:

храм Юпитера — треугольной формы, построен из зеленого камня;

храм Марса — продолговатый четырехугольник, был окрашен в красный цвет;

храм Солнца — имел форму квадрата, окрашен в золотистый желтый цвет;

храм Венеры³ — имел форму продолговатого треугольника, окрашен в голубой цвет;

храм Меркурия — шестиугольной формы, с вписанным в него четырехугольником;

храм Луны — восьмиугольной формы, окрашен в серебряный цвет;

храм Сатурна — шестиугольный, сооружен из черного камня.

«В этом храме изображение Сатурна в виде черного индийского старца, держащего в руке топор; далее он изображен с веревкой в руке, с помощью которой он вытаскивает ведро из колодца; затем в виде человека, внимательно размышляющего над скрытой древней мудростью; далее как плотник (строитель) и, наконец, как царь, едущий на слоне, окруженный быками и буйволами. Все эти изображения на стенах» [314, с. 382—383].

В середине храма на пьедестале скульптура Сатурна возвышается на верхней из *девяти ступеней*. По Мас'уди, согласно утверждениям сабейцев, храм в Мекке ранее был храмом Са-

турна и Идрис особо его выделил и предписал паломничество к нему. По этой причине храм этот и *существовал столь долгое время*.

В средневековой Европе становление христианства сопровождается преследованием всего языческого, куда причисляется и древнегреческая наука и искусство.

В недрах общества созревают силы, которые дают начало прогрессу в области экономики, науки и культуры. Зримым проявлением этого расцвета являются византийская и готическая архитектура, вписавшие прекрасные страницы в анналы мировой истории зодческого искусства.

Византийская архитектура с ее статической уравновешенностью масс и системой арочно-купольных построений — это не только воплощение Евклидовой геометрии, но и воплощение механики Архимеда и Герона, сферики Менелая. Строитель храма св. Софии в Константинополе Исидор Милетский (IV в.) и его ученик и комментатор Архимеда — Евтокий Асколонский не только были хорошо знакомы с некоторыми трудами Архимеда [16, с. 52], но и успешно применяли его достижения в области математики и механики на практике.

В основе соразмерностей центральных композиций византийской архитектуры диаметр главного купола выступает как исходный параметр измерения.

Архитектура храмов средневековой Руси, развивавшаяся на местной основе, как установлено исследованиями проф. К. Н. Афанасьева, основана на единой соразмерности частей и целого архитектурного организма, где, так же как и в византийских храмах, исходным параметром измерения является диаметр купола [22].

Готическая архитектура Западной Европы — это воплощение смелого дерзания, инженерной мысли, это созданная из инертного материала — строительного камня — изящная структура, устремленная ввысь.

Геометрические приемы построения архитектурной формы готических храмов развивались на основе достижений прикладной геометрии и геометрической статики. Если в эпоху раннего средневековья зодчие могли пользоваться главным образом трактатом Боэция, то в XI—XII вв. положение резко меняется: Европа знакомится с древнегреческим научным наследием благодаря переводам сочинений арабоязычных ученых, не только возродивших античную науку и технику, но и написавших оригинальные сочинения, знакомившие с научными открытиями и техническими изобретениями.

В эту пору огромным вниманием были окружены и получили популярность в Европе сочинения ал-Хорезми (Алгоритмус), ал-Фергани (Альфраганиус), ан-Найризи (Анарициус),

Ибн ал-Хайсама (Альгазен), Ибн Сины (Авиценна), ал-Баттани (Альбатегниус), Ибн Рушда (Аверроэс) и других арабоязычных ученых.

Переводом математической литературы с арабского языка прославились английский монах Аделард из Бата (XII в.), известный современникам как автор ряда оригинальных сочинений, и Герардо Кремонский (1114—1187), работавший долгие годы в Испании. Среди переведенных ими с арабского языка известны труды Евклида, Птолемея, Архимеда, Менелая, Аполлония, ал-Хорезми, Сабита ибн Корра, Ибн ал-Хайсама и др.

Леонардо Пизанский (1180?—1250?), известный под именем Фибоначчи, — сын крупного коммерсанта. Познакомившись в Алжире с математической наукой стран ислама, под сильным влиянием арабоязычных ученых пишет «Книгу абака», которая явилась первым в Европе систематическим изложением арифметики и алгебры и стала настольной книгой зодчих средневековой Европы. В эту пору зодчие для построения архитектурной формы пользовались производными правильных многоугольников и так называемой триангуляцией (разбиением плоскости на правильные треугольники), что документально подтверждается чертежами-схемами пропорциональности Миланского Собора по Чезарино (1526 г.) [22, рис. 12, 13].

В эпоху Ренессанса взгляды теоретиков архитектуры на пропорции наглядно представлены в трудах Альберти (1407—1472), Пачоли (1445—1509), Серлини (1475—1552), Виньоли (1507—1573), Даниеле Барбаро (1514—1570), Палладио (1518—1580).

Основополагающей в теории архитектуры Ренессанса была гармония мироздания — Космоса, — возведенная в принцип жизни и деятельности освободившегося от пут средневековой схоластики человека. Во всех без исключения трудах теоретиков архитектуры этого времени особое внимание уделяется арифметическим и гармоническим пропорциям.

Исследования, выполненные западноевропейскими учеными, в частности проф. Рудольфом Виттковером, о которых было доложено в 1951 г. на Миланском международном конгрессе, посвященном архитектурным пропорциям, позволили утверждать, что творческая мысль эпохи итальянского Возрождения нашла совершенным простое соотношение 1 : 1 между сторонами квадрата (унисон в музыке) и что в эту пору восторжествовала арифметическая концепция [343, с. 90—99].

Сказанное дает основание для предположения, что в эпоху Возрождения архитекторы не пользовались «золотым сечением», так как о нем не говорят теоретики архитектуры итальянского Ренессанса, кроме математика Луки

Пачоли и Леонардо да Винчи. Леонардо да Винчи хорошо знал средневековую арабоязычную науку в латинском переводе. В его записных книжках имеются геометрические построения, совпадающие с геометрическими построениями ученых стран Востока: ал-Кинди, ал-Фараби, Абу-л-Вафа Бузджани, ас-Сиджизи, Ибн ал-Хайсама. Там же упоминаются ал-Кинди, Сабит ибн Корра и автор обработки «Оптики» Ибн ал-Хайсама (VITOLLO) [251, с. 16—17]. О них же, очевидно, знал и математик Лука Пачоли, который общезначимость учения о пропорциях видит и в физико-математических явлениях (говоря о зависимости между болезнью и лечебными средствами, питанием и затрачиваемой энергией, он воспроизводит мысли Галена, Гиппократы, Фараби и Авиценны [215, с. 122]).

В новое время гармония в архитектуре не связана с космологическими представлениями, тем не менее вопросы архитектурных пропорций продолжают интересовать теоретиков и практиков архитектуры, философов и искусствоведов.

В 50-х годах прошлого столетия Адольф Цейзинг объявляет «золотое сечение» основным морфологическим законом в природе и искусстве.

Взгляды Цейзинга оказали большое влияние на развитие теории пропорций в XIX—XX вв. Появляются труды Тирша, Шмидта, Шульца, Месселя, Нейферта (Германия); Робертсона, Хембиджа, Гарднера (США); Роберса, Лессера (Англия); Гика, Тексье, Люрса (Франция); Лунда и Кука (Норвегия) и др.

Ученые не только занимаются исследованием соразмерностей архитектурных памятников и предметов прикладного искусства античной Греции и средневекового Запада, но и стремятся осмыслить выявленные в результате анализа закономерности в свете теории композиции. Исследования Гика, основанные на анализах соразмерностей памятников, выполненных Хембиджем, Лундом и Куком, позволили ему прийти к выводу о необходимости разработки «эстетической геометрии», чему посвящена его книга «Эстетика пропорций в природе и искусстве» [112].

В период послевоенного восстановления разрушенных городов в странах Европы возрос интерес к пропорциям в пластических искусствах и архитектуре как к научной проблеме, имеющей большое значение для архитектурно-художественной практики. В 1951 г. в Милане созывается первый международный конгресс, посвященный пропорциям, с участием архитекторов, художников, философов, искусствоведов, математиков⁴. На конгрессе выступали с докладами и научными сообщениями: проф.

Рудольф Виттковер (Лондон) — «Теория пропорций в средние века и в эпоху Возрождения»; проф. Матил Гика (Париж) — «Пятиугольная симметрия и золотое сечение в морфологии живых организмов»; д-р Джемс Аккерман (США) — «Пропорции и геометрические конструкции Миланского Собора 1400 г.»; д-р Функ Хеллет (Франция) — «Божественная пропорция в живописи эпохи Возрождения»; Чезаре Баирати — «Геометрия древних греков и применение несоизмеримых (иррациональных) соотношений в классической архитектуре в VI — IV веках до нашей эры, соответствующих теории Хембиджа»; проф., д-р Андреас Шпейзер (Базель) — «Пропорции и орнамент»; проф. Ганс Кайзер (Берн) — «Гармония в растительном мире»; проф., д-р Зигфрид Гидион (Цюрих) — «Целое и части в современном искусстве»; инженер Луиджи Нерви (Рим) — «Пропорции в технических конструкциях»; архитектор Эрнесто Роджерс (Милан) — «Измерение и пространство»; Макс Билл (Цюрих) — «Идея в пространстве»; Г. Вантонгерлоо (Париж) — «Пропорции и симметрия с современной точки зрения»; Дж. Северини (Милан) — «Античные и современные гармонические отношения»; Карало Гидион-Велькер (Цюрих) — «Конструктивные пропорции в творчестве Пауля Клея» [343, с. 90—99].

Судя по приведенной тематике, круг поднятых на конгрессе проблем охватывал вопросы пропорций как в историко-теоретическом, так и в эстетическом аспекте и не затрагивал архитектурно-художественной практики стран Востока.

На этом конгрессе Ле Корбюзье прочитал лекцию на тему своей книги «Модуль — гармонический измеритель, основывающийся на размерах человеческого тела и применимый универсально к архитектуре и технике». Создание измерительного прибора «модуль» было основано на осмыслении необходимости организации в эпоху машинной техники предметно-пространственной среды, которая была бы соразмерна человеку не только в состоянии его покоя, но и в состоянии его движения. Это было нечто новое в трактовке понятия архитектурных пропорций. В то же время в оценке объективных качеств пропорций автор оставался на позициях Адольфа Цейзинга, т. е. отдавал предпочтение отношениям «золотого сечения», поскольку ими выражены пропорции человеческого тела.

Исходными параметрами для измерительного прибора «модуль» принята средняя величина человеческого роста — 6 футов, или 182,9 см, и высота человека с поднятой рукой — 226 см. Та и другая величина, последовательно поделенные в среднем и крайнем отношении, обра-

зуют геометрическую прогрессию со знаменателем 0,618 — измерительную шкалу: в первом случае «красную», во втором — «синюю». Шкала выражена как в метрической системе, так и в антропометрической, т. е. в футах и дюймах, поскольку обе эти системы сосуществуют в метрологии многих стран и народов. Главная задача создания измерительного прибора «модуль» заключалась в облегчении применения пропорций, основанных на «золотом сечении», в архитектурном проектировании.

Советская архитектуроведческая наука уделила большое внимание проблеме архитектурных пропорций: одни ученые рассматривают проблему с позиций историко-теоретических, другие — как теорию композиции в современной архитектурной практике и технической эстетике.

Проф. Г. Д. Гримм, представитель старшего поколения советских ученых, многие годы жизни посвятил исследованию проблемы архитектурных пропорций. Диапазон исследований ученого широк. По времени он охватывал период от египетской древности вплоть до 30-х годов нашего века. Исследованием охвачены сотни объектов архитектуры. Гримм, сторонник превосходства системы «золотого сечения» над другими системами архитектурного пропорционирования, уделил внимание математическому аспекту прогрессии «золотого сечения» и рекомендациям применения системы в современном проектировании [115].

И. В. Жолтовский, крупный мастер советской архитектуры, известный и как теоретик, в своем творчестве руководствовался не только художественной интуицией, но и системой «золотого сечения», которой он, так же как и Гримм, отдавал предпочтение.

И. В. Жолтовский прекрасно понимал, что ряд «золотого сечения», имеющий быстрый темп роста, не удовлетворял зодчего, когда ему был необходим более медленный темп — более плавные переходы и пропорциональные отношения. Поиски удовлетворительного решения приводят к «открытию» производных «золотого сечения». Для получения первой производной Жолтовский поступает следующим образом: от большого отрезка минусуется малый, остаток делится в среднем и крайнем отношении, тогда исходный отрезок членится на отношение 528 : 472. Тем же способом получена вторая производная 507 : 493. Эти новые производные Жолтовский назвал функцией «золотого сечения» [218, с. 8].

И. В. Жолтовский не «отрывал» метода пропорционирования от других сторон творчества зодчего. Найденные в процессе проектирования пропорции он анализировал, пользуясь отно-

шениями «золотого сечения» и его производных.

Особого внимания заслуживают капитальные исследования проф. К. Н. Афанасьева, посвященные древнерусской архитектуре. Автор пришел к выводу, что архитектурные пропорции явились следствием рабочего метода строителя-зодчего и не связаны с эстетикой сооружения.

Справедливо отмечая служебную роль геометрии в средневековой технике и констатируя, что математика являлась своего рода архитектурной азбукой, без которой нельзя было обойтись средневековому зодчему, Афанасьев утверждает, что «архитектурная форма всех без изъятия мало-мальски значительных памятников архитектуры древней Руси должна быть построена в тех или иных математических закономерностях. Это не было прихотью зодчего и не вызывалось чисто эстетическими требованиями, предъявляемыми к архитектуре этих сооружений, а являлось практической необходимостью и относилось к методу труда строителя-зодчего» [23, с. 53].

Положение, выдвинутое Афанасьевым применительно к средневековой архитектуре Руси, может быть отнесено и к архитектуре Средней Азии, однако с существенными поправками, поскольку письменные источники IX—XI вв. в искусных геометрических приемах усматривают основу архитектуры, включая в это понятие и вопросы эстетики.

Архитектурным пропорциям посвятили свои исследования Н. Болотников, Н. Брунов, А. Бунин, А. Буров, Г. Вагнер, В. Владимиров, А. Иконников, Н. Колли, Т. Круглова, И. Ламцов, Н. Максимов, Ю. Милонов, И. Николаев, П. Покровский, Б. Рыбаков, А. Тиц, М. Туркус, М. Федоров, Д. Хазанов, И. Шевелев, отражая направленность архитектурной теоретической мысли, сложившейся к третьей четверти нашего столетия.

Далеко не полный перечень авторов исследований архитектурных пропорций в Советском Союзе и за рубежом показывает наличие неослабевающего научного интереса к теме пропорций.

Тем не менее значительная часть советских архитекторов не считает необходимым определять пропорции архитектурных сооружений математическим методом, полагая, что логика и интуиция как основа творческого процесса достаточны и для установления пропорций архитектурного сооружения. В этом сказалась недооценка роли математики как орудия мышления, имевшая место в недалеком прошлом.

В настоящее время развитие и становление теоретических основ советской архитектуры находятся на новом этапе. Круг вопросов, ох-

ватываемых теорией архитектуры, расширяется и затрагивает общие вопросы архитектурной композиции, архитектурной среды и человека, вопросы строительной техники и архитектурной формы, архитектурной бионики, такие вопросы, как кибернетика и архитектура, архитектура и пластическое искусство [17]. Для теории архитектуры характерен новый аспект рассмотрения проблем, обусловленный новыми задачами советской архитектуры,— создание форм, соответствующих ее новому содержанию. «Теория композиции,— как отмечает А. В. Иконников,— должна опираться и на новый для нашей философской науки раздел по теории ценностей, которая помогла бы установить соотношение и взаимодействие ценностных аспектов произведения архитектуры, рассматриваемого в целом, во всей сложности его взаимодействия с человеком. Необходимо и обращение к такой области философии, как семиология, с тем, чтобы осознать пути становления структуры архитектурного языка на всех уровнях — от организации крупных пространственных систем в масштабе города до микроструктур, до деталей архитектурного сооружения» [145, с. 10].

Однако новые аспекты исследований и переосмысления ценностей не обходятся без того, чтобы не вернуться к традиционной проблеме гармонизации в архитектуре. К ней снова и снова возвращаются как теоретики архитектуры, так и практические деятели в области советской архитектуры.

В этом отношении несомненный интерес представляют высказывания одного из ведущих советских архитекторов — Л. Павлова, имеющего свое определенное творческое кредо. Он пишет, что каждый архитектор по-своему пропорционирует свои сооружения, но все архитекторы работают над гармонизацией. Он не согласен с теми, кто в математическом пропорционировании усматривает «мистику» и считает совершенно необходимым найденные на глаз пропорции проверять и окончательно устанавливать с помощью математики. Из известных систем пропорционирования им отдается предпочтение не только прогрессии «золотого сечения», стремящейся к бесконечно большому или бесконечно малым величинам, но и системе диагоналей двух квадратов ($\sqrt{5}$), отвечающей его эстетическим запросам [219, с. 24—31].

Краткий обзор взглядов на архитектурные пропорции позволяет присоединиться к справедливой мысли проф. К. Н. Афанасьева, который утверждал, что «обобщающего труда, посвященного проблеме пропорциональности, основанного на марксистско-ленинском материалистическом, строго научном методе, до сего времени еще не создано» [22, с. 12].

Связь человека с Космосом у цивилизованных народов древности получила материальное воплощение в архитектуре культовых сооружений, в их ориентации на восход светила в дни равноденствий и солнцестояний, а также в раскрытии внутреннего пространства храмов к небу, что достигалось следующими средствами: в зените купола делали отверстие, или раскрывали крышу над главным помещением храма-святилища, или создавали зал под открытым небом — замкнутое дворовое пространство для молящихся.

Привлечение архео-астрономического метода в исследовании памятников архитектуры классического Востока, античной Греции и Рима, а также открытых в последние десятилетия памятников Бактрии, Парфии, Согда и Хорезма позволяет проиллюстрировать на конкретных примерах их ориентации на восход и заход Солнца в дни летнего и зимнего солнцестояний в соответствии с географической широтой местонахождения архитектурного памятника.

в зимний период «пробегают» небосвод быстрее, чем в летний период. Это положение фиксируется нашими анализами ориентации памятников архитектуры античности.

Храмы были связаны в своей ориентации с восходами и заходами Луны, график которых невероятно сложен. Однако для широт исследуемых памятников архитектуры приводятся границы для Луны, которые выходят далеко за пределы точек восхода и захода Солнца (рис. 1)⁵. Описание и анализ памятников представлены нами различно: в одних случаях в виде краткой аннотации, в других — подробнее, полемично, в третьих — расширенно. Это последнее касается вновь открытых археологических памятников средневосточного региона.

Исследования архитектуры древнего Двуречья убеждают в наличии здесь трех типов культовых сооружений, представленных Белым храмом в Уруке (IV тысячелетие до н. э.), зиккуратами и храмом Плодородия на Теп-Гавра (III тысячелетие до н. э.).

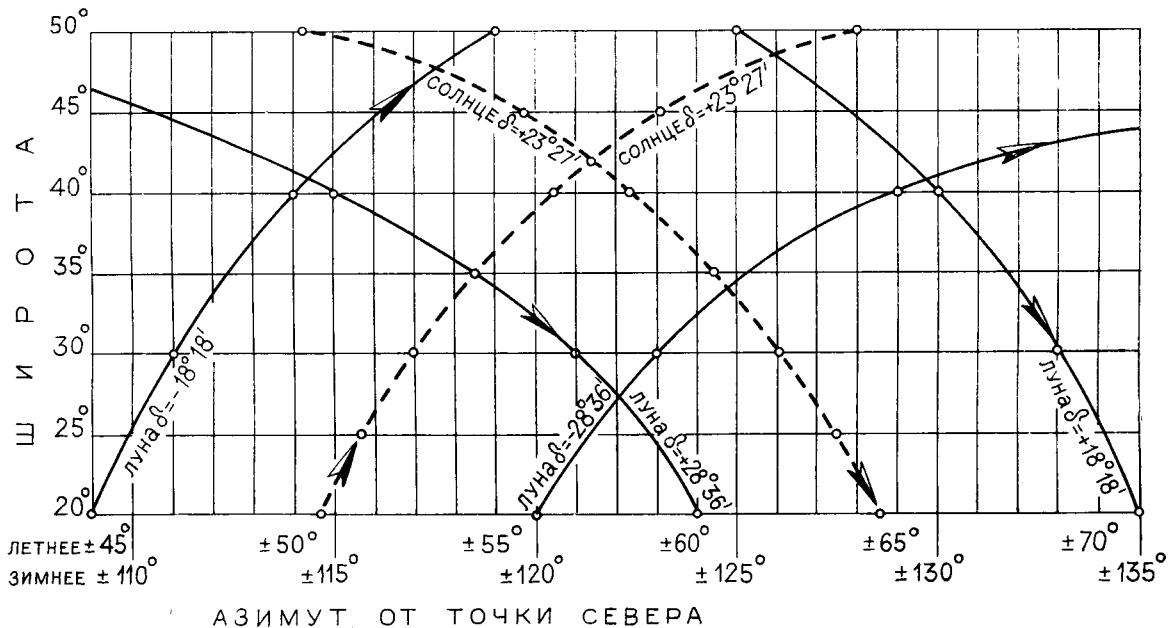


Рис. 1. Азимуты точек восхода и захода Солнца и Луны в зависимости от широты места в дни летнего и зимнего солнцестояний (по Ш. М. Шарипову)

Точка восхода Солнца в дни равноденствий не связана с географической широтой, она определялась натурным наблюдением астрономов, которые знали, что от осеннего равноденствия (22 сентября) до весеннего (22 марта) проходит $178\frac{1}{4}$ дня, а от весеннего до осеннего — 187 дней. Древние объясняли это тем, что Солнце

Белый храм в Уруке (IV тысячелетие до н. э.)

Остатки монументального здания, построенного из сырцового кирпича на высокой искусственной платформе, получили наименование Белого храма и датированы IV тысячелетием до н. э. Прямоугольное в плане сооружение

имело размеры по внешнему периметру $17 \times 23,8$ м при отношении сторон как $5 : 7$. Толстые стены образовали систему малых помещений, обращенных в пространство главного зала, стороны которого $4,6$ и $18,0$ относятся с погрешностью в 40 см как $1 : 4$. Этот зал, вероятно, не имел перекрытия, а был раскрыт к небу ради «общения» молящихся с «небожителями».

Для нас представляет особый интерес тот факт, что азимут угла, образуемый направлением север—юг и направлением оси храма, — $63^{\circ}30'$ при географической широте города Урука 25° . Это ориентация на восход Солнца в день зимнего солнцестояния (рис. 2).

ление о плане сооружения. Храм был воздвигнут на высокой платформе, занимал небольшую площадку, к нему с двух сторон вели две лестницы или пандусы. Храм имел оригинальную планировку. Главное помещение храма — зал прямоугольной в плане формы, окруженный со всех четырех сторон мелкими помещениями. Не имел перекрытия, а был раскрыт к небу, чтобы молящиеся могли «общаться» с небесным божеством. Пропорции зала выражены отношением сторон прямоугольника как

$$1 : 2,$$

помещения, примыкающие к двум торцам, были раскрыты большими проемами, в результате чего пропорции зала выражались отношением

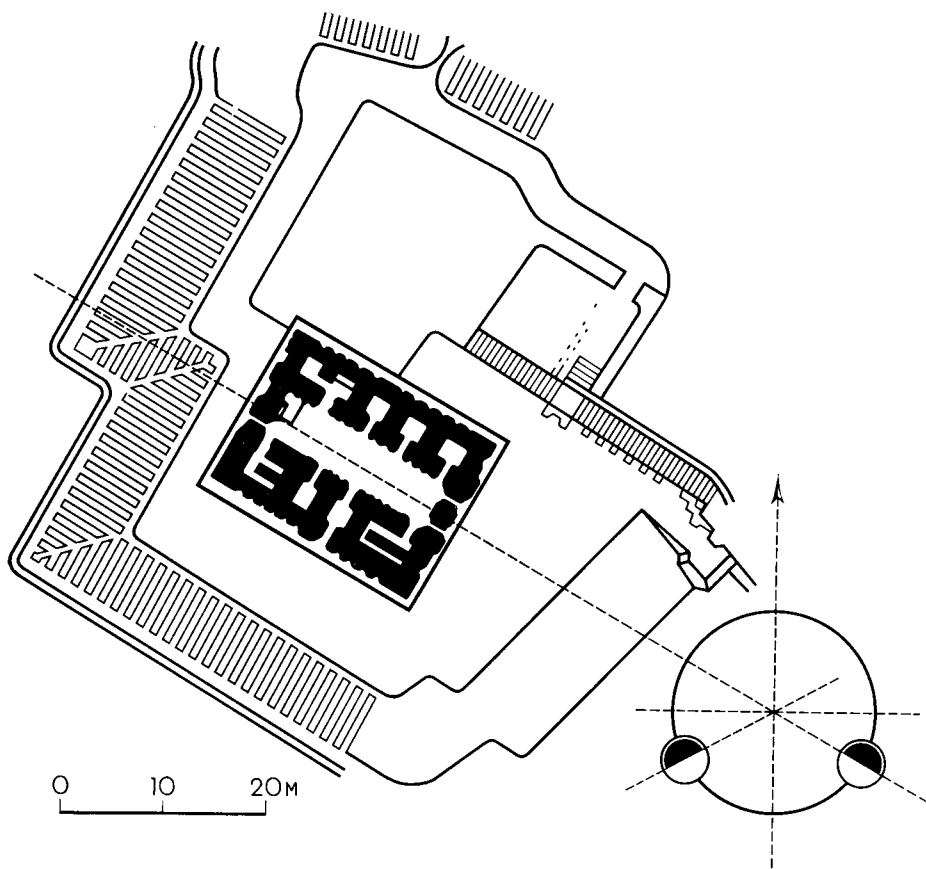


Рис. 2. Шумеры. Урук. Белый храм (конец IV тысячелетия до н.э.)

Эриду. Храм
(вторая половина IV тысячелетия до н.э.)
[104, с. 199—200]

Архитектурное творение позднего неолита представлено южношумерским храмом в Эриду (современный Абу-Шахрайн), археологические остатки которого позволяют составить представ-

как

$$1 : 3.$$

Храм длинной осью ориентирован на северо-восток при азимуте 46° и не связан с точкой восхода Солнца в день летнего солнцестояния. Однако она была не случайной, так как при широте местоположения храма фиксирует восход Луны на широте 25° .

Зиккурат Ур-Намму
(III тысячелетие до н. э.)

Шумеры, выходцы из горных мест, у себя на родине молились небу на вершинах гор. Переселившись в долину Месопотамии, они стали создавать во всех своих городах искусственные горы — многоступенчатые зиккураты с лестницами, ведущими на вершину. Начиная с половины прошлого столетия исследования археологических остатков зиккуратов обогатили историческую науку новой информацией.

О зиккурате Ур-Намму стало известно благодаря систематическим раскопкам археолога

Леонарда Вулли в продолжение 12 зимних сезонов (1922—1934) в Южном Ираке, на месте одного из древнейших городов мира — Ура.

Зиккурат Ур-Намму представлял собой трехступенчатую пирамиду высотой 16 м и площадью 46×60 м [105, с. 138]. Отношение ширины, длины и высоты как

$$3 : 4 : 1.$$

На вершине зиккурата возвышался небольшой храм, к которому вели три широкие лестницы. Главная лестница ориентирована на восход Солнца в день летнего солнцестояния [рис. 3].

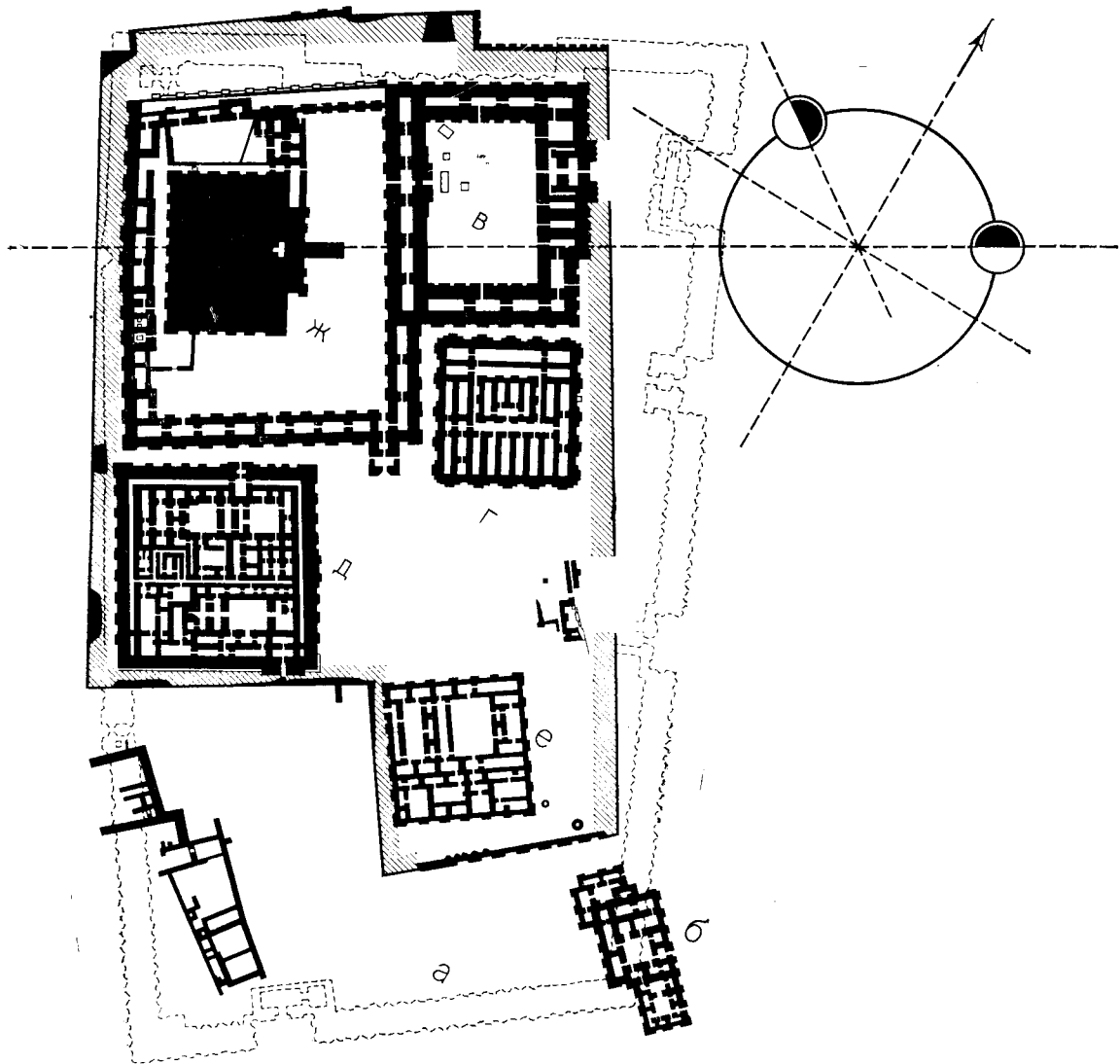


Рис. 3. Шумеры. Урук. Зиккурат Ур-Намму (III тысячелетие до н. э.)

Храм на Тепе-Гавра

На севере Месопотамии, на Тепе-Гавра, в культурном слое XI-A (III тысячелетие до н. э.), был обнаружен и исследован так называемый «Круглый дом», представляющий большой научный интерес. Среди мелкой жилой застройки он выделяется своими относительно большими размерами, массивными, метровой толщины внешними стенами, круглой формой плана, четкой планировочной структурой (рис. 4).

Исследованиям на Тепе-Гавра посвящен двухтомный капитальный труд Артура Тоблера, где уделено особое внимание «Круглому дому»

как оригинальному памятнику материальной культуры пятитысячелетней давности.

Функциональное назначение «Круглого дома» явилось предметом научных дискуссий, в результате которых храмовое назначение сооружения было отвергнуто, мавзолейное — тоже, поскольку памятник не имел ни культового фокуса, присущего храмам, ни захоронений. В конечном итоге установилось мнение о крепостном, оборонном назначении сооружения. А. Тоблер пишет: «Ряд черт этого здания — круглый план, массивные стены, единственный вход, центральное положение в поселении — позволяют без колебаний отнести его к неординарному архитектурному сооружению пласта

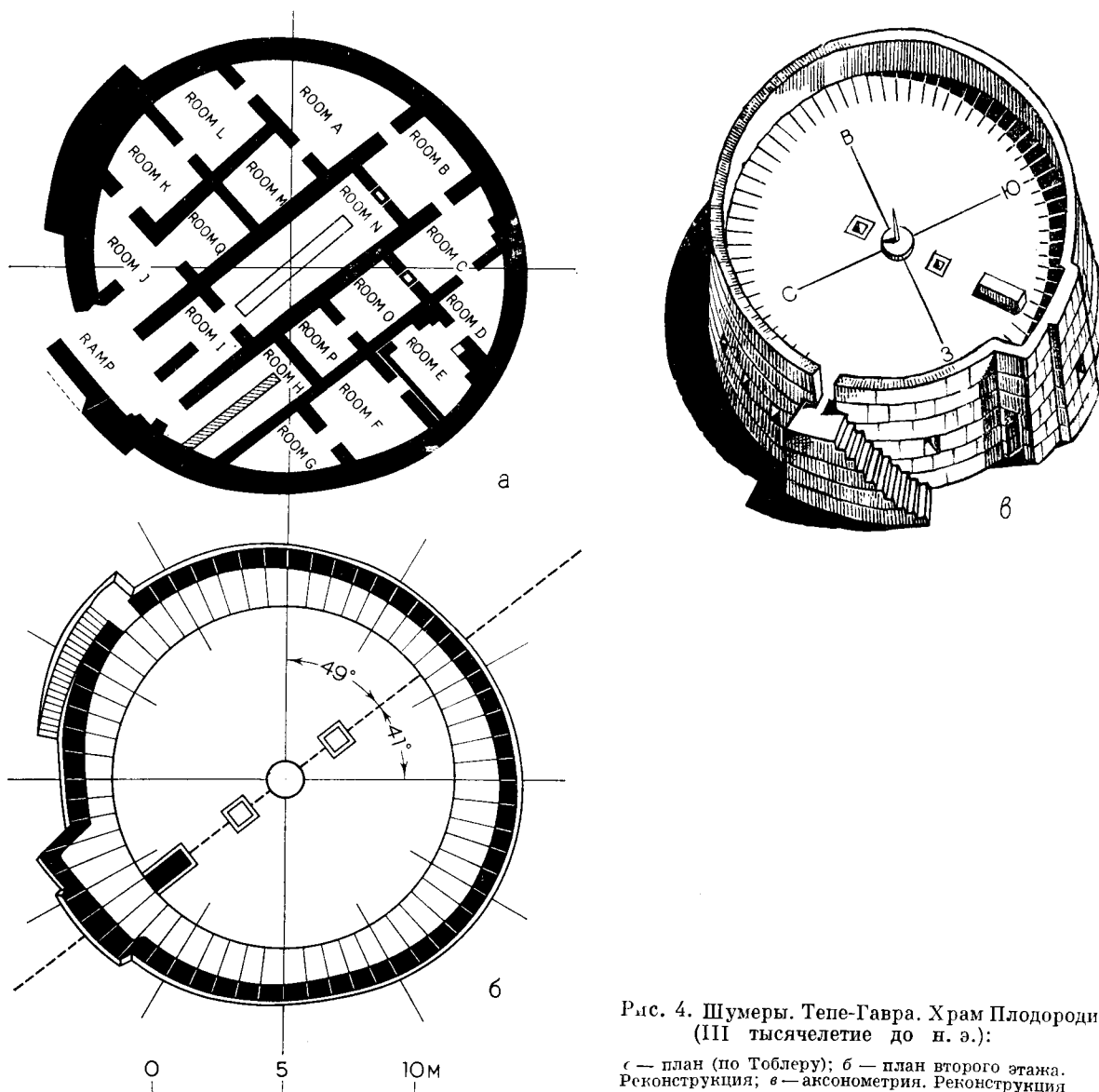


Рис. 4. Шумеры. Тепе-Гавра. Храм Плодородия (III тысячелетие до н. э.):

а — план (по Тоблеру); б — план второго этажа. Реконструкция; в — аксонометрия. Реконструкция

XI-A и не сомневаться в его военном назначении. Это находит свое дальнейшее подтверждение в найденных здесь в большом количестве стрелах, булавах, каменных топорах» [342, с. 20].

Соглашаясь с А. Тоблером, что «Круглый дом» на Тепе-Гавра — исключительно интересный памятник архитектуры, мы позволили себе усомниться в принадлежности его к оборонным сооружениям не только потому, что аргументация автора представляется неубедительной, но и потому, что в этом сооружении мы усматриваем признаки храма с культовым фокусом — залом под открытым небом на эксплуатируемой плоской крыше одноэтажного здания, которое могло нести и функции древнейшей астрономической обсерватории.

Рассматривая чертеж плана «Круглого дома», опубликованный А. Тоблером, невольно задаешься вопросами:

1) чем вызвана прямоугольная четкая структура плана здания с частым расположением взаимно перпендикулярных внутренних стен и почему наружная круглая стена толще внутренних?

2) почему понадобилось утолщать внешнюю стену дома почти на целый метр на северо-западном участке протяженностью 7 м?

3) почему здание имеет круглую форму?

4) чем объяснить отклонение оси здания от меридиональной плоскости на 49° ?

Думается, что поиски ответов на эти вопросы в конечном итоге смогут привести к разгадке тайны «Круглого дома» на Тепе-Гавра.

Планировочная структура «Круглого дома» представлена мелкими помещениями с частым расположением внутренних стен при пролетах от 2,2 до 2,8 м. Это была конструктивная основа, обусловленная замыслом проекта — необходимостью создать прочную, устойчивую тектоническую структуру, могущую нести нагрузку второго этажа, где располагалось главное помещение храма — зал под открытым небом.

Нагрузка от толпы значительная. Это не могли не учитывать строители «Круглого дома». Примечательно, что внутренние стены тоньше круглой наружной стены. Это можно объяснить тем, что наружная стена была выше внутренних и возвышалась над плоской кровлей сооружения. Кроме того, наружная стена имела утончение — скос, и поэтому на уровне второго этажа толщина стены была меньше и не превышала 40—50 см.

Все помещения, расположенные у внешней стены, имели, вероятно, световые проемы, а помещение N имело люки — световые отверстия в плоском покрытии. Помещение G, как установлено археологами, являлось зернохра-

нилищем. Это наводит на мысль, что храм-обсерватория мог пользоваться подношениями населения в виде зернопродуктов.

Утолщение внешней стены в северо-западном секторе — это основание лестницы, заложение которой в 7 м при уклоне 5 : 4 с учетом наличия одной лестничной площадки на уровне плоской крыши обеспечивало подъем на высоту одного этажа.

Плоская крыша имела парапет высотой в рост человека, благодаря этому здесь возникало замкнутое пространство — зал под открытым небом, где могли совершаться моления, религиозные церемонии и священнодействия перед алтарем-ложем, расположенным на оси здания. Основание алтаря сохранилось в помещении I в виде сырцовый стенки. Зал под открытым небом на крыше размером 225 кв. м мог свободно вмещать 100—120 молящихся (рис. 4б, в).

Организация «храма» под открытым небом — традиция астрального культа шумеров, восходящая ко времени, когда этот народ пребывал в горной местности и молился Небу — богу Тенгри — на вершинах гор. Переселившись в долину Двуречья, они стали возводить искусственные горы — многоступенчатые башни-зиккураты, на вершине которых религиозные церемонии заканчивались богослужением [105, с. 132; 180, с. 30].

Зиккуратам Шумера посвящена большая научная литература, которая сопровождается проектами реконструкции их бывшего облика. Они вошли во все учебники по истории архитектуры.

Правдивость реконструкции нижней части зиккуратов не вызывает сомнений, поскольку она основана на сохранившихся остатках. Завершения зиккуратов не сохранились, в связи с чем в реконструкции верхней части возникли трудности.

Описание восьмиступенчатой Вавилонской башни с храмом на ее вершине, принадлежащее Геродоту [111, с. 1], позволило ученым по аналогии реконструировать зиккураты Шумера. Тем не менее можно утверждать, что зиккураты Шумера завершались круглым храмом, имевшим «крышей» небесный свод. Этот вывод подтверждается косвенными данными — археологическими исследованиями на Мохенджо-Даро, где на вершине зиккурата сохранились остатки круглого сооружения (рис. 5).

Следует признать, что круглая форма ограды святилища на вершине зиккурата обеспечивала одинаковые условия наблюдения всех сторон горизонта, деление окружности на равные доли могло становиться мерой при фиксации положения светила при его восходе и закате на горизонте ⁶.

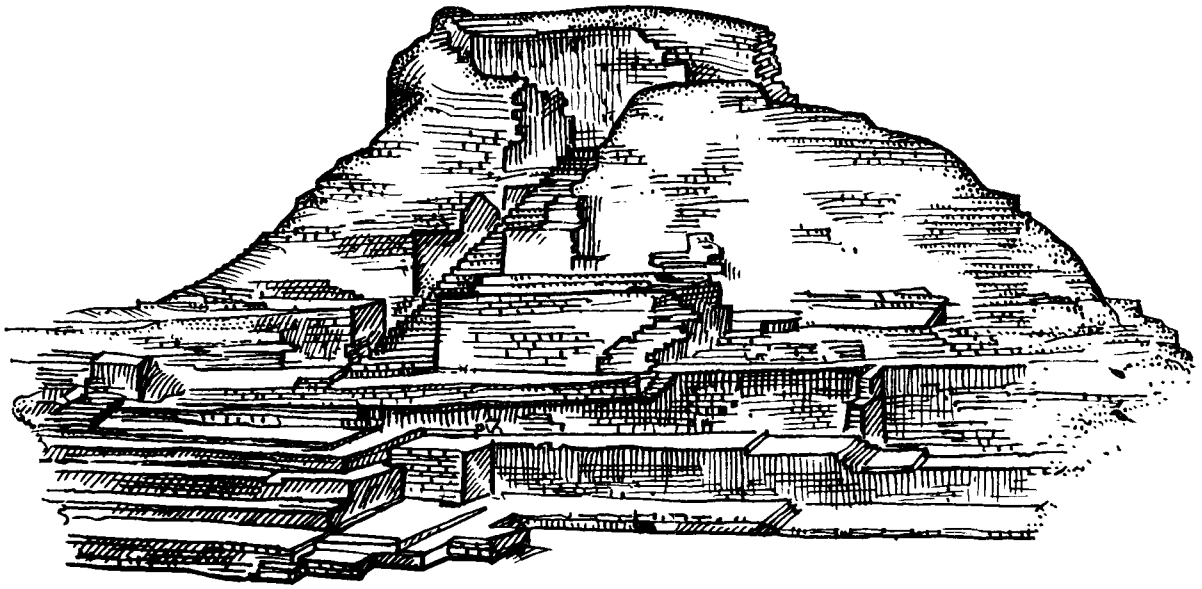


Рис. 5. Мохенджо-Даро. Руины зиккурата (III—II тысячелетия до н. э.)

Мы не знаем, какими инструментами располагали шумерские жрецы для астрономических наблюдений.

Круглую форму плана здания на Тепе-Гавра проще простого было бы объявить ее солярным символом, как это делают некоторые ученые, поскольку Солнце было в числе почитаемых шумерами богов. Однако это первый памятник, относящийся к III тысячелетию до н. э., позволяющий поставить вопрос о пользовании горизонтальным кругом как астрономическим инструментом.

Вероятно, «Круглый дом» был посвящен божеству плодородия. В этом свете заслуживает внимания описание обряда, посвященного плодородию, который совершается на вершине зиккурата во время пышного ежегодного праздника по случаю нового года. Для исполнения главных ролей в этом обряде избирались молодые жрец и жрица, которые на это время отождествлялись с богом и богиней плодородия. Религиозная процессия заканчивалась у зиккурата. Жрец и жрица поднимались на его вершину, где в присутствии единственного жреца совершался священный акт — брачный союз, который лишь один мог гарантировать богатый урожай в новом сезоне [180, с. 30].

В шумерской мифологии богиней плодородия была Инанна. Она изображалась как возлюбленная и супруга юного героя Думузи (Таммуза). Как явствует из клинописных источников, богине были посвящены особые храмы почти во всех месопотамских городах [155, с. 165].

На Тепе-Гавра, в северной провинции государства Шумер, не было зиккурата, его заменял храм Плодородия, т. е. круглый храм, на крыше которого совершался, возможно, тот же обряд брачного союза на алтаре-ложе, о котором говорилось выше, во имя плодородия земли в наступившем году.

«Круглый дом» имеет ярко выраженную планировочную ось, направленную с северо-востока на юго-запад с отклонением от меридианной плоскости на 49° , что было, как нам представляется, далеко не случайным. Храм был ориентирован на восход Луны, поскольку Тепе-Гавра находится на широте около 37° (рис. 46).

Исследуемый храм на Тепе-Гавра являлся, быть может, форпостом астрального культа шумеров на севере страны и мог совмещать в себе не только обсерваторию, но и школу обучения детей клинописи, а также скрипторий. На эти мысли наводит, во-первых, исследование Самуэля Н. Крамера, доказавшего, что по меньшей мере за 3000 лет до н. э. шумерские писцы уже занимались вопросами обучения, а к середине III тысячелетия до н. э. на территории Шумера, по-видимому, существовала сеть школ для систематического обучения чтению и письму [161, с. 17]; во-вторых тот факт, что в шумерские времена школы были тесно связаны с храмом и обособились позднее, в течение III тысячелетия, а ко времени Хаммурапи (1792—1750 гг. до н. э.) превратились в частные учреждения, работавшие с разрешения и благословения государства. В каждом более или менее крупном городе или округе

существовал, видимо, по меньшей мере один «Дом табличек»; в-третьих, наличие в помещении *N* длинного стола, сложенного из сырцового кирпича, возле которого могли размещаться ученики и писцы. Аналогичный стол в помещении *H* служил, вероятно, местом для сушки клинописных табличек, которые могли обжигаться в печах за пределами храма.

Саккара.

Пирамиды эпохи Среднего царства Египта (XXII в. до н. э.)

Усыпальницы фараонов имели традиционную форму пирамиды, но в целях удешевления строительства в качестве строительного материала для основного объема пирамиды в Саккара употребляли не камень, а кирпич-сырец. Камень же (гранит) использовался лишь для облицовки интерьеров и фасадов. Внутренние помещения пирамиды, чтобы уменьшить опасность ограбления погребальной камеры, проектировали в виде лабиринта по сложному и запутанному плану [104, т. 1, с. 73].

Вход в погребальную камеру расположен на восточном фасаде, а коридор, ведущий внутрь, ориентирован точно на восход Солнца 22 марта. В соразмерностях сооружения прослеживается закономерность. Площади квадратного помещения и основания пирамиды относятся как

1 : 100,

а восточный фасад членен входом в камеру на отношения

4 : 3 (рис. 6).

Троя-VI.

Двухнефный мегарон (XVI—XIV вв. до н. э.)

На западном морском берегу Малой Азии, на многослойном холме Гиссарлык, обнаружили знаменитую гомеровскую Трою. Последовательные вскрытия позволили проследить многовековую историю этого города вплоть до его гибели в XIV в. до н. э. от землетрясения (XIV в. до н. э. — время наивысшего расцвета Трои-VI). Город кольцевыми террасами спускался с холма и был укреплен мощными стенами. Высокая строительная культура, применение тесаного камня — все это придало сооружениям Трои-VI четкость и благородную строгость. Историки архитектуры особо отмечают многочисленные мегароны, среди которых наибольший интерес представляет двухнефный мегарон с тремя колоннами по оси, который стал прототипом греческих храмов [103, т. 1, с. 166—167].

Примечателен тот факт, что этот двухнефный мегарон ориентирован продольной осью на восход Солнца в день зимнего солнцестояния, а план сооружения имел прямоугольное основание с отношениями сторон 2 : 1 (рис. 7).

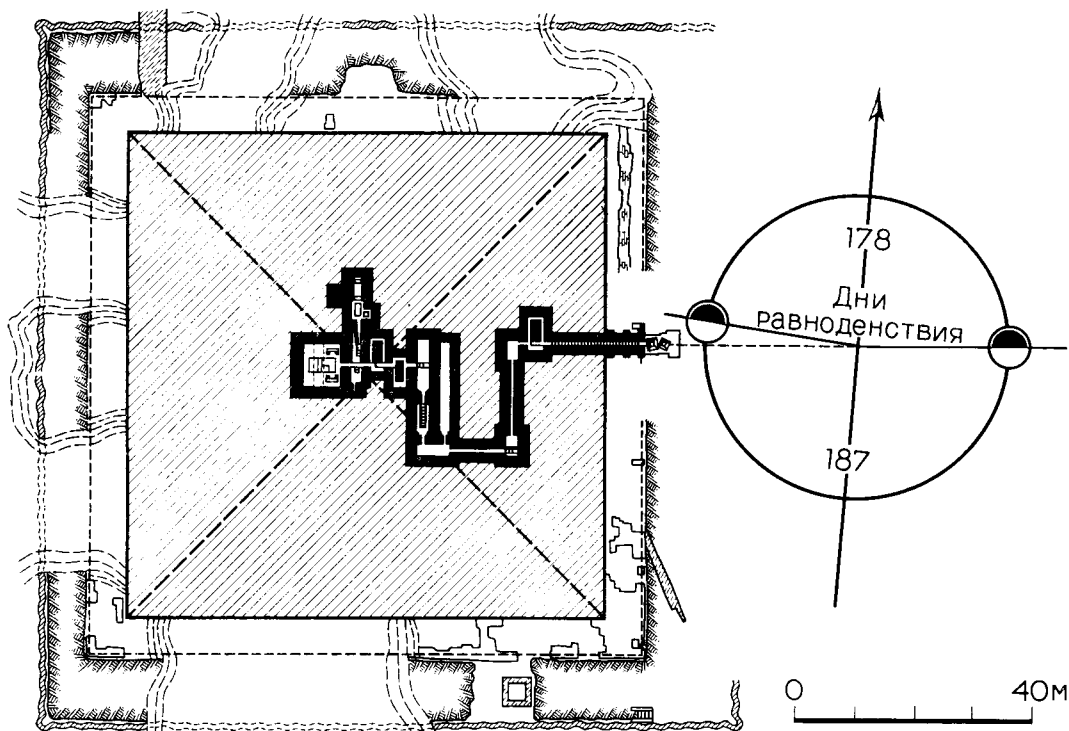


Рис. 6. Саккара. Пирамида (XXII—XX в. до н. э.). План

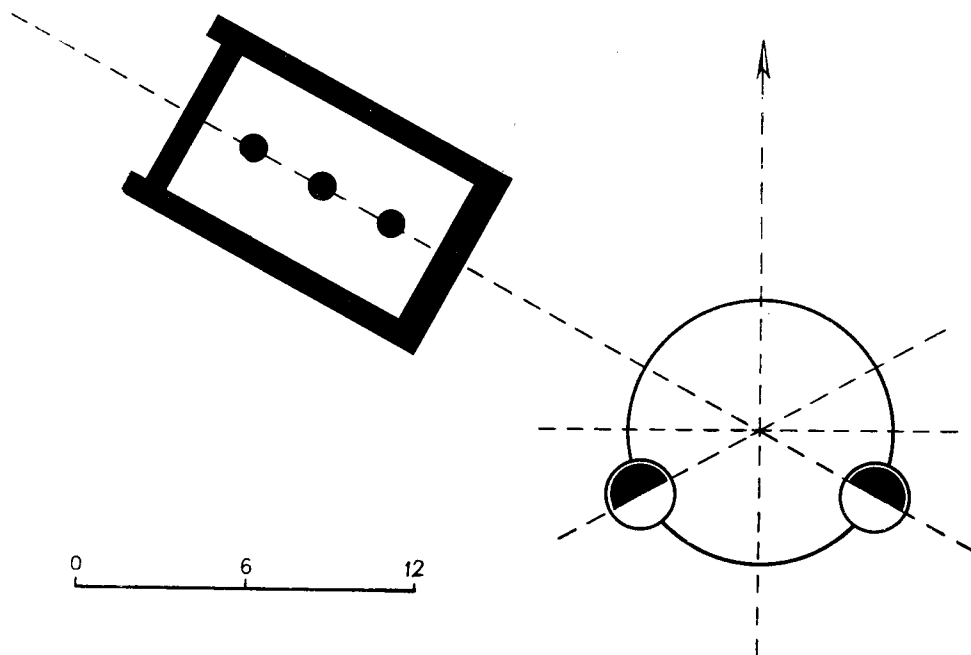


Рис. 7. Троя-VI. Двухнефный мегарон (XVI—XIV вв. до н. э.)

**Дейр-эль Бахри.
Заупокойные храмы
(XVII в. до н. э.)**

На западном берегу Нила, неподалеку от Фив, у подножия суровых скал в Дейр-эль-Бахри, был создан мемориальный комплекс, посвященный Ментухотепу I (XI династия), при котором произошло объединение Египта и было создано мощное централизованное государство. Мемориальный комплекс в Дейр-эль-Бахри дает представление о монументальной архитектуре первой половины Среднего царства.

Здания комплекса — пирамида и храм — расположены на разных уровнях, и подъем по лестницам с площадки на площадку дает различные точки обзора.

Основным лейтмотивом, объединяющим весь комплекс, являются портики и колоннада, впервые примененные в этом качестве и придающие архитектуре легкость и открытость, так выгодно отличающие этот памятник от суровой монументальности архитектурных сооружений Древнего царства. Храм Ментухотепа I стал как бы поворотным моментом в развитии архитектуры Египта [104, т. 1, с. 72—74].

Четко выраженные композиционные оси всех сооружений комплекса ориентированы на восход Солнца в день зимнего солнцестояния (рис. 8).

**Карнак.
Большой храм Амона-Ра
[XVI—XI вв. до н. э. (рис. 9)]**

В период Нового царства фараоны старались украшать столицу Египта Фивы, находившуюся на восточном берегу Нила. Там же был выстроен и комплекс из четырех храмов в Карнаке. Самым значительным в нем был большой храм Амона (Солнца), храмы богов Монту и Мут располагались на обособленных участках, а храм бога Хонсу (Луны) был на одном участке с храмом Амона.

Храм Амона занимал центральную часть площади, окруженной капитальными стенами. Центральная ось храма шла от пристани у Нила через аллею сфинксов, пилоны и дворик с колоннадой в гипостильный зал и отмечала точку восхода Солнца в день зимнего солнцестояния [104, т. 1, с. 86—87, рис. 68; 289, с. 162—166].

**Круглый храм на Дашлы-3
(XVII в. до н. э.)**

Велико значение археологических открытий и исследований архитектурных памятников Дашлинского, Фарукабадского и Ничкинского оазисов, на севере Афганистана, сделанных Советско-Афганской археологической экспедицией (СААЭ) в 1970—1973 гг. [258].

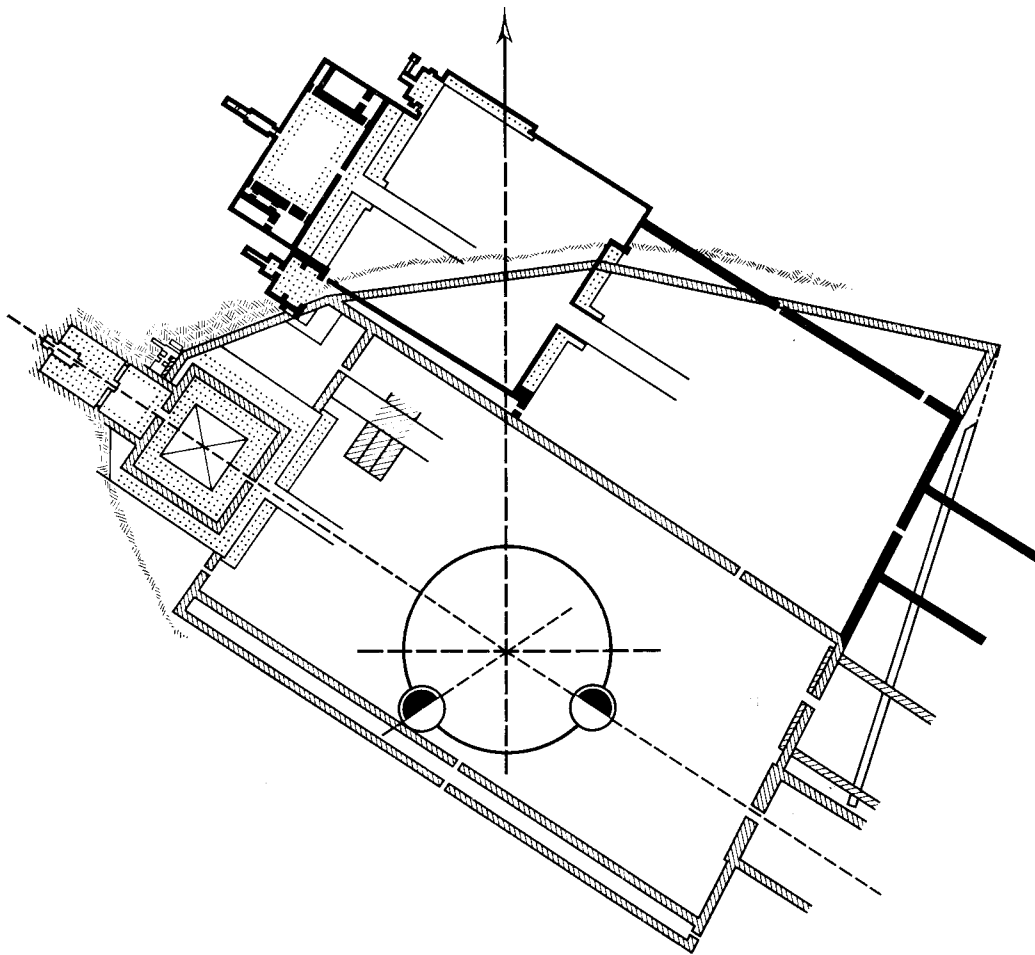


Рис. 8. Дейр-эль-Бахри. Заупокойные храмы (XVII в. до н. э.) План комплекса

Благодаря этим открытиям мир узнал о протогородской и высокоразвитой городской культуре II и I тысячелетий до н. э. на территории современного Афганистана.

Особого внимания заслуживает круглое здание на Дашлы-3 с поселением, датируемое XVII в. до н. э. (рис. 10). Относительно назначения круглого здания среди археологов нет единого мнения. Первый исследователь этого памятника В. И. Сарияниди пришел к выводу, что это храм огнепоклонников, несший одновременно и оборонительные функции. А. Аскаров высказал предположение, что двор круглого здания был загон для скота [21, с. 134], однако с этим трудно согласиться. По мнению К. Йетмара, поселение Дашлы-3 представляло собой культовый центр-городок, предназначенный для временного проживания (акцент мой.— М. Б.) участников празднования Навруза в день весеннего равноденствия, а внутри двора круглого здания совершались шаманские

обряды, характерные для насельников эпохи бронзы. Эти обряды сопровождались ритуальными танцами, пиршеством. Круговая галерея являлась местом для зрителей — участников праздника [326, с. 220, 225, 226].

Гипотеза об использовании поселения только в дни празднования Навруза вызывает сомнения, так как поселение существовало на протяжении нескольких столетий, имело так называемую ковровую застройку, занимая территорию 130×150 м, и могло вмещать до 600 человек.

В исследовании круглого здания на Дашлы-3 остались нераскрытыми такие существенные моменты, как функциональная обусловленность круглого плана, наличие обходного коридора, устройство девяти «башен» по внешнему периметру здания, наличие и местоположение культового фокуса, как правило присущего храмам (божество — объект поклонения и почитания жителей). Исследования круглого здания на

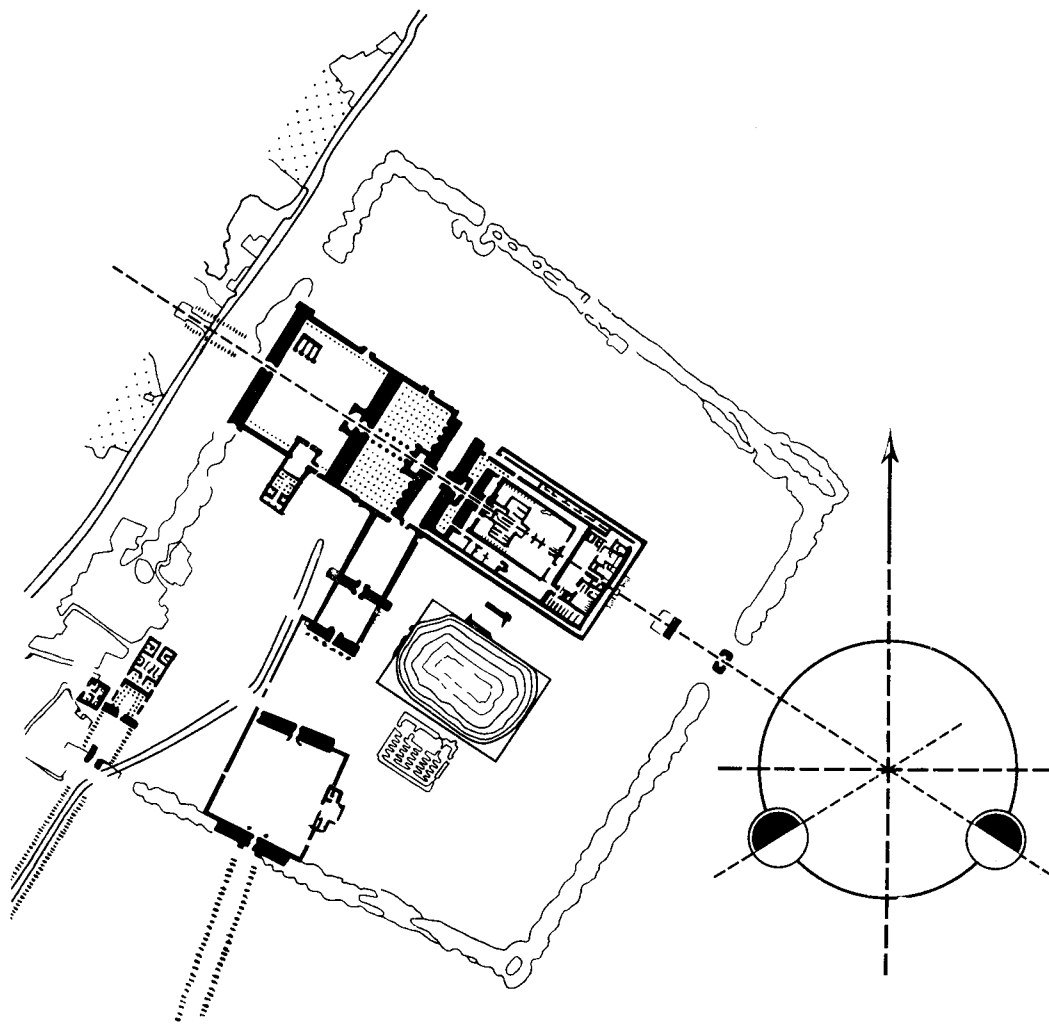


Рис. 9. Карнак. Большой храм Амона-Ра (XVI—XI вв. до н. э.):

а — план комплекса (по Дж. Хокинсу)

Дашлы-3 имеют большое значение для изучения социальной истории Бактрии, ее материальной и духовной культуры вообще и для истории науки в частности. Пока это архитектурная загадка, к решению которой, по всей вероятности, неоднократно будут обращаться историки Среднего и Ближнего Востока.

Исследования автора этой книги позволяют ему присоединиться к гипотезе В. И. Сарияниди о принадлежности круглого здания Дашлы-3 к храму огнепоклонников, что доказывается наличием культового фокуса-алтаря в западном секторе кольца, где имеется местное утолщение стены в кирпичной кладке (рис. 10, б). Алтарь был обращен на восход Солнца в день весеннего равноденствия. Молящиеся обращались к алтарю, на котором горел «священный огонь».

Объемно-пространственная композиция круглого здания на Дашлы-3 представлена кольцевой застройкой, которая образует про-

странство замкнутого двора — зала под открытым небом, место богослужения огнепоклонников не только поселения Дашлы-3, но и племен прилегающей округи.

Пространство зала — двора на начальном этапе его функционирования оставалось свободным. Кольцо застройки образовывало между двумя стенами круговой коридор. По внешнему периметру кольца расположены девять «башен» с одинаковыми квадратными помещениями 2×2 м. Основные размеры сооружения: диаметр кольца по внешнему контуру — около 35 м, диаметр круглого двора — около 27—28 м, толщина стен кольца — 0,8—0,9 м, ширина обходной коридора — около 2 м. Обходной коридор, вероятно, имел балочное перекрытие. Само здание было одноэтажное высотой 4—5 м.

Значительные социально-политические сдвиги в бактрийском обществе, вероятно, создали условия, при которых стало необходимым стро-

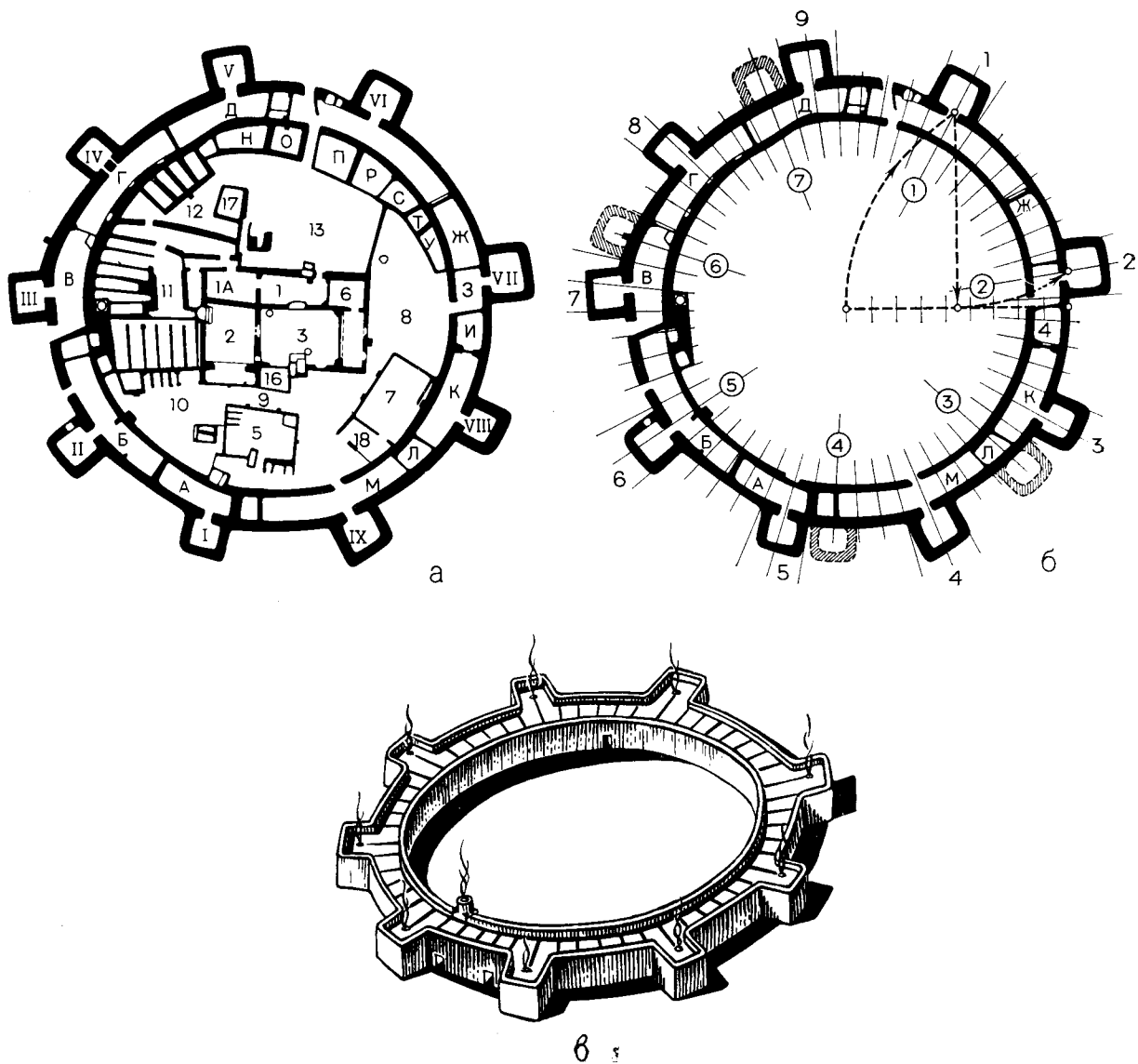


Рис. 10. Бактрия. Круглый храм на Дашлы-3 (XVII в. до н. э.):

а — план по В. И. Сариявиди; б — анализ построения плана
в — аксонометрия сооружения (реконструкция)

ительство рассматриваемого храма огнепоклонников с девятью «башнями». В эту эпоху, вероятно, произошла консолидация союза племен оседлого земледельческого бактрийского государства, развивавшегося на базе искусственного орошения, что, видимо, сопровождалось объединением племенных богов в едином пантеоне.

В письменных источниках [клинописные тексты библиотеки Ашшурбанипала в Ниневии (VII в. до н. э.)] пока об этом сведений не найдено; отсутствуют и народные предания, но есть сам храм, а в расшифровке идеи его построения помогают исторические аналоги, история

религий народов мира и архео-астрономические исследования.

Известно, что у всех народов мира на заре возникновения и развития религиозных верований были племенные боги. В ходе общественного развития происходили объединения племен, что сопровождалось объединением культов богов и созданием пантеонов. Нечто подобное, может быть, происходило во II—I тысячелетиях до н. э. в Бактрии. В результате возник Пантеон девяти богов — храм на Дашлы-3 с девятью «башнями».

Соразмерности памятника, математические закономерности построения плана сооружения

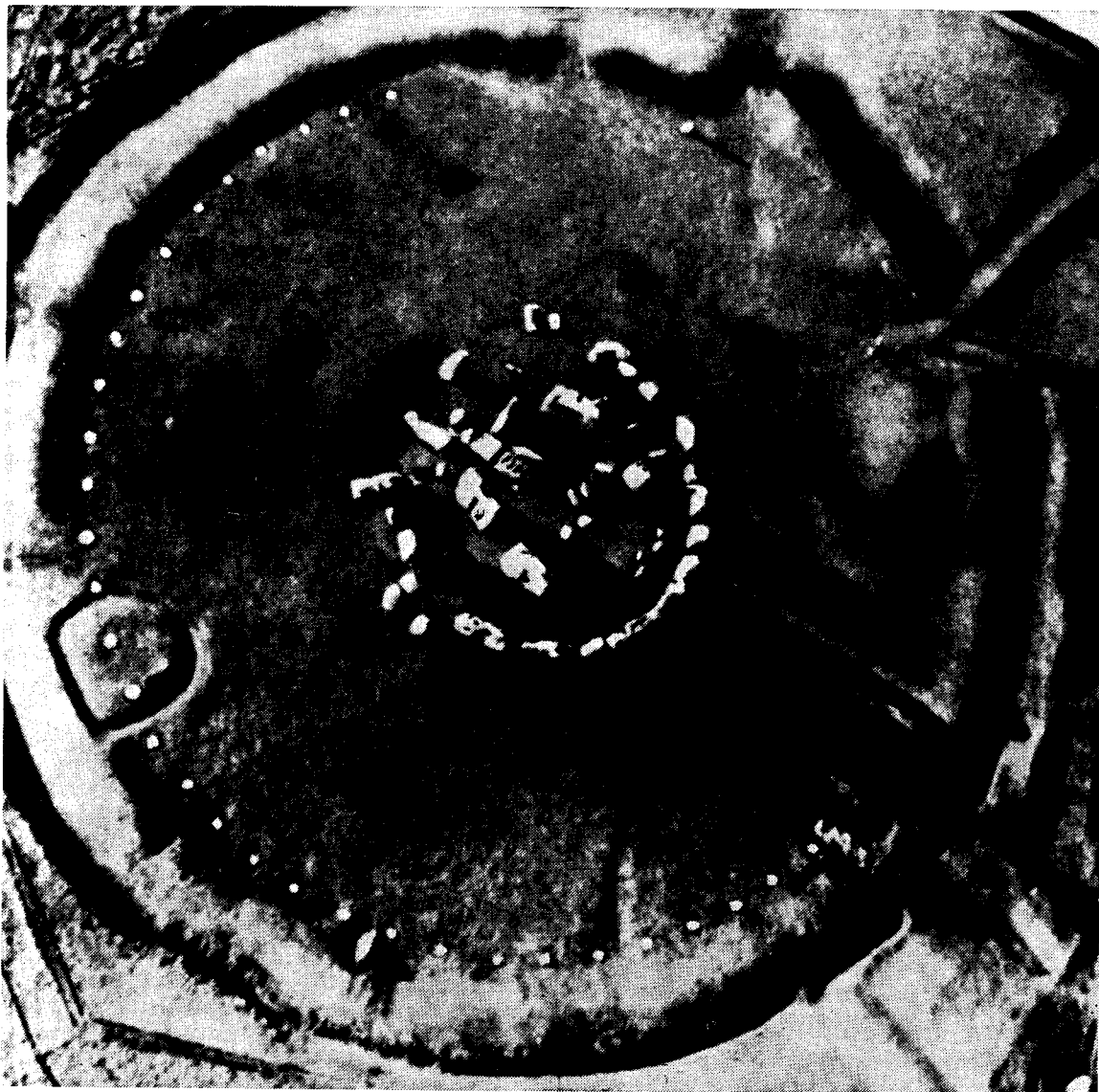


Рис. 11. Великобритания. Стоунхендж (1900—1600 гг. до н. э.).
Аэрофотосъемка

дополняют научную информацию и проливают свет на сложение структуры плана сооружения, что видно из следующего анализа.

1. Исходным параметром в геометрическом построении круглого плана храма, вероятно, был его диаметр (D), равный 18 модулям, при этом длина окружности

$$S = D\pi = 18 \times 3,14 = 56,52 \text{ модуля} \\ (\text{рис. 10})$$

2. Расстояние между осями «башен» 1 и 2 равно одной седьмой окружности, т. е. 8 модулям.

$$\text{Проверка: } \frac{s}{7} = \frac{56,52M}{7} = 8,07M.$$

3. Расстояния между остальными восемью «башнями» равны 6 модулям.

$$\text{Проверка: } \frac{48,45}{8} = 6,05M.$$

Эти данные анализа соразмерностей сооружения наводят на мысль о том, что зодчие, быть может, получили задание строить храм с семью башнями, что соответствовало объединению в пантеоне семи богов, которым были посвящены эти башни, и поэтому окружность поделили на семь пролетов по 8 модулей.

При начале строительства храма в стране произошли существенные перемены в политической ситуации: —присоединение к бактрийскому союзу еще двух весьма могущественных

племен, которые свое вступление в союз обусловили включением их богов в строящийся пантеон. Теперь храм объединял девять божеств, и, таким образом, нужны были соответственные изменения в проекте храма в процессе его строительства. По всей вероятности, к этому времени две «башни» (первая и вторая) были уже заложены по первоначальному проекту. Расстояние между ними равнялось одной седьмой окружности, т. е. 8 модулям.

Из создавшегося положения был единственный выход: остальную часть окружности, равную 48 модулям, поделить поровну на восемь пролетов, что и было осуществлено в натуре. В результате было возведено девять «башен» с небольшими помещениями прямоугольного очертания. Следовательно, расстояние между двумя «башнями» было равно 8 модулям, а во всех остальных случаях оно одинаково — 6 (рис. 10, б, в).

Данные приведенного анализа соразмерностей плана сооружения показывают деления круга на 56, что проливает свет на назначение сооружения в качестве астрономического инструмента.

Деление окружности на 56 известно по Стоунхенджу — архитектурному памятнику Англии рубежа каменного и бронзового веков, что фиксируется лунками Обри. Эти лунки глубиной до 1 м с отвесными стенками были заполнены толченым мелом, в одной из них был обнаружен каменный шарик. Они продолжали оставаться тайной более 100 лет после их обнаружения археологом Обри (рис. 11).

Позднее исследованиями Стоунхенджа занялся астроном Дж. Хокинс, которому удалось раскрыть тайну этого мегалитического памятника. Он доказал, что 56 лунок Обри — это инструмент, пользуясь которым жрецы каменного века могли заранее определить время наступления затмений, поскольку периодичность солнечных и лунных затмений, так называемый сарос, равный 18,11 и 18,61 года, жрецам Стоунхенджа был известен.

Дж. Хокинс рассматривает цифру 56 как большой сарос: $19 + 19 + 18$. С момента затмения жрецы ежегодно переносили шарик из лунки в лунку и после каждой восемнадцатой величайшее наблюдение за светилами и определяли момент затмения [288, с. 64, 226].

Расшифровка лунок Обри Дж. Хокинсом, а также членение круга на 56 в структуре плана храма на Дашлы-3 позволяет ставить вопрос о пересмотре некоторых вопросов истории науки, в частности астрономии. Можно полагать доказанным, что ученые-жрецы Востока и Запада знали о периодичности солнечных и лунных затмений гораздо раньше, чем об этом сообщают письменные источники. Не исключено,

что в храме Дашлы-3 могли вестись астрономические наблюдения.

Саппали-тепе

[XVII—XV вв. до н. э. (рис. 12)]

Поселение Саппали-тепе находится на территории Сурхандарьинской области Узбекистана. В центре поселения — крепость, имеющая четкий квадратный план (82×82 м) с оригинальной системой фортификации, встречающейся в истории архитектуры впервые.

Квадратный двор крепости (58×58 м) окружен тремя рядами стен в 2 м толщиной, которые образуют систему «ловушек» с семью ложными входами, тогда как восьмой, обращенный на юг, вход настоящий. «Ловушки» — лабиринты, вероятно, не имели перекрытий, тогда как над так называемыми «обводными» помещениями были сводчатые перекрытия с плоской кровлей, где могли размещаться защитники крепости. Восемь квадратных помещений были связующими между пространством двора и «обводными» помещениями.

Исходным помещением в определении соразмерностей плана сооружения был квадрат двора. Стороны квадратного двора в комплексе по внешнему абрису относятся как

$$1 : \sqrt{2}.$$

Стороны квадратного двора имеют по два входных проема, которые ведут в «обводные» помещения и членят стены двора на отношения

$$1 : 2 : 1.$$

Насельники Саппали-тепе, вероятно, поклонялись солнцу и огню, этим можно объяснить тот факт, что вход в крепость ориентирован на восход Солнца в день весеннего равноденствия. Место, которое, по нашему мнению, могло быть местом поклонения огню, первый исследователь памятника А. Аскарлов условно называл «Домом гончара».

Судя по археологическим находкам, здесь обжигали гончарные изделия [21, с. 20]. Не исключен факт совмещения священнодействий над обжигом керамики и поклонения священному огню.

Храмово-дворцовый комплекс XI в. до н. э.

[258, с. 41—45]

В Дашлинском оазисе, на поселении Дашлы-3, рядом с круглым девятибашенным храмом XVIII—XV вв. до н. э., обнаружены остатки монументального сооружения с квадратным двором (38×40 м), с обходными коридорами, которые связаны по углам и по оси квадрата с прилегающими Т- и Г-образными корпусами, образующими систему лабиринтов. Это своеобраз-

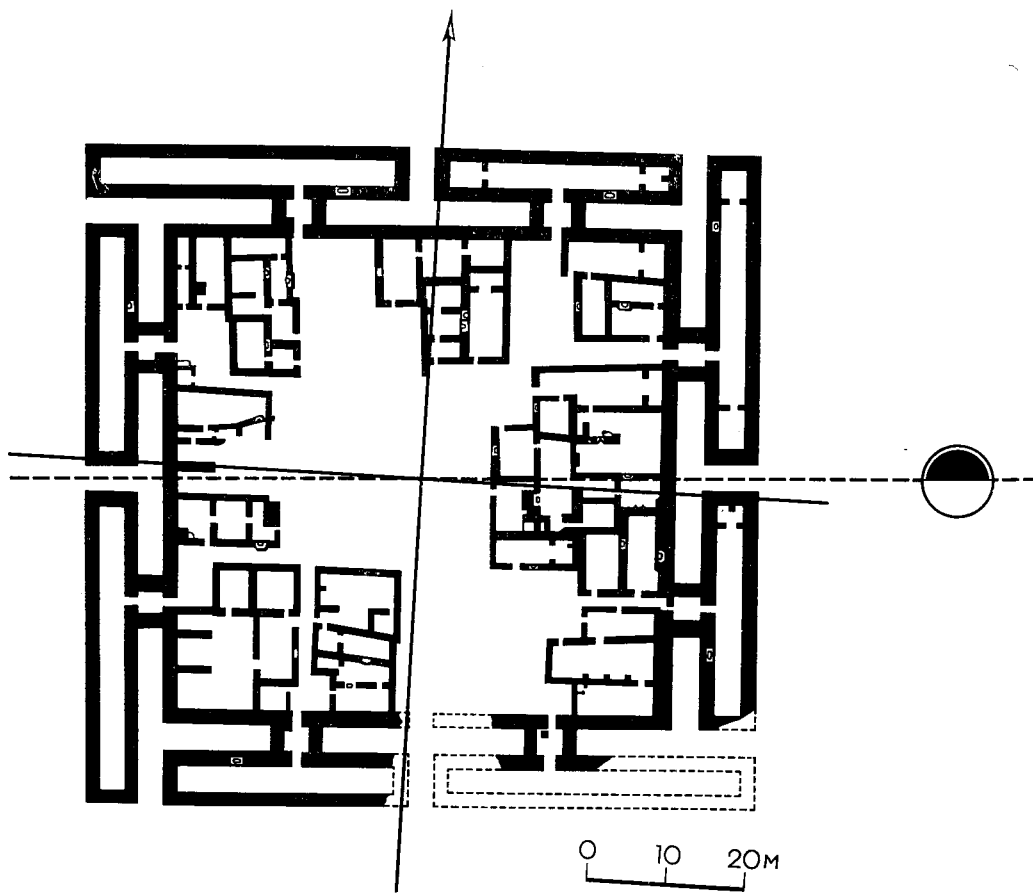


Рис. 12. Северная Бактрия. Саппали-тепе (1700—1500 гг. до н. э.):

a — план крепости

разный прием фортификации, уже встречавшийся на Саппали-тепе (XVII—XV вв. до н. э.), однако в более усложненной композиции. Комплекс имел пять ложных входов, шестой (юго-западный) был действительным.

Строители в целях наилучшей организации защиты дворцово-храмового комплекса развивают его единственный вход таким образом, что неприятель, преодолев входные укрепления, встречает два входа. Один прямой, но ложный, другой, боковой, действительный, который через лабиринт ведет к входу в юго-западном углу обводного коридора. Примечательно, что вход в комплекс ориентирован на полуденное Солнце, а ось комплекса северо-восток — юго-запад — точно на восход Солнца в день летнего солнцестояния (рис. 13).

Четкий план комплекса не оставляет сомнений, что метод его построения был основан на геометрии, однако его закономерности не могут быть установлены из-за отсутствия архитектурных обмеров.

Арин-берд

В 762 г. до н. э. на холме Арин-берд создается цитадель урартского города Эрибуни (юго-восточная окраина Еревана), которую следует рассматривать как самостоятельный архитектурный комплекс [104, т. 1, с. 262]. Живописное очертание холма, возвышавшегося на 65 м над Араратской долиной, продиктовало сложную конфигурацию цитадели, однако план комплекса, включавший культовые, дворцовые и хозяйственные сооружения с системой дворовых пространств, имел прямоугольную структуру, главная ось которой имеет азимут 51° , что на широте Эрибуни — закат Луны в дни летнего солнцестояния. Такая ориентация цитадели, вероятно, была связана с поклонением лунному божеству, почитанием лета, приносящего дары природы, и религиозными воззрениями о возникновении мироздания из темноты, что выражено ориентацией цитадели не на восход, а на закат Луны (рис. 14).

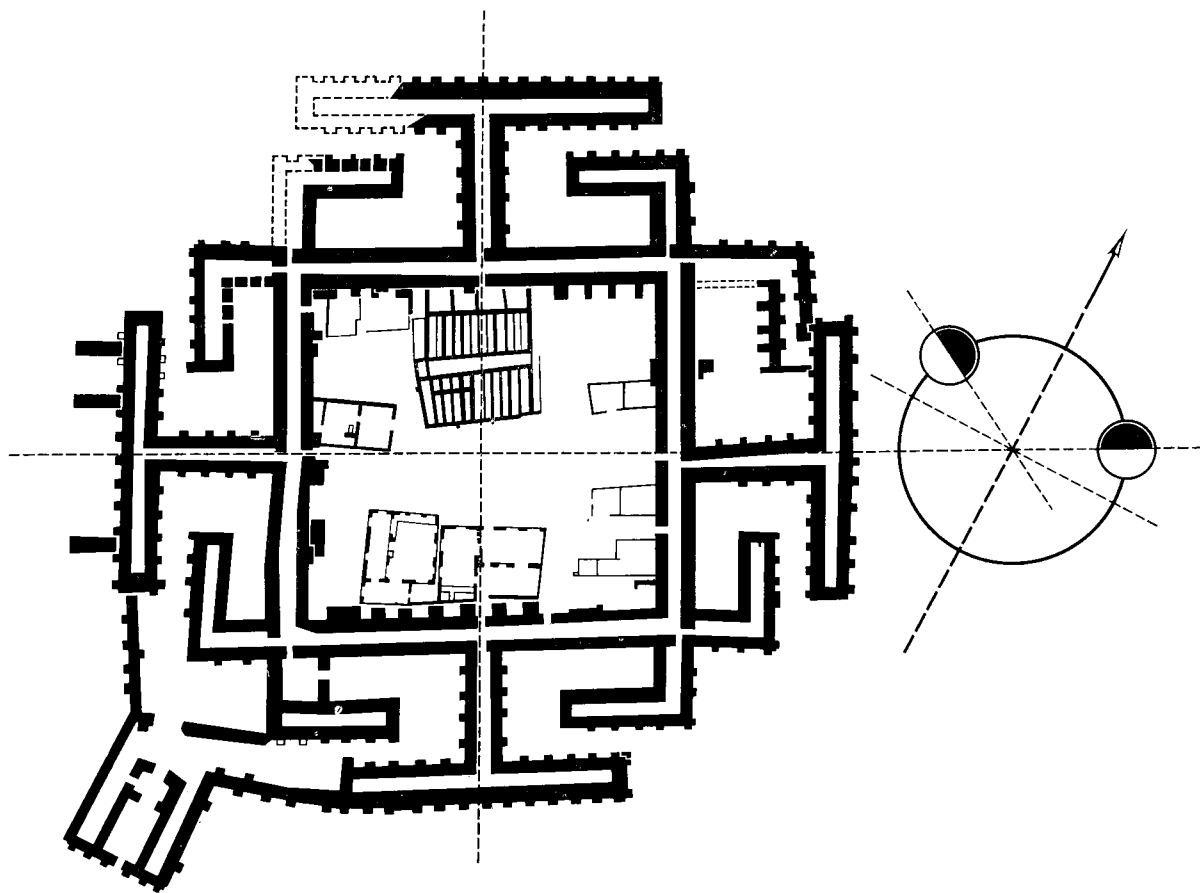


Рис. 13. Бактрия. Храмово-дворцовый комплекс на Дашлы-3 (XI в. до н. э.)

Дур-Шаррукин [цитадель (712—707 гг. до н. э.)]

Дур-Шаррукин — резиденция царя Саргона II. В северо-восточной части города, частично выходя за пределы его, на платформе площадью 10 га, сложенной из кирпича-сырца и облицованной каменными блоками, размещалась цитадель, где, собственно, и находились дворец Саргона, жилища его ближайшего окружения и храмы. Платформа на 14 м возвышалась над городом.

Во дворце было вскрыто до 200 помещений парадного, жилого и хозяйственного назначения. Три храма и зиккурат составляли обособленную группу у западной стены дворца. Зиккурат состоял из семи ярусов разного цвета. Ярусы объединялись пандусом, ведущим на самый верх, где происходили культовые церемонии [104, т. 1, с. 209—210].

Представляют исключительный интерес соотношения плана Дур-Шаррукина (рис. 15). Если сторону квадратного основания зиккурата *P* принять за единицу, то стороны главно-

го юго-восточного двора *A* выражены отношением

$$2 : \sqrt{5}.$$

Юго-восточная стена двора *A* поделена входом на отрезки

$$0,618 : 0,382.$$

Двор *B* представляет прямоугольник, стороны которого относятся как

$$1 : \sqrt{3}.$$

Однако его соотношения связаны с исходным параметром комплекса с квадратным основанием зиккурата, ибо его сторона относится к короткой стороне двора *B* как

$$2 : 3.$$

Примечательно, что северо-восточная стена двора *B* поделена входом на отрезки, которые выражены отношением

$$0,618 : 0,382, \text{ или } 5 : 3.$$

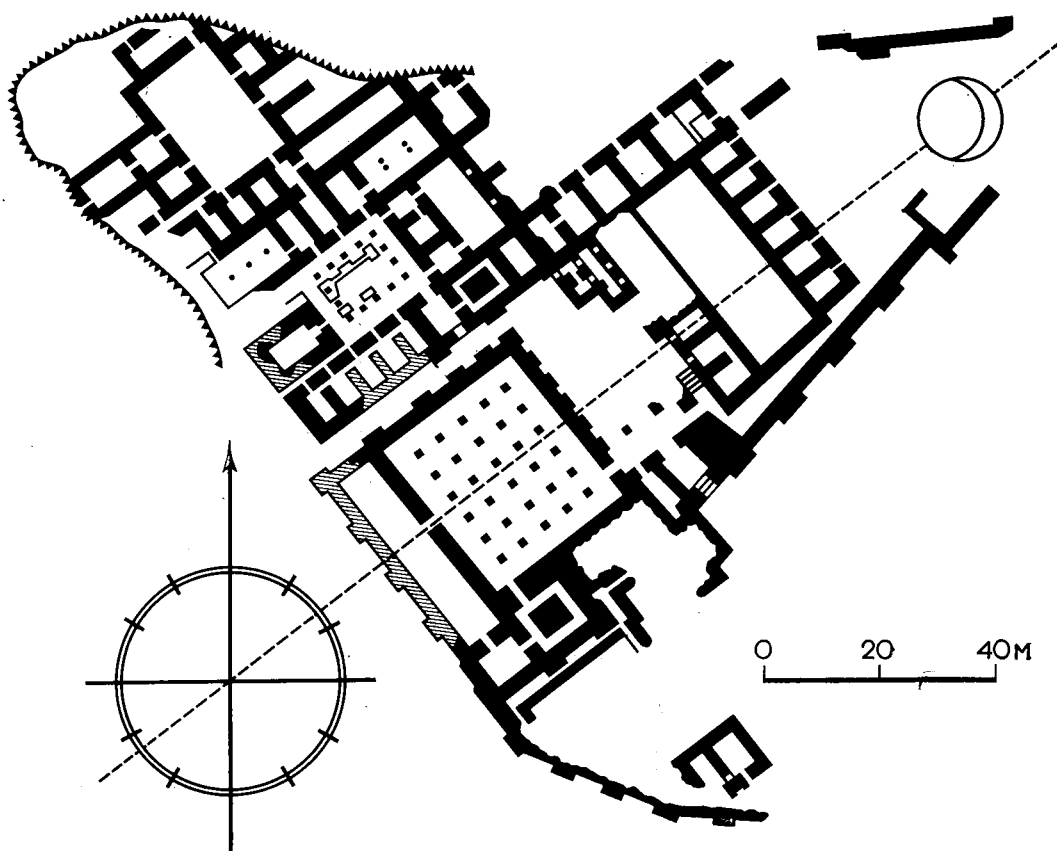


Рис. 14. Урарту. Арин-берд (VIII в. до н. э.). Общий план цитадели

Противоположная стена этого двора поделена входом на отрезки

$$0,553 : 0,447, \text{ или } 5 : 4.$$

Продольная ось плана сооружения членится поперечной осью, проходящей через ось зиг-курата, на отношения

$$7 : 8.$$

Городище Канка

Городище Канка, находящееся в 8 км от Сырдарьи, на правом берегу, отождествляется нами с Кирополем — городом, основанным Киром в 530 г. до н. э. как форпост на северо-восточных границах Ахеменидской державы, разрушенный Александром Македонским в 329 г. до н. э. Такое отождествление было основано на полном соответствии описания Кирополя древними авторами с топографией и размерами городища Канка [79]. Однако это положение оспаривается археологами, которые датируют Канку IV—III вв. до н. э.

Азимут оси цитадели городища Канка — 57° . При широте местности в $40^\circ 20'$ это восход Солнца в день летнего солнцестояния.

Гробница Кира (около 530 г. до н. э.)

Среди немногочисленных культовых сооружений ахеменидского времени особняком стоит гробница персидского царя Кира, погибшего при нападении на кочевников-саков в 530 г. до н. э. на территории Средней Азии.

Усыпальница с двускатной крышей поставлена на высокий семиступенчатый (включая нижний плинт) постамент и производит впечатление монументального сооружения [104, т. 1, с. 309]. Общая высота гробницы (включая нижний плинт) — около 11 м. Высота постамента и усыпальницы относятся как

$$1 : 1.$$

Прямоугольная камера имеет размеры $3,16 \times 2,18$. Стороны помещения относятся как

$$3 : 2,$$

погрешность — 11 см.

Пропорции прямоугольного плана усыпальницы по внешнему абрису представлены как

$$2 : \sqrt{5}$$

при диагонали, равной 3.

Пропорции бокового фасада выражены отношением

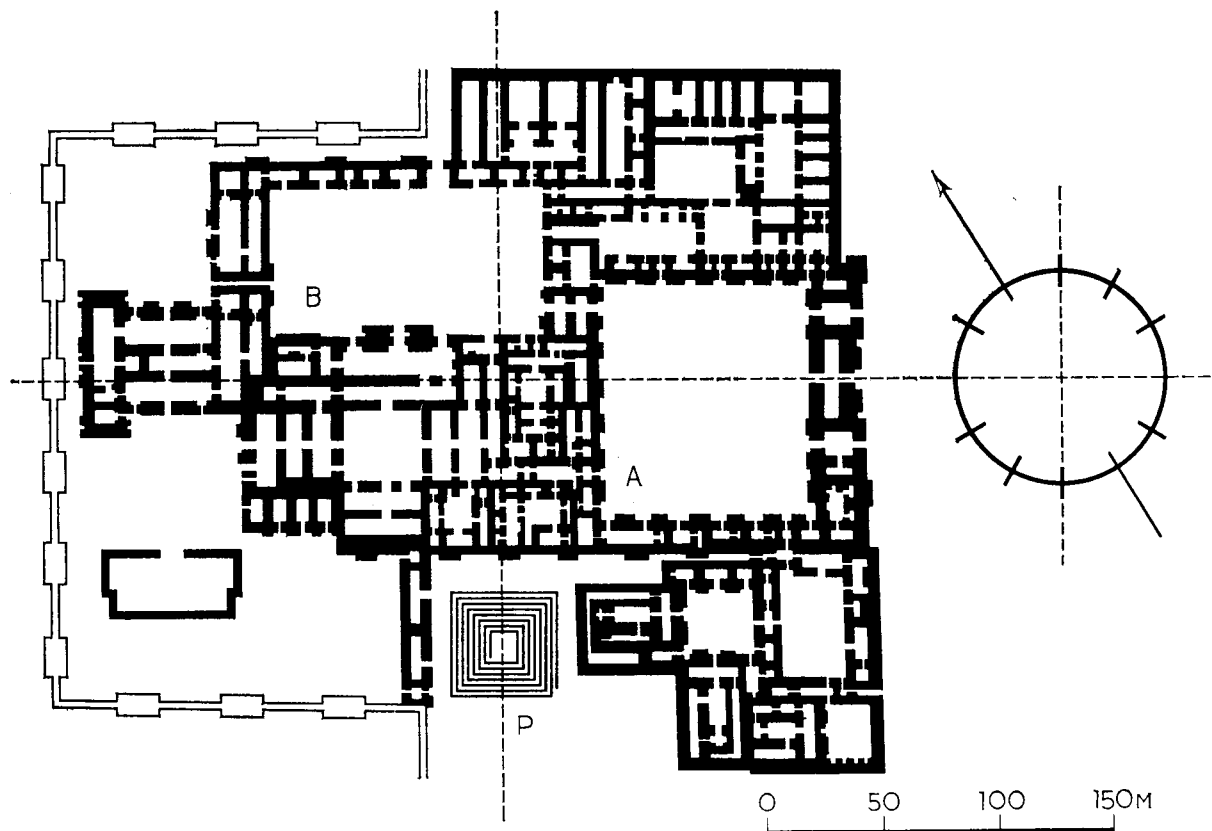


Рис. 15. Дур-Шаррукин (712—707 гг. до н. э.). Цитадель

$$\sqrt{5} : \frac{\sqrt{5}}{2}, \text{ или как} \\ 2 : 1.$$

Высота постамента и высота усыпальницы (без скатной крыши) относятся как

$$\sqrt{5} : \frac{\sqrt{5}}{2}.$$

Карниз усыпальницы при общей высоте 57 см расчленен: нижняя полка — 17 см, каблучок — 22 и верхняя полка — 18 см. Эти размеры не случайны, а представляют собой производные от деления линии в среднем и крайнем отношении, где высота каблучка — малый отрезок, а высота полки — большой отрезок, деленный пополам.

Проверка: $57 \times 0,382 = 21,8$ см. Погрешность — 2 мм.

$57 \times 0,309 = 17,6$ см. Погрешность — 4 и 6 мм.

Приведенный анализ убеждает в том, что гробница Кира была построена по заранее разработанному проекту, автор которого был сведущ в геометрии построения.

Персеполи.
Дворцы (VI—V вв. до н. э.)
[104, т. 1, с. 298—305]

Персеполи и его дворцы заслуженно вошли в историю мирового зодчества как архитектурные шедевры ахеменидского Ирана. Дворцовые сооружения Персеполя размещались на высоком скальном основании подпрямоугольной формы.

Площадь, занятая строениями, делилась на парадную, где размещались огромные приемные залы — ападана, помещения охраны, и на интимную часть, где сосредоточивались дворцовые покои, гарем и подсобные помещения. С западной стороны платформы находился главный вход в виде парадной двухмаршевой лестницы, которая вела во двор с величественными пропилями, за которыми высилась ападана Дария и Ксеркса, три фасада ее квадратного зала (62,5 × 62,5 м) завершались 12-колонными портиками.

Стены зала из кирпича-сырца разрушились, но часть каменных колонн или их основания позволили реконструировать архитектуру зала. Другой зал на этой же площади — зал ста

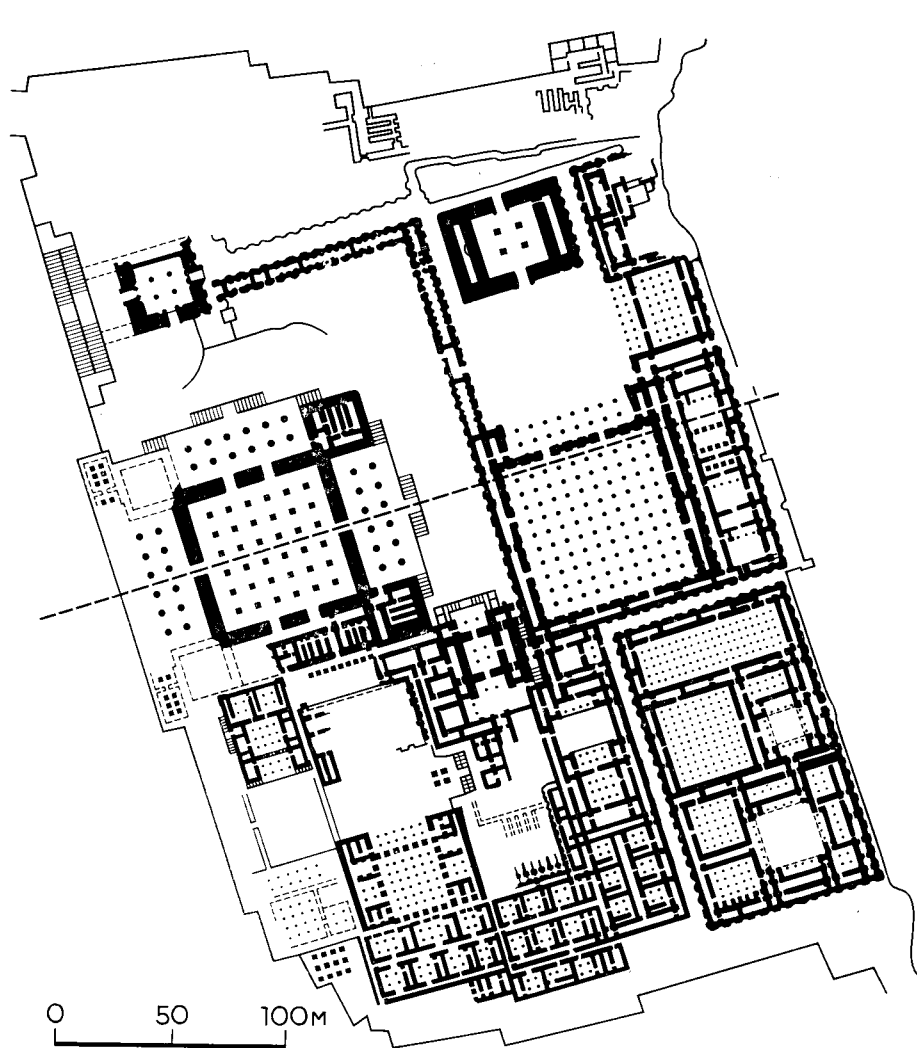


Рис. 16. Персеполь. Дворцовый комплекс (520—460 гг. до н. э.)

колонн, он несколько меньше по площади и по высоте, а портик у него только с северной стороны.

Вся планировка комплекса строго регулярна и подчинена единому замыслу. Ориентация главной оси имеет азимут $68^{\circ}30'$. Для широты Персеполя это заход Луны в дни летнего солнцестояния (рис. 16).

Посейдония [104, т. 2, с. 83, 100]

В древней Греции бог Посейдон был покровителем моря, водной стихии, коневодства. Ему посвящен город, построенный в VI в. до н. э. и получивший название Посейдония.

Город имел прямоугольную планировочную структуру. Его длинная ось, а также храмы Геры и Афины были ориентированы на восход Солнца в день летнего солнцестояния.

Для скотоводства (коневодства) и судоходства по морю лето было лучшим временем года (рис. 17).

Селинунт.

Храмы VI в. до н. э. [104, т. 2, с. 92—100]

Город возник на высоком плато у самого моря, между двумя речками. Городские стены следовали извилистым очертаниям холма. В VI в. до н. э. город быстро разрастался, пришлось перенести строительство на соседнее плато на восточном берегу речки, на расстояние 500—700 м.

Судя по сохранившимся жалким остаткам строений и письменным источникам, на территории старого города было построено 5 храмов. Ученые не могли установить, кому из божеств эти храмы посвящены, поэтому им дали

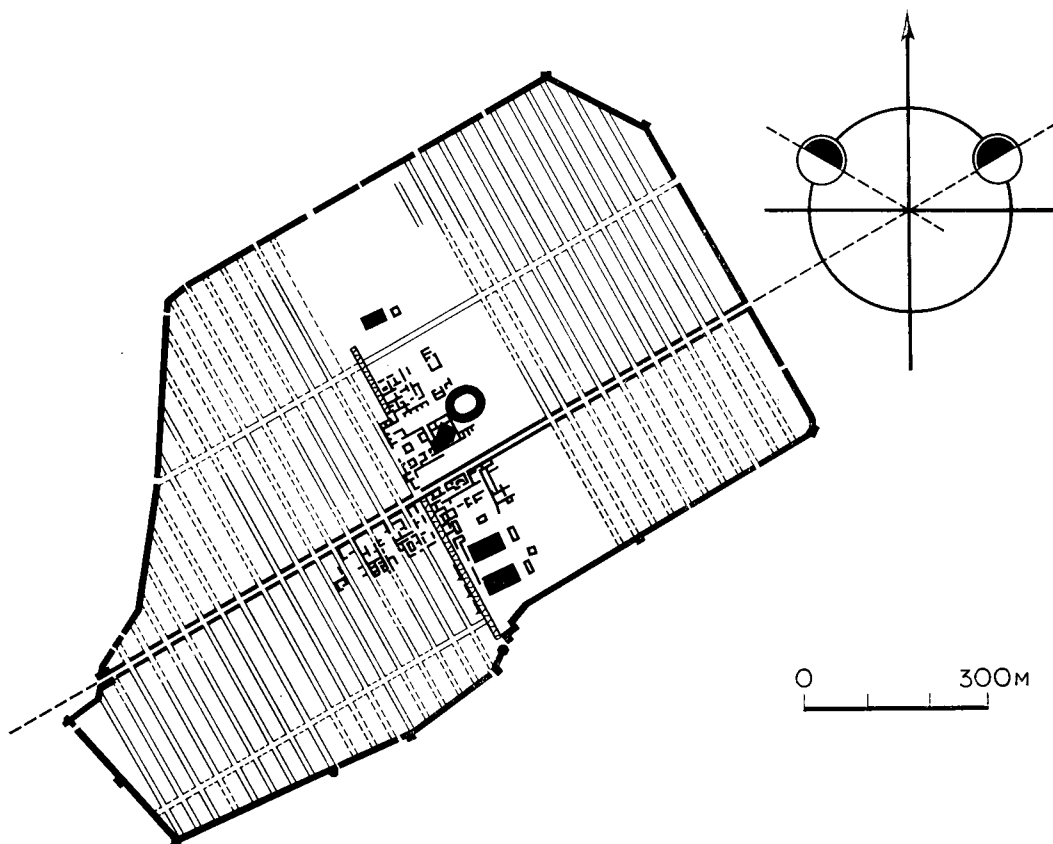


Рис. 17. Посейдония (VI в. до н. э.) План города

условные наименования *O, A, B, C, D*. На соседней территории в новом городе сохранились остатки трех храмов — *E (R), E (S)* и *G (T)*. Не останавливаясь на отдельных особенностях этих восьми храмов, следует констатировать, что у них есть нечто общее: все они были ориентированы на заход Солнца в день равноденствия, что в данном случае указывает на почитание захода, а не восхода Солнца.

Храм Зевса в Олимпии [104, т. 2, с. 154—162]

Храм, построенный греками в честь победы над персами при Платеях (479 г. до н. э.) был кульминацией дорического стиля. Его размеры в плане — $27,68 \times 64,12$ м. Отношение ширины к длине как

$$1:2\frac{1}{3},$$

погрешность, допущенная при строительстве или при обмере, — 17 см.

Храм был разрушен при землетрясении. На основании исследования руин и описаний храма древнегреческими авторами выполнен прекрасный проект реконструкции храма, вошедший во все учебники по истории архитектуры. Правда, спорной представляется реконструк-

ция целлы, которая, вероятнее всего, была раскрыта к небу, так как иначе голова Зевса упиралась бы в потолок, а в святилище было бы темно, что несовместимо с культом божества. Примечательно, что храм Зевса в Олимпии был точно ориентирован на восход Солнца в день весеннего равноденствия — 22 марта (рис. 19), а Олимпийские игры через каждые четыре года начинались с первого полнолуния после летнего солнцестояния.

Благодаря раскрытости целлы к небу и наличию большого дверного проема (5×10 м) первые лучи солнца в дни весеннего равноденствия озаряли статую Зевса из слоновой кости и золота, восседавшего на троне. Нетрудно представить, какое огромное впечатление производило это зрелище на верующих.

Милет

Город Милет возник в эпоху расцвета великой Греции, и в его планировке наиболее ярко и зримо представлена Гипподамова система планировки, которая отражала атомистическую концепцию пифагорейцев, с одной стороны, и социально-философскую доктрину равных прав на блага жизни всех свободных гражд-

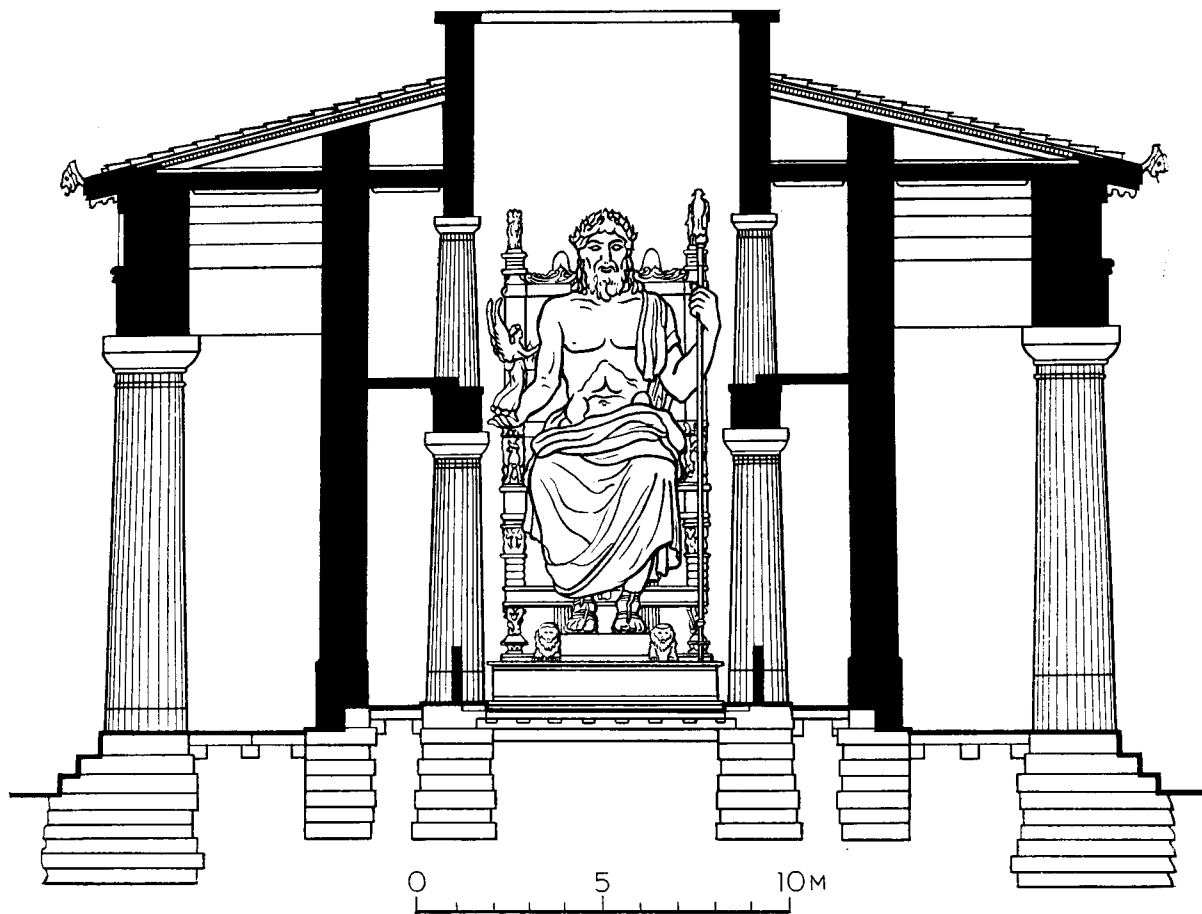


Рис. 18. Олимпия. Храм Зевса. Поперечный разрез. Реконструкция

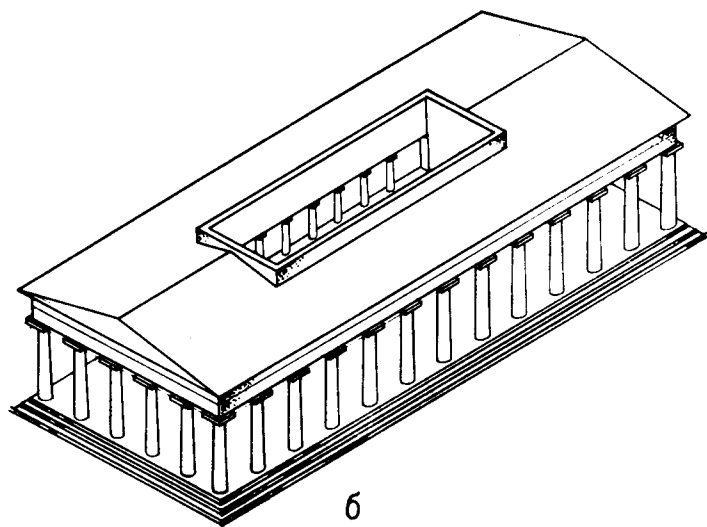
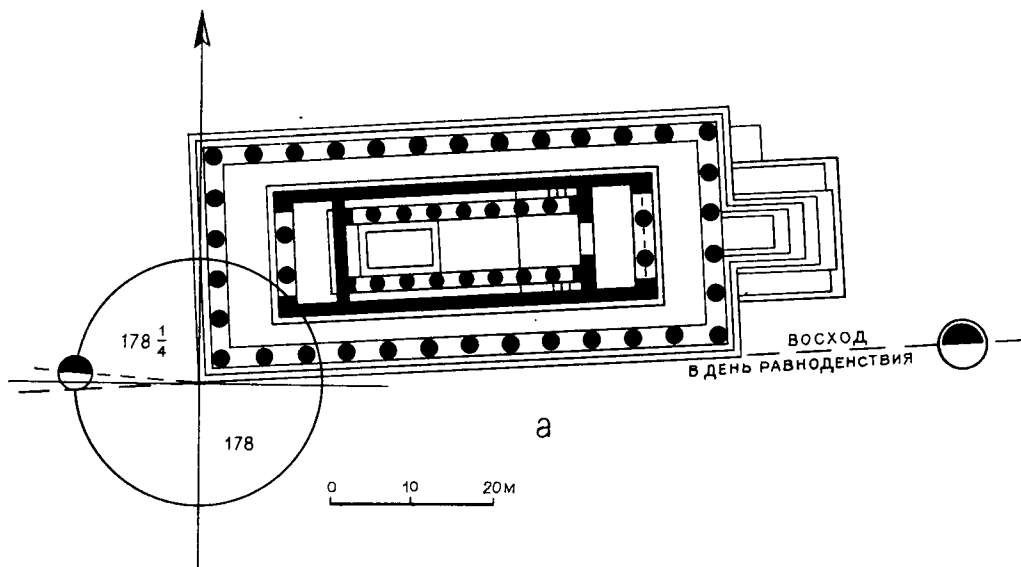


Рис. 19. Храм Зевса в Олимпии (479 г. до н. э.):
 а — план здания; б — аксонометрия храма. Реконструкция

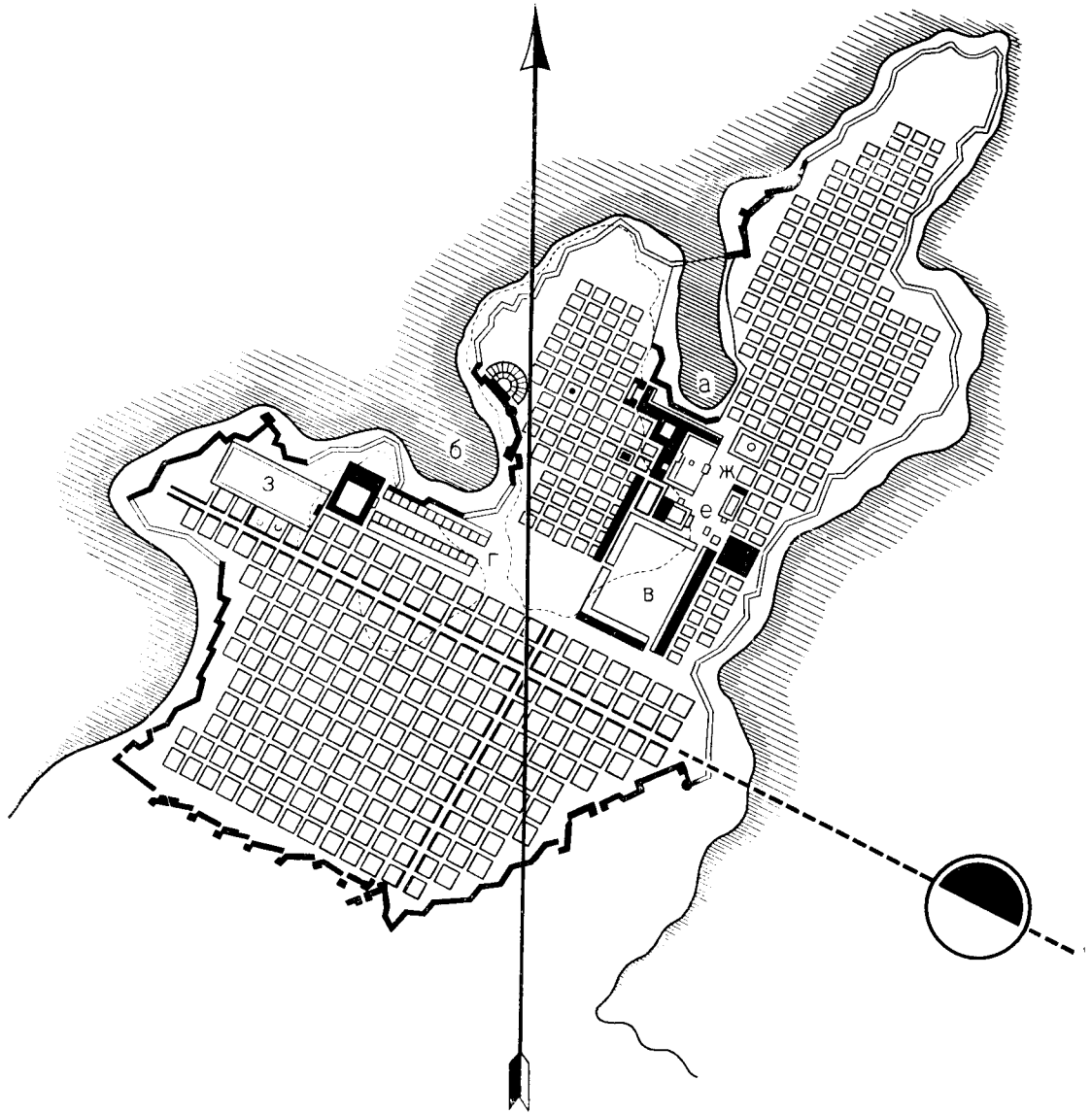


Рис. 20. Милет (479 г. до н. э.). План города

дан полиса — с другой [104, т. 2, с. 143, с. 302, 310].

Однако, став реальностью в градостроительстве, она в социальном аспекте осталась утопией: равноправия не было, богатые создавали себе дворцы, утопающие в зелени садов и парков, бедные ютились на городских окраинах.

Город, расположенный на полуострове извилистой конфигурации, с двумя морскими заливами, имеет прямоугольную сетку улиц с одинаковыми кварталами и участками домовладений.

В планировочную ткань города вкомпонованы городские площади, на которых расположены храмы, театры, стадионы, рынки, ориен-

тированные основными композиционными осями на восход Солнца в день зимнего солнцестояния (рис. 20).

Гипподамова система осуществляется вопреки здравому смыслу даже на площадке со сложным рельефом.

Это касается таких городов, как Приена (вторая половина IV в. до н. э.) или Александрия в Египте (332—331 гг. до н. э.) и др.

В отличие от города Милета в этих двух городах храмы и алтари были ориентированы на восход Солнца в день весеннего равноденствия. Примечательно, что в Александрии Египетской восточные ворота назывались «Воротами Солнца», а западные — «Воротами Луны».

В установлении пропорций городских площадей зодчие пользовались кратными отношениями малых величин, а также геометрическими построениями. Например, площадь центрального (южного) рынка города Милета имеет размеры $115,7 \times 161,5$, отношение сторон как

$$5 : 7.$$

Проверка: $\frac{115,7}{7} \times 5 = 161,98$, погрешность — 48 см.

Западная сторона этой площади расчленена входными воротами на отрезки, которые относятся как

$$\frac{1}{\sqrt{5}} : \frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}}, \text{ или}$$

$$0,447 : 0,553, \text{ или}$$

$$4 : 5.$$

Парфенон (477—432 гг. до н. э.)

Парфенон был создан гением архитекторов Иктина и Калликрата как всеэллинское святилище, призванное выражать ведущую роль Афин среди греческих государств-полисов, в нем же должна была храниться казна греческого морского союза и все государственные

документы — союзные договоры [104, т. 2, с. 193—213].

Время и превратности судьбы превратили Парфенон в руины, которые продолжают разрушаться, несмотря на многочисленные меры по их консервации. О дальнейшей судьбе памятника много дискутировали, вывод был таким: памятник необходимо реставрировать, чтобы сохранить его для будущих поколений, необходимо вернуть на свои места скульптуры с фронтона, находящиеся теперь в Британском музее.

Описывать Парфенон нет надобности, так как о нем существует большое количество научной и научно-популярной литературы. Тем не менее хочется затронуть лишь два вопроса, которым не уделялось достаточного внимания. Это характер устройства главного зала святилища и ориентация Парфенона с отклонением на несколько градусов от линии восхода Солнца в день весеннего равноденствия (рис. 24).

Историческая наука не располагает сведениями о том, представлял ли собой Парфенон храм типа гипетра или нет; в связи с этим историки без уверенности говорят об отсутствии крыши над целлой. Между тем раскрытие целлы обосновывается нами фактом многовековой

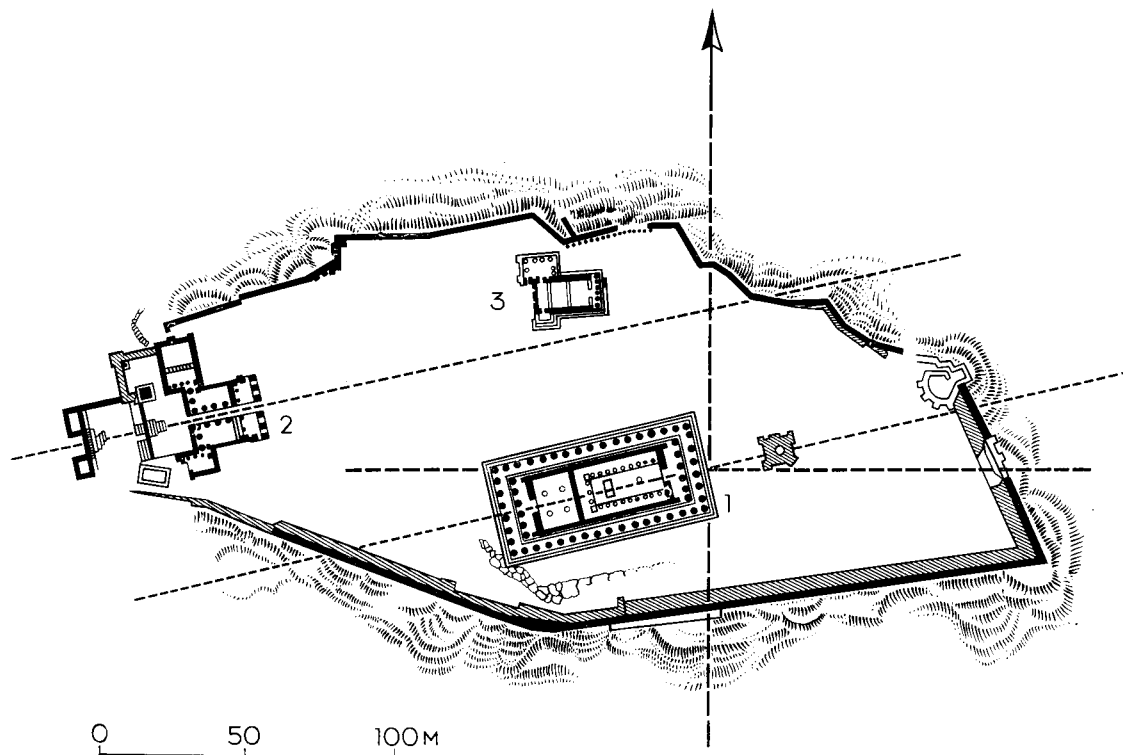


Рис. 21. Афины. Акрополь (447—406 гг. до н. э.). План комплекса:

1. Парфенон (447—432 гг. до н. э.);
2. Пропилен (437—432 гг. до н. э.);
3. Эрехтейон (421—406 гг. до н. э.)

традиции строительства храмов астрального культа.

Заметим, что архитектор А. Чернихов, познакомившись с исследованиями автора этой книги, привел данные, обосновывающие отсутствие крыши над целлой с помощью анализа архитектурно-пространственной структуры Парфенона.

Храм Зевса в Олимпии и Парфенон были начаты строительством почти одновременно, но ориентированы различно. Если храм Зевса был обращен главным фасадом точно на восход Солнца в день весеннего равноденствия, то Парфенон ориентирован на восход утренней зари. Предутренняя зоря почиталась древними греками, что и нашло свое воплощение в ориентации Парфенона. Аналогичную с Парфеноном ориентацию имеют алтарь, находящийся у западного его фасада, а также пропилеи, законченные строительством одновременно с храмом. Однако Эрехтейон, уникальное по своей композиции сооружение, ориентирован на восход Солнца в день весеннего равноденствия.

В нашу задачу не входит исследование пропорций Парфенона, оно уже выполнялось многими учеными и получило освещение в литературе. Стало очевидным, что строители Парфенона при определении соразмерностей пользовались производными двух квадратов, которые объективно отражали математические познания зодчих эпохи и их философско-эстетические воззрения⁷.

Афины. Акрополь. Эрехтейон
(421—406 гг. до н. э.)
[104, т. 2, с. 213—223]

Эрехтейон — храм, посвященный Афине и Посейдону. У него асимметричный план и сложное объемно-пространственное решение с тремя портиками, расположенными на разных уровнях. Основное здание представляет собой прямоугольник размером $11,63 \times 23,50$ м. Отношение = 1 : 2, погрешность — 24 см.

На восточном фасаде — шестиколонный портик. Западный фасад с высоким цоколем завершался четырьмя колоннами в антах, северный портик — трехсторонний, а южный портик — с кариатидами.

Помещение храма состояло из двух частей. Восточная часть была святилищем Афины, где стояла древняя деревянная статуя богини. Доступ в целлу имели только жрецы. Западная часть была храмом Посейдона и делилась на несколько помещений — вытянутый с севера на юг пронаос и две примыкавшие с востока комнаты. Северный портик служил входом в целлу Посейдона. В пронаосе через отвер-

стие в полу можно увидеть на скале Акрополя след трезубца от удара Посейдона. В потолке над этим местом отверстие, чтобы священный знак был под открытым небом. Там же и колодец с соленой водой, появившейся от этого удара, — «Эрехтеево море».

Эрехтейон своей продольной осью был ориентирован на восход Солнца 22 марта.

Храм Кутлуг-тепе (V в. до н. э.)

Круглое здание с замкнутым пространством двора в поселении Кутлуг-тепе Фарукабадского оазиса по своей объемно-пространственной композиции напоминает круглый храм на Дашлы-3, отличаясь крепостным характером конструктивной основы сооружения и суровым архитектурным обликом. С момента сооружения храма на Дашлы-3 (XVII в. до н. э.) прошли столетия. За это время он пришел в упадок или был разрушен в бурные годы военных походов Кира II (около 558—530 гг. до н. э.), создавшего могущественную ахеменидскую державу на громадных просторах Среднего и Ближнего Востока.

Нестабильная военно-политическая обстановка тех лет оказала влияние на характер строительства; города Бактрии окружаются мощными крепостными стенами, а храмы становятся крепостными сооружениями, способными противостоять осадам и атакам врага.

Возможно, таким же храмом — крепостью являлся храм Кутлуг-тепе. Анализ археологических материалов, полученных при его раскопках, позволяет выдвинуть проектное предложение по воссозданию былого объемно-пространственного решения композиции Кутлуг-тепе, отличное от уже имеющихся предложений [258, с. 118—119].

Стены Кутлуг-тепе сохранились на высоту 1,5 м и представлены тремя концентрическими кругами, создающими два коридора — *A* и *B*, а также круглый двор диаметром около 22 м (рис. 22, а). Примечательно, что две стены, обрамляющие обходной коридор *A*, толстые — 2,5—3,0 м при ширине коридора 3,5 м. Они, вероятно, имели значительную высоту — до 6—7 м — и создавали аналогичный коридор и во втором этаже. Перекрытие коридора *B*, вероятно, было балочным. Применение сводчатого перекрытия для коридора *A* могло иметь место лишь для первого этажа, а для второго оно было балочное, т. е. сводчатое здесь недопустимо по условиям статики.

В северном секторе здания имеется местное уширение внутренней стены коридора *A* на 1,5 м, оно имеет в длину около 22 м. Это монолитное основание пристенной лестницы, кото-

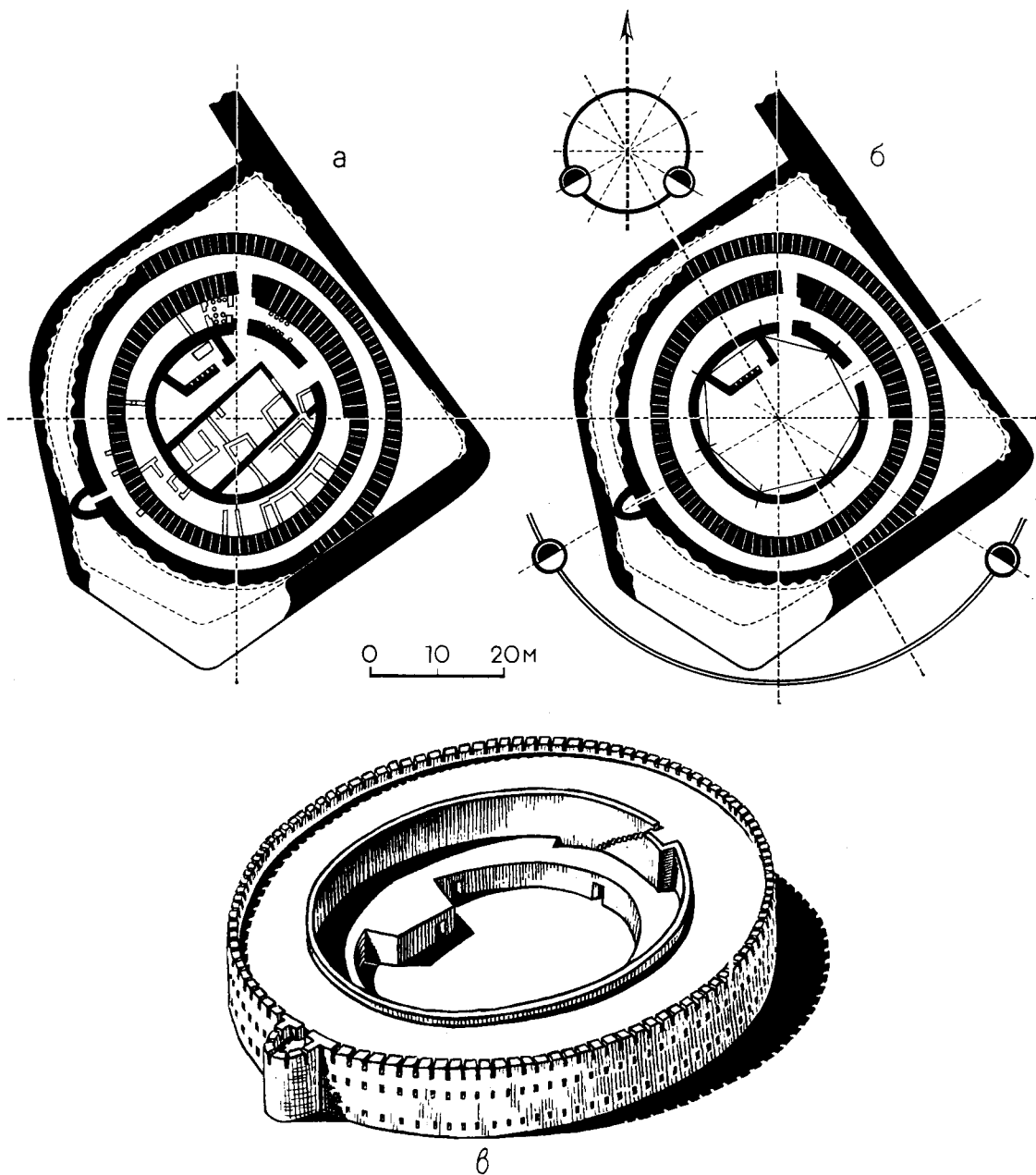


Рис. 22. Бактрия. Кутлуг-тепе (V в. до н. э.). «Круглый дом»:

a — план по В. И. Сарияниди; *б* — план. Реконструкция; *в* — аксонометрия сооружения. Реконструкция

рая вела на второй этаж и на крышу круговой галереи.

Внутренняя стена коридора *B* имеет меньшую толщину и по высоте не превышала одного этажа. Здесь размещались подсобные помещения храма. В северо-западном секторе двора есть помещение площадью около 25 кв. м с пятью нишами на западной стороне, рассматриваемое В. Сарияниди как алтарь храма. По всей вероятности, это было помещение главного жреца. Здесь соблюдалась исключительная чистота, даже пол имел обмазку белого цвета, а суфа

в северо-восточном углу была покрыта циновками.

Вход в храм Кутлуг-тепе расположен в северном секторе здания, а в юго-западном секторе имеется овальной формы помещение, выступающее на 4-м за пределы стен внешнего фаса. Функциональное назначение этой пристройки оставалось неясным. Замкнутое пространство двора представляло собой два поля цилиндра диаметром 33 м по верху и 22 м в нижней части с площадью двора около 380 кв. м (рис. 22, б).

Возникает вопрос: какому же культу принадлежал храм Кутлуг-тепе? В Ахеменидской державе официальной государственной религией являлся зороастризм, родиной которого, по мнению некоторых ученых, была Бактрия [110, с. 52—53].

Храм Кутлуг-тепе, вероятно, не был связан с зороастрийской религией, а посвящен небесному божеству, что косвенно подтверждается, во-первых, сообщением Геродота, который писал, что «персы вообще не считают богов человекоподобными существами, как это делают эллины. Так, Зевсу (Ахурамазде) они обычно приносят жертвы на вершине гор и весь небесный свод называют Зевсом (Ахурамаздой). Совершают они жертвоприношения также солнцу, луне, огню, воде и ветру» [111, с. 1, 131]; во-вторых, ориентацией храма Кутлуг-тепе на заход Солнца в день зимнего солнцестояния (рис. 22, б).

Круглое здание Кутлуг-тепе не имеет ярко выраженной композиционной оси, однако объемный выступ на юго-западном секторе и входной проем из коридора В в пространство двора лежат на одной линии, имеющей азимут около 60° , — это направление на закат Солнца в день зимнего солнцестояния. У читателя, конечно, могут возникнуть вопросы: не связана ли эта ориентация с почитанием солнечного божества Митры? Если так, то почему Кутлуг-тепе ориентирован на закат в день зимнего солнцестояния, а не на восход в день летнего солнцестояния?

В древнейшую эпоху Митра был одним из олицетворений божества. В древних текстах Авесты Митра отсутствует, однако в народе Митру почитали. Этим следует объяснить тот факт, что царь Артаксеркс II (406—362 гг. до н. э.) узаконил культ этого бога, а жрецами митраизма был установлен день «рождения» Митры, который праздновали в период зимнего солнцестояния — 25 декабря [127, с. 118; 267, с. 387].

Время празднования было установлено жрецами не случайно: в декабре наступает благоприятная пора, нет изнуряющей жары, подведены итоги сельскохозяйственных работ, собран урожай. Кроме того, ориентация храмов на восход или закат светила в день зимнего солнцестояния была обусловлена разными воззрениями на начало суток у разных народов. У одних сутки — это время с начала ночи до начала другой ночи, т. е. от заката до заката Солнца, а у других — от восхода до восхода Солнца [10, с. 69]. Если жрецы Кутлуг-тепе были приверженцами тех, кто полагал, что сутки начинаются наступлением темноты, то ориентация оси храма на закат становится правильной.

В-третьих, как уже говорилось, помещение для главного жреца в храме Кутлуг-тепе расположено в северо-западном секторе круглого зала. Примечательно, что оно занимает ровно одну седьмую его окружности. Следовательно, окружность могла быть поделена на 56 (поскольку $8 \times 7 = 56$), как и в храме на Дашлы-3. Это приводит нас к вопросу о вероятности использования жрецами сароса с циклом $19 + 19 + 18$ лет для определения наступления времени солнечных и лунных затмений.

Вполне возможно, что в рассматриваемую эпоху увеличились требования, предъявляемые к жрецам-астрономам, которые вели наблюдения за светилами для составления календаря, определения благоприятных условий, моментов прибытия воды в оросительную систему и начала полевых сельскохозяйственных работ. Астрономические наблюдения были также связаны с необходимостью определения времени в течение суток.

Внешняя стена на верхнем этаже Кутлуг-тепе, поделенная бойницами на 48 или 96 частей (соответственно «шаг» — 3,2 и 1,6 м), могла быть использована для фиксации положения Солнца от восхода до захода через каждые полчаса в первом случае или через четверть часа во втором⁸.

Приведенный выше анализ архитектурной формы храма Кутлуг-тепе позволяет высказать предположение, что перед нами бактрийский храм астрального культа, где велись астрономические наблюдения, — памятник истории науки, значение которого трудно переоценить. Успехи астрономии в Бактрии были обусловлены не только местными традициями, восходящими к храму на Дашлы-3, но и культурно-экономическими связями с вавилонянами, прямыми потомками шумеров, тем более что в рассматриваемую эпоху Бактрия и Вавилон находились в составе одного государства.

Кой-Крылган-кала (IV в. до н. э.)

Среди архитектурных памятников материальной и духовной культуры древнего Хорезма особого внимания заслуживает архитектурное сооружение Кой-Крылган-кала, которое изучалось Хорезмской археолого-этнографической экспедицией (ХАЭЭ) АН СССР на протяжении семи лет при участии археологов, этнографов, архитекторов, математиков и астрономов под руководством С. П. Толстова.

Исследованиями ХАЭЭ были выявлены планы стен первого и частично второго этажа Кой-Крылган-калы, установлено, что здание было построено в IV в. до н. э., продолжало обживаться до IV в. н. э. с перерывом во II и I в. до н. э., когда оно было заброшено. Установ-

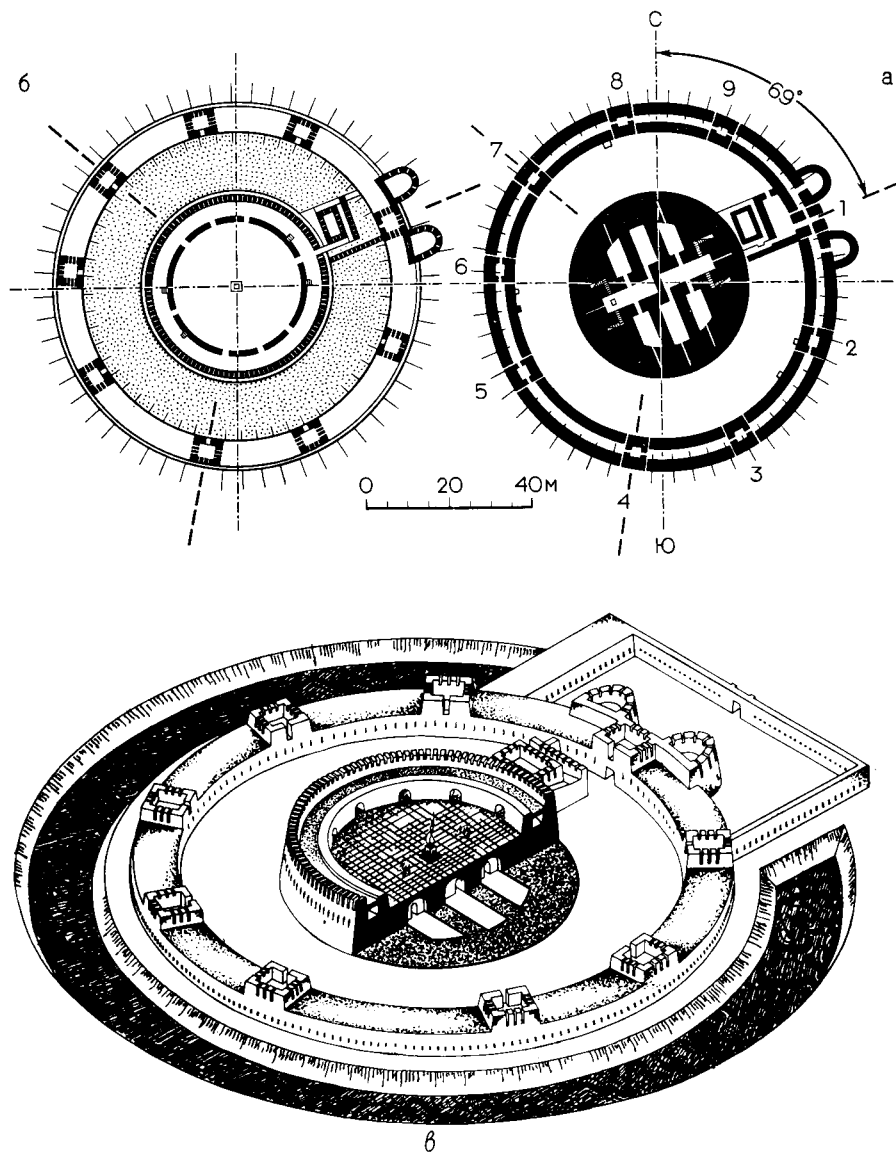


Рис. 23. Хорезм. Кой-Крылган-кала (356—329 гг. до н. э.):
 а — план первого этажа; б — план второго этажа. Реконструкция; в — аксонометрический разрез
 ядра комплекса. Реконструкция

лено также, что весь комплекс строился в три периода.

К первому относилось создание цилиндрического здания и одинарной крепостной стены-ограждения, ко второму — усиление фортификации путем возведения второй наружной стены с устройством круговой стрелковой галереи, девяти башен и входного укрепления — «лабиринта» с двумя овальными башнями. К третьему периоду относится застройка жилыми и подсобными помещениями кольцевого дворового пространства [158, с. 17].

Кой-Крылган-кала представляет собой объемно-пространственную композицию, вписанную в круг диаметром 87 м. Внешнее кольцо стрел-

ковой галереи было одноэтажное при ширине корпуса около 7—7,5 м.

В габаритах корпуса этого кольца возвышалось девять башен квадратного сечения. В центре композиции — цилиндрическое здание при диаметре круга 44,4 м у основания, с толстыми (около 7,5 м) наружными стенами и обходной стрелковой галереей по второму этажу.

Установлено, что в помещения первого этажа центрального здания можно попасть только с галереи второго этажа по четырем двухмаршевым лестницам, расположенным по концам коридора, пересекающего план первого этажа с северо-востока на юго-запад (рис. 23).

В первом этаже шесть камер, симметрично размещенных относительно оси коридора. Камеры (кроме одной) освещены маленькими проемами в семиметровой толще наружной стены. Проемы служили и для проветривания помещений первого этажа. Ширина коридора и камер — 4,0—4,2—4,5 м, а толщина их стен — 2,40, 3,00 и 1,80 м. Перекрытие над первым этажом было сводчатое.

При исследовании Кой-Крылган-калы ученые столкнулись с трудной проблемой определения функционального назначения этого сложного по своей планировочной структуре сооружения.

Исследования плана первого этажа и частично стрелковой галереи второго этажа центрального здания позволили убедиться, что Кой-Крылган-кала не жилой дом, не дворец, не мавзолей и не храм, так как в нем отсутствует «культовый фокус» (место кумира, алтаря и т. п.), присущий такого рода архитектурным сооружениям [241, с. 49].

После долгих научных поисков, размышлений, дискуссий, привлечения иконографического материала с аналогичными композициями планов сооружений погребального культа сако-массагетского этноса и сопоставления их с солярными знаками, получившими распространение в данном регионе, привлечения истории религиозных верований Хорезма и сопредельных стран, данных о проникновении зороастризма в степные просторы, анализа различных обрядов захоронений в сопоставлении всего этого со следами огня, обнаруженными на Кой-Крылган-кале, исследователи пришли к выводу, что это памятник погребального культа, связанный с обрядом трупосожжения [158, с. 18].

На основании археологических материалов архитектор М. С. Лапиров-Скобло на высоком профессиональном уровне выполнил проект архитектурной реконструкции сооружения [158, с. 129].

Однако следует констатировать, что в трудах ХАЭЭ остались неосвещенными:

а) обстоятельства, вызвавшие необходимость второго этапа строительства — усиления оборонной функции сооружения;

б) причины устройства девяти башен, отличных по своей форме от двух овальных в системе обороны «лабиринта»;

в) датировка первого и второго периодов строительства.

Кроме того, в проекте реконструкции М. С. Лапирова-Скобло представляется неубедительным полное повторение планировки первого этажа во втором и отсутствие главного помещения, где могли бы происходить ритуальные процедуры.

Думается, что археологический материал экс-

педиции требует переосмысления и в ряде случаев иного толкования, что в конечном счете может привести к другим проектным предложениям по архитектурной реконструкции Кой-Крылган-калы.

В отличие от проекта М. С. Лапирова-Скобло нами выдвигается предположение о существовании в Кой-Крылган-кале на уровне пола второго этажа раскрытого в небо пространства — зала для моления и ритуальных действий, окруженного стрелковой галереей, — прием композиции, восходящий к храмам на Дашлы-3 и Кутлуг-тепе. Мы полагаем, что в центре этого зала под открытым небом мог размещаться и алтарь для культовых церемоний, и рассматриваем этот памятник как храм, посвященный солнечному божеству Митре, с казнохранилищем в первом этаже (рис. 23, а, в).

Мы не знаем, каким был внешний облик алтаря Кой-Крылган-калы. Быть может, композиция алтаря завершалась изображением золоченого солнечного диска или другим солярным символом. Могла быть и более сложная композиция, посвященная Митре, Анахите и Сиявшу. Соображений на этот счет может быть множество. И все они уже из области научной фантастики. Однако наличие алтаря в центре дворового пространства становится реальным, так как находит подтверждение в том, что основание под ним сохранилось на первом этаже в виде стены толщиной 1,80 м, перегородившей коридор пополам в геометрическом центре круглого здания.

Эта стена по сравнению с другими стенами тонка. Она не могла быть толще по условиям планировки в связи с необходимостью организации входов из коридора в помещения IV и VIII. По мнению Ю. А. Рапопорта, стена, перегородившая коридор, устроена для того, чтобы расчленив погребальный комплекс-наус для урн с пеплом на две половины — мужскую и женскую, — связанные с культом Сиявшу и Анахиты [158, с. 14]. Так ли это на самом деле?.. Сомнительно. Вызывает сомнение и погребальное назначение камер первого этажа в качестве науса для хранения урн с прахом хорезмийских правителей.

По нашему мнению, назначение этих камер было более прозаическое: они являлись казнохранилищем храма или хорезмийского государства. Сюда стекались значительные богатства в виде даров и дани кочевых племен, подчиненных Хорезму. При этих обстоятельствах возникла необходимость в создании казнохранилища в храме Кой-Крылган-кала. Сокровища укрыты в камерах первого этажа, имевших стены семиметровой толщины. Доступ в них возможен только из контролируемой стрелковой галереи.

Рассматривая вопрос о назначении помещений первого этажа, хочется напомнить об одном интересном наблюдении археологов ХАЭЭ: «Западные лестницы, видимо, уже в период постройки здания были признаны ненужными, поэтому выход из них на галерею был заложен» [158, с. 14]. Наблюдения, конечно, верны, но вывод может быть иным...

Нам представляется следующая картина: как только строительство здания было завершено и началось его обживание, камеры западной половины первого этажа были использованы по прямому назначению — сюда была свезена храмовая или государственная казна, а вход из галереи на лестницу, ведущую на первый этаж, был заложен кирпичом — «опечатан».

С этого момента Кой-Крылган-кала становится государственным казнохранилищем, которое посещалось казначеями редко, чем и объясняется правильный вывод археологов о том, что «эти лестницы не имели следов сколько-нибудь интенсивного использования» [158, с. 14].

Заметим, что закрытые камеры-хранилища отмечаются в Южной Туркмении в парфянской крепости Митридаткерт — царском некрополе, оформленном во II в. до н. э. при Митридате I (171—138 гг. до н. э.), это и сокровищницы во дворце Ай-ханум (II в. до н. э.), да и Парфенон на Акрополе был местом для хранения казны, государственных актов и других письменных документов Афин и возглавляемого ими морского союза.

В западной половине коридора, у лестниц, есть колодец, которому Ю. А. Рапопорт приписывает ритуальное значение, связанное со стихией воды, подобно тому как Р. Гиршман связывает с культом Анахиты подведение воды к целле храма в Бишапуре [241, с. 52, примеч. 39]. Оставляя в стороне гипотезы Р. Гиршмана, следует сказать, что колодец в Кой-Крылган-кале — это источник водоснабжения при возможной осаде.

Как уже говорилось выше, Кой-Крылган-кала датируется IV в. до н. э. Уточнение датировки позволяет высказать предположение о начале строительства этого сложного архитектурного комплекса, который сочетал в себе функции храма Митры, казнохранилища и обсерватории, после случившегося здесь полного солнечного затмения в 356 г. до н. э. [313, с. 6]. Солнечное затмение произвело на все слои населения Хорезма сильнейшее впечатление: оно явилось как бы внешним толчком, побудившим деятелей хорезмского государства и жрецов астрального культа Митры к строительству храма, посвященного солнечному божееству. Астрономические наблюдения в храмах были основой календарной службы,

совершенно необходимой для народного хозяйства, наблюдения нужны были жреческому сословию и для предсказания солнечных и лунных затмений, чтобы держать в страхе и повиновении свою паству.

Второй период строительства Кой-Крылган-калы, по всей вероятности, был связан с военно-политической обстановкой, сложившейся в результате завоевательных походов Александра Македонского.

Пока победоносные войны Александра проходили вдали от Хорезма, на восточном побережье Средиземного моря, они не беспокоили правителей Хорезма. Их озабоченность усиливается после того, как полчища завоевателей, преодолевая сопротивление персидских войск, дошли до берегов Тигра и Евфрата, в ожесточенных боях овладели столицей государства Ахеменидов — городом Персеполем, превратив его в пепелище (330 г. до н. э.).

Беспокойство хорезмийцев еще больше усилилось, когда, преследуя остатки ахеменидских войск, отступающие на северо-восток, Александр в 329 г. до н. э., в весеннее половодье форсировал Окс (Амударью), вступил в пределы Согдианы, овладел ее столицей Самаркандом и дошел до берегов Яксарта (Сырдарья).

Хорезмийцы, находившиеся в тесном культурно-экономическом контакте с ахеменидским Ираном, пристально следили за всеми этими событиями. Они в своих прогнозах дальнейшего развития военно-политических событий не исключали возможности греко-македонской агрессии на Хорезм. Поэтому для обсуждения вопроса о защите страны был, вероятно, созван Совет вождей сако-массагетских племен и правителей Хорезма. Стране грозила смертельная опасность, позорное рабство под игом чужеземцев, хозяйственное разорение, поругание почитаемых святынь.

Еще жива была в памяти народной война двухвековой давности, когда царь персидский Кир захотел подчинить себе массагетов и напал на страну. В то время у массагетов царицей была Томирис, вдова покойного царя.

Персидские войска форсировали многоводный Аракс, и завязалась такая жестокая битва, какой не знала Великая степь. Сначала, как сообщает Геродот, противники, стоя друг против друга, стреляли из луков, затем, исчерпав запас стрел, они бросились в рукопашную с кинжалами и копьями. Бились долго: никто не желал отступать. Наконец массагеты одолели. Почти все персидское войско пало на поле битвы, погиб и сам Кир.

На совете вождей племен и правителей Хорезма говорили о необходимости объединения усилий Хорезма и Великой степи, чтобы отра-

зять возможность нападения греко-македонян. Некоторые предлагали воспользоваться скифской тактикой выжженной земли, заманивая врага в степные безводные пространства, как это было, когда персидский царь Дарий спустя несколько лет после походов Кира на массагетов напал на Скифию. Однако это предложение не получило поддержки хорезмийцев, которые вполне резонно считали, что скифы, не имея ни городов, ни поселений, могли заманивать противника в глубь страны, угоняя скот, уничтожая подножный корм и засыпая колодцы. Здесь же, в Хорезме, с его орошаемыми оазисами городами и селами, цветущими садами и полями, уничтожив которые можно на многие годы вывести из строя экономику страны, скифская тактика неприемлема.

После долгих и горячих споров военный Совет Хорезма и вождей сако-массагетских племен принял мудрое и единственно правильное решение:

1) в целях предотвращения агрессии на Хорезм необходимо приступить к дипломатическим переговорам с Александром о мире, поручив эти переговоры приречным сакам на Яксарте.

Для выполнения этого решения послы приречных саков с берегов Яксарта (Танаис) явились в 329 г. до н.э. к Александру в Самарканд. Они проявили миролюбие, и им был оказан достойный прием.

Александр, скрывая тайные замыслы завоевать приречных саков, договорился с послами о соблюдении северо-восточных границ греко-македонского государства по Яксарту [152, с. 6—10—27]. Таким образом, задача, поставленная перед послами Советом вождей племен и правителей Хорезма, была решена положительно;

2) вероятно, по мнению Совета вождей и правителей Хорезма, сокровища, находящиеся в казнохранилище при храме Кой-Крылган-калы, не нужно было вывозить в глубь страны, а, следовательно, надо усилить обороноспособность храма-крепости путем строительства более мощной внешней линии обороны. К этим строительным работам надлежало приступить немедленно;

3) Совет, вероятно, признал, что успешное отражение возможной агрессии со стороны Александра может быть достигнуто при объединении военных усилий Хорезма и всех сако-массагетских племен, населявших громадные просторы страны.

Такая консолидация должна была сопровождаться объединением богов в единый пантеон на базе храма Митры — Кой-Крылган-калы. Решение Совета вождей и правителей Хорезма об усилении укреплений храма Кой-Крылган-калы и превращении его в пантеон реализуется

возведением второй крепостной стены параллельно уже существующей, при этом создается круговая стрелковая галерея, в которую вkomпоновывается девять башен, посвященных девяти божествам пантеона.

В трудах ХАЭЭ было уделено особое внимание астрономическим функциям Кой-Крылган-калы; М. Г. Воробьева и М. М. Рожанская при участии профессора МВТУ им. Баумана Н. И. Веселовского осуществили тщательные исследования археологических материалов.

Исследования предшественников можно дополнить некоторыми соображениями по ориентации главной композиционной оси памятника, имеющей азимут 69°. Эта ориентация не могла быть случайной, однако ею не фиксируется ни одна астрономическая «постоянная» — ни равноденствия, ни солнцестояния, присущие географической широте Кой-Крылган-калы.

Поэтому возникает вопрос о том, что ориентация храма Кой-Крылган-калы, быть может, была связана с празднованием начала сельскохозяйственных работ, основанных на орошении водами Амударьи, т. е. с календарем.

Из сообщений Бируни о реформе календаря, проведенной в 959 г. предпоследним представителем древней династии Хорезмшахов Ахмедом ибн Мухаммедом, мы узнаем, что к этому времени полностью было утеряно время праздника Аджгар, посвящавшегося началу сельскохозяйственных работ. Дату этого праздника не удалось восстановить средневековым ученым, в том числе и самому Бируни.

Аджгар в переводе означает «дрова» и «пылание» [47, с. 256, 262]. Судя по названию, он связан с поклонением древних хорезмийцев огню, а его возникновение может быть отнесено ко времени развития сельскохозяйственного производства, основанного на искусственном орошении. Рассмотрение этой гипотезы уводит нас к истории орошения Хорезма, тесно связанного с режимом реки Амударьи.

Если для Нила характерен разлив один раз в году, который продолжался несколько месяцев, то для Амударьи в силу специфических природно-географических условий характерны паводки (подъем воды до определенного уровня), которые повторялись четырежды в год. Древние хорезмийцы для устройства головы канала искусственного орошения искали на берегу реки такие места, где бы вода во время паводка самотеком пошла по каналу. Такие каналы носили название «паводковых», так как они наполнялись водой исключительно во время паводков. Вот почему внимание земледельцев было приковано к режиму реки, они тщательно следили за наступлением этого периода на Амударье.

Исследователь истории орошения Хорезма

Я. Г. Гулямов писал, что в Хорезме издревле существовал календарь паводков, в котором точно были установлены приметы наступления тех или иных изменений в режиме реки. Первый паводок по этому календарю назывался *Кок камыш ташуви* 'Паводок зеленого камыша'. Начинается он в то время, когда вырастает первый, молодой камыш на островах и озерах. Это время соответствует двадцатым числам марта. Вторым паводком называется *Ак-балык-ташуви* 'Паводок белорыбицы' и приходится на середину апреля, так как в это время начинается движение белорыбицы из Аральского моря вверх по Амударье для нереста; третий — *Юлдуз-ташуви* 'Паводок звезды' — приходится на середину мая; четвертый — *Кырк-чилгав-ташуви* 'Паводок сорока дней жары', — начинается во второй половине июня и кончается в начале августа. Продолжительность — 40 дней [116, с. 237].

Если допустить, что начало сельскохозяйственных работ в древнем Хорезме было связано с паводком Юлдуз-ташуви и отмечалось праздником Аджгар, а храм Кой-Крылган-кала был ориентирован в этот день на восход Солнца, то дата праздника Аджгар опережала паводок на 6—7 дней, поскольку восход Солнца на азимуте 69° совершается по нашему календарю 8—9 мая⁹.

Чем же объяснить такое совпадение? Надо полагать, что многовековая практика ирригаторов Хорезма убедила их в том, что в определении срока начала паводков на Амударье лучше опережать, чем запаздывать. Последнее всегда было связано с печальными последствиями — наводнениями, человеческими жертвами, разрушением гидротехнических сооружений. Поэтому не удивительно, что хорезмийцы начинали подготовительные работы к приему паводковых вод для орошения заблаговременно. Это была трудоемкая работа, осуществляемая в государственном масштабе, с привлечением огромной массы тружеников. Она начиналась 8—9 мая праздником Аджгар.

Не исключено, что праздником Аджгар отмечалось начало лета, которое у древних тюрков приходилось на 6 мая [320, с. 41]. Это находит подтверждение в расшифровке названия *аджгар* на древнетюркской основе *AC — QUR*, где *AC* 'открывать, продолжать путь' [124, с. 3], а *QUR* 'очередь, последовательность' [124, с. 467]. Следовательно, *AC — QUR* — продолжение календарной последовательности, очередности в сельском хозяйстве как у древних земледельцев Хорезма, так и в отгонном скотоводстве кочевников.

Во время этого всенародного праздника вокруг храма, вероятно, собирались жители Хорезма — земледельцы, а также кочевники-ското-

воды; на девяти башнях, посвященных местным богам, пылали костры, устраивались трапезы, приносились жертвы богам; происходили спортивные состязания, в храме возносились молитвы Митре и пр.

После праздника Аджгар начинались работы на каналах и арыках по их очистке и ремонту гидротехнических сооружений, чтобы принять воды Амударьи для орошения полей и садов.

От праздника начала лета Аджгар хорезмийцы вели отсчет дней: устанавливали время сельскохозяйственных работ — сроки посева, посадки плодовых деревьев, их прививки, сбора винограда, груш и т. п. [47, с. 263], а скотоводы устанавливали сроки стрижки овец, выездов на летовки, возвращения на зимовки и многое другое.

Строительство храма выполнялось по заранее разработанному древнехорезмийскими зодчими проекту. Он был оригинально задуман, отвечал функциональному назначению здания и представлял выдающееся произведение зодческого искусства той эпохи.

Исследованием соразмерности частей и целого памятника, в частности круговой галереи с ее девятью башнями, нами обнаружено членение ее на 56 угловых модулей (рис. 23, б), при этом расстояния между осями башен таковы:

первой и четвертой — 18,5 м;

четвертой и седьмой — 18,5 м;

седьмой и первой — 19,0 м.

В мировой истории архитектуры это не единственный пример. Как уже говорилось выше, деление круга на 56 фиксируется при анализе плана девятибашенного храма на Дашлы-3 и лунок Обри Стоунхенджа.

На Стоунхендже 56 лунок Обри — неоспоримый факт, на храме Дашлы-3 деление круга на 56 — это прием построения архитектурной формы. Было ли это деление использовано как счетный инструмент, подобно лункам Обри, мы не знаем, однако такое предположение имеет право на существование. Это касается и храма Кой-Крылган-кала.

Анализ обмеров Кой-Крылган-калы позволяет констатировать геометрическую четкость построения плана сооружения, которой, очевидно, уделялось серьезное внимание.

Большой знаток архитектурного памятника Кой-Крылган-кала М. С. Лапиров-Скобло выполнил архитектурные обмеры и сделал анализ построения плана сооружения, установив при этом, что размеры частей сооружения кратны линейной мере в 30 см, и пришел к выводу, что в соразмерностях наличествовал единый модуль — 30 см. Зодчие также пользовались и иррациональными величинами $\sqrt{3}$; однако членения внешнего кольца на девять отрезков

девятью квадратными башнями остались вне поля зрения исследователя [173, с. 58—69].

Жрец—зодчий Хорезма, которому выпала ответственная миссия создать проект храма-обсерватории, вероятно, был сведущ в математических науках своего времени и в расчетах построения архитектурной формы мог пользоваться шестидесятеричной системой исчисления. Это давало возможность выражать дроби целыми числами. В этом свете можно вспомнить слова средневекового ученого ал-Кархи (X в.), который писал: «Знай, что за образец понятия отношений древние брали отношение к 60, с тем чтобы сделать понятным приведение отношения к кратчайшему виду, ибо шесть дробей $(\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{10})$, помноженные на 60, дают целое», что видно из приводимых ниже данных:

Главные дроби	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{10}$
В минутах	30	20	15	12	10	6

Можно вспомнить, что шестидесятеричная система, возникшая у шумеров и просуществовавшая начиная от III династии Ура до эллинистической эпохи включительно, как установлено по математическим и астрономическим клинописным текстам, оставалась на протяжении двадцати веков неизменной.

Из сказанного выше следует вывод, что Кой-Крылган-кала — произведение зодческого искусства высокого звучания, храм, посвященный астральному культу — солнечному божеству Митре — на первом этапе строительства и ставший пантеоном на втором этапе, сочетавший в себе функции обсерватории, календарной службы, крепостного сооружения и казнохранилища. Разработка проекта храма-обсерватории Кой-Крылган-кала и его осуществление характеризуют высокий уровень развития архитектурно-строительного искусства, мастерства и учености зодчих античного Хорезма.

Херсонес.

Главная улица (III в. до н. э.)

Херсонес был основан древними греками на южной оконечности Крымского полуострова. Проникнув в Понт Эвксинский, они начали осваивать Крымское побережье, создавая города-колонии. Таким городом стал и Херсонес. Его местоположение было очень благоприятным для создания порта и развития города.

Регулярный план Херсонеса, выявленный раскопками, несет на себе следы Гипподамовой системы планировки. Хорошо читается главная улица, ориентированная на заход Солнца в день зимнего солнцестояния (рис. 24).

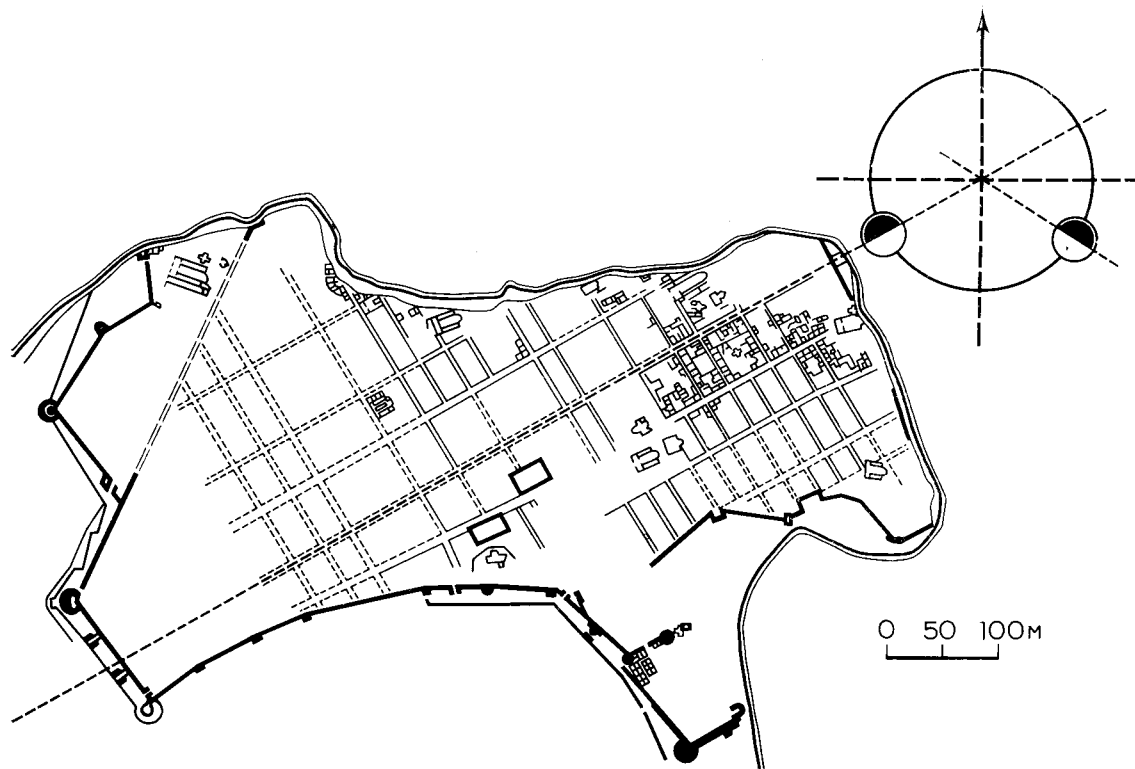


Рис. 24. Херсонес (III в. до н. э.). План города

Дура-Эуропос, город Северной Месопотамии, на берегу Евфрата, построен около 300 г. до н.э. Неправильный абрис его плана продиктован топографией местности: с востока — это обрыв реки, с севера и юга — овраги и только с запада стена прямая, так как граничит с пустыней.

Город имеет жесткую прямоугольную планировку, не зависящую от рельефа. Из-за этого улицы, расположенные по оси запад — восток, превратились в лестницы. В районе скрещения центральных улиц находится и общественный центр города — агора. Ориентация главной улицы, идущей от главных юго-западных ворот, — на восход Солнца в день летнего солнцестояния (рис. 25).

Круглый храм в Нисе

Круглый храм в системе архитектурного ансамбля культовых сооружений Нисы во II—I вв. до н.э. для темы наших исследований

представляет большой интерес. Ученые сопоставляют Нисийский храм с круглым храмом «Великих богов» — Арсинойоном, построенным на острове Самофракия около 282 г. до н.э.; выдвигается проектное предположение по его архитектурной реконструкции [164, с. 119—135].

Сравнительный анализ их вполне закономерен, поскольку они оба относятся к одной и той же эллинистической эпохе, хотя и далеки друг от друга по объемно-пространственной композиции и применявшимся строительным материалам и конструкциям; в храме Арсинойон — «чистая» форма цилиндра, а кладка стен из тесаных мраморных блоков толщиной около 1 м, а в Нисийском — сочетание куба и полого цилиндра в кладке из кирпича-сырца при толщине стен 4,5 м.

Храм Арсинойон реконструируется без световых проемов, освещается он через тонкие полупрозрачные мраморные плиты в верхней части зала и через мраморную черепицу кровли, что представляется спорным. Не убеждает и возможность создания деревянного патрвого

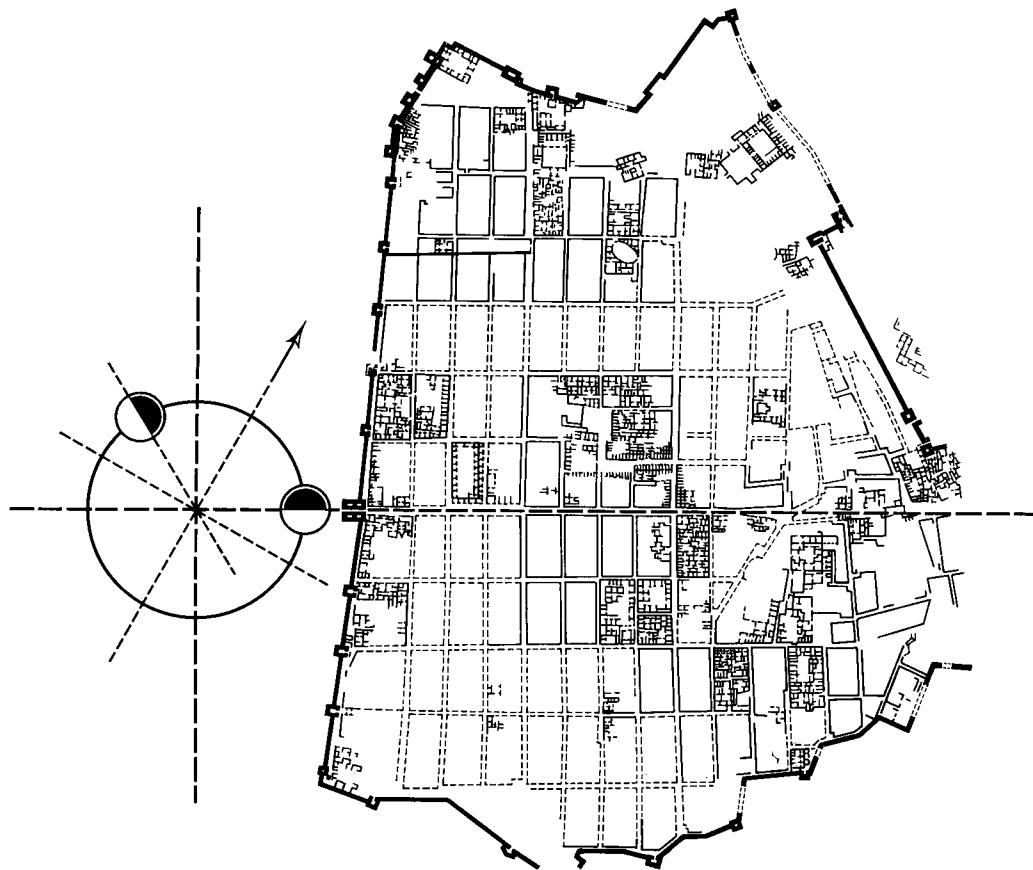


Рис. 25. Дура-Эуропос (около 300 г. н. э.). План города. Главная улица ориентирована на восход Солнца в день летнего солнцестояния

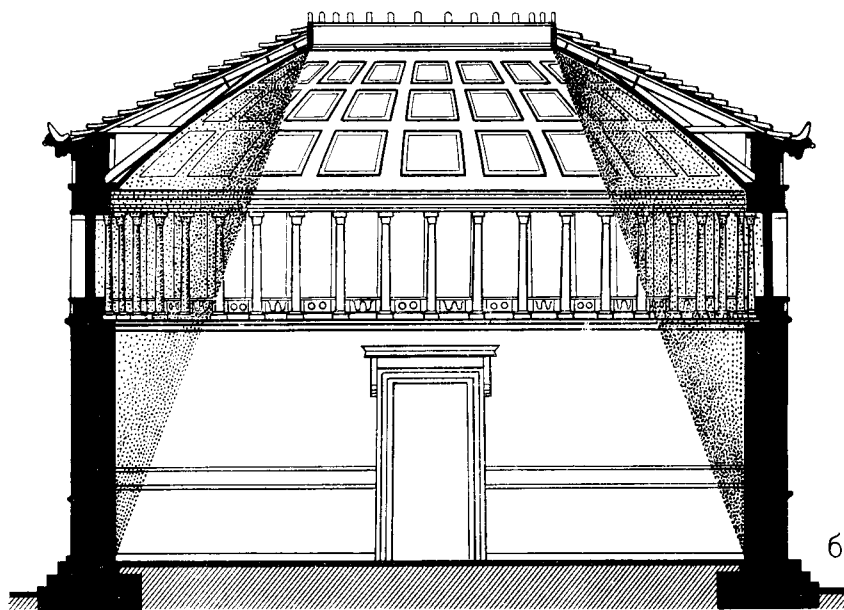
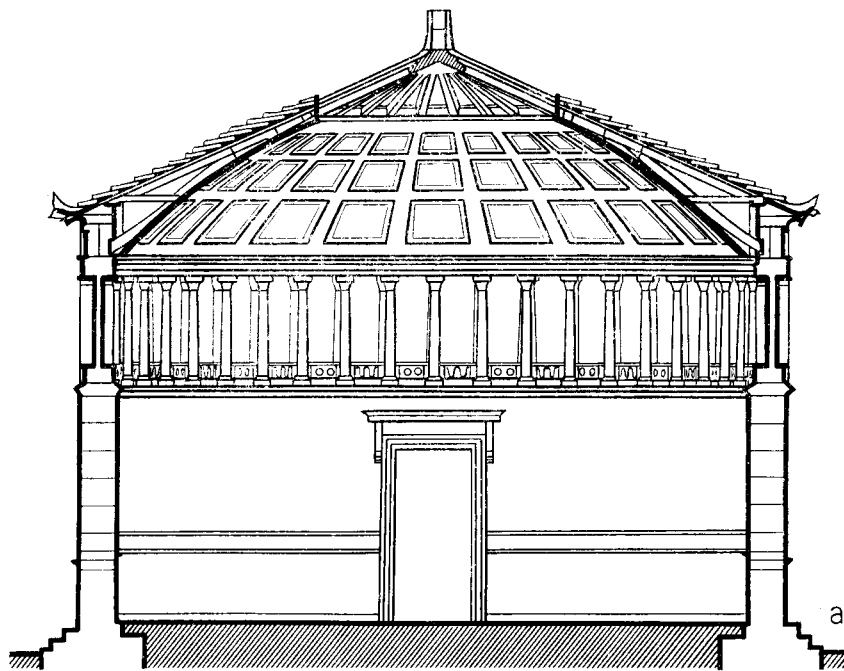


Рис. 26. Остров Самофракия. Арсинойон (около. 281 г. до н. э.):
 а — реконструкция по В. Быкову; б — реконструкция автора

перекрытия пролетом в 17 м. По справедливому замечанию В. Е. Быкова, «реконструкция храма Арсинойон не вполне надежна» [104, т. 2, с. 354].

Автор данной книги полагает, что внутреннее пространство храма было раскрыто в небо через проем в крыше, подобно Пантеону в Риме. Деревянное покрытие круглого зала могло иметь форму усеченного конуса. Радиально расположенные стропила длиной 5—6 м опирались на стену и крепились на верхнем опорном кольце светового проема диаметром около 6 м. Не исключено и усеченно-конусное завершение в виде ложного свода, выложенного из мраморных блоков, с большим отверстием в зените (рис. 26).

Нисийский Круглый храм пролетом в 17 м по реконструкции Г. А. Пугаченковой имел шатровое покрытие. На спорность такого решения еще в 1960 г. обратила внимание В. Л. Воронина [103, с. 45].

Нисийский Круглый храм, так же как и Пантеон, был перекрыт куполом с большим отверстием в зените, благодаря этому в храме создавалась прохлада во время летнего зноя, была защита от атмосферных осадков, которые имели здесь сезонный характер, и обеспечивалась «общение» молящихся с Небом. Такой прием раскрытия внутреннего пространства круглых храмов астрального культа в небо не был единственным в строительстве и нашел

свое яркое воплощение в римском Пантеоне (II в. н.э.). Огромный круглый зал римского Пантеона диаметром 43 м и такой же высоты, как известно, не имеет окон, зато дневной свет льется через круглое отверстие диаметром более 9 м в зените купола, что, вероятно, создавало религиозный настрой у верующих римлян на непосредственное общение со всемогущим Юпитером и другими небожителями (рис. 27).

По свидетельству Витрувия, у храма типа гипетра середина, где находилась культовая статуя, была под открытым небом [92, с. 68]. Здесь выступает идея раскрытия внутреннего пространства храма к небу наряду с оптимальным освещением. Архитектурные идеи астрального культа эпохи эллинизма, представленные в храме Арсинойон (282 г. до н.э.), Нисийском храме, римском Пантеоне, продолжали вдохновлять многие поколения зодчих и нашли воплощение в храмах сабейцев. Так, например, храм Разума, храм Порядка, храм Необходимости и храм Души сабейцев были круглые и без окон [314, с. 381], зато они имели отверстие в зените купола. Этот прием, связанный с астральными верованиями, получил распространение в практике зодчих, однако как чисто строительный, что представлено в термах Каракаллы [104, т. 2, с. 563—565].

Вернемся к рассмотрению Круглого храма

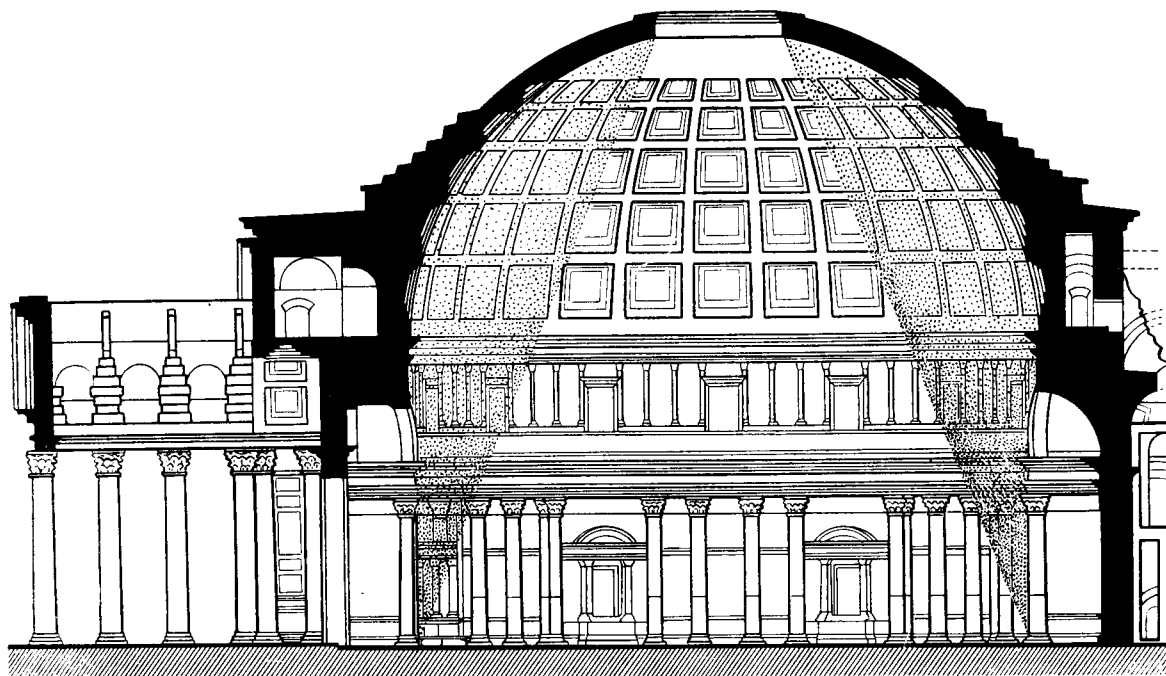


Рис. 27. Рим. Пантеон (около 125 г. до н.э.).
Разрез храма с куполом, открытым наверху для освещения

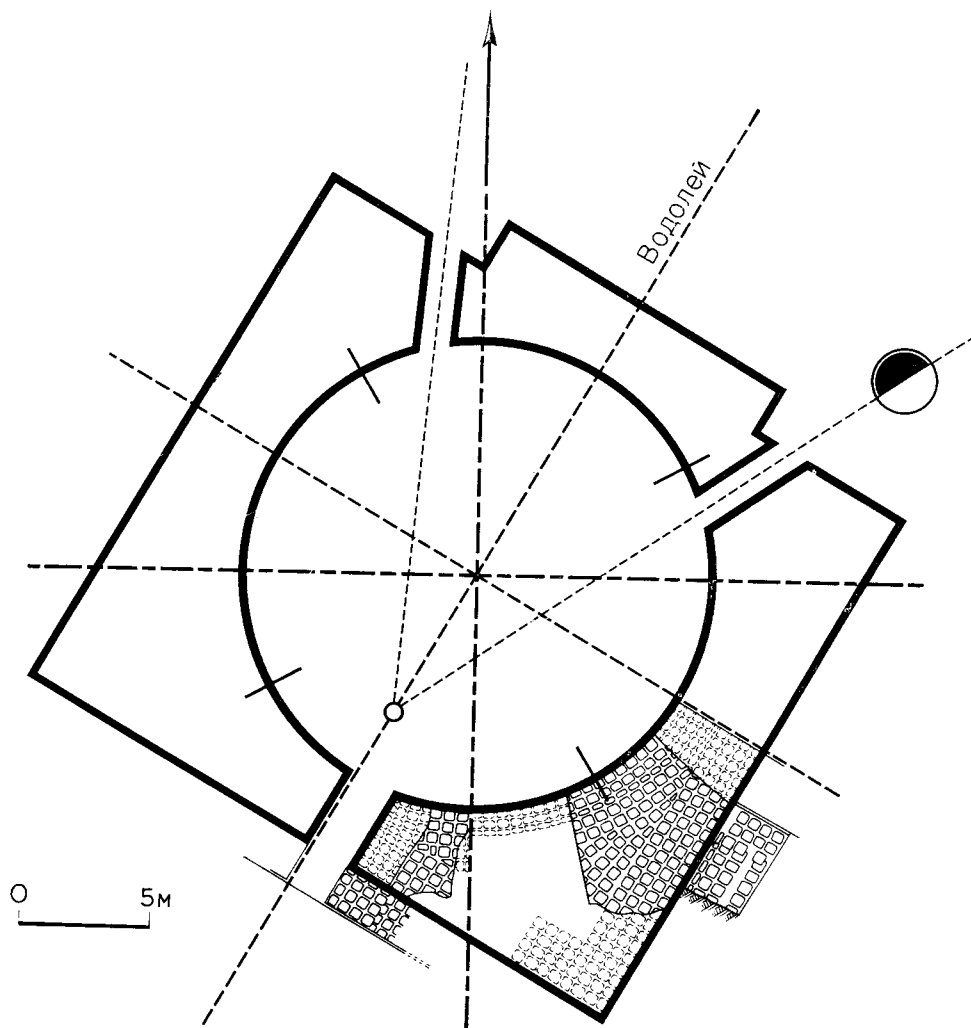


Рис. 28. Парфия. Ниса. Круглый храм (II — I вв. до н. э.). План

Нисы (рис. 28). Зал имеет три входных проема, два из них решены необычно, их оси не направлены в центр зала, а сходятся в одной точке на противоположной стене, где расположен третий небольшой проем. Возникает вопрос: чем обусловлено такое планировочное решение? Думается, что, проектируя подобное устройство двух входов в зал, архитекторы рассчитывали на определенный зрительный эффект. Посетитель проходил через 6—7-метровый полутемный туннелеобразный проход. Его взоры направлены были на ярко освещенную верхним светом скульптуру божества у противоположной стены зала, что сразу создавало определенный эмоциональный настрой. Позади скульптуры располагался скрытый от взоров молящихся маленький дверной проем, предназначенный для связи с внутренними покоями и

подсобными помещениями. Служители могли скрытно проделывать всякие манипуляции для усиления эффекта. «За стеной служитель храма читал молитвы, а его голос проходил через рупоры в полые статуи. Это сделано так мастерски, что казалось, голос исходит от статуи. Посредством этого достигалась покорность людей и создавались религии» [314, с. 371]. Эти слова принадлежат Мас'уди, описавшему храм сабейцев в Харране по личным впечатлениям.

Мы не могли уйти от соблазна процитировать Мас'уди — очевидца этой церемонии, так как его описание подходит и к Круглому храму в Нисе.

Какому же астральному божеству был посвящен Круглый храм Нисы? В решении этой задачи приходят на помощь архео-астрономические исследования. Проецирование плана

Круглого храма Нисы на Космос, на зодиакальный круг убеждает, что главная ось храма, т. е. биссектриса угла, образованного направлениями двух входов, ориентирована на созвездие Водолея. Такое положение фиксируется в день весеннего равноденствия, когда Солнце входит в созвездие Овна.

Следует отметить, что карта звездного неба в эпоху строительства Нисийского храма несколько отличалась от нашей, что объясняется явлением предварения равноденствий. Это отличие можно продемонстрировать тем, что в настоящее время в момент весеннего равноденствия Солнце входит в созвездие Рыб; между 1000 г. до н.э. и 1000 г. н.э. примерно точка весеннего равноденствия находилась под знаком Овна [46, с. 54]. Кроме того, северо-восточный вход в Круглый храм, устроенный в семиметровой толще стены, ориентирован на восход Солнца в день летнего солнцестояния (географическая широта Нисы — около 38°, азимут восхода 22 июня — 56°54'). Характерно, что расположенные смежно «Башенный» храм и дворец ориентированы также на Водолея и размещены с уступом таким образом, чтобы линия на восход от северо-восточного входа Круглого храма оставалась свободной для визуального наблюдения восхода Солнца.

Можно допустить, что в это священное утро в храме собирались верующие, чтобы созерцать восход, а потом принести жертву солнечному божеству. Чем же, однако, может быть объяснена ориентация Круглого храма, дворца и «Башенного» храма на созвездие Водолея? На это проливает некоторый свет труд Клавдия Птолемея (II в. до н.э.) «Четверокнижие», где говорится, что «созвездие Водолея создает прохладу и воду (курсив мой. — М. Б.)». К такому выводу Птолемей пришел, как полагает Абу Рейхан Бируни, в результате опыта и наблюдений за изменениями атмосферных явлений, определяемых каждым знаком Зодиака [50, с. 203—205]. В Парфии с ее резко континентальным климатом и отсутствием дождей на протяжении многих месяцев в году земледелие существует благодаря развитому искусственному орошению. Человеческий труд, солнце и вода превратили страну в цветущие сады и плодородные угодья, и способствовали материальному благополучию страны. Это прекрасно сознавали правители Парфии и жрецы независимо от того, какое из местных верований они исповедовали.

В период расцвета и могущества Парфии благодарные нисийцы возводят храм, посвященный Солнцу и доброму небесному божеству Водолею, предусмотрев, чтобы лик скульптуры в день летнего солнцестояния был обращен на восход светила.

Быть может, Круглый храм Нисы был пантеоном, где ведущее место отводилось Водолею, но были и другие почитаемые боги. Если это так, то становятся понятными символические изображения на архитектурных деталях, обнаруженных на полу Круглого зала. К ним относятся изображения луны с рогами, обращенными вверх, лука и колчана со стрелами на керамических «метопах», связанных с богиней Луны — Дианой-охотницей [233, с. 96, 97]. Эти символы перемежались, видимо, с геральдическими знаками царствующей династии (палица Геракла, селевкидский якорь).

Рассмотрение археологических остатков «Круглого дома» на Тепе-Гавра, круглых храмов на Дашлы-3, Кутлуг-тепе и Кой-Крылганкала убеждает в том, что в этих храмах велись астрономические наблюдения. Такое же назначение могло быть присуще Нисийскому храму, тем более что толщина его стен позволяла устройство обходной наблюдательной галереи как на уровне второго яруса, так и на крыше. Однако такая гипотеза правомерна лишь в том случае, если здание, расположенное рядом, условно названное «башней», не было башней, не мешало астрономическим наблюдениям с крыши Круглого храма.

Армения.

Гарнийский храм (вторая половина I в.)

Храм в Гарни, построенный из чисто тесаного базальта, представлял периптер, выполненный в классических формах архитектуры эллинистической эпохи [104, т. 1, с. 282]. Храм был разрушен в 341 г. страшным землетрясением, сопровождавшимся вулканической деятельностью горы Арарат. Более 600 лет храм оставался в руинах, однако, в наше время восстановленный стараниями армянских ученых-реставраторов, он дает представление о высокой архитектурно-художественной культуре Армении двухтысячелетней давности.

Храм в Гарни небольшой, возвышается на подиуме площадью 11,82 × 16,02 м, стороны которого относятся как

$$3 : 4$$

с погрешностью 26 см.

Прямоугольное помещение храма имеет размеры 5,14 × 7,29 м. Его стороны относятся как

$$1 : 2$$

с погрешностью 2 см.

Высота подиума относится к его ширине как

$$1 : 5.$$

Ширина подиума относится к высоте колоннады как

$$1 : \frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}}, \text{ или как}$$

1 : 0,553.

Высота антаблемента относится к высоте колоннады как

1 : 6.

Храм в Гарни, вероятно, был посвящен солнечному божеству Митре, что находит косвенное подтверждение в ориентации храма на юг — на полуденное, вернее, послеполуденное положение светила. Однако обращение к числовой символике, которая была присуща астральному культу, позволяет расширить наши представления об идеях, коими руководствовались зодчие храма в Гарни.

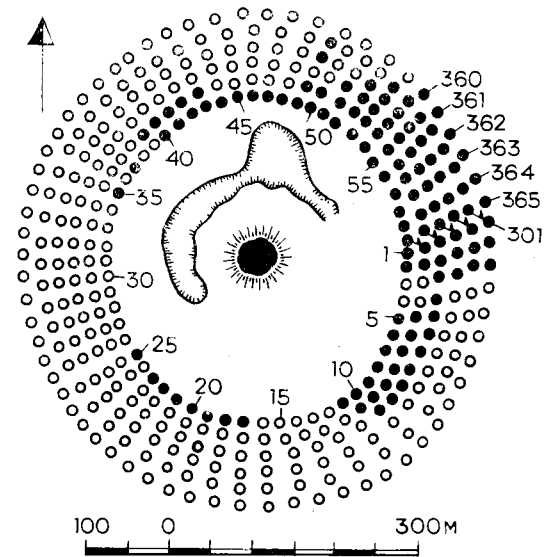
Идущий в храм поднимается по девяти ступеням подиума, которые символизируют девять сфер Космоса; от деятельности семи планет, по верованиям приверженцев астрального культа, зависят человеческие судьбы, сущность этих семи планет выражена членением храма по вертикали на семь частей, где антаблемент составляет одну седьмую высоты храма. В Космосе существует порядок — гармония, выраженная числовыми отношениями, что должно быть и в соразмерностях храма. Все эти воззрения древних нашли воплощение в архитектуре храма в Гарни. Если храм в Гарни был посвящен не только солнечному божеству Митре, но и пантеону богов-небожителей, то он мог принадлежать к типу гипетра, следовательно, его помещение могло быть, хотя бы частично, раскрыто к небу — гипотеза, имеющая право на существование.

Сакский календарь в степи (I в. до н. э.)

В Джизакской области Узбекистана, на линии железной дороги Ташкент — Самарканд, в 4 км от районного центра Галляарал, имеется интереснейший курганный комплекс, ставший предметом исследования начиная с 1968 г. Он состоит из главного кургана и множества малых курганов, расположенных шесть концентрическими кругами. Размеры комплекса грандиозны: по оси север — юг 600 м и по оси восток — запад 550 м. Диаметр главного кургана у основания — 84 м, по верху — 30 м при высоте 12 м. Малые курганы диаметром 12—14 м при высоте от 1 до 1,2 м образуют кольцо шириной до 100 м [80].

Археологические раскопки Л. И. Ремпеля и Э. В. Ртвеладзе (1968 г.) и З. А. Хакимова (1982 г.) в курганах не обнаружили ни остатков захоронений, ни предметов быта и искусства.

К исследованию этого памятника автор настоящей книги подошел с позиций истории науки и высказал предположение о том, что курганный комплекс представляет собой кален-



Курганы: ● существующие
○ восстанавливаемые

Рис. 29. Узбекистан.
Сакский календарь в степи (I в. до н. э.).
Реконструкция

дарь, поскольку восстановление утраченных временем нескольких курганчиков внутреннего кольца убеждает, что их было 60, а в шести рядах — 360 и плюс 5 — всего 365 курганчиков — число дней в году. Это предположение подтвердилось расшифровкой топонима Джизак: CISAQ, где CI 'календарь' [124, с. 145], SAQ 'саки'. Следовательно, CISAQ 'сакский календарь', что дало наименование Джизакской степи, где в средние века возник город, а в наше время это название области. Заметим, что линия, которую можно провести через центр главного кургана и курганчика № 1, имеет направление на восход Солнца в день весеннего равноденствия (рис. 29).

Южнее этого памятника, на северном склоне хребта Малгузар, расположена скала Утташ. Как сообщает этнограф С. К. Караев, по Утташу местное население узнает наступление месяца хут (двенадцатого месяца солнечного календаря — с 22 февраля по 21 марта) [149, с. 214], т. е. начало нового года для определения времени сельхозработ. Следует также признать, что топоним Утташ уводит нас в глубь веков, ибо Уд 'солнце, день' в шумерском языке, Ут (Уд, Од) 'полдень, время, огонь' на древнетюркском.

Мы остановили внимание читателя на сакском календаре в степи для того лишь, чтобы сказать, что в сакское время здесь обитали тюркоязычные народы, создавшие в степи календарь и, видимо, календарную службу — показатель развития астрономических наблю-

дений, что вызывалось хозяйственной необходимостью, как для оседлого, так и для кочевого населения Средней Азии.

Храм в Сурх-Котале

Французский археолог Д. Шлюмберже своими раскопками на холме Сурх-Котал в долине реки Кундузоб, в 12 км от города Баглана (Северный Афганистан), открыл остатки храмового комплекса, который стал предметом исследования начиная с 1951 г. Обнаруженные здесь надписи позволили датировать его временем царя Канишки — эпохой расцвета Кушанского царства.

Сравнительный анализ планов храмов огня ахеменидских и сасанидских эпох и храма в Сурх-Котале, а также наличие двухметрового слоя золы в помещениях башни 8 (рис. 30) убеждает Д. Шлюмберже в том, что открытый им памятник не что иное, как остатки храма огня [326].

Храм расположен на холме, господствующем над прилегающей равниной, в границах горо-

да Баглана, остатки стены которого граничат с западной стороной храма. Восточный склон холма высотой 75 м образует четыре площадки, соединяющиеся лестницами, ведущими к храму.

Храм (периптер) поставлен на стилобат и главным фасадом обращен на восток. Квадратное святилище (5 × 5 м) окружено обводным коридором, стены его из сырца, до 3 м толщиной. Балочное покрытие опиралось на четыре каменные колонны, между которыми была платформа из обожженного кирпича, где и располагался жертвенник.

Двор с южной, северной и западной сторон огорожен толстыми стенами П-образного очертания, вдоль стен с внутренней стороны тянулась колоннада, где обнаружены раскрашенные глиняные статуи [104, т. 1, с. 373].

Стена двора явилась архитектурным фоном для храма, находящегося в центре композиции. Южная часть двора застроена малым храмовым комплексом, который развивается за пределами стены, органически связанной с главным через арочный проем в стене.

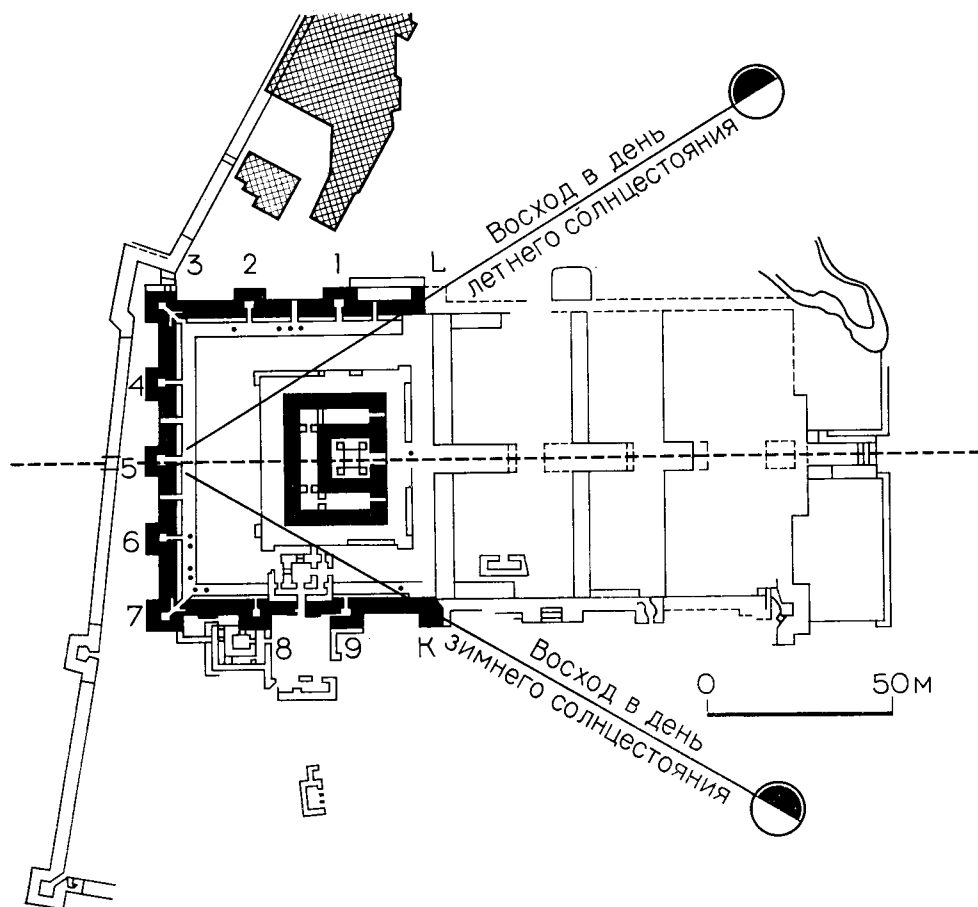


Рис. 30. Афганистан. Сурх-Котал (II в.).
План комплекса по Д. Шлюмберже. Ориентация на восход Солнца в дни солнцестояния

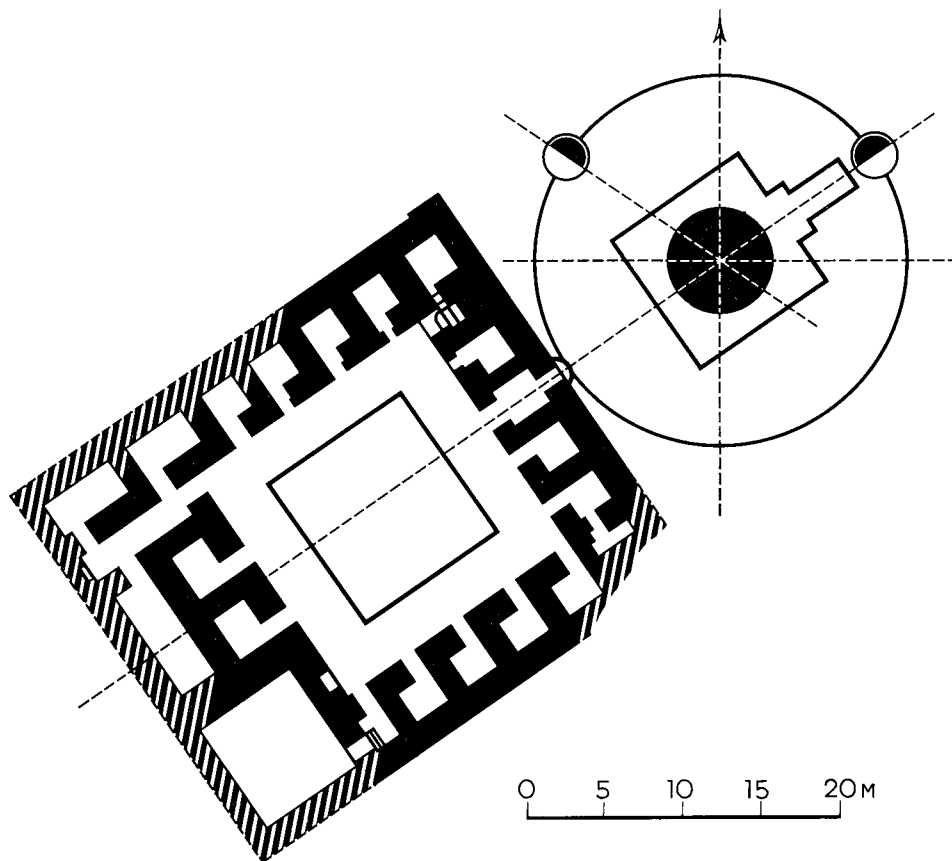


Рис. 31. Буддийский монастырь близ Бергамо (VII в.). План

При ближайшем рассмотрении плана памятника возникают некоторые вопросы.

1. Каково было функциональное назначение П-образной в плане стены, исключительно большой толщины (от 4 до 6 м), с одиннадцатью башнями?

2. Почему в девяти башнях из одиннадцати устроены помещения, а в башнях по торцам южной и северной стен их нет?

Правители Кушанского царства, будучи буддистами, вполне лояльно относились к другим религиям; не исключено, что Канишка и его окружение даже поддерживали жреческие сословия огне- и звездопоклонников, а храм в Сурх-Котале мог быть пантеоном богов астрального культа и священного огня.

Архитектура храма в Сурх-Котале — это сплав зодческого искусства Востока и Запада, представленный восточным эллинизмом. Если здание храма, окруженное колоннадой, представляло собой периптер, напоминающий архитектуру древней Греции, то архитектурная символика, вероятно, могла отражать восточную традицию. В этом свете представляет интерес древнеиндийская символика, о которой говорилось выше.

Храм в Сурх-Котале своим главным фасадом обращен к востоку Солнца в день весеннего равноденствия. На самом здании храма нет архитектурных деталей, ориентированных на другие астрономические «постоянные». Однако линия от центральной башни 5 к башне L имеет азимут 60° и на широте Сурх-Котала фиксирует восход Солнца в день летнего солнцестояния; линия от башни 5 к башне K азимутом 119° — восход Солнца в день зимнего солнцестояния. Становится очевидным, что жрецы храма в Сурх-Котале занимались астрономическими наблюдениями. Для этого создается специальная площадка в 1000 кв. м на верхней плоскости П-образной стены, ставшей архитектурным фоном храма, расположенного в центре композиции.

Особый интерес представляют соразмерности памятника: если принять длину западной стены равной A , то протяженность B северной и южной стены будет соответствовать величине

$$B = \frac{A\sqrt{3}}{2}.$$

Шаг башен на западной стене и на южной и северной стенах различен, что явилось след-

ствием определения их соразмерностей не модулем, а геометрией построения. В силу этого расстояние между осями башен западной стены — около 0,25А, а на южной и северной — около 0,29А.

Длина стены А относится к протяженности подхода в горизонтальной проекции как

$$2 : 3$$

Прямоугольный план стилобата храма и план двора комплексов по его внешнему абрису подобны между собой и выражены как

$$2 : 3.$$

Длина фасадной линии стилобата храма относится к ширине комплекса как

$$1 : 2.$$

Из приведенного следует:

1. Архитектурный памятник на Сурх-Котале, вероятно, был храмом-пантеоном астрального культа и огнепоклонников.

2. Необходимость постоянных астрономических наблюдений, ставших традицией для жителей храмов классического Востока со времени шумерской цивилизации, была такой же настоятельной и в эпоху Канишки: в это время тоже пользовались и астрологией, и календарной службой. Для астрономических наблюдений была создана специальная площадка на верху толстой стены П-образной конфигурации, возвышающейся над храмовым комплексом.

3. Соразмерности сооружения представлены простыми отношениями малых величин и геометрическими построениями, выраженными $\sqrt{3}$.

4. Жрецы—зодчие храма на Сурх-Котале принадлежали к людям науки, сведущим в математике и астрономии.

5. Храм на Сурх-Котале — замечательный образец культового монументального зодчества, выразительность которого была усилена размещением комплекса на холме 75-метровой высоты, который доминировал над городом.

Аджина-тепе (VII—VIII вв.)

В долине Вахша (Таджикистан), в 12 км от г. Курган-Тюбе, находится архитектурный памятник раннего средневековья Аджина-тепе [178]. Это остатки буддийского монастыря VII—VIII вв., построенного из пахсы и кирпича-сырца площадью 50 × 100 м с ярко выраженным двухчастным принципом пространственной организации (рис. 32).

Юго-восточная часть комплекса есть собственный монастырь, помещения которого сгруппированы вокруг квадратного двора (19 × 19 м). По осям двора были глубокие айваны, связанные с храмовым комплексом святилищем, четырехстолпным залом и, возможно, с главным

входом, место которого не выявлено археологическими исследованиями.

Северо-западная часть (храмовая) также имела четырехайванную дворовую композицию, в центре которой ступенчатая, крестовидная в плане ступа на квадратном основании (14 × 14 м).

Помещения комплекса богато декорированы. Стены и своды помещений были покрыты живописью, сами помещения украшены объемной скульптурой: будды и бодхисаттвы, различные божества, демоны, аскеты, донаторы, животные и пр. являли незаурядные, выполненные из глины образцы древнего искусства. Особенно впечатляюща гигантская статуя «Будда в нирване» — до 12 м длины.

При анализе плана комплекса возникает вопрос: что в композиции Аджина-тепе местное, традиционное, и что привнесено — индийско-буддийское?

Нет никакого сомнения, что ступа и скульптурные изваяния были выполнены по правилам, изложенным в Шульбасутрах.

В архитектурно-пространственном решении также соблюдались индийские традиции, которые претерпели изменения с учетом основ местного зодчества. К ним прежде всего следует отнести ориентацию продольной оси комплекса, на которой расположены ступа и святилище, на восход солнца в день зимнего солнцестояния, что связано с пережитками астрального культа, восходящими к митраизму.

Система дворовых композиций Аджина-тепе — это дальнейшее совершенствование дворовых пространств, возникших на местной основе и давших начало классической четырехайванной структуре, использованной в различных вариантах в средневековой архитектуре Среднего Востока.

Городище Ханабад — Джабгукет

Городище Ханабад расположено на южной окраине современного Ташкента, в районе Сергели, близ кольцевой дороги, на берегу реки Чирчик. Возникновение его датируется V—VI вв.

Раскопками археологов были обнаружены остатки шахристана, датируемого V—VI вв. и погибшего от катастрофического паводка Чирчика. Возобновил он свое существование в VII в.

Ханабад (ханская ставка) отождествляется с городом Джабгукет (*Джабгу* — высший титул у тюрков. *Джабгу-Жаову* — титул-фамилия владетельных домов юэчжийского происхождения)¹⁰. Джабгукет был местом сбора войск древнего Чача. Археологические исследова-

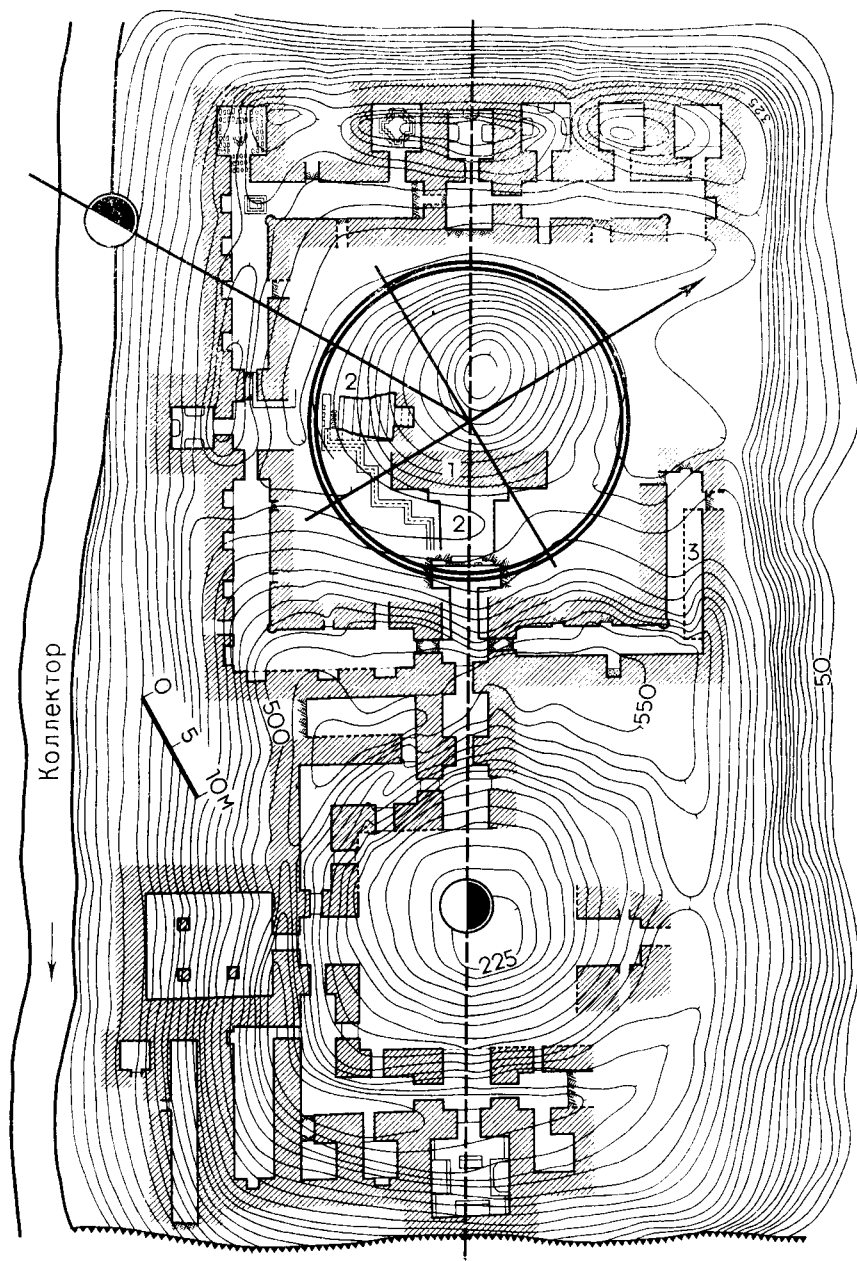


Рис. 22. Таджикистан. Аджина-тепе (VII—VIII вв.). План городища

ния подтверждают его специализированное военное назначение в VII—VIII вв.

Большое количество найденных на городище монет (тюрко-согдийские, тюркешские, арабские, хорасанские) дает основание к утверждению, что Ханабад мог нести не только оборонные, но также и таможенные функции, поскольку находился на торговом пути, проходившем через Ташкентский оазис.

Цитадель Ханабада — прямоугольное сооружение (90 × 60 м) с мощными (до 6 м толщины) сырцовыми стенами. По периметру оно застроено узкими сводчатыми помещениями — «пеналами» (9 × 3 м). В соразмерностях сооружения строго соблюдается отношение простых малых величин — 3 : 2, 3 : 4, 10 : 1.

Основная ось композиции сооружения ориентирована на восход Солнца в день зимнего солнцестояния; это обстоятельство дает основание полагать, что насельники Ташкентского оазиса, будучи в основном земледельцами, исповедовали митраизм.

Ориентация города на восход Солнца в день зимнего солнцестояния — явление для Ташкентского оазиса не единичное, поскольку она имела глубокие традиции. Аналогичная ориентация у цитадели городища Канка, находящегося в Нижне-Чирчикском районе Ташкентской области¹¹.

В VII—VIII вв. Среднюю Азию завоевали арабы. В связи с этим местные культы уступают место исламу — новой религии, в которой, однако, отразились и верования астрального культа, прослеживаемые на целом ряде примеров. Так, полумесяц (лунное божество) становится эмблемой ислама, его изображение водружается на мечетях, минаретах, надмогильных сооружениях и камнях; Мухаммед Наршахи (X в.), написавший историю Бухары, информирует, что мечеть Магоки Аттари называлась мечетью Мох (Луны); время пяти намазов (молитв), которые совершают мусульмане в течение суток, определяется по Солнцу. Первый совершается на заре, до восхода Солнца, второй — в полдень, когда Солнце в зените, третий — перед заходом Солнца, четвертый — после захода и, наконец, пятый — поздним вечером, перед отходом ко сну.

Мечети или михрабы Средней Азии ориентированы не точно на Мекку, а на запад или с небольшим отклонением на юг, при этом несоответствие выражалось в 34—46°. З. Бабур отмечает это обстоятельство и подчеркивает, что в Самарканде одна-единственная мечеть Мукатта ориентирована на Мекку инструментально по звездам. Такое положение можно объяснить более глубокими причинами, восходящими к доарабским градостроительным традициям, связанным с установлениями астрального культа.

Примечательно, что соборная мечеть Калян имеет ориентацию, обусловленную планировочной структурой шахристана доарабской Бухары, представленной двумя взаимно пересекющимися магистральями, где широтная магистраль направлена на восход Солнца в день весеннего равноденствия. При этом восточные ворота города назывались *Нур*, что по-арабски значит «свет», «сияние».

То же самое имело место и в средние века. Например, в Шахрисябзе, стены которого были возведены в XII в. (археологические данные), восточные ворота называются *Кунчикиш-дарваза* 'Ворота восходящего Солнца'.

Мусульманские культовые здания не нарушали планировочной структуры города: они располагались своими композиционными осями параллельно широтным улицам, при этом михраб обязательно располагался у западной стены, подобно домашним очагам священного огня в древнем Самарканде (Афрасиаб) I—II вв. н. э., алтарям астрального культа в круглом храме на Дашлы-3 (XVII в. до н. э.), на городище Саппали-тепе (XVII—XV вв. до н. э.), в храме Сурх-Котал (II в. н. э.).

Во всех случаях михрабы, очажки огнепоклонников, алтари астральных храмов освещались первыми лучами Солнца в день весеннего равноденствия.

Мусульмане Ирана, Ирака, Азербайджана и Средней Азии отмечают как всенародный праздник день весеннего равноденствия — начало нового года, несмотря на то что в исламизированных странах официальное начало нового года по лунному мусульманскому календарю — в месяце мухаррам.

Как сообщают источники, во многих странах ислама вплоть до XIV в. мусульмане пышно отмечали день рождения солнца (и Христа) — день солнцеворота — 22—25 декабря.

* * *

Как показывает изучение философских и идеологических воззрений древних, археологические и архитектурно-планировочные наблюдения, люди были уверены, что порядок в Космосе порождает порядок на земле и в человеческом обществе. Наблюдаемые человеком восходы и заходы Солнца, Луны и Звезд, смена дня и ночи, зимы и лета — это олицетворение мирового порядка во Вселенной, гармонии в Космосе. Такими были представления вавилонян — последователей шумеров, индийских и древнегреческих философов.

Боги-небожители устанавливают гармонию во Вселенной, и от их же воли зависит дисгармония: землетрясения, наводнения, засухи, эпидемии и другие бедствия.

Посредниками между человеком и богами

были жрецы, которые со времен глубокой древности занимались астрономическими наблюдениями, для того чтобы регулировать земледельческие и другие сельскохозяйственные работы, определять благоприятные даты строительства и ориентацию храмов, дворцов и других общественных сооружений, начала военных походов, составлять гороскопы членов царствующей династии — одним словом, полностью регламентировать деятельность общества. Для острастки непокорных существовали солнечные и лунные затмения, наступление которых, предсказанное всемогущими жрецами, вызывало суеверный ужас. Одним словом, жрецы установили порядок как в сельском хозяйстве оседлого земледельца и кочевника-скотовода, так и в искусстве зодчего при создании предметной среды обитания человека.

Человек должен поклоняться Небу и богам, это обеспечит его благополучие. Такая концепция, восторгавшаяся на заре цивилизации, получила свое материальное воплощение в ориентации храмов, посвященных астральному культу, на восход Солнца и Луны в дни равноденствий и солнцестояний.

Исследования памятников архитектуры, приводимые в таблице, позволяют констатировать следующее.

1. Большинство памятников было ориентировано на восход Солнца в день весеннего равноденствия, который у многих народов считался началом нового года и отмечался как большой праздник. Архитектурные памятники оседлого населения, как правило, ориентированы на восход Солнца в день зимнего солнцестояния.

2. Особое значение придавалось зимнему солнцестоянию, самому короткому дню года. Почитание этого дня у земледельцев связано с окончанием сельскохозяйственных работ: собран урожай, земледелец свободен. В эту пору обычно происходили свадьбы, народные гулянья. Жрецы культа Митры объявили его днем рождения Митры и отмечали как всенародный праздник. В дальнейшем этот же день стал отмечаться как день рождения Христа.

3. В таблице фиксируются случаи, когда памятники архитектуры ориентированы на восход Солнца в дни летнего солнцестояния. Случаи не столь частые и вполне объяснимые. Если для оседлого земледельца лучшая пора года — в конце осени, когда собран урожай, то для скотовода — это лето, когда благодаря обилию сочных трав тучнеет скот, приплод умножает его количество, обилие молока и мяса улучшает рацион питания.

Шумеры-земледельцы ориентировали свой Белый храм (IV тысячелетие до н. э.) на восход Солнца в день зимнего солнцестояния.

В III тысячелетии до н. э. страна была завоевана аккадцами-скотоводами, у которых астральные воззрения связывались с почитанием лета, что отразилось на ориентации зиккурата Ур-Намму (III тысячелетие до н. э.), построенного в Уре уже аккадцами.

Посейдон — бог моря и покровитель скотоводства, точнее, коневодства у древних греков. Ему был посвящен город Посейдония, главная улица которого ориентирована на восход Солнца в день летнего солнцестояния.

4. В таблице фиксируется ориентация некоторых памятников на заход Солнца. Объяснение этому нужно искать в воззрениях древних на начало мироздания. По верованиям одних, мир начался со света, по мнению других — с темноты, и поэтому первые поклонялись восходу, а вторые — заходу Солнца.

5. У всех цивилизаций античного мира — Востока и Запада — соразмерности частей и целого сооружения были связаны с рабочим методом построения архитектурной формы. По-разному трактовались архитектурные пропорции и образы сооружений, что обуславливалось наличием материальных ресурсов, уровнем развития строительной техники и идеологией общества.

6. Впервые в мировой истории науки сведения об архитектурных пропорциях мы получаем на рельефе стены египетской гробницы Древнего царства (2800—2400 гг. до н. э.) [22, с. 28].

7. Осмысление архитектурных пропорций как части учения о гармонии во Вселенной впервые в истории науки находим у древнегреческих философов.

8. В средние века на исламизированном Востоке на арабском, персидском и тюркском языках были написаны научные труды по астроно-

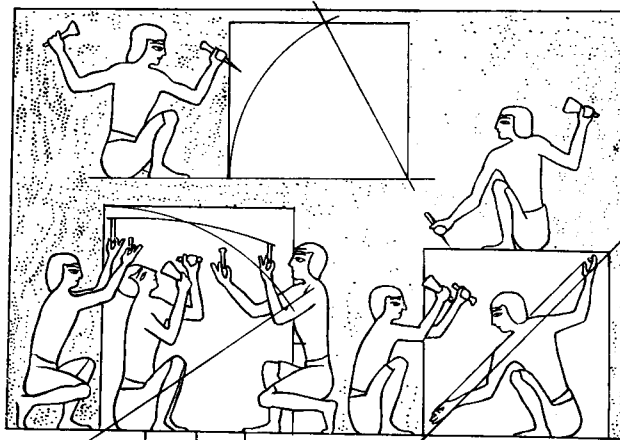


Рис. 33. Египет. Рельеф на стене гробницы Древнего царства (2800—2400 гг. до н. э.). Каменотесы за работой

Ориентация памятников архитектуры на восход и заход Солнца и Луны

№	Наименование памятника	Датировка памятника	Ориентация			Раскрытие к небу	
			в день равноденствия	в день солнцестояния			на Луну
				летнего	зимнего		
1	Шумеры. Урук. Белый храм	IV тысячелетие до н. э.			○	✓	
2	Шумеры. Эриду. Храм VII	IV тысячелетие до н. э.				☾	✓
3	Шумеры. Ур. Зиккурат Ур-Намму	III тысячелетие до н. э.		○			✓
4	Шумеры. Тепе-Гавра. Храм Плодородия	III тысячелетие до н. э.				☾	✓
5	Стоунхендж (по Дж. Хокинсу)	1900—1600 гг. до н. э.		○		☾	✓
6	Саккара. Пирамида	XXII—XX вв. до н. э.					
7	Троя-VI. Двухнефный мегарон	XVI—XIV вв. до н. э.			○		
8	Дейр-эль-Бахри. Заупокойные храмы	XVII в. до н. э.			○		✓
9	Карнак. Большой храм Амона-Ра (по Дж. Хокинсу)	XVI—XI вв. до н. э.			○		✓
10	Бактрия. Круглый храм на Дашлы-3	XVII в. до н. э.	○	○	○	☾	✓
11	Северная Бактрия. Саллалли-тепе	XVII—XV вв. до н. э.	○				✓
12	Бактрия. Храмово-дворцовый комплекс на Дашлы-3	XI в. до н. э.		○			✓
13	Урарту. Арин-берд	VIII в. до н. э.				☽	✓
14	Дур-Шаррукин. Цитадель	712—707 гг. до н. э.				☽	✓
15	Узбекистан. Городище Канка	VI в. до н. э.		○			
16	Гробница Кира	VI—V вв. до н. э.					
17	Персеполь. Дворцы	VI—V вв. до н. э.				☽	✓
18	Посейдония. Главная улица и храмы	VI в. до н. э.		○			
19а	Селинунт. Храм E (R)	VI в. до н. э.	●				✓
19б	Селинунт. Храм F (S)	VI в. до н. э.	●				✓
19в	Селинунт. Храм G (T)	VI в. до н. э.	●				✓
20	Греция. Храм Зевса в Олимпии	479 г. до н. э.	○				
21	Милет. Главная улица и храмы	V—II вв. до н. э.			○		
22	Афины, Акрополь. Парфенон и Пропилеи	477—432 гг. до н. э.	□				
23	Афины. Акрополь. Эрехтейон	421—406 гг. до н. э.	○				
24	Бактрия. Кутлуг-тепе. «Круглый дом»	V в. до н. э.	○	○	●		✓

№	Наименование памятника	Датировка памятника	Ориентация			Раскрытие к небу	
			в день равноденствия	в день солнцестояния			на Луну
				летнего	зимнего		
25	Хорезм. Кой-Крылган-кала *	356—329 гг. до н. э.				∨	
26	Херсонес. Главная улица	III в. до н. э.		●			
27	Дура-Эуронос. Главная улица	Около 300 г. до н. э.		○			
28	Парфия. Ниса. Круглый храм	II—I вв. до н. э.	○	○	○	☾	∨
29	Армения. Храм в Гарни **	I в. до н. э.					∨
30	Согдиана. Сакский календарь в степи	I в. до н. э.	○	○	○		∨
31	Афганистан. Ай-Ханум	I в. до н. э.		○			
32	Афганистан. Сурх-Котал	II в. до н. э.	○	○	○		
33	Храм Первопричины	VII в.	○	○	○		
34	Храм Миропорядка	VII в.	○	○	○		∨
35	Аджина-теле	VII—VIII вв.			○		
36	Буддийский монастырь близ Бергамы	VII в.		○			∨

Условные обозначения

○ восход Солнца
● заход Солнца
☾ начало утренней зари
☾ восход и заход Луны
∨ раскрытие памятника к небу

* Ориентация храма Кой-Крылган-кала на восход Солнца в день праздника Аджгар (азимут — 69°), 8—9 мая или 6 мая — начало лета по тюркскому народному календарю.

** Храм в Гарни был ориентирован на юг — на послеполюденное нахождение светила.

мии и лженаучные по астрологии — их известно более 2 тыс. В этом сказались астральные представления, связавшие судьбы человеческого общества с Космосом. В специально построенных обсерваториях осуществлялись астрономические наблюдения.

В эпоху раннего средневековья сабейцы-звездоклонники создают в целом ряде городов свои храмы, посвященные Планетам, Миропорядку, Гармонии во Вселенной и др., в ко-

торых также осуществлялись наблюдения за небом.

9. Древним строителям Среднего и Ближнего Востока и Индии были доступны математические познания, приемы измерения и установления соразмерностей, где предпочтение отдавалось кратным отношениям малых величин и элементарным геометрическим построениям, которые в средние века в Средней Азии получили свое дальнейшее развитие.

Глава II

ИЗ ИСТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОПОРЦИЙ В АРХИТЕКТУРЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Интерес к проблеме архитектурных пропорций Ближнего и Среднего Востока возник в середине XIX в. Виолле-ле-Дюк (1814—1879), французский архитектор, историк и крупнейший теоретик архитектуры прошлого столетия, категорически отрицал укоренившееся в его время мнение, что пропорции в архитектуре являются исключительно результатом чутя [126, с. 17]. Остановливаясь на роли геометрии в архитектуре Востока и Запада, он утверждал: «В арабском сооружении геометрия создала одежду; в средневековом западном здании она создала тело. В арабском сооружении роль геометрии начинается только в тот момент, когда приступают к его украшению, тогда как в средневековой архитектуре именно в этот момент ее роль кончается, ибо там все декоративные украшения дает растительный мир, по крайней мере начиная с XIII в.» [126, с. 419].

Воздержимся пока от полемики с известным авторитетом по затронутой им проблеме. Из дальнейшего изложения фактического материала по теме исследования читатель узнает, насколько Виолле-ле-Дюк был прав или ошибался в своих утверждениях.

Первым ученым-ориенталистом, занимавшимся исследованием памятника архитектуры — мавзолея Худабенде в г. Султания, построенного в начале XIV в., был французский археолог М. Дьелафуа. В 80-х годах прошлого столетия им были сделаны обмеры и графический анализ построения архитектурной формы памятника (рис. 34). Автор исследования пришел к правильному выводу, что соразмерности мавзолея были обусловлены геометрией построения во всех трех измерениях сооружения, однако ему не удалось установить геометрической взаимозависимости целого и частей, в частности размеров внутреннего и внешнего восьмиугольников плана. Он допускает непоследовательность: в одних случаях высоту арки в интерьере определяет как производную

восьмиугольника, в других случаях — как производную пролета арки.

Следует отметить, что теоретические выкладки анализа у М. Дьелафуа идеально совпадают с данными его натурных обмеров, т. е. не имеют расхождений, связанных, как правило, с неточностью производства строительных работ древними зодчими, деформацией сооружений за их многовековое существование и неточностью обмера памятников. После М. Дьелафуа обмером этого памятника занимались Ш. Тексье, П. Кости, по утверждению А. Годара, данные их обмеров расходятся. Так, размер диаметра купола главного зала: по М. Дьелафуа — 24,5 м, по П. Косту — 24,0, по Ш. Тексье — 24,4 м [340, с. 1107—1108].

Первыми исследователями архитектурных пропорций Средней Азии были Л. И. Ремпель, Ш. Е. Ратия, Л. Н. Воронин. К исследованию мавзолея Саманидов в Бухаре Л. И. Ремпель обратился в 30-х годах XX в. На основании натурных обмеров ему удалось констатировать два принципиальных положения: 1) общие пропорции сооружения определены не арифметически, а геометрически; 2) пропорции отдельных частей мавзолея находятся в соответствии с размерами кирпича, который был как бы их естественным модулем [245, с. 28].

Исследования соразмерностей мавзолея Барак-хана (XVI в.) в Ташкенте позволили Ш. Е. Ратия и Л. Н. Воронину сделать выводы:

1) композиция фасадов мавзолея в своих соразмерностях и отношениях подчинена диаметру главного круга и параметрам, находящимся с этим диаметром в простых кратных отношениях;

2) соразмерности основных элементов сооружения подчинены «золотому сечению» [243].

Авторы статьи ограничиваются лишь констатацией выявленных ими соразмерностей — они не дают анализа технических приемов мастеров, не пытаются выяснить рабочий метод проектирования и пропорционирования, существовавший в XVI в., в эпоху возведения рассматриваемого

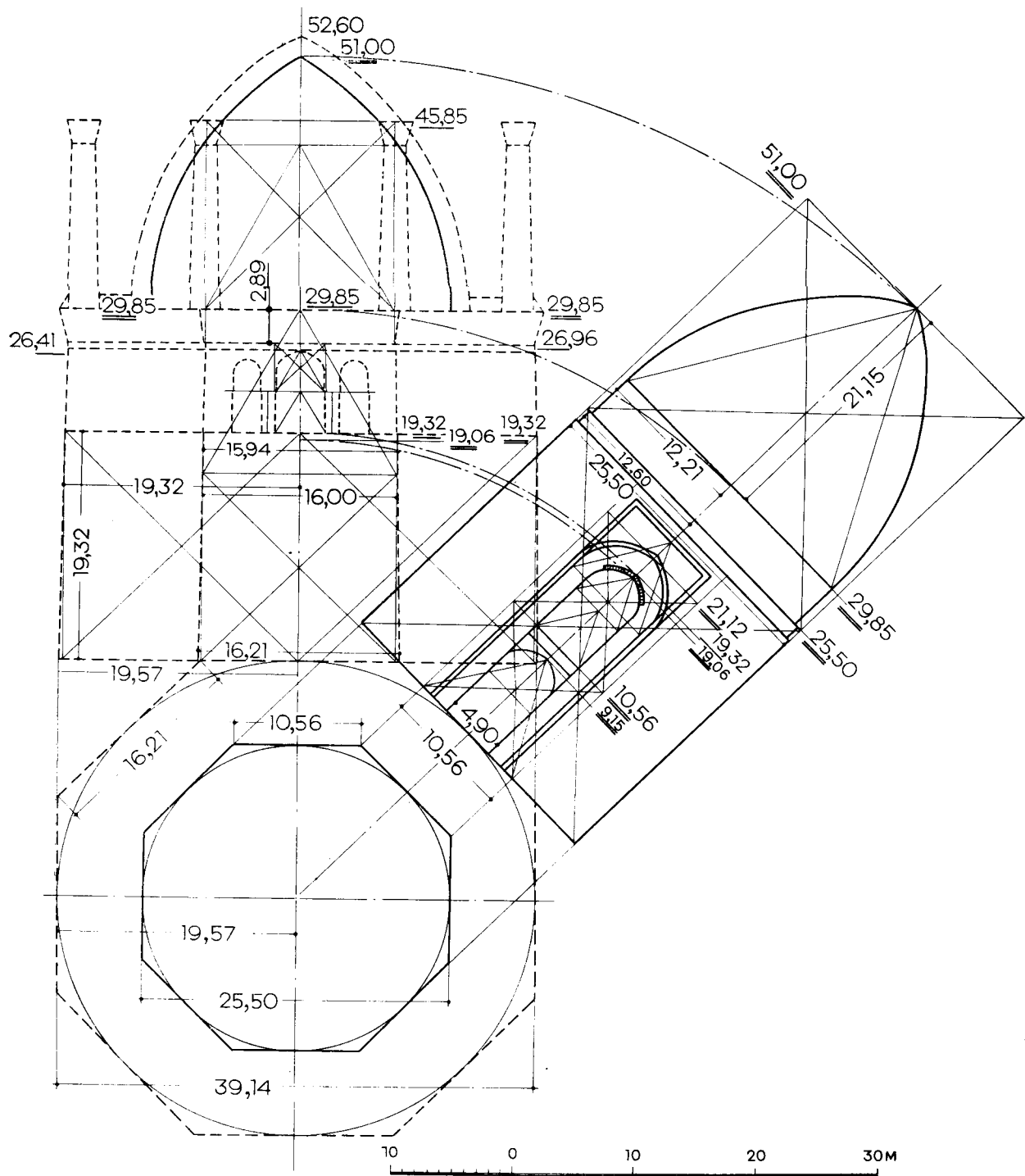


Рис. 34. Пропорции мавзолея Худабенде в Султании (XIV в.) по М. Дъелафуа

мого памятника, не делают попытки установить объективные законы, обусловившие сложение архитектурных форм и пропорционального строя сооружения.

Ни анализ мавзолея Саманидов, ни анализ мавзолея Барак-хана не вскрывают того метода пропорционирования, который применялся древними зодчими.

Большой интерес представляют исследования мавзолея в селении Карабаглар (первая половина XIV в.) Азербайджанской ССР, проведенные в 40-х годах XX в. Л. Бретаницким, Л. Маминовым и Д. Мотис.

Авторами поставлены вопросы, связанные с методами проектирования и строительного производства, в том числе и о соразмерностях сооружения в целом и деталях, т. е. вопросы, подлежащие разрешению исторической наукой [65]. Методы проектирования и соразмерности сооружения раскрываются в процессе детального анализа пропорций мавзолея, относимого к нахичеванской архитектурной школе. В соразмерностях мавзолея авторы констатируют наличие модульных отношений при модуле 85,0—85,5 см и допускают возможность применения композиционной сетки, основанной на модульной системе. Исходя из результатов исследований они приходят к мысли, что пока еще нет оснований говорить о применении средневековыми зодчими Азербайджана иррациональных отношений и их производных.

С момента исследования мавзолея в селении Карабаглар азербайджанскими учеными прошло немало времени. За это время выявлены не привлекавшиеся ранее письменные источники — трактаты средневековых ученых мусульманского Востока, имеющие отношение к теории архитектуры Среднего и Ближнего Востока, в том числе и Азербайджана. Это новое положение позволяет нам подойти к анализу соразмерностей мавзолея в селении Карабаглар в IV главе настоящей работы — рассмотреть возможность применения определенных геометрических приемов для построения его архитектурной формы.

Ценными представляются исследования строительной техники доарабского периода Средней Азии, проведенные В. Л. Ворониной [97, с. 103—109]. В. Л. Ворониной удалось расшифровать закономерности построения кривых арок и сводов замка Мунчак-тепе (VI—VII вв. н. э.). Анализ кривых трех- и пятицентровых арок дает ей основание утверждать, «что строители в то время были уже довольно основательно знакомы с геометрией» [97, с. 107, рис. 30].

В 1950 г. появился труд Ш. Е. Ратия, посвященный исследованию архитектуры мечети Биби-ханым в Самарканде. В этой книге специ-

альная глава отведена исследованию пропорционального строя сооружения.

На основании детального изучения соразмерностей мечети Биби-ханым Ш. Е. Ратия приходит к выводу, что пропорции среднеазиатских памятников архитектуры решались в модульной системе и что модулем для комплекса Биби-ханым был диаметр угловых минаретов главной мечети, равный 8 гязам [242, с. 90].

Модуль, обнаруженный Ш. Е. Ратия в пропорционировании мечети Биби-ханым, дает довольно убедительное объяснение соразмерности сооружения, ибо отдельные элементы плана действительно являются кратными диаметру минарета. Надо признать, однако, что этот модуль не может объяснить закономерность основ композиции мечети Биби-ханым; в частности, он не соответствует квадратной сетке колоннады арочных галерей с ячейкой 5 × 5 гязов, между тем как расположение нескольких сотен колонн, образующих многонефную крытую галерею, окружавшую двор мечети, должно было бы найти логическое объяснение в предлагаемых Ш. Е. Ратия методах пропорционирования.

По признанию самого автора исследования, единый модуль — диаметр минарета главной мечети (8 гязов) — неприемлем и для определения пропорций входного портала [242, с. 93]. Это вынуждает его переходить на другой модуль, равный 9 гязам. Модульная система, предлагаемая Ш. Е. Ратия, бессильна объяснить и пропорциональный строй внутреннего пространства главной мечети. Тем не менее богатый фактический материал по обмерам всего комплекса, приведенный Ш. Е. Ратия, позволяет продолжить исследование пропорций сооружения, что мы и попытаемся сделать в настоящей работе.

Архитектурному анализу и проблеме реконструкции мавзолея Манаса посвящены специальные главы монографии «Гумбез Манаса» М. Е. Массона и Г. А. Пугаченковой [189, гл. VIII и IX].

В начале 50-х годов нами было задумано исследование архитектурных пропорций среднеазиатского зодчества. Выполнялось оно в СНРПМ Республиканского управления по делам архитектуры [345]. Исследования соразмерностей мавзолеев Саманидов (конец IX в.), султана Санджара (XII в.), Текеша (XII в.), Гур-Эмира (XV в.), Ишрат-хана (вторая половина XV в.) и мечети Биби-ханым (XIV—XV вв.) позволили установить ряд геометрических закономерностей в построении архитектурных форм, основанных на квадрате, круге, пятиугольнике и их производных.

На конкретных примерах анализа соразмерностей перечисленных памятников было про-

слежено развитие систем архитектурного пропорционирования в IX—XV вв.

Выдвигалась гипотеза о тождестве рабочего метода построения архитектурной формы на бумаге и на строительной площадке на более ранних этапах, когда зодчие пользовались циркулем и линейкой в первом случае, шнуром и кольшком — во втором. Было установлено, что появление больших сооружений в эпоху развитого средневековья фиксирует новые, также основанные на геометрии методы проектирования и перенесения проекта в натуру, причем параметры сооружений определяются не только построением, но и исчислением в бытовавших мерах длины. При этом зодчие пользовались мелкой и укрупненной квадратной сеткой, что облегчало перенесение проекта в натуру. В процессе исследования была выдвинута также гипотеза о вероятности модульной координации при приближенном исчислении иррациональных величин для $\sqrt{2} - \frac{7}{5}$, $\frac{10}{7}$ и для $\sqrt{3} - \frac{12}{7}$. Прослеживались связи в построениях архитектурных форм и геометрического орнамента.

На основании сопоставления данных анализа соразмерностей архитектурных памятников, полученных в процессе работы над ними, и исследования математического трактата Мухаммада ал-Хорезми, в то время еще не переведенного на русский язык [333], было сделано предположение о тесной связи творчества зодчих со средневековой математической наукой.

В этих исследованиях 50-х годов вопросы средневековой теории архитектурной композиции Средней Азии выдвигались в п е р в ы е. Исследования остались незавершенными, тем не менее они послужили отправной точкой в научных изысканиях молодых ученых: Л. Ю. Маньковской, К. С. Крюкова, В. М. Филимонова, И. Е. Плетнева и Ю. З. Шваб, работавших в СНРПМ.

Эти ученые, обращаясь в своих исследованиях к вопросам построения архитектурной формы, признают правильными выдвинутые ранее научные положения, в той или иной степени развивают их, исправляют [183, с. 93—142; 168, с. 155—166] или отвергают, предлагая новые теоретические концепции. К этим последним относится кандидатская диссертация архитектора В. М. Филимонова [280].

Проблема развития методики проектирования в архитектуре рассматривается В. М. Филимоновым в мировом масштабе, причем автор полагает, что рабовладельческой формации всех стран и народов присущ метод симметрии, феодализму — триангуляции, капитализму — пропорционирование [280]. В. М. Филимонов

утверждает также, что искусству эпохи Ренессанса в Европе присущи сознательные поиски пропорциональных отношений, в то время как «среднеазиатская методология проектирования не содержит таких идей (разрядка наша. — М. Б.)» [282, с. 82].

В разрешении такой большой проблемы, как вопросы теории архитектуры средневековой Средней Азии, еще мало исследованной, наличие разных точек зрения — явление вполне закономерное. Однако выдвинутая автором концепция, выразившаяся в нивелировании методов архитектурного проектирования у всех стран и народов применительно лишь к общественно-экономическим формациям и отрицании сознательных поисков пропорций в архитектуре Средней Азии, не отражает действительного положения вещей и сводится к вульгарной социологизации истории архитектурного творчества.

Особо остановился на проблеме пропорций в странах мусульманского Востока Л. И. Ремпель. В своем капитальном труде, посвященном архитектурному орнаменту Узбекистана (1961), он утверждает, что «в странах мусульманского Востока проблема пропорций принадлежала не столько искусству, сколько математике. Никогда пропорции „золотого сечения“ не могли здесь стать и не стали „матерью и царицей всех практических наук“, как называли на Западе науку о пропорциях в эпоху Возрождения. Пропорции геометрических орнаментов вытекали не из эстетических требований и законов идеального строения человеческого тела (как, например, в античном искусстве), а их чисто геометрических построений» [247, с. 179]. В дальнейшем (1971 г.) Л. И. Ремпель приходит к выводу, что динамические прямоугольники $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$ играли на средневековом Востоке примерно ту же роль, какую «золотое сечение» в эпоху Возрождения на Западе [24, с. 69] ¹.

Разрабатывая основы построения геометрических арабесок, Л. И. Ремпель пришел к выводу, что они также распространяются и на объемно-пространственные формы. Формирование простых геометрических тел — куба, призмы, цилиндра, полусферы, сфероконического купола, конуса, многогранной пирамиды и т. д. — предстало в виде законченной системы компокуемых структур.

Рассмотрение возможных вариантов сочетания этих простых геометрических тел позволило Л. И. Рempelю составить их «таблицу», в ко-

торой каждой «клетке» соответствует одно сочетание [240, с. 226—227]. Большинство этих «клеток» заполнено примерами из исторической практики средневековых зодчих, однако некоторые «клетки» оставались незаполненными. Л. И. Ремпель полагает, что их можно будет заполнить по мере открытия исторической наукой несохранившихся памятников. Но они могут остаться и незаполненными, поскольку сочетания, как нерациональные, не использовались зодчими.

Та же мысль была выражена Л. И. Рempелем и при рассмотрении пропорций герихов, представленных на свитке чертежей XVI в. Одни из них получили воплощение в дошедших до нас памятниках, другие вообще остались на бумаге, поскольку пропорции их, как показали расчеты, были для рядовых мастеров затруднительны.

В исследованиях Л. И. Рempеля дано научное обобщение практики зодчих XI—XIII вв.,

однако методы геометрических построений и пропорций объемно-пространственных структур он затронул лишь частично, и это позволяет нам вернуться к поставленным вопросам в соответствующем разделе настоящей работы.

Подводя итог сказанному, можно сделать вывод, что двадцатилетние исследования архитектурных пропорций в зодчестве Средней Азии были основаны главным образом на методе «прощупывания» циркулем обмерных чертежей. Они дали интересный материал, явились определенным вкладом в науку по изучению истории архитектуры Средней Азии. Тем не менее вопросы исследования теории архитектуры, находившиеся в стадии становления, ожидали более углубленного рассмотрения творческой лаборатории архитектора с привлечением математических трактатов, высказываний современников и философских сочинений ученых-энциклопедистов интересующей нас эпохи.

ОБ ОСНОВАХ СРЕДНЕВЕКОВОГО ЗОДЧЕСТВА СРЕДНЕГО И БЛИЖНЕГО ВОСТОКА

Рассмотренный этап исследований в области историко-архитектурной науки Средней Азии характеризуется накоплением фактического материала, сопровождавшимся целым рядом научных открытий, описанием памятников архитектуры, применявшихся строительных материалов и конструкций, искусствоведческим анализом, установлением самобытности местных строительного-художественных традиций, выявлением стилевых особенностей архитектурных школ Мавераннахра, Хорезма, Хорасана, разработкой теории архитектурного орнамента и, наконец, периодизацией истории зодчества Средней Азии на фоне социальной и политической истории страны [28; 33; 37; 38; 100; 108; 119; 135; 168; 177; 183; 189; 200; 211; 223; 233; 238; 240; 242; 247; 300; 308 и др.].

Интерес к искусству и культуре народов Центральной Азии огромен. ЮНЕСКО проводила в Душанбе (1968 г.) и в Самарканде (1969 г.) международные симпозиумы, посвященные кушанской проблеме и истории культуры и искусства эпохи Тимуридов [109, с.110]. На современном этапе, когда в значительной степени решены многие вопросы истории зодчества средневекового Востока, настала пора заняться исследованием проблем средневековой теории архитектуры, ее философских корней, эстетических воззрений, связанных с гуманистическими идеями передовых мыслителей эпохи, с привлечением естественно-математических наук средневекового Востока, выявлением их роли в сложении и развитии архитектурной теории и практики. Такая постановка вопроса столкнулась с, казалось бы, «непреодолимой» концепцией отсутствия на Востоке как архитектурной науки, так и теоретиков архитектуры, подобных Витрувию в древнем Риме или Альберти в эпоху итальянского Ренессанса.

Крупнейшие ориенталисты М. Берхем, М. Герц, А. Е. Диц и др. пессимистично отмечают полное незнание творческих биографий

архитекторов мусульманского Востока [332, с. 15], а Л. Майер, составивший обширный каталог «исламских архитекторов», приходит к выводу, что средневековые мусульманские архитекторы не имели теоретической подготовки в отличие от своих западных собратьев — как правило, образованных людей из среды священнослужителей [332, с. 18].

Крупнейшие советские ученые М. Усейнов, Л. Бретаницкий, А. Саламзаде в капитальном труде «История архитектуры Азербайджана» писали: «Накопленный зодчими-строителями опыт передавался из рода в род и в качестве цеховых „секретов“. Так складывались приемы, постепенно входившие в традицию и получившие более или менее широкое распространение в архитектурно-строительной практике. Положение это относится ко всем областям архитектурно-строительной деятельности, в том числе и к градостроительству» [270, с. 187].

В начале 60-х годов XX в., когда создавался этот труд, не было еще и намека на то, что в средние века существовала архитектурная наука, и достижения архитектуры на Востоке объяснялись многовековым коллективным опытом зодчих, мастеров, народных умельцев и архитектурно-художественной традицией.

Между тем анализы архитектурного орнамента Средней Азии, выполненные Н. Баклановым, Г. Гагановым и Л. Ремпелем, стали научным открытием, значение которого трудно переоценить. Ими была поставлена и частично решена проблема теории построения архитектурного орнамента Средней Азии, связанная с успехами прикладной математики. Правда, одни из исследователей принижали математические познания художников-орнаменталистов, другие, в частности Н. Бакланов, наоборот, допускали их высокую образованность [27, с. 21].

В связи с этим возник вопрос: если существование теории архитектурного орнамента на плоскости факт неоспоримый, то как же обсто-

яло дело с построением и гармонизацией пространственных структур и архитектурной формы? Ответ на этот вопрос дают наши исследо-

вания соразмерностей памятников архитектуры — проблемы геометрической гармонизации в зодчестве средневековой Средней Азии.

ИСКУСНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПО АЛ-ФАРАБИ

Особая роль и значение геометрии в творчестве зодчего отмечались еще в «Классификации наук» Абу Насром ал-Фараби (880—950), крупнейшим ученым, уроженцем города Фараба, на берегу Сырдарьи (Казахская ССР), которого не случайно называли вторым Аристотелем.

По Аристотелю, к математическим наукам относились арифметика, геометрия, астрономия и музыка. Ал-Фараби, переосмыслив эту классификацию, относит к математическим наукам кроме перечисленных дисциплин еще оптику, науку о предметах, имеющих вес (статику), и «науку искусных приемов» — *ильм ал-хийал* [322, с. 75—95]. В переводе этот термин вошел в научный обиход как *механика*, поскольку представляет точный перевод греческого термина *techane* [143, с. 39]. Между тем, как установлено последними исследованиями, *ильм ал-хийал* — понятие очень широкое, включающее многие практические искусства, в том числе и архитектуру. По этому поводу ал-Фараби пишет: «Имеются также многочисленные геометрические искусные приемы, среди них *рийаса ал-бина* — искусство руководства строительством, составление проектов архитектурных сооружений» [273, с. 34—35; 51].

Евклидова геометрия — воображаемые точки, линии, плоскости и объемы, не имеющие ни веса, ни фактуры, ни цвета, ни освещенности, ни тени, не связанные ни со зрительным восприятием, ни с перспективой, — получает у ал-Фараби материальное выражение в предметах искусства: «Практическая геометрия рассматривает линии и поверхности деревянного тела, если их применяет столяр, или железного тела, если их применяет кузнец, либо каменного тела, если их применяет каменщик... Аналогично этому специалист по практической геометрии представляет себе линии, поверхности, квадраты, круглые и треугольные тела как материю, являющуюся предметом этого практического искусства» [273, с. 19]. Из сказанного становится очевидным, что абстрактная Евклидова геометрия, оперирующая бестелесными фигурами и объемами, — это одно, а геометрия искусства — нечто другое.

Ал-Фараби особо подчеркивает, что искусные геометрические приемы представляют основы практических искусств и приложимы к телам, фигурам, порядку, поло-

жению и измерению. Сюда относятся архитектура, плотничье дело и др.

В другом трактате, посвященном достижению счастья, ал-Фараби пишет, что основой счастья является знание, приобретение которого следует начинать с рассмотрения чисел и величин. «Изучающему дано знание чисел, — говорит он, — благодаря которым производится исчисление, а наряду с этим — знание того, как ими исчисляются другие величины, подлежащие исчислению. Далее (ему) дано [знание] о величинах, фигурах, положениях, упорядоченности, гармоничности и стройности» [275, с. 287]. Эти основы познания, по ал-Фараби, нужны всем, кто занимается практическими искусствами, в том числе и архитекторам.

Весьма примечательным представляется утверждение ал-Фараби, что сторона квадрата, части окружности, выступающие измерителями в архитектуре, являются аналогиями силлогизму в логике, строфам в поэзии и стопам в метрике. Это уже гениальное осмысление аналогии законов мышления, теории стихосложения, музыки и построения архитектурной формы, значение которого трудно переоценить для истории теории искусств мусульманского средневековья вообще и для теории архитектуры в частности.

По ал-Фараби, арифметика и геометрия проникают во все науки и искусства. И действительно, в результате взаимодействия математических наук и музыки возникает математическая теория музыки, а применение геометрии для построения архитектурной формы порождает в зодчестве науку геометрических приемов — геометрическую гармонизацию.

Иными словами, в конкретных исторических условиях художественного производства произошла поэтизация геометрии. Это положение, характерное для средневековой культуры средневосточного региона, представлено не только в философском осмыслении ал-Фараби, но и в искусстве зодчих и художников-орнаменталистов Средней Азии.

Установив, что искусные геометрические приемы являются основой архитектурного проектирования, ал-Фараби пишет трактат «Книга духовных искусных приемов и природных тайн о тонкостях геометрических фигур». В каталоге 1849 г. название книги переведено иначе: *Virtutes sprirituales et secreta naturalia de subtilitatibus figurarum geometriae, qwem, Abu-*

Nasr Muhammed ben Tarchan ben Ansalagh el-Farabi [271, с. 221], где слова الحيل الروحانية неправильно поняты, оказались связанными со средневековой мистикой. Вероятно, по этой причине более столетия она была вне поля зрения ученых-ориенталистов. Между тем замысловатое название трактата отражает эстетическое мировоззрение ал-Фараби. В искусных геометрических приемах он усматривает творческие поиски лучших соразмерностей, совершенных пропорций, раскрытие тайн красоты, связанных с геометрической гармонизацией предметов искусства.

В связи с подготовкой научной сессии Академии наук Казахской ССР, посвященной 1100-летию со дня рождения ал-Фараби, собирая и исследуя труды ученого, Б. А. Розенфельд и А. К. Кубесов были крайне удивлены тем, что текст упомянутого геометрического трактата Фараби из университетской библиотеки Упсала почти полностью совпадает с уже известным трактатом Абу-л-Вафа «О том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений» [358], написанным позднее.

Благодаря любезности А. К. Кубесова мы располагаем фотокопией трактата. Книга написана классическим почерком «наسخ», заглавие, картуши на страницах и титульный лист выполнены почерком «куфи». Первых страниц нет. Приводимые чертежи начинаются с девятнадцатого номера [273, с. 93—217].

Трактат состоит из введения и десяти книг. В первой книге приведены элементарные геометрические построения с помощью циркуля и линейки, два способа построения параболы — шаблонов «зажигательных зеркал», решение задач удвоения куба, а также трисекции угла.

Вторая книга посвящена построению равносторонних фигур. Здесь излагаются способы построения равностороннего треугольника, квадрата, пяти-, шести-, семи-, восьми-, девяти- и десятиугольников по заданной стороне. Для пяти-, восьми- и десятиугольников дается по два способа построения. Ал-Фараби приводит приближенное построение семиугольника, причем между параметрами шести- и семиугольников, вписанных в один и тот же круг, существует прямая зависимость, так как

$$a_7 \approx \frac{R\sqrt{3}}{2} \approx 0,866R$$

с погрешностью 0,002 ($a_7 \approx 0,868$). В этой книге даются примеры построения многоугольников по заданной стороне с помощью циркуля с постоянным раствором.

Третья книга — о фигурах, вписанных в круг. Здесь автор отмечает, что ремесленники делят окружность на равные части путем подбора их, но это не удовлетворяет геометров مهندسان. Он также ратует за то, что правильность построения должна быть геометрически доказуемой. Рассматриваются построения вписанного в окружность и описанного треугольников, вписанных в окружность квадрата, пяти-, шести-, семи-, восьми-, девяти-, десятиугольников.

Четвертая книга — о построении круга, описанного около фигуры.

Пятая книга — о построении круга, вписанного в фигуры.

Шестая книга — о построении некоторых фигур, вписанных в некоторые другие фигуры. Седьмая книга — о разделении треугольников.

Восьмая книга — о разделении четырехугольников.

Девятая книга — о разделении квадратов и об их составлении. Здесь излагаются элементарные построения не только квадратов, составленных из нескольких малых квадратов и наоборот, но и построение квадратов со сторонами, выраженными иррациональными числами: $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{10}$, $\sqrt{13}$, $\sqrt{18}$, $\sqrt{20}$. Как видно из текста, ремесленники испытывали определенные трудности в решении таких задач. Ал-Фараби дает наглядные примеры их решения геометрическим построением. Примечательно, что многие построения, о которых рассказано в этой главе, встречаются в геометрическом орнаменте и в архитектурных формах памятников Термеза, Самарканда, Ургенча и других культурно-экономических центров XI—XV вв.

Десятая книга — о разделении сферы.

В средние века искусные геометрические построения выполнялись не только на плоскости и в пространстве, т. е. стереометрически, но и на сфере — внутренней и внешней поверхности куполов. В этих сложных построениях на помощь ремесленникам приходит наука: Фараби излагает приемы построения правильных и полуправильных многоугольников на сфере. Правда, он не делает открытий, а лишь повторяет Евклида, Архимеда и Менелая. Практический же результат построений на сфере был неощутим, так как зодчие на средневековом Востоке редко пользовались шаровидными формами — здесь восторжествовала сфероконическая форма куполов, исключавшая построения правильных и полуправильных многоугольников.

Идея гармонии в эстетике мусульманского средневековья за последние годы больше привлекает внимание востоковедов. Благодаря исследованиям советских и зарубежных ученых и публикациям философских сочинений, музыкальных и математических трактатов Среднего и Ближнего Востока наши представления об эстетике мусульманского средневековья значительно расширились. Теперь мы знаем, что арабоязычные ученые рассматривали гармонию в широкой универсальной трактовке. Идея гармонии, пропорциональности, соразмерности, уравновешенности связывается не только со строением вселенной, но более всего с конкретными науками — математикой, астрономией, механикой, музыкой, медициной. «Идея гармонии занимала центральное место в эстетике мусульманского Средневековья» [257, с. 41]. И искусные геометрические приемы, о которых говорит ал-Фараби, не стали бы основой архитектуры, если бы они не были связаны с идеей гармонии в том ее понимании, в каком она стала мерилom в жизни и деятельности передовых людей эпохи. Однако учение о гармонии на средневековом Востоке стало в какой-то степени возрождением древнегреческой традиции.

В эпоху раннего средневековья древнегреческая наука нашла на Среднем и Ближнем Востоке более благоприятную, чем у себя на родине, почву для дальнейшего развития. Причина этого — жесточайшие преследования христианской церковью всего древнегреческого. Оно особенно усилилось после того, как христианство было объявлено государственной религией Византии и Рима. При императоре Феодосии I (379—395) не только закрывались древнегреческие храмы, библиотеки, академии, но и сжигались на кострах «языческие» рукописи, безжалостно уничтожались произведения древнегреческого искусства. Преследуемые фанатичным духовенством, приверженцы древнегреческой науки, культуры и искусства, захватив с собой научные труды, спасались бегством на Восток. С V в. Иран и Средняя Азия становятся их прибежищем.

У ученых средневекового Востока тяга к древнегреческому научному наследию была огромной. Многие из ученых занимались переводами древнегреческих научных трактатов, развивали как местное, так и древнеавилонское, древнеиндийское научное наследие. Однако учение античных авторов арабоязычными учеными было воспринято достаточно критически. Так, ал-Фараби, признавая Пифагора отцом теории музыки, отвергал учение пифагорейцев о связи музыки с движением звезд как ничем

не обоснованную выдумку [321, с. 106], а Ибн Сина (980—1037) по этому поводу говорил, что он не стремится устанавливать связь между состоянием неба, свойствами души и музыкальными интервалами, ибо «это в обычае лишь тех, кто не отличает одну науку от другой» [262, с. 278]. Рудаки (884—952), отражая критическую мысль культурных кругов своей эпохи, писал, что ищущий истину не почерпнет ее в иссохшем ручье Эллады [253, с. 80]. Абу Рейхан Мухаммед ибн Ахмед ал-Бируни констатировал, что греческие философы, хотя и усердно искали истину, в действительности во всем, что связано с воззрением народных масс, не выходили за пределы аллегорий и религий и установлений их закона [48, с. 60]. Он подвергал сомнению и тезис Аристотеля о том, что тело, которому свойственно круговое движение, не может обладать ни тяжестью, ни легкостью, а также брал под сомнение всю его космологическую систему [143, с. 36].

Насколько критически воспринималось на средневековом Востоке учение перипатетиков, мы узнаем из частично сохранившегося трактата Ибн Сины «Восточная философия»: «Мы признаем великим ученым величайшего из всех перипатетиков (Аристотеля. — М. Б.), ибо он открыл то, чего его друзья и учителя о нем не знали, дифференцировал науки, наилучшим образом систематизировал их, во многих вопросах нашел правильное решение и обо всем этом сообщил своим согражданам. Нет сомнения, что Аристотель, как первый человек, который начал разбирать путаные проблемы и различать правильное от порочного, сделал огромное дело, выходящее за пределы обычных человеческих возможностей, и тому, кто пришел после него, нужно было исправить его ошибки. Но его исследователи этого не делали... и фактически защищали нелепые и неверные его взгляды» [142, с. 12].

На средневековом Востоке естественно-математические науки — геометрия, астрономия, арифметика, наука о музыке, медицина и учение о гармонии — развиваются в новом качестве. Особое внимание уделяется прикладному значению научных дисциплин.

Подтверждение сказанному находим в трактатах арабоязычных ученых. Особое внимание уделяется учению о гармонии.

Якуб ибн Исхак ал-Кинди (801—866), ученый-энциклопедист, написавший более 270 научных трудов, по данным последних исследований, был выдающимся, если можно так сказать, инженером своего времени. (Отметим, что для того времени инженер и архитектор — синонимы.) Его труды тщательно изу-

чались на Востоке и переводились в средние века на латинский язык [123, с. 76—82]. О гармонии он пишет: «Четвертая наука — это наука о гармонии, состоящая из науки о числе, науки об измерении площадей и звездословья. В самом деле, гармония имеет место во всем, и очевиднее всего она обнаруживается в звуках, в строении вселенной и в человеческих душах, как это мы установили в нашей „Большой книге по гармонии“». Далее ал-Кинди разъясняет, что наука гармонии «заключается в установлении отношения и в присоединении одного числа к другому, в различении соразмерного и несоразмерного. Здесь изучается количество, рассматриваемое со стороны отношения одной его части к другой» [153, с. 49—50].

Более полное представление о воззрениях на гармонию ал-Кинди можно получить из комментариев Даниеле Барбаро (1514—1570) к десяти книгам об архитектуре Витрувия. Как это ни парадоксально, крупнейший деятель эпохи итальянского Ренессанса, большой эрудит и ученый Даниеле Барбаро для наилучшего понимания и разъяснения теории архитектурных пропорций обращается к учению ал-Кинди о гармонии. Оно дало ему основание утверждать: «Такова сила пропорций, такова необходимость их, такова их польза, что ничего не может доставить удовольствие слуху, зрению или другим чувствам без соответствия и согласия отношений; вот почему то, что доставляет удовольствие или нравится нам, доставляет удовольствие и нравится только потому, что заключает в себе определенную меру и упорядоченное согласие. Только тогда голоса и звуки радуют и удовлетворяют душу при посредстве слуха, когда они находятся в пропорциональном соответствии друг с другом как в отношении длительности, так и в отношении интервалов. Превосходные человеческие изобретения тем более совершенны, чем искуснее они подчинены закону отношений. Великая вещь — соблюдение пропорций при соединении и смешивании простых лекарств, как, например, при изготовлении Митридатова териака; божественна мощь чисел, пропорционально согласованных друг с другом, и трудно назвать что-либо другое, имеющее столь же широкую власть в мироздании, как согласие веса, числа и меры, благодаря которым время, пространство, движение, добродетели, язык, искусство, природа, знания, все вообще божественное и человеческое слагается, возрастает, находит свое существование» [29, с. 85].

Если, говоря об общезначимости пропорций, Даниеле Барбаро излагает учение ал-Кинди своими словами, то для освещения теории пропорций он счел нужным привести выдержки

из его трактата по копии, сделанной для него «досточтимейшим Филиппо Аркинто, легатом его святейшества при Венецианской державе» [29, с. 91].

Богатым источником при рассмотрении интересующей нас проблемы гармонии являются труды Абу Насра ал-Фараби. В «Трактате о взглядах жителей добродетельного города» говорится: «И город и дом нужно сравнить с телом человека». Ученый мечтает о городе, который был бы гармонично развит подобно здоровому человеческому организму [274, с. 157—158].

Для объяснения гармонии в музыке, поэтике, эстетике, этике, физиологии и психическом состоянии человека ал-Фараби пользуется такими категориями, как «среднее», «умеренное», «уравновешенное». По ал-Фараби, действия, которые являются хорошими делами, — это умеренные средние действия между двумя крайностями, обе из которых плохие: одна чрезмерна, другая недостаточна.

Далее ал-Фараби пишет: «Выражения „средний“ и „умеренный“ применяются двояко: [a] среднее само по себе и [b] среднее в сравнении и в отношении чего-либо другого. Для [a] примером является шесть как среднее между десятью и двумя, так как превосходство десяти над шестью такое же, как превосходство шести над двумя. Это среднее само по себе между двумя крайностями и также для любого числа, похожего на него. Это среднее без прибавления или убавления, так как то, что является средним между десятью и двумя, никогда не бывает отличным от шести [b]. Относительное среднее возрастает и убывает в разные времена и в зависимости от разницы в вещах, к которым относится...»

Приведенная цитата имеет прямое отношение к архитектуре, где под понятием «среднее» имеется в виду средняя пропорциональная величина. В первом случае это среднее арифметическое, т. е. $a - b = b - c$, а во втором — «относительное среднее», которое может рассматриваться как среднее геометрическое, т. е. $a : b = b : c$, о чем более подробно будет сказано в следующем разделе настоящей главы.

«В музыке, — говорит ал-Фараби, — имеются три корня: метр, мелодия и жесты. Метр изобретен для того, чтобы привести к известным пропорциям разумные понятия; мелодия изобретена для того, чтобы привести к известным пропорциям высокие и низкие звуки; эти два корня подчинены чувству слуха. Жест же подчинен чувству зрения; он установлен для того, чтобы подобные и подлежащие сравнению между собой движения были согласованы с метром и звуком»

[272]. Таким образом, и здесь основное внимание отдавалось гармонии.

По Фараби, гармонично слиты, неотделимы друг от друга красота и польза. Это положение, восходящее к эстетике Сократа, завладело умами мыслителей Востока. И ал-Фараби утверждает: «Если выявляемые вещи (создаваемые предметы искусства.— *М. Б.*) приносят наибольшую пользу в достижении добродетельной цели, то такие вещи (произведения искусства.— *М. Б.*) являются прекрасными и хорошими» [275, с. 306]. При этом особое внимание должно быть уделено совершенству, ибо «красота, величие и украшение всякого бытия состоят в том, чтобы осуществить свое бытие наилучшим образом и достичь его полного совершенства» [274, с. 221], т. е. полной гармонии.

Эстетические идеи ал-Фараби развиваются в трудах ученых-энциклопедистов: ал-Бируни, Ибн Сины, Омара Хайама (1040—1123) и др. Так, ал-Бируни, занимаясь морфологией растений, кристаллов, снежинок, пчелиных сот, приходит к убеждению, что в природе действуют законы числа и правила геометрии [47, с. 323]: «Число листьев, края которых образуют кружок, когда цветок распускается, в большинстве случаев соответствует правилам геометрии. Чаще всего оно совпадает с хордами, которые можно найти геометрическими методами, но не с коническими сечениями. Едва ли найдется какой-нибудь цветок, количество листьев которого составляет семь или девять, так как их нельзя методами геометрии вписать в окружность в виде равнобедренных треугольников. Напротив, листьев бывает три, четыре, пять, шесть или восемнадцать». Здесь ал-Бируни не делает каких-либо обобщений (или выводов), связанных с эстетическими воззрениями, а ограничивается рассмотрением приложимости математики к морфологии растений, кристаллов и пчелиных сот. Но в исследовании, посвященном минералогии, ал-Бируни обращает внимание на то, что в обработке драгоценных камней мастера подражают естественным формам как самих минералов, так и растительного мира, тем самым как бы устанавливая связь между искусством мастера и творениями природы.

То, что природа по сравнению с человеком гармонична сама по себе, утверждает и Ибн Сина [260, с. 4, 296, 297].

Таким образом, для ал-Фараби и Ибн Сины характерно стремление дать антропологическое истолкование гармонии, найти ее принципы в устройстве человеческого организма и в духовном облике человека. Это в равной степени относится к воззрениям и миропониманию Омара Хайама.

Для Ибн Сины весьма важным представляется совершенство в искусстве, и он полагает, что оно органически связано с красотой и пользой, ибо он пишет: «Совершенство состоит в том, что все, необходимое для его сохранения, существует, и существует в такой мере, в какой это достойно его сущности, включая также все, что служит для украшения и пользы, а не только является необходимым» [260, с. 193].

Совершенство (гармония), о котором трактуют ученые, в искусстве зодчих достигалось средствами геометрической гармонизации. Здесь возникла задача объединения не двух, не трех красивых вещей, а множества частей в целое, при этом решались вопросы тектонической структуры, функционального назначения сооружений. Красота и польза представляли единое целое.

Лексикон гармонизации архитектурно-тектонических структур оказался велик благодаря высокому развитию учения об отношении и средневековой прикладной математики — геометрии и вычислительной техники.

Проблема гармонии затрагивается и в «Посланиях» тайного союза «Братьев чистоты». «Послания» — это многотомный философский трактат (X в.), написанный анонимными авторами и получивший широкое распространение в исламизированных странах Востока и Запада, способствовавший распространению философских наук и вольнодумства [131, с. 5].

«Братья чистоты» придают большое значение архитектуре как науке и в своих «Посланиях» приравнивают ее к таким философским наукам, как логика, математика и астрономия. Они считают, что природа — неиссякаемый источник познаний, художественного мастерства и творчества. Природа играет в жизни людей роль учителя [131, с. 47, 48].

«Братья чистоты» считают, что идея гармонии торжествует в природе и искусстве благодаря тому, что им свойственны подобие, соответствие и родство и что «красота природных предметов зависит от пропорциональности их строения и гармоничности составляющих их частей (разрядка наша.— *М. Б.*)» [228, с. 276].

Подобие в искусстве зодчего — это не только геометрическое тождество фигур, это сходство архитектурных образов, пространственных структур, строительных материалов фактуры, членений плоскостей и объемов.

Под родством в искусстве можно понимать стилевое единство и связь с культурными традициями. Такое понимание родства вытекает из обобщения многовековой художественной практики эпохи, связанной с учением о гармонии.

С о о т в е т с т в и е, в трактовке средневековых ученых Среднего и Ближнего Востока, — это широкое понятие, рассматриваемое как основа гармонии. Сказанное можно проиллюстрировать примерами из практики и теории архитектуры.

Ученые-энциклопедисты и зодчие прекрасно понимали, что возводимые здания и сооружения должны с о о т в е т с т в о в а т ь своему назначению, жизненно важным функциональным требованиям, целесообразности. С о о т в е с т в и е архитектурного произведения своему назначению порождает определенные типы зданий и сооружений, как-то: сооружения оборонительные — замки, крепости; культовые — мечети, мавзолеи, ханаки; гражданские — жилые дома, дворцы, медресе, больницы, бани, караван-сарай, тимуры, сардобы.

С о о т в е т с т в и е возводимых зданий и сооружений природным условиям — сейсмике, климату, ветровому режиму, условиям искусственного орошения и озеленения, — местным строительным материалам, культурным традициям породило локальные архитектурные школы, которые внесли разнообразие в типологию жилища, общественных зданий, гидростроительных приемов.

С о о т в е т с т в и е в композиции объемно-пространственных структур предполагает возможность сочетания геометрических объемов. Зодчие прекрасно понимали, что не все геометрические объемы могут сочетаться между собой и образовывать единую объемно-пространственную структуру. Так, например, четверик не может быть перекрыт оболочкой пятигранной или трехгранной пирамиды, тогда как покрытие куба или любой многогранной призмы такой же оболочкой многогранной пирамиды реально осуществимо.

Единство формы и содержания, конструктивной основы и пространственной структуры, взаимосвязь внешнего и внутреннего в архитектурном произведении относились к той же категории с о о т в е с т в и я, связанной с учением о гармонии.

В философских сочинениях рассматриваемой эпохи мы не находим рассуждений о роли дисгармонии в искусстве. Но в «Афоризмах государственного деятеля» ал-Фараби имеется рассуждение о гармонии и дисгармонии применительно к нравственным качествам человека. По ал-Фараби, «врожденный [нрав] образован из противоположностей... если бы его природные [качества] были бы отделены и уравнены, то совершенно отсутствовала бы гармония из-за отдаленности их сходства и широты их различия». Вследствие малой или большой дисгармонии возможно отсутствие гармонии в нраве. Однако, «чем меньше дисгармонии между эле-

ментами права, — говорит ал-Фараби, — тем он ближе к равновесию, и, наоборот, чем больше дисгармония, тем дальше он от равновесия, так что [природный] нрав зависит от равных соотношений дисгармонии и равновесия в природных [качествах]» [275, с. 269].

Судя по приведенному конкретному примеру, ал-Фараби признавал дисгармонию в качестве необходимого элемента гармонии целого, причем ратовал за соблюдение таких отношений между элементами, чтобы эта гармония не нарушалась. Это положение находит отражение в более поздней градостроительной и архитектурно-художественной практике средневековой Средней Азии, ибо зодчие в организации предметно-пространственной среды сознательно нарушали зеркальную симметрию архитектурных ансамблей, а гармония целого не нарушалась. Подтверждение сказанному — ансамбли площадей Калян и Ляби Хауз в Бухаре, Регистан в Самарканде. Аналогичные примеры есть и в архитектуре отдельных зданий; это Диван-хана в Баку, мечети Тилля Кари в Самарканде, медресе Абдулла-хана в Бухаре и др. В них объемно-пространственная композиция решена симметрично. Есть даже памятники, в которых при общей симметричной композиции плана внутренняя планировка асимметрична. Это прежде всего мавзолей Закария Варрака Ишрат-хана, Мухаммада Башара, Ак-сарай, комплекс Ходжа Ахмада Ясеви и др.

Примечателен и сознательный отход от геометрической правильности фигур в орнаментальном искусстве Средней Азии XI—XII вв., вылившийся в ярко выраженное стилевое направление, породившее качественно новое орнаментальное искусство эпохи. Художественная практика Среднего и Ближнего Востока этой поры как бы разрушает представление о гармонии, связанной с формальной правильностью, признает дисгармонию в качестве необходимого элемента общей гармонии целого.

Здесь возникают вопросы: не навязываем ли мы средневековому зодчему мысли, которых у него не было? Были ли у средневековых зодчих сознательные поиски наилучших пропорций при построении архитектурной формы? Не выдаем ли мы желаемое за действительное?

Ответ на эти вопросы мы получаем у Ибн Рушда (Аверроэс, 1126—1198), крупного мыслителя, который писал: «Перед тем, кто созерцает какое-либо произведение искусства, не раскроется мудрость этого произведения, если не раскрылась та мудрость, которую хотели воплотить в нем, и та цель, которая в нем преследовалась. Если он совершенно не понимает этой мудрости, то ему может показаться, что это произведение могло иметь любую, ка-

кая случится, форму, любой, какой случится, размер, любое, какое случится, расположение частей и любое, какое случится, сочетание их [141, с. 433].

Живое слово Ибн Рушда — самое красноречивое доказательство того, что в любом произведении искусства — будь то миниатюра, чеканный сосуд или тем более архитектурное произведение или целый градостроительный ансамбль — заложена идея, которая предопределяет размеры, форму, расположение и сочетание его частей, т. е. ту или иную симметричную или асимметричную композицию. Таким образом, создание произведения архитектуры в рассматриваемую эпоху представляло плод осознанного творчества и трезвого расчета, в процессе которого ставились и решались задачи, обусловленные назначением, целесообразностью, пользой и красотой сооружения, определенным сочетанием его частей и геометрической гармонизацией архитектурно-тектонических структур в пространстве, а также орнамента на плоскости, допускавших элементы дисгармонии как необходимые в гармонии целого.

Сознательность поисков архитектурных пропорций подтверждают источники и некоторые биографические данные зодчих. Имад ибн Аки Баязид (ум. в 1428 г.), везир Махмуда I, например, был ответственным за строительство мечети Яшель Джамии, которая строилась в продолжение десяти лет (1414—1424). Он специализировался как каллиграф-крупнописец в надписях на портале мечети. Однако план и пропорции мечети он сделал сам [332]. Боргох (аудиенц-зал) в Герате, по сообщению Исфизори, был также построен «по удивительному плану (проекту. — М. Б.) и необычайных пропорций, подобного которому никто не видел» [42, с. 184]. Хафиз Абру, описывая медресе и ханаку постройки Шахруха (1404—1447) в Герате, ссылается на мнения специалистов о том, что более стройного по пропорциям, тонкости работы и прочности деталей здания не строилось [42, с. 186]. Хондемир, описывая архитектуру медресе, расположенного недалеко от построек Алишера Навои, утверждает, что «поистине это здание было построено совершенным [соблюдением пропорций] и [украшено] крайне пышно и красиво» [42, с. 200].

Девлет Шах (XV в.) сообщает: «Он [Улугбек] велел построить в Самарканде высокое медресе, равного которому по красоте и соразмерности пропорций нет во всем мире. И теперь в том медресе живут и получают довольствие более ста студентов».

Из приведенных сообщений современников явствует, что вопросы архитектуры вызывали интерес передовых людей средневекового об-

щества Среднего Востока, причем особое внимание уделялось красоте возводимых зданий и сооружений, которая определялась не только пышной отделкой, но и в первую очередь стройными архитектурными пропорциями и оригинальностью проектного замысла. Примечательно также и то, что авторы хроник при оценке архитектурного произведения прислушивались к мнению специалистов.

Фрагментарные данные по средневековой эстетике на Среднем Востоке, приведенные выше, позволяют констатировать наличие двух направлений в понимании гармонии. Одно из них было связано с пифагорейско-платоновской традицией, признавало космологическую концепцию гармонии, символику и мистику чисел (ал-Кинди, «Братья чистоты»).

Это направление подверглось критике со стороны Фараби и Ибн Сины — первых представителей естественнонаучного направления средневековой философии. Они были сторонниками рационалистической концепции в понимании гармонии. Это второе направление, бывшее обобщением практики, получило осмысление в искусстве зодчих, художников-орнаменталистов и выразилось в геометрической гармонизации пространственных структур и архитектурно-художественной формы. Поэтизация геометрии стала ведущей линией художественного производства эпохи средневекового Ренессанса.

Понятие гармонии в архитектуре было связано с такими критериями, как уравниленность, соответствие, порядок, соразмерность, подобие, родство и пропорциональность. Но при этом архитектурно-художественная практика признавала правомерным нарушение формальной правильности геометрических фигур, прибегала к дисгармонии ради контраста и свежести художественного целого.

Теоретические основы архитектуры, понятие и значение прекрасного в жизни и деятельности человека на средневековом Востоке получили освещение в трудах философов-энциклопедистов и даже в художественной литературе. Однако «мировоззрение средних веков, — как говорит Ф. Энгельс, — было по преимуществу теологическим... Юриспруденция, естествознание, философия — все содержание этих наук приводилось в соответствие с учением церкви» [3, с. 32].

Очевидно, этим можно объяснить изречение *ان الله جميل هو يحب الجمال* («Поистине бог прекрасен, и он любит красоту») [302, с. 188]. Такого утверждения не было в Коране — основной священной книге мусульман. Оно появилось, чтобы привести в соответствие с учением ислама эстетическое мировоззрение общества.

Великие энциклопедисты средневекового Вос-

тока рассматривали гармонию, равновесие, уравновешенность как эстетический принцип, распространяя его и на практические искусства. Искусные геометрические приемы, провозглашенные ал-Фараби основой зодчества, превратились в систему руководящих идей архитектурного творчества, имевших огромное значение в становлении и развитии архитектуры средневекового Среднего Востока.

Концепция ал-Фараби, сложившаяся как обобщение практики, сформулированная им в связи с новой классификацией наук, оказала решающее влияние на мировоззрение многих поколений зодчих, художников-орнаменталистов средневекового Востока. Теория, возникшая из самой практики, коллективного опыта строительно-художественного производства, оказывала обратное влияние на практику — творчество зодчих, которые теперь уже смотре-

ли на основу зодчества своего времени через призму искусных геометрических приемов. Диапазон применения их был широк: они охватывали такие вопросы теории и практики зодчества, как пространственная структура сооружения, уравновешенность архитектурных масс, устойчивость и прочность сооружения в целом, архитектурный орнамент.

Средневековое общество по своей социальной сущности было чуждо гармонии: классовые противоречия раздирали его. Однако учение о гармонии стало достоянием деятелей науки, культуры и искусства и имело большое практическое значение, оказало существенное влияние на творчество зодчих и художников-орнаменталистов. В зодчестве идея гармонии выразилась в геометрической гармонизации пространственных структур и архитектурной формы.

СТАТИКА И ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ГАРМОНИЗАЦИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Особенность прикладной математики заключалась в том, что отвлеченная Евклидова геометрия получала материальное воплощение в дереве, кирпиче, глине, камне, ганче-алебастре, извести и других строительных материалах в виде объемно-пространственных структур, представлявших сочетание полых объемов оболочек: куба, параллелепипеда, призмы, цилиндра, конуса, пирамиды, полусферы и сфероконического купола. При этом одни из этих оболочек служат ограждением помещений, другие — покрытием; одни являются несущими элементами, другие — несомыми.

Строительной практикой античности и раннего средневековья были разработаны различные конструктивные системы перехода от несущих оболочек к несомым. Наибольшее распространение получило сочетание четверика, восьмерика, шестнадцатигранника и купола, поставленных друг на друга.

Переход от четверика к восьмерике представлял известную трудность, тем не менее средневековые зодчие разработали целую систему угловых парусов и тромпов, разнообразных по конструктивным решениям и архитектурным формам. Переход от восьмерика к шестнадцатиграннику и далее к круглому основанию купола не представлял сложности, решался легко и просто в кирпичной кладке, поскольку свесы в углах многогранников были незначительными.

Менее были распространены сочетания шестерика, двенадцатигранника, двадцатичетырехгранника и купола, поставленных друг на

друга (мавзолей Гюрабек-ханым, XIV в.), или переход от квадрата к кругу купола через ярус двенадцатигранника (мавзолей в Серахсе, XI в., мечеть Деггарон в Хазаре).

Творческие поиски средневековых зодчих были связаны с желанием увеличить подкупольные помещения, с созданием выразительных архитектурных форм, с обеспечением сооружению устойчивости и равнопрочности.

В определении размеров помещений, перекрываемых куполами, архитектор был связан с традицией и техническими возможностями их устройств над большими пролетами. Для IX—XII вв. характерны относительно небольшие пролеты. Исключением является мавзолей султана Санджара (XII в.) в Мерве, где творческий гений архитектора Мухаммеда Атсыза позволил довести размер подкупольного квадратного помещения до 17,2 м по стороне.

В эпоху возрождения экономики, культуры и строительной деятельности после монгольского разрушения размеры перекрываемых пролетов заметно увеличились и в отдельных уникальных сооружениях достигли значительных величин. Так, пролет арочной ниши портала дворца Ак-сарай в Шахрисябзе — 22 м; диаметр купола над казанлыком в комплексе Ходжа Ахмада Ясеви в г. Туркестане — 18,2 м; диаметр купола мавзолея Олджайту в г. Султания (Азейрбайджан), а также начатого строительством при Мирзо Улугбеке здания возле мавзолея Гур-Эмир в Самарканде — около 24 м.

В поисках архитектурной выразительности

сооружений зодчие прибегают к различным приемам композиции. При одной и той же тектонической структуре (четверик, восьмерик и купол) в одних случаях внешние формы сооружения решаются в виде куба и купола, в других в той или иной степени выявляется трехступенчатая структура сооружения.

Дальнейшее развитие композиции купольных сооружений приводит к устройству над четвериком двойных куполов — внутреннего и внешнего — на барабане. При этом распор внутреннего купола погашается весом барабана и внешнего купола, а последний, как правило, решается безраспорным (ложный свод) или малораспорным. Барабан трактуется в виде цилиндра или призмы, шатер — в виде пирамиды или конуса, а купол — гладким, гофрированным или рубчатым.

В XV в. в Средней Азии получает развитие пространственно-тектоническая система — устройство купола на пересекающихся арках. У этой системы три главные характерные особенности: сокращается пролет купола относительно размеров перекрываемого помещения; распоры от пересекающихся несущих арок, сосредоточенные в восьми точках и направленные по осям арок, погашаются мощными стенами, идущими параллельно стенам четверика; создаются благоприятные условия для расширения помещения посредством устройства глубоких и широких ниш по осям четверика.

Мы не располагаем пока письменными источниками, свидетельствующими о том, руководствовались ли зодчие — авторы объемно-пространственных структур только многовековым коллективным опытом, или практическая деятельность зодчих в области статики освещалась учением о равновесии. Несомненно только, что вопросы архитектуры, конструирование отдельных элементов сооружения были предметом науки искусных приемов — *ильм ал-хийал* и что на Востоке были хорошо известны труды древнегреческих авторов: Аристотеля — по кинематике, Архимеда, Герона и Филона — по механике. Им на Востоке больше повезло, чем у себя на родине. Такие крупные ученые IX—XI вв., как братья Бану Муса, Сабит ибн Корра, ал-Бируни, Абу Али ибн Сина (Ави-

ценна), Омар Хайам, ал-Хазини, не только занимались переводами древнегреческих трактатов по механике, но и внесли известный вклад в дальнейшее развитие этой науки [143, с. 34].

Если кинематика относилась к астрономическим наукам — объясняла закономерности движения небесных светил, гидростатика была связана с поливным земледелием в безводных просторах Востока, то геометрическая статика всецело относилась к архитектуре — к равновесию, устойчивости, снижению центра тяжести сооружений. Конкретное ее выражение, как можно предположить, заключалось:

1) в придании сооружениям форм, расширяющихся к их основанию — как в целом (силуэт), так и в отдельных элементах здания;

2) в облегчении веса сооружения по мере движения снизу вверх, что способствовало снижению центра тяжести, имевшему огромное значение для устойчивости сооружения в условиях постоянных сейсмических явлений;

3) в погашении распоров купольных перекрытий, воспринимаемых толстыми стенами или устройством взаимоуравновешивающихся арочно-сводчатых пространственных систем (мечеть Деггарон в Хазаре, XI в.);

4) в стремлении зодчих к равнопрочности конструкций путем применения более прочных вяжущих для кладки утоненных конструкций арок сводов и оболочек куполов в верхней части сооружения, тогда как массивные элементы конструкций в нижней части здания осуществлялись кирпичной кладкой на лессовом растворе;

5) в развитии центрических и симметричных композиций архитектурных объемов, что способствовало уравновешенности частей здания и тем самым большей устойчивости сооружения в целом.

В архитектуре средневекового Востока поры ее расцвета учение о равновесии — это учение о гармонии. Вот почему геометрическая статика становится частью учения геометрической гармонизации. Именно в этом проявляется единство метода гармонизации архитектурно-пространственной формы и тектонической структуры сооружения.

Глава IV

ТРАКТАТЫ ДЛЯ ЗОДЧИХ

В эпоху развитого средневековья ведущие архитекторы принадлежали к культурной среде общества, к людям умственного труда, обладали познаниями в математических науках, позволявшими им пользоваться искусными геометрическими приемами для построения архитектурной формы.

Формирование архитектора высокой квалификации на средневековом Востоке происходило в результате практического ученичества, т. е. передачи опыта и мастерства на строительной площадке, и приобретения познаний по книгам, предназначенным специально для людей строительной специальности. На формирование специалистов высокой квалификации проливает свет отрывок из «Афоризмов государственного деятеля» ал-Фараби, в которых говорится, что каждый, кто занимается работой или ремеслом, делает это совершеннее, становится более искусным в нем и квалифицированным в работе, когда он посвящает себя ей и с детства созревает именно для этого [323, с. 54—55, арабский текст № 61].

Если приведенный текст в какой-то мере убеждает нас в том, что во времена Фараби (X в.) практическое ученичество с малых лет могло быть явлением распространенным, а быть может, даже единственным методом обучения ремеслам, то трактаты-пособия, рассчитанные на искусных мастеров, раскрывают другую сторону подготовки квалифицированных специалистов, в том числе и архитекторов. К таким пособиям могли принадлежать как трактаты, написанные местными учеными, так и переводные книги, в частности трактаты по теории архитектуры Филона Афинского.

Современная историческая наука, констатируя широкое освоение древнегреческой науки, культуры и искусства арабоязычными учеными, умалчивает о преемственности архитектурной теории. Попытаемся внести некоторую ясность в этот существующий вопрос истории архитектуры.

Филон Афинский (он же Византийский) [203, с. 174—179], древнегреческий архитектор, практик и теоретик, написал, очевидно, первый по времени сводный труд по теории архитектуры о соразмерностях священных храмов. Эта книга известна нам в переложении Витрувия. Она не была переведена на арабский язык, так как не представляла практического интереса для мусульман, которые не собирались возводить языческих храмов. На арабский язык были переведены трактат Филона о механике, так же как и механика Архимеда и Герона, представлявшие практический интерес.

Трактат Филона состоял из девяти книг: 1) «Введение. Общие принципы механики»; 2) «Учение о рычагах»; 3) «Книга о постройке гаваней»; 4) «О построении метательных машин»; 5) «Пневматика»; 6) «О построении автоматов» (книга, посвященная главным образом постройке водных органов); 7) «Военное снаряжение»; 8) «О фортификации и осаде городов»; 9) «Тактика».

Четвертая книга этого трактата сохранилась в греческом подлиннике, а пятая — в арабском переводе.

Что же могли почерпнуть зодчие Среднего и Ближнего Востока у Филона помимо общих принципов механики, учения о рычагах и строительства гаваней? Некоторую ясность в этот вопрос вносит введение к четвертой книге, в котором проводится идея о том, что гармония частей и целого обязательна для всех видов искусства. Примечательно, что для объяснения тех или иных положений в устройстве метательных машин Филон прибегает к примерам архитектурной практики и polemизирует с Поликлетом, создателем знаменитого «канона» пропорций человеческого тела.

Если Поликлет, будучи приверженцем пифагорейской школы, утверждал, что «все упорядочивается и познается благодаря силе чисел», то Филон, признавая, что он во многом согласен с Поликлетом, невольно вносит по-

правки в точку зрения пифагорейцев, когда речь идет о соразмерностях в архитектуре и метательных орудиях. Он говорит, что взгляды его и Поликлета полностью совпадают в том, что правильное решение иногда можно найти только в ряде чисел. «Но не всего ведь можно достичь только расчетами или искусством мастеров,— говорит Филон.— Много можно найти только посредством опытов. Это положение объясняет очень многое, в особенности же нижеследующее. Так как без наличия какого-либо опыта а р х и т е к т о н и ч е с к и е с о о т н о ш е н и я (здесь и далее разрядка наша.— М. Б.) нельзя было определить с самого начала, как это видно по старым зданиям, где никакого внимания не уделялось художественной стороне, а значит, и о б щ е й с т р у к т у р е и в з а и м о з а в и с и м о с т и о т д е л ь н ы х е е ч а с т е й. Однако гармоничность сооружений и была достигнута не на основании одного произвольного опыта». И далее: «Поняв это и путем опыта и всевозможных исследований соответственно изменяя размеры — утолщая и утоняя их,— говорит Филон,— пришли к созданию гармоничных соотношений, приятных для глаза» [329, с. 245]. О п ы т, р а с ч е т и м а с т е р с т в о — вот на что уповает Филон.

Арабы занимались переводами древнегреческих трактатов не из простой любознательности, а по соображениям практическим, и надо полагать, что и трактат Филона стал достоянием ремесленников, мастеров и зодчих и получил практическое применение. Не случайно механика, пневматика, оптика, военное снаряжение, тактика получили освещение в энциклопедии Фахраддина Рази (XII в.), написанной на языке фарси в столице средневекового Хорезма Ургенче [357].

К пособиям для архитекторов принадлежал математический трактат Мухаммада ибн Мусы ал-Хорезми «Краткая книга об исчислении алгебры и мукабалы». Ал-Хорезми, будучи родом из Хорезма, далекой северной окраины Арабского халифата, в продолжение 34 лет (813—847) жил и работал в столице халифата Багдаде, являясь членом «Дома Мудрости», своеобразной академии, созданной халифом ал-Мамуном, правившим с 813 по 833 г. Хотя и отсутствует жизнеописание ал-Хорезми, его творческая биография достаточно выпукло представляется благодаря некоторым сохранившимся научным трудам.

Ал-Хорезми, истоки творчества которого восходят к древнеавилонской традиции, был хорошо знаком и с древнеиндийской математикой, и с наукой древних греков. Он пишет труды по географии, астрономии, тригонометрии, алгебре, об индийском счете. Крупнейший уче-

ный-востоковед Д. Сартон называет его величайшим математиком своего времени.

Из всех трудов ал-Хорезми для темы наших исследований представляет интерес «Краткая книга об исчислении алгебры и мукабалы», появление которой, очевидно, было обусловлено жизненной необходимостью: все более развивающаяся хозяйственная жизнь халифата, внутренняя и внешняя торговля, земледелие (измерение земель), ирригационное строительство (обводнение), возведение городов, архитектура, геометрические приемы построения архитектурной формы и т. п. требовали популяризации элементарных математических познаний. Об этом недвусмысленно говорится в предисловии к трактату: «Я составил краткую книгу об исчислении алгебры и ал-мукабалы, заключающую в себе простые и сложные вопросы арифметики, ибо это необходимо людям при дележе наследства, составлении завещаний, разделе имущества и судебных делах, в торговле и всевозможных сделках, а также при измерении земель, проведении каналов, геометрии (инженерное искусство, построение архитектурной формы) и прочих разновидностях подобных дел» [290, с. 26; 333].

Независимо от того, что следует понимать под термином «геометрия» (хандаса) — инженерное искусство, как полагает Б. А. Розенфельд, зодчество или то и другое в совокупности, «Краткая книга об исчислении алгебры и мукабалы» была предназначена в качестве пособия для многих, в том числе и для квалифицированных строителей и архитекторов.

Трактат состоит из теоретической части, которая занимает одну четвертую объема книги, и примеров решения практических задач из области торговли, деления наследства и измерения — три четверти объема книги.

Надо полагать, что раздел «Измерения» посвящен архитекторам не только потому, что мы здесь встречаем такие выражения, как «столб имеет круглое основание» или «пирамидальный столб» (т. е. терминология архитектурная) [333, арабский текст № 63/84], но главным образом и потому, что приводимые примеры решения задач характерны для архитектурно-строительного производства и построения архитектурной формы. В самом начале своей книги ал-Хорезми заявляет: «Я нашел, что числа, в которых нуждаются при исчислении алгебры и ал-мукабалы, бывают трех видов: корни, квадраты и простое число, не отнесенное ни к корню, ни к квадрату. Корень — это всякая вещь, умноженная на себя, будь то число, равное или большее единицы, или дробь, меньшая ее. Квадрат — это то, что получается из корня при его умножении на себя. Простое число — это всякое число, называемое словами без отноше-

ния к корню или к квадрату» [290, с. 26]. При этом, переводя сказанное на язык геометрии, автор рассматривает корень как сторону квадрата. По ал-Хорезми, квадрат — это единица измерения поверхности. Автор приводит правила вычисления площадей квадратов, треугольников, ромбов; дает сведения о целочисленных прямоугольных треугольниках со сторонами 3:4:5, 5:12:13, 9:12:15; приводит частный случай доказательства теоремы (сумма квадратов катетов равна квадрату гипотенузы), заключенный в чертеже (рис. 35).

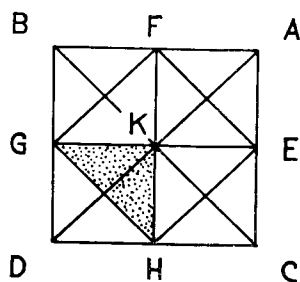


Рис. 35. Чертеж из трактата ал-Хорезми (IX в.)

Примечательно, что ал-Хорезми пользуется иррациональными корнями, например $\sqrt{50}$ и $\sqrt{75}$, как простыми числами и предлагает определять их величины приблизительно. Особо останавливается он на правилах вычисления длины окружности и площади круга и его сектора. Приводит три значения для π : в одном случае равное $3\frac{1}{7} = 3,428$, что было известно

Архимеду, во втором — $\sqrt{10}$ и в третьем — $\frac{62832}{20000}$. Два последних значения π были известны индийским математикам V и VII вв.

Далее ал-Хорезми дает рекомендации для определения объемов куба, параллелепипеда, конуса, пирамид, с квадратным и треугольным основанием.

Если научное наследие ал-Хорезми оказало решающее влияние на развитие алгебры как самостоятельной научной дисциплины, на развитие астрономии, тригонометрии и географических наук, то изложение сведений по геометрии, приводимое им в его трактате, давало архитекторам элементарные познания в построении архитектурной формы и способствовало внедрению десятичной позиционной системы исчисления в странах как Азии, так и Европы.

Другая книга по геометрии — «Доказательство в искусстве композиции и исправление фигур» *حجة العمل في صناعة الرمل والتقويم الاشكال* — принадлежит ал-Фараби.

Эта книга также не привлекала внимания исследователей, так как во всех современных словарях *الرمل* переводится как «гадание на песке». Между тем в IX—XV вв. это слово имело иное значение и встречалось в научных трактатах по музыке и стихосложению как термин, означающий особую форму ритма. Тем самым оно выражало прием композиции. Вероятно, именно в таком аспекте ал-Фараби употребил этот термин в названии книги. К сожалению, этот трактат Фараби еще не стал предметом исследований.

Особого внимания заслуживает «Книга изобретений» математиков Мухаммада, Ахмада и Хасана, сыновей Мусы ибн Шакира, появившаяся около 860 г. В ней изложено около 100 конструктивно-механических предложений по вопросам механики, гидротехники, приведено описание водных колес, маятников и часов, включая и описание искусных игрушек с заводной музыкой [338, с. 79]. Книга могла представлять интерес для *мухандисов* (в современной терминологии — инженеров и архитекторов). Но в этом плане она только еще ожидает исследователя.

Книга «Лучшее наставление для познания климатов» принадлежит перу знаменитого путешественника и географа Мукаддаси (Макдиси), жившего во второй половине X в. Он был внуком архитектора, и, возможно, это обстоятельство оказало влияние на его увлечение архитектурой, что, по утверждению И. Ю. Крачковского, и отразилось в его трудах, т. е. он занимался описанием не только географии стран, но и архитектуры городов, в которых ему удалось побывать [165, с. 210—211].

Ценным представляется сообщение Мукаддаси о том, что в его время в империи (Халифате) параллельно существовало пять типов городов: эллинистический, средиземноморский, южноарабский, вавилонский и восточный тип города. К пятому типу относились города — резиденции правителей. Каждый из этих типов получил в трудах арабоязычных географов подробное описание [202, с. 324].

Труды Мукаддаси были авторитетным руководством для ученых-географов на протяжении всего средневековья. Они пользовались огромной популярностью в культурных кругах мусульманского мира, поэтому и знакомство с этими трудами средневековых архитекторов, которые по характеру своей профессии интересовались климатами различных стран, а также архитектурой разных народов, представляется весьма вероятным.

Выдающийся ученый, эрудит в вопросах философии и литературы, за что его называли «вторым Джахизом», Абу-л-Фадл Мухаммад ибн ал-'Амид (940—971), будучи оригинальным уче-

ным, посвящает свои исследования и такой актуальной проблеме эпохи, как архитектура и градостроительство. Им была написана книга «О строительстве городов», о которой известно пока лишь по сообщениям и выдержкам, приводимым ал-Бируни. Выдержки из книги «О строительстве городов», приводимые ал-Бируни, касаются сведений о землетрясениях и разрушении городов, а также причин, обуславливающих климатические особенности Египта и Шираза [49, с. 96, 104—105, 285—286].

Ал-'Амид был ученым-энциклопедистом и хорошо знал научную литературу своего времени. Это дает основание полагать, что его книга «О строительстве городов» была обобщением местной градостроительной практики, известной автору по его личным наблюдениям и, быть может, опросам сведущих современников, или компиляцией написанных ранее по данному вопросу трактатов, к коим следует отнести «Шахрстаниха-и Еран» («Города Ирана»). Эта книга, сохранившаяся на пехлевийском языке, была известна арабским авторам и дошла до нас с добавлением в редакции VIII в. Н. Пигулевская отмечает, что трактат «Города Ирана» не одинок, поскольку так называемая «География» Моисея Хоренского, написанная по-армянски, совпадает с ним во многих случаях [222, с. 115].

Кроме того, ал-'Амид мог также использовать индийские «Агнипурану», агамы, «Манасару Шильпашастру», содержавшие сведения о правилах по архитектуре и строительству городов [82, с. 36], поскольку культурно-экономические связи Индии и мусульманского мира в VIII—X вв. были достаточно сильными.

Капитальные исследования древнегреческих ученых, посвященные коническим сечениям, были переведены на арабский язык еще в IX в. Среди них особого внимания заслуживают «Конические сечения» Аполлония Пергского (около 200 г. до н.э.), переведенные Сабитом ибн Корра и ал-Химси [162, с. 199]. Кроме переводной литературы появляется и «Трактат об удлиненном круге», принадлежащий перу ал-Хасана ибн Мусы ибн Шакира, который, основываясь на учении Аполлония о постоянстве суммы фокальных радиусов-векторов эллипса, рекомендует способ его построения (рис. 36). Сущность этого метода сводилась к вычерчиванию эллипса путем натяжения пишущим инструментом нити, прикрепленной концами в фокусах и равной по длине большой оси эллипса.

Ибн Синан (908—946) в «Книге о построении трех сечений» приводит способ, основанный на построении ординат эллипса

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

по их абсциссам с помощью циркуля и линейки путем деления ординат точек окружности $x^2 + y^2 = a^2$ в отношении $b:a$ [162, с. 200] ¹. Специальные исследования С. А. Красновой «Трактата об описании конических сечений» ас-Сиджизи (951—1024), трактатов «О совершенном циркуле и свойствах черчения с его помощью» ал-Кухи (X в.) позволили ей дать описание и реконструкцию «совершенного циркуля», которым пользовались для вычерчивания эллипса, параболы и гиперболы средневековые ученые и, быть может, ремесленники.

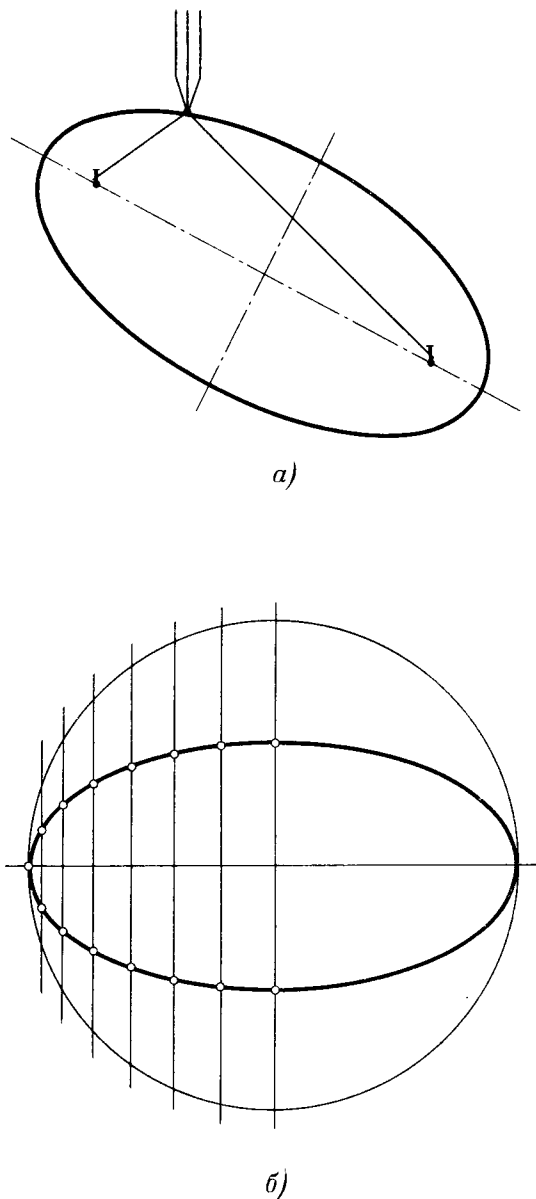


Рис. 36. Построение эллипса:

а — по ал-Хорезми (IX в.); б — по Ибн Синану (X в.)

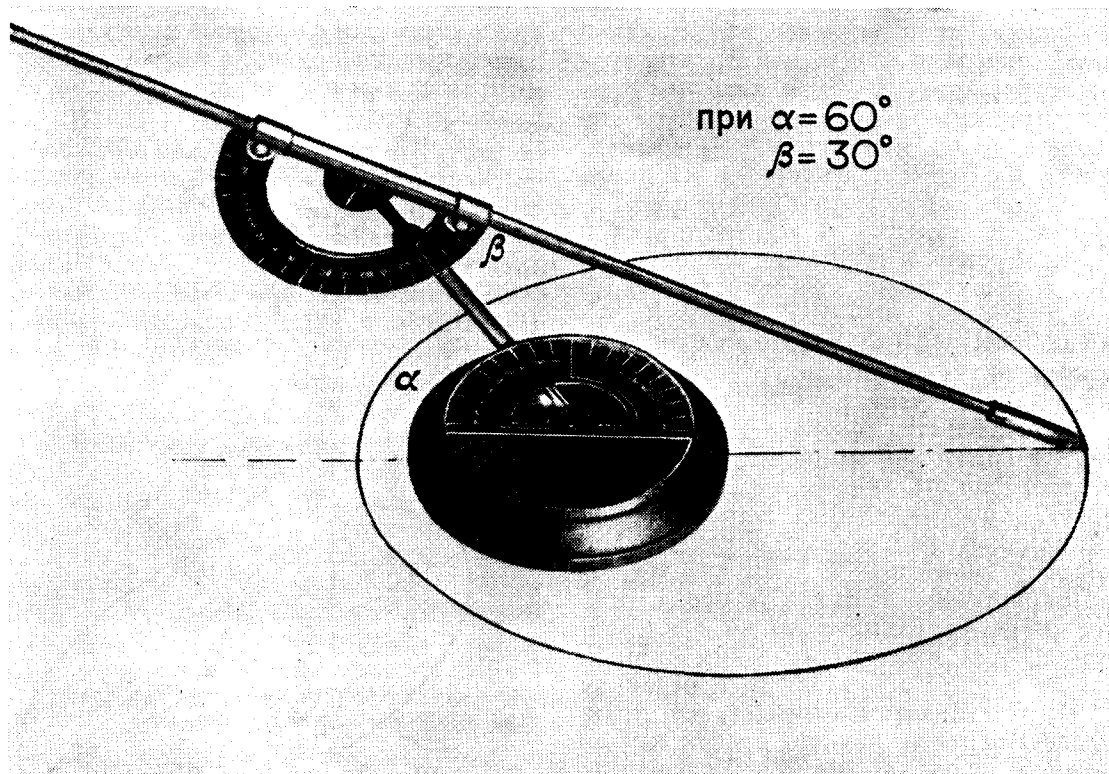


Рис. 37а. «Совершенный циркуль» (X—XI вв.). Вычерчивание эллипса

Прибор этот состоит из трех разъемных частей.

1. Основание циркуля с транспортиром, в центре которого на горизонтальной оси на шарнирах прикреплена нижняя часть ножки циркуля, имеющая трубчатое ложе для соединения с верхней частью и принимающая разные углы наклона α к плоскости чертежа.

2. Трубчатое ложе второй ножки циркуля, к которому на шарнирах прикреплена верхняя часть первой ножки и транспортир, измеряющий угол β между осью конуса и его образующей.

3. Стержень с карандашом, вставляемый и скользящий в трубчатом ложе второй ножки циркуля.

В собранном виде (рис. 37а и 37б) «совершенный циркуль» образует два угла: угол α наклона первой ножки к плоскости чертежа и угол β между ножками.

В средние века «совершенный циркуль» изготавливается как из металла, так и из дерева твердых пород.

«Для построения конического сечения ножка циркуля без карандаша устанавливается под постоянным углом α к плоскости чертежа, а ножка с карандашом устанавливается под углом β к ножке без карандаша и вращается вокруг нее, причем длина ее изменяется

таким образом, что карандаш все время касается бумаги. Тогда при вращении ножки с карандашом она описывает поверхность круглого конуса, а карандаш опишет сечение этой поверхности плоскостью чертежа. Это сечение при $\alpha > \beta$ является эллипсом, при $\alpha = \beta$ — параболой, а при $\alpha < \beta$ — одной из ветвей гиперболы» [163, с. 200—201].

Реконструкция прибора (несколько модернизированная) позволила экспериментально проверить зависимость параметров эллипса от углов α и β при вычерчивании его «совершенным циркулем». Так, принятие угла $\alpha = 60^\circ$ и $\beta = 45^\circ$ позволило вычертить эллипс с параметрами $a = 2$; $b = \sqrt{2}$; $c = \sqrt{2}$ и при углах $\alpha = 60^\circ$ и $\beta = 30^\circ$ — эллипс с параметрами $a = \sqrt{3}$; $b = 1$; $c = \sqrt{2}$, что также подтверждается проверкой [144, с. 167] по формуле

$$a_x \cos \alpha = c_x \cos \beta,$$

ибо в первом случае, т.е. при $a = 2$ и $c = \sqrt{2}$, получим

$$2 \cos \alpha = \sqrt{2} \cos \beta,$$

$$2 \cos 60^\circ = \sqrt{2} \cos 45^\circ,$$

$$\frac{2 \times 1}{2} = \frac{\sqrt{2} \times \sqrt{2}}{2}.$$

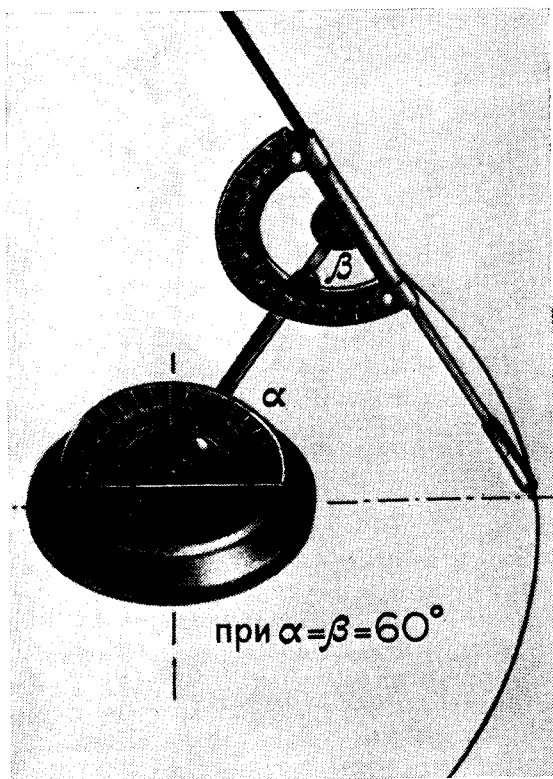


Рис. 376. «Совершенный циркуль» (X—XI вв.).
Вычерчивание параболы

Во втором случае, т. е. при $a = \sqrt{3}$ и $c = \sqrt{2}$, получим

$$\sqrt{3} \times \cos 45^\circ = \sqrt{2} \cos 30^\circ.$$

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

Огромный интерес средневековых математиков Среднего и Ближнего Востока к коническим сечениям был обусловлен не только чисто научным интересом — решениями при их помощи кубических уравнений [251, с. 49—55], но и практическим. Не случайно ал-Фараби и Абу-л-Вафа Бузджани приводят два метода построения шаблонов парабол, необходимых для устройства зажигательных зеркал [273, л. 104—106]. Отрезками эллипса пользовались и для построения стрельчатых арок красивых очертаний, чему посвящена глава V настоящей работы.

Абу-л-Вафа Бузджани (940—998) происходил из маленького городка Бузгана, в Северном Хорасане. Математическое образование получил у своих родственников, математиков. В двадцатилетнем возрасте покинул родные места. Переехал в Ирак, работал в Багдаде. Здесь он оказался в среде ученых — в составе ака-

демии, процветавшей под эгидой персидской династии Буидов.

Абу-л-Вафа выдвинулся как крупнейший ученый-математик эпохи (вторая половина X в.). Он занимался переводами трудов древнегреческих ученых, написал научные трактаты по астрономии, алгебре, геометрии и тригонометрии. Ему принадлежит ряд научных открытий, которые оказали существенное влияние на дальнейшее развитие математических наук.

Абу-л-Вафа тесно общался с различными слоями городского населения — ремесленниками, искусными мастерами, зодчими, торговыми людьми, хорошо знал денежное обращение своего времени, знал также о деятельности писцов, чиновников, землемеров султанских канцелярий. Он отмечал, что служащие султанских канцелярий при исчислении земельных налогов допускают грубые ошибки вследствие неправильного измерения земельных площадей, вызванного тем, что они не знают элементарной геометрии. По этому поводу Абу-л-Вафа пишет: «Что касается остальных многоугольных и многосторонних земель треугольного, четырехугольного, восьмиугольного и круглого вида, а также яйцевидных фигур, луночек, отвеченных (?) фигур, сегментов, пятиугольников, применяемых в строительстве, при рытье рек (каналов. — М. Б.), прудов, колодцев, бассейнов, холодильных ям, что касается шаровых фигур колонн, конусов, сводов, курганов (куполов. — М. Б.), того, что связано со знанием расстояний и высоты предметов, ширины рек и долин, глубины водоемов, колодцев, высоты вершины горы, основание которой недоступно, и других вещей, о которых рассказывали в своих книгах досточтимые мужи Евклид и Архимед и истину которых они подкрепили геометрическими доказательствами и очевидными доводами, то они (писцы и геометры султанских канцелярий. — М. Б.) об этом ничего не ведают и ничего не знают о способах измерения всего этого; они даже ничего подобного не видели и не слышали» [359, арабский текст, л. 73 об.]². «Подобный беспорядок и порочность в действиях измерения и геометрии» в деятельности писцов султанских канцелярий, как утверждает Абу-л-Вафа, побудили его к написанию книги о том, что из арифметики нужно писцам, деловым людям и прочим лицам.

По сложившейся традиции книга посвящена правителю, которому, по словам Абу-л-Вафа, он служит «составлением книги, охватывающей совокупность того, что необходимо знающему и начинающему, начальнику и подчиненному из арифметики, искусства ведения книг и налоговых действий, а также других видов, которые применяются в ведомственных делах, как-

то: отношение, умножение, деление, измерение, тасук³ и мукасима⁴, обмен и другие, которыми люди пользуются в своей деятельности и которые нужны им для жизни».

Книга состоит из семи ступеней и 49 глав и содержит следующие разделы.

Главы первой ступени:

1) «О смысле отношений и числе видов дробей, а также об объяснении выражений, употребляемых писцами для отношений»; 2) «О численности видов дробей и их разбиении из шестидесяти»; 3) «О шестидесятичном отношении целых [чисел]»; 4) «Об отношении дробей, являющихся главными и составными»; 5) «Об отношении соединенных дробей, которые есть дроби от дробей»; 6) «О приведении отношения всех чисел к шестидесятичному отношению»; 7) «О задачах для упражнения учащегося в шестидесятичном отношении».

Главы второй ступени:

1) «О смысле умножения и деления и о различии их видов»; 2) «Об умножении и делении целых чисел»; 3) «О нахождении общего знаменателя дробей, а также об их сложении и вычитании»; 4) «Об умножении и делении дробей»; 5) «Об умножении целых чисел на дроби и их взаимном [делении]»; 6) «Об умножении и делении сложных видов»; 7) «О сокращении умножения и делении сложных видов».

Главы третьей ступени:

1) «О выражениях, применяемых при измерении, и об их умножении друг на друга»; 2) «Об исчислении азла»; 3) «Об измерении кругов, сегментов и того, что составлено из них»; 4) «Об измерении треугольников, квадратов и подобных им фигур»; 5) «Об измерении многоугольников и других составных фигур»; 6) «Об измерении тел»; 7) «Об измерении расстояний».

Глава четвертой ступени:

1) «О выражениях и правилах, касающихся налогового дела, употребляемых в учреждениях».

Глава пятой ступени:

1) «О мерах сыпучих тел, о примерах для упражнения начинающего в обмене различных сортов зерна, о купле зерна, измеренного в различных мерах».

Главы шестой ступени:

1) «Об обмене и достоинствах металлических денег и серебряных монет»; 2) «Об их обмене друг на друга»; 3) «О знании соотношений между весами металлических денег и серебряных монет»; 4) «О раздаче пайков, одежды и жалованья войску»; 5) «Об исчислении фуража».

Главы седьмой ступени:

1) «Об исчислении зарплаты»; 2) «О расчете

глиняной обмазки и штукатурки»; 3) «О расчете зданий, плотин, фундаментов и расхода кирпичей».

Предисловие автора и содержание книги позволяют утверждать, что главы первых трех ступеней носят теоретический характер и предназначены для всех обучающихся арифметике. Эти главы исследованы М. И. Медовым [198]. Главы четвертой, пятой и шестой ступеней предназначены соответственно для деятелей султанских канцелярий, торговли и финансов, а главы седьмой ступени — частично для ремесленников, искусных мастеров и зодчих.

Из текста этого трактата выясняются факты, представляющие определенный научный интерес, а именно: ремесленники, как утверждает Абу-л-Вафа, знали только шестидесятичные дроби; в государстве не существовало единой меры длины — она была различна в разных районах («Что касается Фарса и областей Хорасана, — пишет Абу-л-Вафа, — то там измеряют локтем, называемым ал-мабахрами (ذراع المابهرامی), равным новому локтю с половиной или около этого; его делят на 60 равных частей, каждая из которых называется фульсом; им пользуются во всех видах строительства и земляных работ»); методы расчета зданий, фундаментов и плотин, изложенные в главах седьмой ступени книги, касаются лишь вычисления объемов необходимого строительного материала и совершенно не затрагивают вопросов статики и динамики сооружений.

Несколько иначе освещает Абу-л-Вафа Бузджани познания ремесленников, геометров (مهندسان) своего времени. Он присутствовал на собраниях искусных мастеров (هنرمندان) и мухандисов, где шла дискуссия о различных геометрических построениях, и убедился в том, что ремесленники и землемеры ошибаются из-за незнания теории, а геометры ошибаются из-за отсутствия опыта. В связи с желанием прийти на помощь производству он пишет «Книгу о том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений».

Экземпляр книги Абу-л-Вафа по геометрии, фотокопией которого мы располагаем благодаря любезности Р. Гиришмана, приславшего микрофильм, судя по титульному листу (рис. 38), был переписан для библиотеки Улугбека в Самарканде. Состоит он из 70 листов убористой арабской вязи «насталик», иллюстрирован чертежами [358]⁵.

Книга, очевидно, имела большой успех, в связи с чем и возникла необходимость ее перевода с арабского языка на персидский [360]⁶, тем более в ту пору, когда, «люди не имели склонности читать арабские книги».

Над переводом книги трудился математик

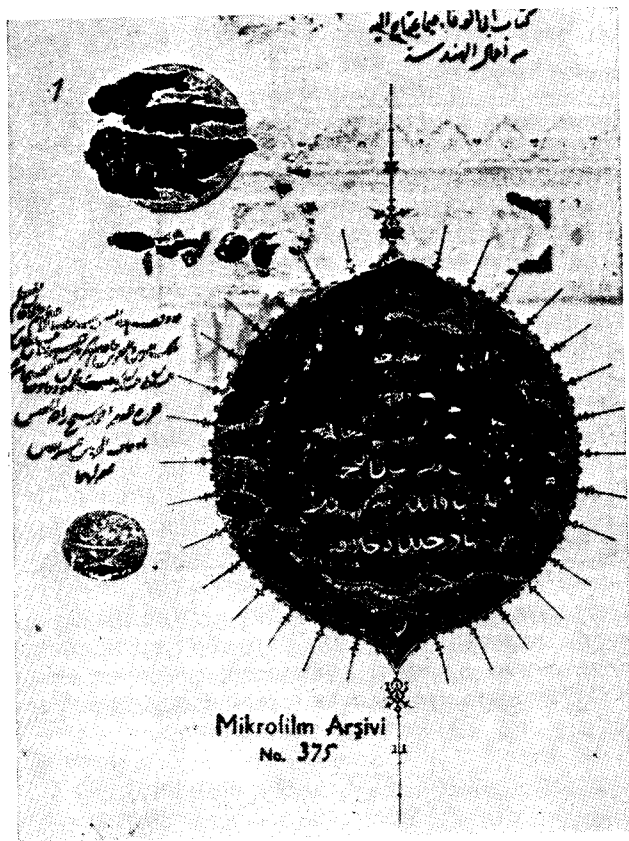


Рис. 38. Титульный лист книги Абу-л-Вафа Бузджани «О том, что необходимо ремесленнику из геометрических построений» (X в.)

Наджмаддин Махмуд. После его смерти перевод был закончен Абу Исхаком ибн Абдуллахом Куйнани Йазди по поручению его учителя — потомственного мухандиса Шамсадина Абу Бакра, дед которого звался «отцом строений» *ابی بنا*. Примечательно, что заботу о переводе этой книги с арабского языка на персидский проявили люди, имеющие отношение к архитектурной специальности.

Переводчик Абу Исхак ибн Абдуллах Куйнани Йазди в конце книги сообщает весьма интересные сведения, позволяющие судить о времени и месте перевода. Он пишет, что его близкий друг Шайх Наджмаддин Махмуд, преодолевший трудности «Алмагесты» по просьбе Амира Мансура Насра ибн Ираки и снабдивший комментариями книгу Менелая «Сферики», начал перевод книги Абу-л-Вафа Бузджани.

По мнению П. Г. Булгакова, ибн Ираки — не кто иной, как уроженец Хорезма, видный математик, учитель Абу Рейхана Бируни — Абу Наср ибн Ираки (960 — около 1020 г.), который вместе с ал-Бируни в 1010—1017 гг. состоял членом академии, созданной хорезмшахом ал-Мамуном. Он писал труды по астро-

номии и сферической тригонометрии. В 1007—1008 гг. им был сделан перевод сочинения Менелая «Сферики» и комментарии к нему [191, с. 55].

Как явствует из сообщения Куйнани Йазди, начавший перевод книги Абу-л-Вафа математик Шайх Наджмаддин сотрудничал с Абу Насром ибн Ираки в Хорезме и был его современником, так что перевод книги Абу-л-Вафа был выполнен в Кяте.

«Книга Абу-л-Вафа о том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений» повторяет содержание трактата ал-Фараби «Книга духовных и искусных приемов и природных тайн о тонкостях [геометрических] фигур», однако Абу-л-Вафа заменил введение ал-Фараби и добавил первую главу «О линейке, циркуле и угольнике», первые 10 предложений второй главы и последние 11 предложений одиннадцатой главы задачами, соответствующими построению полуправильных многоугольников [169, с. 52—53].

Трактат анонимного автора «Введение [в учение] о подобных и соответственных фигурах» *بی مداخل الاشکال المتشابهه او المتوافقة*, написанный на персидском языке, является приложением «К книге Абу-л-Вафа Бузджани о том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений». В трактате 20 листов, 61 чертеж [361].

Трактат не был предметом исследований, если не считать упоминания М. Ф. Вёпке [344] в середине XIX в. Это первое сохранившееся сочинение, посвященное теории; построения геометрического орнамента, и потому имеет огромное научное значение. Оно явилось обобщением художественной практики искусных мастеров и, отражая достижения прикладной геометрии своего времени, оказало существенное влияние на творчество не только художников-орнаменталистов, но и зодчих, что устанавливается анализами построения архитектурной формы в зодчестве Средней Азии X—XV вв. Полный текст трактата «Введение...» приводится в приложении к настоящей работе в переводе А. Б. Вильдановой, выполненном по фотокопии с рукописи № 169 Национальной библиотеки в Париже, с нашими комментариями.

Ремесленники, искусные мастера и зодчие пользовались целочисленными прямоугольными треугольниками не только для построения прямого угла, но и для установления гармонических соотношений. В этом свете представляют интерес особенности целочисленных треугольников, характеризующиеся извлечением из таблицы на л. 126 персидской рукописи № 169 (см. таблицу).

Другая таблица на этом же листе посвящена целочисленным прямоугольным треугольни-

Целочисленные прямоугольные треугольники

Сложные порядковые числа				Порядковые четные числа				Последовательные числа			
гипотенуза	второй катет	порядковые числа, возведенные в квадрат — первый катет	порядковые числа	гипотенуза	второй катет	первый катет	порядковые числа, которые надо умножить на 4	гипотенуза	второй катет	последовательные числа — первый катет	порядковые числа
—	—	—	1	5	3	4	1	5	4	3	1
5	3	4	2	17	15	8	2	13	12	5	2
15	12	9	3	27	15	12	3	25	24	7	3
34	30	16	4	65	63	16	4	41	40	9	4
47	40	25	5	101	99	20	5	61	60	11	5
111	105	36	6	145	143	24	6	85	84	13	6
175	168	49	7	197	195	28	7	113	112	15	7
260	252	64	8	237	235	32	8	145	144	17	8
269	360	81	9	401	399	36	9	181	180	19	9
505	495	100	10	485	483	40	10	221	220	21	10

кам, стороны которых «правильны и логичны (подобны)».

Каждое число, которое делится на 4, является катетом. Если прибавить к нему четверть длины, то получится гипотенуза треугольника. А если отнять четверть ее длины, то получится другой катет. Например, взяв цифру 12 и прибавили к ней четверть длины. Получили 15, т. е. гипотенузу. Если отнять четверть ее длины, получится катет 9. Все числа, которые делятся на 4, имеют эти свойства.

Но есть целочисленные прямоугольные треугольники, не имеющие никакой последовательности и не согласованные между собой. Они представлены следующими числами:

20, 21, 29,
33, 56, 65,
39, 80, 89,
48, 55, 73.

Далее, на л. 128—132, — рассуждения об окружностях и дугах.

В разделе, посвященном приблизительным вычислениям площадей (л. 133—134), очень интересно рассмотрение отношений квадратов стороны многоугольников к квадрату диаметра описанной окружности.

Особый интерес представляет также содержание листа 139, посвященное описанию и действию подъемного механизма: «Общий вид и способ набрасывания веревки на блоки. Берем две плиты или две доски и укрепляем на них 13 блоков. На верхней плите устанавливаем 7, на нижней — 6 блоков. Веревку надо набрасывать так: первоначальный блок А, затем блок В, потом блок С, следующий блок Е и т. д. Заканчивается блоком Г. Этим подъемником можно поднять 360 маннов⁷, приложив при этом усилие в 3 манна» [361, л. 139].

Нетрудно догадаться, что перед нами полиспаст, известный со времен древних греков. Определенная автором трактата подъемная сила в 360 маннов расходится с теоретическими расчетами на 24 манна, так как

$$Q = P \times 2^{\frac{n-1}{2}} = 3 \times 2^6 = 384,$$

где Q — подъемная сила полиспаста,
 P — сила, прилагаемая для подъема груза,
 n — общее количество блоков.

Автор трактата указал силу подъема данного полиспаста меньше расчетной, может быть относя разницу на силу трения в осях 13 блоков.

Абд Аллах ал-Хасан ибн Мухаммад ибн Хамли, именованный также Ибн ал-Багдади, живший в конце X — начале XI в., принадлежавший к плеяде средневековых ученых, написал «Трактат о соизмеримых и несоизмеримых величинах», ставший известным научному миру в 1948 г. благодаря публикации арабского текста в Хайдарабаде [192].

Архитекторы, землемеры, вычислители в своей практической деятельности — в вычислительной практике — не делали разницы между иррациональными и целыми числами. Это положение в век рационализма на средневековом Востоке находит теоретическое обоснование в трактате Ибн ал-Багдади.

Ибн ал-Багдади ставит цель — согласовать правила действий над числовыми иррациональностями с основными положениями «Начал» и тем самым доказать правомерность современных ему вычислительных методов [192, с. 217].

Ибн ал-Багдади, рассматривая соизмеримое и несоизмеримое в философском аспекте, придерживаясь аристотелевского понимания числа

и величины, считает правомерным пользование иррациональными корнями в вычислительной технике, причем корень трактуется им как член пропорции. Это связывает положения, высказанные Ибн ал-Багдади, с практикой зодчих — с искусными геометрическими приемами построения архитектурных форм — больше, чем с другими областями деятельности. Известно, что в архитектуре цивилизованных стран и народов в разные исторические эпохи для установления пропорций применялись кроме простых отношений малых величин иррациональные $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, являющиеся производными элементарных геометрических фигур: квадрата, равностороннего треугольника и двух квадратов.

Американский искусствовед Дж. Хембидж назвал прямоугольники $\sqrt{5}$ и «золотого сечения» динамическими, считая их обладающими особыми эстетическими качествами, а прямоугольники $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$ рассматривал промежуточными между динамическими и статическими прямоугольниками и в этом усматривал восстановление утраченной временем классической теории пропорционирования древних греков.

Данные наших исследований геометрической гармонизации архитектурной формы средневековой Средней Азии и рассмотрение их с позиций учения Платона о пропорциях, о чем говорилось выше, позволяют дать иное по сравнению с Дж. Хембиджем толкование величинам $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$, $\sqrt{5}$, а именно:

$\sqrt{2}$ есть среднее геометрическое между единицей и двойцей, ибо

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

$\sqrt{3}$ есть среднее геометрическое между единицей и тройцей, ибо

$$\frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}.$$

$\sqrt{4}$ тоже можно рассматривать как среднее пропорциональное между единицей и четверцей.

$\sqrt{5}$ есть среднее геометрическое между единицей и пятерцей, ибо

$$\frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{5}}{5} \quad (\text{рис. 39}).$$

Нетрудно догадаться, что приведенные пропорции имеют общий вид

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{c},$$

т. е. пропорции, известной со времен древнегреческих философов, в которой среднегеомет-

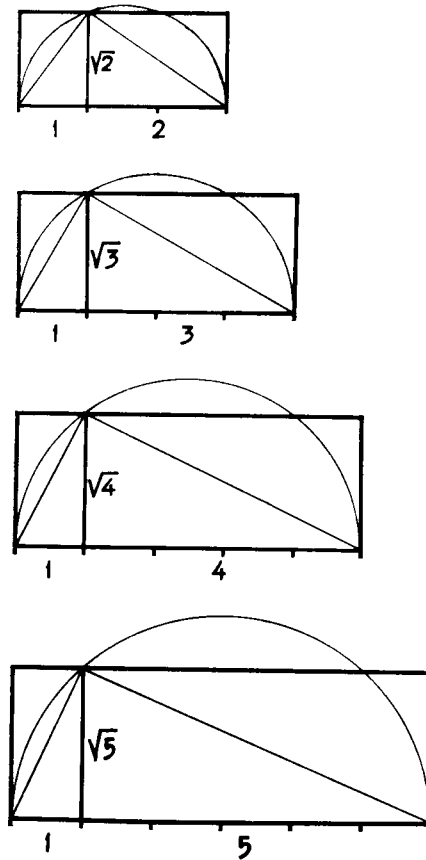


Рис. 39. Построение средней пропорциональной между единицей и числом по Ибн ал-Багдади (X в.)

рическая устанавливает гармоническую связь, «соразмерность» между крайними членами.

Наше историко-теоретическое объяснение пропорций «динамических» прямоугольников Дж. Хембиджа из предположений превращается в уверенность, так как имеет документальное подтверждение у ученого Ибн ал-Багдади (X—XI вв.), который в «Трактате о соизмеримых и несоизмеримых величинах» утверждал, что «корень является средним между данным числом и единицей или между единичной величиной и величиной иррациональной» [192, с. 217].

Ибн ал-Багдади стремился оправдать современную ему вычислительную практику, в которой широко пользовались иррациональными величинами, а это в большой степени, как уже говорилось, было связано с практикой зодчих. Следовательно, трактат ученого о соизмеримых и несоизмеримых величинах объективно выражал теорию архитектурных пропорций эпохи.

Нетрудно проследить, что теория пропорций, нашедшая отражение у Ибн ал-Багдади, перекликается с высказываниями древнегреческих

мыслителей о пропорциях, необходимых для достижения единства и цельности в произведениях искусства.

Трактат Ибн ал-Багдади, а также художественная практика зодчих позволяют утверждать, что древнегреческая теория архитектурных пропорций не была утеряна окончательно — она возродилась, развивалась, совершенствовалась как искусные геометрические приемы и получила теоретическое осмысление в целом ряде трудов средневековых восточных авторов.

Абу Али ибн Сина (Авиценна) в «Каноне врачебной науки» уделяет большое внимание гигиене жилища: он считает совершенно обязательными инсоляцию и проветриваемость помещений, рекомендует, чтобы «окна и двери выходили на восток и на север, а также чтобы восточные ветры могли проникать в здание и солнце достигало в них любого места, ибо именно солнце оздоравливает воздух» [261, с. 179].

Учение Ибн Сины о гигиене жилища, возникшее как обобщение практики, оказало существенное влияние на сложение типа застройки городов Востока. Многовековая архитектурная и градостроительная практика Средней Азии дает примеры поразительных совпадений с теоретическими положениями Ибн Сины [72, с. 26—32].

В народном жилище Узбекистана мудро учитывались природно-климатические условия — к XVIII в. выработались типы жилища Бухары, Самарканда, Хивы, Ферганы, отличные друг от друга в зависимости от особенностей местного климата [72; 99; 171].

В «Книге знаний», написанной на арабском и таджикском языках, Ибн Сина в разделе о началах, относящихся к свойствам пропорций между плоскими фигурами и их сторонами, подробно излагает теорию подобия треугольников, пропорциональности их сторон и особо останавливается на нахождении средней пропорциональной [262, с. 44].

Заслуживает упоминания и трактат Ибн Сины «Мерило разума», посвященный пяти простым машинам в механике, переведенный с таджикско-персидского языка и комментированный М. А. Ахадовой, на которых основаны приводимые ниже данные. Эти пять простых машин: — ворот, блок, рычаг, винт и клин. Говорится об их назначении, технической характеристике, методах расчета подъемной силы ворота, блока (полиспаста), рычага и о способах соединения простых машин между собой.

М. А. Ахадова в своих комментариях прослеживает связи трактата «Мерило разума» с первым дошедшим до нас произведением, посвященным механике, приписываемым Аристотелю (384—322 гг. до н. э.), «Механические

проблемы», а также с трудами Архимеда и Герона Александрийского по механике [23, с. 355—485].

Популярность трудов Ибн Сины на средневековом Востоке не оставляет сомнений в том, что трактат «Мерило разума» был настольной книгой образованных архитекторов.

Трактат Шарафаддина Хусаин ибн Хасана Самарканди «По поводу вопросов арифметики» (632/1235) из библиотеки Улугбека, хранящийся в Дворцовой библиотеке в Стамбуле [339, с. 5], известен нам только по названию и ожидает своего исследователя.

Ибн Халдун Абдаррахман Абу Зайд (1332—1406), современник Тимура, крупнейший ученый-историк из исламского Магриба, хорошо знающий историю мусульманских стран, обобщая сведения предшественников и основываясь на собственных наблюдениях, немало страниц своего труда «Введение» посвятил общим вопросам истории архитектуры и архитекторам [328]. «Введение», распространенное на средневековом Востоке и пользовавшееся большой популярностью, могло быть и книгой для образованных архитекторов.

Архитектура, по Ибн Халдуну, — это древнейшее искусство оседлой цивилизации — развивалась по мере развития человеческого общества. Климатические условия заставили человека позаботиться о создании убежища, которое дало бы ему благоприятные жизненные условия, независимые от природных факторов, (жара, холод, грозы, ураганы и т. д.). От жилища дома человек переходит к организации укрепленного селения, города, к организации управления и защиты. Однако планировка и благоустройство города, жилища зависят как от климатических условий, технических знаний, так и от благосостояния его жителей. В замках правителей или богатых вельмож было большое количество жилых комнат, помещений для семьи правителя, его слуг и вассалов, подсобных и хозяйственных помещений для хранения продуктов, конюшни для лошадей и т. д. Стены жилых и приемных покоев покрывались штукатуркой и расписывались. Жилище бедняка — это только кров для его семьи.

При строительстве больших городов, зданий, при создании произведений монументальной скульптуры необходимы знания архитектора, который составляет проекты и строит по ним совершенные архитектурные произведения, которыми могли бы гордиться правители и их подданные. Так говорит Ибн Халдун.

Ал-Каши (XV в.), — выдающийся ученый, активный деятель астрономической школы Улугбека, — написал ряд научных трудов по астрономии и математике, характеризующих вы-

сокий уровень средневековой науки Средней Азии, опережавшей в эту пору Западную Европу на целое столетие. Однако ал-Каши как ученый проявил большой интерес и к архитектуре и творчеству зодчих. Это не удивительно, так как во времена ал-Каши архитектуре принадлежала ведущая роль среди других искусств и развитие основ зодчества было тесно связано с успехами математических наук эпохи. Этого не мог не понимать ученый, тесно общавшийся с архитекторами, искусными мастерами и ремесленниками и, очевидно, знакомый с трудами предшественников: ал-Кинди, ал-Фараби, Абу-л-Вафа Бузджани, ал-Багдади, братьев Бану Муса и др., посвятивших свои трактаты прямо или косвенно творчеству мухандисов (архитекторов, геометров). Маститый ученый ал-Каши, уже на склоне лет занимаясь составлением новых уточненных астрономических таблиц, одновременно трудится над энциклопедическим трактатом по арифметике, геометрии и алгебре под названием «Ключ арифметики» (1437). Трактат этот, переведенный на русский язык Б. А. Розенфельдом, опубликован в 1956 г. с приложением фотокопии арабского текста и научными комментариями А. П. Юшкевича и Б. А. Розенфельда.

В том же году «Архитектурная глава» этого трактата с архитектурными комментариями Л. С. Бретаницкого и Б. А. Розенфельда становится достоянием научной общественности. Значение этого факта трудно переоценить, так как такого рода материал был обнаружен впервые. Следующий ниже обзор основан на результатах работ этих авторов.

Исследователи трактата писали: «Можно с уверенностью считать, что архитектурная глава предназначалась для архитектора-практика, причем теоретически достаточно подготовленного, т. е. не только грамотного, но и знакомого с правилами геометрии и тригонометрии» [62, с. 103].

С этим справедливым высказыванием следует согласиться с той поправкой, что не только «Архитектурная глава», но почти весь трактат в целом рассчитан главным образом на мухандисов. Сказанное вытекает из слов самого ал-Каши, который утверждал: «Я нашел ответы на многие вопросы, которые задали мне искусные вычислители для испытания или изучения... Я нашел многочисленные правила, с помощью которых действия арифметических предпосылок производятся простейшим способом, легчайшим путем, с наименьшим трудом, с наибольшей выгодой и в яснейшем изложении. Я решил описать эти правила и захотел разъяснить их, чтобы это было поучением для друзей и вразумлением для умных людей.

Поэтому я написал эту книгу и собрал в ней

все, в чем нуждаются вычислители *المحاسبين* остерегаясь как наводящего скуку многословия, так и излишней краткости. Для большинства действий я составил таблицы, чтобы облегчить геометрам *مهندسين* проверку» [151, с. 10].

Кроме того, это мнение вытекает из сопоставления «Ключа арифметики» с сочинениями предшественников, в частности с книгами ал-Бузджани о том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений, и о том, что необходимо писцам, чиновникам, деловым и прочим людям из арифметики. При этом следует помнить, что ал-Каши и Бузджани отделяет несколько столетий. Если в книгах Бузджани шла речь о познаниях ремесленников, землемеров и писцов султанских канцелярий, то в трактате ал-Каши говорится о комплексе познаний, которыми должен обладать мухандис (в широком понимании этого термина, т. е. как архитектор-проектировщик), а для того чтобы облегчить применение исчислений на практике, они сведены в таблицы.

Энциклопедический трактат «Ключ арифметики» кроме предисловия автора состоит из пяти книг: 1) «Об арифметике целых»; 2) «Об арифметике дробей»; 3) «О вычислениях и шестидесятичной системе»; 4) «Об измерении»; 5) «Об определении неизвестных при помощи алгебры».

Первая книга, «Об арифметике целых», содержит изложение десятичной системы и «индийских цифр», называемых в Европе «арабскими», и извлечения корней; вторая книга, «Об арифметике дробей», — изложение действий с дробями, где автор впервые в истории математики вводит десятичные дроби; третья, «О вычислениях в шестидесятичной системе», посвящена арифметическим действиям в шестидесятичной системе, наиболее распространенной в странах Востока в средние века вплоть до XVII в.; четвертая, «Об измерении», состоит из введения и девяти глав. Во введении разъясняются понятия: измерения, меры, точки, линии, плоской и кривой поверхности, параллельных прямых линий, острых, тупых, прямых и телесных (объемных) углов.

Основное содержание этой книги сводится к изложению правил для исчисления площадей плоских фигур, их поверхностей и объемов тел.

Первая глава четвертой книги «Ключа арифметики» посвящена измерению треугольников, вторая глава — измерению четырехугольников. Примечательно, что кроме обычных геометрических фигур — квадрата, ромба, ромбоида, прямоугольника, трапеций — ал-Каши рассматривает в этой главе такие фигуры, как двуполгий, ячменное зерно, двурукие (чаша и миндаля) и, скажем, несколько забегая вперед

(в пятую главу), барабанообразную, зубчатую, с округлыми сторонами, ступенчатую, составляющую разность между треугольниками и сегментами, т. е. фигуры, присущие архитектурным формам, геометрическому орнаменту и сталактитам. Эти описания предшествуют главе об измерении зданий и построек, т. е. «Архитектурной главе» трактата.

Третья глава четвертой книги посвящена измерению многоугольников и начинается с их определения. В измерении многоугольников Каши придерживается принципа «определения расстояний [в них] друг через друга». Кроме того, он предполагает оригинальный метод исчисления площадей многоугольников, основанный на «ранее не указанных свойствах», — умножением квадрата стороны на коэффициент, выведенный им для пяти-, шести-, семи-, восьми-, десяти-, двенадцати-, пятнадцати- и шестнадцатиугольников. Эти коэффициенты приведены в трактате в табличной форме.

Простота предлагаемого ал-Каши оригинального метода исчисления площадей многоугольников очевидна. Далее Каши говорит о вычитании квадрата стороны восьмиугольника от описанного квадрата, чтобы получить площадь восьмиугольника, как о неизвестном доселе методе. Отметим, что тут ал-Каши заблуждается, так как этот метод был известен автору «Введения [в учение] о подобных и соответственных фигурах».

В четвертой главе четвертой книги излагаются вопросы измерения круга и его частей — сектора и сегмента круга, чечевицы, луночки, подковы и кольца.

Пятая глава четвертой книги посвящена измерению плоских поверхностей фигур, имеющих сложные очертания.

Шестая глава четвертой книги — измерению круглых поверхностей цилиндров, конусов, шара, его сегмента, сектора и ребра, фалаки, барабана, трубы, колец с квадратным, круглым и барабанообразным сечением тела кольца.

В седьмой главе четвертой книги рассматривается измерение тел цилиндра, конуса, усеченного конуса, конического избытка, ромбического избытка, шара, его сектора и сегмента, пяти правильных и двух неправильных многоугольников. Отметим, что автор ни слова не говорит о геометрических построениях этих сложных форм, очевидно предполагая, что они известны читателям, — он дает рекомендации лишь по измерению.

В восьмой главе четвертой книги говорится об определении объемов тел по их весам и наоборот. При этом приводится таблица объемных весов некоторых металлов, драгоценных камней, жидких и твердых тел со ссылкой на

трактат «Весы мудрости» мервского физика XII в. Хазини.

Девятая глава четвертой книги посвящена измерению зданий и сооружений. Она начинается с указания на то, что «об этом, за исключением арок и сводов, не упоминали владеющие этой наукой». Эта фраза показывает, что измерение зданий и сооружений сложилось как определенная наука и что у Каши были предшественники, которые осветили вопросы об арках и сводах и не коснулись куполов и сталактитов.

Пятая книга «Ключа арифметики» посвящена определению неизвестных с помощью алгебры и алмукабалы. Особого внимания заслуживают правила, относящиеся к теории пропорций. Они рассчитаны, как справедливо отмечают А. П. Юшкевич и Б. А. Розенфельд, на использование в качестве практического руководства для вычислителей, торговцев, землемеров и строителей [151, с. 361], и неудивительно, что появляется сорок пятое правило о вычислении параметров при делении числа в среднем и крайнем отношении, связанное с деятельностью архитектора, о чем будет сказано ниже.

Настольными книгами архитекторов были также энциклопедические труды ученых, в той или иной степени освещающие вопросы строительства. К таким книгам следует отнести энциклопедический труд «Асар ва ахья», принадлежащий перу Рашид ад-Дина, известного историка-летописца.

Этот труд состоит из 24 глав, посвященных вопросам природоведения, агротехники, экономики сельского хозяйства, металлодобывающей и металлообрабатывающей промышленности и строительства. Четыре главы посвящены строительству: глава четвертая — «Относительно подземных каналов, источников и о всяких работах, связанных с ними. Два раздела»; глава пятая — «О плотинах, о способах рытья их (sic!) и все, что относится к этому. Семь разделов»; глава двадцатая — «О постройке зданий городских и в почитаемых местностях, крепостей и других зданий, а также и о том, что относится сюда»; глава двадцать первая — «О постройке кораблей, каменных и pontонных мостов, о способе их постройки и о пользе каждого из них» [204, с. 371—373].

В государстве Тимуридов в XV в. строительство загородных садов и парков получает значительный размах. Зажиточные горожане, подражая Тимуру и Тимуридам, которые только возле Самарканда создали более полутора десятков садов с роскошными дворцами и павильонами, тоже строят загородные резиденции для пребывания в них в летнее время или для отдыха. Строительству садов и парков посвящается специальная литература. В начале

XVI в. Разиль Хереви создает обширный трактат по агротехнике и планировке парка «Наставление в земледелии», состоящий из следующих глав: 1) «О познании почв»; 2) «О благоприятных часах посева»; 3) «О посеве зерновых растений»; 4) «Об обработке виноградника и о сортах винограда и пр.»; 5) «О зелени и овощах»; 6) «О плодовых деревьях и цветах»; 7) «О прививке деревьев и виноградных лоз и пр.»; 8) «О посадке деревьев с учетом планировки сада» [221, с. 26].

В Советском Союзе имеются две рукописи этого трактата: рукопись Ташкентского хранилища АН УзССР и рукопись из коллекции Е. М. Пещеревой. Первая, по утверждению И. П. Петрушевского, дефектная. Знакомство Г. А. Пугаченковой с переводом Е. М. Пещеревой позволило ей дать описание и графическую реконструкцию планировки парка типа «Чор-баг» [232, с. 143—168].

Трактат «Наставление в земледелии» отражает не только многовековые достижения агротехники средневекового Востока, но и зрелые традиции садово-паркового искусства эпохи. Трактат рекомендует регулярную планировку сада с прямыми, широкими аллеями. Конфигурация сада должна быть прямоугольной формы, ориентировка — по странам света, сад обнесен стенами и обсажен по периметру правильными рядами тополей. Главная аллея парка должна замыкаться парковым павильоном. Особое внимание уделяется обводнению и включению воды в садово-парковый ансамбль: вдоль

главной аллеи рекомендуется устраивать каналы, перед павильоном — водоемы. Каналами надлежит окружить сад.

Для посадки рекомендуются как декоративные, так и плодовые деревья. Что касается ассортимента цветов, то они подбирались так, чтобы в саду было непрерывное цветение.

Не только «Трактаты для зодчих», о которых говорилось выше, являлись руководством для средневосточных архитекторов в продолжение всего средневековья. Имеются серьезные основания полагать, что в X—XV вв. существовали альбомы и свитки с архитектурными чертежами, подобные архитектурным чертежам бухарского мастера XVI в., ныне хранящимся в фондах Института востоковедения АН УзССР и опубликованным Н. Б. Баклановым в 1944 г. Как справедливо утверждает Г. А. Пугаченкова, эти чертежи представляли типовые решения планов ханаки, сардобы, караван-сарая и рабада. Примечательно, что они выполнены на квадратной модульной сетке, с выделением укрупненного модуля 10×10 клеток. В них выявлены совмещенные на плоскости чертежа планы разных уровней. В свитках даны построения кирпичного орнамента, герихов различных систем и планы сталактитовых угловых парусов [27; 28].

«Трактаты для зодчих», альбомы-свитки с архитектурными чертежами и, конечно, сами памятники архитектуры — это первоисточники, значение которых для наших исследований трудно переоценить.

Глава V

ПОСТРОЕНИЕ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ ЗОДЧИМИ СРЕДНЕЙ АЗИИ В IX—XV вв.

Анализы соразмерностей архитектурных памятников IX—XV вв. позволяют проследить становление и развитие искусных геометрических приемов, наличие связи средневековой архитектурной теории и практики. Они расширяют наши представления как о зодчих, искусных мастерах той или иной архитектурной школы, так и о самой архитектуре эпохи.

Предлагаемые анализы памятников архитектуры основаны главным образом на обмерных чертежах, выполненных за последние годы квалифицированными сотрудниками Специального научно-реставрационного проектного бюро Министерства культуры Узбекской ССР. В процессе исследования некоторые обмерные материалы потребовали дополнений показателей размеров или натурной проверки. Последняя и была выполнена автором.

В отдельных случаях для анализа использованы обмерные данные по памятникам архитектуры не только республик Средней Азии, но и Казахстана, Азербайджана, Ирана, известные по публикациям¹.

При анализах соразмерностей сооружений важен учет погрешностей разбивки при перенесении проекта в натуру древними зодчими, искажений размеров сооружений в связи с деформациями за время многовекового их существования. Эти погрешности фиксируются в размерах сторон и диагоналей квадратов, многоугольников, а также простенков ниш — все они должны быть одинаковыми. В таких случаях для анализа соразмерностей нами принимаются среднеарифметические размеры. В каждом отдельном случае расхождения натуральных размеров против теоретических данных анализов приводятся в тексте.

Анализы соразмерностей сооружения основаны не только на «прощупывании циркулем» обмерных чертежей, но и на арифметической проверке геометрических построений, которыми пользовались зодчие для создания архитектурно-пространственной формы. В свою очередь,

анализы приемов построения архитектурно-пространственных форм сопровождались исследованиями принципов их применения. При этом было установлено следующее:

1) существование в архитектурном творчестве руководящих идей — теоретической основы зодчества;

2) существование учения о гармонии, которое применительно к практическим искусствам сводилось к необходимости соблюдать соразмерность и пропорциональность частей и целого, подобия фигур и соответствия объемов, уравновешенность структур;

3) разработанность арифметических, гесмерических и гармонических пропорций учеными-энциклопедистами применительно к практическим искусствам, в том числе и к архитектуре;

4) разработанность теории архитектурного орнамента, основанной на принципе подобия и соответствия фигур, — об этом свидетельствует и наличие специального трактата X—XI вв., о построении архитектурного орнамента;

5) высокий уровень развития прикладной геометрии и вычислительной техники, основанной на шестидесятеричной системе (деление гяза как меры длины на 60 частей — фульсов);

6) принадлежность выдающихся архитекторов Востока X—XV вв. к высокообразованным кругам мастеров высшей квалификации, имевших теоретическую подготовку и опыт выполнения архитектурно-художественных и градостроительных замыслов;

7) наличие проектов, выполнявшихся в виде моделей и чертежей, изготовляемых архитекторами, художниками-орнаменталистами, каллиграфами-крупнописцами.

Анализ соразмерностей сооружения дает фактический материал, позволяющий судить о наличии в построении архитектурно-пространственных структур определенных математических закономерностей. Эти данные в сопоставлении с письменными источниками легли в основу общих выводов по теме исследования.

ИСКУСНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ В ЗОДЧЕСТВЕ IX—XII вв.

Анализируемые архитектурные памятники IX—XII вв. получили общее описание в архитектуроведческой литературе, поэтому мы коснемся их описания очень коротко, памятуя, что для архитектуры Мавераннахра эпохи после арабского завоевания характерны:

1) переосмысление форм зодчества, торжество рационализма в построении архитектурной формы, основанного на успехах строительной техники, новых конструкциях и системах декора;

2) полный отказ от использования в архитектуре скульптуры как средства художественной выразительности, широко распространенной в Средней Азии до внедрения ислама;

3) постепенный отказ от применения сырца в монументальных постройках и переход на более прочный строительный материал — жженный кирпич;

4) зарождение и развитие нового типа синтеза искусств, в котором скульптура и тематическая монументальная живопись заменяются геометрическим, растительным и эпиграфическим орнаментами.

Мавзолей Саманидов (конец IX в.)

На окраине древнего города Бухары, среди зелени парков, стоит мавзолей Саманидов — до предела простой и ясный по композиции, монументально-величавый по архитектурному образу, выражающий идею бессмертия души и вечной красоты (рис. 40, 41, 42).

Объемно-пространственная композиция мавзолея проста и лаконична — это небольшой «куб» (около 10 м по стороне), покрытый полусферой большого купола и четырьмя куполами на углах. Квадратный план его ориентирован по странам света. Здание поставлено на невысокий цоколь и завершается опоясывающей верх арочной галереей. Углы здания закреплены массивными трехчетвертными колоннами. Все фасады мавзолея идентичны, по оси каждого из них — прямоугольные проемы в нишах, стрельчатые арки которых поддерживаются трехчетвертными колоннами.

Конструктивная основа мавзолея представлена трехступенчатой структурой — четверик, восьмерик и купол. На внутренний край мощных стен четверика поставлены арки восьмерика (с тонкими стенами в 35—50 см). Эти арки у замков подпираются полуарками, опирающимися; одни — на внешние стены здания (т. е. перекинуты над обходным коридором), другие — на углы четверика, образуя трюмпы (рис. 43). Узкий (56 см) обходной коридор на уровне трюмпов перекрыт полусводом и купо-

лами по углам. Купол мавзолея сложен из разных кирпичей со сторонами 31, 27 и 23 см на алебастровом растворе, имеет уступчатое сечение (90, 77, 57 см) и опирается непосредственно на восемь арок и на подпирающие их восемь полуарок. Усилия от распора купола передаются в диагональном направлении на угловые пилоны четверика, а в осевых направлениях — на внешние стены галереи, где напряжения от распора находятся на пределе.

Устойчивость конструктивной системы сооружения, относительная равнопрочность ее элементов, глубокое заложение оснований фундамента, применение конструктивных поясов из крупномерных кирпичей для лучшей связи облицовки здания с телом кладки стены, утонение и облегчение конструкций, расположенных в верхней части, с заменой при этом лессового раствора, применявшегося для кладки стен четверика, более прочным — алебастром — и уравновешенность объемно-пространственной структуры всего сооружения в целом обеспечили памятнику тысячелетнее существование.

Прежде чем приступить к рассмотрению соотношений мавзолея Саманидов, необходимо уточнить уровень земли вокруг него, так как древний уровень, определенный археологом В. Л. Вяткиным и восстановленный при генеральной реставрации, вызывает сомнения, поскольку не нашел должного обоснования в архитектурном решении сооружения. Более того, вскрытый раскопками цоколь по характеру кладки ничем не отличается от кирпичной кладки фундамента и, очевидно, был подземной частью сооружения.

При высоте цоколя около 1 м, очевидно, должны были существовать входные ступени или пандус, которые не могли исчезнуть бесследно, скорее они могли оказаться под культурными наслоениями. Однако признаки существования входных ступеней или пандуса при археологических раскопках не обнаружены.

Древний уровень земли вокруг памятника мог быть восстановлен по конструктивным признакам — по нижнему обрезу пояса из крупномерных кирпичей. При этом входной порог будет высотой в три кирпича плашмя, так же как это было в других мавзолеях: Араб-Ата, Аламбердара, Талхатан-бобо, Текеша, Фахраддина Рази, Бабаджа-хатын, Айша-Биби и др. При дальнейших анализах соотношений мавзолея Саманидов нами учитываются оба варианта древнего уровня земли вокруг памятника: первый — с большим цоколем и второй — с ма-

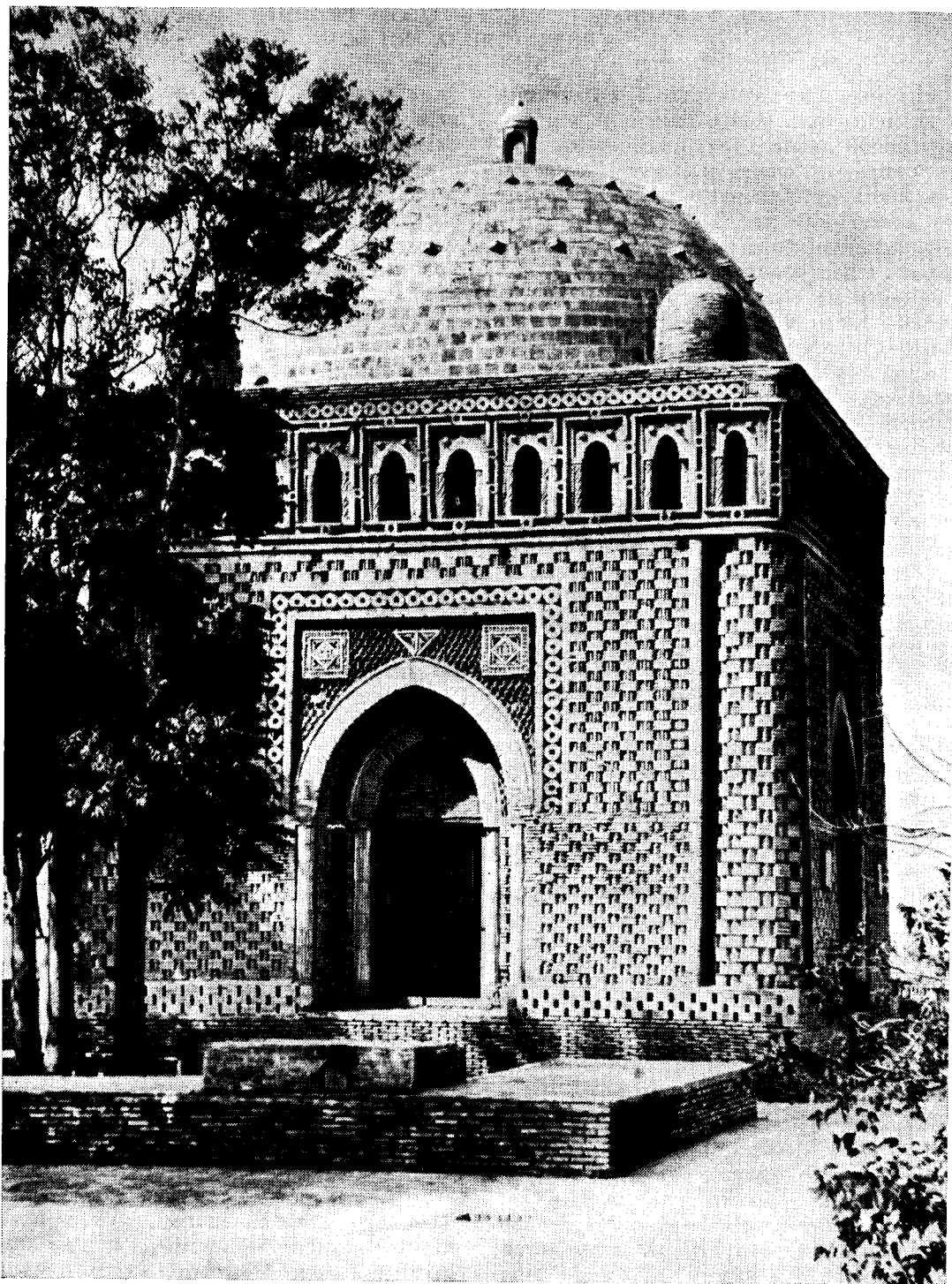


Рис. 40. Мавзолей Саманидов в Бухаре (конец X в.). Общий вид

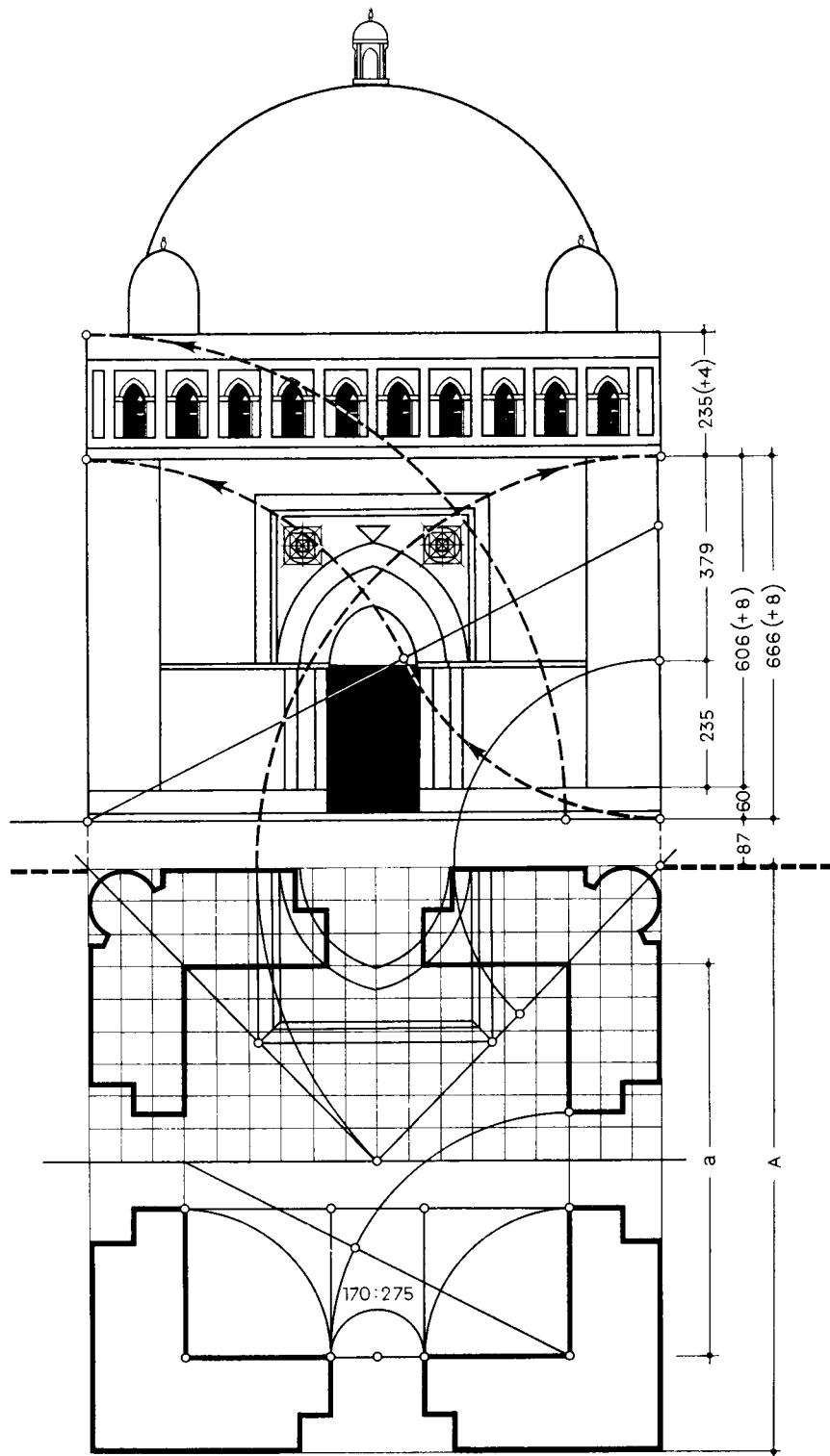


Рис. 41. Мавзолей Саманидов. План и фасад. Анализ построения

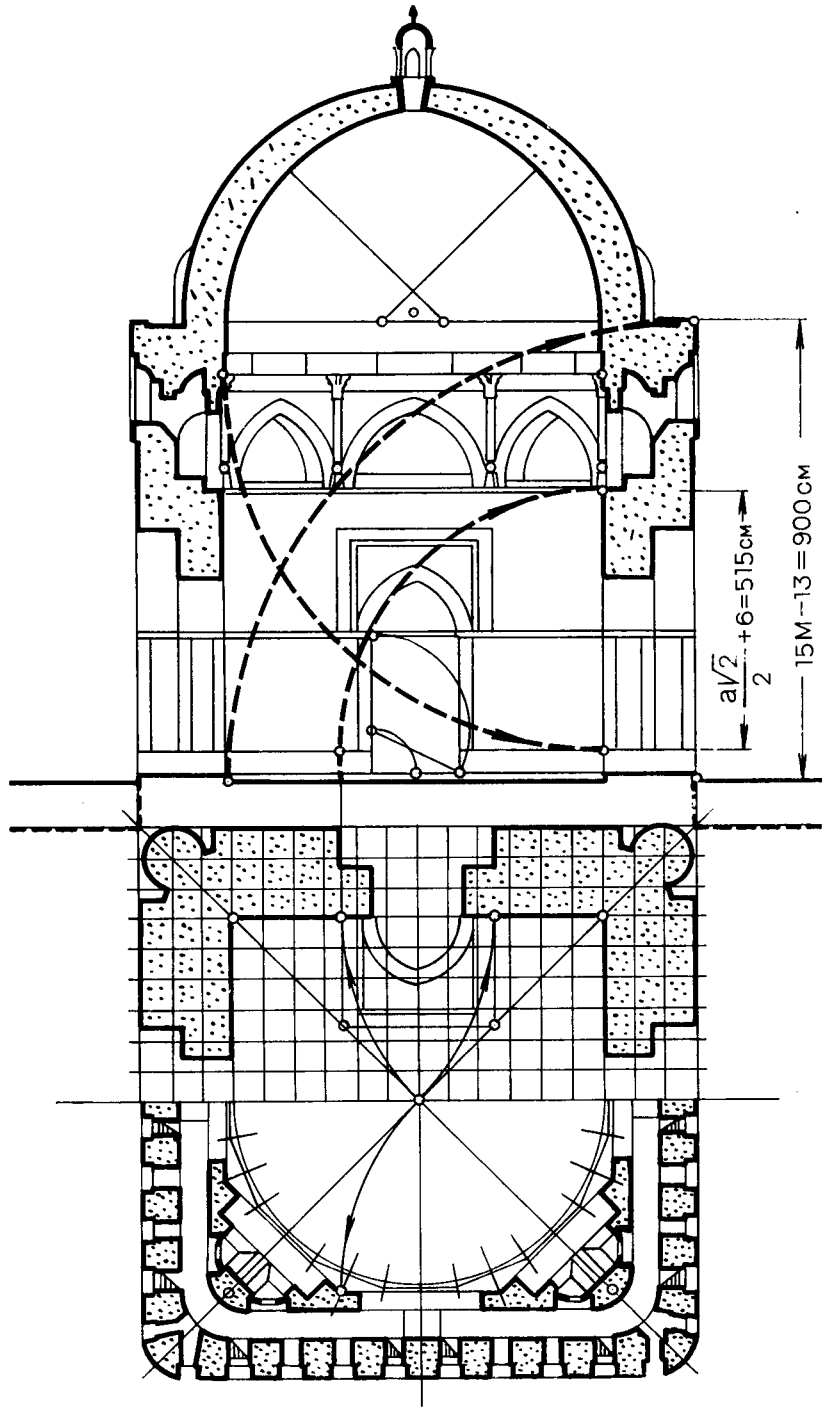


Рис. 42. Мавзолей Саманидов. План и разрез. Анализ построения

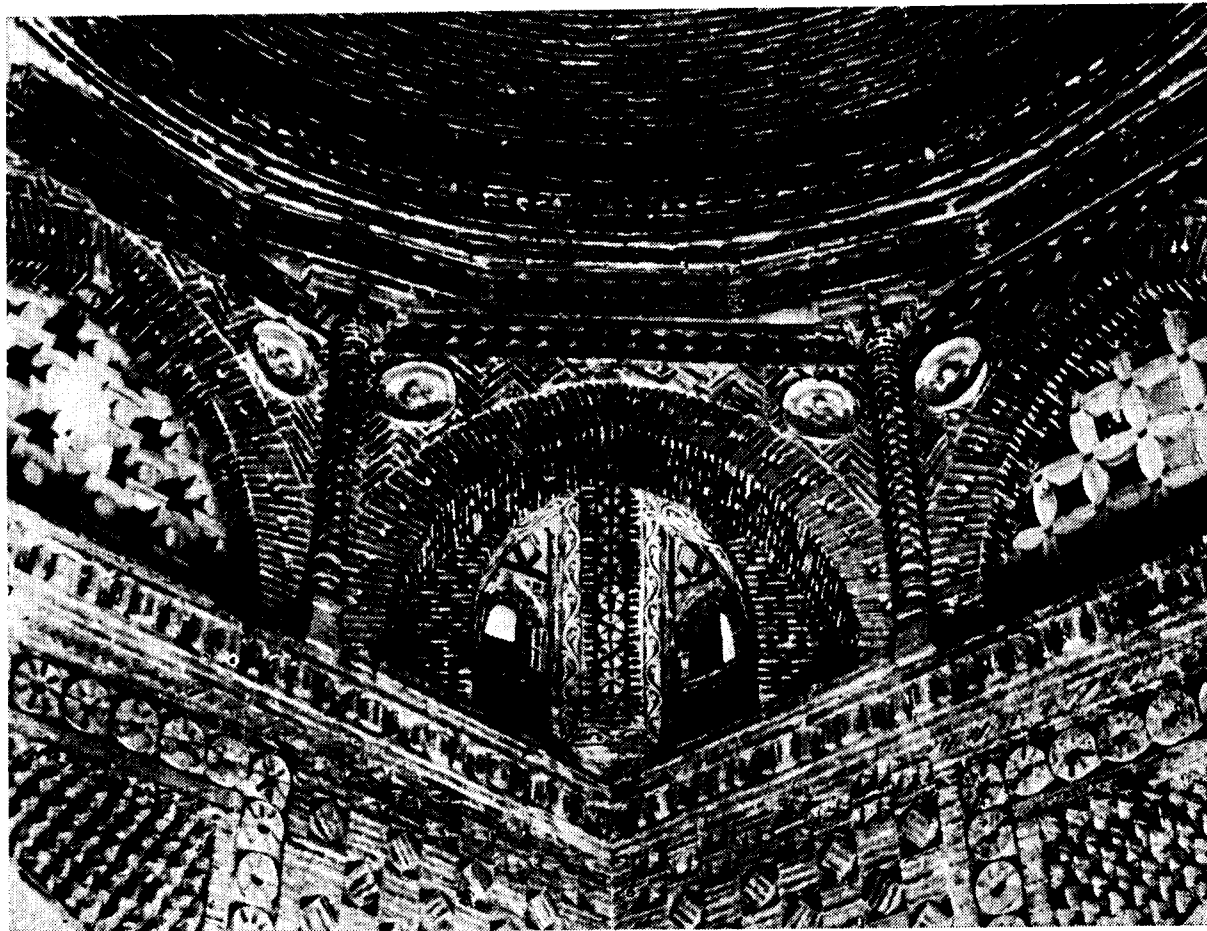


Рис. 43. Мавзолей Саманидов. Интерьер. Ярус тромпов

лым, имеющим облицовку и включающим пояс из крупномерных кирпичей.

Для средневековой архитектуры стран Ближнего Востока и зодчества Византии и Руси XI—XII вв. установлено, что диаметр купола — исходный параметр в определении соразмерностей сооружения [22]. Данные наших исследований убеждают нас в том, что не диаметр купола, а подкупольный и внешний квадраты плана мавзолея, так же как и производные полуквadrата, являются здесь основными параметрами в определении соразмерностей частей и целого архитектурного организма².

Внутренние размеры (a) квадратного помещения мавзолея составляют 717, 718, 722, 723 см, т. е. в среднем 720 см, или 12 крупномерных кирпичей — модулей³. Толщина стен мавзолея составляет четвертую часть этого размера, т. е. 180 см, или 3 модуля (рис. 41, 42, 44). Наружные размеры сторон квадрата — 1080 см.

Угловые колонны равны $\frac{1}{8}$ стороны наружного квадрата.

Ширина угловых простенков помещения соответствует меньшему отрезку при делении стороны (a) квадрата в среднем и крайнем отношении, т. е. $0,382a = 0,382 \times 720 = 275$ см, погрешность: $\pm 2,5$ см⁴ (рис. 44).

Ширина проемов четверика соответствует $a - 2 \times 0,382a = 170$ см. Ширина арочных ниш по всем фасадам соответствует $(a - 2 \times 0,382a) + 2M = 290$ см.

Общая высота «кубического» объема от нижнего обреза пояса из крупномерных кирпичей до основания колонн равна 15 модулям. При этом ширина относится к высоте здания как 6 : 5.

Высота цоколя от нижнего обреза пояса крупномерных кирпичей до основания колонн равна 1 модулю.

Высота поля стены без галерейного этажа, включая большой цоколь, соразмерна полудиagonали наружного квадрата.

Высота поля стены без галерейного этажа, включая малый цоколь, соответствует большому отрезку при делении стороны квадрата в среднем и крайнем отношении, т. е. $0,618A =$

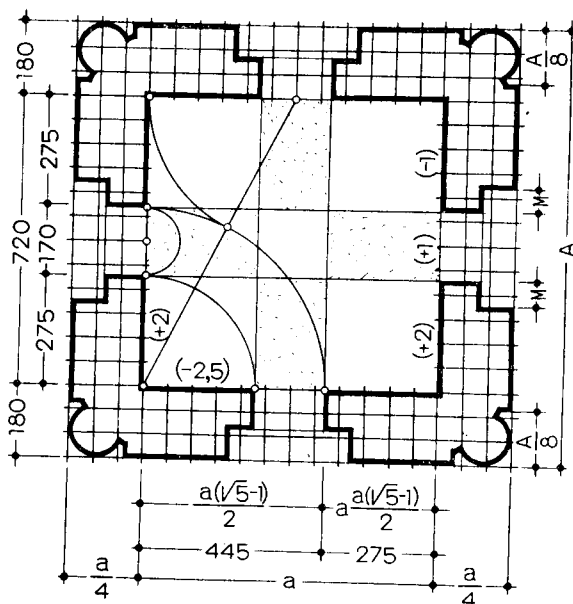


Рис. 44. Мавзолей Саманидов.
Анализ построения плана

$= 0,618 \times 1080 = 666$ см; при этом погрешность — 8 см.

Высота угловых колонн и поля стены без цоколя соответствует $0,618A - M = 666 - 60 = 606$ см, фактически — 614 см; погрешность — 8 см.

Высота поля стены расчленена горизонтальным поясом из крупномерных кирпичей на две части: высота нижней части до верха горизонтального пояса, фиксирующего пять арок четверика, — 235 см, высота верхней части — 379 см, их отношение — $235 : 379 = 0,618$.

Высота от уровня земли до верха пояса из крупномерных кирпичей соразмерна одной четверти диагонали наружного квадрата:

$$\frac{A\sqrt{2}}{4} = \frac{1080\sqrt{2}}{4} = 382 \text{ см.}$$

Ширина П-образного обрамления тимпана арки, включая полосы из кружков, соразмерна стороне восьмиугольника, вписанного в квадрат.

Высота П-образного обрамления тимпана арки по оси фасада, включая полосу из кружков, соразмерна разности стороны и полудиagonали квадрата:

$$A - \frac{A\sqrt{2}}{2}.$$

Ширина простенков галереи, в два раза бóльшая пролета арок в свету (33 и 66—67 см), соответствует $\frac{1}{32}$ и $\frac{1}{16}$ диагонали квадрата.

В свою очередь, 33—34 см — не что иное, как

размер диагонали квадратного кирпича, употребленного для строительства мавзолея.

В построении архитектурных форм интерьера мавзолея измерителем служат производные квадрата со сторонами 720 см. Этому квадрату соответствует диагональ, равная 1018 см.

Высота цоколя в интерьере — 45 см, или $\frac{3}{4}$

модуля, что составляет $\frac{1}{16}$ стороны a внутреннего квадрата. Высота четверика от уровня цоколя — 515 см и соразмерна половине диагонали квадрата:

$$\frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{720\sqrt{2}}{2} = 509 \text{ см;}$$

погрешность — 6 см.

Ширина угловых простенков в интерьере, высота и ширина прямоугольных проемов четверика — это производные деления стороны квадрата в среднем и крайнем отношении (рис. 44). Высота проемов — $0,382a = 275$ см, а отношение ширины проема к высоте — 170 : 275 = 0,618; погрешность — 2 см.

Ширина П-образного обрамления тимпана арки соответствует стороне восьмиугольника, вписанного в квадрат:

$$a(\sqrt{2} - 1).$$

Высота обрамления тимпана, включая полосу кружков, соответствует стороне внутреннего квадрата минус его полудиagonаль, т. е.

$$a - \frac{a\sqrt{2}}{2}.$$

Построение восьмерика яруса парусов выполняется на квадрате со сторонами 736 см и с диагональю 1040 см. Этот квадрат увеличился на 16 см по сравнению с квадратом на уровне цоколя за счет отступа восьмигранника от плоскости стены. Сторона восьмигранника равна

$$a(\sqrt{2} - 1) = 736 \times 0,41 = 302 \text{ см.}$$

Высота восьмерика равна разности стороны и полудиagonали квадрата, т. е. $736 - 520 = 216$ см. В натуре — 221 см; погрешность — 5 см.

Общая высота четверика и восьмерика — 736 см, что соответствует стороне квадрата на уровне тропов. Над восьмериком располагается шестнадцатигранник высотой 44,5 см, или $\frac{3}{4}$ модуля, что соответствует $\frac{1}{16}$ стороны подкупольного квадрата.

Наличие различных точек зрения на способы построения арок мавзолея Саманидов [245] потребовало дополнительного их исследования, причем изучению подверглось четыре арки из восьми на ярусе тропов в интерьере мавзолея: восточная, южная, юго-западная и западная.

Результаты исследований позволяют утверждать, что строители мавзолея Саманидов вос-

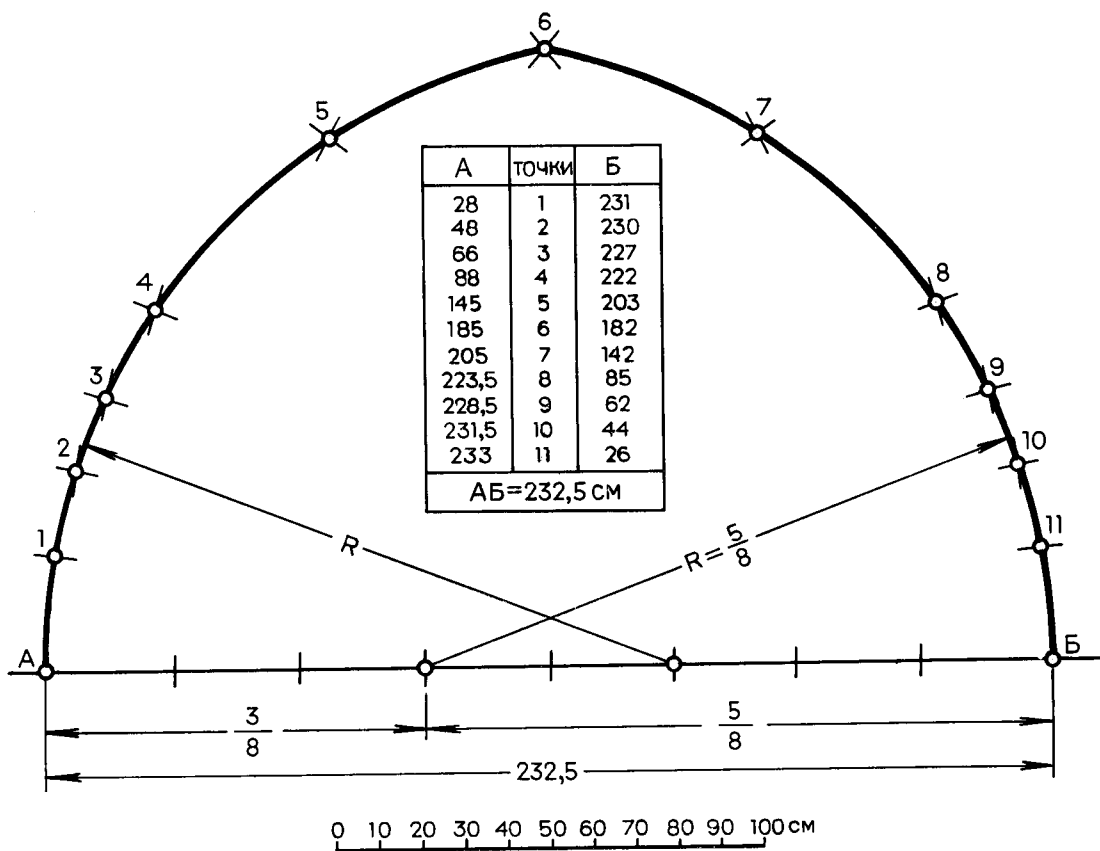


Рис. 45. Мавзолей Саманидов. Построение арок яруса тропов

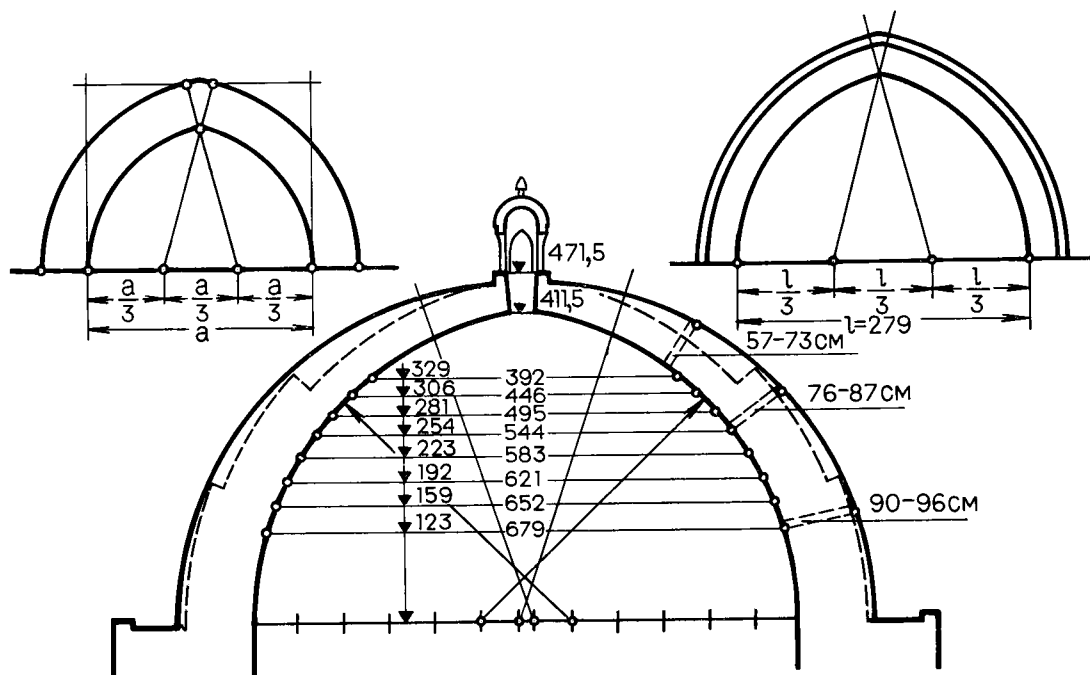


Рис. 46. Мавзолей Саманидов. Построение входных арок и кривой купола

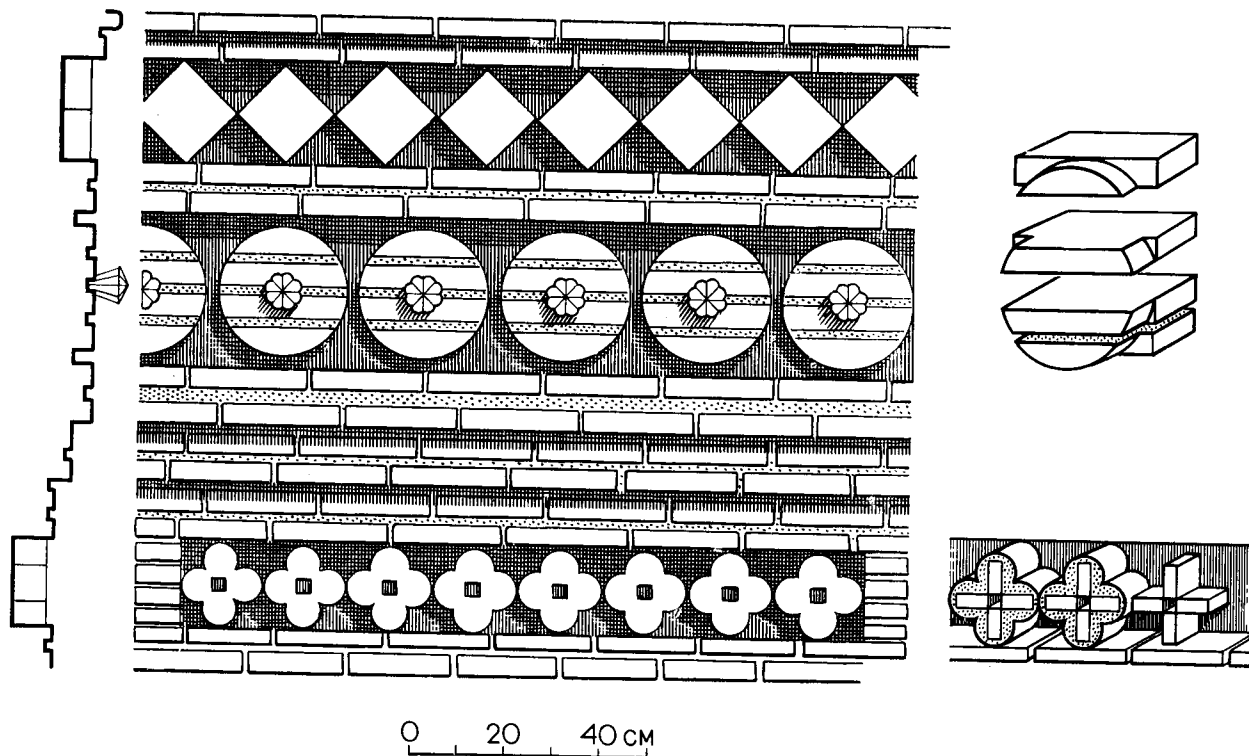


Рис. 47. Мавзолей Саманидов. Кирпичный декор интерьера (фрагмент после реставрации)

пользовались для построения кривых арок яруса тропов восьмичастным делением пролета арки и за радиус приняли $\frac{5}{8}$ пролета, что было просто и удобно для практического осуществления (рис. 45). Тем же способом построена внутренняя кривая сфероконического купола. Однако здесь за радиус двухцентральной кривой принято $\frac{7}{12}$ диаметра основания купола. Кривая арок ниш по оси фасада тоже двухцентровая с радиусом, равным $\frac{2}{3}$ пролета (рис. 46).

Анализ соразмерностей и приемов построения архитектурных форм мавзолея Саманидов позволяет сделать следующие выводы.

1. Исходным параметром в определении соразмерностей сооружения служил квадратный план, основные составляющие элементы которого, а также высота «куба» были выражены модулем, равным крупномерному кирпичу 60×60 см.

2. Для установления соразмерностей мавзолея Саманидов зодчий пользовался производными трех квадратов: внутреннего и наружного на уровне цоколя и внутреннего на уровне яруса тропов.

3. Наряду с гармонизацией архитектурных форм, основанной на соотношениях стороны

и диагонали квадрата, зодчий пользуется также делением отрезка в крайнем и среднем отношении, т. е. производными стороны в диагонали полуквадрата

$$\frac{\sqrt{5} \pm 1}{2},$$

что прослеживается в соразмерностях плана и в членении стен фасадов и интерьера.

4. Сравнительный анализ соразмерностей высот мавзолея с большим и малым цоколем не оставляет сомнения в том, что гипотеза о наличии лишь малого цоколя имеет право на существование.

5. В пропорциях мавзолея фигурируют подобные прямоугольники с соотношением сторон

$$1 : \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

Такое подобие прямоугольников на фасадах и в интерьере достигнуто благодаря единому приему их построения, причем исходными для них были соответственно внешний и внутренний (на уровне пола и на уровне восьмерика) квадраты.

6. В основе пропорционального строя мавзолея Саманидов лежит геометрическая гармонизация архитектурных форм. Однако здесь имеют место и арифметические соразмерности.

Но это обстоятельство — не смешение двух тем, а развитие одной системы пропорционирования, основанной на квадрате и полуквадрате, выраженных в модулях, на последовательном делении пополам стороны и диагонали квадрата.

7. Совокупность фактов, добытых исследованиями, позволяет выдвинуть гипотезу, что мавзолее Саманидов строился по заранее составленному и глубоко продуманному проекту в виде чертежа и модели.

Мавзолей Араб-Ата (977—978 гг.)

В монографическом исследовании памятника Г. А. Пугаченкова уделяет значительное место его архитектурным пропорциям, построенным на соотношениях стороны и диагонали квадрата⁵.

Однако анализ соразмерностей памятника был неполным: вне поля зрения автора остались пропорции интерьера. П-образной рамы пештака, а также трехчастное членение фасада над тимпаном.

Пользуясь обмерами, выполненными Г. А. Пугаченковой и П. Ш. Захидовым⁶, нам удалось расширить представление о соразмерностях памятника и проследить творческий метод реализации замысла зодчего, т. е. установить приемы построения архитектурных форм этого памятника.

Квадратное помещение мавзолея (рис. 48) имеет размеры 560×560 см, или 10×10 гязов (принимаем гяз, равный 56 см). Такому квадрату соответствует диагональ $560\sqrt{2} = 789$ см. Ширина здания соразмерна диагонали квадрата и равняется в натуре 800 см. Расхождение натуральных размеров с теоретическими — на 11 см.

Толщина задней и боковых стен мавзолея соразмерна половине разности диагонали и стороны квадрата

$$\frac{a\sqrt{2}-a}{2}.$$

Толщина передних стен сооружения соразмерна на четверти диагонали квадрата

$$\frac{a\sqrt{2}}{4}.$$

Длина здания соразмерна

$$\frac{a\sqrt{2}-a}{2} + a + \frac{a\sqrt{2}}{4} = 871 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 870 см, т. е. точное совпадение.

Высота «кубического» объема соразмерна

$$a + \frac{a\sqrt{2}-a}{2}.$$

Пропорциональный строй интерьера мавзолея Араб-Ата характеризуется следующими данными.

Высота четверика соразмерна стороне минус разность диагонали и стороны квадрата. При стороне квадрата a высота четверика

$$a - (a\sqrt{2} - a) = a(2 - \sqrt{2}).$$

Высота яруса парусов соразмерна половине стороны квадрата.

Оригинальна композиция восьмерика: здесь параметром для измерения выступает половина стороны восьмигранника. Угловые паруса и композиции пристенных ниш решены в два яруса. Первый ярус образует два квадрата, а второй — два прямоугольника $\sqrt{2}$.

В четверике мавзолея имеется единственная ниша, ширина которой соразмерна разности стороны и полудиagonали квадрата

$$a - \frac{a\sqrt{2}}{2}, \text{ или } 10 - 7 = 3 \text{ гязам.}$$

Фасад мавзолея Араб-Ата представляет собой прямоугольник с отношением сторон $2 : \sqrt{5}$ (рис. 49), состоящий из системы П-образных рам, образованных из фигурной кладки и ленты эпитафического орнамента. Выразительной выкружкой, образующей также П-образную раму, плоскость фасада переходит в нишу незначительной глубины. Дальнейшее небольшое развитие композиции вглубь представлено арочной нишей, архивольт которой поддержан гранеными трехчетвертными колонками.

Над тимпаном арки три ложных окна, заполненные ложными решетками — панджара. Пештак фланкируют трехчетвертные угловые колонны.

На фасаде мавзолея Араб-Ата наряду с орнаментом на квадратной сетке имеется орнамент, построенный на сетке из равносторонних треугольников (рис. 49). Возникает вопрос: не пользовались ли зодчие производными равностороннего треугольника и для установления соразмерностей фасада?

Как видно из аналитических построений, ответ на поставленный вопрос должен быть положительным, ибо прямоугольники, представленные на фасаде, имеют геометрическое подобие и выражены отношением $1 : \sqrt{3}$.

Ширина прямоугольной ниши соразмерна ее высоте (или ширине портала), деленной на $\sqrt{3}$, или $14\frac{1}{8} : \sqrt{3} = 8\frac{1}{4}$ гяза, что соответствует натуре. Плоскость над тимпаном представлена трехчастным членением тремя ложными окнами прямоугольной формы с отношением сторон $1 : \sqrt{3}$.

Ширина арочной ниши соразмерна четверти диагонали наружного квадрата, или половине стороны внутреннего квадрата, т. е. 5 гязам. Высота тимпана от обреза цоколя соразмерна полудиagonали наружного квадрата, или стороне внутреннего квадрата, т. е. 10 гязам. Диа-

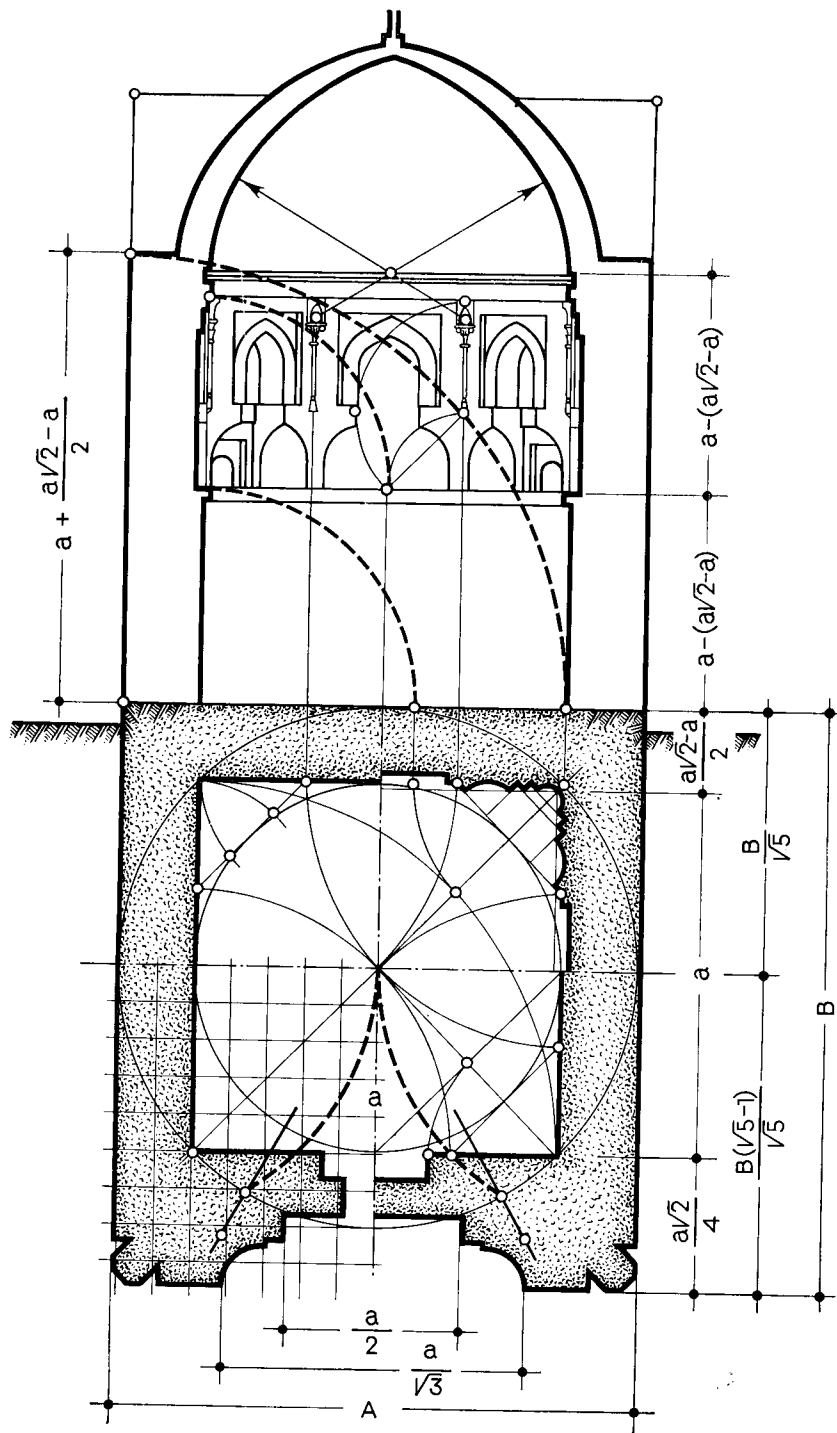


Рис. 48. Мавзолей Араб-Ата в Тиме (X в.). План и разрез

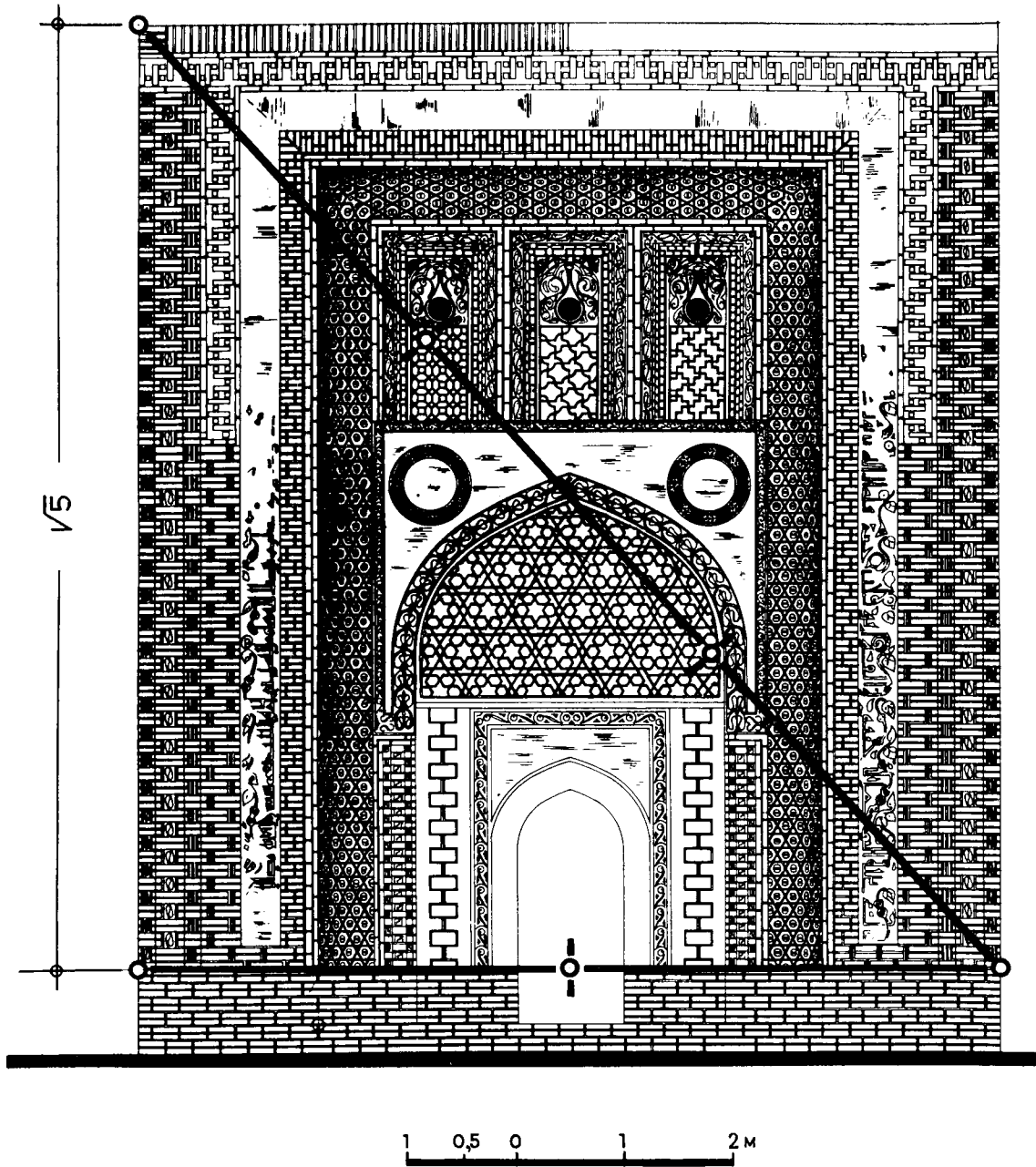


Рис. 49. Мавзолей Араб-Ата. Фасад

метры колонн по углам портала равняются 1 гязу, а диаметры трехчетвертных малых колонн — $\frac{1}{2}$ гяза.

В тимпанах арки имеются два одинаковых картуша в виде концентрических кругов, которые построены на соотношениях стороны и диагонали квадрата.

Исследования мавзолея Араб-Ата позволяют сделать вывод, что в приемах определения его соразмерностей много общего с приемами построения архитектурной формы мавзолея Саманидов: подкупольный квадрат и его производные служили параметрами в установлении основных размеров сооружения; геометрический прием построения архитектурной формы сочетался с арифметическими методами исчисления размеров; зодчие с успехом пользовались квадратно-модульной сеткой с ячейкой, равной единице меры длины — 1 гязу. При проектировании зодчий, очевидно, оперировал линейкой, прямоугольными треугольниками как в 45° , так и в 30 и 60° и циркулем. Перенесение проекта в натуру, очевидно, выполнялось геометрическим построением при помощи шнура и колышка, но возможно, что натурные размеры вычислялись аналитическим методом или определялись графически на масштабной модульной сетке с ячейкой, равной единице меры длины (гязу) с ее долями.

Новым представляется пропорциональный строй, выраженный геометрическими подобиями плоскостей с отношением сторон $1 : \sqrt{3}$, а также появление прямоугольника с отношением сторон $2 : \sqrt{5}$.

Непременные факты, обнаруженные в процессе исследования, позволяют утверждать, что мавзолей Араб-Ата построен по заранее разработанному проекту, пропорции его определялись сознательно с учетом необходимости геометрической гармонизации. Все это характеризует эстетическое мировоззрение зодчих и уровень строительного искусства эпохи.

Мавзолей Бабаджа-хатын (XI в.)

Мавзолей Бабаджа-хатын⁷, один из наиболее древних памятников архитектуры, сохранившийся на территории Казахстана (с. Головачевка, близ г. Джамбул), датируется концом X и началом XI в., т. е. он моложе мавзолея Саманидов на целое столетие. Посвященные ему публикации [30; 36; 43; 44; 199; 309] не отличаются полнотой исследования памятника, тем не менее позволяют провести графические анализы для установления соразмерностей хотя бы плана сооружения.

Мавзолей имеет центрическую композицию

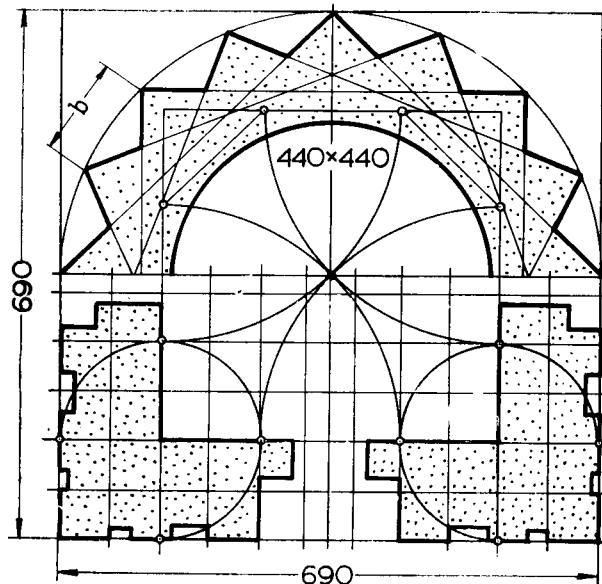


Рис. 50. Мавзолей Бабаджа-хатын в Казахстане (X в.). План

с малоразвитым порталом и отражает переходный этап в сложении типологии мавзолеевых сооружений. Очевидно, этим можно объяснить его «трехфасадность», т. е. архитектурно выявлены главный и два боковых фасада. Задний фасад глухой и не имеет архитектурных членений, главный приподнят устройством парапета, заполненного эпитафическим орнаментом. По оси композиции — слегка заглубленная входная арка полуциркульного очертания, по бокам ее — также полуциркульные ниши, над нишами — круглые картуши. Композиция усилена прямоугольной рамой кирпичной кладки.

Кубовидный объем мавзолея завершается невысоким ребристым барабаном, переходящим в конический, ребристый же купол.

Подкупольный квадрат — 440×440 см, или 7×7 гязов (при гязе, равном 63 см). Такому квадрату соответствует диагональ в 10 гязов (рис. 50).

Толщина стен мавзолея соразмерна разности стороны и полудиagonали квадрата

$$a - \frac{a\sqrt{2}}{2}, \text{ или } 7 - 5 = 2 \text{ гязам.}$$

Ширина входной ниши соразмерна разности диагонали и стороны квадрата

$$a\sqrt{2} - a, \text{ или } 10 - 7 = 3 \text{ гязам.}$$

Ширина фасадов соразмерна

$$a + 2\left(a - \frac{a\sqrt{2}}{2}\right), \text{ или } 440 + 2\left(440 - \frac{440\sqrt{2}}{2}\right) = 700 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 690 см; погрешность — 10 см.

То же в исчислении древних зодчих: $7 + 2(7 - 5) = 11$ гязов, или $63 \times 11 = 693$ см; расхождение — на 3 см.

Композиция плана барабана с шестнадцатью ребрами сводилась к построению четырех квадратов, углы которых являлись гранями ребер, и к делению круга (диаметр его равен стороне внешнего квадрата) на 16 частей, что могло быть выполнено как графическим, так и аналитическим методом.

В архитектуре интерьера зодчий отказался от традиционных приемов устройства четверика и восьмерика, как это было в мавзолее Саманидов. На высоте, соразмерной

$$a - \frac{a\sqrt{2}}{2},$$

на стенах помещения выступают пяты стрельчатых сомкнутых угловых парусов, которые на высоте

$$\left(a - \frac{a\sqrt{2}}{2}\right) + \frac{a}{2}$$

создают правильный восьмигранник. Здесь доминируют вертикальные архитектурные членения, чем подчеркивается стройность пропорций.

Из анализа построения плана мавзолея Бабджа-хатын следует вывод, что размеры частей и целого сооружения определены не случайно, они обусловлены традиционными геометрическими приемами построения архитектурной формы. Измерителями здесь выступают подкупольный квадрат и его производные — сторона и диагональ; план здания, очевидно, вычерчивался на масштабной, модульной сетке (с ячейкой, равной 1 гязу), происходила модульная координация иррациональных величин.

Мавзолей Айша-Биби (XI—XII вв.)

Мавзолей Айша-Биби, датируемый XI—XII вв., дошел до нас со значительными утратами. При ближайшем рассмотрении остатков памятника убеждаемся, что он был одним из выдающихся произведений среднеазиатского зодчества, и не случайно многие исследователи останавливают свое внимание на его архитектуре [36; 37; 43; 119; 184; 309].

Композиция мавзолея Айша-Биби (рис. 51 и 52) — центрическая беспортальная, архитектурная трактовка всех фасадов мавзолея идентична; по осям фасадов — проемы, перекрытые стрельчатыми арками клинчатой кладки, которые «поддерживаются» трехчетвертными колоннами; на уровне пят арок — горизонтальный импост; над арочными проемами — прямоугольное обрамление тимпана. Во всем этом видно значительное сходство с мавзолеем Сама-

нидов (IX в.). Но имеются и существенные различия: если в мавзолее Саманидов массивные колонны по углам здания вкомпонованы в тело стены, то в мавзолее Айша-Биби они выступают и имеют характерный для древних среднеазиатских деревянных колонн утоняющийся сверху профиль (колонн) с энтазисом, капитель вытянутой формы с уширением вверх, переход ствола к капители, отмеченный валиком.

Если в мавзолее Саманидов здание было облицовано строительным кирпичом, многообразным сочетанием которого достигалась исключительная по красоте кирпичная фактура, то облицовка мавзолея Айша-Биби — штампованная и частично резная терракота.

Исходным параметром для определения соразмерностей мавзолея Айша-Биби также следует принять квадрат помещения размером 7×7 гязов (при гязе, равном 64,5 см), или 452×452 см при диагонали

$$452\sqrt{2} = 637 \text{ см}^8.$$

Толщина стен мавзолея соразмерна одной четвертой диагонали исходного квадрата, теоретически —

$$\frac{637}{4} = 159,$$

в натуре — 162 см.

Сторона квадратного плана по наружному периметру соразмерна стороне исходного квадрата плюс его полудиagonalь, т. е.

$$452 + \frac{452\sqrt{2}}{2} = 770 \text{ см},$$

фактически — 772 см.

Для определения соразмерностей архитектурных членений объема здания в целом и его фасадов строитель мавзолея Айша-Биби, так же как и зодчий мавзолея Саманидов, пользуется производными наружного квадрата плана. Сторона наружного квадрата без выступающих угловых колонн равняется 772 см. Такому квадрату соответствуют диагональ 1088 см, полудиagonalь 544 см, четверть диагонали 272 см.

Ширина входной ниши по оси фасадов, включая толщину двух колонн, соразмерна стороне квадрата минус полудиagonalь, т. е.

$$772 - \frac{772\sqrt{2}}{2} = 228 \text{ см},$$

а в натуре — 230 см.

Ширина проемов по оси фасада соразмерна одной четвертой стороны подкупольного квадрата и равняется 113 см, а диаметры трехчетвертных колонн, «поддерживающих» арку, соответствуют полугязу.

Высота горизонтального импоста от уровня отмоксти соразмерна половине стороны наружного квадрата и соответствует 387 см, фактически — 380 см, при погрешности в 7 см.

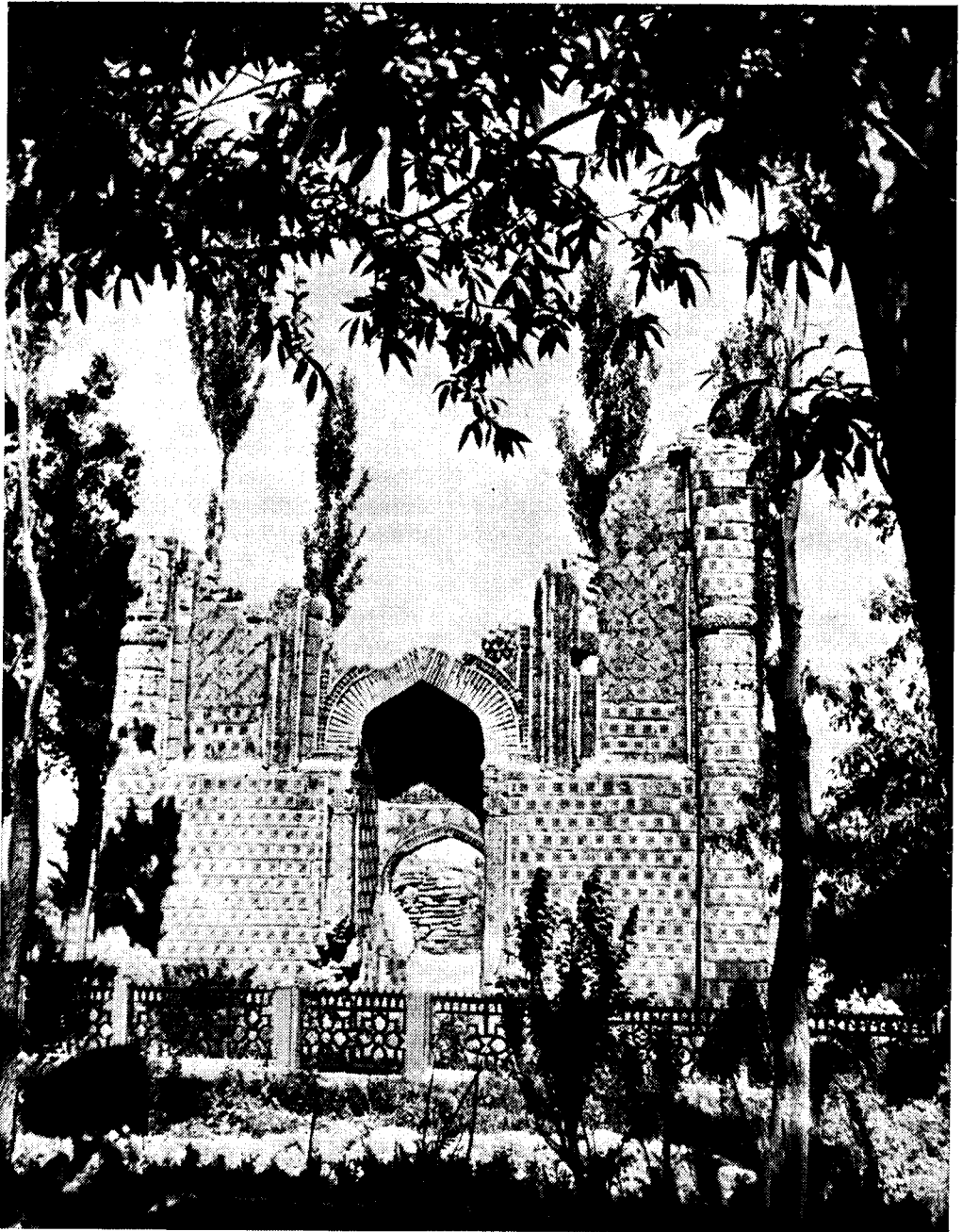


Рис. 51. Мавзолей Айша-Биби в Казахстане (XI—XII вв.).
Общий вид

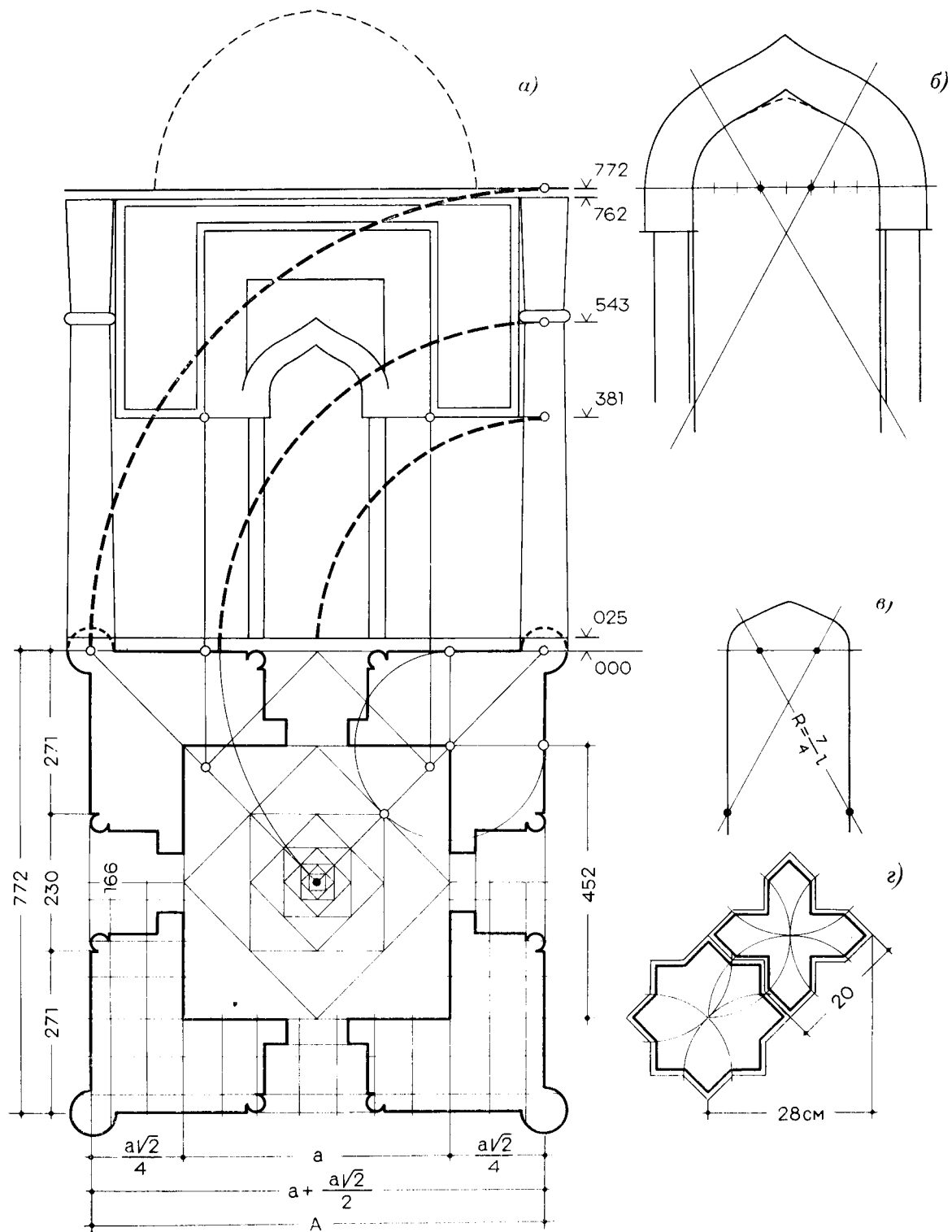


Рис. 52. Мавзолей Айша-Биби. План и фасад

Высота ствола угловых колонн до капители соразмерна полудиagonали паружного квадрата — теоретически 544 см, фактически 543 см, т. е. полное совпадение.

Общая ширина прямоугольного тимпана соразмерна половине стороны внешнего квадрата — теоретически 386 см, фактически 380 см, т. е. с расхождением на 6 см.

В мавзолее Айша-Биби сохранились две арки, имеющие различные очертания кривых. Анализ их построения дается на рис. 52. В первом случае (б) — арка с двумя реальными и двумя мнимыми центрами. Малые радиусы (r) соответствуют $\frac{3}{8}$ пролета арки, а большие радиусы (R) $\frac{13}{8}$ пролета, однако зодчий ими не воспользовался, так как кривая в верхней части арки была заменена прямыми вставками под углом 30° к горизонту.

Вторая арка (в) — четырехцентровая с малыми радиусами, равными $\frac{1}{4}$ пролета арки, и большими радиусами в $\frac{7}{4}$ пролета арки.

Исследование соразмерностей мавзолея Айша-Биби позволяет утверждать, что наряду с использованием гяза в качестве меры длины зодчие с успехом применяли для измерения метод последовательного деления пополам стороны и диагонали квадрата или пролета арки, как это происходило при строительстве мавзолея Саманидов. Этот прием построения форм прослеживается в соразмерностях элементов и архитектурных членений сооружения от больших до самых малых величин, включая и модуляцию керамической облицовки. Характерные размеры величин элементов мавзолея Айша-Биби укладываются в геометрическую прогрессию со знаменателем $\frac{1}{\sqrt{2}}$ (табл. 1).

необходимостью заблаговременного изготовления керамической облицовки, обеспечения равновесия и устойчивости сооружения, но и соображениями художественного порядка — достижения пропорционального строя сооружения.

Зодчий мавзолея Айша-Биби, очевидно, был незаурядным мастером своего времени. Зная сложившуюся к тому времени в Средней Азии строительную практику, он вводил новые приемы и решения, что позволило ему создать неповторимый архитектурный образ.

Караван-сарай Дая-хатын (XI в.)

Руины караван-сарая Дая-хатын изучались А. М. Прибытковой и Г. А. Пугаченковой [229, с. 92 и сл.; 230, с. 39—64; 233, с. 230—241]. Их обмерные данные несколько расходятся, тем не менее они дают возможность проанализировать соразмерности этого весьма интересного архитектурного объекта, датированного А. М. Прибытковой XI в., Г. А. Пугаченковой — XII в.

Караван-сарай Дая-хатын — квадратный в плане (53×53 м), с обширным двором размером 29×29 м. Двор окружен аркатурой, за которой расположены помещения караван-сарая различного назначения (рис. 53). Здание имело угловые башни, ось композиции была подчеркнута небольшим входным порталом.

Исходным параметром для определения соразмерностей плана караван-сарая был квадрат двора.

Ширина застройки корпусов вокруг двора соразмерна разности диагонали и стороны квадрата, т. е.

$$a(\sqrt{2}-1) = 29\sqrt{2}-29 = 12 \text{ м.}$$

Сторона А квадратного плана караван-сарая

Таблица 1

Геометрическая прогрессия
со знаменателем $\frac{1}{\sqrt{2}}$ и ее выражение в см и гязах

Выражение пропорции	$a\sqrt{2}$	a	$\frac{a\sqrt{2}}{2}$	$\frac{a}{2}$	$\frac{a\sqrt{2}}{4}$	$\frac{a}{4}$	$\frac{a\sqrt{2}}{8}$	$\frac{a}{8}$	$\frac{a\sqrt{2}}{16}$	$\frac{a}{16}$	$\frac{a\sqrt{2}}{32}$	$\frac{a}{32}$
В см	637	452	319	226	159	113	80	56	40	28	20	14
В гязах	10	7	5	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{32}$

Анализ соразмерностей мавзолея Айша-Биби не оставляет сомнений в том, что возведению его предшествовало создание проекта, который был вызван к жизни не только условиями производства и организации строительных работ,

соразмерна стороне квадрата двора плюс удвоенная разность диагонали и стороны квадрата, т. е.

$$a(2\sqrt{2}-1) = 29 \times 1,828 = 53,012 \text{ м.}$$

Ширина проходов по оси композиции сораз-

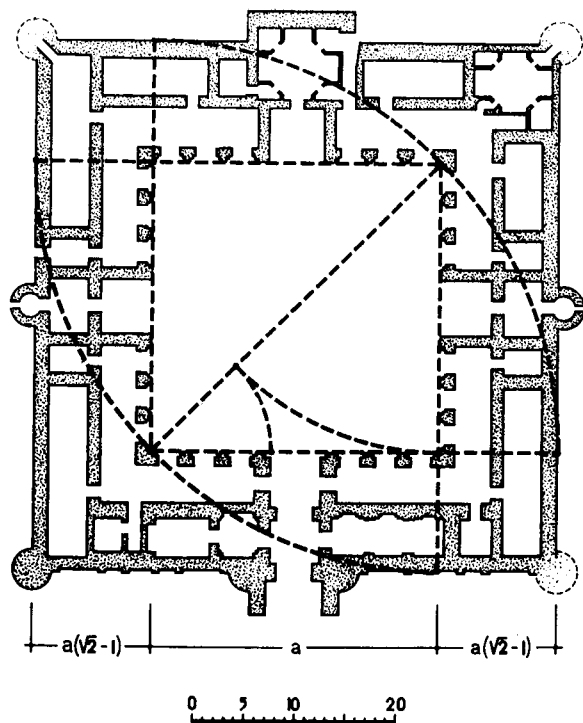


Рис. 53. Караван-сарай Дая-хатын в Туркмении (XI в.). План. Анализ построения

мерна стороне квадрата двора минус удвоенная разность диагонали и стороны квадрата:

$a [1 - 2(\sqrt{2} - 1)] = 29(1 - 0,828) = 5,28$ м, что соответствует натуре.

Графическое построение формы плана простое и в какой-то степени переключается с построением геометрического орнамента, распространенного в Средней Азии.

Мавзолей Абу-л-Фазла в Серахсе (XI в.)

Мавзолей в Серахсе представлен «полукубом» с выступающим вперед порталом, открытым куполом. Архитектурные формы его отражают те значительные сдвиги, которые произошли в искусстве зодчих со времен строительства мавзолея Саманидов. Однако в композиции мавзолея есть пережиточные формы, в частности обходной коридор в теле стены на уровне яруса парусов, давно уже потерявший свое функциональное назначение.

Опуская подробное описание памятника, которому посвящены специальные исследования [230; 233], перейдем к рассмотрению соотношений сооружения.

Размеры подкупольного квадрата — 1020×1020 см, или 18×18 гязов, при гязе, равном 56,7 см. На уровне яруса тропов в

квадрат вписан двенадцатигранник, причем угловые паруса образуют две грани двенадцатигранника, дающие излом арки в углу двенадцатигранника. Возникает вопрос: как был построен двенадцатигранник, вписанный в квадрат? Очевидно, эта задача при проектировании мавзолея на бумаге была решена следующим образом: через центр построенного квадрата угольником в 30° и 60° были проведены линии до пересечения со сторонами квадрата в точках 1—8. Далее тем же угольником от точек 1—8 были проведены линии, образующие стороны вписанного в квадрат двенадцатигранника. Все это очень просто на бумаге. А как же решалась та же задача при перенесении проекта в натуре?

Уровень математики в Средней Азии в XI в. позволял не только графически построить вписанный в квадрат двенадцатигранник, но и определить его параметры аналитическим методом, который, очевидно, сводился к решению треугольников, образующихся при построении вписанного в квадрат двенадцатигранника.

Ведущие зодчие XI в. в Средней Азии, будучи хорошими математиками своего времени, знали, что сторона двенадцатигранника, вписанного в квадрат, равняется $a(2 - \sqrt{3})$, следовательно, сторона двенадцатигранника яруса тропов мавзолея в Серахсе могла быть исчислена с некоторыми погрешностями равной $4\frac{5}{8}$ гяза, при $a = 18$ гязам.

Как будет видно из дальнейшего рассмотрения соотношений мавзолея в Серахсе (рис. 54), в нем для построения архитектурной формы были использованы не только производные квадрата и равнобедренного треугольника, известные по мавзолеям Саманидов и Араб-Ата, но и сторона двенадцатигранника. Так, толщина стен четверика соразмерна стороне двенадцатигранника в $4\frac{5}{8}$ гязя. Ширина корпуса теоретически равна $4\frac{5}{8} + 18 + 4\frac{5}{8} = 27,25$ гязя, или 1545 см, а фактически — 1540 см [233, с. 276].

Толщина порталной стены соразмерна половине стороны подкупольного квадрата, ширина пристенных ниш четверика — стороне двенадцатигранника, глубина этих ниш — стороне двенадцатигранника, деленной на $\sqrt{3}$, высота четверика в интерьере от уровня древнего пола — стороне двенадцатигранника, помноженной на $\sqrt{3}$. Общая высота четверика и двенадцатигранника яруса тропов соразмерна величине $\frac{a\sqrt{3}}{2}$, а высота от обреза четверика до начала кривой купола — половине стороны квадрата.

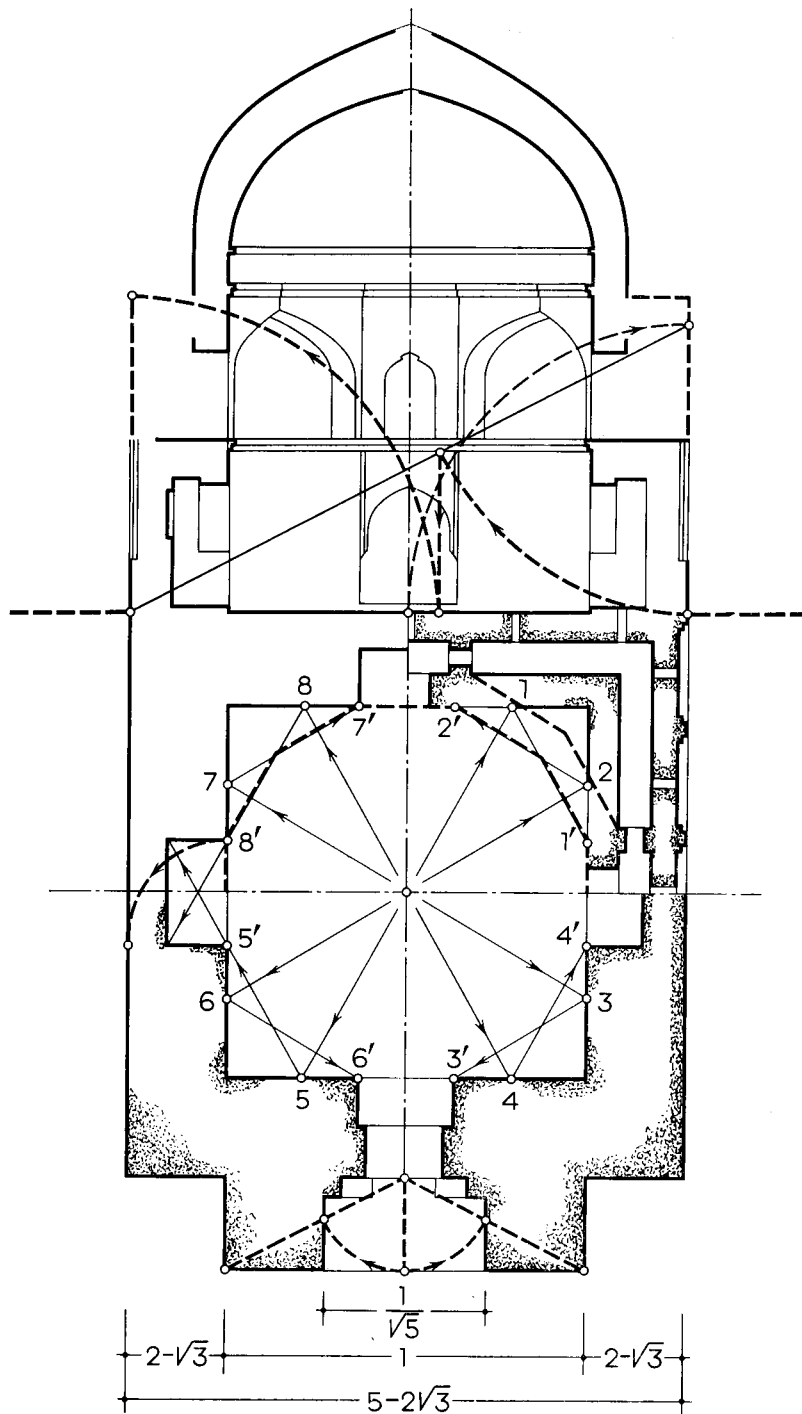


Рис. 54. Мавзолей Абу-л-Фазла в Серахсе (XI в.). План и разрез.
Анализ построения

Мавзолей Абу Саида в Меане (XI в.)

В свете рассмотренных выше построек архитектурной формы мавзолея в Серахсе исключительный интерес представляют близ-

кие ему как по времени возведения, так и по приемам определения соразмерностей мавзолея: один — в Меане, другой — в Тусе. Первому из них, мавзолею Абу Саида в Меане, посвящены за последние годы исследования

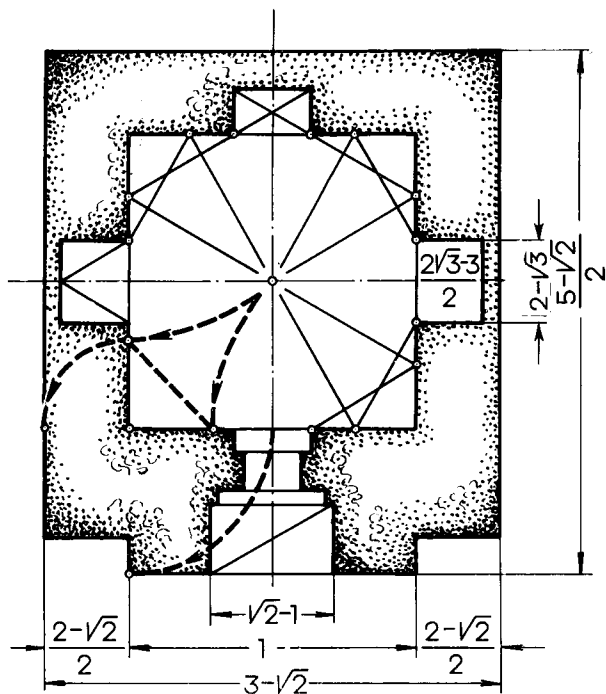


Рис. 55. Мавзолей Абу Саида в Меане (XI в.). План. Анализ построения

А. М. Прибытковой [230, с. 28—36] и Г. А. Пугаченковой [233, с. 217—284]. Опубликованные ими обмерные материалы разноречивы, тем не менее удалось проследить некоторую закономерность в построении как плана, так и членений интерьера (рис. 55).

В интерьере мавзолея Абу Саида наличествует трехчастное и шестичастное членение. Надо полагать, что сторона подкупольного квадрата (1030 см) была кратна этим цифрам и выражена 18 гязами при гязе, равном 57,2 см.

Основные членения сооружения соразмерны производным как квадрата, так и равностороннего треугольника.

Толщина задней и боковых стен мавзолея соразмерна разности стороны и полудиagonали подкупольного квадрата. При стороне квадрата, равной единице, имеем:

$$1 - \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

Толщина передней стены соразмерна разности диагонали и стороны квадрата, т. е. $\sqrt{2}-1$.

Ширина ниш четверика соразмерна стороне двенадцатигранника, вписанного в подкупольный квадрат, т. е.

$$(2 - \sqrt{3}).$$

Толщина порталной стены соразмерна половине стороны подкупольного квадрата, глу-

бина ниши в боковых стенах четверика — половине стороны двенадцатигранника, помноженной на $\sqrt{3}$, т. е.

$$\frac{2\sqrt{3}-3}{2},$$

а глубина ниши в задней стене четверика — стороне двенадцатигранника, деленной на $\sqrt{3}$, т. е.

$$\frac{2}{\sqrt{3}} - 1.$$

Мавзолей в Тусе (XII в.)

Мавзолей в Тусе (рис. 56) сходен по построению архитектурных форм с мавзолеем в Серахсе и в Меане.

Толщина боковых его стен соразмерна разности стороны и полудиagonали квадрата

$$a - \frac{a\sqrt{2}}{2},$$

толщина передней стены — половине стороны

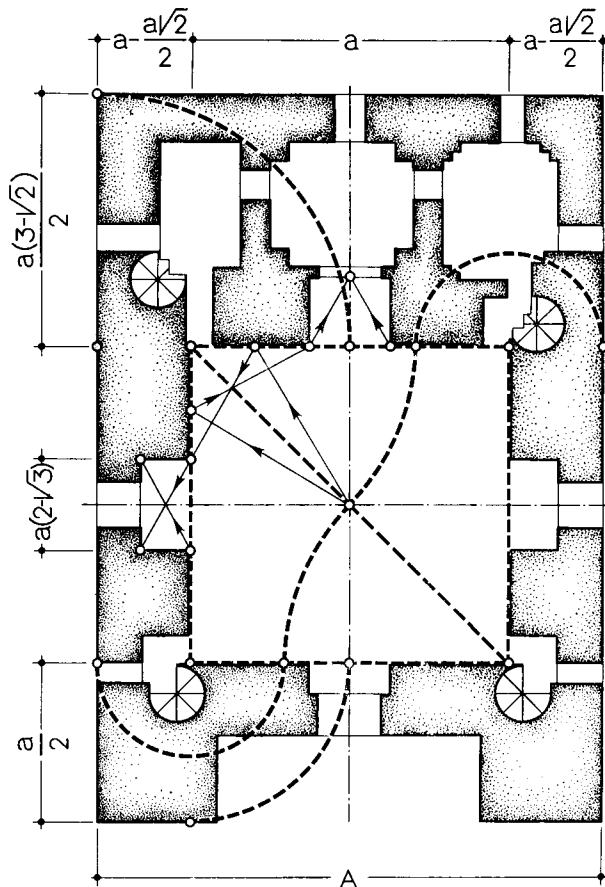


Рис. 56. Мавзолей в Тусе (XII в.). План. Анализ построения

квадрата. Развитие композиции плана вглубь на $a(3 - \sqrt{2})$. Ширина ниш четверика соответствует стороне двенадцатигранника, вписанного в подкупольный квадрат $a(2 - \sqrt{3})$. Глубина боковых ниш четверика соразмерна стороне двенадцатигранника, деленной на $\sqrt{3}$, глубина ниши задней стены четверика — половине стороны двенадцатигранника, помноженной на $\sqrt{3}$.

Мавзолей Чугундор-баба (XI—XII вв.)

На территории средневекового города Куфен в Южном Туркменистане сохранились руины мавзолея Чугундор-баба. Он представляет собой «полукуб», переходящий в невысокий восьмерик, перекрытый восьмигранным шатром. Памятник был предметом исследования и

получил отражение в научной литературе [14]. Благодаря хорошим обмерам инженера С. Складовского и их публикации имеется возможность выполнить анализы соразмерностей этого весьма интересного архитектурного памятника, однако без рассмотрения соразмерностей полуразрушенного входного портала.

Тектоническая структура мавзолея хорошо читается в интерьере (рис. 57). Это четверик, восьмерик и опрокинутая чаша купола. Примечательно, что этот тектонический строй выявлен и в композиции объемов.

Сторона (a) квадратного помещения мавзолея — 650 см. Сторона (A) квадрата по внешнему периметру соразмерна диагонали подкупольного квадрата, т. е.

$$A = a\sqrt{2} = 650 \times 1,4 = 910 \text{ см.}$$

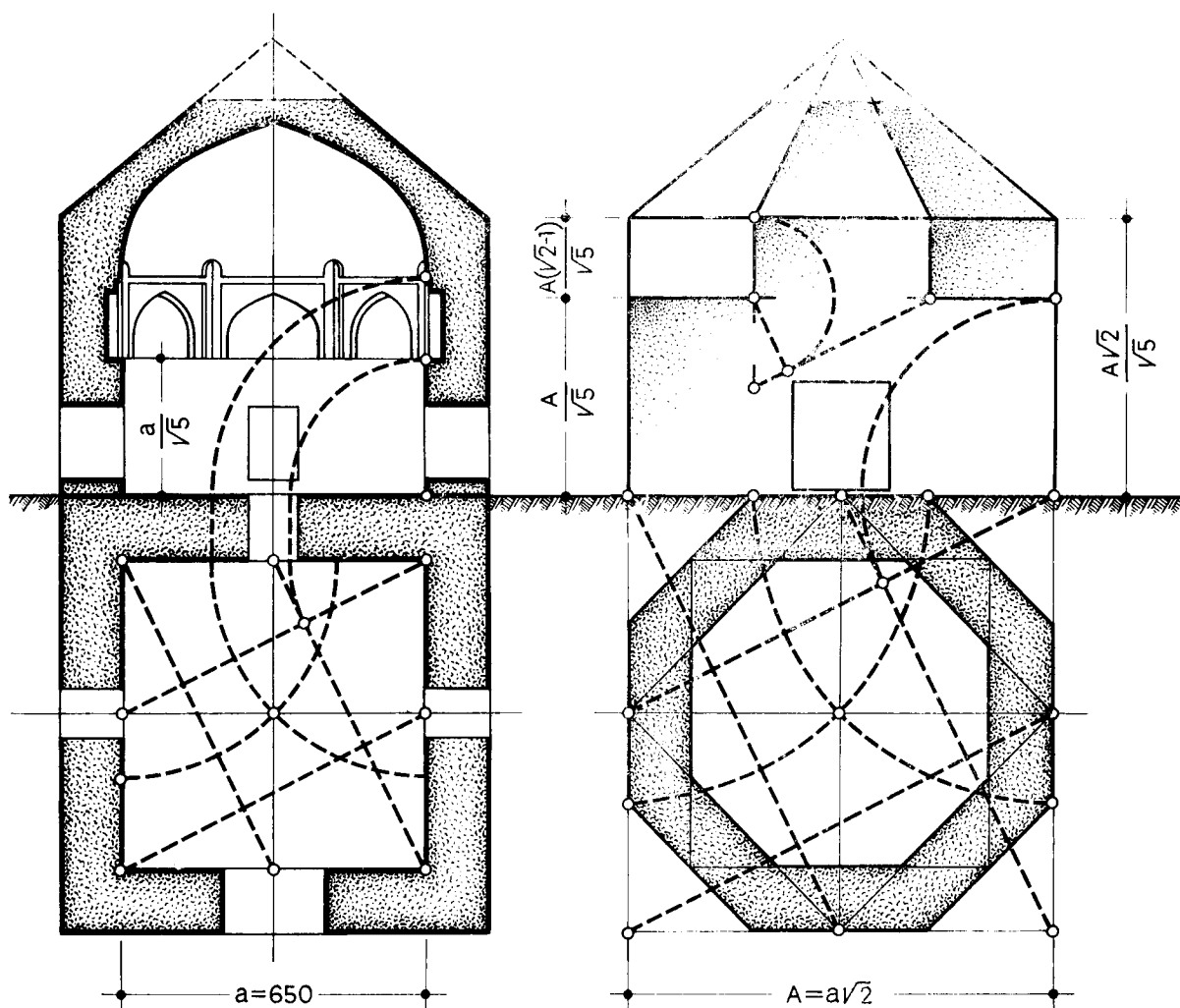


Рис. 57. Мавзолей Чугундор-баба в Туркмении (XI—XII вв.). План, фасад, разрез. Анализ построения

Натурные размеры, замеренные с трех сторон, — 945, 920, 863 см; среднеарифметическая величина — 909 см.

Высота «полукуба» соразмерна $\frac{A}{\sqrt{5}}$. Проверка дает следующие результаты: $910 \times 0,447 = 407$ см; в натуре — 403 см; погрешность — 4 см. Высота восьмигранной призмы соразмерна

$$\frac{A(\sqrt{2}-1)}{\sqrt{5}}.$$

Проверка показывает: $389 \times 0,447 = 174$ см, в натуре — 176 см; погрешность — 2 см. Общая высота здания без шатра покрытия — $\frac{A\sqrt{2}}{\sqrt{5}}$.

Высота четверика в интерьере соразмерна $\frac{a}{\sqrt{5}}$. Проверкой устанавливается: $650 \times 0,447 = 291$ см, в натуре — 300 см; погреш-

ность — 9 см. Общая высота четверика и восьмерика в интерьере — $\frac{a\sqrt{2}}{2}$. Следовательно, высота яруса тропов равна

$$\frac{a\sqrt{2}}{2} - \frac{a}{\sqrt{5}} = \frac{a(\sqrt{10}-2)}{2\sqrt{5}}.$$

Гармонизация архитектурной формы мавзолея Чугундор-баба достигается искусными геометрическими приемами и подобием фигур. Плоскости граней четверика в интерьере, «полукуба» и восьмигранной призмы подобны и выражены прямоугольниками $1 : \sqrt{5}$.

Крепость Дэу-кала (XII в.)

Крепость Дэу-кала (рис. 58), руины которой находятся среди песков пустыни Кызылкум, некогда форпост военной экспансии Хо-

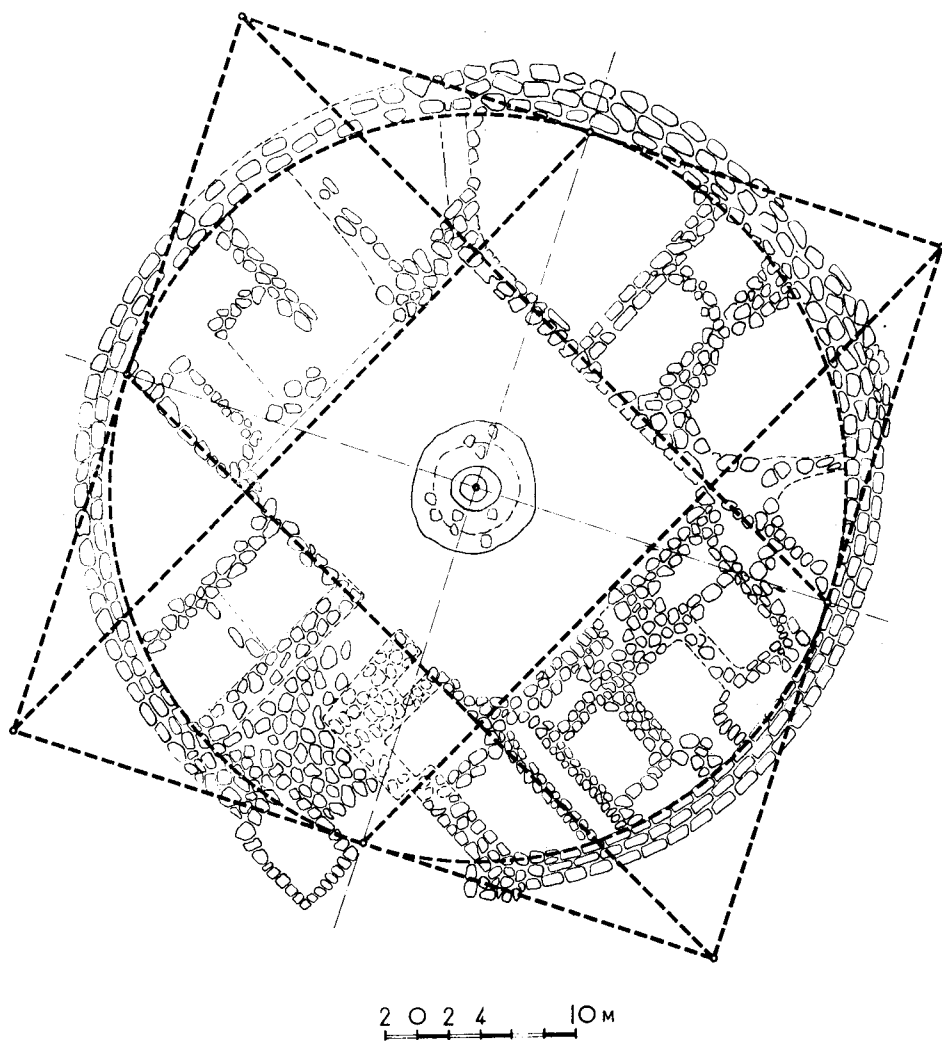


Рис. 58. Крепость Дэу-кала в Хорезме (XII в.). План. Анализ построения

реза против Центрального и Западного Хорасана, обследована Хорезмийской археологической экспедицией [171, с. 87—89; 268, с. 166].

Крепость представляла небольшое цилиндрическое сооружение (диаметр — 51,5 м), возведенное из крупных плит тесаного камня размером до $96 \times 53 \times 16$ см. Толщина стен — до 2 м. Внутри крепости квадратный двор с колодцем в центре.

Не затрагивая проблемы типологии средневековых крепостей, укажем лишь на известную оригинальность композиции крепости: круг стен снаружи, квадрат двора внутри.

Задачу геометрического построения такой композиции зодчий решает, прибегая, видимо, к трактату Абу-л-Вафа Бузджани о том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений, ибо анализ соразмерностей сооружения позволяет констатировать: если сторону квадратного плана двора принять за единицу, то диаметр круга цилиндра по внутреннему абрису равен $\sqrt{5}$. Из центра (место колодца) радиусом, равным $\frac{\sqrt{5}}{2}$, очерчена круговая линия крепостной стены.

Башня Кабуса (1006—1007 гг.)

Башня Кабуса, построенная как мавзолей при жизни Кабуса ибн Вахимгира (правил с 976 по 1012 г.), начиная с конца прошлого столетия привлекает внимание ученых-ориенталистов. Этому памятнику посвящен целый ряд специальных исследований и описаний. В. В. Бартольд считал, что лучшее описание памятника принадлежит И. Т. Пославскому [31; 184, с. 184—190; 340, с. 931].

Здание построено из жженого кирпича хорошего обжига и представляет пологий, чуть сужающийся кверху цилиндр с десятью выступающими гранеными ребрами; завершается оно карнизом, соответствующим ребрам; открыто коническим шатром. Здание стоит на развитом круглом цоколе, возвышается на 51,0 м над искусственным холмом, причем подземная часть сооружения — более 10 м.

На здании и в интерьере отсутствуют декоративные элементы, если не считать кufической надписи с именем строителя и датой возведения сооружения, помещенной над входом.

Геометризованная архитектурная форма башни Кабуса пластична и во всякое время суток производит чарующее впечатление.

Обмерные данные А. Годара, исследовавшего башню Кабуса, и И. Т. Пославского совпадают. Они легли в основу анализа соразмерностей башни Кабуса, приводимого ниже.

М 1:50
0 200 400 600 800 1000 см

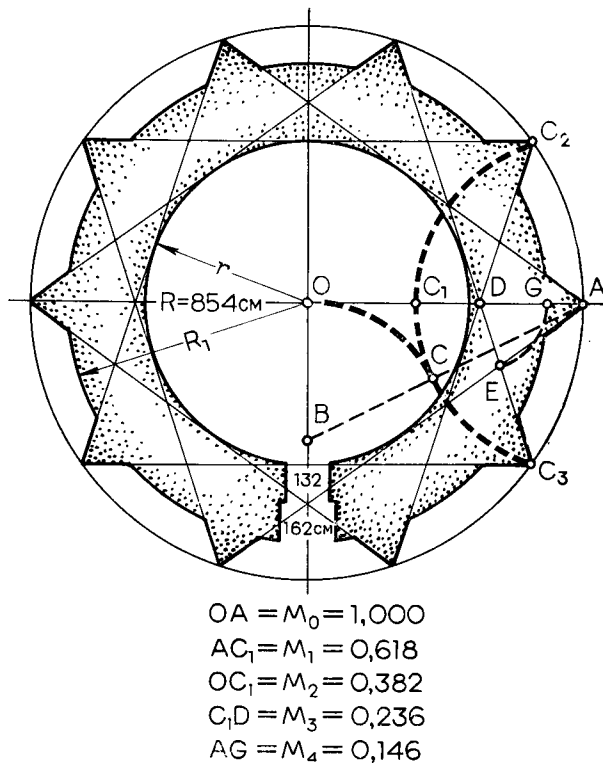


Рис. 59. Башня Кабуса вблизи развалин г. Джурджана (1006—1007 гг.). План. Анализ построения

Круглый план башни (рис. 59 и 60) с десятью ровно расставленными по кругу двугранными ребрами имеет следующие размеры (в см):

Радиус (R) окружности по обрезу цоколя	854
Радиус (R_1) внешнего обвода стен без ребер	782
Радиус круглого помещения (r)	494—497
Ширина входной ниши	160
Ширина дверного проема	132
Толщина стены без ребер	238
Выступ ребер	122
Общая высота башни, включая конический шатер	5100

В основе плана башни геометрическое построение: в круг вписан десятиугольник, углы которого через два соединены прямыми линиями. При этом образовался малый десятиугольник, в который вписан круг, соответствующий контуру помещения башни. Такой чертеж в руках зодчего определял все соразмерности частей и целого сооружения.

Сказанное подтверждается анализом соразмерностей плана башни, совпадением теоре-

тических данных с натурными размерами сооружения.

При окружности с радиусом (R), равным у обреза цоколя 854 см, сторона вписанного десятиугольника

$$a_{10} = 0,618 \times 854 = 527,6 \text{ см};$$

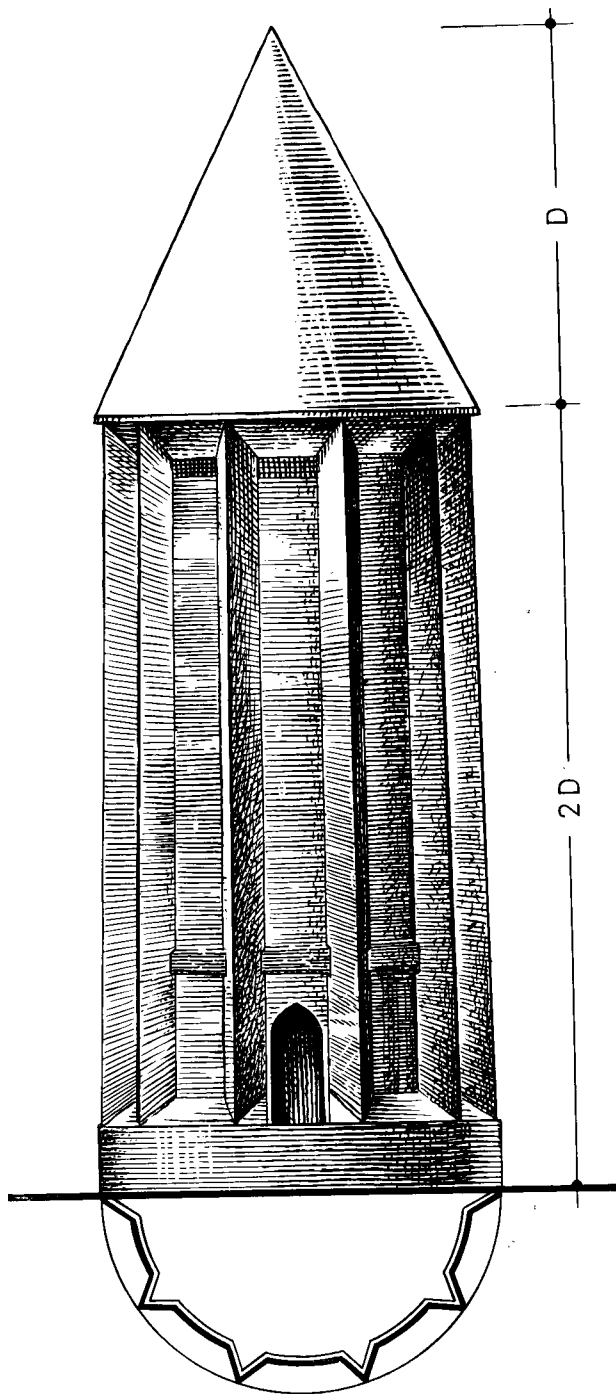


Рис. 60. Башня Кабуса. Схема фасада

радиус (r) окружности, вписанной в малый десятиугольник, или апогема, равная 502 см.

Натурные размеры — 494 — 497 см; расхождение — 5—8 см. Выступ ребер $AG = AD - DG$, или четвертому члену убывающей прогрессии со знаменателем $\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

при $R = M_0 = 1,000$, $M_1 = 0,618$, $M_2 = 0,382$, $M_3 = 0,236$, $M_4 = 0,146$. $AG = 0,146 \times 854 = 124,6$ см. Натурные размеры — 122 см; расхождение — 2,6 см. Толщина стены (без ребер) равна $R - (r + AG) = 854 - (494 + 122) = 238$ см.

Как было подмечено А. Годаром, вся высота башни, включая и конический шатер, соответствует трем диаметрам, т. е.

$$H = 3D = 3 \times 1708 = 5124 \text{ см.}$$

Высота (h) без шатра $2D$, тогда длина образующей конуса (рис. 60)

$$\frac{D\sqrt{5}}{2}.$$

Из приведенного анализа становится очевидной ошибочность утверждения А. Годара о том, что формы выступающих ребер башни Кабуса получились как результат вписанных в окружность пяти квадратов.

Круглый мавзолей в Мараге (1167—1168 гг.)

Датированный строительной надписью так называемый круглый мавзолей в Мараге (Южный Азербайджан) сохранился в руинах. Тем не менее он детально исследован архитектуроведчески [60, с. 155; 65, с. 75; 270, с. 93]. Он относится к типу башенных мавзолеев с подземным склепом. Стоит мавзолей на каменном цоколе; выложен из плиточного хорошо обожженного кирпича.

Примечательно, что в интерьере он — десятигранная полая призма. Соразмерности элементов плана сооружения связаны с производными десятиугольника (рис. 61).

Рабочий метод построения плана на уровне отметки пола помещения представляется в следующем виде: в окружность радиусом r был вписан десятиугольник. При этом сторона его

$$a_{10} = \frac{r(\sqrt{5}-1)}{2} = 0,618r;$$

толщина стены мавзолея

$$b = \frac{r(3-\sqrt{5})}{2} = 0,382r;$$

диаметр внешнего круга плана мавзолея

$$D_{\text{внш.}} = r(5-\sqrt{5}) = 2,764r;$$

ширина прямоугольного входного портала соразмерна радиусу круга

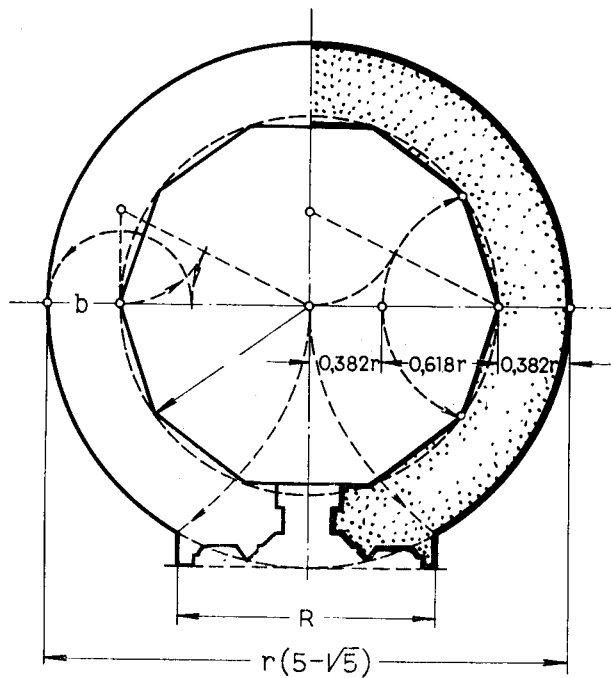


Рис. 61. Круглая усыпальница в Мараге (1167—1168 гг.).
План. Анализ построения

$$R = \frac{r(5 - \sqrt{5})}{2} = 1,382r.$$

Все эти соразмерности обусловлены геометрическими построениями, что хорошо видно на аналитическом чертеже (рис. 61).

Мавзолей Момине-хатун в Нахичевани (1186 г.)

Мавзолей Момине-хатун, творение зодчего Аджеми ибн Абубекра ан-Нахичевани, принадлежит к типу башенных мавзолеев Азербайджана [60, с. 105—108; 270, с. 87—90]. Представляет собою десятигранную призму с круглым помещением внутри, перекрытым сфероконическим внутренним куполом и несохранившимся десятигранным шатром. Грани, имеющие тонкую изящную профилировку в сочетании с геометрическим орнаментом, завершаются фризом с кораническими надписями и сталактитовым карнизом, который больше чем наполовину не сохранился.

В подземной части мавзолея расположен склеп — в плане десятиугольник. Перекрытие склепа оригинальной конструкции — со столбом в центре десятигранника.

Пропорции частей и целого сооружения во всех трех измерениях извлечены из десятиугольного плана (рис. 62).

Полудиагональ десятиугольника, или радиуса (R) описанной окружности, поделена в среднем и крайнем отношении, при этом боль-

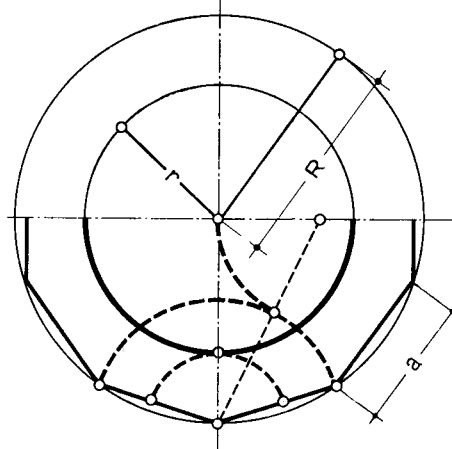
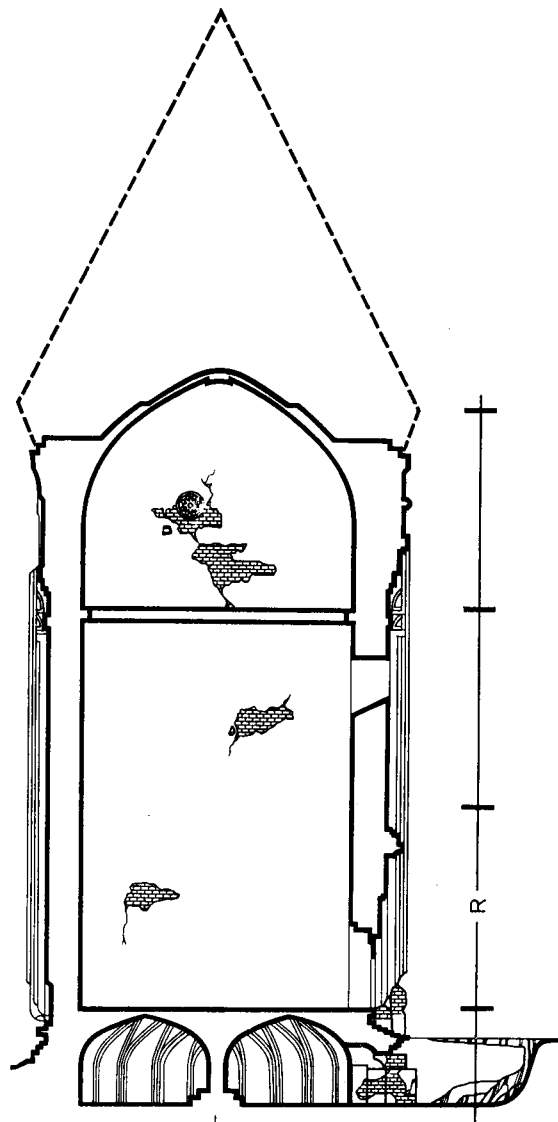


Рис. 62. Мавзолей Момине-хатун в Азербайджане (1186 г.).
План и разрез

шом отрезок соответствует стороне (a_{10}) десятиугольника, т. е.

$$a_{10} = \frac{R(\sqrt{5}-1)}{2}.$$

Половиной этой величины определена толщина стен мавзолея. Следовательно, радиус (r) круглого помещения соразмерен радиусу (R) описанной окружности без половины большого отрезка, полученного при делении этого радиуса в крайнем и среднем отношении, т. е.

$$r = \frac{R(4-\sqrt{5})}{4}.$$

Высота склепа (от пола до пола) соразмерна половине радиуса $\frac{R}{2}$. Высота десятигранной

призмы от пола верхнего помещения до верха несохранившегося карниза, очевидно, была соразмерна $3R$. В порядке гипотезы можно сказать, что высота шатра могла быть соразмерной $2R$ при основании равнобедренного треугольника шатра в $2R$ и стороне его $R\sqrt{5}$.

Мавзолей Се-Гумбад (1184 г.)

Мавзолей Се-Гумбад на берегу озера Урмия (Южный Азербайджан) выстроен Мемором Абу Мансуром ибн Мусой. Принадлежит к типу башенных усыпальниц, в интерьере — чет-

верик и восьмерик (верхнее строение не сохранилось). Здание построено из жженого кирпича на каменном цоколе, имеет развитой, богато декорированный портал, представляющий П-образные рамы, обрамляющие входной проем [270, с. 93].

Для построения архитектурной формы сооружения послужили производные подкупольного полуквадрата, т. е. деления стороны квадрата в среднем и крайнем отношении. Так, например, диаметр круглой башни соразмерен стороне квадрата плюс два малых отрезка при делении стороны квадрата (a) в среднем и крайнем отношении, что ясно видно на чертеже (рис. 63), т. е.

$$D = a(4-\sqrt{5}).$$

Ширина портала, одинаковая с шириной помещения, включающей глубину пристенных ниш, соразмерна $\frac{a\sqrt{5}}{2}$. Ширина входного проема соразмерна $\sqrt{5}-2$. Ширина простенков соразмерна малому отрезку при делении стороны квадрата (a) в среднем и крайнем отношении.

Мавзолей султана Санджара в Мерве (XII в.)

Исследованию творения зодчего Мухаммада Атсыза — мавзолея Санджара, описанию его руин, вопросам реконструкции его бывшего архитектурного облика (рис. 64) и конструктивным особенностям посвящено большое количество публикаций [38; 39; 70; 133; 230; 233], поэтому остановимся лишь на приемах построения и гармонизации его архитектурных форм (табл. 2).

Таблица 2

Основные размеры конструктивных элементов мавзолея султана Санджара при гизе = 61,9

Элемент	Размер	
	в см	в гязах
Сторона квадрата по наружному периметру плана	2723	44
Сторона квадрата подкупольного помещения	1728	28
Толщина стен четверика	495	8
Пролет больших арок галереи	245	4
Ширина устоев галереи	1809	3
Толщина стен восьмерика	248	4

Определение пропорций сооружения связано с уточнением древних отметок пола помещения и окружения мавзолея.

Уровень XII в., очевидно, был на отметке консольного выступа на внешней стороне стены фундамента, на который опиралась наружная

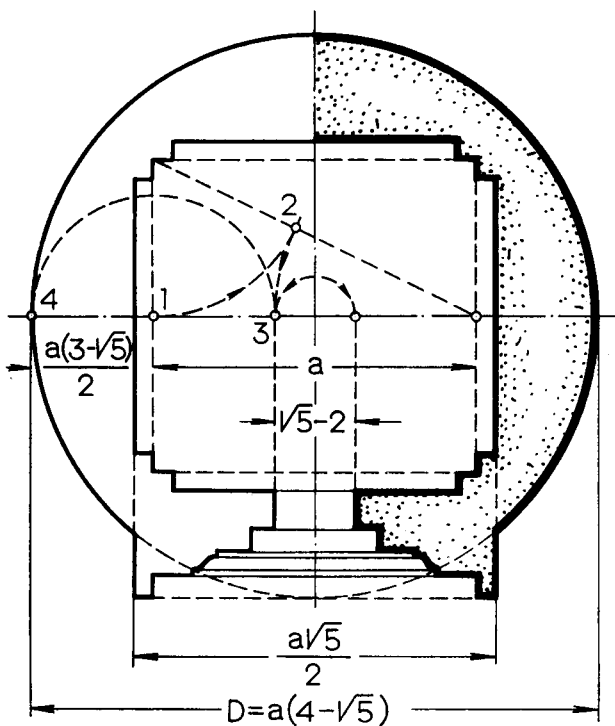


Рис. 63. Мавзолей Се-Гумбад в Азербайджане (1184 г.). План. Анализ построения



Рис. 64. Мавзолей султана Санджара (XII в.). Общий вид

облицовка мавзолея. Эту отметку (—328 см), очевидно, и следует принять за древний уровень⁹.

План мавзолея Санджара, элементы, его составляющие, членения здания по вертикали укладываются в квадратную сетку с ячейкой в 1 гяз, соразмерны производным квадрата, а некоторые соразмерности выражены отношениями «золотого сечения» (рис. 65 и 67)¹⁰.

Толщина стен четверика соответствует разности стороны и полудиагонали подкупольного квадрата $28 - 20 = 8$ гязам.

Ширина ниш четверика соразмерна разности и полудиагонали квадрата, однако она выполнена шире с учетом облицовки.

Глубина ниш в северной и южной стенках одинакова и соразмерна разности диагонали и стороны квадрата, построенного на ширине ниши. Глубина западной ниши равняется половине ее ширины. Глубина восточной ниши — 327 см, ширина — 533 см, а их отношение — $\frac{327}{533} \approx 0,618$.

Внешние размеры квадратного плана здания соответствуют стороне подкупольного квадрата плюс удвоенная разность стороны и полудиагонали квадрата, т. е. $28 + 2(28 - 20) = 44$ гязам.

Высота «полукуба» равна 1671 см, или 27 гязам, и соответствует разности диагонали полуквадрата и половины стороны квадрата (рис. 65, 67).

Высота четверика в интерьере — 1718 см, или 28 гязов, и соответствует стороне подкупольного квадрата; погрешность — 10 см.

Верхние уровни четверика и «полукуба» могли бы быть, вообще говоря, на одном уровне, однако они не совпадают, что, видимо, было вызвано стремлением зодчих всячески выдержать соразмерности, обусловленные производными: в одном случае — внутреннего квадрата, в другом — наружного полуквадрата.

Разбивка галереи в плане характеризуется простым отношением величин малого модуля, т. е. гяза: пролет арки — 4 гяза, устои арки — $3 \times 2,25$ гяза, боковые устои — 6 гязов.

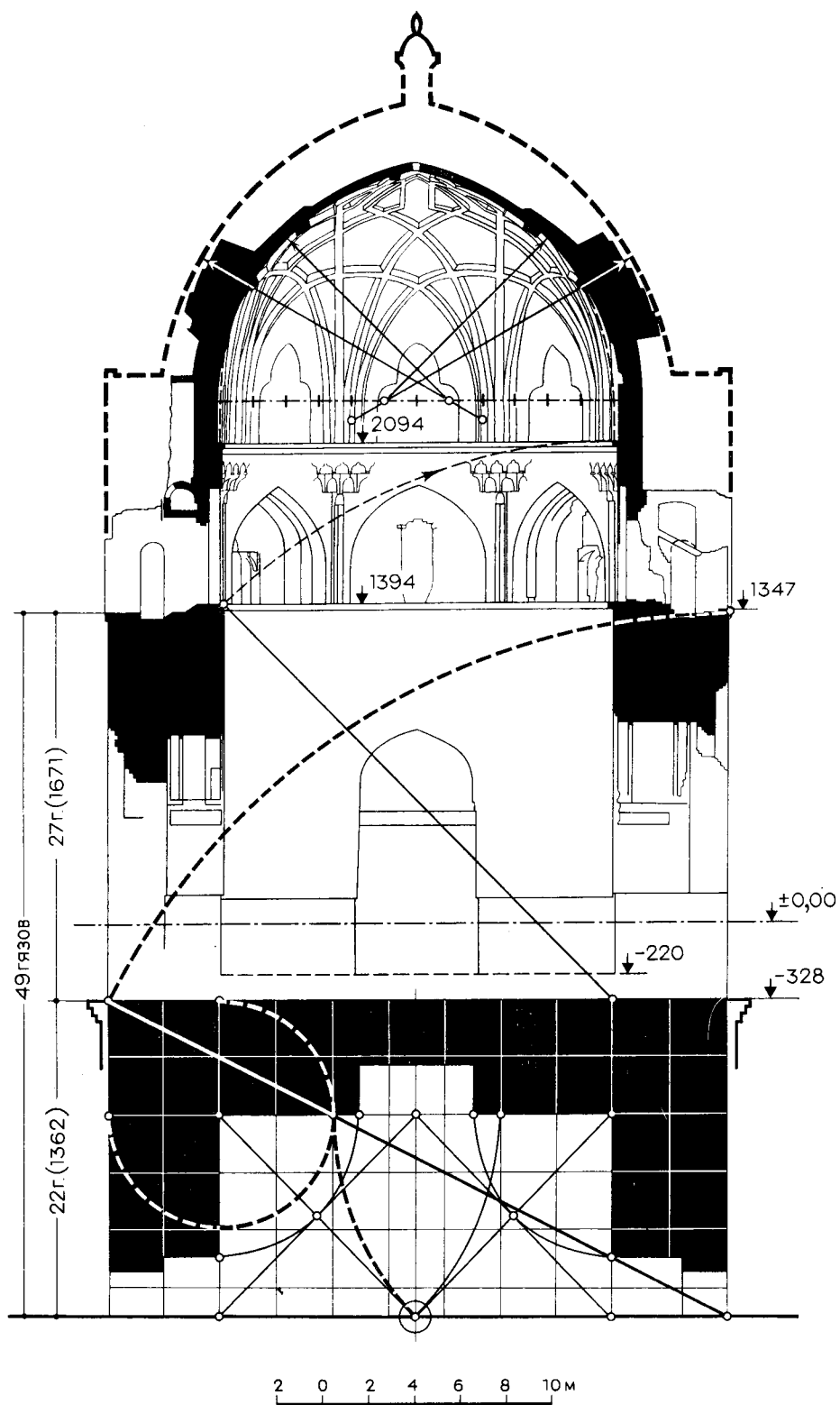


Рис. 65. Мавзолей султана Саиджара. План и разрез

Рис. 66. Мавзолей султана Санджара. Фрагменты интерьера

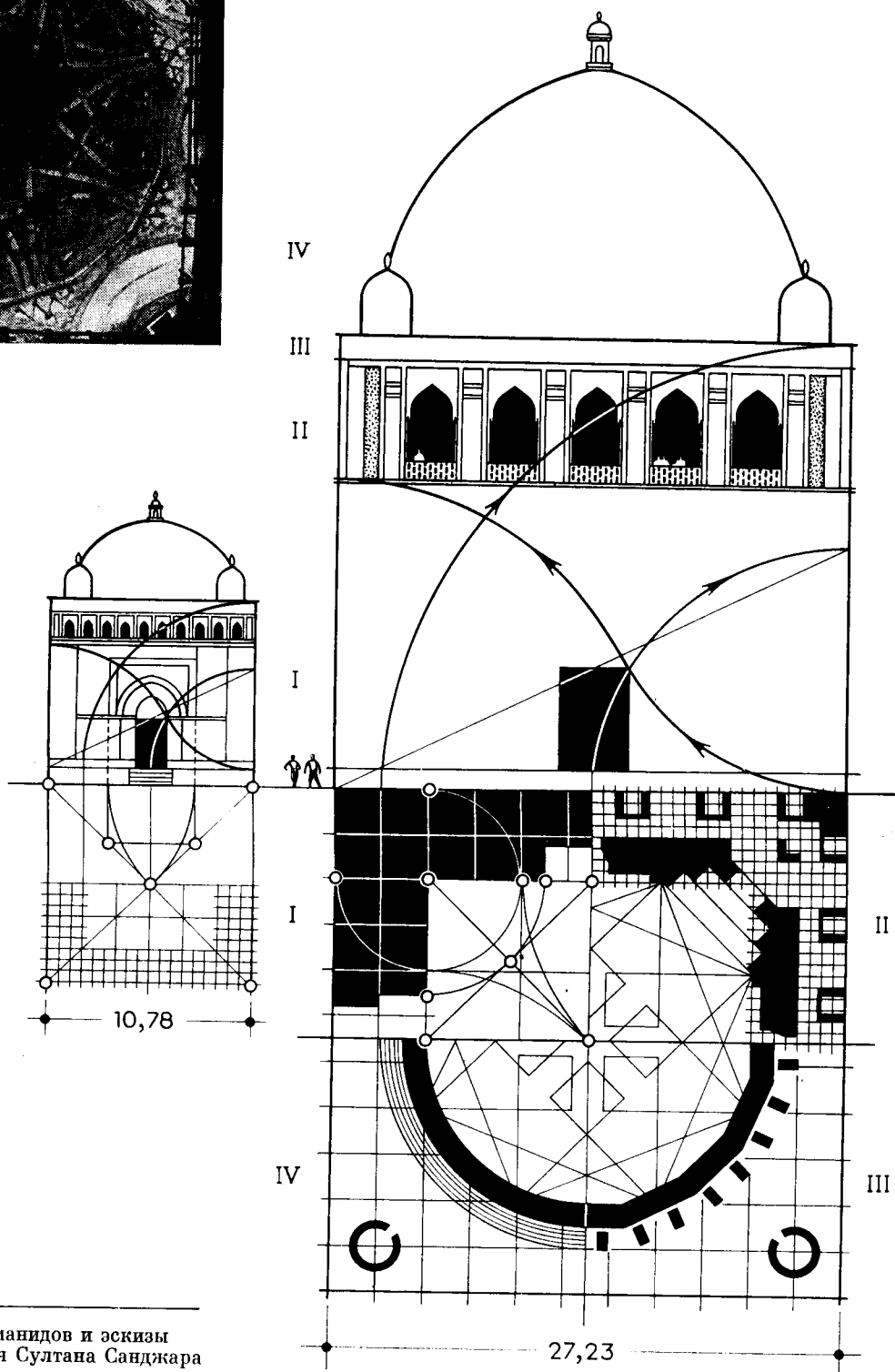
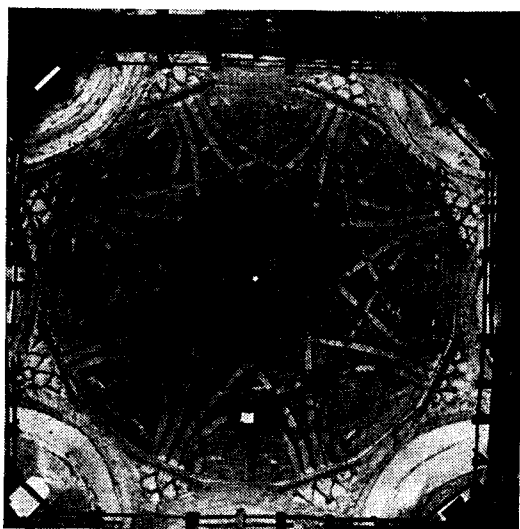


Рис. 67. Мавзолей Саманидов и эскизы реконструкции мавзолея Султана Санджара

Сторона и высота восьмигранника равняются стороне квадрата минус удвоенная разность стороны и полудиagonали квадрата.

Высота до основания внутреннего купола — 2422 см и соразмерна диагонали подкупольного квадрата. Диагональ квадрата в исчислении древних зодчих

$$28 \times \frac{7}{5} = 39,2 \text{ гяза, или } 61,9 \times 39,2 = 2426 \text{ см;}$$

погрешность — 4 см.

Из анализа соразмерностей мавзолея Санджара можно сделать следующие выводы.

1. Четыре грани четверика и восемь граней восьмигранника составляют квадрат и подобны между собой. Для пропорций «полукуба» взята другая величина, связанная с делением отрезка в среднем и крайнем отношении.

2. Кривая внутреннего купола мавзолея Санджара полностью аналогична кривой купола мавзолея Саманидов, а именно: диаметр купола поделен на 12 частей и за радиус (R) кривой внутреннего купола принято $\frac{7}{12}$ части диаметра.

3. Строители мавзолея Санджара при составлении плана и при перенесении проекта в натуру, очевидно, пользовались квадратной сеткой с ячейкой, равной 1 гязу, т. е. модулю. Возможно, ради удобства пользования одновременно применялся и укрупненный модуль, равный для мавзолея Санджара 4 гязам¹¹.

4. Относительно большие размеры мавзолея Санджара делают неудобным определение раз-

меров диагоналей квадрата и полуквadrата натяжением шнура в натуре. Вызывается необходимостью определения их размеров аналитическим методом.

Мавзолей Фахраддина Рази в Куния-Ургенче (XII—XIII вв.)

Мавзолей, приписываемый Фахраддину Рази, относится к числу зданий столицы Хорезма, уцелевших после разрушения Ургенча монголами (рис. 69). Он представляет собой однокамерный мавзолей стройных пропорций, построенный из жженого кирпича. Его кубический объем несет двенадцатигранный барабан, покрытый шатром. Главный фасад архитектурно выделен: в прямоугольную раму с эпитафическим орнаментом вкомпонованы три арочные ниши в прямоугольных рамах со световыми проемами, причем вход в мавзолей лежит по оси композиции [38, с. 81—85; 135, с. 52—53; 231, с. 189—198].

Обмер памятника, выполненный архитектором А. Н. Виноградовым, сопровождался заложением шурфа возле памятника, что дало возможность установить древний уровень отметки на глубине около 1,5 м от дневной поверхности. При этом были обнаружены остатки цоколя, выложенного из шлифованных кирпичей на ребро, входная ниша, три уступа расширяющегося фундамента и его основание. При обследовании памятника обнаружено, что на северо-восточном углу стены ремонтная кладка выступает против линии цоколя на 14 см; судя по вертикальным отметкам, здание накренилось в восточном направлении; позднейшие ремонтные работы исказили архитектуру главного фасада. Тем не менее сохранившиеся профилированные шлифованные кирпичи под штукатуркой и снятие культурных наслоений возле памятника позволяют восстановить былые его пропорции и в какой-то степени и облик сооружения.

Мавзолей Фахраддина Рази невелик, стороны квадратного помещения — 364, 367, 359, 364 см. Среднеарифметический размер — 363,5 см, или 6 гязов, при гязе в 60,5 см.

Толщина стен четверика соразмерна стороне восьмиугольника, вписанного в квадрат помещения. Следовательно, сторона четверика по внешнему абрису соразмерна сумме стороны квадрата помещения и двух сторон восьмиугольника (принимая $a = 1$):

$A = 1 + 2(\sqrt{2}-1) = 363,5 + 301 = 664,5$ см, что соответствует натуре, так как размеры сторон четверика — 636, 678, 653, 697 см. Среднеарифметическая — 665,5 см, или 11 гязов.

Ширина ниш в интерьере по осям стен четверика — по 3 гяза, простенки — по 1,5 гяза.

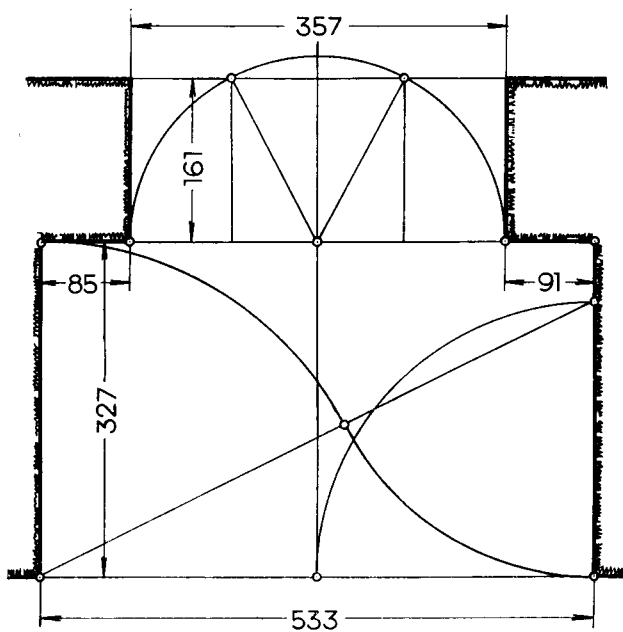


Рис. 68. Мавзолей султана Санджара.
План ниши четверика

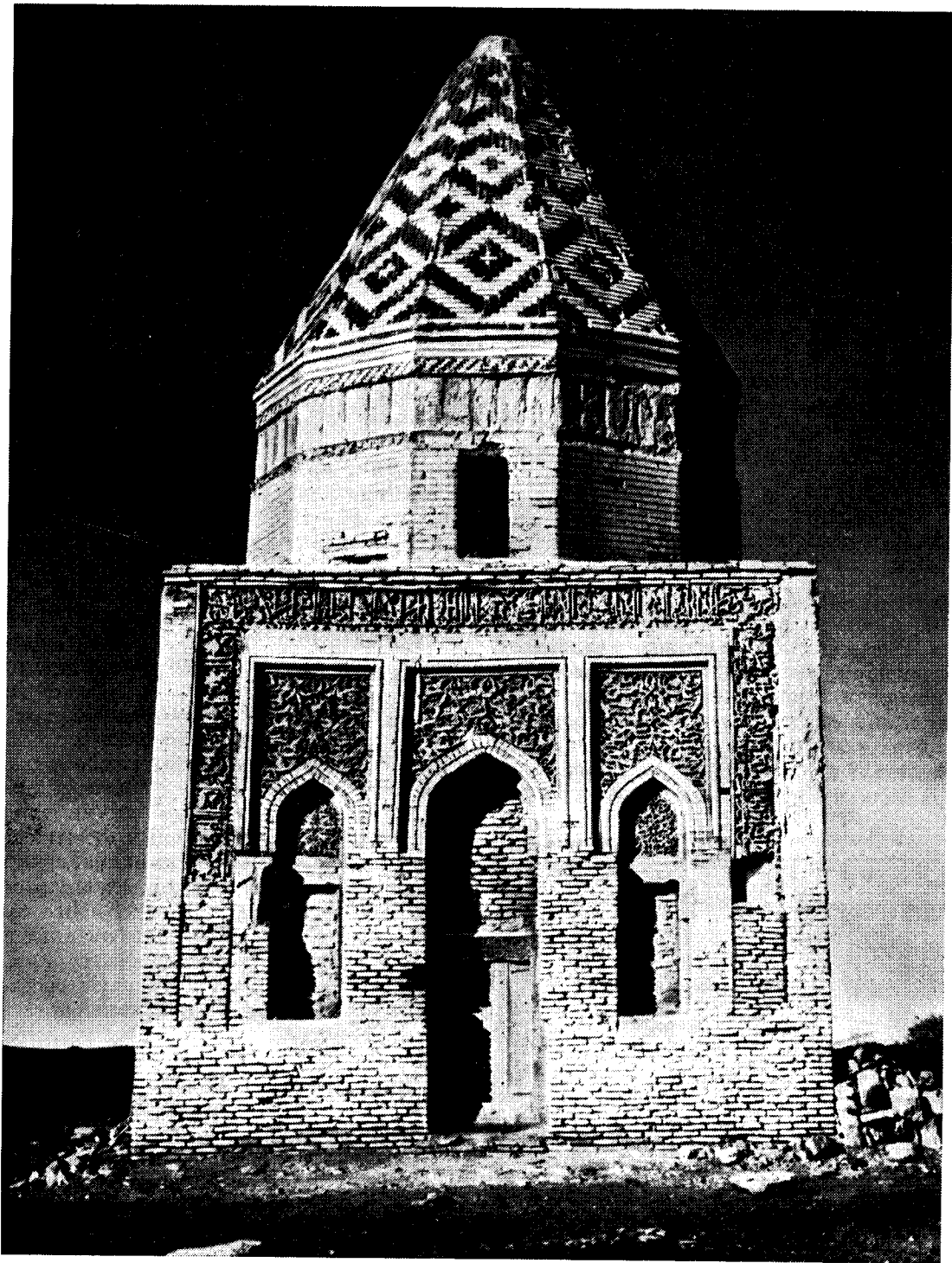


Рис. 69. Мавзолей Фахраддина Рази (XII—XIII вв.). Общий вид

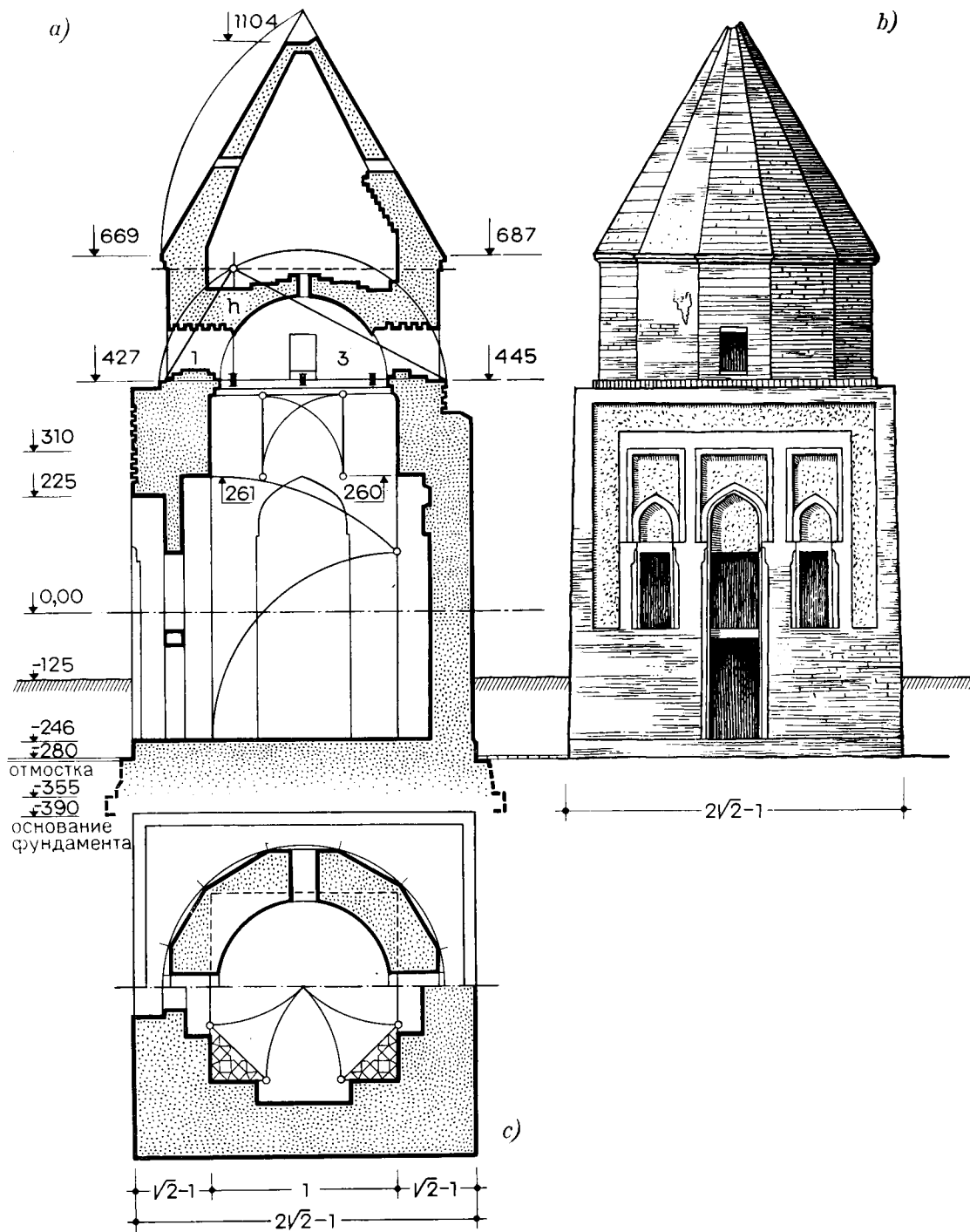


Рис. 70. Мавзолей Фахрэддина Рази. План и разрез. Анализ построения

Внутри мавзолея уровень пола археологическими вскрытиями не установлен. Нами этот уровень принимается на отметке — 246 см, т. е. на уровне цоколя. При этом высота четверика в интерьере равна $246 + 261 = 507$ см (рис. 70) и соответствует диагонали квадратного помещения, если допустить, что за $\sqrt{2}$ зодчие принимали $\frac{7}{5}$. Итак,

$$H_{\text{четв.}} = \sqrt{2} = 363,5 \times 1,4 = 508,9 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 507 см.

Высота восьмерика — яруса парусов — соразмерна с некоторыми погрешностями стороне восьмиугольника.

Объем здания представляет собой куб, а пропорции портала выражены отношением $\sqrt{5} : 2$.

Двенадцатигранная призма имеет круглое основание. Его диаметр — 550,5 см. Для определения высоты призмы диаметр круга делится на четыре, на одной четвертой восстанавливается перпендикуляр до пересечения с окружностью, который является средней пропорциональной между единицей и тройцей, т. е.

$$\frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3};$$

$$h \text{ призмы} = \frac{D \sqrt{3}}{4} = \frac{550,5 \times 3}{4} = 238 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 242 см; погрешность — 4 см.

Отметим, что аналогичные приемы применялись в построении архитектурной формы ряда других памятников, в частности мавзолеев Текеша и Тюрабек-ханым, о чем будет сказано ниже.

Формы двенадцатигранного шатра, выложенного ложным сводом, вписываются в равносторонний треугольник.

Мавзолей Текеша в Куня-Ургенче (XII—XIII вв.)

Мавзолей, посвященный предпоследнему хорезмшаху Абул Музаффар Текешу, правившему с 1172 по 1200 г., представляет собой «полукуб», над которым возвышается круглый барабан с 24 двухлопастными пилястрами, завершающимися аркатурой фигурных арочек и переходящих в круглый пояс фриза с накладными надписями в цветной керамике. Барабан покрыт конусом (рис. 71 и 72)¹².

Подкупольный квадрат помещения мавзолея имеет стороны 1140, 1140, 1144, 1156 см. Среднеарифметическая — 1145 см, или 20 гязов, при гязе, равном 57,2 см. Такому квадрату соответствует диагональ $a\sqrt{2}$ в исчислении древних зодчих:

$$\frac{20 \times 7}{5} = 28 \text{ гязов, или } 1603 \text{ см.}$$

Высота четверика соответствует полудиagonали квадрата, т. е. 14 гязам, или 801 см, фактически высота — 796 см; погрешность — 5 см¹³.

Углы восьмерика в плане определены половиной диагонали квадрата при помощи шнура, откладыванием полудиagonали от каждого угла четверика.

Высота восьмерика соразмерна стороне квадрата минус полудиagonаль

$$a - \frac{a\sqrt{2}}{2},$$

В исчислении древних зодчих

$$20 - \frac{20 \times 7}{10} = 6 \text{ гязам.}$$

Общая высота четверика и восьмерика — 1146 см, т. е. 20 гязов, что соответствует стороне квадратного помещения.

Высота внутреннего купола соразмерна половине стороны квадрата.

Толщина стен четверика соразмерна стороне квадрата минус полудиagonаль $a - \frac{a\sqrt{2}}{2}$. В исчислении древних зодчих $20 - \frac{20 \times 7}{10} = 6$ гязам.

Общая ширина главного фасада соответствует стороне квадрата плюс удвоенная разность стороны и полудиagonали квадрата:

$$a + 2\left(a - \frac{a\sqrt{2}}{2}\right), \text{ т. е. } 32 \text{ гязам.}$$

Высота квадратного стилобата «полукуба» от уровня пола помещения — 683 и 700 см, или 12 гязов, т. е. соразмерна двум толщинам стен четверика.

Ширина входной ниши соответствует стороне A наружного квадрата минус полудиagonаль: $A - \frac{A\sqrt{2}}{2}$. В исчислении древних зодчих $32 - \frac{32 \times 5}{7} = 9$ гязам, что соответствует натурным размерам (рис. 73).

Особого внимания заслуживает определение глубины ниши входной арки. При ее ширине в 515 см, или 9 гязов, глубина соответствует разности диагонали и стороны квадрата, построенного на ширине ниши, т. е. $a\sqrt{2} - a$, или $515\sqrt{2} - 515 = 211$ см. Натурные размеры — 214 см; погрешность — 3 см.

Круглый цоколь барабана соразмерен диагонали подкупольного квадрата, однако здесь нет полного совпадения их размеров, что, очевидно, обусловлено арифметической или модульной координацией, удобством при разбивке длины окружности барабана на 24 части так, чтобы получились удобные для поль-

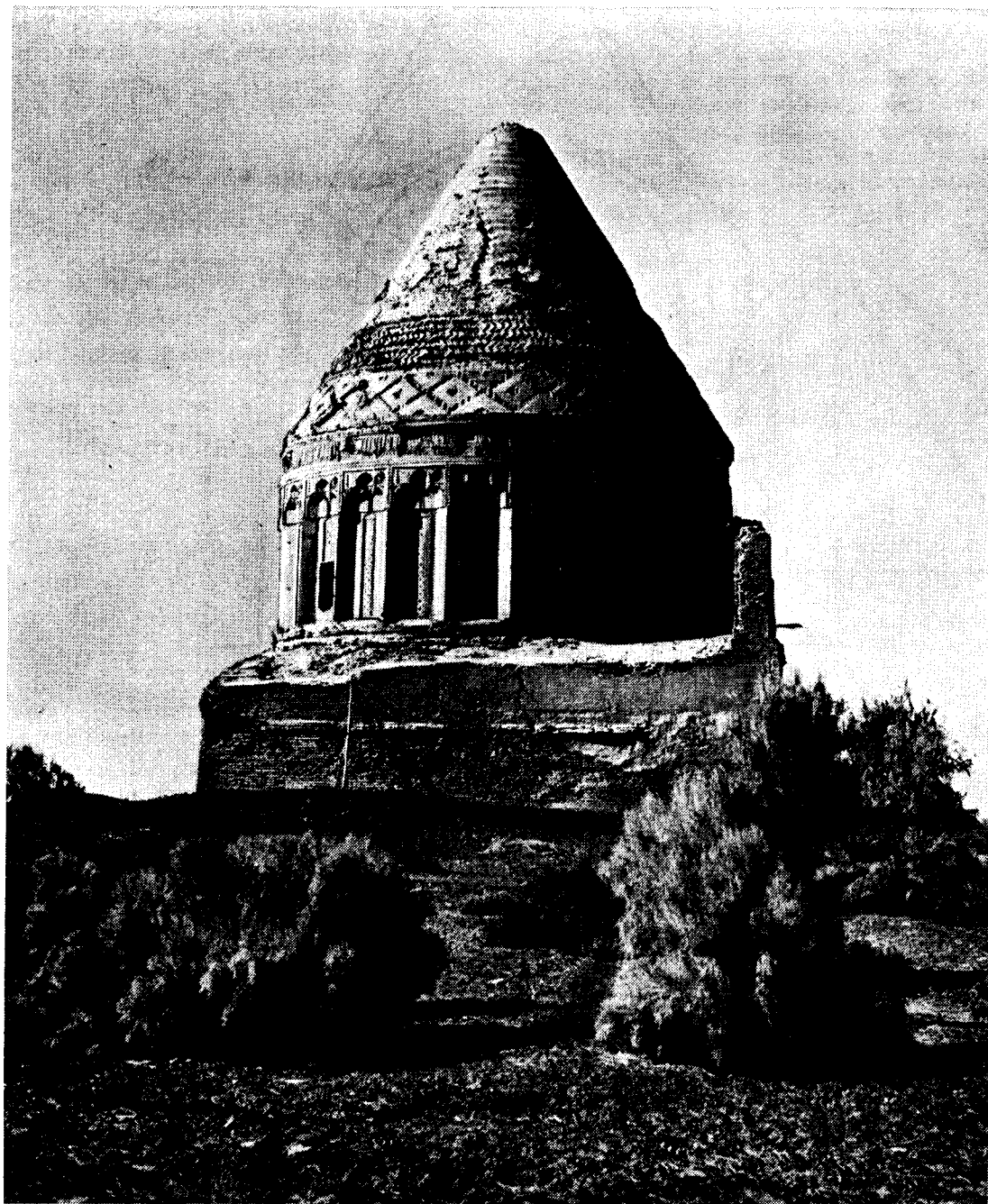


Рис. 71. Мавзолей Музаффара Текеша (XII—XIII вв.). Общий вид

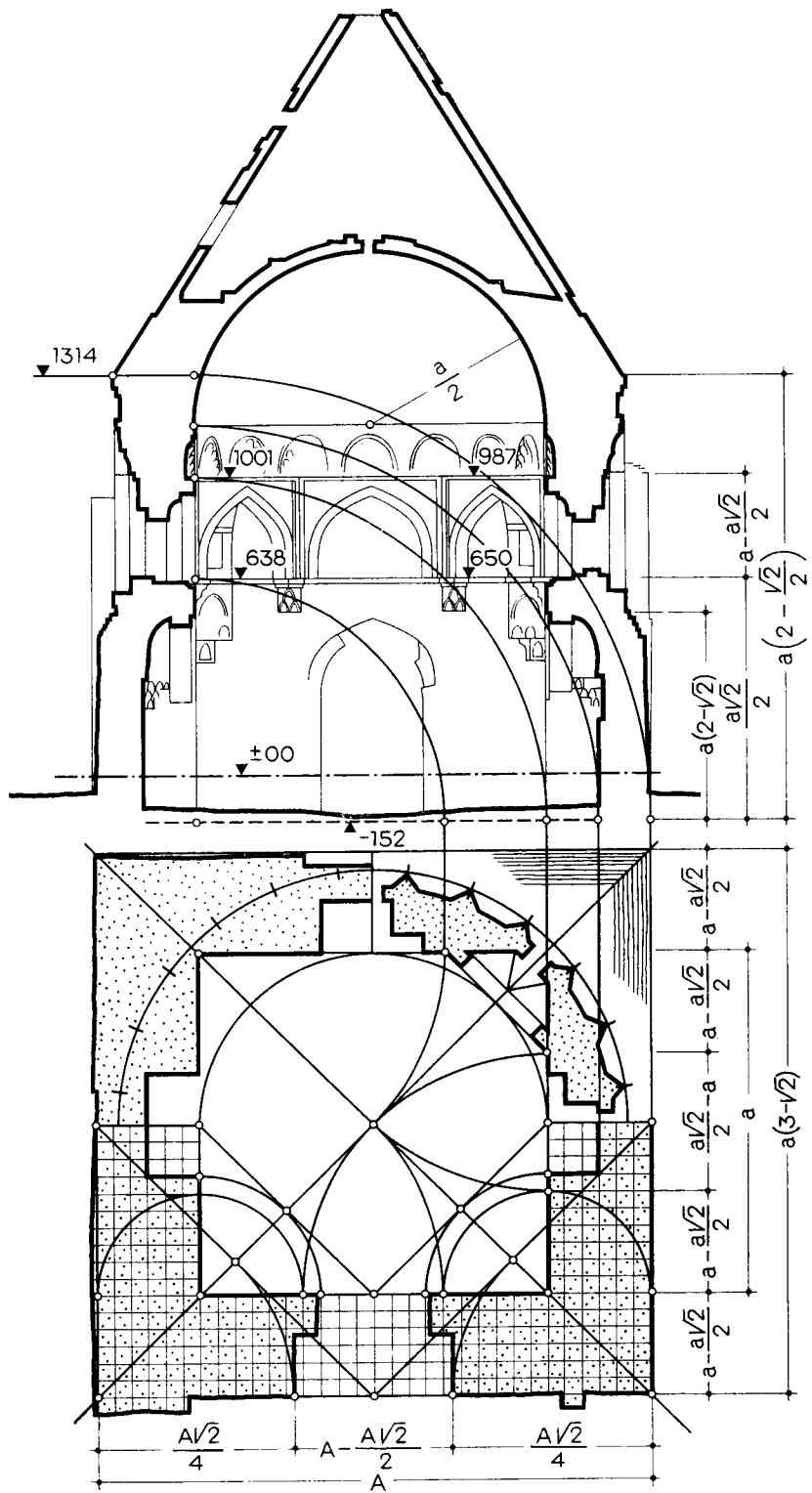


Рис. 72. Мавзолей Музафара Текеша. План и разрез. Анализ построения

зования размеры в гязах. Это подтверждается следующим:

длина окружности барабана для разбивки ее на 24 части могла быть исчислена древними зодчими в гязах умножением диагонали квадрата, принимаемой за диаметр, на три и одну седьмую:

$$\frac{28 \times 22}{7} = 88 \text{ гязам.}$$

Однако эта цифра при делении на 24 не давала удобной для пользования величины в гязах.

Диаметр был увеличен с 28 почти до 29 гязов с расчетом, чтобы длина окружности соответствовала 90 гязам, так как эта цифра, деленная на 24, давала $3\frac{3}{4}$ гяза, что соответствует натурным размерам.

Высота барабана H_6 — производная круга с диаметром 29 гязов:

$$H_6 = \frac{D\sqrt{3}}{4} = 12\frac{1}{2} \text{ гязам, или 712 см.}$$

Натурные размеры — 705 см; погрешность — 7 см.

Тонко прорисованы членения барабана. При общей высоте барабана в $12\frac{1}{2}$ гязов фриз барабана составляет одну четвертую его высоты, т. е. $3\frac{1}{8}$ гяза.

Над пилястрами барабана система трехлопастных сталактитообразных арок, обрамленных прямоугольными П-образными рамами с отношениями сторон $152 : 214$ см, или $1 : \sqrt{2}$.

Результаты анализа пропорций ряда перечисленных выше памятников позволяют нам прийти к выводу, что на протяжении IX—XII вв. зодчие Средней Азии пользовались рядом выработанных практикой правил построения тектонических структур и архитектурной формы. При этом они учитывали конструктивную основу сооружения, применявшиеся строительные материалы, выразительность архитектурного образа.

Исходными параметрами в определении соразмерностей сооружения служили квадратный план и его производные. Сначала определялись общие размеры плана, потом — составляющие и соразмерные ему элементы, далее — размеры членений высот сооружений, также соразмерные элементам плана. Такая последовательность в определении размеров частей сооружения на основании уже существующих элементов обусловила взаимозависимость соразмерностей частей архитектурного организма [22].

Архитектурная практика X—XII вв. наряду с использованием стороны и диагональю квадрата вносит новую тему в построение и

гармонизацию архитектурных форм, представленную производными равностороннего треугольника $\sqrt{3}$, прямоугольного треугольника $2, \sqrt{5}, 3$, а также делением отрезка в среднем и крайнем отношении.

Система соразмерностей, основанная на последовательном делении стороны и диагонали квадрата пополам, наблюдаемая на соразмерностях некоторых памятников (мавзоль Саманидов, мавзолей Айша-Биби и др.), дающая геометрическую прогрессию со зна-

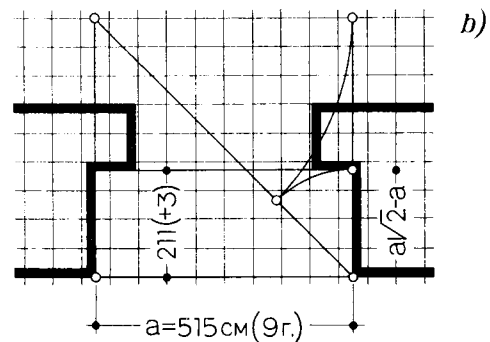
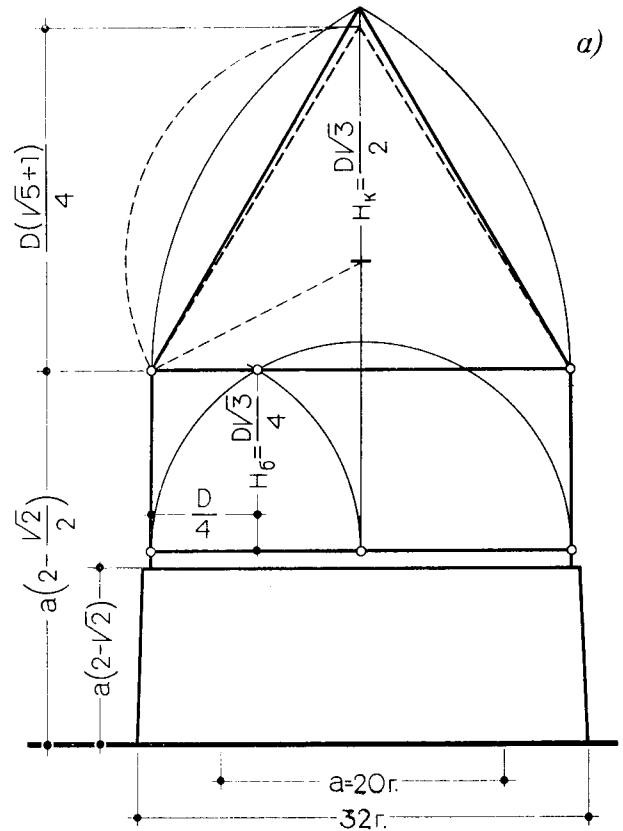


Рис. 73. Мавзолей Музаффера Текеша.
Схема фасада и план входа

менателем $\frac{\sqrt{2}}{2}$, не получила широкого распространения. Производные равносоставленного треугольника или вписанного в квадрат двенадцатиугольника нашли конкретное выражение в построениях архитектурной формы мавзолеев в Серахсе и Меане. Однако данные анализа не дают материала к утверждению, что система эта была связана с убывающей или возрастающей геометрической прогрессией.

Деление линии в крайнем и среднем отношении в архитектуре домонгольского периода чаще всего органически связано с построением

десятиугольников, фигурирующих в плане сооружения (башня Кабуса, минарет Калян, круглый мавзолей в Мараге). Деление линии в крайнем и среднем отношении в качестве производного полуквадрата (мавзолей Саманидов, султана Санджара, Се-Гумбад), т. е. соразмерности, не связанные с делением круга на десять частей и построением пятиугольника, — показатель осмысления данной системы, входящей в ту пору в арсенал искусных геометрических приемов, но еще не получившей широкого применения в архитектурной практике.

ПРИЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ

[В XIII — XV вв.]

Несмотря на почти полувекovou застой в строительстве, благодаря уцелевшим мастерам и зодчим, в результате того, что сохранились трактаты, написанные специально для ремесленников, а также вследствие живучести архитектурно-художественных традиций искусные геометрические приемы в творчестве зодчих, процветавшие в домонгольский период, не были утрачены. В XIII — XV вв. они стали жить новой жизнью, развиваться, порождать новые приемы гармонизации архитектурной формы. Это можно проследить на анализах соразмерностей целого ряда памятников зодчества названного периода.

Мавзолей Мазлумхан-Слу (конец XIII в.)

Наиболее ранним произведением архитектуры возрожденного после монгольского нашествия Хорезма был, по-видимому, мавзолей Мазлумхан-Слу, находящийся на территории древнего некрополя Миздахкан.

В научной литературе высказывались различные мнения о времени постройки этого уникального сооружения. А. Ю. Якубовский относил постройку к концу XIII — началу XIV в. Эту точку зрения разделяли Б. Н. Засыпкин [135, с. 70—71; 307, с. 551—581]. В. И. Пилявский датировал памятник началом XIII в. по стилистическим признакам [223, с. 237]. Разделяет это мнение и В. М. Филимонов.

Н. С. Гражданкина, определяющая время возведения мавзолея по сравнительному анализу строительных материалов, вносит коррективы в свою же датировку [113, с. 38—59] и склоняется теперь уже к концу XIII в.

Археологические исследования, проведенные на территории некрополя древнего Миздахкана, подтвердили ранее высказывавшееся мнение о принадлежности мавзолея Мазлумхан-Слу к памятникам первой половины XIV в. [305, с. 9].

Мавзолей Мазлумхан-Слу детально обмерен С. Б. Неумывакиным и В. М. Филимоновым. В. М. Филимоновым выполнены детальные анализы соразмерностей сооружения. Мы возвращаемся к анализу памятника, чтобы взглянуть на построения его архитектурной формы в свете нашего понимания «науки искусных геометрических приемов», основываясь на обмерах и принимая некоторые соразмерности, установленные В. М. Филимоновым [282].

Исходным параметром для определения соразмерностей мавзолея Мазлумхан-Слу был квадрат главного помещения, стороны которого (А) равны 738 см. Ядро комплекса представляет слабо выраженный прямоугольник с отношением сторон по внутреннему абрису плана ядра $2 : \sqrt{5}$ (рис. 74). Построение простое. В подкупольном квадрате проводится диагональ полуквадрата. Ее удвоением определяется длина, а удвоением стороны квадрата — ширина прямоугольника ядра.

Толщина наружных стен ядра соразмерна полуразности диагонали и стороны исходного квадрата. В соразмерностях сооружения фиксируются как сторона, так и диагонали квадрата и полуквадрата, т. е. налицо сочетание числа и величины. Это сочетание нашло отражение в построении архитектурной формы и отдельных элементов сооружения.

Тектонический строй главного зала комплекса — традиционный четверик, восьмерик и опрокинутая чаша восьмигранного сомкнутого купола. Все это хорошо читается в интерьере (рис. 75). Однако здесь четверик гладью стены переходит в зону сталактитовых угловых парусов — прием, уже известный по мавзолею Фахраддина Рази (конец XII в.).

Общая высота четверика и восьмерика в интерьере главного зала, по В. М. Филимонову, соразмерна высоте равносоставленного треугольника, построенного на стороне квадрата,

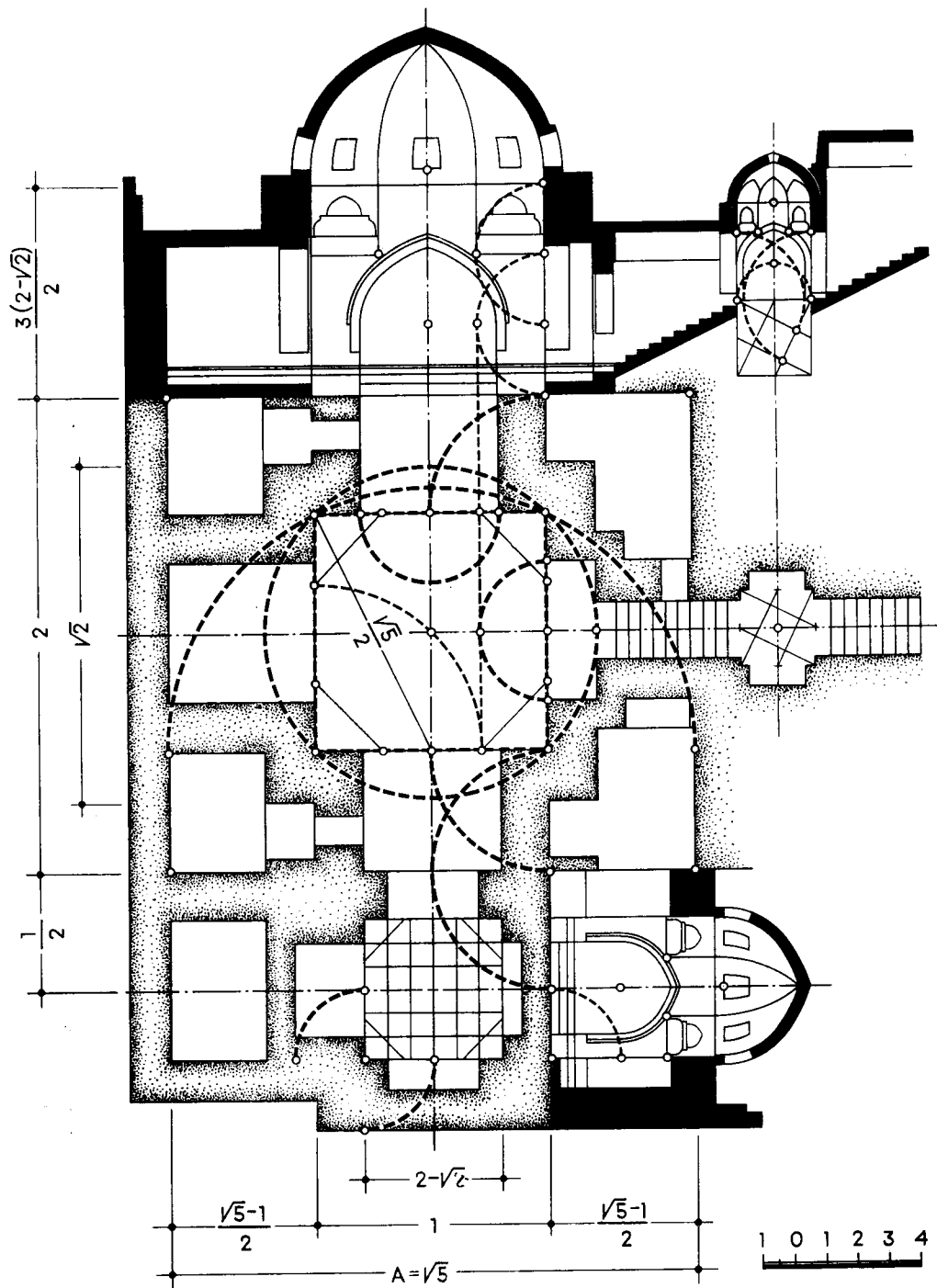


Рис. 74. Мавзолей Мазлумхан-Слу в Миздахкане (конец XIII в.).
План комплекса и разрез

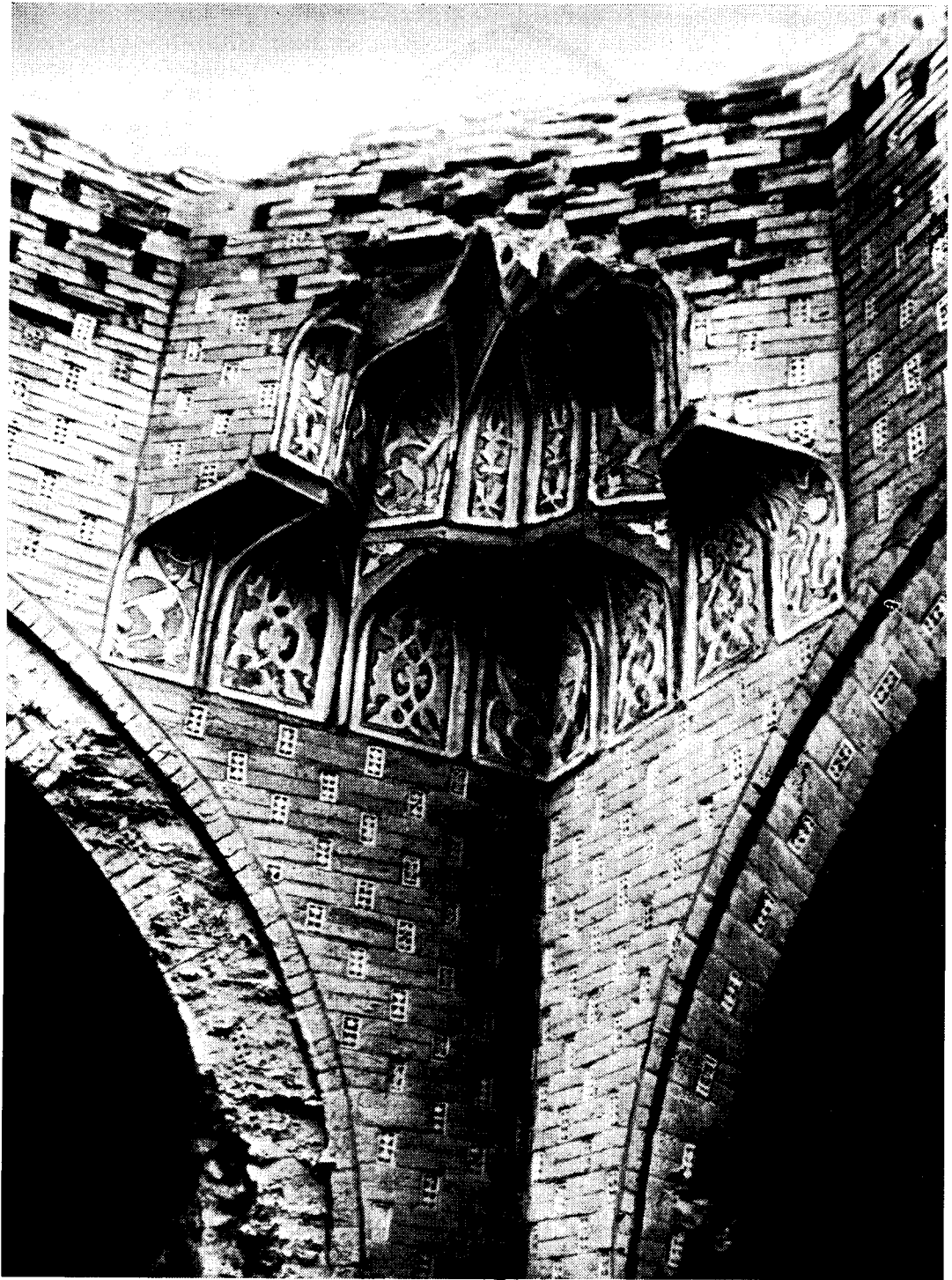


Рис. 75. Мавзолей Мазлумхан-Слу. Фрагмент интерьера

т. е. $\frac{A\sqrt{3}}{2}$. Между тем она может быть выражена как утроенная разность стороны и полудиagonали квадрата, т. е. $3A\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$. И это, вероятно, логичнее, поскольку высота от пола до основания парусов соразмерна удвоенной разности стороны и полудиagonали квадрата, т. е. $2A\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$, а высота угловых парусов соразмерна $A\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$.

По сторонам главного помещения — широкие арочные ниши с относительно малыми угловыми простенками. Их соразмерности выражены производными квадрата.

Ширина ниши соразмерна удвоенной разности стороны и полудиagonали квадрата, т. е.

$$2\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)A = 0,586A.$$

Простенки между ними, по углам квадрата, соразмерны $0,207A$. Таким образом, получаются отношения $0,207 : 0,586 : 0,207$, или $1 : 3 : 1$, с погрешностями $0,007$, $0,014$, $0,007$.

Глубина двух ниш, расположенных по бокам главного помещения, соразмерна половине стороны квадрата, т. е. $\frac{A}{2}$.

Глубина ниши по оси композиции соразмерна большому отрезку при делении стороны (A) квадрата в крайнем и среднем отношении, т. е. $\frac{A(\sqrt{5}-1)}{2}$.

Малый зал мавзолея Мазлумхан-Слу расположен за пределами центрального ядра. Его тектонический строй аналогичен строю главного помещения комплекса.

По трем сторонам квадратного помещения малого зала расположены арочные ниши разной глубины. Они членят стороны (a) в отношениях $1 : 4 : 1$.

Глубина северо-восточной ниши соразмерна половине стороны квадрата. Высота от пола до низа угловых парусов соразмерна

$$\frac{5a}{6} = \frac{5 \times 440}{6} = 367 \text{ см.}$$

Высота до пят арок четверика соразмерна половине стороны квадрата. Высота угловых сталактитовых парусов соразмерна высоте равностороннего треугольника, построенного на стороне восьмерика, т. е.

$$\frac{a(\sqrt{2}-1)\sqrt{3}}{2} = 156 \text{ см.}$$

Общая высота четверика и восьмерика соразмерна

$$a\left(\frac{5}{6} + \frac{(\sqrt{2}-1)\sqrt{3}}{2}\right) = 367 + 156 = 523 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 528 см; погрешность — 5 см.

Тектонический строй проходного квадратного помещения лестницы аналогичен тому, которым отмечен малый зал. Однако пропорции здесь другие: высота четверика соразмерна $\frac{2}{\sqrt{5}}$,

пролеты арок соответствуют $\frac{4}{\sqrt{5}} - 1$ при стороне квадрата, равной единице. Графическое определение этих соразмерностей весьма простое: в квадрате проводятся взаимно пересекающиеся диагонали полуквadrата, в результате чего образуются отрезки $\frac{1}{\sqrt{5}}$, $\frac{1}{\sqrt{5}}$ и $\frac{1}{2\sqrt{5}}$. Для высоты четверика принимается

сумма первых двух отрезков, простенки арок определяются величиной $1 - \frac{2}{\sqrt{5}}$, пролет арки равняется

$$1 - 2\left(1 - \frac{2}{\sqrt{5}}\right) = \frac{4}{\sqrt{5}} - 1.$$

Высота восьмерика, так же как и в малом зале, соразмерна высоте равностороннего треугольника, построенного на стороне восьмерика.

Рассмотренные выше приемы построения архитектурной формы мавзолея Мазлумхан-Слу позволяют констатировать, что после монгольской разрухи зодчие продолжали работать в старых традициях. Однако постепенно зарождаются новые архитектурно-художественные замыслы, возникает и развивается новое стилевое направление, нашедшее выражение в архитектуре мавзолея Тюрабек-ханым, представляющее высокую архитектурно-художественную культуру Хорезма золотоордынского периода.

Мавзолей в селении Хачин-Дорбатлы (1314 г.)

Если наиболее ранним сооружением Хорезма послемонгольского периода, сохранившимся до наших дней, является мавзолей Мазлумхан-Слу, то в Азербайджане к числу таковых относится мавзолей в селении Хачин-Дорбатлы — произведение талантливого зодчего Шехбензара (Шаханзина), хорошо сведущего в теории зодчества своей эпохи.

Мавзолей представляет собой двенадцатигранную призму, крытую шатром. Он поставлен на развитой цоколь, выложен из камня, облицован тесаным и полированным камнем. В декоре возрождены не только домонгольские средневековые традиции, но и более древние — сасанидские, особенно в изображениях животных на фасадах сооружения [270, с. 153—156].

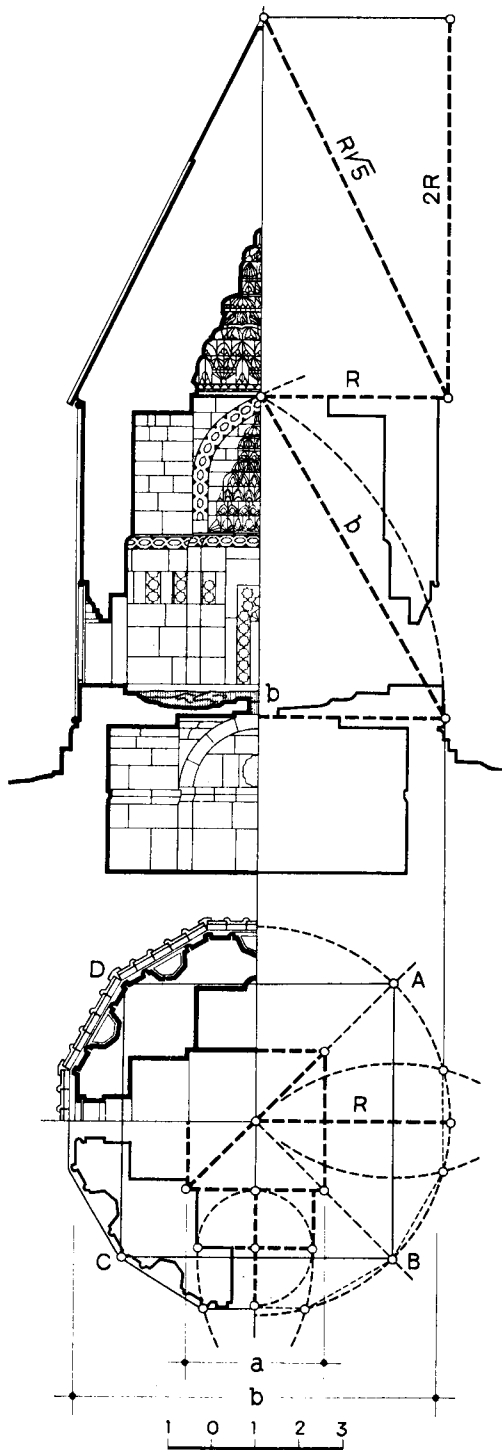


Рис. 76. Мавзолей в селении Хачин-Дорбатлы в Азербайджане (1314 г.). План и разрез. Анализ построения

Склеп и верхняя камера имеют крестообразный план, верхнее помещение отличается усложненностью очертаний плана и парадностью интерьера.

Исходным параметром соразмерностей сооружения был подкупольный квадрат. Радиусом (R), равным диагонали квадрата, была описана окружность. В полученный круг был вписан квадрат $ABCD$, а на окружности радиусом R сделаны засечки (рис. 76), которые дали углы призмы.

Высота призмы соразмерна высоте равно-стороннего треугольника с основанием, равным ширине двенадцатиугольника, т. е. $\frac{b\sqrt{3}}{2}$.

Высота шатра соразмерна $2R$, а высота его грани — $R\sqrt{5}$.

Мавзолей в Барде (1322 г.)

В мавзолее башенного типа в Барде продолжают традиции архитектурной школы XII в. юга Азербайджана. Примечательно, что помещение мавзолея представляет собой правильный десятигранник с неглубокими нишами, двумя входами по оси север — юг и заглубленным в землю склепом. Мавзолей построен из обожженного кирпича на каменном цоколе. Северный вход — главный, подчеркнут несколько выступающим прямоугольным обрамлением. Верх сооружения не сохранился, но фотографии, относящиеся к прошлому столетию, позволяющие судить о композиции мавзолея в целом и в какой-то мере о его пропорциях [64, с. 176—180; 270, с. 137—144].

Анализ построения архитектурной формы этого мавзолея убеждает, что, так же как в сооружениях азербайджанской архитектурной школы XII в., здесь для установления соразмерностей зодчий пользуется производными правильного десятиугольника, сторона которого является большим отрезком, полученным при делении радиуса (R) описанного круга в среднем и крайнем отношении (рис. 77), т. е.

$$a_{10} = \frac{R(\sqrt{5}-1)}{2}.$$

Толщина стен мавзолея соразмерна половине стороны десятиугольника, т. е. $\frac{R(\sqrt{5}-1)}{4}$; ширина северного портала — радиусу (R) описанной окружности десятиугольника; высота десятигранника в интерьере до низа сталактитов соразмерна четырем сторонам десятиугольника, т. е. $2R(\sqrt{5}-1)$.

Высота трехступенчатых сталактитов в интерьере — переход к внутреннему куполу сооружения — соразмерна стороне десятиугольника, т. е. $\frac{R(\sqrt{5}-1)}{2}$.

Высота от пола главного помещения мавзолея до основания конического покрытия со-

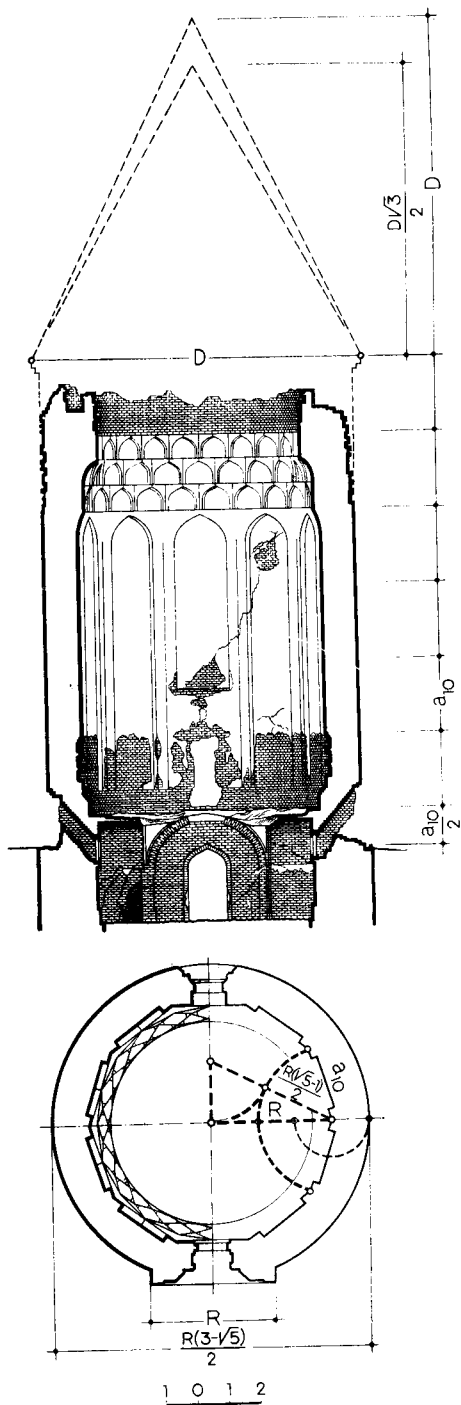


Рис. 77. Мавзолей в Барде (1322 г.). План и разрез. Анализ построения

размерна шести сторонам десятиугольника, т. е. $3R(\sqrt{5} - 1)$.

Высота конического купола, возможно, была соразмерна или $\frac{D\sqrt{3}}{2}$, или D . В первом

случае конус впишется в равносторонний треугольник, во втором случае конус будет иметь образующую соразмерную $\frac{D\sqrt{5}}{2}$.

Мавзолей Тjурабек-ханым (первая треть XIV в.)

В северо-западной части городища Куны-Ургенч возвышаются величавые руины мавзолея Тjурабек-ханым (рис. 78).

Этот памятник архитектуры представляет огромный интерес для истории зодчества потому, что является воплощением высокого уровня архитектурной культуры эпохи, профессионального мастерства зодчих, их эстетического мировоззрения, восходящего к учениям ал-Кинди, ал-Фараби и Ибн Сины о гармонии в природе и искусстве.

Архитектуре мавзолея Тjурабек-ханым посвящена значительная литература [38, с. 51—63; 39, с. 20; 119, с. 140; 135, с. 74—77; 188, с. 87; 223, с. 34—38; 306, с. 48—58].

Фрагментарный характер описания памятника и его по преимуществу историко-археологическая направленность, неполнота исследований дают основания к анализу архитектуры мавзолея Тjурабек-ханым с выявлением конструктивной структуры сооружения, тектонического, масштабного и пропорционального строя и особенностей, в той или иной степени характеризующих архитектуру страны после монгольской катастрофы.

Прежде чем приступить к рассмотрению архитектуры мавзолея Тjурабек-ханым, остановимся на его датировке, поскольку по этому вопросу в научной литературе существуют две различные точки зрения. А. Ю. Якубовский, а также Б. Н. Засыпкин считают, что мавзолей мог быть построен в 20-е годы XIV в., в период оживленной строительной деятельности Кутлуг-Тимура, наместника Золотой Орды, супруга Тjурабек-Ханым, имя которой закрепилось за мавзолеем.

М. Е. Массон подвергает сомнению эту датировку, поскольку не находит стилового единства архитектуры мавзолея Тjурабек-ханым с постройками первой трети XIV в. — мавзолеями Наджмаддина Кубра в Ургенче и Мазлумхан-Слу в Миздахкане, и, наоборот, наличие сходства орнаментального убранства мавзолея Тjурабек-ханым и более поздних построек — мавзолеев Чашма Аюб в Бухаре (1383—1384 гг.) и Дорус Сиадат в Шахрисябзе (конец XIV в.), — осуществленных хорезмийскими зодчими, дает основание М. Е. Массону датировать памятник временем после отпадения Хорезма от Золотой Орды (1361 г.) и рассматривать его как усыпальницу местной

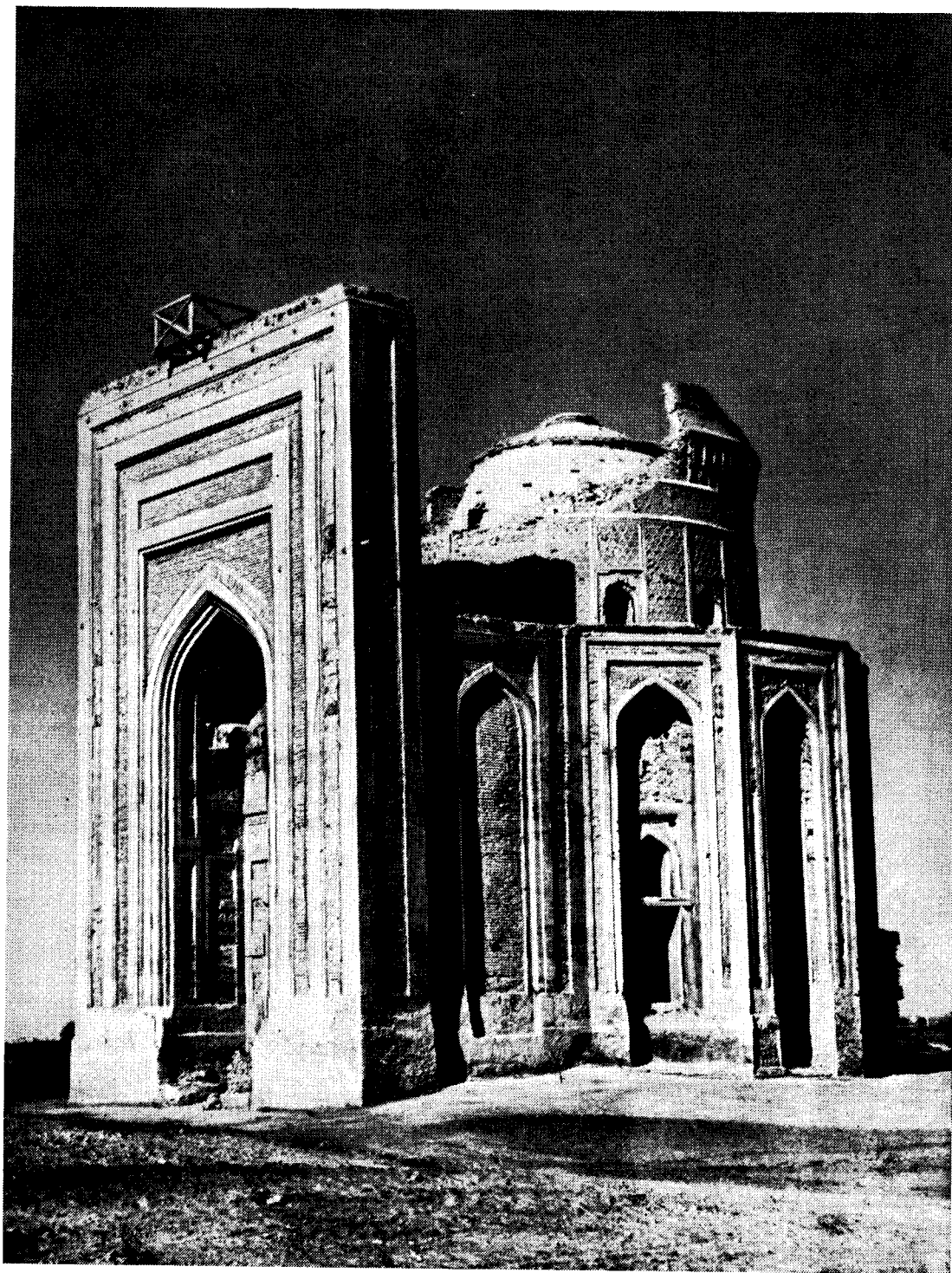


Рис. 78. Мавзолей Тюрабек-ханым в Хорезме (XIV в.). Общий вид

(Куинградской) династии Суфи, построенную в 70-х годах XIV в.

Наши исследования позволяют присоединиться к мнению А. Ю. Якубовского по следующим соображениям.

Стилевые признаки орнаментального убранства архитектурных памятников имеют большое значение при определении их датировки, однако не всегда они дают правильный ответ. Это объясняется двумя обстоятельствами: во-первых, тем, что в Средней Азии существовало несколько архитектурных школ, которые хотя и оказывали друг на друга взаимное влияние, но в своей творческой направленности не были лишены самостоятельности, что находило отражение в разностильности синхронных произведений зодчества. Во-вторых, архитектурные стили не были постоянными, они менялись. Однако смена старого новым не про-

исходила вдруг. Новый стиль зарождался и развивался, а старый продолжал еще существовать, отражая эстетические воззрения и вкусы части общества. Так произошло в первой трети XIV в. в Хорезме. Например, мавзолей Наджмадина Кубра в Ургенче и Мазлумхан-Слу в Миздахкане были построены в старых традициях, а мавзолей Тюрбекханым был выражением нового. Таких явлений в истории архитектуры немало, что можно проследить на ряде примеров, в частности на архитектуре мавзолеев Туркан-ака (1371 г.), Амир-заде (1386 г.) и Ширин-бика-ака (1385 г.) из некрополя Шах-и зинда в Самарканде. Все эти три памятника принадлежат одной эпохе (их отделяет всего 15 лет), между тем их архитектурно-художественный декор разностилен: в первых двух отразились старые традиции, связанные с применением для облицовки штам-

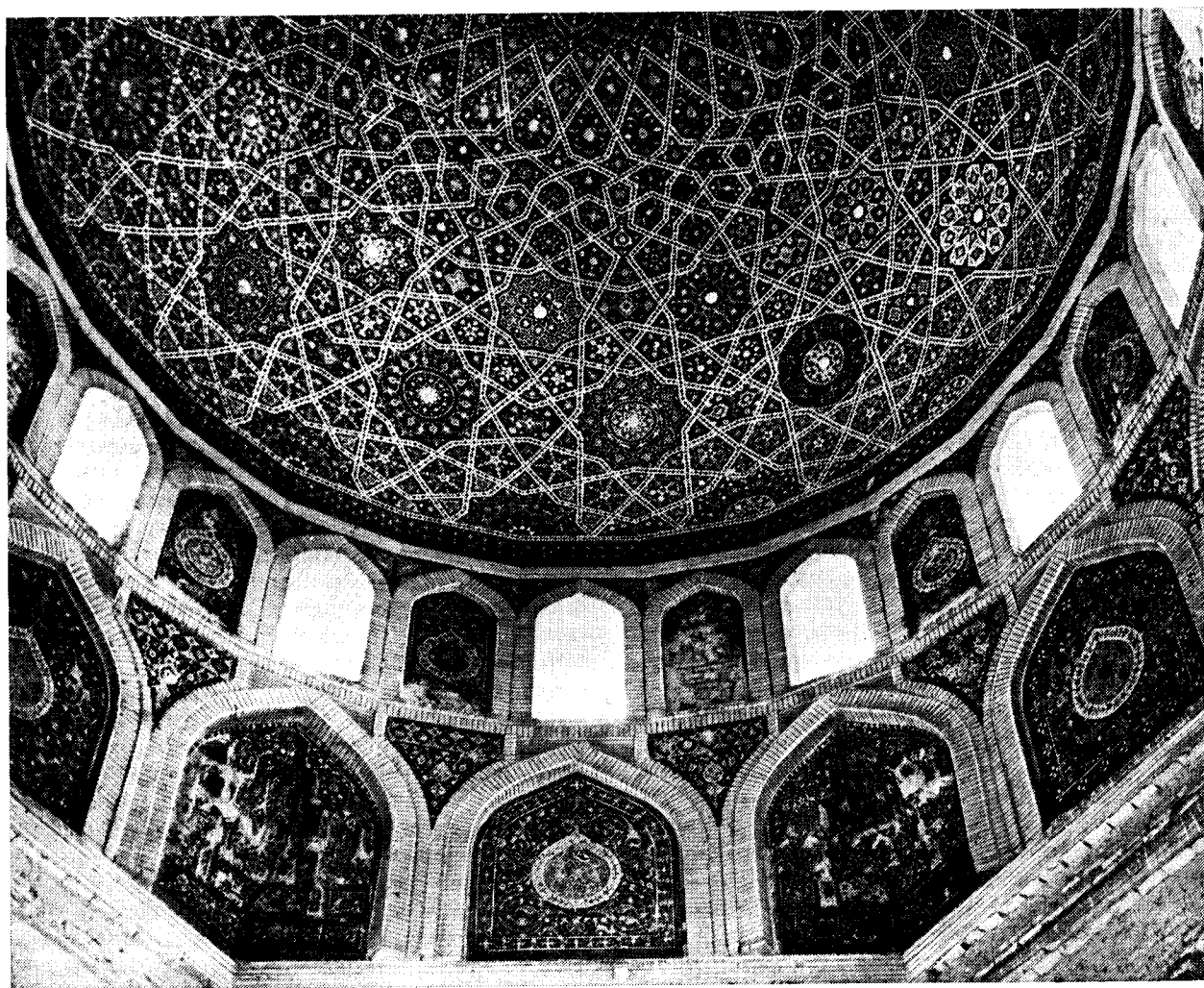


Рис. 79. Мавзолей Тюрбекханым. Фрагмент интерьера

пованной рельефной глазурованной керамики, а в мавзолее Шириг-бика-ака — новые (применение резной мозаики), определившие стилевое направление архитектурного декора Средней Азии на целое столетие. Если бы на этих памятниках не было датирующих надписей и историки не располагали данными письменных источников о времени их постройки, то первые два памятника по стилевым признакам надо было бы отнести к 40-м и 70-м годам XIV столетия.

При рассмотрении спорного вопроса о датировке мавзолея Тюрабек-ханым невольно возникает вопрос: благоприятствовали ли политическая обстановка и хозяйственная жизнь Хорезма периода правления династии Суфи строительству такого выдающегося произведения зодчества, как мавзолей Тюрабек-ханым, ставший мировым шедевром?

Прежде чем ответить на этот вопрос, вспомним, что отпадение Хорезма от Золотой Орды было связано главным образом с начавшимся упадком золотоордынского государства, феодальными интригами и дворцовыми переворотами, когда в продолжение 20 лет (1360—1380) на золотоордынском престоле сменилось более 25 ханов.

Это смутное время Золотой Орды для Хорезма характеризовалось также политической неустойчивостью, а экономическая жизнь страны была подчинена полувоенной и военной деятельности: правители Хорезма в продолжение десяти лет организовывали систематические походы на Мавераннахр. В этой обстановке международная караванная связь восточных и западных цивилизаций, пролегалая через Юго-Восточную Европу, Сарай, Ургенч, Отрар, Тараз, полностью отмирает и единственным караванным путем остается трасса Трапезунд — Султания — Герат — Балх — Самарканд — Тараз; не прошло и пяти лет после отпадения Хорезма, как в 1366/67 г. войска Мамай и Абдуллаха разорили его столицу; в 80-х годах Хорезм подвергается систематическим военным походам Тимура, которые в 1379 и 1388 гг. привели к разгрому столицы государства, причем последний завершился таким разрушением Ургенча, после которого он больше уже никогда не поднимался до своего былого величия во времена Хорезмшахов или Кутлуг-Тимура.

Сказанное позволяет утверждать, что в период кратковременного самостоятельного существования Хорезма (1361—1379) ни политическая обстановка, ни хозяйственная жизнь страны не благоприятствовали большой строительной деятельности, и не случайно от этого времени в Ургенче не сохранилось скольконибудь значительной постройки, и, наоборот,

предшествующий период — первая половина XIV в. — характерен для Хорезма стабилизацией политической обстановки, развитием международной караванной торговли, ремесленного производства. Экономическому подъему сопутствовал расцвет искусства, науки и градостроительства. Имел место широкий культурный обмен между странами. Хорезм считался «местом собрания самых выдающихся мужей в мире», среди которых, очевидно, были и выдающиеся зодчие. Именно в этот период в значительных масштабах осуществляется застройка Ургенча, возводятся медресе, соборная мечеть, мавзолеи, несколько ханака, больница, караван-сарай, дворец правителей [306, с. 16—17] и, по всей вероятности, был построен и мавзолей Тюрабек-ханым.

Архитектурно-пространственная композиция мавзолея Тюрабек-ханым представлена объемом двенадцатигранной призмы с плоской крышей. С юга к трем граням этой призмы примыкает прямоугольный объем той же высоты, переходящий раскрепкой в высокий стройных пропорций пештак, с севера на ширину грани двенадцатигранной призмы — пристройка гурханы. На остальных гранях призмы — прямоугольные и пятигранные в плане арочно-сводчатые ниши стройных пропорций. Над плоской крышей некогда возвышались два купола: большой на цилиндрическом барабане и малый над гурханой.

Пештак — прямоугольный объем стройных пропорций — имеет простые, выразительные членения: по оси композиции глубокая арочная ниша, с входным проемом, некогда была украшена сталактитовым полусводом. О рисунке и богатстве цветовой гаммы которого можно судить лишь по сохранившимся жалким фрагментам. Арка пештака и обрамляющие ее прямоугольные рамы из шлифованного кирпича контрастно сочетались с такими же рамами, выполненными в орнаментальном декоре керамической облицовки. Высокий цоколь обнимает здание по всему периметру.

Через входной проем посетитель попадает в небольшой вестибюль. Это прямоугольное помещение, квадратная часть которого, выделенная раскрепками стен, имела над собой декоративный сталактитовый куполок. При вестибюле одно вспомогательное помещение и вход на винтовую лестницу, ведущую на плоскую крышу.

Перешагнув через кирпичный порог проема, из маленького вестибюля вы попадаете в главное помещение, которое поражает своим простором, яркой освещенностью и изумительной красоты куполом (рис. 79). Помещение это шестигранное в плане, с широкими, высокими и глубокими нишами по сторонам, в четырех

нишах большие двухъярусные световые проемы, а под куполом двенадцать окон, раскрытых во все стороны горизонта, создают световой пояс. В глубине помещения — гурхана, под полом которой склеп. Гурхана, так же как и вестибюль, имела сталактитовый декоративный куполок.

Архитектурно-пространственная структура мавзолея Тюрабек-ханым хорошо читается в интерьере. Это шестерик, переходящий угловыми парусами в двенадцатигранник, на который поставлен двадцатичетырехгранник, несущий опрокинутую чашу внутреннего купола (рис. 79, 80).

Здание расположено на некотором возвышении, имеет фундаменты глубокого заложения и построено целиком из жженого кирпича. На уровне цоколя по всему периметру внутри и снаружи каменная кладка в три ряда из блоков, хорошо отесанных и пригнанных в швах, образует гидроизоляционный пояс. Кроме кирпича и камня были использованы: дерево для балочного перекрытия над вестибюлем, перемычек оконных и дверных проемов, крепления сталактитового декора в куполках и нишах; глазурованная керамика и шлифованные кирпичи для лицевой кладки; гипс — как вяжущее.

Наши исследования позволяют утверждать, что при проектировании и строительстве мавзолея Тюрабек-ханым зодчими были допущены серьезные просчеты, приведшие к разрушениям гурханы, перекрытия над вестибюлем, внешних куполов мавзолея и декоративного убранства во всех нишах двенадцатигранника.

Так, например, гурхана была вкомпонована в толщу стены мавзолея и частично выступала в виде пристройки. В местах примыкания объемов сечение стен было резко ослаблено, тем самым нарушена равнопрочность стен — главная причина разрушения гурханы.

Купол над вестибюлем расположен низко. Над ним образовалось «мертвое» пространство, которое было перекрыто по пяти деревянным балкам, следы их заделки сохранились в кирпичной кладке.

Деревянное перекрытие со временем рухнуло, что повлекло за собой разрушение ниже расположенных конструкций и сталактитового декора купола вестибюля.

На плоской крыше над нишами двенадцатигранника, в толще кирпичной кладки, имеются прямоугольные сквозные вертикальные отверстия, очевидно служившие для заливки гипсовым раствором в целях крепления облицовки — сталактитовых полукуполов ниши. Эти отверстия были плохо заделаны, водоотвод с плоской кровли устроен не был, что и явилось причиной

разрушения высокохудожественной декоративной облицовки ниш двенадцатигранника.

Если досадные просчеты зодчего, повлекшие за собой эти разрушения, хорошо прослеживаются по сохранившимся остаткам сооружения, то причины разрушения внешнего купола мавзолея далеко еще не ясны. Они вызывают недоумения потому, что копический купол мавзолея Текеша, построенного более чем на столетие ранее мавзолея Тюрабек-ханым, имеющий толщину оболочки кирпичного купола 12 см при диаметре его, большем, чем у мавзолея Тюрабек-ханым, в 1,5 раза, находится в хорошей сохранности, между тем как внешний купол мавзолея Тюрабек-ханым давно уже разрушился.

В архитектуре мавзолея Тюрабек-ханым лейтмотивом композиции являются арки, обрамленные прямоугольными рамами. Этот прием, классический для зодчества Средней Азии, особенно выразителен в мавзолее Тюрабек-ханым благодаря тому, что тут проводится строгая дифференциация между «несущими» элементами структуры и ее «заполнением». Для этого зодчий мастерски использовал чистую кирпичную кладку, фактуру материала, цвет и микрорельеф, рассчитанные на игру света и тени: кладкой врасшивку из шлифованных кирпичей (10 рядов и 10 швов — 52 см) четкой, правильной формы, светло-желтого, с розовым оттенком цвета выявлена основа композиции — арки и прямоугольные рамы, тогда как «заполнение» тимпанов и декоративных полос представляет собой орнаментальный мотив; если арки и прямоугольные рамы имеют матовую фактуру кирпича, то орнаментальное «заполнение» из глазурованной резной мозаики — в интенсивной цветовой гамме; если основа композиции арки и рамы создают невысокий рельеф, то «заполнение» западает, благодаря чему появляется тонкая игра света и тени. Использование зодчими цвета и света способствует выразительности тектонической структуры композиции сооружения.

Цилиндрический барабан, несущий главный купол, имеет сплошную облицовку, состоящую из глазурованной резной мозаики. Темой его композиции является тот же арочный мотив, отвечающий двенадцати световым проемам и рамному каркасу, соответствующий двадцатичетырехграннику. Рамы каркаса завершаются орнаментальным фризом и сталактитовым карнизом, на который опирается голубой купол тороконической формы.

Интерьеры мавзолея Тюрабек-ханым решены в тех же строительных материалах и теми же композиционными средствами, что и на фасадах, — арка и прямоугольная рама. В ярусе светового пояса развивается тема аркатуры

без прямоугольных рам. Единая архитектурная тема в решении интерьеров подчеркивается тем, что по мере развития композиции вверх применение цвета увеличивается и в зените главного купола достигает своей кульминации, то же самое наблюдается и на фасадах — в полукуполах ниш двенадцатигранника и в нише входного портала.

Для архитектуры мавзолея Тюрабек-ханым характерен масштабный строй, динамичность которого осуществляется по принципу: чем выше расположены архитектурные элементы, тем они мельче, благодаря чему пространство интерьера кажется больше его натуральных размеров.

Композиция сталактитовых куполов вестибюля и гурханы основана на угловом модуле $\frac{360}{40} = 9^\circ$, получившем освещение в трактате «Введение (в учение) о подобных и соответственных фигурах» (X в.), написанном в столице Хорезма.

Восхищает высокохудожественный декор купола главного помещения мавзолея Тюрабек-ханым, который отличается таким богатством и многообразием форм, такой цельностью композиции, что другого такого купола, как утверждает А. Ю. Якубовский, не знает архитектура ни мусульманского Востока, ни христианского Запада. Однако возникает вопрос: как и какими методами был построен этот сложнейший орнамент на поверхности опрокинутой чаши купола?

Сфероконический купол главного помещения гладкий, а рисунок орнамента структурный, сетка гериха подчеркнута белыми лентами на синем фоне, которые образовали систему повторяющихся фигур десяти-, пятиугольных звезд и их производных, меняющихся по форме и размерам по мере приближения к зениту купола.

Характерно, что в декоративном убранстве купола главного помещения сочетается геометрический и растительный орнамент, а в декоре фасадов и стен интерьера геометрический орнамент отсутствует, зато появляется эпиграфика в сочетании с растительным орнаментом, которые плохо сохранились, лишь на северо-восточном фасаде хорошо читается многократное прославление «Царство принадлежит Аллаху», написанное почерком «насах» — белыми буквами по синему фону.

Богатство цветовой гаммы характеризуется наличием цветов бирюзового, белого, черного, желтого, зеленого, красного и золота.

Для определения соразмерностей частей и целого мавзолея Тюрабек-ханым прием размеры подкупольного шестигранника за исходные и попытаемся проследить, насколько от-

крытые нами методы и принципы в построении архитектурной формы приемлемы для данного сооружения.

Размеры сторон подкупольного шестигранника — 553, 552, 553, 547, 554 см, среднеарифметическая — 552 см — были выражены десятью шахскими полугязами¹⁴. Натурные размеры отдельных элементов сооружения представлены в табл. 3.

Таблица 3

Размеры мавзолея Тюрабек-ханым

Элемент	Размер	
	в см	в полугяз-зах при 1 полугязе в 55,2 см
Сторона шестигранника	552	10
Ширина портала	1383	25
Ширина ниш шестерика	323	$5\frac{7}{8}$
Ширина устья шестерика	114	$2\frac{1}{16}$
Высота шестерика	963	$17\frac{1}{2}$
Высота двенадцатигранника в интерьере	272	5
Высота двадцатичетырехгранника	195	$3\frac{1}{2}$
Сторона двенадцатигранника по внешнему периметру плана . . .	483	$8\frac{3}{4}$
Ширина ниш двенадцатигранника по наружному периметру здания	242	$4\frac{3}{8}$
Глубина ниши шестерика	178	$3\frac{1}{4}$
Ширина проема в портале	251	$4\frac{9}{16}$
Ширина входного проема	215	$3\frac{7}{8}$
Толщина барабана	195	$3\frac{1}{2}$

Шестиграннику со стороной a соответствует диаметр купола $a\sqrt{3}$. Композиция плана мавзолея Тюрабек-ханым решалась геометрическим построением на бумаге. Для перенесения проекта в натуру зодчие определяли размеры частей сооружения аналитическим методом, причем пользовались полугязом в 55,2 см, который был поделен на 60 фульсов, каждый из которых равнялся 9,2 мм.

Иррациональные величины могли определяться с большой точностью, однако этой возможностью пренебрегали. Так, ради арифметической координации за иррациональную величину $\sqrt{3}$ строители мавзолея Тюрабек-ханым, вероятно, принимали не 1,73, а 1,75, допуская тем самым погрешность в вычислениях на 0,02.

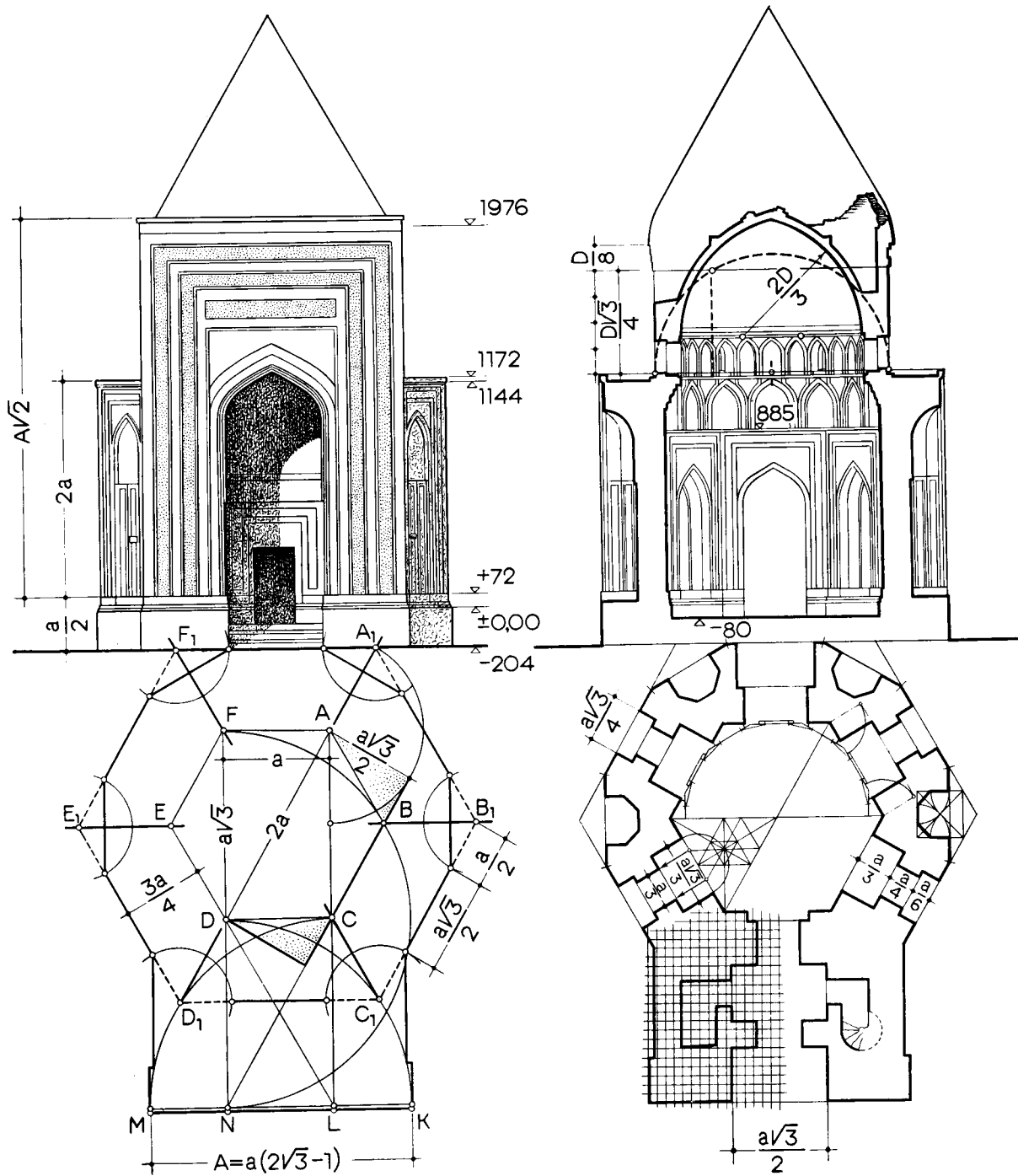


Рис. 80. Мавзолей Тюрабек-ханым. План фасада и разрез.
Анализ построения

Следовательно, в вычислениях древних зодчих диаметр купола имел размеры $10 \times \sqrt{3}$, или $10 \times 1,75$ полуязза, или $552 \times 1,75 = 966$ см.

Как видно из чертежа построения плана мавзолея Тюрабек-ханым (рис. 80), линия фасада (NL) определена размером диаметра купола, отложенным от точек D и C . Натурные размеры — 984 см. Следовательно, расхождение с теоретическими — 18 см.

Тем же диаметром, отложенным от точек N и L , определена ширина портала (точки M и K), которая соразмерна двум диаметрам минус сторона шестигранника, т. е. $(17,5 + 17,5) - 10 = 25$ полуяззам. Ширина портала в натуре — 1383 см, что соответствует 25 полуяззам; погрешность — 3 см.

Определение внешнего абриса плана выполнено в проекте геометрическим построением, для которого зодчий воспользовался вспомогательными точками A_1, B_1, C_1 и т. п. Как видно из чертежа, эти вспомогательные точки были получены отложением половины диаметра купола с углов шестиугольника на продолжении его диагоналей. Соединением точек A_1, B_1, C_1 и т. д. получен внешний шестигранник, в который вписан двенадцатигранник.

Для получения углов двенадцатигранника с углов внешнего вспомогательного шестиугольника на его стороне откладывалась половина стороны внутреннего шестигранника. Сторона двенадцатигранника соответствует половине диаметра купола. Натурные размеры ее — 483 см.

Внешние ниши двенадцатигранника, несмотря на то что они разные в плане (прямоугольник чередуется с фигурой октогональной формы), одинаковы по ширине: 243, 247, 239, 244, 240, 241, 242 см, т. е. среднеарифметическая величина их — 242 см, что соответствует одной четвертой диаметра купола.

Ширина арочных ниш и проемов на гранях шестерика — в среднем 323 см, что соответствует одной трети диаметра купола при погрешности в 3 см.

Четыре прямоугольные в плане ниши шестерика, сень и ниша входного портала в плане, а также грань шестерика подобны между собой и выражают прямоугольник с отношением сторон, близким к $1 : \sqrt{3}$.

Каждая грань шестигранной призмы в интерьере представлена прямоугольником $\sqrt{3}$, так как основание прямоугольника соответствует стороне шестигранника, т. е. 10 язам, а высота — $10\sqrt{3}$, причем в исчислении по методу древних она равна 17,5 полуязза, или 966 см, а натурные размеры ее — 965 см.

Плоскость грани шестигранной призмы от цоколя до обреза карниза соответствует пря-

моугольнику $\sqrt{2}$, ибо отношение высоты к основанию $\frac{775}{552}$ близко к $\sqrt{2}$.

Высота цоколя в интерьере соответствует $a\sqrt{3} - a\sqrt{2}$ при a , равном стороне шестигранника.

Высота двенадцатигранника (272 см), соразмерная его стороне, очевидно, была определена исходя из натуральных размеров стороны.

Далее двадцатичетырехгранник, его высота — 196 см, или $3\frac{1}{2}$ полуязза, каждая грань представляет 1,5 квадрата.

Внутренний купол мавзолея Тюрабек-ханым — сфероконического очертания. Кривая купола построена из двух центров радиусами, равными $\frac{2}{3}$ диаметра круга купола.

Исключительный интерес представляет проектирование и осуществление мозаичного декора купола интерьера. Его сложный герих выполнен на сфероконической поверхности.

Анализ показывает, что эти задачи были осуществлены зодчими гениально просто. Поверхность была разбита на 24 дольки, каждая из которых представляла вогнутую плоскость криволинейных очертаний. На ней и был изображен повторяемый элемент гериха. Чтобы орнаменты, изображенные на дольках, составили единое целое, требовалась большая точность и аккуратность исполнения на тахмине. С этой задачей зодчие справились прекрасно.

Пропорции барабана мавзолея Тюрабек-ханым определены аналогично примененным в мавзолее Текеша, но с внесением изменений, которые придают сооружению большую стройность. Здесь общая высота барабана, включая и карниз,

$$H = \frac{D\sqrt{3}}{4} + \frac{D}{8},$$

где D — диаметр барабана, $\frac{D}{8}$ — высота столбчатого карниза.

Внешний купол мавзолея Тюрабек-ханым, а также верхняя часть его портала не сохранились. О форме внешнего купола существуют различные мнения. Одни полагают, что он имел сфероконическую форму, другие считают, что он был коническим.

Форма купола воссоздается нами условно, так как сохранившийся фрагмент оболочки мал и не дает ключа к восстановлению кривой образующей купола.

Высота двенадцатигранного объема от обреза цоколя (отметка +72 см), очевидно, соответствовала двум сторонам шестигранника, т. е. 20 полуяззам. При ширине основания грани, равной половине диаметра купола, плоскость

границы выражалась отношением $\frac{a\sqrt{3}}{2} : 2a$.

Высота портала определится как $25\sqrt{3}$, т. е. около $43\frac{3}{4}$ полуязва, в том случае, если допустить, что для определения пропорций главного фасада мавзолея Тюрбек-ханым зодчие пользовались отношением $1 : \sqrt{3}$. Верхняя часть портала не сохранилась и восстанавливается условно. Его пропорции выше обреза цоколя близки к прямоугольнику $1 : \sqrt{2}$.

Материалы анализов не оставляют сомнения в том, что строители мавзолея Тюрбек-ханым, несмотря на сложность задуманной композиции плана сооружения, с непреклонной последовательностью проводят выработавшийся многовековым опытом метод проектирования, в основе которого лежит принцип геометрической гармонизации, причем за исходный размер ими принимаются производные подкупольного помещения, т. е. шестигранника.

Мавзолей Ахсадан-баба (XIV в.)¹⁵

От мавзолея Ахсадан-баба сохранился только склеп, который представляет значительный интерес по оригинальному пространственному решению интерьера. Ядро помещения — правильный шестигранник, перекрытый плоским куполом на сферических парусах. Пространство помещения расширилось во все шесть сторон устройством глубоких ниш, перекрытых стрельчатыми сводами с небольшим зеркалом.

Построение плана, весьма сложного по своей конфигурации, как нам представляется, сводилось к следующему.

Построен квадрат 1—4 (рис. 81). Радиусом, равным половине диагонали квадрата, описана окружность. Далее окружность поделена на шесть частей, а в квадрат вписан двенадцатиугольник (уже знакомым нам методом по построению плана мавзолеев Абу Саида в Меане, и Абу-л-Фазла в Серахсе), который, очевидно, представлял верхнюю камеру мавзолея.

Конфигурация ядра плана склепа представляет результат последовательно вписанных шестиугольников, а соразмерности шести ниш и устоев являются производными плана верхней камеры в сочетании с шестериком ядра, что достаточно наглядно из графического анализа.

Мавзолей Кусамы ибн Аббаса (1334—1335 гг.)¹⁶

Мавзолей Кусамы ибн Аббаса, мавзолей Ходжа Ахмада работы зодчего Фахри (или Фаджри) и безымянный мавзолей 1360—1361 гг. в некрополе Шах-и-зинда в Самарканде

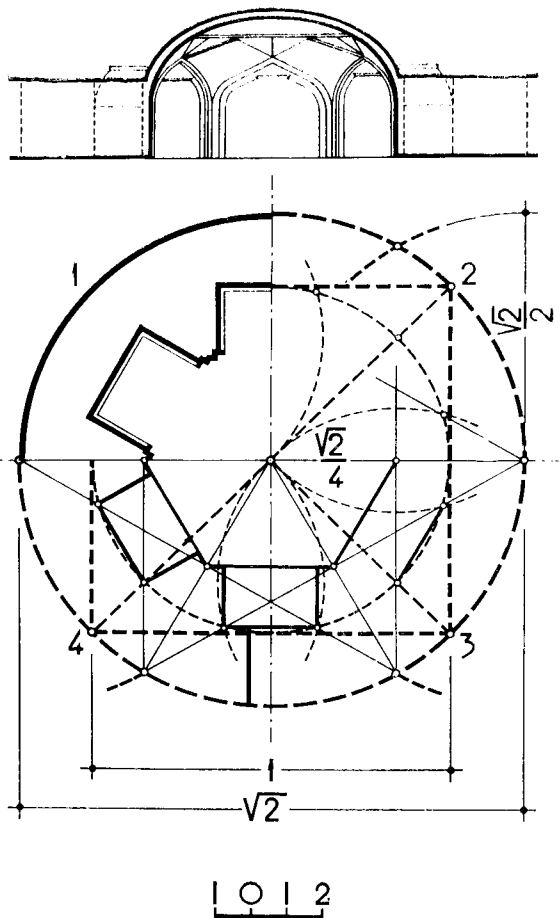


Рис. 81. Мавзолей Ахсадан-баба в Азербайджане (XIV в.).

План и разрез склепа. Анализ построения

характеризуют практику и теорию архитектуры периода возрождения культуры Мавераннахра в послемонгольский период.

Мавзолей Кусамы ибн Аббаса в том виде, в каком он сложился к XIV в. и каким дошел до нас, состоит из двух помещений — гурханы и зияратханы. Взаиморасположение их асимметричное, причем площадь пола гурханы меньше в 2 раза, чем помещение зияратханы. Оба они имеют традиционную структуру: четверик, над ним восьмерик, перекрытый куполом. В первом случае купол сфероконический, во втором — восьмигранный сомкнутого типа.

Интерьер зияратханы решен с большим вкусом и мастерством: стены четверика были расписаны — следы росписи сохранились в нижних слоях штукатурки; ярус парусов и купол решены с применением полихромной облицовки, керамических сталактитов, коврового орнамента и рельефной эпитафии. Купол производит чарующее впечатление и характеризует высокий уровень художественной культуры

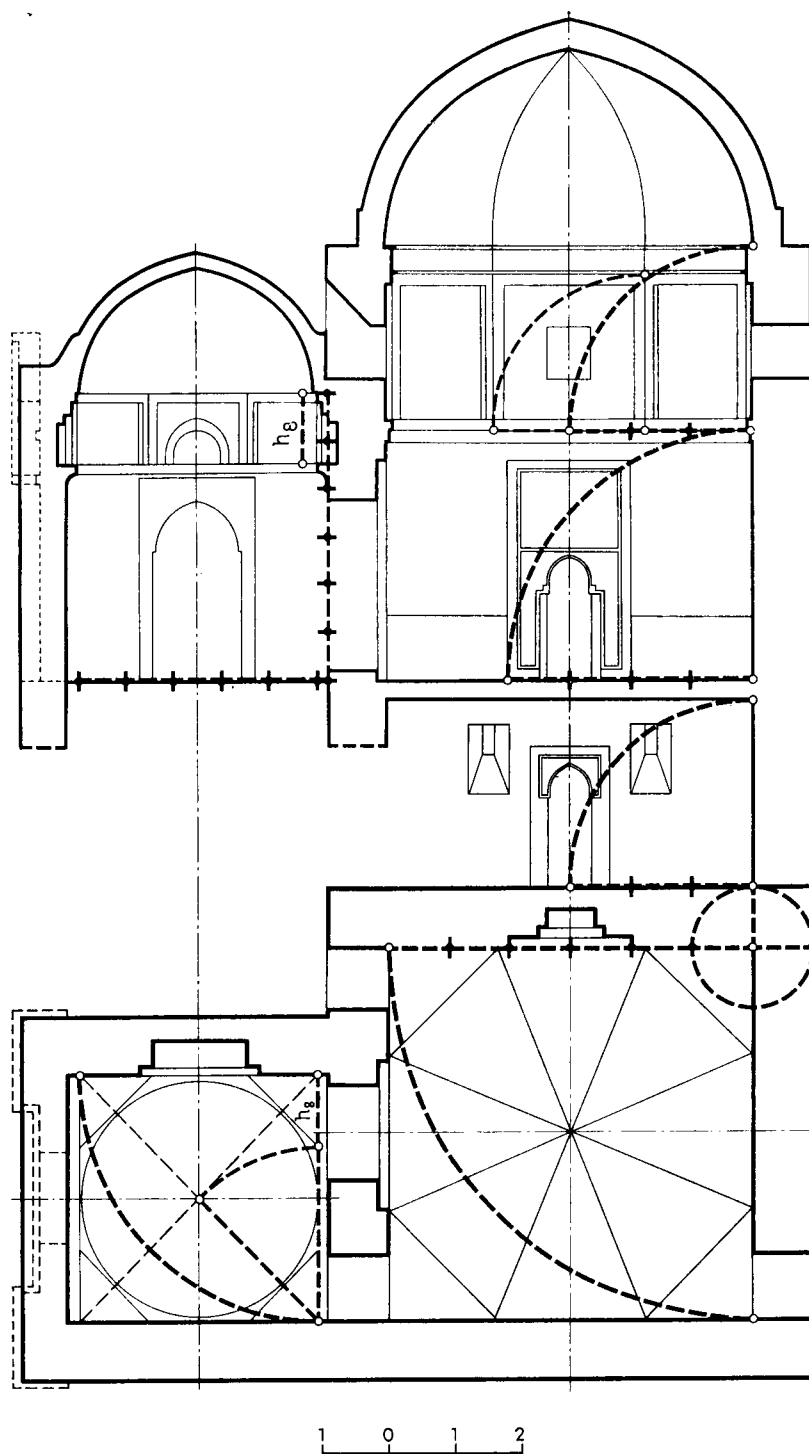


Рис. 82. Мавзолей Кусамы ибн Аббаса в Шах-и-зинда (1334—1335 гг.).
План и разрез. Анализ построения

зодчих, принимавших участие в строительстве мавзолея Кусамы ибн Аббаса.

Несмотря на реконструктивные работы, проведенные архитекторами-реставраторами на мавзолее во второй половине XV в., основные габариты сооружения остались прежними.

Помещение зияратханы (рис. 82) — в плане квадрат со сторонами 558 см — является исходным параметром в установлении соразмерностей сооружения, однако здесь сочетаются модульные и геометрические соотношения. Если толщину его стен принять за модуль (93 см), то подкупольный квадрат будет соответствовать 6×6 модулям. Высота четверика соразмерна 4 модулям, следовательно, стена четверика представляет прямоугольник с отношениями сторон 3 : 2. На уровне яруса парусов действует геометрия, высота восьмерика соразмерна его стороне. Высота от верха четверика до основания купола соразмерна половине стороны подкупольного квадрата.

Нижнее помещение зияратханы в плане имеет те же габариты, что и верхнее. Высота этого помещения соразмерна половине стороны квадрата, следовательно, прямоугольник стены имеет отношение 2 : 1.

План гурханы — слабо выраженный прямоугольник со сторонами 361×394 см, обусловленный приспособлением при строительстве к фундаментам зданий, ранее существовавших в этом месте. Однако на уровне яруса парусов в связи с разбивкой правильного восьмерика за счет карнизных выступов образовался квадрат 361×361 см.

Общая высота четверика и восьмерика, т. е. от пола до основания купола, соразмерна $\frac{6}{5}$ стороны квадрата, т. е.

$$\frac{361 \times 6}{5} = 433,2 \text{ см.}$$

Высота в натуре — 433 см.

В соразмерностях восьмерика гурханы, так же как и в зияратхане, действует геометрия. В квадрат вписан правильный восьмигранник, а высота его соразмерна разности стороны и полудиagonали квадрата, т. е.

$$361 \times \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 106 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 103 см; погрешность — 3 см.

Мавзолей Буян Кули-хана в Бухаре (1358 г.)

Мавзолей монгольского хана Буян Кули, убитого в Самарканде в 1359 г. во время народного возмущения, интересен как произведение зодчества, характеризующее уровень архитектурно-художественной культуры Мавераннахра

середины XIV в. — времени заката монгольского владычества. Исследователь этого памятника Л. И. Ремпель видит в его архитектуре как традиции прошлого, так и ростки нового, отмечает успехи и достижения зодчих, не утративших под игом завоевателей ни эти традиции, ни богатство творческой мысли [239, с. 73].

Мавзолей Буян Кули-хана — чуть вытянутый параллелепипед с возвышающимся над ним куполом и порталом (рис. 83).

Просторная зияратхана с прекрасной полихромной керамической облицовкой производит чарующее впечатление, несмотря на то что помещение относительно небольшое — сторона его равна 620 см (рис. 84). В глубине зияратханы — маленькое помещение гурханы, от которой отходят узкие коридоры — обходы в стене. Назначение их остается неизвестным, если не считать, что один из них связан с выходом на крышу.

Исходным параметром в установлении соразмерностей сооружения, очевидно, был подкупольный квадрат.

Толщина передней и боковых стен соразмерна разности стороны и полудиagonали квадрата, т. е.

$$a \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 620 \times 0,293 = 182 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 177,5 см; погрешность — 4,5 см.

Ширина (А) фасада соразмерна стороне (а) квадрата плюс удвоенная разность стороны и полудиagonали квадрата:

$$a \left[1 + 2 \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)\right] = 984 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 975 см; погрешность — 9 см.

Удлинение здания вглубь от грани четверика — на половину стороны (а) квадрата.

Длина (В) бокового фасада

$$a \left(1 + \frac{1}{2} + 1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 1,798 \times 620 = 1115.$$

Натурные размеры — 1120 см; погрешность — 5 см.

Высота (Н) четверика соразмерна большому отрезку при делении стороны (а) квадрата в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$H = \frac{a(\sqrt{5}-1)}{2} = 620 \times 0,618 = 383 \text{ см.}$$

Высота (h) восьмерика соразмерна разности стороны (а) и полудиagonали квадрата, т. е.

$$h = a \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 620 \times 0,293 = 182 \text{ см.}$$

Помещение гурханы — прямоугольник с соотношениями сторон 2 : 3. Натурные размеры ее — 210×315 см.

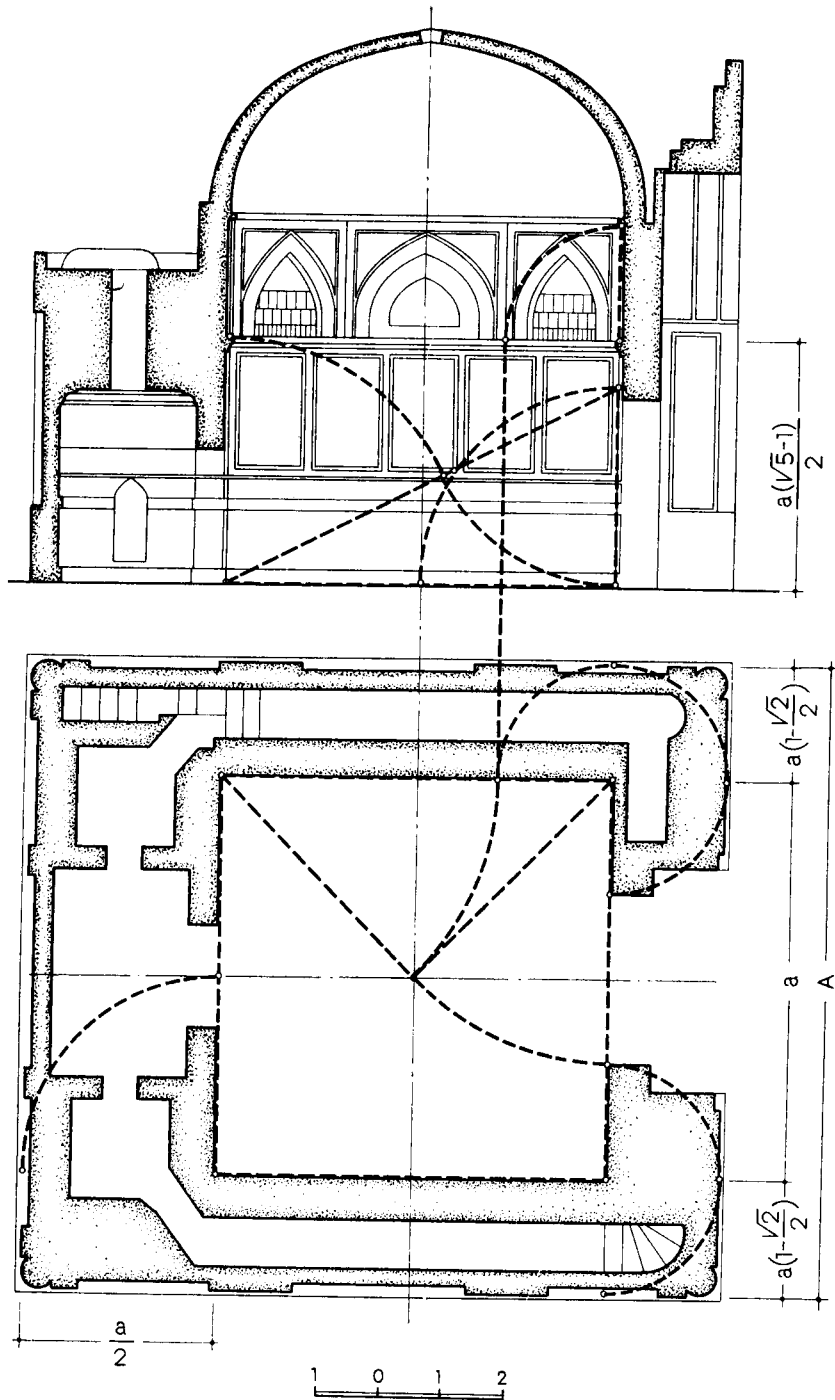


Рис. 83. Мавзолей Буян Кули-хана в Бухаре (1358 г.).
План и разрез. Анализ построения

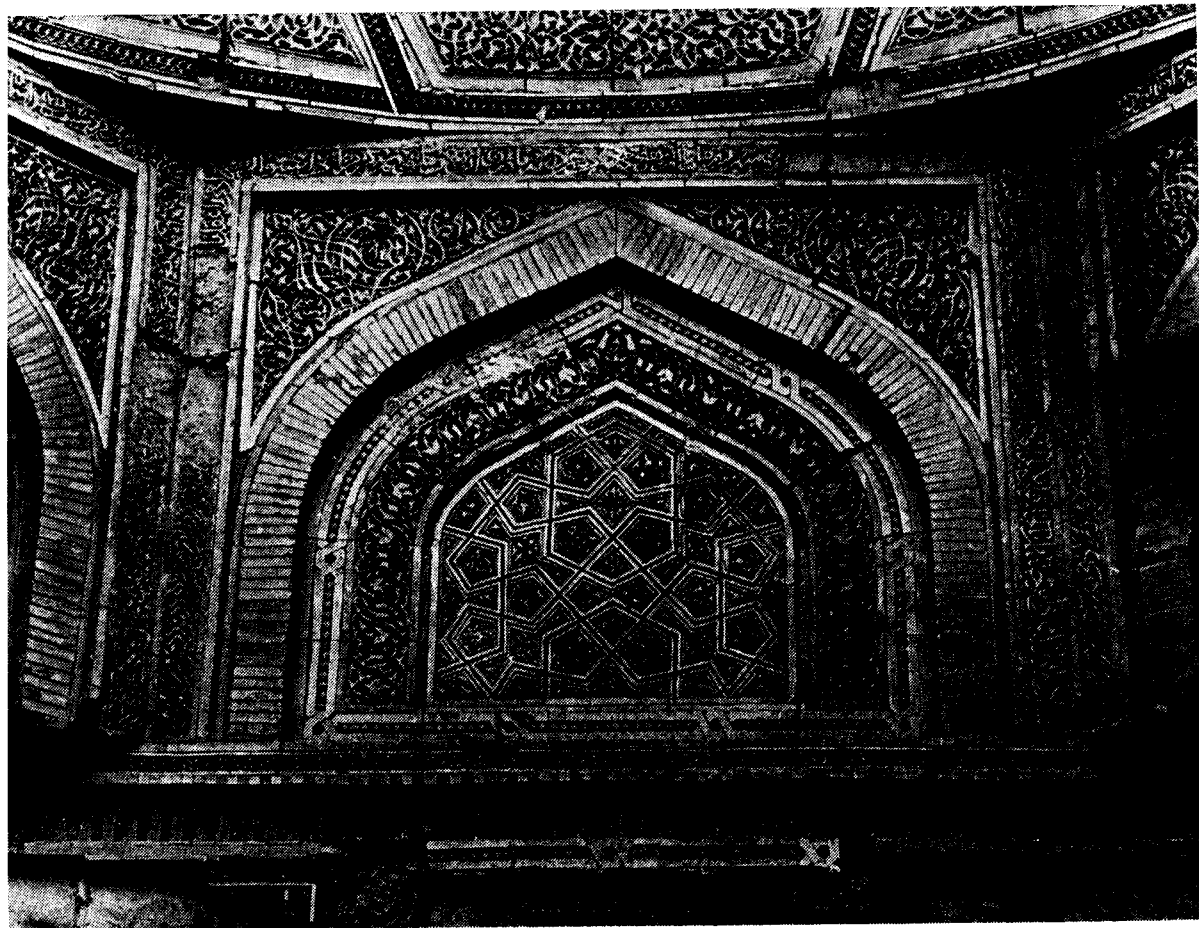


Рис. 84. Мавзолей Буян Кули-хана. Фрагмент интерьера

Если высоту здания принять за единицу (505 см), то ширина, длина и высота сооружения могут быть выражены (с некоторыми погрешностями) отношением $2 : \sqrt{5} : 1$.

**Безмянный мавзолей
из ансамбля Шах-и-зинда
(1360—1361 гг.)**

Мавзолей 1360—1361 гг. (рис. 85) как датированный памятник архитектуры с его прекрасной керамической облицовкой привлекал внимание исследователей неоднократно [86, с. 62—63; 119, с. 142; 239, с. 113—114], а соразмерности сооружения стали предметом специального исследования архитектора Ю. З. Шваб, проводившей его в связи с реставрацией памятника [298, с. 143—158].

С итогами анализов соразмерностей мавзолея, выполненных Ю. З. Шваб, можно согласиться, так как приемы построения архитектурной формы в них традиционны, расхождения натуре

с теоретическими данными незначительны. Однако камнем преткновения оказались соразмерности выноса порталльной стены. Между тем задача определения этой соразмерности связана с пропорциями общего пятна плана, а она решалась «наукой искусных геометрических приемов» относительно просто.

Попытаемся разобраться.

Если допустить, что зодчий мавзолея 1360—1361 гг. для установления пропорций сооружения пользовался прямоугольным треугольником $2, \sqrt{5}, 3$, ставшим традиционным в практике зодчих, т. е. ширину здания принимал равной 2, диагональ прямоугольника равной 3, то длина плана — $\sqrt{5}$ (рис. 86).

План представляет собой прямоугольник. Размеры его по внешнему периметру: ширина — 876, 850 (средняя — 863 см), длина — 920, 960 (средняя — 940 см).

Проверка:

$$B = \frac{A\sqrt{5}}{2} = 863 \times 1,118 = 962 \text{ см.}$$

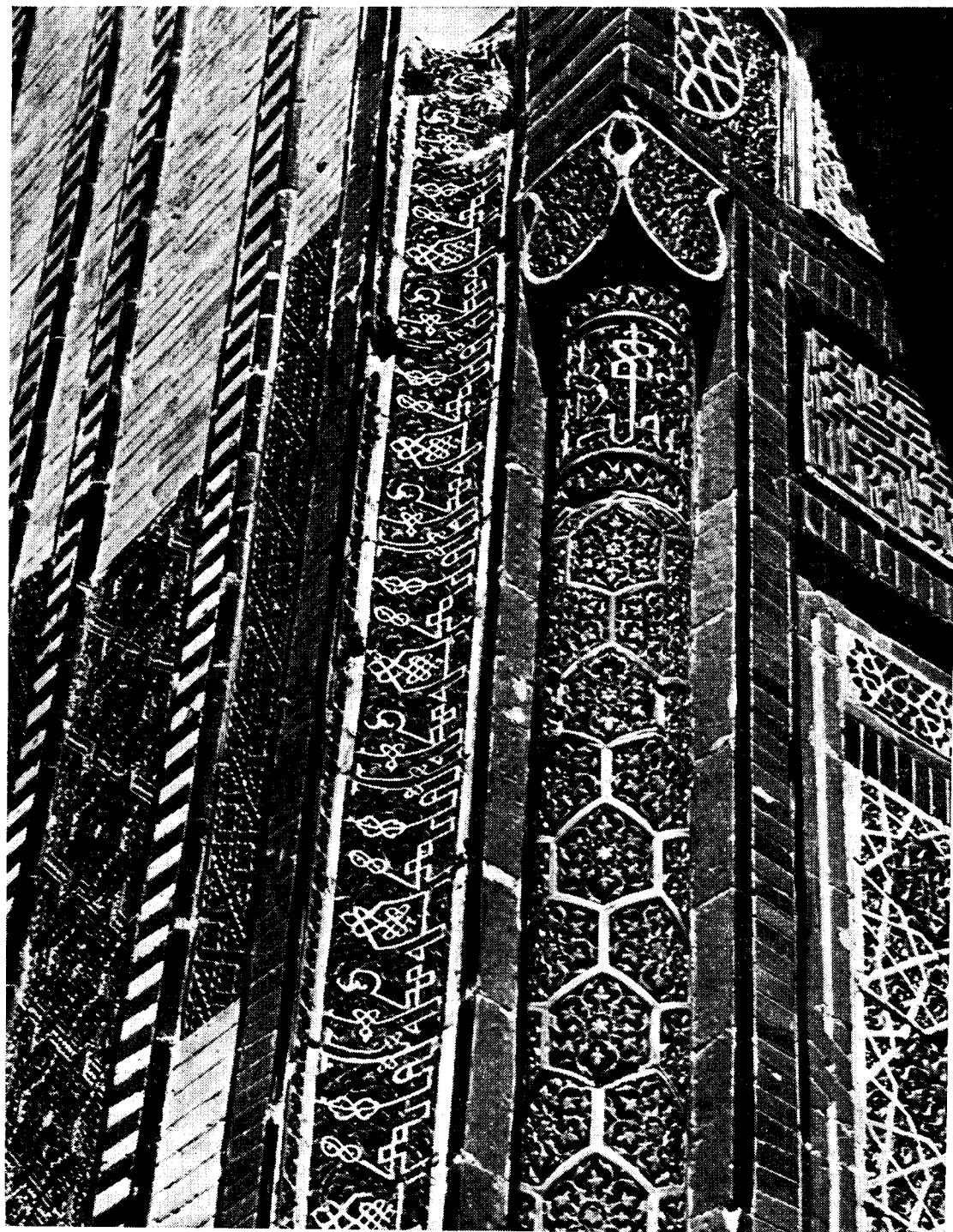


Рис. 85. Безымянный мавзолей в Шах-и-зинда
(1360—1361 гг.)

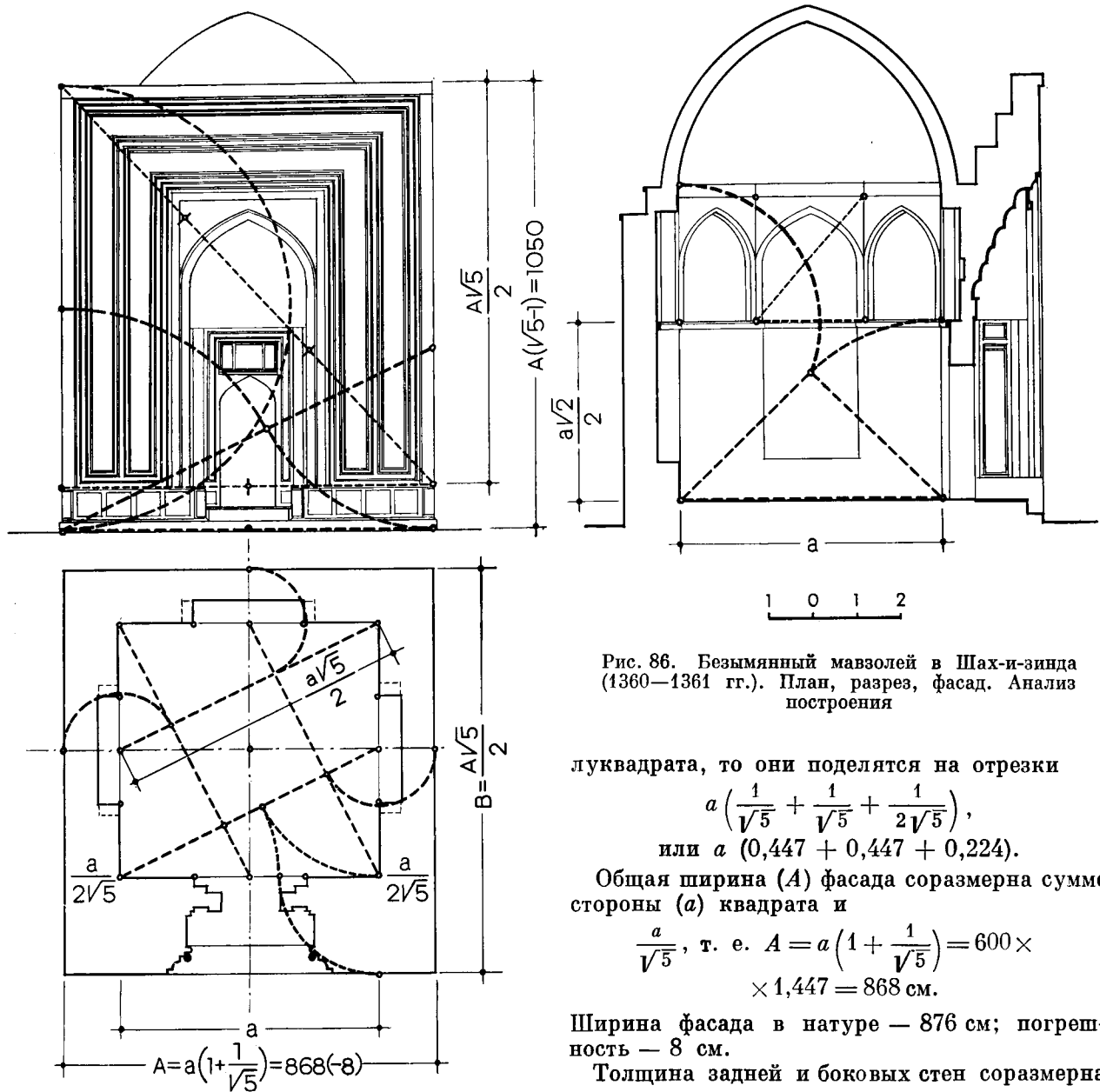


Рис. 86. Безымянный мавзолей в Шах-и-зинда (1360—1361 гг.). План, разрез, фасад. Анализ построения

луквадрата, то они поделятся на отрезки

$$a \left(\frac{1}{\sqrt{5}} + \frac{1}{\sqrt{5}} + \frac{1}{2\sqrt{5}} \right),$$

или $a (0,447 + 0,447 + 0,224)$.

Общая ширина (A) фасада соразмерна сумме стороны (a) квадрата и

$$\frac{a}{\sqrt{5}}, \text{ т. е. } A = a \left(1 + \frac{1}{\sqrt{5}} \right) = 600 \times \\ \times 1,447 = 868 \text{ см.}$$

Ширина фасада в натуре — 876 см; погрешность — 8 см.

Толщина задней и боковых стен соразмерна

$$\frac{a}{2\sqrt{5}} = \frac{600}{2 \times 2,236} = 134 \text{ см.}$$

Толщина порталной (передней) стены соразмерна малому отрезку при делении стороны (a) в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$\frac{a(3 - \sqrt{5})}{2} = 600 \times 0,382 = 229 \text{ см.}$$

Натурные размеры ее — 230 см.

Ширина порталной ниши соразмерна той же величине, что и толщина порталной стены, с погрешностью в 2 см.

Соразмерности рассматриваемого мавзолея служат примером сочетания геометрических и простых арифметических отношений. Это видно

Погрешность усредненной натуре с теоретическими — 24 см — находится в пределах тех ошибок, которые могли возникнуть при разбивке сооружения или возникли в связи с деформациями за время многовекового существования сооружения.

Однако исходным параметром в установлении соразмерностей сооружения являлся подкупольный квадрат, имеющий стороны (a) 600, 597, 596, 603 см (средняя — около 600 см).

Если в подкупольном квадрате провести взаимно пересекающиеся диагонали ($\frac{a\sqrt{5}}{2}$) по-

хотя бы из того, что в начале строительства стены четверика имели членения на простенки и нишу как 1 : 2 : 1. В дальнейшем в проект были внесены изменения: ширина ниш четверика оказалась увязанной с восьмериком, так же как и неглубокая ниша передней стены четверика. При этом стены четверика получили членения в отношении 3 : 4 : 3.

Высота четверика соразмерна полудиagonали квадрата, т. е.

$$H_{\text{чств.}} = \frac{a\sqrt{2}}{2}.$$

Каждая грань восьмерика представлена отношением $2 : \sqrt{5}$. Прямоугольник портала (верхняя часть утрачена), очевидно, был выражен отношением основания к высоте от уровня цоколя как $2 : \sqrt{5}$, от уровня земли — как $1 : (\sqrt{5}-1)$.

Мавзолей Карабаглар (XIV в.)

Мавзолей в селении Карабаглар Азербайджанской ССР принадлежит к типу башенных. Построен он из кирпича. Формы мавзолея скульптурно-пластические благодаря тому, что стены его образованы двенадцатью полуцилиндрами (гофрами), сомкнуто поставленными на двенадцатигранный каменный цоколь. Гофры покрыты поливным кирпичным орнаментом, представляющим кувшинообразные надписи, выполненные под углом 45° к горизонту, что придало рисунку орнамента динамичность. По двум перпендикулярным осям — четыре входных (световых) проема, имеющие прямоугольное обрамление. Гофры завершаются невысоким фризом с эпиграфическим орнаментом более мелкого рисунка, выполненного почерком «наسخ». Покрытие здания не сохранилось.

Во всякое время года и суток в разных условиях освещения мавзолей благодаря пластичности его форм и полихромной трактовке производит весьма эффектное впечатление.

Склеп мавзолея — подземная часть сооружения — двенадцатигранный. Однако план помещения имеет крестообразную форму со сводчатым перекрытием. Верхнее помещение представляет полую двенадцатигранную призму стройных пропорций, по сторонам двенадцатигранника — неглубокие ниши, которые завершаются стрельчатыми арками.

Пропорции мавзолея Карабаглар подверглись дальнейшему исследованию [66], позволившему констатировать, что соразмерности его подчинены модулю. При этом авторы исследования приняли за модуль ширину входных проемов мавзолея, равную 85,5 см.

Л. С. Бретаницкий, сопоставляя данные анализа соразмерностей мавзолея Карабаглар с

итогами исследований архитектурного модуля другими учеными — Д. Б. Хазановым, К. С. Крюковым, В. М. Морозовым, заключает: «Трудно говорить о результатах дальнейшего изучения этого вопроса, однако нет оснований предполагать, что система пропорционирования в зодчестве средневекового Азербайджана была связана с какими-либо сложными математическими расчетами, многочисленными производными, иррациональными числами и т. д.» [60, с. 463].

Не будем полемизировать по данному весьма принципиальному вопросу, поскольку нами не отрицается существование в теории и практике зодчих как модульных, так и геометрических соразмерностей, однако позволим себе взглянуть на построение архитектурной формы мавзолея Карабаглар с позиции уже зарекомендовавших себя приемов анализа на основе старых трактатов — теоретических положений, сформулированных Абу Насром ал-Фараби задолго до проектирования и строительства мавзолея Карабаглар.

Исходным параметром соразмерностей сооружения был квадрат 1—4 (рис. 87). Полудиagonal этого квадрата явилась радиусом описанного круга, в который был вписан двенадцатигранный цоколь сооружения.

В этот исходный квадрат 1—4 наипростейшим способом был вписан двенадцатигранный верхний камеры мавзолея. Для этого зодчий пользовался прямоугольным треугольником в 30 и 60° . На каждой стороне квадрата построен равносторонний треугольник с вершиной в центре квадрата, т. е. были проведены линии через центр под углом 60° к сторонам квадрата. Из точек их пересечения были проведены линии AB, CD, EF, KL под углом 60° к сторонам квадрата, и получен правильный вписанный в квадрат двенадцатигранный. Углы B, N, D, L, M становились центрами полуцилиндров (гофр).

Соразмерности крестообразного помещения склепа были установлены классическим приемом построения вписанного в квадрат (1—4) восьмиугольника, т. е. на сторонах квадрата от его углов были отложены полудиagonали, противоположные углы восьмиугольника соединились параллельными линиями к сторонам квадрата, получалось крестообразное помещение склепа.

Высота склепа, перекрытие которого разрушено, могла быть соразмерной разности стороны и полудиagonали квадрата.

Высота верхней камеры мавзолея Карабаглар от пола до основания внутреннего купола соразмерна $\sqrt{3}$ при стороне исходного квадрата (1—4), равной единице.

Средневековые мухандисы, землемеры, вычислители в странах Востока, судя по сообщениям Омара Хайама и по исследованиям Б. А. Розенфельда, А. П. Юшкевича и Г. П. Матвиевской, не делали разницы между числами и иррациональными величинами. Вычислительная техника, основанная на шестидесятеричной системе, как установлено исследованиями М. И. Медового, была достаточно высокая. Это дает основание утверждать, что определение геометрических параметров мавзолея Карабаглар для средневекового азербайджанского зодчего не представляло никаких затруднений, однако при перенесении проекта в натуру могла происходить модульная координация. Возможно, именно этим объясняется совпадение соизмерностей средневековых сооружений X—XV вв. с тем или иным модулем. Но несомненно, что в гармонизации пространственных архитектурных форм этой эпохи примат принадлежал искусным геометрическим приемам. В теории и практике зодчих восторжествовала геометрическая концепция. Это видно при рассмотрении соизмерностей целого ряда памятников архитектуры и теоретических трактатов ученых-энциклопедистов эпохи.

Комплекс Ходжа Ахмада Ясеви (конец XIV в.)

Этот архитектурный комплекс включает в свой состав мавзолей, посвященный известному мусульманскому мыслителю и богослову Ходже Ахмаду Ясеви (XII в.), мечеть, библиотеку, жилище (худжры) для паломников, столовую для ритуальных трапез, кудукхану (помещение с колодезем внутри здания), зал собраний и др.

Комплекс Ходжа Ахмада Ясеви был центром пропаганды и распространения ислама, идеологическим и политическим форпостом тимуровского государства в кочевой степи.

Как и многие тимуровские постройки, комплекс Ходжа Ахмада Ясеви отличается своими значительными масштабами, грандиозностью замысла, тем не менее объемно-пространственная трактовка комплекса проста. Это вытянутый параллелепипед, по продольной оси которого возвышаются портал и два купола: один — большой (над залом собраний — джамаатханой), а другой — малый (над гурханой).

Архитектуре мавзолея Ходжа Ахмада Ясеви за последние годы посвящена специальная литература [135, с. 89—92; 187, с. 39—45; 199, с. 15].

В последние годы в связи с реставрационными работами, проводившимися на памятнике, возникло монографическое исследование

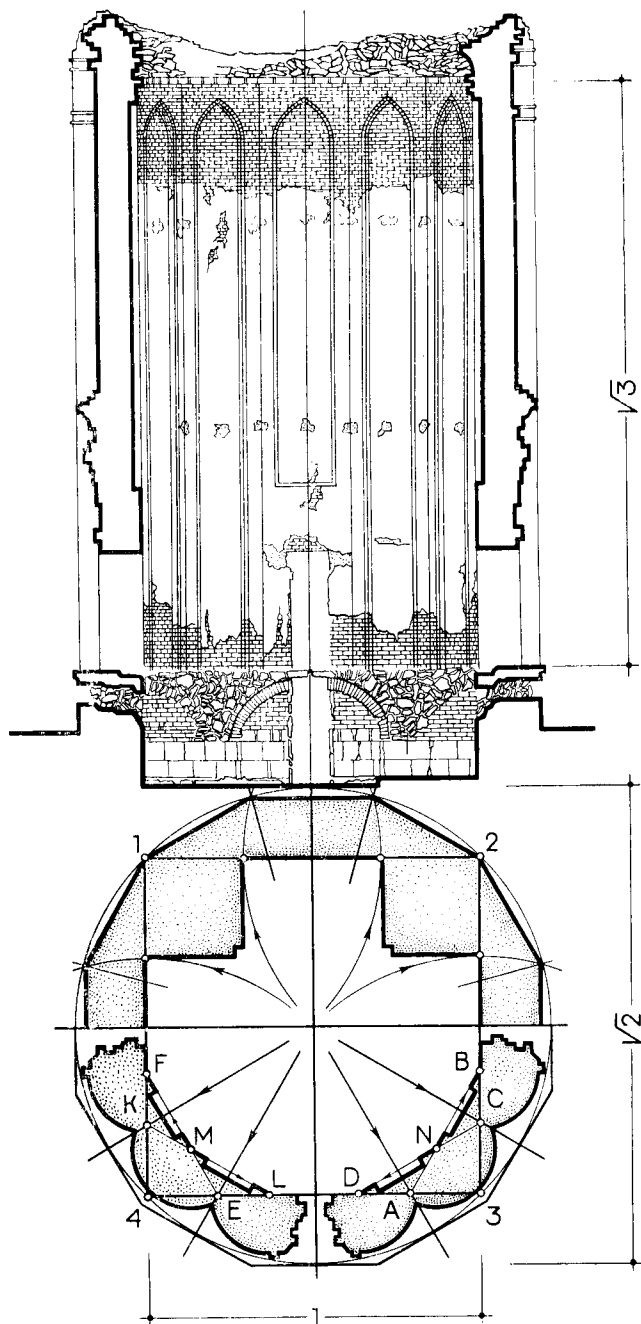


Рис. 87. Мавзолей Карабаглар в Азербайджане (XIV в.). План, разрез. Анализ постройки

Л. Ю. Маньковской. В нем затронуты и вопросы построения архитектурной формы, позволившие установить соизмерности частей и целого сооружения, основанные на стороне и диагонали квадрата, сочетающиеся с модулем, равным глазу тимуридского времени [183, с. 93—142].

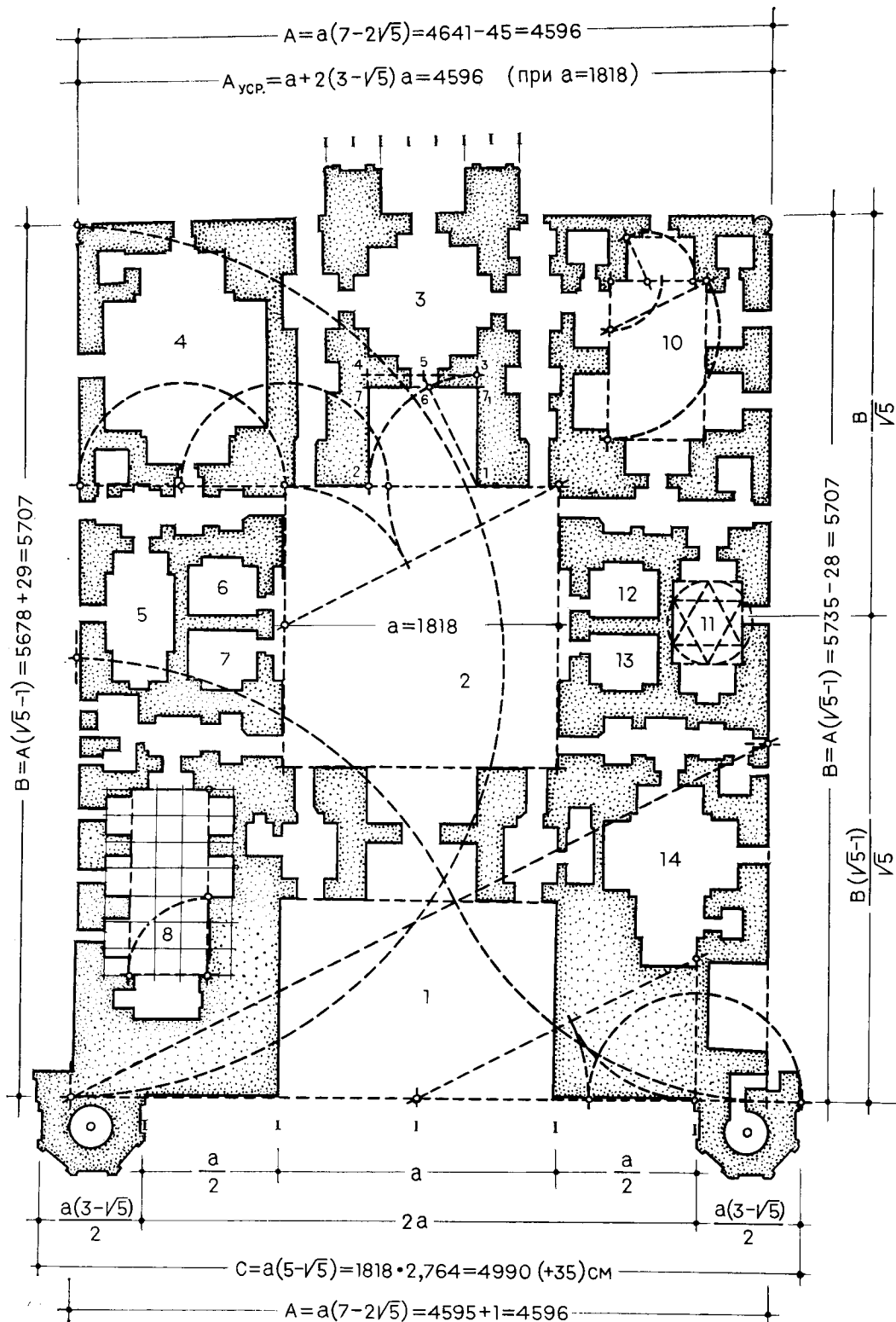


Рис. 88. Мавзолей Ходжа Акмада Ясеви в Туркестане (конец XIV в.).
План. Анализ построения

В исследованиях Л. Ю. Маньковской остались нерассмотренными пропорции ряда помещений комплекса Ходжа Ахмада Ясеви: библиотеки, халимханы, мечети, малого и большого Ак-сарая и др. Кроме того, ни ширина, ни длина здания не получили в исследованиях автора прямую соизмеримость с исходным параметром — диаметром главного купола сооружения, а при установлении отношений ширины и длины здания, выраженных стороной и диагональю квадрата, ширина корпуса принята без выступов угловых гильдаста, длина же принята с этими выступами, что едва ли правомерно.

Известно, что мавзолеем Ходжа Ахмада Ясеви строился в несколько приемов, причем мастера заменялись. Быть может, по этой причине были допущены погрешности, искажившие октогональные формы и размеры угловых гильдаста на главном фасаде: они отличаются друг от друга по ширине на 50 см. Погрешности были допущены и при разбивке основного прямоугольника плана здания. Так, восточный и западный его периметры имеют расхождение на 57 см, что составляет около 1% ко всей длине корпуса и определяет возможную величину допусков погрешностей при анализе соразмерностей сооружения.

Прямоугольный план здания (без выступов угловых гильдаста на южном и портала гурханы на северном фасадах) имеет размеры: ширина $A = 4641$ см, длина $B = 5735$ см (рис. 88).

Длина (B) корпуса соразмерна удвоенному большому отрезку при делении ширины (A) корпуса в среднем и крайнем отношении, т. е. $B = A(\sqrt{5} - 1) = 4641 \times 1,236 = 5736$ см, что точно соответствует натуре.

Высота (H) здания по внешнему его периметру без учета нестроенного портала соразмерна половине большого отрезка при делении ширины (A) здания в среднем и крайнем отношении:

$$H = \frac{A(\sqrt{5}-1)}{4}, \text{ или одной четвертой длины}$$

здания. Следовательно, отношения ширины, длины и высоты параллелепипеда

$$A : A(\sqrt{5}-1) : \frac{A(\sqrt{5}-1)}{4},$$

или $1 : 1,236 : 0,309$.

В установлении соразмерностей частей и целого сооружения исходным параметром является сторона a квадратного помещения казанлыка.

Расстояние между двумя гильдаста на главном фасаде равно $2a$, пролет порталной ниши соответствует a , ее глубина — $\frac{a\sqrt{2}}{2}$, ширина пилонов портала — $\frac{a}{2}$, ширина (b) угловых

гильдаста соответствует малому отрезку при делении стороны (a) квадрата казанлыка в среднем и крайнем отношении, т. е. $0,382 \times 1820 = 695$ см.

При этом погрешности для западной гильдаста составляют 5 см, а для восточной — 45 см. Здесь сказалась та неточность в разбивке угловых гильдаста и искажение их форм, о которой говорилось выше.

Протяженность главного фасада, включая обе гильдаста, соразмерна удвоенной сумме стороны (a) квадрата казанлыка и малого отрезка при делении a в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$C = 2(1 + 0,382)a = 5025 \text{ см.}$$

Натурные размеры составляют 4990 см; погрешность — 35 см.

Ширина (A) корпуса может быть выражена суммой стороны (a) квадрата казанлыка и четырех малых отрезков при делении a в среднем и крайнем отношении (рис. 88).

Ширина (P) портала гурханы соразмерна половине диагонали квадрата казанлыка, т. е.

$$P = \frac{a\sqrt{2}}{2} = \frac{1830\sqrt{2}}{2} = 1290 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 1297 см; погрешность — 7 см.

Портал делится по горизонтали в отношениях $2 : 3 : 2$.

Пропорции южной ниши казанлыка выражены прямоугольником с отношениями сторон $1 : 2$, а северной ниши — геометрическим построением. При этом глубина ниши

$$h = \frac{2m}{\sqrt{5}} = 2 \times 725 \times 0,447 = 648 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 643 и 654 см, средний — 648,5 см.

Стены четверика гурханы имеют неглубокие ниши, которые членят ее в отношениях $1 : 2 : 1$.

Помещение (№ 8) халимханы вытянуто параллельно длинной оси здания, пропорции плана выражены отношением $3 : 7$.

Помещение большого Ак-сарая (№ 10) — прямоугольное в плане, его длина (b) — 1032 и 1026 см, ширина (a) — 640 и 624 см, причем ширина зала

$$a_1 = \frac{b(\sqrt{5}-1)}{2} = 1026 \times 0,618 = 634 \text{ см.}$$

Погрешность составляет 6 и 10 см.

Пропорции плана малого Ак-сарая (№ 11) были определены зодчим, исходя из задуманной формы перекрытия помещения шестигранной сомкнутым сводом. Они — производные правильного шестиугольника, вписанного в круг.

При длине помещения, равной

$$2R = \frac{533 + 542}{2} = 537,5 \text{ см,}$$

ширина помещения

$$a = R\sqrt{3} = 268,8 \times 1,73 = 464 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 451 и 452 см; погрешность в разбивке или в вычислении производных шестигранника составляет 13—14 см.

Рассмотрим еще пропорции плана помещения (№ 4) мечети, которые интересны тем, что выражены не геометрическими, а арифметическими отношениями. Стороны основного прямоугольника $10\frac{1}{2}$ и $15\frac{1}{2}$ газов и близки к отношению 2:3.

Угловые простенки выражены отношением 2:3, стороны боковых ниш — отношением 1:4; стороны южной ниши — отношением 1:3; стороны северной ниши — отношением 1:2.

Примечательно, что единый модуль для измерения плана помещения № 4 отсутствовал. Каждый элемент плана был выражен отношениями малых величин, однако измерителем был газ и его доли.

Мавзолей Имам-заде в Азербайджане (конец XIV—начало XV в.)¹⁷

Памятник вызывает интерес оригинальными пропорциями плана главного помещения и тем, что они перекликаются с пропорциями Аксарая (помещение № 11) в комплексе Ходжа Ахмада Ясеви. Пропорции их выражены отношением сторон прямоугольника как $2:\sqrt{3}$.

В мавзолее Имам-заде в вытянутый в плане четверик вписан правильный шестиугольник — основание цилиндрического барабана и купольного покрытия.

Сочетание вытянутого прямоугольника четверика с правильным шестиугольником усложнило устройство угловых парусов, которые конструируются под углами 30° и 60° к стенам. Это гораздо сложнее устройства традиционных парусов симметричного очертания под углом 45°. Архитекторы занимаются поисками новых выразительных композиций. Замысел зодчего мавзолея Имам-заде сводился к созданию новой формы, связанной с определенными трудностями осуществления, которые были преодолены с большим знанием дела и мастерством.

Наши анализы соразмерностей этого памятника основаны на опубликованных чертежах, не снабженных показателями размеров. И поскольку нет возможности проследить «погрешности» природы и теоретических исчислений, выводы носят условный характер. Тем не менее можно выдвинуть гипотезу, что зодчие мавзолея Имам-заде для установления соразмерностей сооружения пользовались производными равностороннего треугольника.

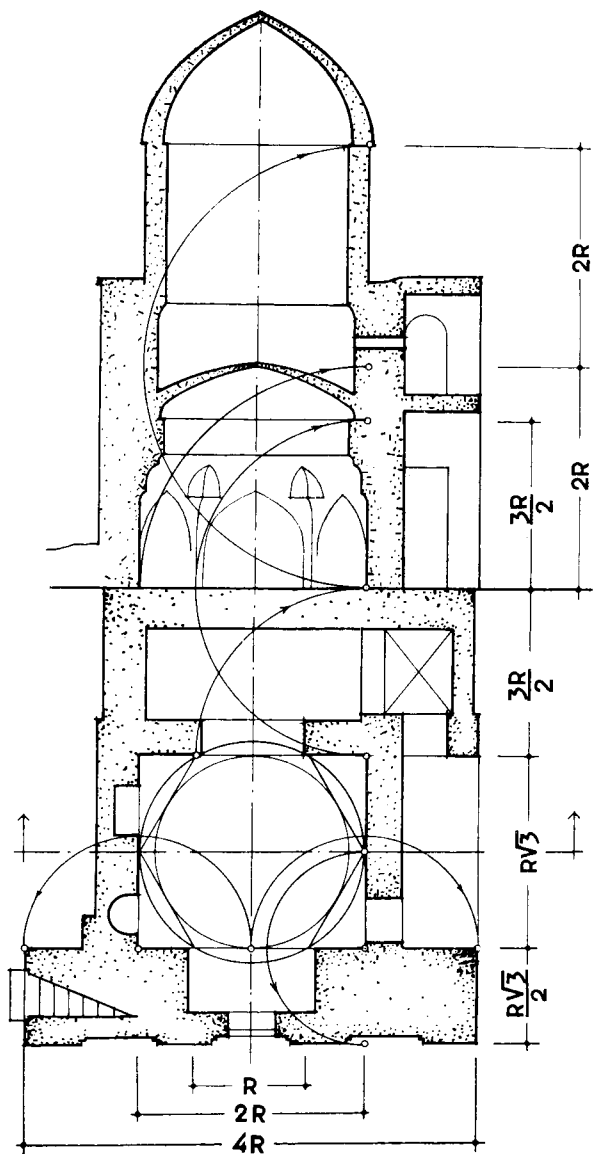


Рис. 89. Мавзолей Имам-заде в Азербайджане (XIV—XV вв.).
План и разрез. Анализ построения

Соразмерности мавзолея Имам-заде могли быть установлены следующими геометрическими приемами (рис. 89).

В круг, радиус которого R , был вписан шестиугольник. Длина помещения принята равной $2R$, а ширина — $R\sqrt{3}$. Толщина стены, в которой устроена лестница, принята соразмерной $\frac{R\sqrt{3}}{2}$. Вынос вестибюльной группы и высота зала от пола до основания внутреннего плоского купола соразмерны $\frac{3R}{2}$, вынос террасы — R .

Длина фасада и высота зданий до основания внешнего купола соразмерны $4R$. Диаметр плоского купола равен $R\sqrt{3}$.

**Мавзолей Шади-Мульк-ака (1371 г.)
в комплексе Шах-и-зинда (Самарканд)¹⁸**

В мавзолее Шади-Мульк-ака (рис. 90, 91, 92) сторона (a) подкупольного квадрата — 615×615 см, или 10×10 гязов (1 гяз равен 61,5 см), при этом она не кратна трехчастному членению стен четверика. Однако эта кратность могла быть достигнута, если зодчие пользовались в исчислении «разбиением» на 60, т. е. «методом писцов» (выражение ал-Бузджани), который, как установлено исследованиями М. И. Медового, бытовал в странах мусульманского Востока вплоть до XVII столетия [198, с. 253—324].

Общая ширина здания (рис. 92) соразмерна диагонали подкупольного квадрата: $a\sqrt{2}$, или 867 см. Натурные размеры — 865 см.

Толщина (восточной, северной и западной) стен четверика равна полуразности диагонали и стороны подкупольного квадрата:

$$\frac{a\sqrt{2} - a}{2} = \frac{867 - 615}{2} = 126 \text{ см, или 2 гязам.}$$

Погрешность — 3 см.

Толщина же передней стены соответствует разности диагонали и стороны подкупольного квадрата:

$$a\sqrt{2} - a = 867 - 615 = 252 \text{ см, или 4 гязам.}$$

Погрешность — 6 см.

Длина здания составляет

$$a + \frac{a\sqrt{2} - a}{2} + (a\sqrt{2} - a),$$

или $615 + 126 + 252 = 993$ см,
или $10 + 2 + 4 = 16$ гязам.

Натурные размеры — 1001 см; погрешность — 8 см.

В интерьере высота четверика соразмерна большому отрезку при делении сторон (a) подкупольного квадрата в среднем и крайнем отношении:

$$\frac{a(\sqrt{5} - 1)}{2}, \text{ или } 615 \times 0,618 = 380 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 374 см; погрешность — 6 см.

Высота восьмерика равна половине стороны подкупольного квадрата $\frac{a}{2}$. Общая высота четверика и восьмерика

$$\frac{a\sqrt{5}}{2} = \frac{615\sqrt{5}}{2} = 688 \text{ см, или}$$

$$\frac{a(\sqrt{5} - 1)}{2} + \frac{a}{2} = 380 + 308 = 688 \text{ см.}$$

Высота восьмерика (308 см) поделена в крайнем и среднем отношении, причем больший отрезок (190 см) составляет высоту надарочного тимпана, а меньший (118 см) — общую высоту трехступенчатого фриза.

Фасад мавзолея Шади-Мульк-ака по композиции традиционен. Это прямоугольник пещтака на цоколе. По оси композиции — ниша с аркой стрельчатой формы. Система П-образных рам, обрамляющих нишу, создает ясный, выразительный тектонический строй. Углы пещтака фланкированы изящными трехчетвертными колоннами. Фасад сплошь облицован поливной штампованной рельефной керамикой. Древний уровень отметки земли перед памятником был, вероятно, выше современного (примерно на 134 см), при этом высота цоколя равнялась 120 см, или 2 гязам.

Ширина (m) арочной ниши фасада соразмерна половине большого отрезка при делении ширины фасада в крайнем и среднем отношении:

$$m = \frac{A(\sqrt{5} - 1)}{2 \times 2} = \frac{867 \times 0,618}{2} = 268 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 270 см; погрешность — 2 см.

Глубина (n) ниши равна ширине (m), помноженной на $\frac{\sqrt{5}}{4}$:

$$n = \frac{m\sqrt{5}}{4} = \frac{268\sqrt{5}}{4} = 150 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 148 см; погрешность — 2 см.

Высота цоколя составляет

$$\frac{m}{\sqrt{5}} = \frac{268}{\sqrt{5}} = 120 \text{ см.}$$

В построении плана мавзолея Шади-Мульк-ака, очевидно, было использовано трехчастное деление. Так, ширина ниш четверика равна $\frac{a}{3}$, высота цоколя в интерьере — $\frac{a}{6}$.

Разрушенная верхняя часть портала восстанавливается нами с учетом сохранившихся форм, как логическое завершение композиции фасада, при этом высота равна $\frac{a\sqrt{5}}{2}$.

Итак, можно сделать вывод, что в построении формы мавзолея Шади-Мульк-ака зодчие использовали широко известные в предшествующей практике местные традиционные приемы геометрической гармонизации, исходными параметрами для которой служат подкупольный квадрат, а также производные полуквadrата, в частности деление отрезка в крайнем и среднем отношении и $\sqrt{5}$. Однако соразмер-

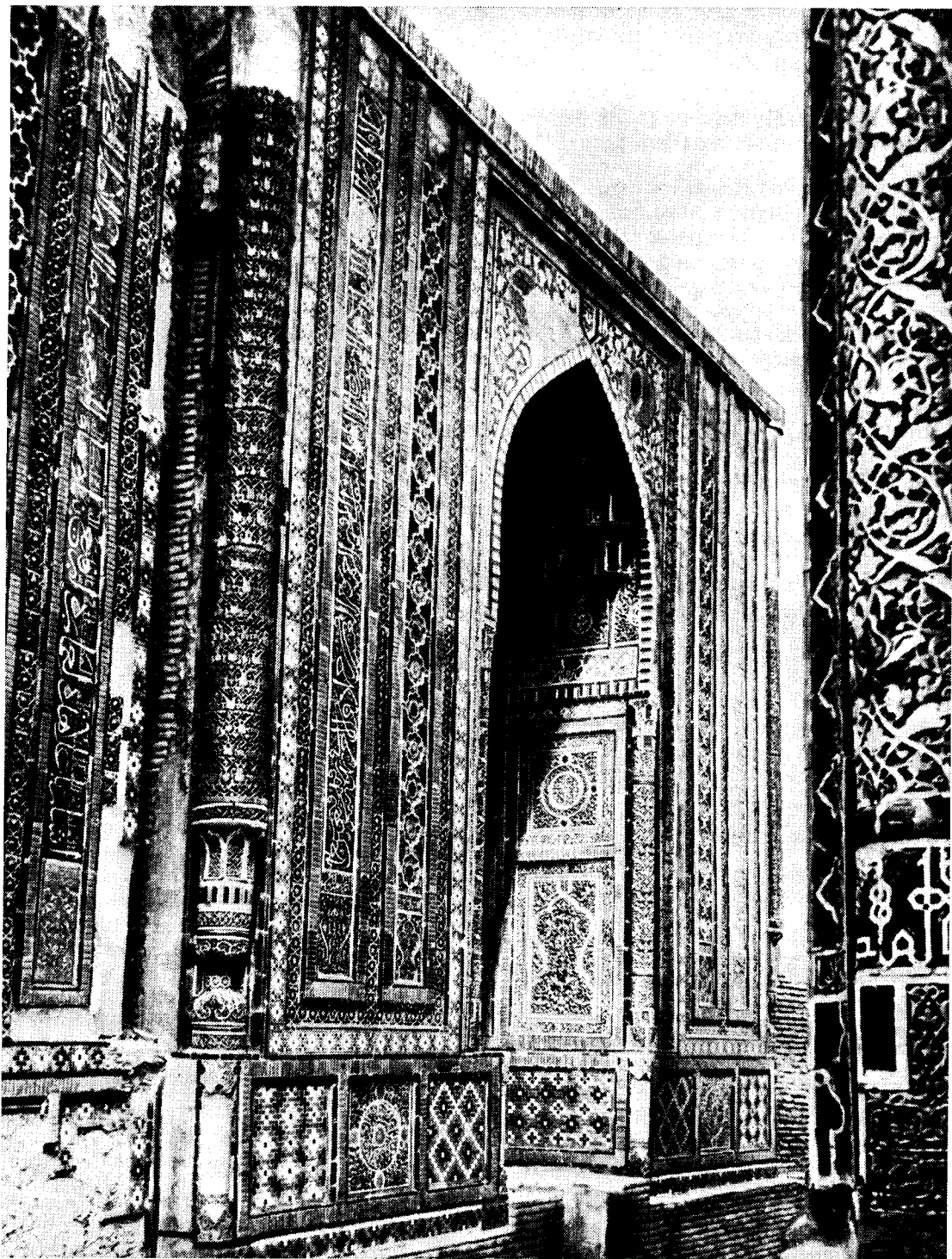


Рис. 90. Мавзолей Шади-Мульк-ака в Шах-и-зинда (1371 г.). Общий вид

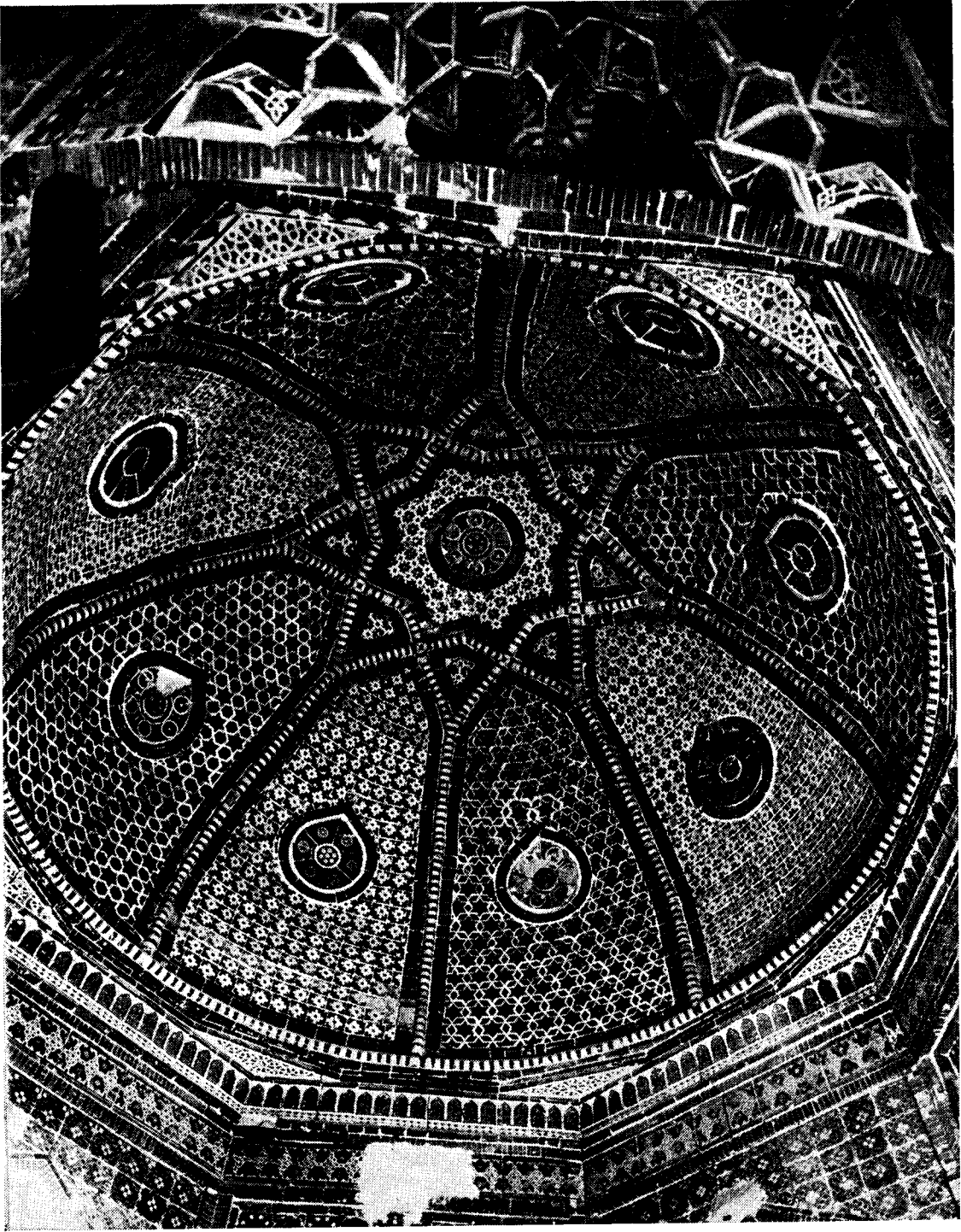


Рис. 91. Мавзолей Шади-Мулк-ака. Фрагмент интерьера

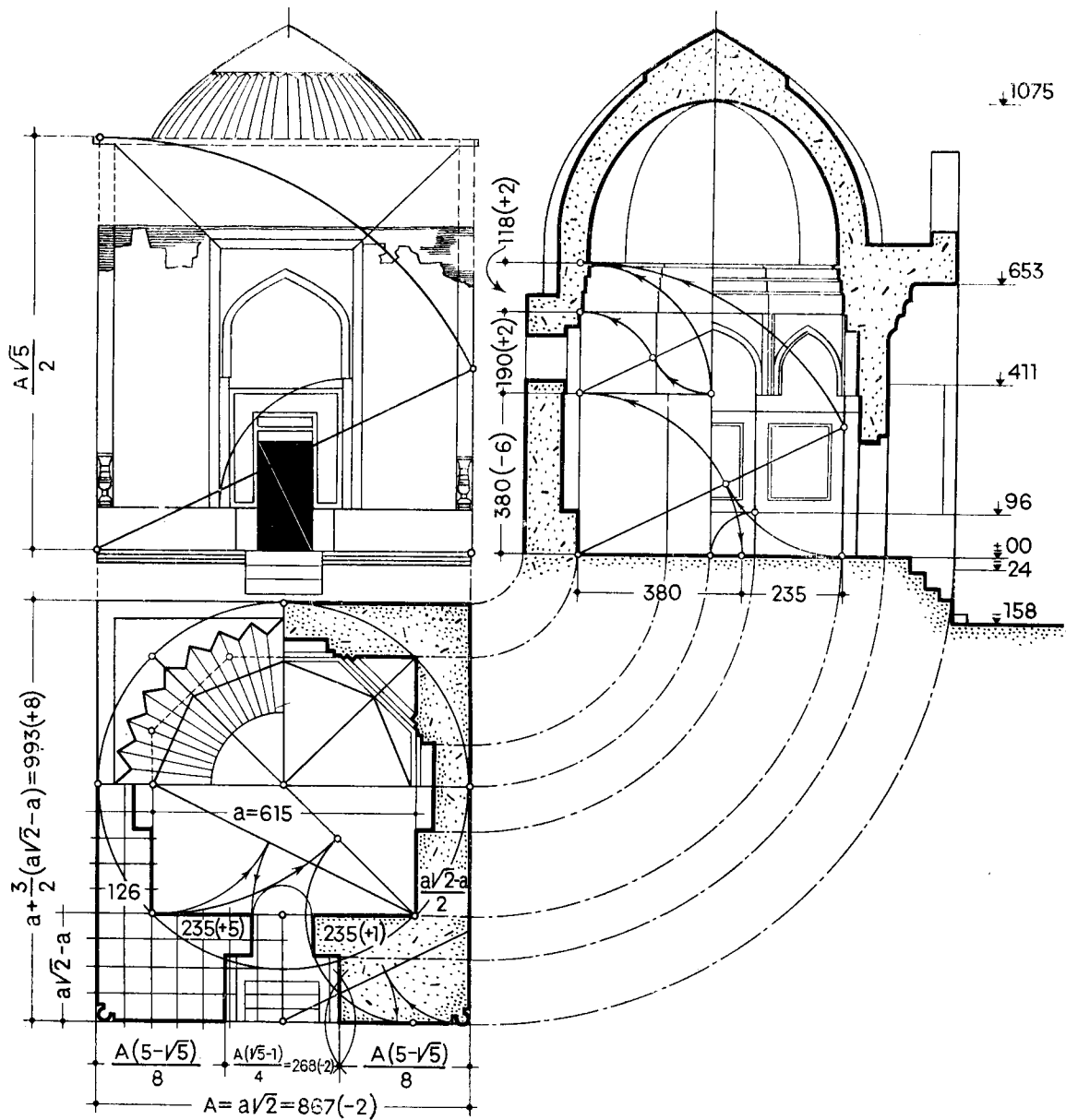


Рис. 92. Мавзолей Шади-Мулк-ака. План, фасад и разрез. Анализ построения

ность частей и целого сооружения органически связана с рабочим методом построения архитектурной формы. При этом наряду с геометрическим построением формы, видимо, применялся и аналитический метод определения размеров сооружения в гязах.

Мавзолей Ширин-бека-ака (1385 г.)¹⁹

Мавзолей Ширин-бека-ака, построенный в некрополе Шах-и-зида в Самарканде, представляет новое направление в творчестве самаркандской архитектурной школы конца

XIV в. (рис. 93). Это направление, очевидно, возникло под влиянием хорезмских зодчих, вывезенных Тимуром из Ургенча после его военных походов. Новое в архитектуре мавзолей Ширин-бека-ака сказалось в объемно-пространственной композиции: в появлении над мавзолеем двойного купола — внутреннего и внешнего — на шестнадцатигранном барабане, призванного усилить выразительность сооружения; в замене майоликовой облицовки в виде штампованных или покрытых резьбой с глазурью терракотовых рельефных плиток новым по технике декором — резной поливной мозаи-

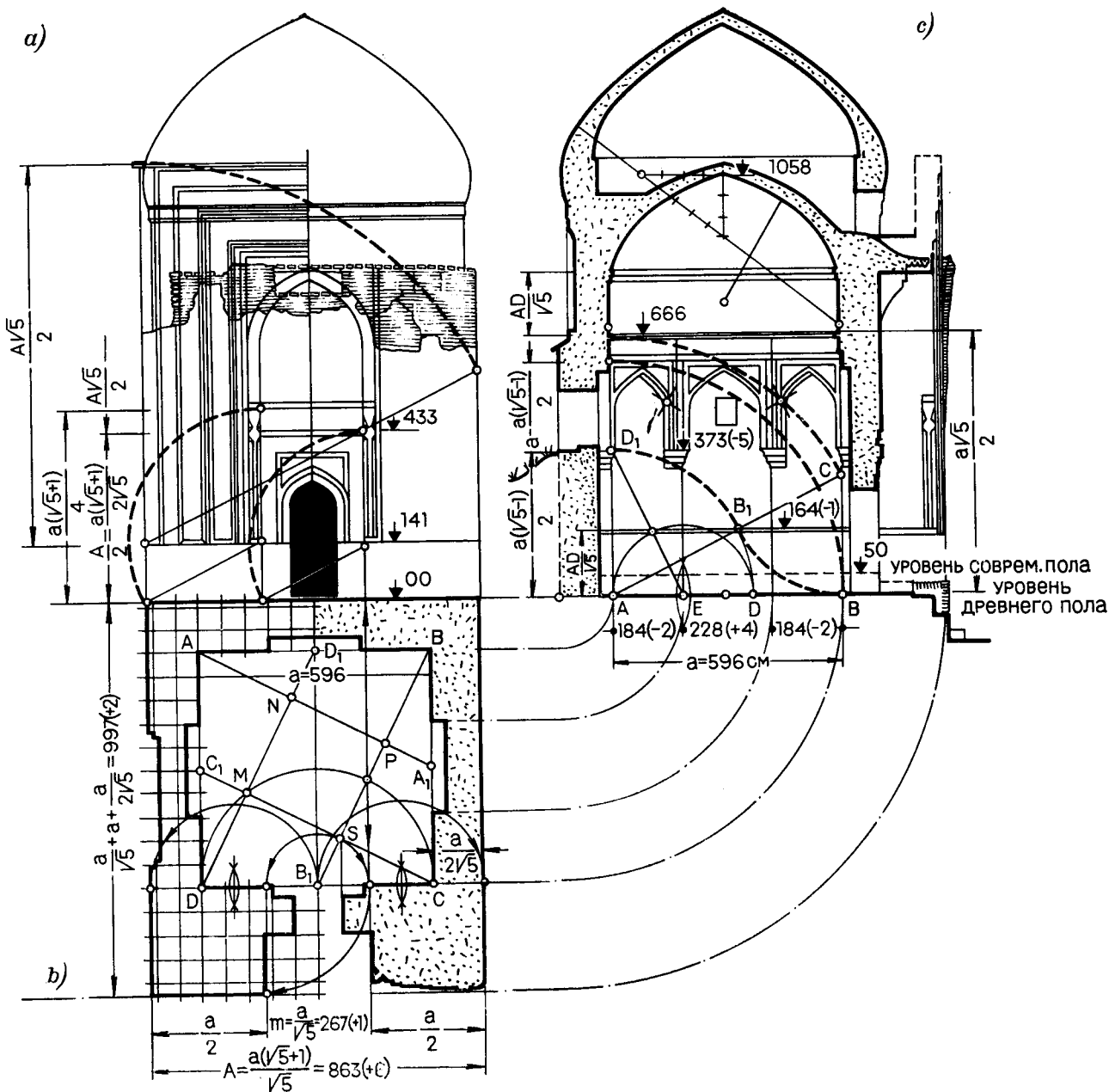


Рис. 93. Мавзолей Ширин-бека-ака в Шах-и-зинда (1385 г.). План, фасад и разрез. Анализ построения

кой. Как бы ни были разительны перемены в направленности архитектуры мавзолея Ширин-бека-ака, определившие архитектурный стиль Средней Азии XIV—XV вв., в приемах построения его архитектурных форм продолжает развиваться геометрическая гармонизация как ведущая идея в эстетических воззрениях эпохи.

Для определения соразмерностей плана сооружения в подкуполный квадрат со сторонами, равными 596 см, или 10 гязам, нужно вписать квадрат $MNPS$, проведя диагонали AA_1 ,

BB_1 , CC_1 и DD_1 полуквадрата. При этом сторона малого квадрата составит $\frac{a}{\sqrt{5}}$. Этой величине соответствует толщина передней стены, равная 267 см. В натуре — 269 см; погрешность — 2 см.

Половине той же величины, т. е. $\frac{a}{2\sqrt{5}}$, или 134 см, соразмерна толщина задней и боковых стен. Натурные размеры — 135—137 см; погрешность — 1—3 см.

Ширина входного проема соразмерна

$$\frac{a}{5} = \frac{596}{5} = 119 \text{ см.}$$

Ширина здания составляет

$$a + \frac{a}{\sqrt{5}} = 596 + \frac{596}{\sqrt{5}} = 863 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 869 см; погрешность — 6 см.

Длина здания равна

$$a + \frac{a}{\sqrt{5}} + \frac{a}{2\sqrt{5}}, \text{ т. е. } 596 + 267 + 134 = 997 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 999 см.

Интерьер мавзолея Ширин-бека-ака по пропорциям производит впечатление необычайной стройности, видимо, потому, что в его архитектуре доминируют вертикальные членения. Зодчий отказался от традиционного приема членения четверика и восьмерика горизонтальной полкой, или карнизом. Они выявлены лишь структурно. По осям помещения вписаны пристенные ниши, которые на уровне яруса парусов завершаются арками. Эту же тему развивают угловые сомкнутые паруса, арки которых, перекинутые под углом 45° , поставлены на небольшие сталактитовые выступы. Над восьмериком — цилиндрический барабан и внутренний купол.

Угловые простенки и ширина ниши выражены модульным отношением 3:4:3. Они также соразмерны делению стороны подкупольного квадрата в крайнем и среднем отношении, причем половина большого отрезка $\frac{AD}{2}$ соответствует угловым простенкам, а малый отрезок DB — ширине ниши.

Однако как при модульном членении, так и при делении отрезка в крайнем и среднем отношении имеются погрешности, почти одинаковые по величине, но различающиеся знаками. Рассмотрение ширины ниши, равной стороне вписанного восьмигранника, не дают положительных результатов не потому, что приводит к несколько большим расхождениям с натурой, а потому, что в соразмерностях сооружения ведущее место принадлежит системе, основанной на производных полуквadrата, — $1, \frac{1}{2}, \frac{\sqrt{5}}{2}$.

Высота до пят арок парусов — 373 см, а отношение стороны квадрата к этой высоте — $\frac{596}{368} = 1,618$ с погрешностью 0,002, или 5 см.

Высота от пола до верхнего края тимпана арок яруса парусов соразмерна стороне подкупольного квадрата. Следовательно, высота тимпана арок равна малому отрезку при делении стороны подкупольного квадрата в крайнем и среднем отношении.

Сравнительные данные анализа соразмерностей

Наименование	Натурные размеры	Теоретические размеры, см *		
		при исчислении в модулях	при «золоте»	при вписанном восьмиграннике
Угловые простенки . .	182	$3M = 179(+3)$	$184(-2)$	$176(+6)$
Ширина ниши	232	$4M = 238(-6)$	$228(+4)$	$244(-12)$

* Примечание. В скобках указана погрешность.

Общая высота четверика и восьмерика соразмерна $\frac{a\sqrt{5}}{2}$, т. е. диагонали полуквadrата. Пропорции ниш четверика выражены отношением ее ширины к высоте до пят арок яруса парусов $\frac{232}{373} = 0,62$, а угловые простенки — двумя квадратами.

Высота панели четверика, а также внутреннего барабана соразмерна большому отрезку AD , деленному на $\sqrt{5}$, т. е.

$$\frac{AD}{5} = \frac{368}{\sqrt{5}} = 164 \text{ см.}$$

Натурные размеры панели — 163 см, барабана — 165 см.

В пропорциях фасада мавзолея Ширин-бека-ака развивается тема построения плана и разреза.

При ширине фасада $a + \frac{a}{\sqrt{5}}$ ширина (m) входной ниши соответствует $\frac{a}{\sqrt{5}}$, следовательно, фланкирующие арочную нишу стены равны $\frac{a}{2}$.

Глубина входной ниши соразмерна $\frac{a}{4}$, или 149 см. Натурные размеры — 148 см.

П-образная рама, обрамляющая входной арочный проем в глубине ниши, имеет высоту 433 см и ширину 267 см, а их отношение — 1,618.

Высоту портала от обреза цоколя мы реконструируем соразмерной диагонали полуквadrата, построенной на ширине фасада, т. е. равной $\frac{4\sqrt{5}}{2}$.

Мавзолей Туглу-Текин (конец XIV в.)

Мавзолей Туглу-Текин в ансамбле Шах-изинда находится в руинном состоянии. Он подвергся детальному исследованию археолога

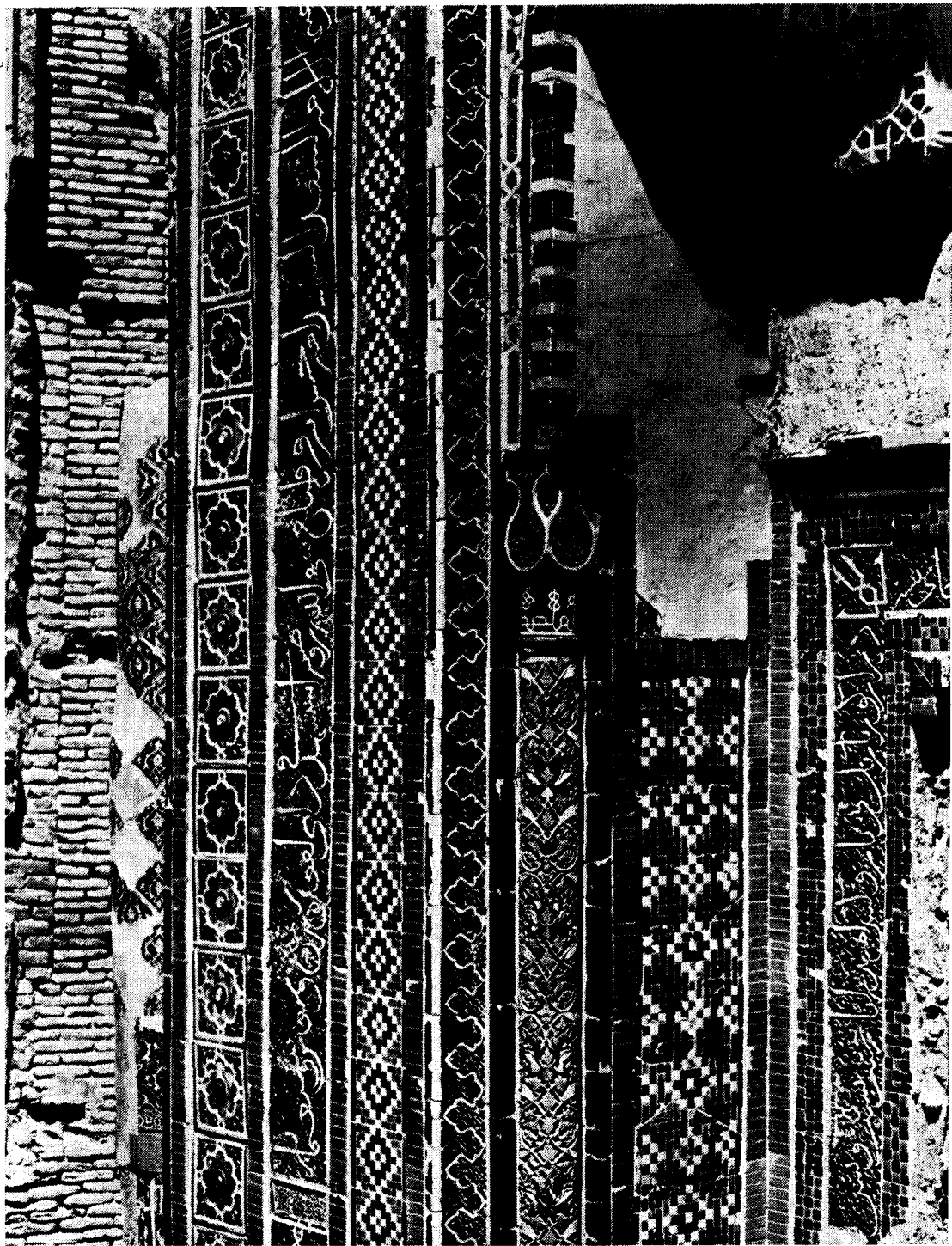


Рис. 94. Мавзолей Туглу-Текин в Шах-и-зинда (конец XIV в.). Фрагмент фасада

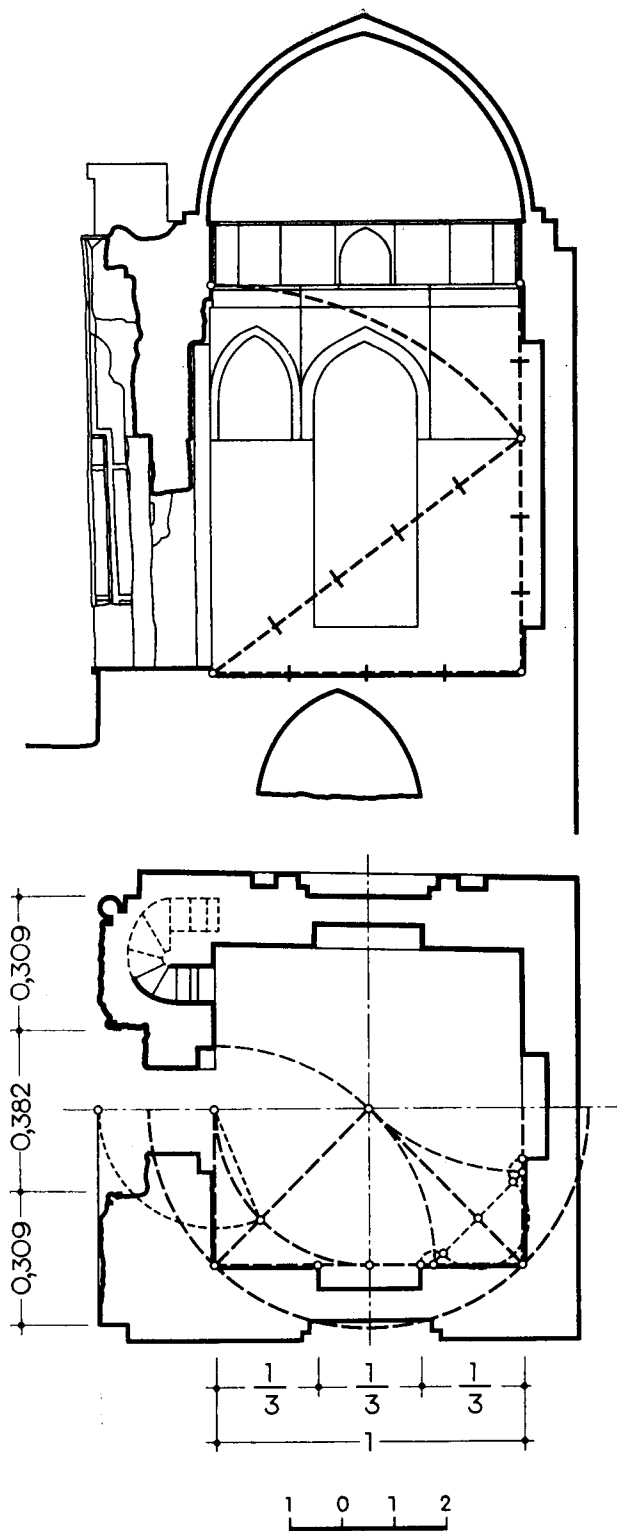


Рис. 95. Мавзолей Туглу-Текин. План и разрез.
Анализ построения

В. А. Булатовой и архитектора И. И. Ноткина, что позволило уяснить историческую топографию в периоды сложения ансамбля Шах-и-зinda возле мавзолея Туглу-Текин. Детальные обмеры руин памятника позволили И. И. Ноткину высказать некоторые соображения о соотношениях сооружения и выполнить проект его реконструкции [81, с. 194—219].

Мавзолей Туглу-Текин был однокамерным, имел подземный склеп. Главный фасад, обращенный на запад, с богатым декором имел четкие архитектурные членения, хорошо читаемые по сохранившимся остаткам (рис. 94). Тектонический строй сооружения — четверик с арочными угловыми парусами, которые несут шестнадцатигранник, переходящий в круглое основание купола.

Исходный параметр соразмерностей мавзолея — его подкупольный квадрат (рис. 95).

По осям трех стен помещения — неглубокие ниши. Они членят стены по горизонтали в отношениях 1 : 1 : 1. Ниша на передней стене — других пропорций. Ее ширина соразмерна стороне восьмиугольника, вписанного в квадрат, т. е. $a(\sqrt{2} - 1)$. Стены четверика высотой до низа угловых парусов выражены прямоугольником с отношением сторон 4 : 3. Сторона подкупольного квадрата и общая высота четверика и восьмерика относятся как 4 : 5. Каждая грань шестнадцатигранника под куполом представляет квадрат. Толщина развитой передней стены портала мавзолея соразмерна стороне восьмиугольника, вписанного в основание купола.

Утонченными пропорциями отмечены членения главного фасада. Ширина входной ниши соразмерна малому отрезку при делении длины (А) фасада в среднем и крайнем отношении, а пилоны соответственно равны половинам большого отрезка, т. е. членение фасада по горизонтали выражено отношениями:

$$\frac{\sqrt{5}-1}{4} : \frac{3-\sqrt{5}}{2} : \frac{\sqrt{5}-1}{4}, \text{ или } 0,309 : 0,382 : 0,309.$$

Портал дворца Ак-сарай (1380—1404 гг.)

Дворец Ак-сарай в Шахрисябе — крупнейшая из построек Тимура (рис. 96). Он был построен хорезмийскими зодчими, вывезенными, как свидетельствует Абдулразак Самарканди, Тимуром из Ургенча. Это подтверждается и данными соразмерностей дворца, ибо здесь был применен для измерения хорезмийский газ, равный примерно 111 см.

Исходным параметром в определении пропорций сооружения, очевидно, являлся пролет (L) арочно-сводчатой ниши портала, равный



Рис. 96. Портал дворца Ак-сарай в Шахрисябзе (1380—1404 гг.). Общий вид

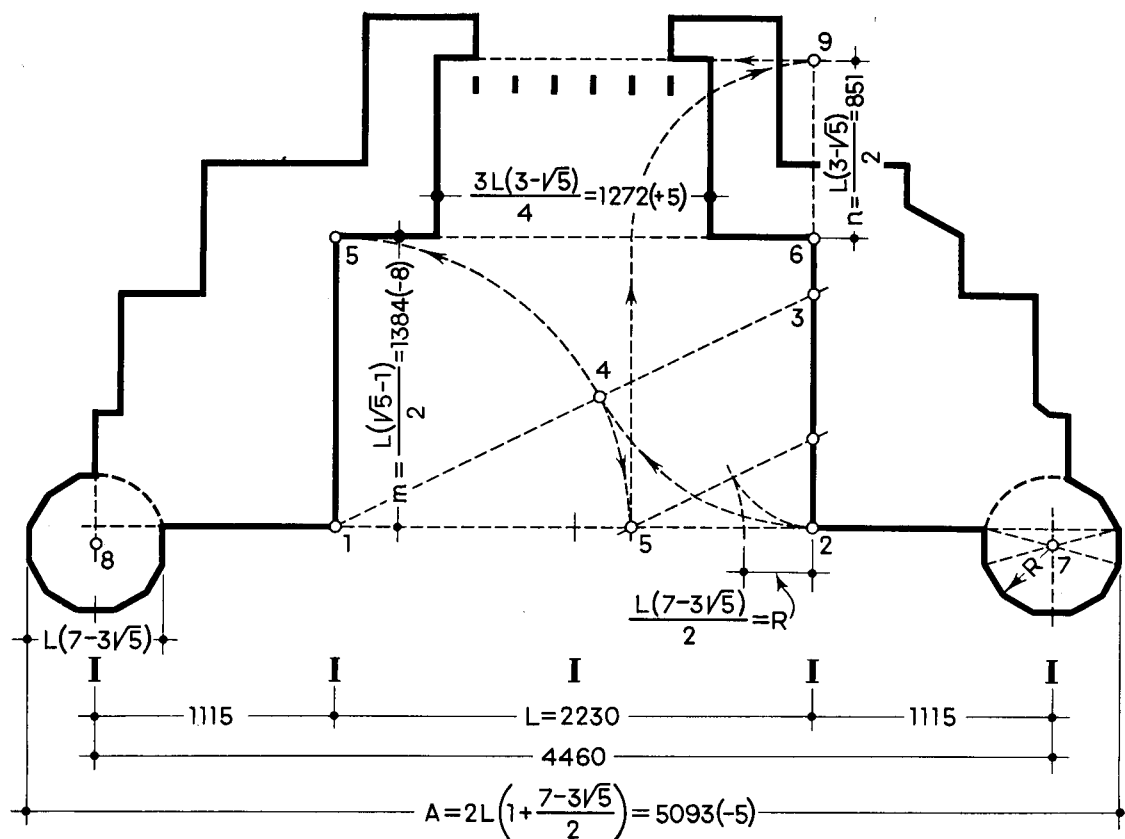


Рис. 97. Портал дворца Ак-сарай. План. Анализ построения

2230 см, или 20 гязам. Пропорции плана входной ниши выражены прямоугольником «золотого сечения», ибо глубина (m) ниши представляет большой отрезок при делении пролета (L) арки (исходного параметра) в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$m = \frac{L(\sqrt{5}-1)}{2} = 2230 \times 0,618 = 1376 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 1384 см; погрешность — 8 см (рис. 97).

Удвоением пролета арочно-сводчатой ниши определены расстояния между осями угловых гильдаста.

Радиус (R) описанных окружностей двенадцатигранных гильдаста равен четвертому члену прогрессии со знаменателем

$$\frac{\sqrt{5}-1}{2}, \text{ т. е.}$$

$$R = \frac{L(7-3\sqrt{5})}{2} = 2230 \times 0,146 = 326.$$

Натурные размеры — 328; погрешность — 2 см.

Длина фасада портала

$$A = 2L \left(1 + \frac{7-3\sqrt{5}}{2} \right) = 5088 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 5093 см; погрешность — 5 см.

Пролет (l) малой ниши в глубине портала соразмерен малому отрезку при делении исходного параметра в среднем и крайнем отношении, увеличенному в 1,5 раза:

$$l = \frac{3L(3-\sqrt{5})}{4} = 0,573 \times 2230 = 1277 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 1272 см; погрешность — 5 см. Глубина (n) малой ниши соразмерна малому отрезку:

$$n = \frac{L(3-\sqrt{5})}{2} = 851 \text{ см.}$$

Следовательно, прямоугольный план этой ниши имеет стороны, находящиеся в отношении 3:2. Задняя стенка этой ниши имеет семичастное членение, простенки и пролет проема соотносятся между собой как 1:5:1.

Угловые гильдаста представляют собой двенадцатигранники, которые тремя гранями сопрягаются с пилонами.

Мечеть Биби-ханым (1399—1404 гг.)

Соборная мечеть Биби-ханым, расположенная в центре Самарканда (рис. 98), представляла сложный архитектурный комплекс с прямоугольным планом дворовой композиции, окруженный арочно-сводчатой галереей.

На продольной оси композиции возвышались грандиозный входной портал и главная мечеть, а на поперечной — малые мечети (рис. 99, 100, 101, 102). Каждая из них развивала по-разному тип однокамерного сооружения с порталом при традиционности тектонической структуры, т. е. четверика, восьмерика и двойных куполов, при этом наружный купол — на цилиндрическом барабане. По углам комплекса возвышались четыре высоких минарета.

Комплекс был построен из обожженного кирпича и мраморовидного известняка (галерея). Стены зданий были одеты в «рубашку» полихромной облицовки с геометрическим и эпигра-

фическим орнаментами. В качестве отделочного материала применены поливные кирпичики белого, синего, голубого, бирюзового цветов различных оттенков, а также мрамор из местных карьеров.

Мечеть Биби-ханым дошла до нашего времени в руинах, тем не менее остатки ее представляют огромный познавательный интерес.

Специальным исследованиям были подвергнуты и архитектурные пропорции мечети [74, с. 75—86; 168, с. 162—165; 242, с. 89—95]. Анализируя соразмерности сооружения, Ш. Е. Ратия приходит к выводу, что пропорции сооружения решались в модульной системе, а модулем являлся диаметр угловых минаретов главной мечети.

Однако концепция, выдвинутая архитектором Ш. Е. Ратия, не может объяснить закономерности тектонического строя сооружения, его модуль не вяжется с квадратной сеткой колоннады арочных галерей.

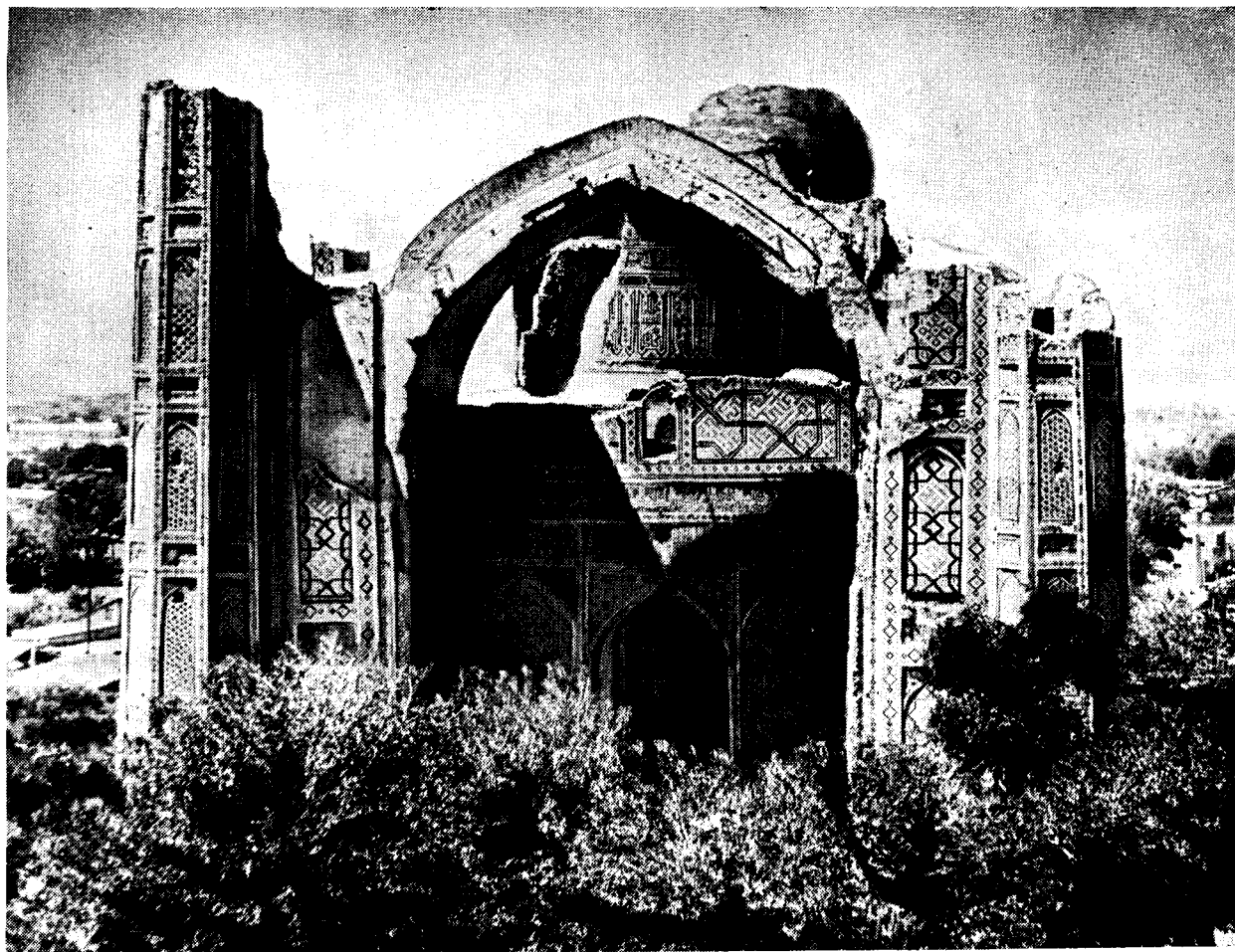


Рис. 98. Мечеть Биби-ханым в Самарканде (1399—1404 гг.).
Общий вид руин

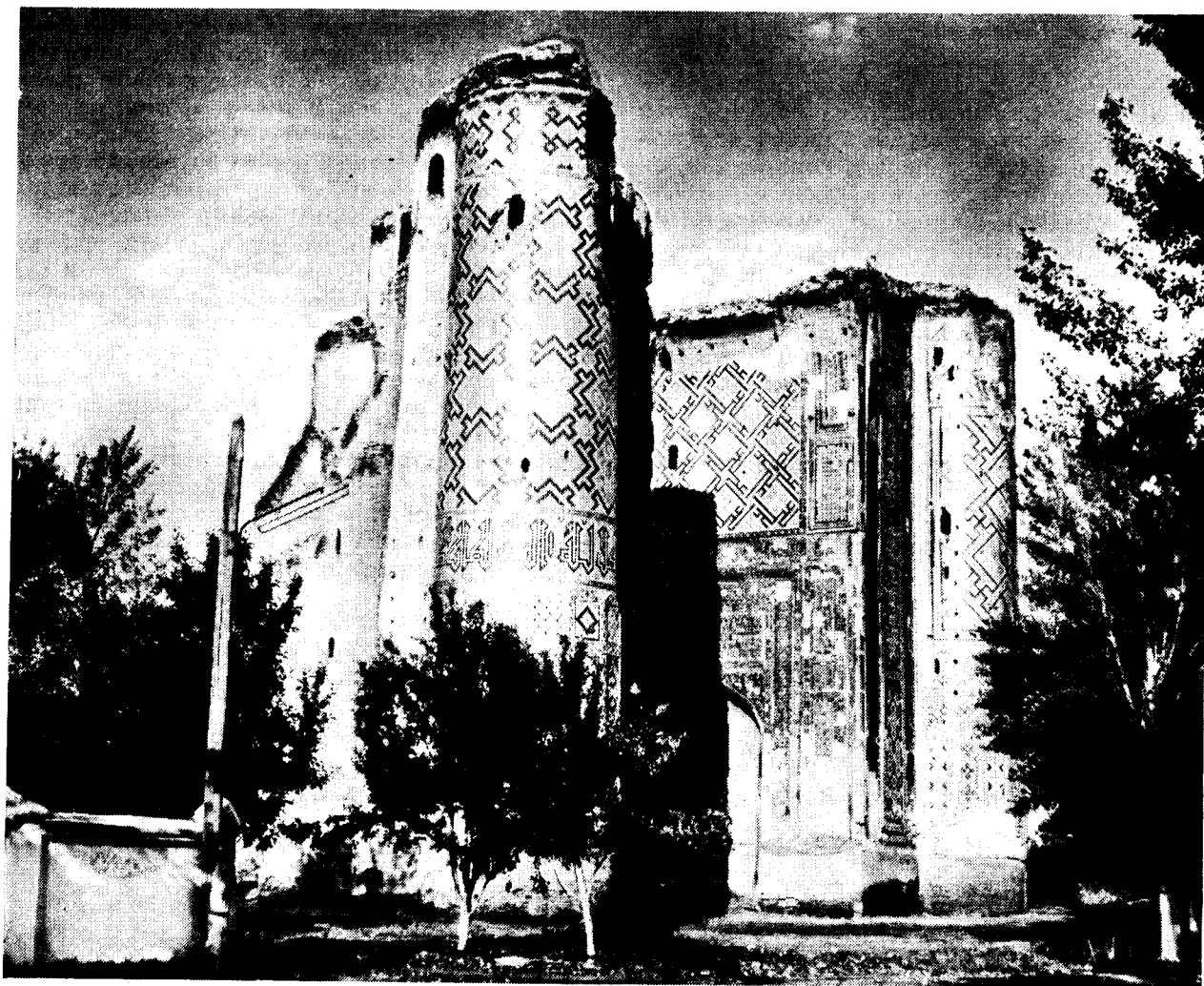


Рис. 99. Мечеть Биби-ханым. Портал. Общий вид

По признанию самого автора, принятый им модуль — диаметр минарета главной мечети — «бессилен» в определении пропорций входного портала.

К. С. Крюков в исследованиях, посвященных модулю в памятниках среднеазиатского зодчества [168, с. 162—165], останавливается на анализе соразмерностей мечети Биби-ханым и приходит к выводу, что модулю, равному 360 см, — шагу колоннады, соразмерны все элементы плана. Однако для главной мечети это делается с недопустимо большой погрешностью, ибо ширина здания по восточному фасаду укладывается, согласно графическому анализу К. С. Крюкова, в 6 модулей (36 гязов = 2160 см). Между тем фактическая ширина здания — 2330 см, следовательно, допускаемая К. С. Крюковым погрешность равна 170 см. Это касается также ширины двора и входного портала.

Ширина ниши входного портала — 1880 см, что не кратно модулю, ибо $1880 : 360 = 5,22 M$.

Эти примеры, не говоря уже о соразмерностях восьми- и десятигранных минаретов мечети, заставляют усомниться в категоричности выводов автора.

По нашему мнению, исходными параметрами в определении соразмерностей комплекса Биби-ханым были подкупольный квадрат главной мечети, для членений портала главной мечети — его ширина, а для соразмерностей входного портала — прямоугольный план арочно-сводчатой ниши, находящиеся между собой в гармонической взаимозависимости.

Подкупольному квадрату главной мечети со стороной (a) 24 гяза, или 1458 см (при гязе в 60,8 см), соответствует диагональ

$24 \times \sqrt{2} = 24 \times 1,4 = 33,6$ гяза (рис. 103).

Удвоенная диагональ подкупольного квадрата

$2a \sqrt{2} = 2 \times 24 \times 1,4 = 67,2$ гяза,

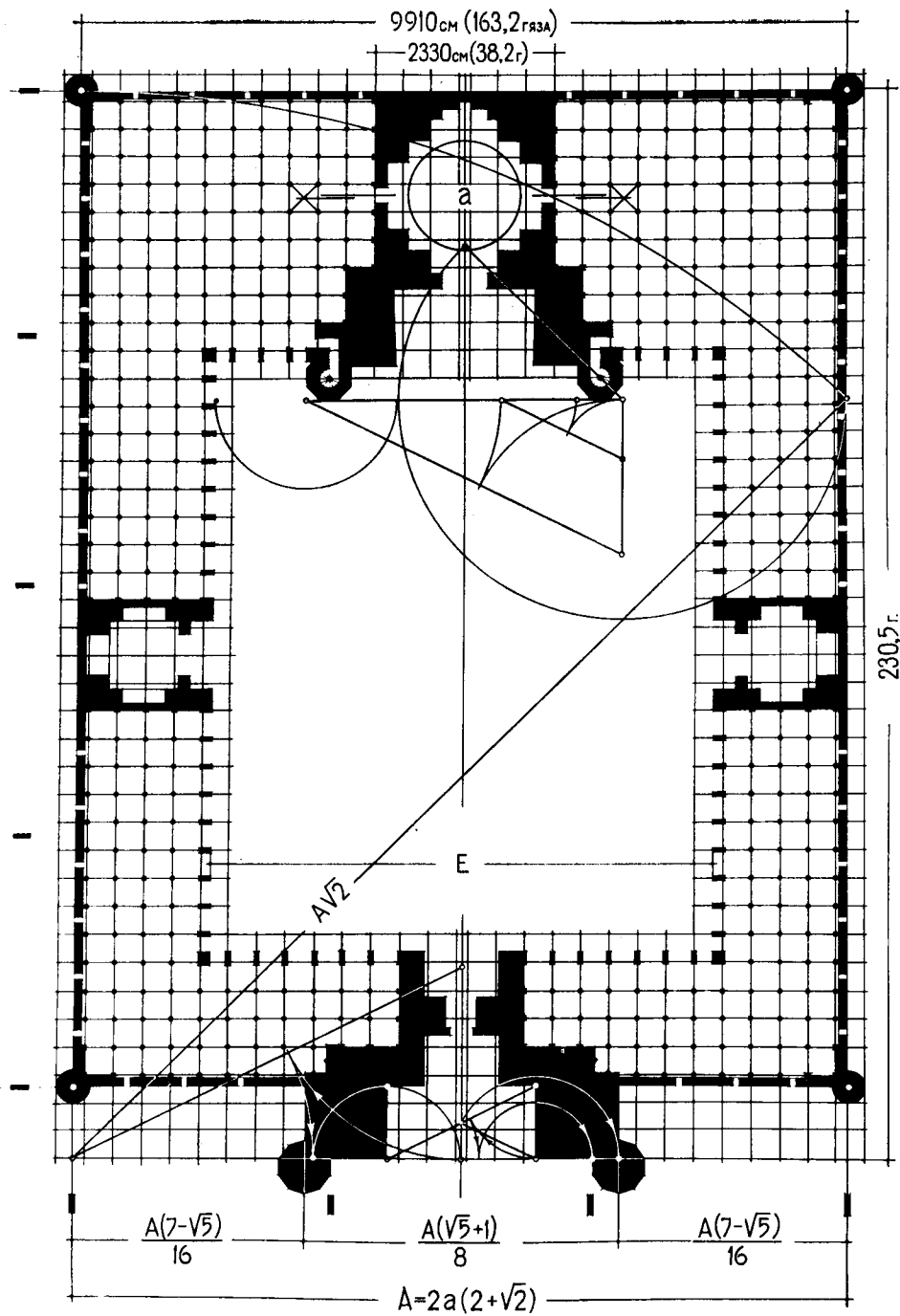


Рис. 100. Мечеть Биби-ханым. План комплекса. Анализ построения

или $2 \times 1458 \times 1,4 = 4082$ см, дает ширину и глубину здания главной мечети. Ширина фасада — 4085 см; погрешность — 3 см.

Ширина всего комплекса без угловых минаретов соразмерна четырем сторонам квадрата и двум его диагоналям: $4a + 2a\sqrt{2} = 96 + 67,2 = 163,2$ гяза, или $4 \times 1458 + 1468 \times$

$\times 2 \times 1,4 = 9912$ см. Натурные размеры — 9910 см.

Отношение сторон прямоугольника плана мечети без выступов угловых минаретов и входного портала — 3 : 4.

Длина (B) комплекса, включая выступ входного портала, соразмерна диагонали квадрата

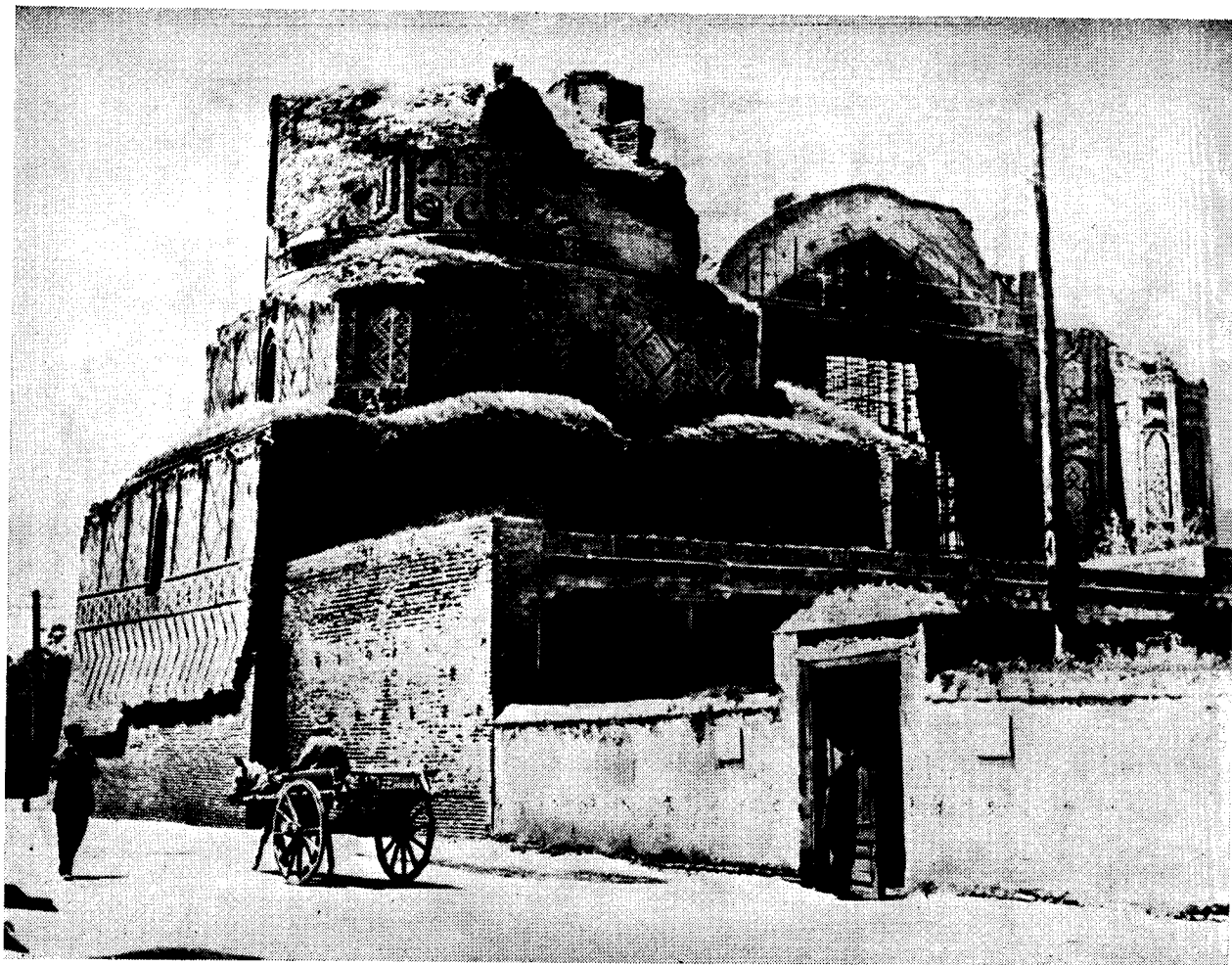


Рис. 101. Южная (малая) мечеть Биби-ханым. Общий вид

построенного на его ширине (A):

$$B = A \sqrt{2} = 163,2 \sqrt{2} = 230,5 \text{ гяза.}$$

Шаг арочной колоннады выражен 6 гязами — $60,8 \times 6 = 365 \text{ см.}$

Ширина портала имеет семичастное членение — $1 : 1 : 3 : 1 : 1$. Одна седьмая ширины портала соответствует диаметрам угловых минаретов и ширине пилона, три седьмых — ширине порталной ниши. Невольно возникает вопрос: чем же объяснить принятые зодчими соразмерности портала главной мечети — его семичастное членение?

Анализ соразмерностей всего комплекса мечети Биби-ханым, в частности портала главной мечети, позволяют выдвинуть гипотезу о наличии здесь геометрической системы соразмерностей.

Диаметр минарета главной мечети мог быть определен геометрическим построением путем последовательного деления ширины портала в среднем и крайнем отношении, причем чет-

вертый член прогрессии со знаменателем 0,618 мог быть принят за диаметр угловых минаретов, что и привело к семичастному делению фасада (табл. 5).

Натурные размеры диаметра минаретов — 585 см; погрешность составляет 11 см.

Если рассматривать одну седьмую ширины портала как производную стороны и диагонали квадрата, построенного на его ширине (рис. 103, *в*), то погрешность составит почти ту же величину, так как

$$x = \frac{2 - \sqrt{2}}{4} = 0,144.$$

Глубина порталной ниши главной мечети соразмерна полудиagonали подкупольного квадрата

$$\frac{\sqrt{2}}{2}, \text{ т. е. } \frac{33,6}{2} = 16,8 \text{ гяза.}$$

Выступ минарета соответствует

$$a \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right), \text{ т. е. } 24 - 16,8 = 7,2 \text{ гяза,}$$

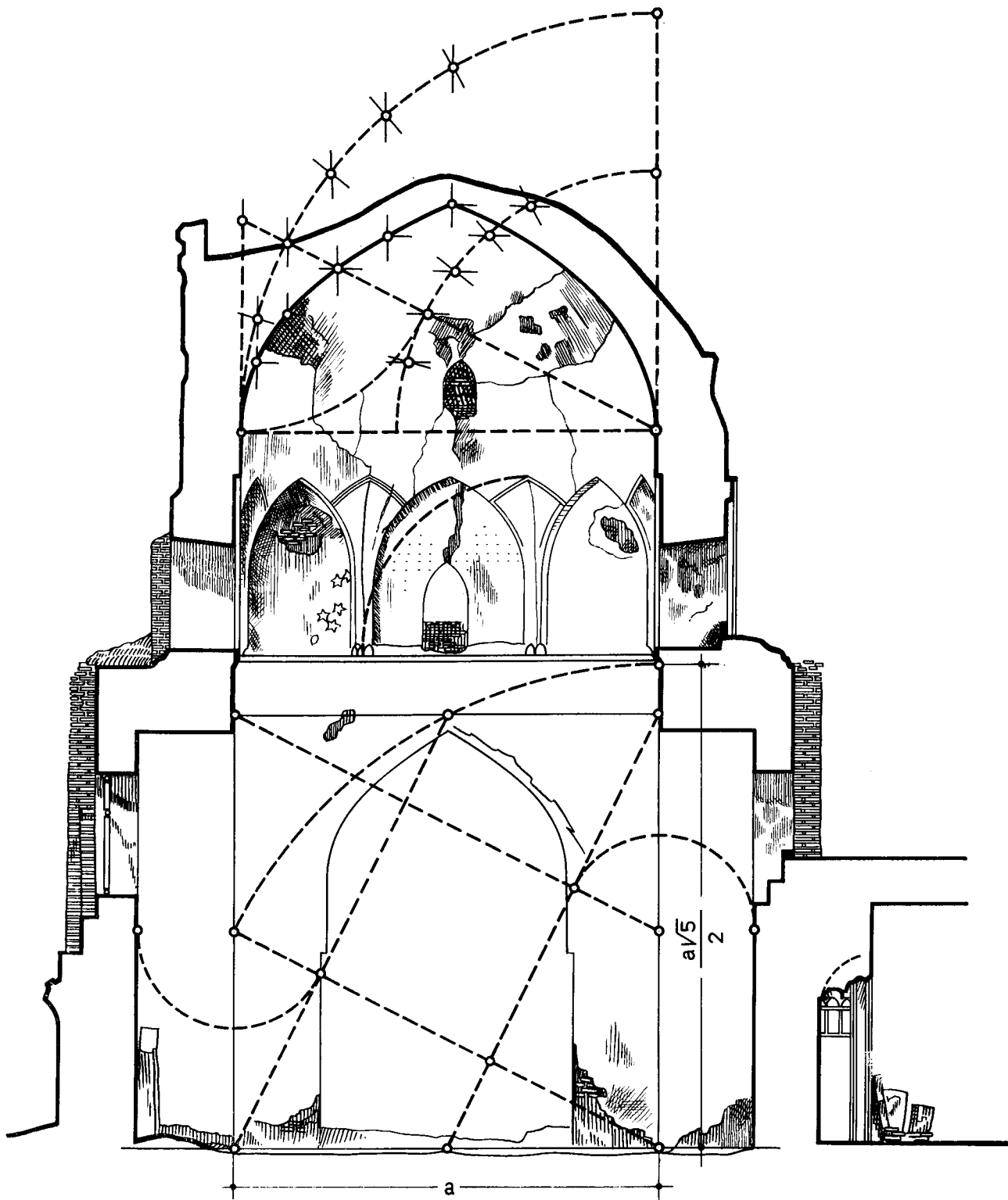


Рис. 102. Южная (малая) мечеть Биби-ханым. Разрез. Анализ построения

Таблица 5

Соразмерности, выраженные делением отрезка
в среднем и крайнем отношении

Наименование	Члены прогрессии		Теоретические размеры, см
	M_0	M_1	
Ширина портала	1	0,618	4085
	M_1	0,382	2525
	M_2	0,236	1560
	M_3	0,146*	964
Диаметр угловых минаретов	M_4	0,146*	596

* Диаметры угловых гультаста трех медресе Улугбека в Бухаре (1417 см), Самарканде (1420 см) и Гиждуване (1433 см) установлены аналогичным методом, однако в них M_4 поделен пополам, т. е. они соразмерны 0,073 ширины фасадов.

а их общая глубина — стороне подкупольного квадрата, т. е. 24 гязам.

Вероятно, по проекту восточная стена подкупольного квадрата делила всю глубину главной мечети пополам, при этом поперечная ось помещения мечети проходила в 21,6 гяза от внешней линии западной стены, между тем ось четвертого пролета арочной галереи отстояла от западного края комплекса на 23,5 гяза. Необходимо увязки этих осей, на которых располагались северный и южный входы, потребовала в процессе проектирования смещения подкупольного квадрата на восток. Такое смещение произошло на 1,2 гяза, несовпадение осей сохранилось на 0,7 гяза, но оно было уже малозаметно.

Толщина западной и восточной стен была запроектирована соразмерной $a(\sqrt{2}-1) = 33,6 - 24 = 9,6$ гяза. В результате внесенных коррективов, т. е. смещения помещения к группе входа на 1,2 гяза, толщина стен соответственно принята равной 10,8 и 8,4 гяза.

Толщина боковых стен соразмерна разности стороны и полудиagonали квадрата, т. е. 7,2 гяза, или 438 см. Натурные размеры — 435 см.

Исследование соразмерностей членений интерьера главной мечети позволяет утверждать, что здесь было два этапа проектирования. Первоначальный проект предусматривал максимальное расширение подкупольного помещения с широкими и глубокими нишами в стенах четверика с устройством балочных парусов по углам, а для определения соразмерностей интерьера применялось деление стороны (a) подкупольного квадрата в крайнем и среднем отношении, причем большой отрезок (m) был принят за ширину ниши, а половиной малого отрезка ($\frac{n}{2}$) определились угловые про-

стенки четверика и глубина ниши (рис. 103, 104).

Рассмотрим конкретные данные по членению южной стены четверика длиной 1442 см. Разделив длину в крайнем и среднем отношении, получим большой отрезок $m = 1442 \times 0,618 = 891$ см, соразмерный ширине ниши. Натурные размеры — 895 см; погрешность — 4 см.

Половина малого отрезка

$$\frac{n}{2} = \frac{1442 - 891}{2} = 275 \text{ см.}$$

Натурные размеры простенков — 272 и 275 см.

Примечательно, что эти членения близки к отношениям 1 : 3 : 1. Однако погрешности при этом для простенков составляют 13—14 см, для ширины ниши — 27 см.

По-видимому, в процессе возведения сооружения у строителей возникли сомнения в реальности устройства и прочности балочных парусов (крайний максимальный пролет — 6 м), а также равнопрочности стен четверика, ослабленных глубокими и широкими нишами. Для усиления несущих способностей стен четверика решили заложить ниши кирпичной кладкой, что и осуществлено в натуре. Это решение привело к традиционным членениям стен четверика на основании производных квадрата, тем не менее некоторые соразмерности, задуманные ранее и выраженные в делении отрезков в крайнем и среднем отношении, были сохранены.

Анализ членений стен и пространства интерьера главной мечети по вертикали дает следующую картину (рис. 104).

Высота четверика (до фриза) равна стороне (a) подкупольного квадрата.

Высота панели и фриза четверика соразмерна $\frac{a}{6} = 243$ см. Фактически — 250 см.

Обрамлением арочных ниш четверика в интерьере создается прямоугольник шириной 895 см. При высоте 1450 см от уровня пола он представляет прямоугольник 1,618 с погрешностью 0,002.

Высота яруса парусов соразмерна высоте равносоставленного треугольника, построенного на стороне восьмерика, т. е.

$$\frac{a(\sqrt{2}-1)\sqrt{3}}{2}$$

Высота от пола до основания купола в интерьере соразмерна $\frac{a(\sqrt{5}+1)}{2}$. Высота барабана относится к его диаметру как 2 : 5.

Наконец, форма несохранившегося купола главной мечети Биби-ханым восстанавливает-

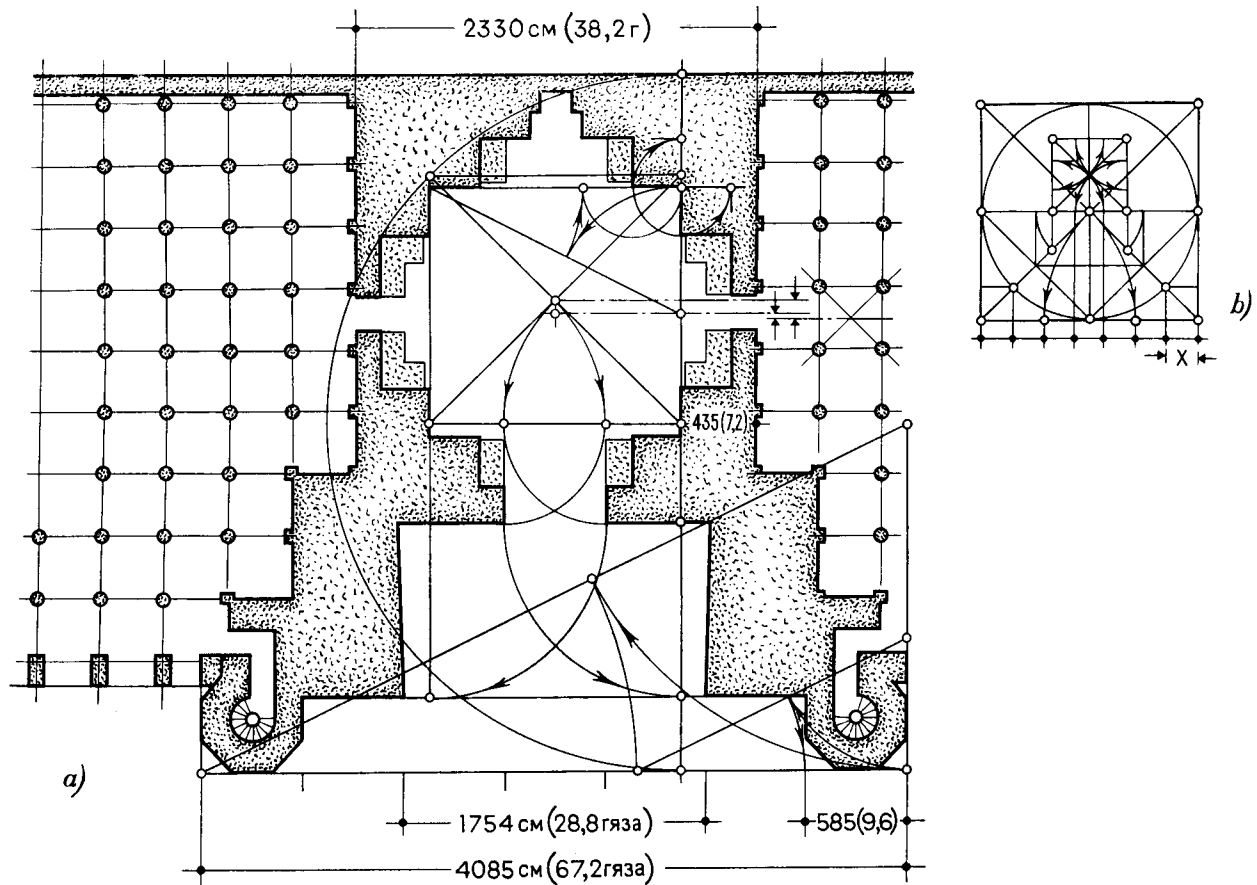


Рис. 103. Главная мечеть Биби-ханым. План. Анализ построения

ся нами как два пересекающихся эллипса, аналогично мавзолею Гур-Эмир (о чем см. ниже).

Интересны пропорции плана входного портала мечети Биби-ханым (рис. 100 и 105), где ширина (L) ниши входа соответствует половине малого отрезка при делении ширины (A) комплекса в среднем и крайнем отношении.

$$L = \frac{A(3 - \sqrt{5})}{4} = 163,2 \times 0,191 = 31,2 \text{ гяза, или } 9910 \times 0,191 = 1893 \text{ см.}$$

Натурные размеры ниши — 1880 см; погрешность — 13 см.

Ширина входного портала по осям минаретов соразмерна ширине ниши плюс диагональ полуквадрата, построенного на этой ширине:

$$\frac{A(3 - \sqrt{5})}{4} + \frac{A(3\sqrt{5} - 5)}{8} = \frac{A(\sqrt{5} + 1)}{8} = 163,2 \times 0,4045 = 66 \text{ гязам.}$$

Погрешность — 6 см.

Боковые пролеты главного фасада комплекса соответственно равны полуразности ширины комплекса (без угловых минаретов) и ширины портала:

$$A \left(1 - \frac{\sqrt{5} + 1}{8} : 2 = \frac{A(7 - \sqrt{5})}{16} = 163,2 \times 0,2977 = 48,6 \text{ гяза.} \right.$$

Если прямоугольный план ниши входа (полуквадрат) принять за исходный параметр, а пролет (L) свода-ниши портала, равный 1893 см, или 31,2 гяза, — за единицу, то основные размеры плана будут соразмерными его производным:

$$1, \frac{1}{2}, \frac{\sqrt{5}-1}{2}, \frac{\sqrt{5}-1}{4}, \frac{3-\sqrt{5}}{2}, \frac{3-\sqrt{5}}{4}, \frac{\sqrt{5}}{2}, \frac{\sqrt{5}}{4}.$$

Это конкретно выражено в том, что глубина ниши 15,6 гяза соответствует половине пролета арки.

Ширина стен пилонов (расстояние от края ниши до угловых минаретов) равна малому отрезку при делении пролета свода в среднем и крайнем отношении:

$$\frac{L(3 - \sqrt{5})}{2} = 1893 \times 0,382 = 723 \text{ см} = 12 \text{ гязам.}$$

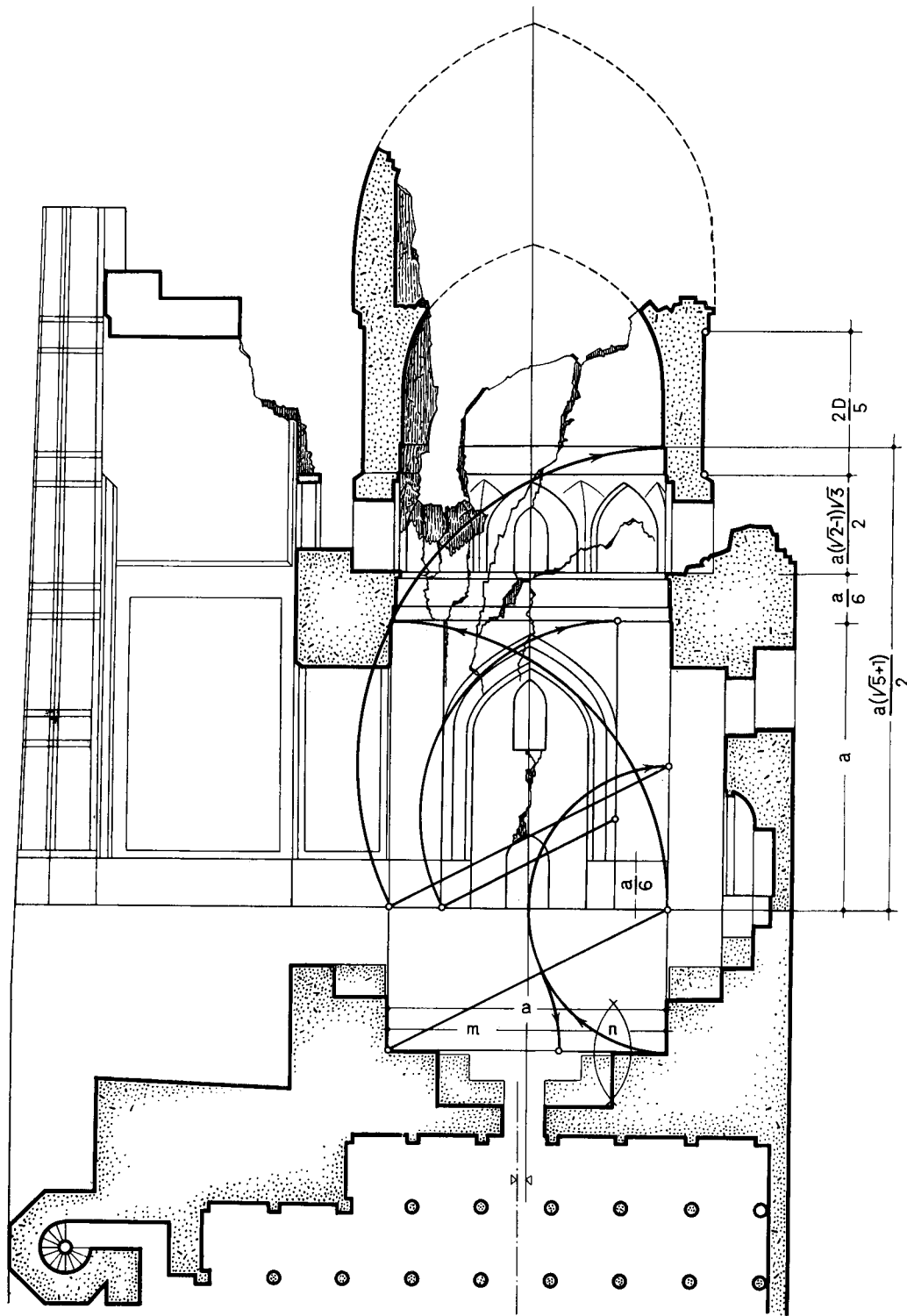


Рис. 104. Главная мечеть Биби-ханым. План и разрез. Анализ построения

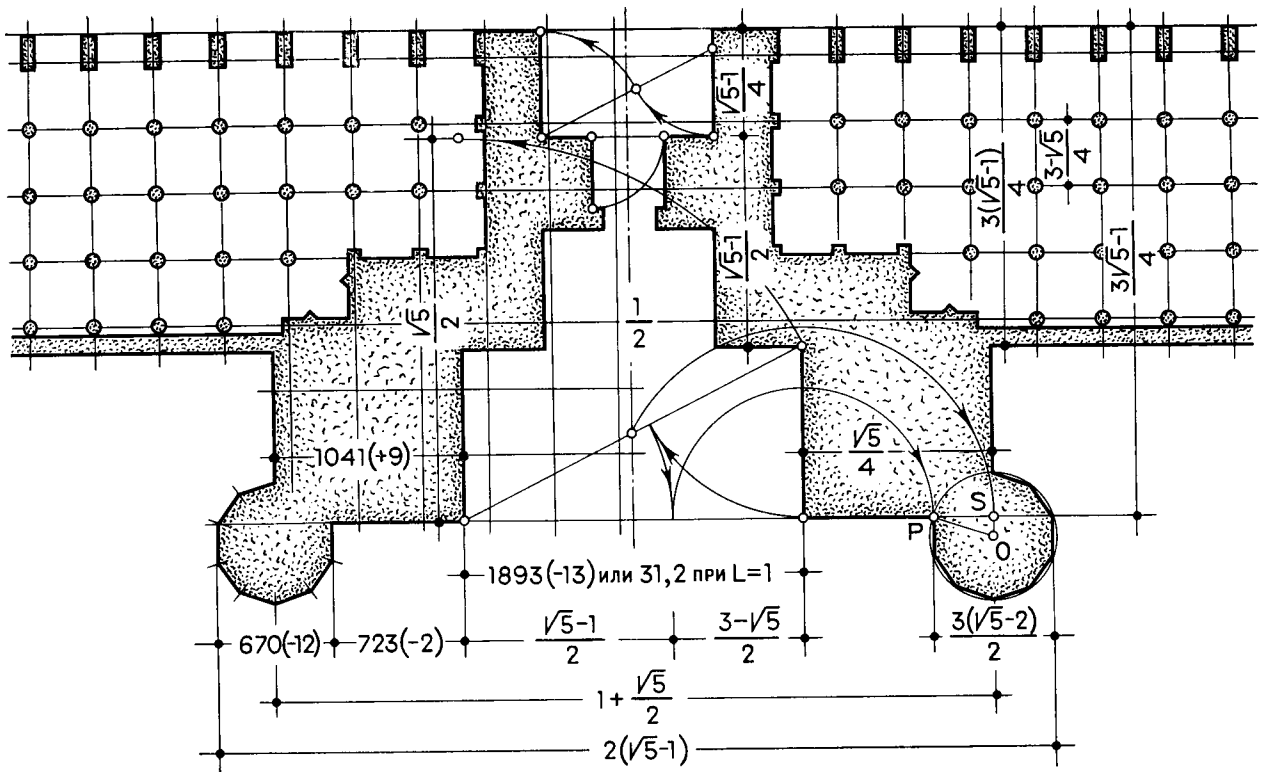


Рис. 105. Мечеть Биби-ханым. План портала. Анализ построения

Натурные размеры — 721 см.

Толщина пилона соразмерна $\frac{L\sqrt{5}}{4}$,
 $\frac{1893 \times 2,236}{4} = 1058$ см, или 17,5 гяза.

Диаметр угловых минаретов и глубина малой ниши равны

$$\frac{3L(\sqrt{5}-2)}{2}, \text{ т. е. } 1893 \times 0,354 = 670 \text{ см} = 11 \text{ гязам.}$$

Фактически диаметр минарета — 658 см, погрешность — 12 см.

Расстояние между задними стенами порталной ниши и ниши со стороны двора соразмерно

$$\frac{L(\sqrt{5}-1)}{2}, \text{ т. е. } 1893 \times 0,618 = 1170 \text{ см, или } 19,25 \text{ гяза.}$$

Глубина ниши, обращенной во двор мечети, составляет $\frac{L(\sqrt{5}-1)}{4}$, или 9,6 гяза. Ее ширина соразмерна половине пролета порталной ниши, т. е. 15,6 гяза, а их отношение — 0,618.

Ширина пилонов ниши со стороны двора равна $\frac{L(3-\sqrt{5})}{4}$, т. е. $0,191 \times 1893 = 362$ см, или 6 гязам; погрешность — 3 см.

Глубина входного портала соразмерна $\frac{L\sqrt{5}}{2} + \frac{L(\sqrt{5}-1)}{4} = \frac{L(3\sqrt{5}-1)}{4} = 31,2 \times 1,427 = 44,52$ гяза.

Угловые минареты входного портала диаметром 658 (670) см, или 11 гязов, покоятся на десятигранном доколе, две грани которого заделаны в пилоны. Примыкание минаретов к пилонам обусловлено сопряжением стороны десятиугольника под прямым углом к линии фасада, что потребовало определения его центра решением треугольника *OPS* (рис. 105) и построения правильного десятиугольника.

Примечателен единый принцип построения всего комплекса. В этом нетрудно убедиться, если вспомнить, что колоннада многонефной арочной галереи построена на сетке в 6 гязов. Это соразмерно половине малого отрезка при делении пролета (*L*) ниши входного портала в среднем и крайнем отношении:

$$\frac{L(3-\sqrt{5})}{4} = 1893 \times 0,191 = 362.$$

Погрешность — 3 см.

Сторона подкупольного квадрата главной мечети соответствует двум малым отрезкам:

$$L(3-\sqrt{5}) = 1893 \times 0,764 = 1448 \text{ см, или } 24 \text{ гязам}$$

Погрешность — 10 см.

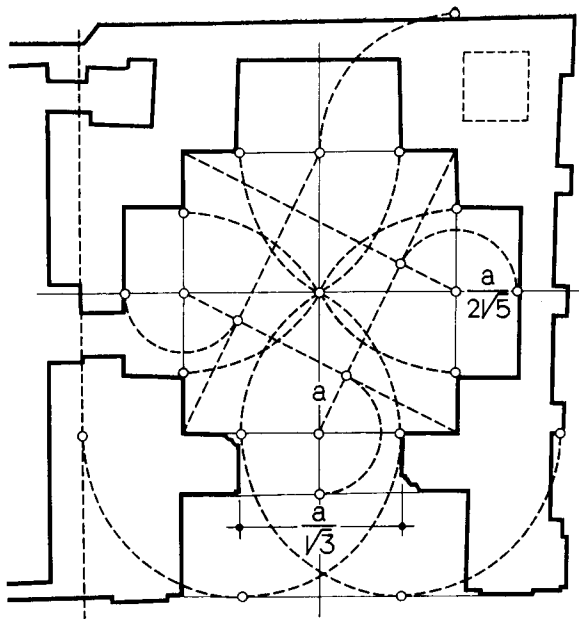


Рис. 106. Южная (малая) мечеть Биби-ханым. План. Анализ построения

Ширина западного фасада главной мечети соразмерна двум большим отрезкам:

$$L(\sqrt{5} - 1) = 1893 \times 1,236 = 2340 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 2330 см; погрешность — 10 см.

Ширина многонефной галереи — 29 гязов:

$$\frac{3L(\sqrt{5} - 1)}{4} = 31,2 \times 3 \times 0,309 = 28,92 \text{ гяза.}$$

Погрешность — 5 см.

Во всех приведенных анализах погрешности в исчислениях иррациональных величин незначительны, но они увеличиваются в измерениях больших величин. Например, ширина входного портала (включая и минареты) теоретически равна

$$2L(\sqrt{5} - 1) = 2 \times 1893 \times 1,236 = 4679 \text{ см,}$$

или 77 гязам.

Натурные размеры — 4653 см; погрешность — 26 см.

Два объема, создающие поперечную композиционную ось ансамбля, ориентированные фасадами в пространство двора, мало отличаются друг от друга по своим формам, в связи с чем ограничимся анализами соразмерностей южного объема, и то лишь фрагментарно.

Разбивка плана не отличается большой точностью, тем не менее обмерные данные позволяют выявить общую схему приемов, которыми пользовались зодчие.

По сторонам (a) квадратного помещения имеются широкие ниши и арочный проем. Ширина их соразмерна $\frac{a}{\sqrt{3}}$ (рис. 106).

Глубина боковых ниш и толщина щековой стены портала соразмерны $\frac{a}{2\sqrt{5}}$. Толщина задней стены соразмерна половине стороны квадрата.

Толщина порталной стены соразмерна $\frac{a}{\sqrt{3}}$.

Глубина порталной ниши соразмерна $\frac{a}{\sqrt{3}} - \frac{a}{2\sqrt{5}}$.

Высота четверика соразмерна $\frac{a\sqrt{5}}{2}$ (рис. 102).

Высота восьмерика соответствует стороне восьмиугольника, вписанного в квадрат.

Высота от обреза четверика до начала кривой внутреннего купола соразмерна половине стороны квадрата.

Кривая внутреннего купола представляет отрезки эллипса с параметрами: большая полуось соответствует стороне квадрата, малая полуось — большому отрезку при делении стороны (a) квадрата в среднем и крайнем отношении:

$$\frac{a(\sqrt{5} - 1)}{2}.$$

Мавзолей Гур-Эмир (1404 г.)

Мавзолей Гур-Эмир, вкомпонованный в уже сложившийся ансамбль противоположных друг другу медресе и ханаки Мухаммад-султана, представлял лаконичное сочетание объемов восьмигранной призмы высокого цилиндрического барабана и выразительного ребристого купола с относительно небольшим развитием входной части (рис. 107, 108).

Структура интерьера мавзолея традиционная: четверик в виде полого куба с глубокими нишами по его сторонам, над ним восьмерик с сомкнутыми угловыми парусами, низкий шестнадцатигранный и сфероконический внутренний купол [91, с. 100, 170—172; 135, с. 98—100; 239, с. 119—122; 247, с. 310, 322; 308, с. 55—59].

Исходным параметром в определении соразмерностей сооружения являлся подкупольный квадрат, сторона (a) которого без учета выступающей панели равняется 1022 см, или 18 гязам, при гязе, равном 56,8 см.

По сторонам помещения располагаются ниши с пролетом, равным

$$\frac{a}{\sqrt{5}} = \frac{1022}{\sqrt{5}} = 457.$$

Натурные размеры — 458 см, т. е. около 8 гязов. Боковые простенки четверика равны

$$\left(a - \frac{a}{\sqrt{5}}\right) : 2 = \left(1022 - \frac{1022}{\sqrt{5}}\right) : 2 = 283 \text{ см,}$$

около 5 гязов.

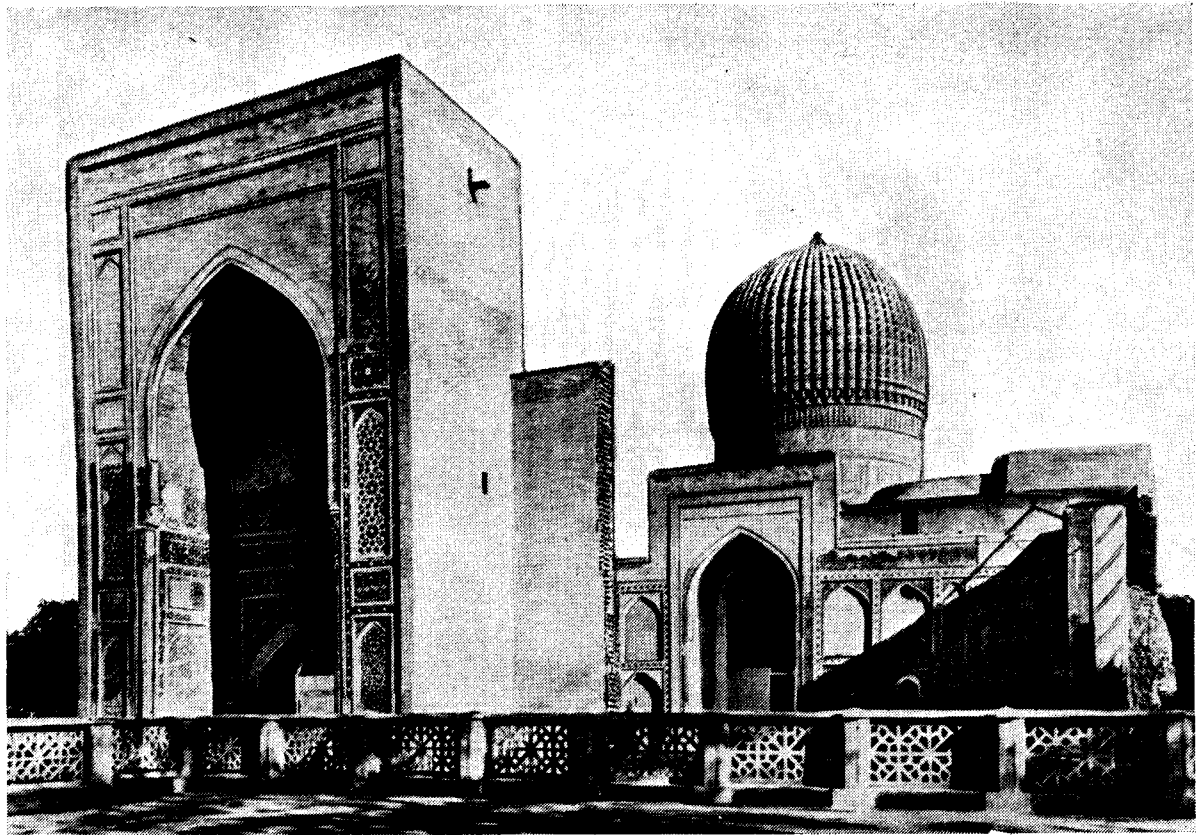


Рис. 107. Мавзолей Гур-Эмир в Самарканде (1404 г.). Общий вид

Глубина ниши соответствует ширине про-
стенка; следовательно, ниша в плане представ-
лена прямоугольником, отношение сторон ко-
торого $\frac{457}{283} = 1,618$.

Высота подкупольного помещения — четве-
рика — соразмерна

$$\frac{a\sqrt{5}}{2} = 1022 \times 1,118 = 1143.$$

Натурные размеры — 1148 см; погреш-
ность — 5 см.

Высота фриза четверика соразмерна

$$a \left(\frac{\sqrt{5}}{2} - 1 \right) = 1022 \times 0,118 = 121 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 126 см; погрешность —
5 см.

Сторона (m) основания восьмерика — 419 см,
его высота соразмерна высоте равностороннего
треугольника с основанием, равным стороне
восьмиугольника, т. е.

$$H_8 = \frac{m\sqrt{3}}{2} = 210 \times 1,732 = 364.$$

Натурные размеры — 361 см; погрешность —
3 см.

Высота шестнадцатигранника (79 см) сораз-
мерна половине малого отрезка при делении
стороны восьмигранника (m) в крайнем и сред-
нем отношении, т. е. $\frac{0,382m}{2} = 0,191 \times 419 = 80$ см,
или одной пятой стороны восьмигранника

$$\frac{m}{5} = \frac{409}{5} = 84 \text{ см.}$$

Погрешности — 1 и 5 см.

По низу четверика имеется ониксовая панель,
завершающаяся сталактитовым поясом и фри-
зом, заполненным арабской вязью. Вследствие
установки этой панели уменьшились размеры
подкупольного квадрата до 1005×1005 см, ши-
рина ниш — до 437 см.

Для определения высоты панели, видимо,
ширину ниши (437 см) делили в среднем и край-
нем отношении, причем большей ее отрезок
(270 см) принимали за высоту панели. Натур-
ные размеры высоты панели — $236 + 33 =$
 $= 269 \text{ см}^{20}$.

В пропорциях ониксовой панели мавзолея
Гур-Эмир прослеживаются математические за-
кономерности, присущие соразмерностям все-
го здания, хотя она была выполнена во время

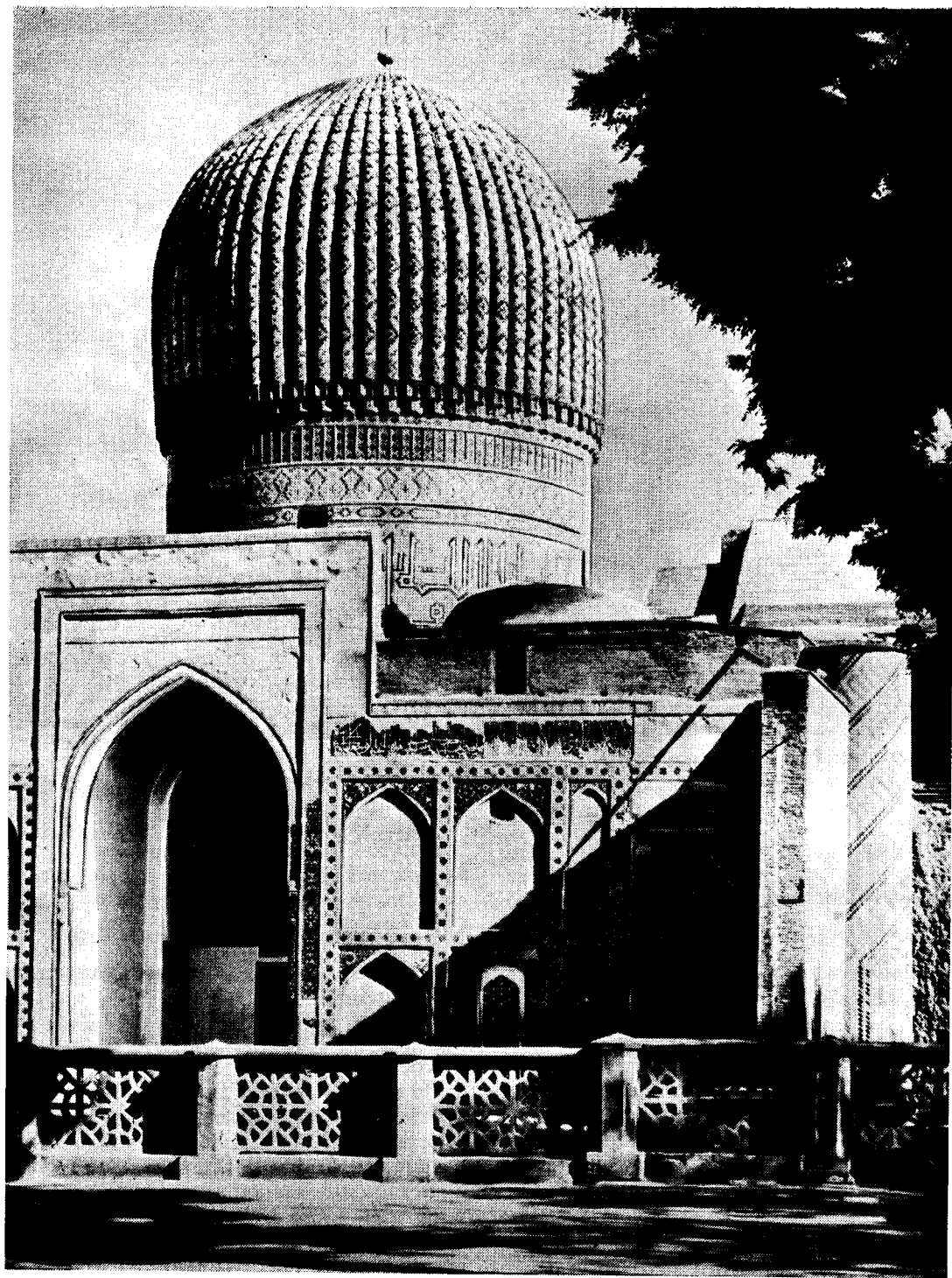


Рис. 108. Мавзолей Гур-Эмир. Общий вид

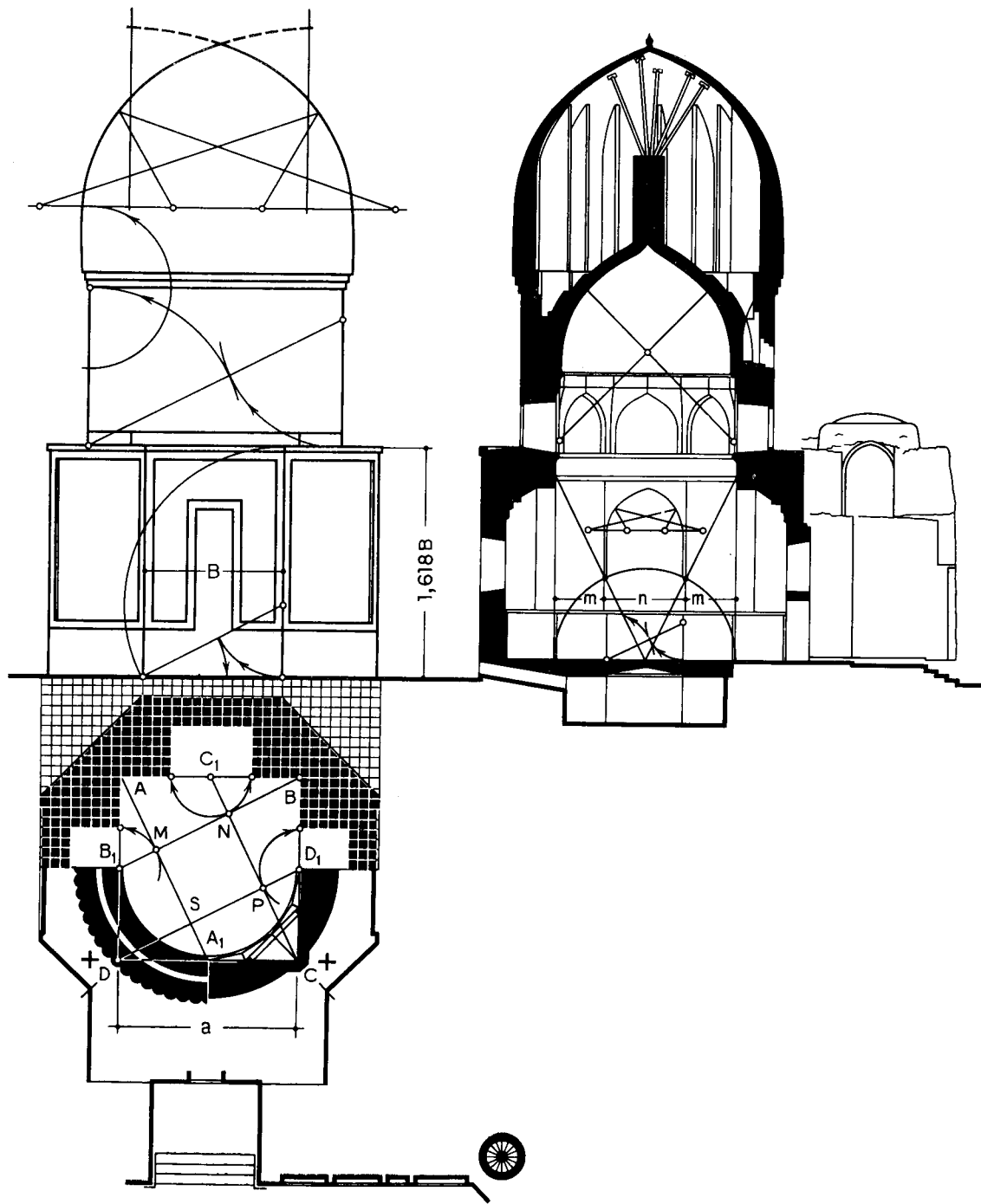


Рис. 109. Мавзолей Гур-Эмир. План, фасад и разрез. Анализ построения

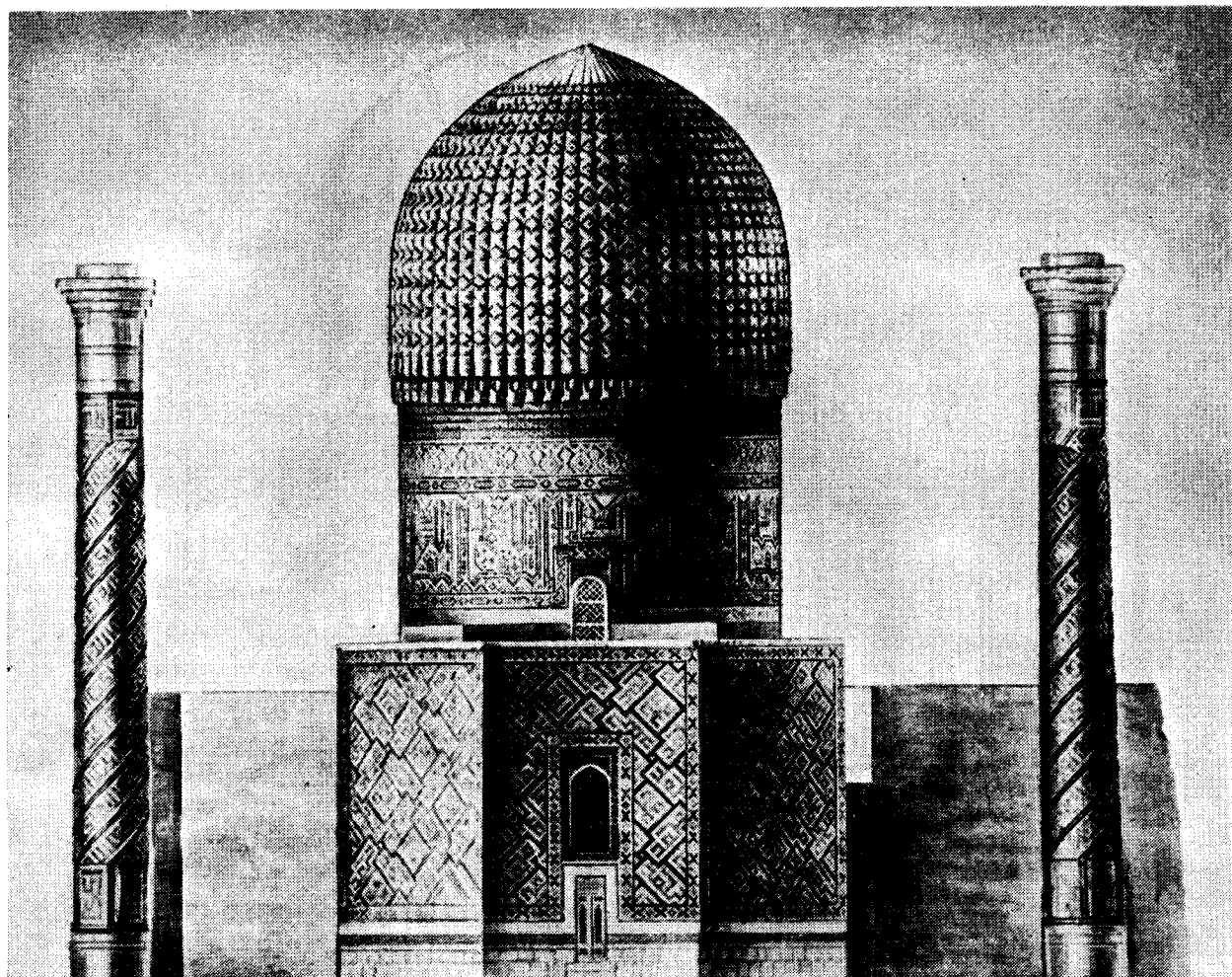


Рис. 110. Мавзолей Гур-Эмир. Фасад

правления Улугбека. Это обстоятельство наводит на мысль, что мавзолей и панели возведены одними и теми же зодчими или мастерами следующего поколения, которые не только имели представление об общих приемах архитектурного пропорционирования эпохи, но и были прекрасно осведомлены о математических закономерностях, использованных в композиции мавзолей Гур-Эмир.

Совмещая план внутреннего купола и цилиндрического барабана с планом четверика (рис. 109), убеждаемся, что диаметр барабана соразмерен диагонали подкупольного квадрата, а общая толщина кладки купола и барабана — половине разности диагонали и стороны квадрата.

Говоря о пропорциях граней восьмигранной призмы и цилиндрического барабана, следует отметить, что сторона основания восьмигранника (791 см) относится к высоте призмы (1280 см) как 1 : 1,618; высота цилиндриче-

ского барабана (875 см) к его диаметру (1421 см) — как 1 : 1,618.

Утонченными отношениями характеризуются пропорции входных ворот двора мавзолей Гур-Эмир. Если общую ширину портала ворот примем за единицу, то пролет арочной ниши и глубина портала равны $\frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}}$, а ширина

его пилонов — $\frac{1}{2\sqrt{5}}$. Геометрическое построение плана проанализировано на обмерном чертеже (рис. 111).

Рабочий метод построения форм мавзолей Гур-Эмир с геометрической гармонизацией на основе производных полуквадрата, очевидно, был связан с разработкой чертежа проекта и изготовлением модели. Перенесение же проекта в натуре не могло явиться механическим повторением приемов построения чертежа, оно требовало определения размеров элементов со-

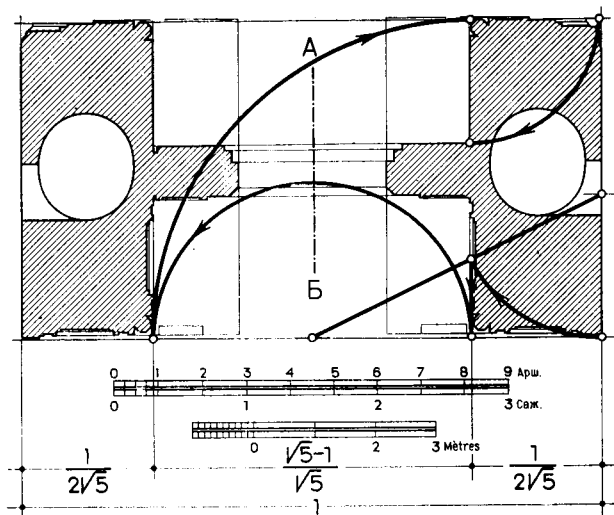


Рис. 111. Мавзолей Гур-Эмир.
План входных ворот двора. Анализ построения

оружения в глазах, что могло быть выполнено или графическим методом на масштабной модульной сетке, или аналитическим способом.

Мавзолей Туман-ака (1405—1406 гг.)

Мавзолей Туман-ака в ансамбле Шах-и-зида (рис. 112) построен почти одновременно с мавзолеем Гур-Эмир. Имея общие композиционные признаки, они резко отличаются по архитектонике. В мавзолее Туман-ака традиционный ярус парусов уступил место балочному парусу. Относительно широкие и неглубокие, но высокие ниши по сторонам позволили придать пропорциям четверика большую стройность [119, с. 154—156; 135, с. 80; 239, с. 113; 247, с. 303—305].

Подкупольный квадрат (рис. 113) равен 368×368 см, или 6×6 гязов при гязе в 61,3 см.

Ширина (A) здания соразмерна стороне (a) подкупольного квадрата плюс удвоенный малый отрезок при делении « a » в среднем и крайнем отношении, т. е.

$A = a(4 - \sqrt{5}) = 368 \times 1,764 = 648$ см.
Натурные размеры — 656 см; погрешность — 8 см.

Длина (B) здания соразмерна

$A(\sqrt{5} - 1) = 648 \times 1,236 = 806,5$ см.
Натурные размеры — 802 см; погрешность — 4,5 см.

В интерьере стены четверика по горизонтали членятся на отношения $1 : 6 : 1$, образуя пристенные ниши. Боковые ниши имеют глубину

$$\frac{a}{2\sqrt{5}} = 368 \times 0,224 = 82 \text{ см.}$$

Глубина ниши в задней стене — $\frac{a}{3}$.

Высота павели в интерьере и толщина задней стены соразмерны половине стороны квадрата.

Высота четверика равна половине стороны квадрата плюс диагональ полуквadrата, причем высота четверика (595 см) относится к основанию (368 см) как 1,618 : 1.

Высота от пола до пят арок четверика соразмерна половине высоты четверика.

Вынос передней части здания в плане и ширина порталной ниши равны малому отрезку при делении ширины (A) здания в крайнем и среднем отношении:

$$A - \frac{(A\sqrt{5} - 1)}{2} = 656 \times 0,382 = 251 \text{ см,}$$

а боковые пилоны соразмерны половине большого отрезка

$$\frac{A(\sqrt{5} - 1)}{2 \times 2} = \frac{656 \times 0,618}{2} = 203.$$

Погрешность — 2—3 см.

Высота цоколя на фасаде равна половине ширины пилон. Ширина дверного проема (118 см) относится к высоте (264 см) как $1 : \sqrt{5}$. В натуре высота — 262 см; погрешность — 2 см. Ширина прямоугольного обрамления входного проема — 185 см, высота — 294 см. Их отношение $\frac{294}{182} = 1,618$; погрешность — 3 см.

Портал восстанавливается нами как прямоугольник с отношением $1 : 1,618$.

Наконец, диаметр барабана купола относится к его высоте как целое к большому отрезку при делении диаметра в крайнем и среднем отношении.

Мавзолей Биби-ханым (начало XV в.).²¹

При проектировании мавзолея Биби-ханым развиваются композиционные принципы, заложенные в мечети Биби-ханым, мавзолеех Гур-Эмир и Туман-ака. Это прослеживается не только в их объемно-пространственной композиции, трактовке пространства интерьера, но и в приемах построения архитектурных форм, в делении стороны подкупольного квадрата в крайнем и среднем отношении для установления соразмерностей сооружения.

Мавзолей имеет квадратное помещение со сторонами (a) 655 см. Внешний абрис плана октогонален, однако примыкание мавзолея к комплексу медресе Сарай-Мульк-ханым обусловило его прямоугольное очертание с запада.

Над восьмигранной призмой расположен высокий цилиндрический барабан, поставленный на переходный квадратный в плане объем со срезанными углами, над барабаном — сфероконический купол.

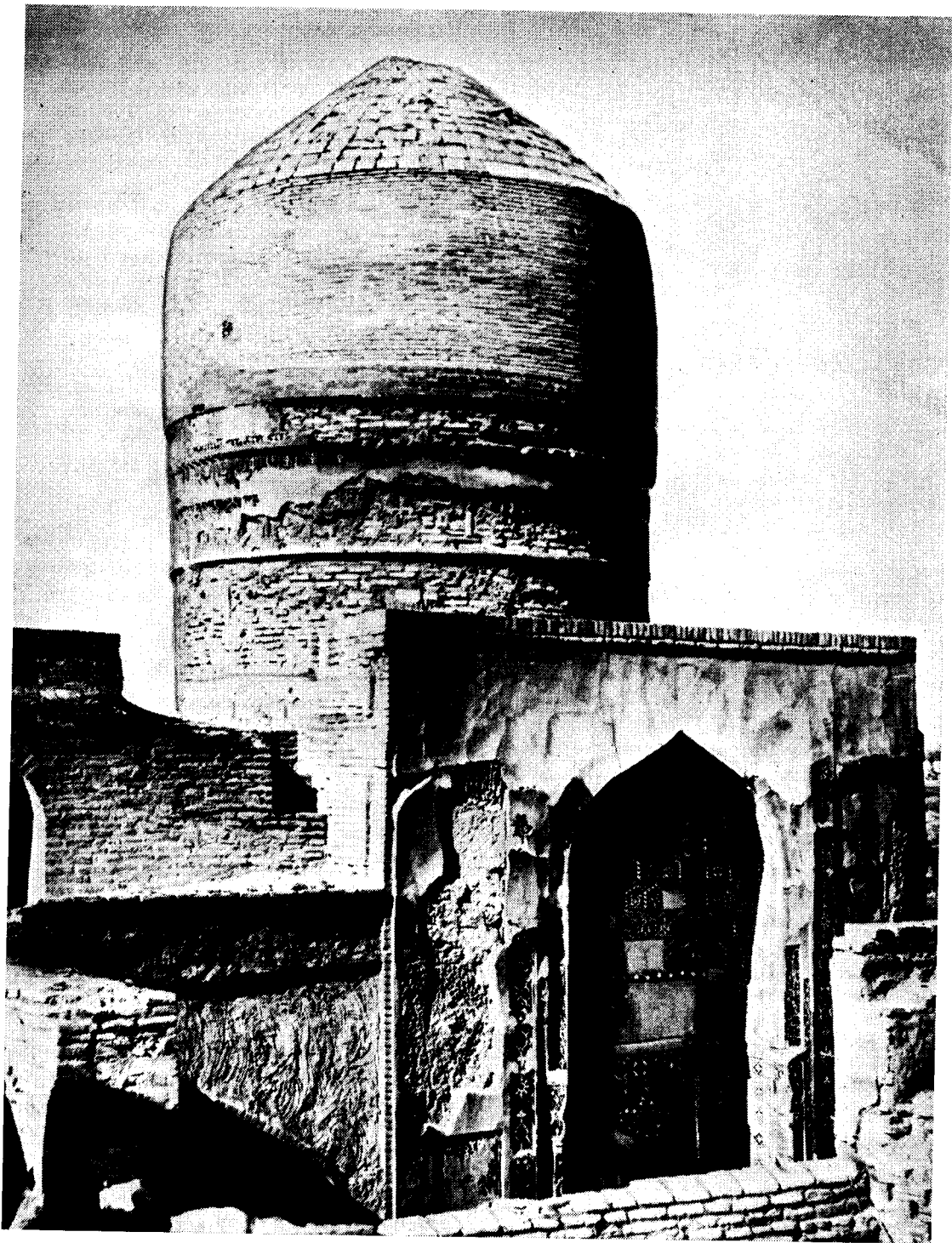


Рис. 112. Мавзолей Туман-ака в Шах-и-зинда (1405—1406 гг.). Общий вид

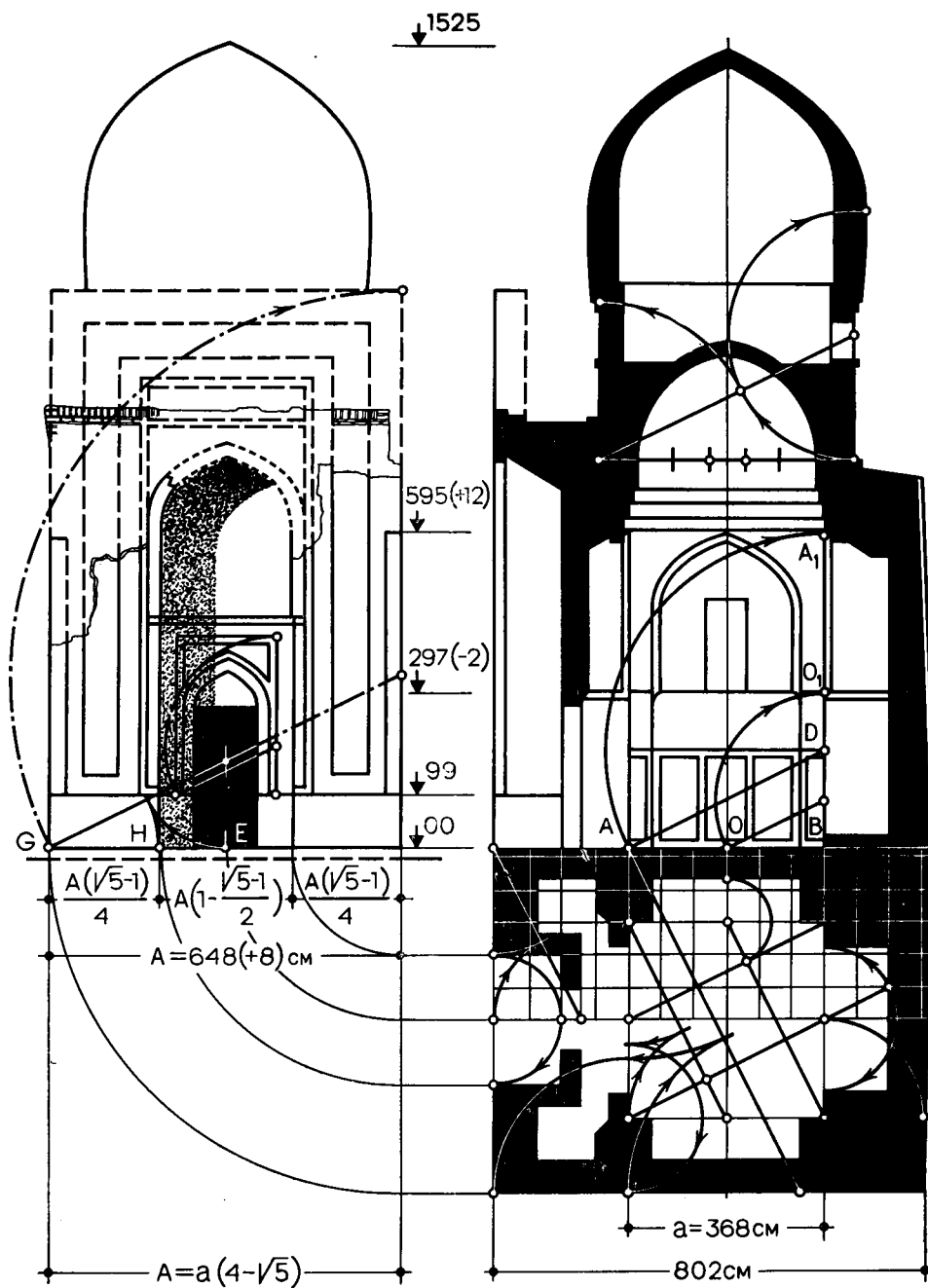


Рис. 113. Мавзолей Туман-ака. План, фасад и разрез. Анализ построения

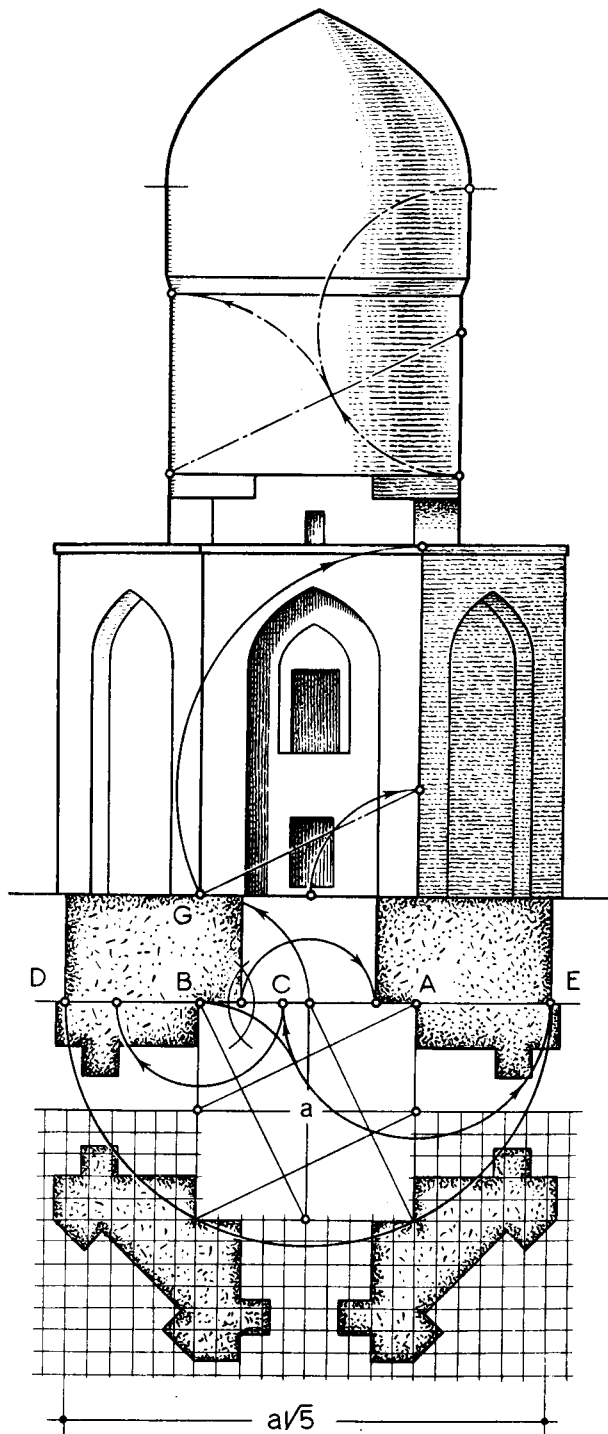


Рис. 114. Мавзолей Биби-ханым в Самарканде (начало XV в.). План, фасад. Анализ построения

Структура интерьера представлена высоким четвериком стройных пропорций с широкими и глубокими нишами по сторонам. Переход квадратного плана четверика к кругу осуществлен балочными парусами. Пространство ин-

терьера завершается высоким внутренним куполом.

Допустим, что, как и в мечети Биби-ханым (рис. 102, 103), сторона (AB) подкупольного квадрата $ABCD$ мавзолея Биби-ханым (рис. 114) была поделена в крайнем и среднем отношении, причем большой отрезок AC был принят за ширину ниш четверика, а половина малого отрезка $\frac{BC}{2}$ — за угловые простенки. При этом простенки соразмерны

$$\frac{a(3 - \sqrt{5})}{4} = 655 \times 0,191 = 125 \text{ см,}$$

что точно соответствует натуре.

Ширина ниш

$$\frac{a(\sqrt{5} - 1)}{2} = 655 \times 0,618 = 405 \text{ см,}$$

что также соответствует натуре.

Как видно из графического анализа, членение сторон подкупольного квадрата почти совпадает с модульной сеткой и выражается отношением $1 : 3 : 1$ с погрешностями для простенков в 6 см, а для ширины ниш — в 12 см.

Глубина ниш четверика равна малому отрезку при делении стороны (a) квадрата в крайнем и среднем отношении:

$$a \left(1 - \frac{\sqrt{5} - 1}{2}\right) = 655 \times 0,382 = 250 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 246 см.

Толщина боковых стен AE соразмерна большому отрезку AC . Натурные размеры — 405 см, т. е. полное совпадение.

Ширина здания — $a\sqrt{5}$, толщина передней (западной) стены — $\frac{a}{2}$.

Пропорции восьмигранных призм мавзолеев Биби-ханым и Гур-Эмир, очевидно, были идентичны (рис. 109, 114). Также идентичными представляются пропорции цилиндрических барабанов в мавзолеех Биби-ханым, Туман-ака, Гур-Эмир в Самарканде, гурханы Ходжа Ахмада Ясеви в Туркестане, однако барабан мавзолея Биби-ханым был поставлен на более высокий цоколь.

Мавзолей Шейха Дурсуна (1403—1404 гг.)

Мавзолей Шейха Дурсуна близ селения Ахсу (Азербайджан) является современником мавзолеев Гур-Эмир, Биби-ханым, Туман-ака в Самарканде. Памятник представляет восьмигранную призму с относительно нетолстыми стенами, покрытую восьмигранным шатром. Соразмерности сооружения извлекаются из плана.

Толщина стен соразмерна половине стороны восьмиугольника помещения:

$$\frac{a(\sqrt{2} - 1)}{2} = 0,207a.$$

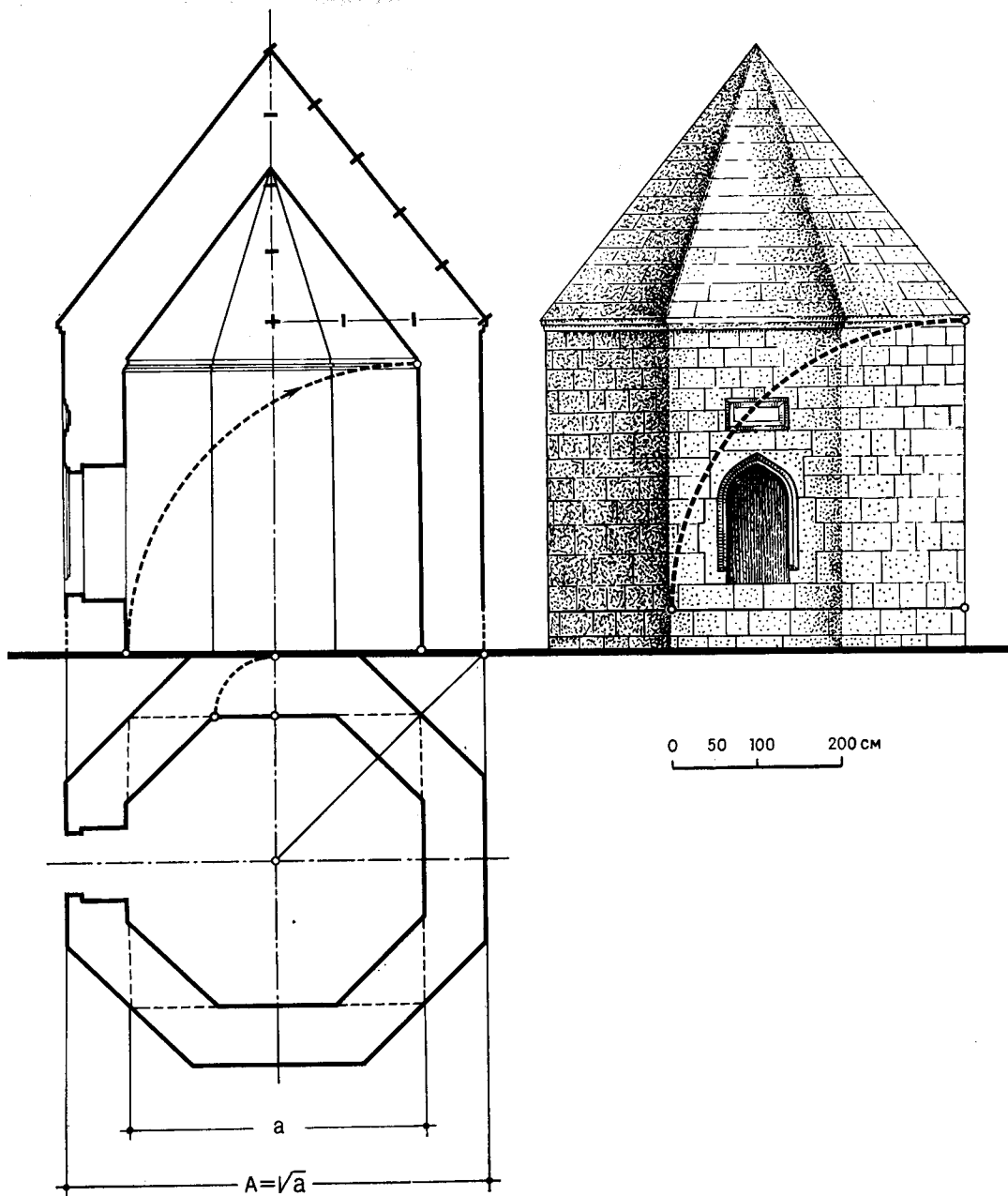


Рис. 115. Мавзолей Шейха Дурсуна в Азербайджане (1403—1404 г.). План и фасад.
Анализ построения

Высота (H) восьмигранной призмы соразмерна половине диагонали квадрата, в который вписано основание призмы, т. е. $H = \frac{A\sqrt{2}}{2}$.

Высота шатра соразмерна двум третям ширины (A) здания: $h = \frac{2A}{3}$, т. е. треугольник шатра выражен пропорциями «египетского» треугольника 3, 4, 5 (рис. 115).

Медресе Улугбека в Бухаре (1417 г.)

Проекты всех трех медресе Мирзо Улугбека в Самарканде, Бухаре и Гиждуване были разработаны зодчими самаркандской школы, возможно, под руководством Улугбека. По размерам бухарское медресе занимает среднее место между столичным, самаркандским и провинциальным маленьким, гиждуванским.

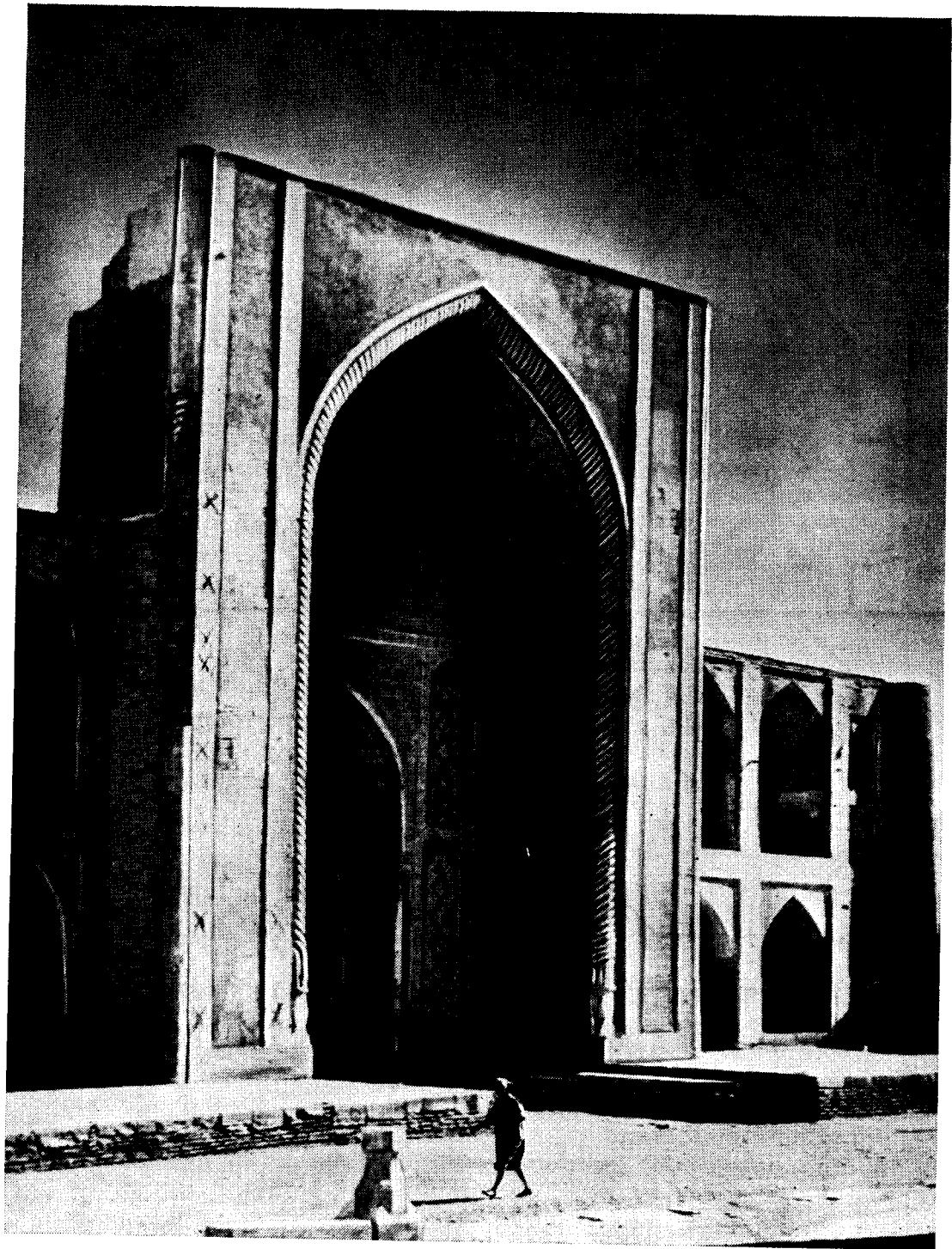


Рис. 116. Бухарское медресе Улугбека (1417 г.). Общий вид

Медресе Улугбека в Бухаре — двухэтажное, с внутренним двориком и двумя айванами по продольной оси двора (рис. 116). В южной части двора располагается группа помещений входа с мечетью и дарсханой. По углам здания башни — гильдаста с винтовыми лестницами.

Исследователи справедливо отмечают стройность и уравновешенность пропорций медресе, однако без анализа построений архитектурной формы. Попытаемся исследовать соразмерности частей и целого сооружения раскрытием математических закономерностей, которыми руководствовался автор проекта — потомственный зодчий Исмаил, внук знаменитого архитектора Махмуда Исфгани, построившего в Самарканде мавзолей Гур-Эмир.

За исходный параметр принимаем длину (A) главного фасада по осям угловых гильдаста, равную 3990 см (рис. 117).

Ширина (a) двора соразмерна разности удвоенной длины фасада и диагонали квадрата, построенного на длине фасада, т. е.

$a = A(2 - \sqrt{2}) = 3990 \times 0,59 = 2354$ см.
 Натурные размеры — 2362, 2359, 2364, 2332 см.
 Среднеарифметическая — 2354 см.

Боковые корпуса соразмерны половине разности диагонали и стороны квадрата, построенного на длине главного фасада, т. е.

$$\frac{A(\sqrt{2} - 1)}{2}$$

Приводимые геометрические отношения основных элементов плана, т. е. боковых корпусов и ширины двора, более близки к натуре, чем кратные 1:3:1, что видно из табл. 6.

Таблица 6

Сравнение теоретических и натуральных размеров медресе Улугбека в Бухаре

Боковые корпуса, расположенные по сторонам двора	Размер двора, см				
	натурные	при геометрическом построении		при отношениях 1:3:1	
		теоретические	погрешности	теоретические	погрешности
Северный	2362	2354	8	2394	32
Восточный	2359	2354	5	2394	35
Южный	2364	2354	10	2394	30
Западный	2332	2354	26	2394	62

Ширина переднего корпуса, включая выступ портала, соразмерна разности диагонали и стороны квадрата, построенного на длине главного фасада, т. е.

$$A(\sqrt{2} - 1) = 3990 \times 0,41 = 1636 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 1645 и 1647 см, погрешность — 9—11 см.

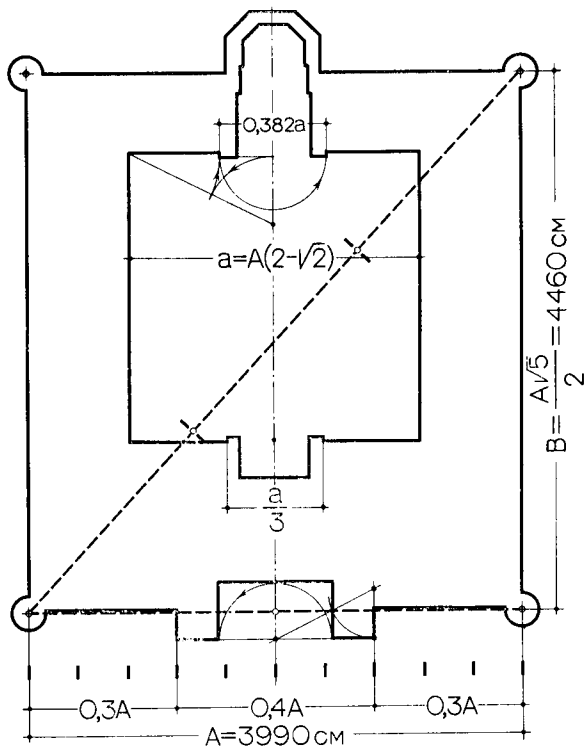


Рис. 117. Бухарское медресе Улугбека. Схема плана. Анализ построения

Длина (B) боковых фасадов (без угловых гильдаста) — 4460 и 4469 см — соразмерна диагонали полуквадрата, построенного на длине главного фасада, т. е.

$$B = \frac{A\sqrt{5}}{2} = 3990 \times 1,118 = 4460 \text{ см.}$$

Ширина (P) главного портала (1593 см) равна двум пятым длины главного фасада, т. е.

$$P = \frac{2A}{5} = 3990 \times 0,4 = 1596 \text{ см.}$$

Портал расчленен на боковые устои и арочно-сводчатую нишу геометрическим методом (рис. 118) аналогично входным воротам комплекса мавзолея Гур-Эмир (рис. 111), при этом пролет арки

$$L = \frac{P(\sqrt{5} - 1)}{\sqrt{5}} = 1596 \times 0,553 = 884 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 880 см, погрешность — 4 см.

Ширина пилонов равна

$$\frac{P}{2\sqrt{5}} = \frac{1596}{2 \times 2,236} = 356 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 354 и 359 см; погрешность — 2—3 см.

Отметим, что при этом портал получил членение по горизонтали в отношении

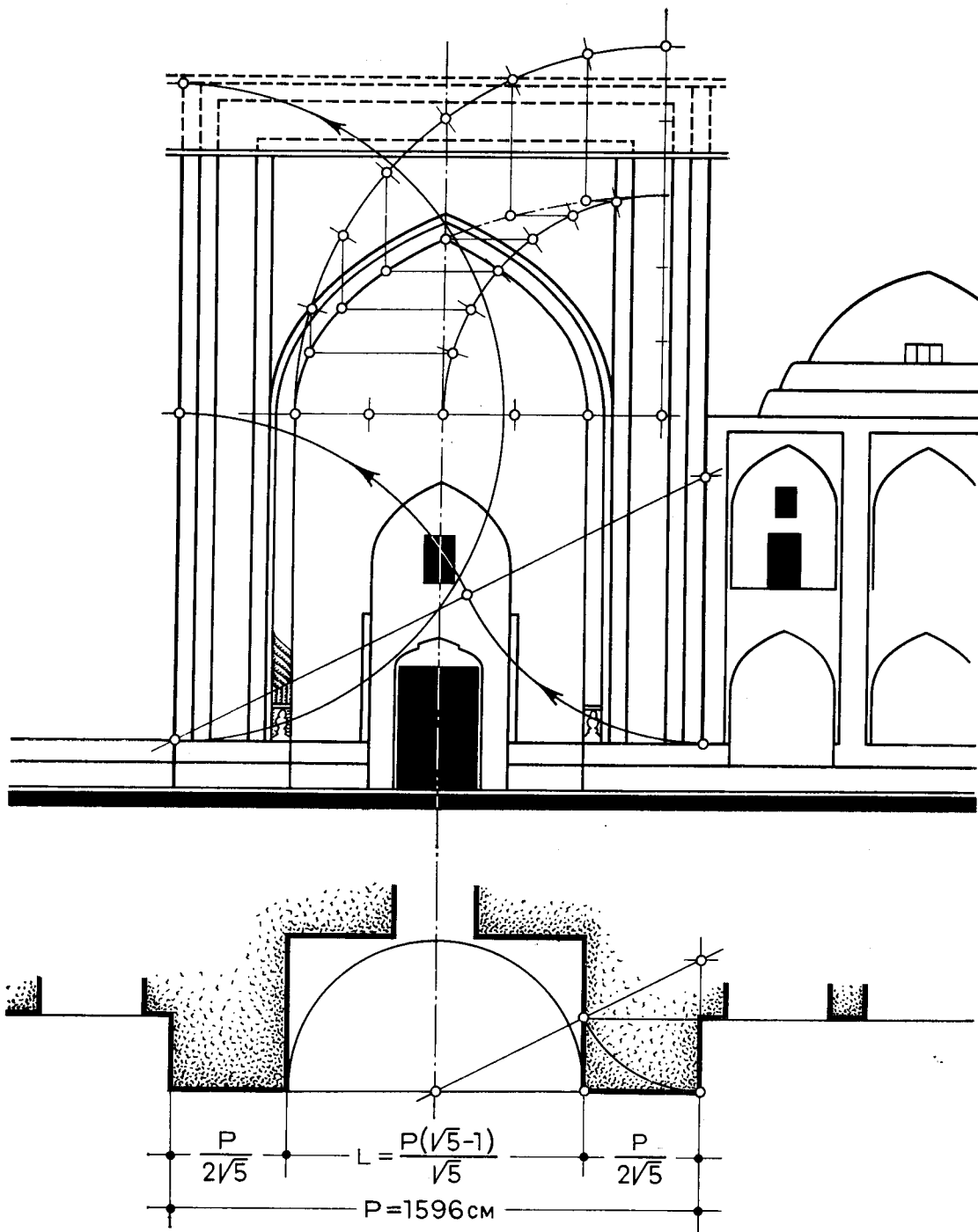


Рис. 118. Бухарское медресе Улугбека. Портал. План и фасад.
Анализ построения

$$\frac{1}{2\sqrt{5}} : \frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}} : \frac{1}{2\sqrt{5}},$$

или

$$\frac{0,447}{2} : 0,553 : \frac{0,447}{2}.$$

Выступ портала составляет одну четвертую, а глубина ниши — половину пролета порталовой арки.

Прямоугольник портала, верхняя часть которого не сохранилась, очевидно, имел высоту над цоколем, равную $P(\sqrt{5}-1)$.

Диаметры (D) угловых гильдаста равны одной четырнадцатой длины главного фасада, т.е.

$$D = \frac{A}{14} = \frac{3990}{14} = 285 \text{ см.}$$

Интересны членения фасадов двора. Если его боковые периметры представляют двухъярусную аркаду лоджий, то южный и северный фасады акцентированы порталами айванов, решенными по-разному. Южный — стройных пропорций, по горизонтали составляет треть ширины двора и имеет семичастное деление — пилоны и пролет арки относятся между собой как 1:5:1, портал образует прямоугольник «золотого сечения» (рис. 119).

Ширина портала северного фасада определена как малый отрезок при делении ширины двора в среднем и крайнем отношении, т.е. $0,382a = 0,382 \times 2362 = 902$ см. Натурные размеры — 913 см; погрешность — 11 см. Прямоугольник этого портала (выше цоколя) представляет собой полтора квадрата (рис. 120).

Примечательно сочетание простых отношений с геометрическими: на южном фасаде двора горизонтальные членения установлены арифметическим методом, а высота портала — геометрическим, тогда как на северном фасаде двора — наоборот.

В медресе имеются мечеть и дарсхана, размещенные симметрично при вестибюльной группе. Они идентичны по планировке. Это небольшие ($5,5 \times 5,5$) квадратные помещения, перекрытые куполами. По сторонам квадрата — широкие глубокие ниши. Соразмерности элементов плана выражены простыми отношениями малых величин.

Сторона (a) квадратного помещения соответствует шести, ширина ниш — четырем, простенки — одному, глубина ниш — двум. В результате стены четверика, включая и глубину ниш, членятся по горизонтали в отношениях 1:2:4:2:1.

Однако интерьеры мечети и дарсханы решены по-разному. При соблюдении единого принципа геометрической гармонизации высота панели в интерьере мечети соразмерна $0,553a$, а в интерьере дарсханы — $0,447a$. В мечети высота от пола до основания купола — 8 моду-

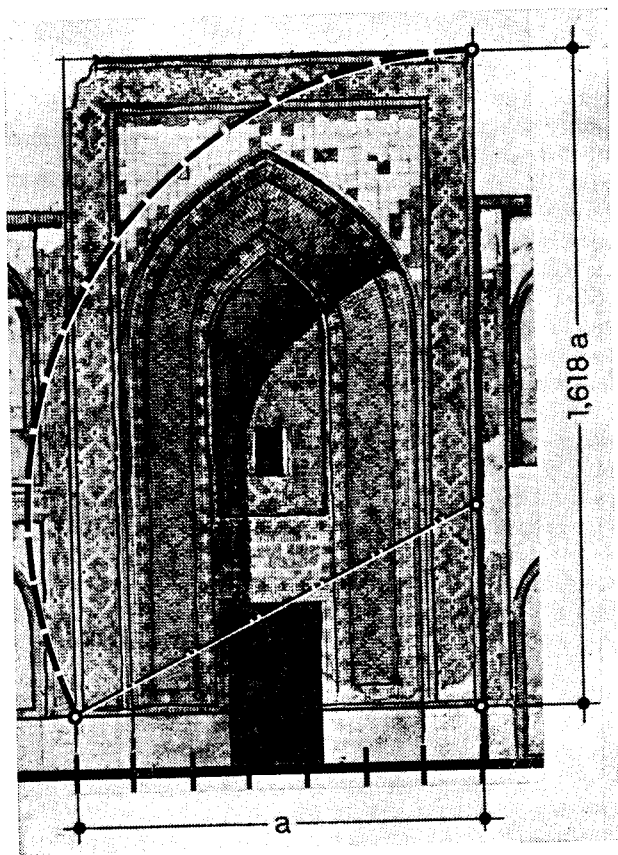


Рис. 119. Бухарское медресе Улугбега. Южный дворовый фасад. Анализ построения

лей; в дарсхане высота до основания шестнадцатигранника соразмерна $a(\sqrt{5}-1)$, а пропорции граней шестнадцатигранника выражены отношением $2 : \sqrt{5}$ (рис. 124).

Помещения, расположенные между мечетью и дарсханой, имеют сводчатые перекрытия с куполами на квадратной основе. Высота этих помещений от пола до основания куполов при диаметре, равном единице, выражена $1, \sqrt{2}, \sqrt{3}$ и $\frac{\sqrt{3}}{2}$.

Халка двери медресе Улугбека в Бухаре утратила все части, за исключением бронзовой пластинки-наличника. Она имеет прямоугольную форму со скошенными краями, ornamentованными растительным узором «ислими». По периметру пластины — бордюр с картушами надписей, которые гласят: «Над кругом людей, осведомленных в книжной мудрости, да будут каждый миг открыты двери божьего благословения» и «В раджабе [месяце] 820 года», т.е. «14 сентября 1517 г.» (перевод М. А. Салье). Не останавливаясь на художественной обработке бронзовой пластины,

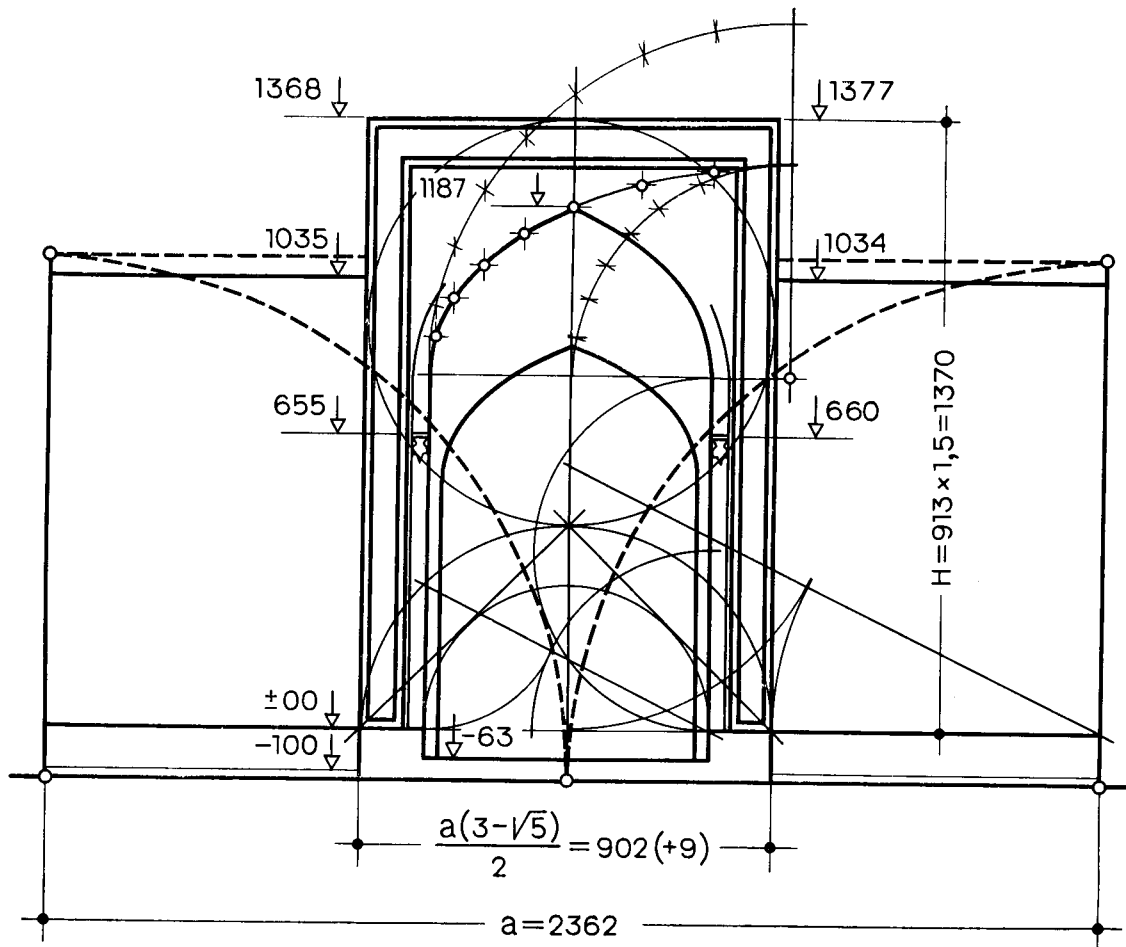


Рис. 120. Бухарское медресе Улугбека. Схема северного дворового фасада.
Анализ построения

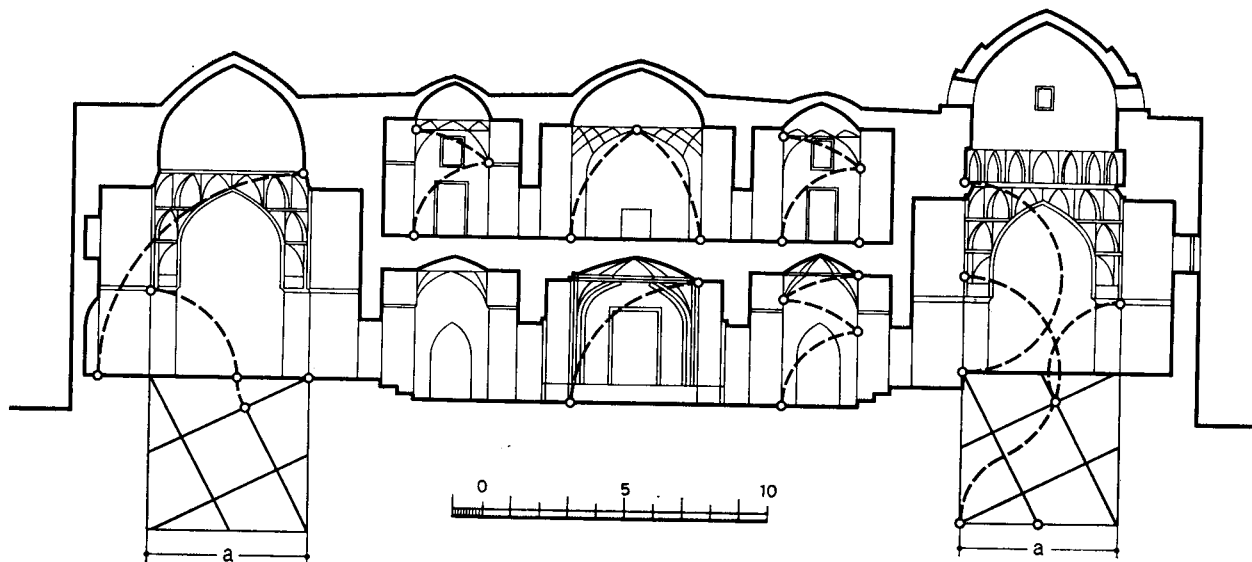


Рис. 121. Бухарское медресе Улугбека. Разрез по дарсхане и мечети

Медресе Улугбека в Самарканде (1420 г.)

Ансамбль Регистана, древнейшую часть которого составляет медресе Улугбека, окончательно сложился в XVII в., когда напротив медресе Улугбека было построено в 1618 г. медресе Шир-дор и в 1630 г. на северной стороне площади медресе — мечеть Тилля Кари. Ширина площади — 67 м при глубине 80 м. Отношение сторон площади — 5:6 (рис. 123). Можно допустить, что для определения габаритов и пропорций площади послужили параметры медресе Улугбека, так как длина его фасада относится к ширине площади как 4:5. Пространственная организация ансамбля площади Регистан (рис. 124), пропорции ее архитектурных объемов идут от лучших образцов XIV—XV вв. — мечети Биби-ханым и комплекса мавзолея Гур-Эмир. Здесь отражена преемственность градостроительных и эстетических концепций периода расцвета самаркандской архитектурной школы, принятых и развитых затем среднеазиатскими зодчими XVII в.

Композиция застройки площади строго симметрична. Объемы двух медресе и их архитектурная трактовка идентичны. Фасад мечети Тилля Кари, обращенный к площади, также симметричен. Однако назначение сооружения, т.е. устройство зала мечети с возвышающимся над ним на высоком барабане куполом в западном корпусе, нарушает симметрию как самой мечети, так и ансамбля в целом. На такое нарушение зодчие идут вполне сознательно — они допускают дисгармонию в композиции как необходимую в гармоническом строе архитектурного ансамбля площади Регистан.

Длина (А) главного фасада самаркандского медресе Улугбека по осям угловых минаретов — 5632 см (рис. 125). Портал по своим пропорциям относительно длины фасада самый крупный среди подобных сооружений Средней

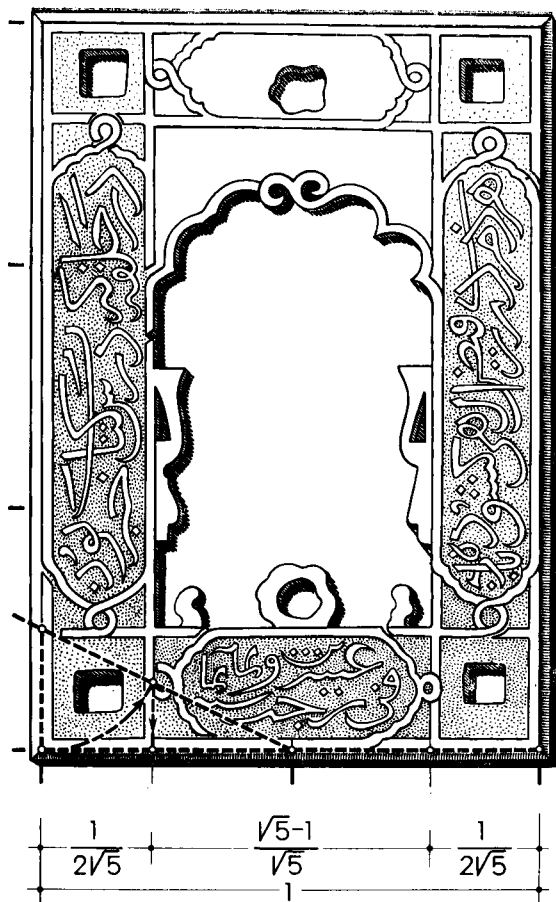


Рис. 122. Бухарское медресе Улугбека. Бронзовая пластина халка с датой постройки. Анализ пропорций

представляющей интерес как изделие художественного ремесла XV в., укажем, что она, вероятно, была выполнена чеканщиком по рисунку художника-каллиграфа, владевшего теми же, что и зодчие, приемами построения формы.

Пропорции прямоугольника пластины просты и выражены как 2:3 (рис. 122). Членения плоскости на картуше уводят к архитектурным пропорциям мавзолея 1360—1361 гг., ворот мавзолея Гур-Эмир в Самарканде, медресе Улугбека, мечети Калян и ханаки Надира Диванбеги в Бухаре, которые выражены отношениями

$$\frac{1}{2\sqrt{5}} : \frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}} : \frac{1}{2\sqrt{5}},$$

или

$$0,2235:0,553:0,2235.$$

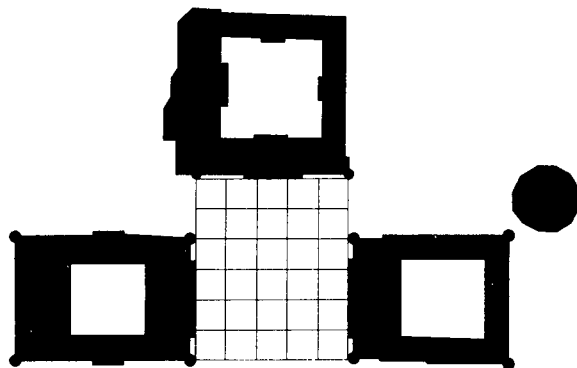


Рис. 123. План площади Регистан в Самарканде (XV—XVII вв.)

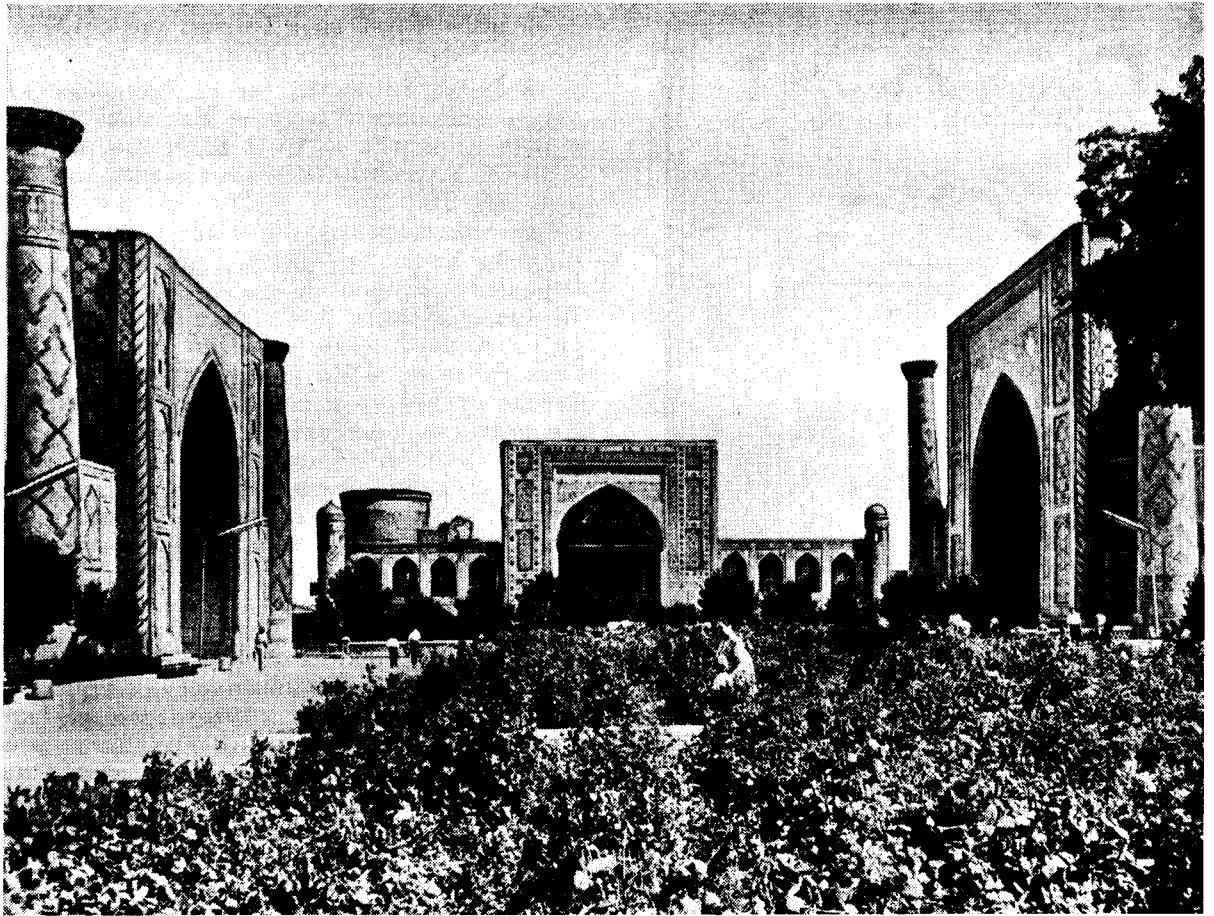


Рис. 124. Ансамбль площади Регистан. Общий вид

Азии (рис. 127). Он соразмерен по ширине большому отрезку при делении длины (A) фасада в среднем и крайнем отношении²², т. е.

$$P = \frac{A(\sqrt{5}-1)}{2} = 5632 \times 0,618 = 3481 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 3497 см; погрешность — 16 см.

Верхняя часть портала не сохранилась.

Анализ пропорций портала²³ позволяют нам полагать, что высота портала составляла

$$H_p = \frac{A(\sqrt{5}-1)}{2} = 5632 \times 0,618 = 3481 \text{ см.}$$

Высота боковых ризалитов (рис. 125 и 127) на главном фасаде $\frac{A}{4} = \frac{5632}{4} = 1408$ см. Натурные размеры от обреза цоколя — 1422 см; погрешность — 14 см.

Пролет порталной ниши соразмерен половине ширины портала, т.е.

$$L = \frac{A(\sqrt{5}-1)}{4} = 5632 \times 0,309 = 1740 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 1715 см; погрешность против теоретических — 25 см.

Диаметр угловых минаретов медресе соразмерен половине четвертого члена геометрической прогрессии со знаменателем $\frac{\sqrt{5}-1}{2}$, т. е. 411 см, что видно из табл. 7.

Таблица 7

Соразмерности, выраженные делением длины фасада в среднем и крайнем отношении

Наименование	Члены прогрессии		Размер, см
Длина фасада по осям минарета	M_0	1	5632
	M_1	0,618	3481
	M_2	0,382	2151
	M_3	0,236	1329
	M_4	0,146	822
Диаметры минаретов	$\frac{M_4}{2}$	0,173	411

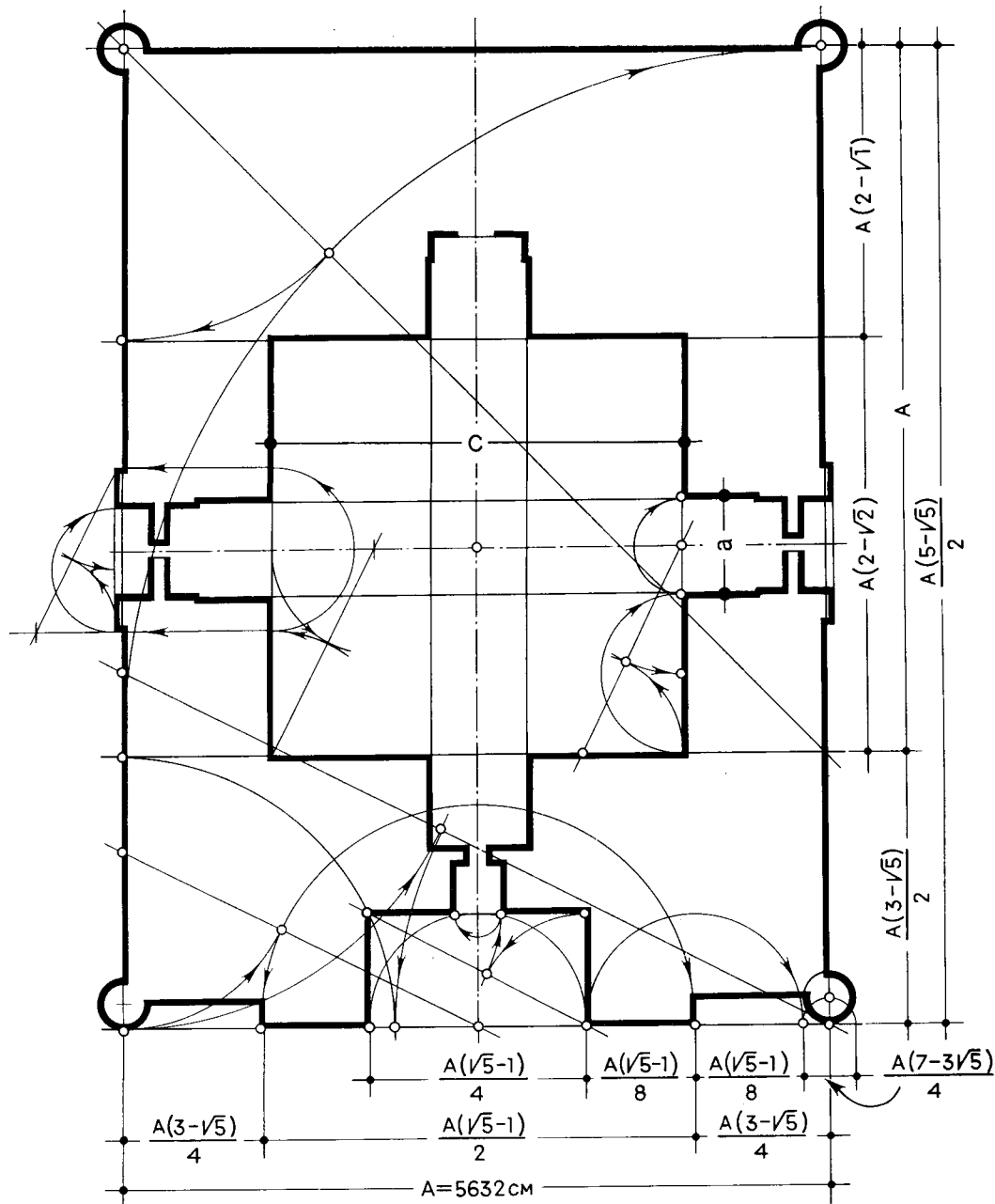


Рис. 125. Самаркандское медресе Улугбека (1420 г.). Схема плана.
Анализ построения

В натуре диаметры минаретов, фланкирующих главный фасад медресе, — 410 и 415 см.

Длина (B) здания, включая выступ портала (без угловых минаретов), соразмерна длине (A) главного фасада плюс малый отрезок при делении этой длины (A) в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$B = \frac{A(5 - \sqrt{5})}{2} = 5632 \times 1,382 = 7783 \text{ см.}$$

Натурные размеры по оси здания — 7777 см погрешность — 6 см.

Глубина (E) восточного корпуса медресе, где размещены помещения входной группы — мечеть и дарсхана, соразмерна малому отрезку при делении ширины (A) здания в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$E = \frac{A(3 - \sqrt{5})}{2} = 2151 \text{ см.}$$

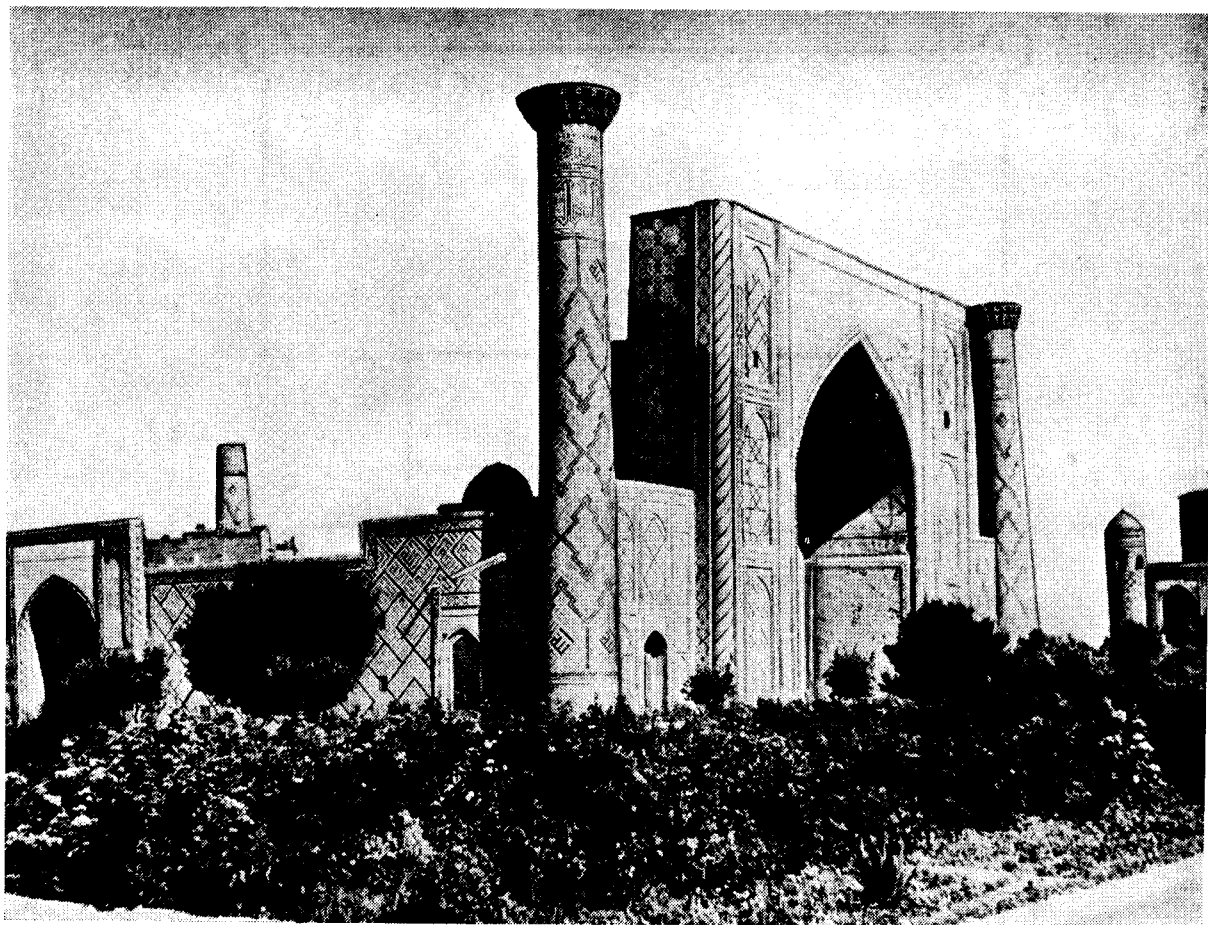


Рис. 126. Самаркандское медресе Улугбека. Общий вид

Натурные размеры — 2166 см; погрешность — 15 см.

Сторона квадратного двора соразмерна длине (A) здания минус разность диагонали и стороны квадрата, построенного на этой ширине, т.е. $A - A(\sqrt{2} - 1)$; ширина западного корпуса равна $A(\sqrt{2} - 1)$; ширина боковых корпусов — $\frac{A(\sqrt{2}-1)}{2}$. При этом расхож-

дение натуральных размеров и теоретических значительно, но не превышает погрешностей, которые допущены строителями для сторон квадратного двора, что можно проследить по данным табл. 8.

Ширина (a) летних аудиторий, расположенных по осям двора, соразмерна разности стороны двора и двух малых отрезков при делении длины двора (C) в среднем и крайнем отношении:

$$a = C(\sqrt{5} - 2) = 0,236 C,$$

в чем можно убедиться, проанализировав соразмерности ширины (a) летних аудиторий применительно к каждому фасаду двора (в см):

$$a_{\text{вост.}} = 3370 \times 0,236 = 795, \text{ натура } - 790, \text{ погрешность } - 5$$

$$a_{\text{зап.}} = 3329 \times 0,236 = 785, \text{ натура } - 776, \text{ погрешность } - 9$$

$$a_{\text{св.}} = 3313 \times 0,236 = 782, \text{ натура } - 773, \text{ погрешность } - 9$$

$$a_{\text{южн.}} = 3337 \times 0,236 = 784, \text{ натура } - 762, \text{ погрешность } - 22$$

Таблица 8

Погрешности размеров сторон квадратного двора

Фасады квадратного двора	Размер, см		
	натурные	при $\sqrt{2} = 1,41$	
		теоретические	погрешности
Северный	3313	3323	-10
Восточный	3370	3323	+47
Южный	3337	3323	+14
Западный	3329	3323	+6

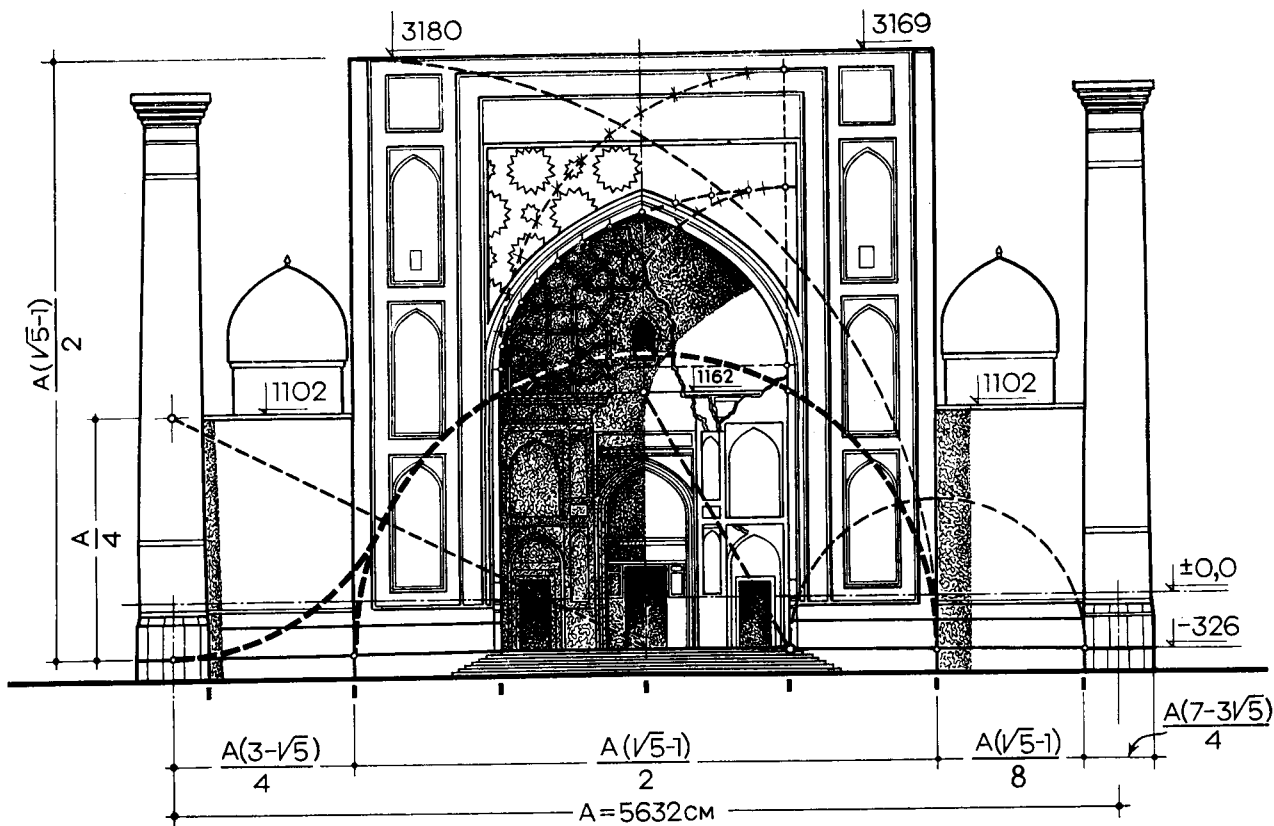


Рис. 127. Самаркандское медресе Улугбека. Фасад. Анализ построения

Наибольшая погрешность в разбивке, как видно из анализа, наблюдалась на южном фасаде (22 см), тогда как на остальных фасадах она не превышала 9 см. Та же погрешность при усредненных размерах фасадов двора (3335 см) и ширине летних аудиторий (775 см) не превышает 12 см, так как

$$a_{\text{уср.}} = 3335 \times 0,236 = 787 \text{ см.}$$

На северном и южном фасадах медресе имеются стройные порталы с нишами, связанные дверными проемами с летними айванами двора. Эти порталы выступают за линию фасада на 60—70 см при глубине ниш до 220 см. Ширина (E) порталов на северном фасаде — 1267 см, а на южном — 1293 см (рис. 125). Они соразмерны малому отрезку при делении ширины двора в среднем и крайнем отношении, т.е.

$$E = 3335 \times 0,382 = 1274 \text{ см.}$$

При этом на южном фасаде погрешность относительно теоретических исчислений — 7 см, а на северном — 19 см.

Геометрическими методами построения, очевидно, были определены членения этих порталов на нишу и фланкирующие пилоны, ибо последние соразмерны ширине (E) портала ми-

нус удвоенный малый отрезок при делении E в среднем и крайнем отношении, т.е.

$$F_{\text{сев.}} = E_{\text{сев.}} (\sqrt{5} - 2) = 1267 \times 0,236 = 299 \text{ см.}$$

В натуре — 294 см; погрешность — 5 см.

$$F_{\text{южн.}} = E_{\text{южн.}} (\sqrt{5} - 2) = 1293 \times 0,236 = 305 \text{ см.}$$

В натуре — 310 и 312 см; погрешность — 5—7 см.

Ширина (a) ниш этих порталов соразмерна

$$a_{\text{сев.}} = E_{\text{сев.}} (5 - 2\sqrt{5}) = 1267 \times 0,528 = 669 \text{ см.}$$

В натуре — 679 см; погрешность — 10 см.

$$a_{\text{южн.}} = E_{\text{южн.}} (5 - 2\sqrt{5}) = 1293 \times 0,528 = 682 \text{ см.}$$

В натуре — 675 см; погрешность — 7 см.

Верхняя часть этих порталов не сохранилась.

Судя по характеру членений пилонов, можно допустить, что портал возвышался над цоколем на величину, равную удвоенному большому отрезку, полученному при делении ширины (E) портала в среднем и крайнем отношении, а общая его высота $H = E (\sqrt{5} - 1)$, что отчетливо видно из аналитического чертежа (рис. 128).

К произведениям малой архитектуры эпохи Улугбека относится мраморный лаух (пюпитр), находящийся во дворе мечети Биби-ханым, предназначенный для Корана, написан-

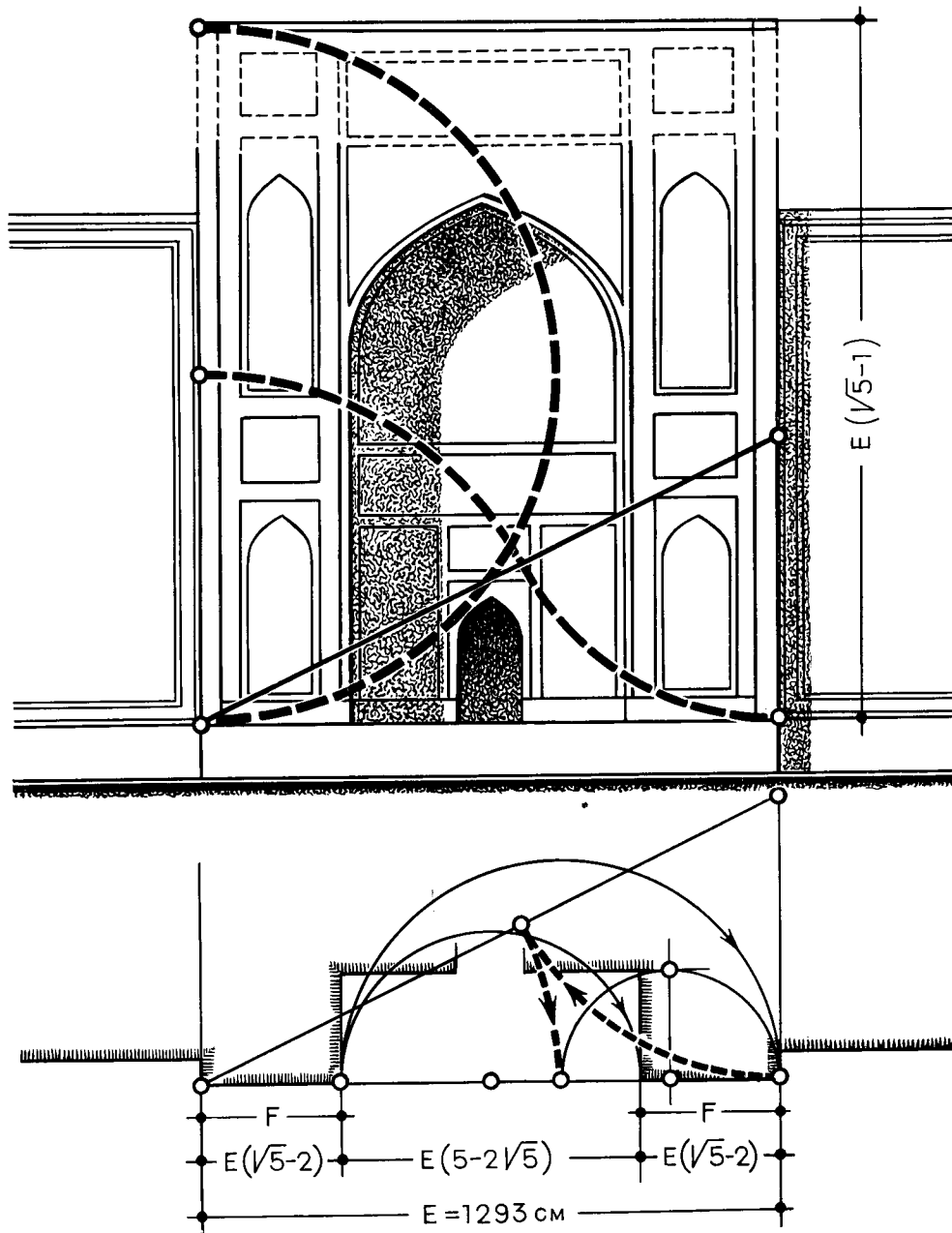


Рис. 128. Самаркандское медресе Улугбека. Портал южного фасада.
Анализ построения

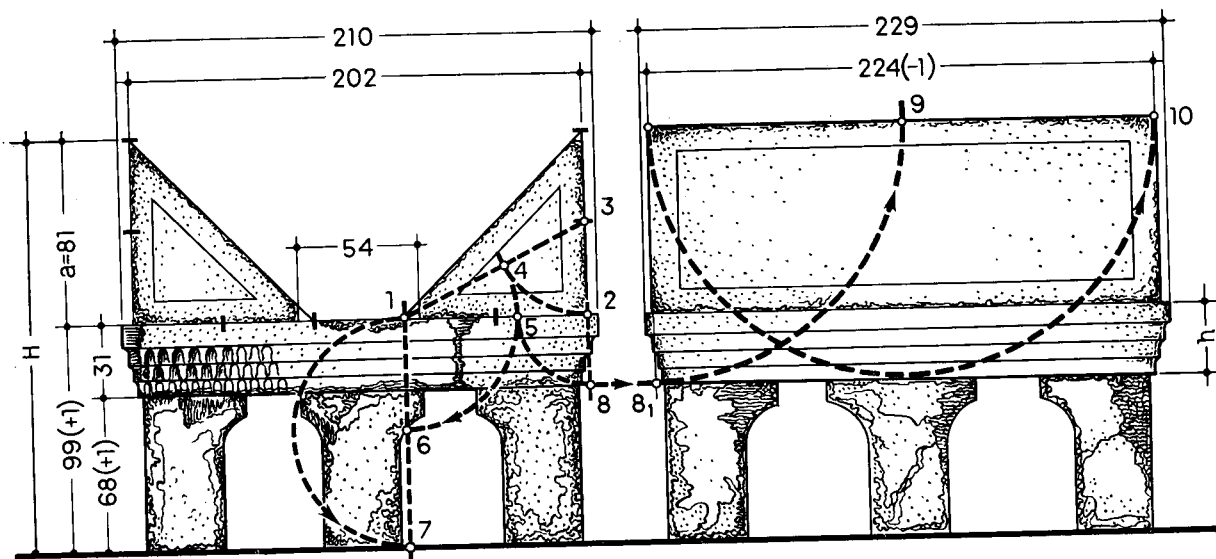


Рис. 129. Мраморный лаух Улугбека во дворе мечети Биби-ханым

ного на кожаных листах размером 110×220 см при толщине книги 54 см, т. е. с пропорциями, выраженными кратными отношениями малых величин 1:2:4.

Лаух на девяти подставках состоит из горизонтальной плиты и двух треугольных призм, образующих «ложе» для раскрытой книги (рис. 129). Его пропорции таковы: если катеты прямоугольных треугольников оснований призм принять за исходную величину (a), равную 81 см, то общая ширина «ложа» будет соответствовать

$$\frac{5a}{2} = 81 \times 2,5 = 202,5 \text{ см.}$$

Общая высота подставки и плиты соразмерна удвоенному большому отрезку, полученному при делении величины катета (a) в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$a(\sqrt{5} - 1) = 81 \times 1,236 = 100 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 99 см; погрешность — 1 см.

Высота (h) плиты соответствует малому отрезку при делении величины катета (a) в среднем отношении:

$$h = \frac{a(3 - \sqrt{5})}{2} = 81 \times 0,282 = 31 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 30 см; погрешность — 1 см.

Длина призмы соответствует двум высотам пюпитра (без подставки), т. е.

$$2a \left(\frac{3 - \sqrt{5}}{2} + 1 \right) = (5 - \sqrt{5})a = 2,764 \times 81 = 224 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 223 см; погрешность — 1 см.

Орнаментальный декор пюпитра по стилю очень близок к оформлению рукописных книг. Очевидно, при оформлении пюпитра существовало содружество между каллиграфом и мастером-каменотесом, а в пропорциях пюпитра видно прямое влияние самаркандской школы зодчих времени Улугбека.

Гиждуванское медресе Улугбека (1433 г.)

Из построенных Улугбеком трех медресе гиждуванское (рис. 130) — самое маленькое (по площади застройки меньше самаркандского в 4 раза). По композиции оно выдержано в традиционных формах (рис. 131): тот же внутренний двор, окруженный хужрами; в переднем (восточном) корпусе — мечеть и дарсхана с продолговатыми в плане помещениями, каждое из которых перекрыто тремя куполами с фонарем; по оси двора в западном корпусе — просторный и глубокий айван. Здание одноэтажное, благодаря чему относительно невысокий портал резко контрастирует с ним. В геометрической гармонизации архитектурной формы наличествуют приемы, уже знакомые по анализу самаркандского и бухарского медресе.

При анализе соразмерностей медресе длину (A) здания по фасаду, равную 3208 см, или 54 гязам (рис. 132), принимаем за исходный параметр. Тогда два диаметра угловых гюльдаста соразмерны четвертому члену прогрессии со знаменателем $\frac{\sqrt{5}-1}{2}$, полученным при делении длины фасада (A) в крайнем и среднем

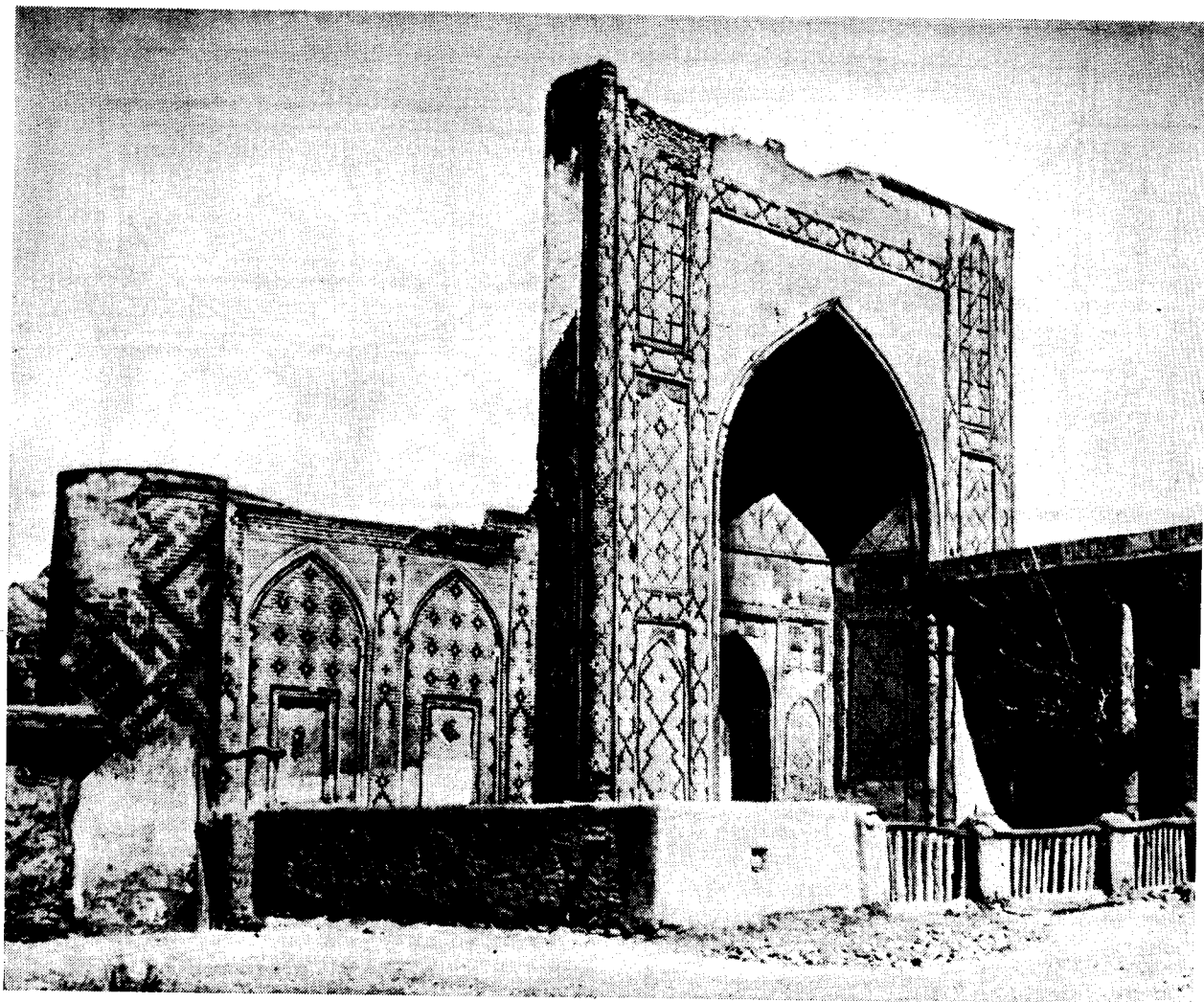


Рис. 130. Медресе Улугбека в Гиждуване (1433 г.). Общий вид

отношении, т. е. диаметр гильдаста равен

$$D = \frac{0,146A}{2} = 234 \text{ см, или 4 гязам}^{24}.$$

Натурные размеры — 241 см; погрешность — 7 см.

Длина фасада (A^1) без угловых гильдаста
 $A^1 = A - 0,146A = 3208 - 468 = 2740.$

Натурные размеры — 2726 см; погрешность — 14 см.

Длина фасада без угловых гильдаста членится по горизонтали в отношении 2:1:2:1:2.

Высота портала равна половине протяженности фасада, т. е.

$$H = \frac{3208}{2} = 1604.$$

Натурные размеры — 1602 см.

Усыпальница Ширваншахов в Баку (1435—1436 гг.)²⁵

Мавзолей Ширваншахов в Баку — выдающееся произведение азербайджанского зодчества. Объем усыпальницы — несколько вытянутый параллелепипед с возвышающимся по оси композиции главным куполом и небольшим входным порталом. Жемчужина здания — входной портал с нишей высокохудожественной скульптурно-резной работы — сочетание сталакитовых комбинаций, геометрического, растительного и эпиграфического орнаментов.

Наряду с высоким мастерством зодчего, явно обозримым при первичном ознакомлении с архитектурой усыпальницы Ширваншахов, особенный интерес представляют соразмерности сооружения, его пропорции.

Нам представляется, что исходным параметром в определении соразмерностей усыпальницы Ширваншахов был подкупольный квадрат главного помещения со стороной (a) 458 см (рис. 133).

Ширина корпуса (A) соразмерна удвоенной диагонали полуквадрата (рис. 134), т. е.

$$A = a \sqrt{5} = 458 \times 2,236 = 1024 \text{ см.}$$

Натурные размеры: ширина заднего фасада — 1025 см, ширина переднего фасада — 1030 см. Длина (B) здания соразмерна ширине (A) здания плюс малый отрезок при делении ширины (A) здания в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$B = 1030 \times 1,382 = 1423 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 1420 см; погрешность — 3 см.

Ширина портала соразмерна

$$\frac{A}{\sqrt{5}} = 1030 \times 0,447 = 456 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 450 см; погрешность — 6 см. Пролет (L) арочной ниши входного портала соразмерен ширине (A) корпуса минус удвоенный малый отрезок при делении ширины (A) в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$L = A (\sqrt{5} - 2) = 1030 \times 0,236 = 243 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 250 см; погрешность — 7 см.

Высота корпуса соразмерна $\frac{A(\sqrt{5}-1)}{\sqrt{5}}$.

Расхождение теоретических данных анализа с натурными исчисляется несколькими сантиметрами. Это вызвано, вероятно, неточностью как разбивки, так и модульной координацией.

В сказанном нетрудно убедиться: если принять ширину (A) здания усыпальницы равной 18 локтям, то ширина главного фасада усыпальницы, равная 1030 см, членится по горизонтали на отрезки (табл. 9).

Таблица 9

Соотношение членений по ширине главного фасада

Членение	Соотношение		
	5	8	5
Отношение отрезков	5	8	5
Чему соответствует . . .	284,4	455,2	284,4 см
Натурные размеры . . .	290,0	450,0	290,0 см
Погрешности	+5,6	-5,2	+5,6 см
Отношения, полученные при геометрическом построении . . .	$A(\sqrt{5}-1)$	A	$A(\sqrt{5}-1)$
Чему соответствуют . . .	$2\sqrt{5}$	$\sqrt{5}$	$2\sqrt{5}$
Погрешности	285	456	285 см
	+5	-6	5 см

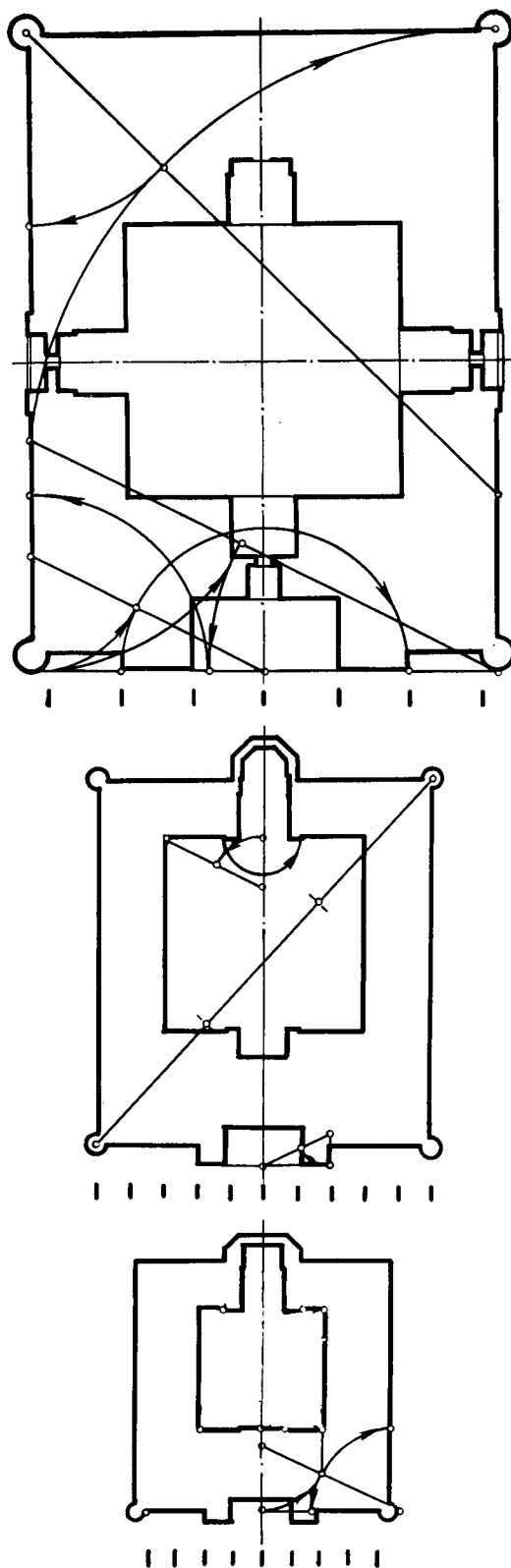


Рис. 131. Сравнительные схемы планов трех медресе Улуğбека (сверху вниз: 1417, 1420, 1433 гг.)

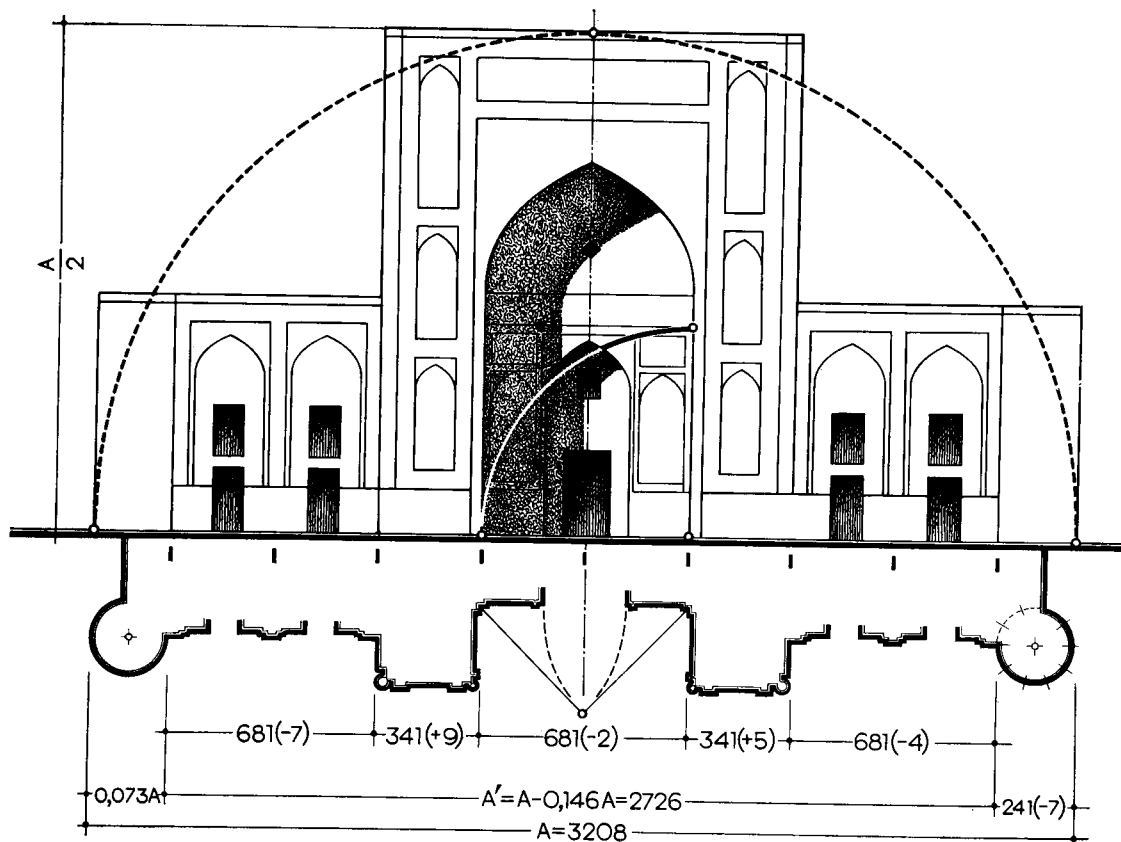


Рис. 132. Медресе Улугбека в Гиждуване. Фасад. Анализ построения

Диван-хане XV в. ²⁶

Диван-хане представляет собой небольшую ротонду — восьмигранное сооружение, перекрытое куполом, окруженное с пяти сторон арочной галереей, а с трех сторон застроенное продолговатым корпусом, где имеются вестибюль, подсобное помещение и входной портал, размещенный асимметрично по отношению к общей композиции сооружения. Здание поставлено на высокий цоколь, построено из тесаного и шлифованного камня, архитектурные детали решены в изысканной форме, орнаментальный резной декор высокохудожественной работы. Диван-хане справедливо считается шедевром азербайджанского зодчества и отражает достижения архитектурной практики и теории XV в.

В архитектуре Диван-хане обращает внимание асимметричное развитие композиции, что было обусловлено соображениями наилучшей организации предметной среды. Кажущаяся дисгармония в композиции служит лучшей гармонизацией целого.

Исходным параметром построения архитектурной формы Диван-хане, очевидно, был квадрат, в который вписан классическим методом

восьмиугольник помещения ротонды (рис. 135). Толщина стен восьмерика определена половиной разности диагонали и стороны квадрата. Высота восьмерика ротонды в интерьере от пола до низа сталактитов была, очевидно, определена отношением сторон прямоугольника грани восьмерика 2:5, что соответствует натуре.

Ширина пристроенного прямоугольного корпуса соразмерна стороне исходного квадрата и имеет отношение сторон $\sqrt{5}:1$. Входной портал по горизонтали делится на отрезки 1:3:1. Общая ширина здания, включая арочную галерею, соразмерна $a\sqrt{5}$.

Мечеть Калян в Бухаре (XV в.)

Прообразом мечети Калян (рис. 136) для ее строителей была соборная мечеть Биби-ханым в Самарканде. Тем не менее зодчие не стали механически повторять ее объемно-пространственного решения и пропорции. План мечети Калян (рис. 137) более вытянут (5:8), чем план мечети Биби-ханым (3:4). Поперечная композиционная ось в мечети Калян менее выявлена, чем в Биби-ханым. В глубине мечети Калян

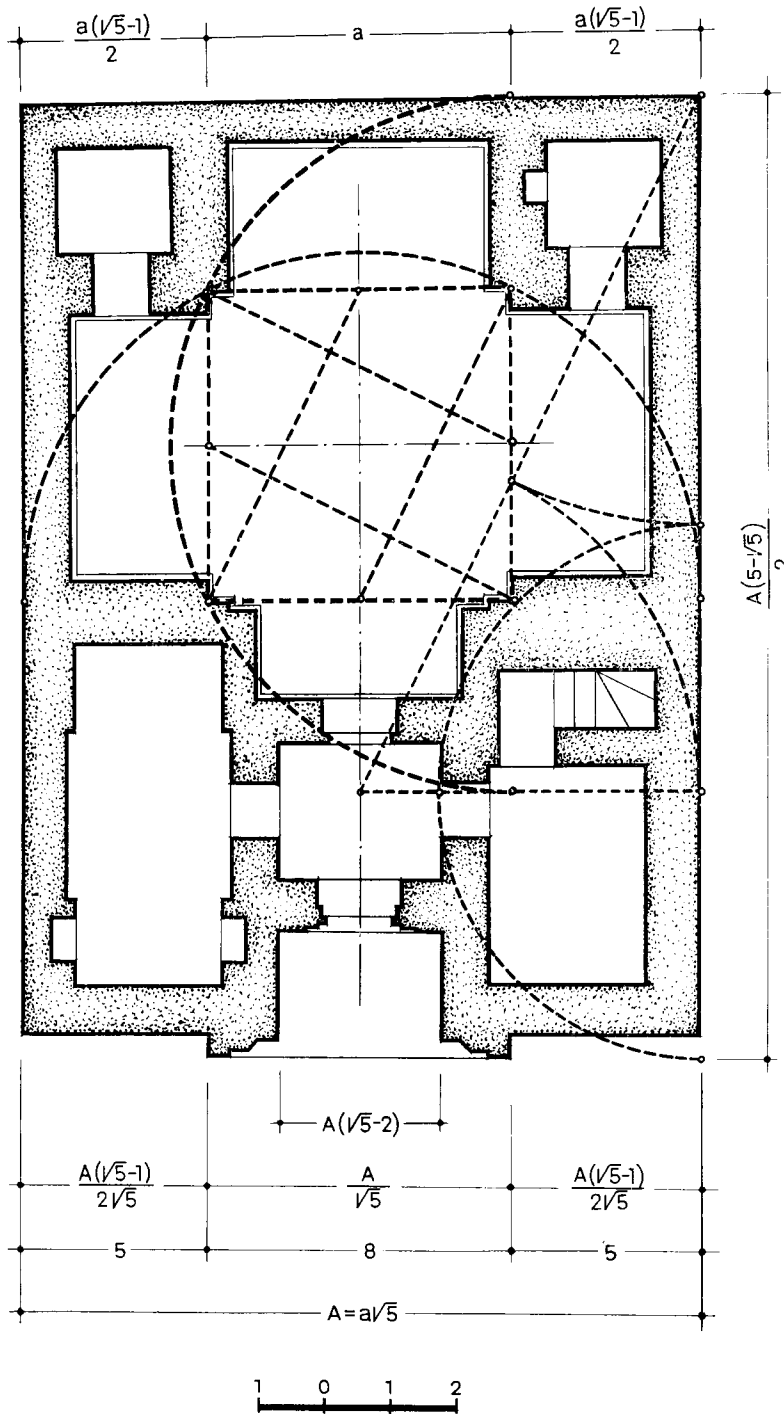


Рис. 133. Усыпальница Ширваншахов в Баку (1435—1436 г.). План. Анализ построения

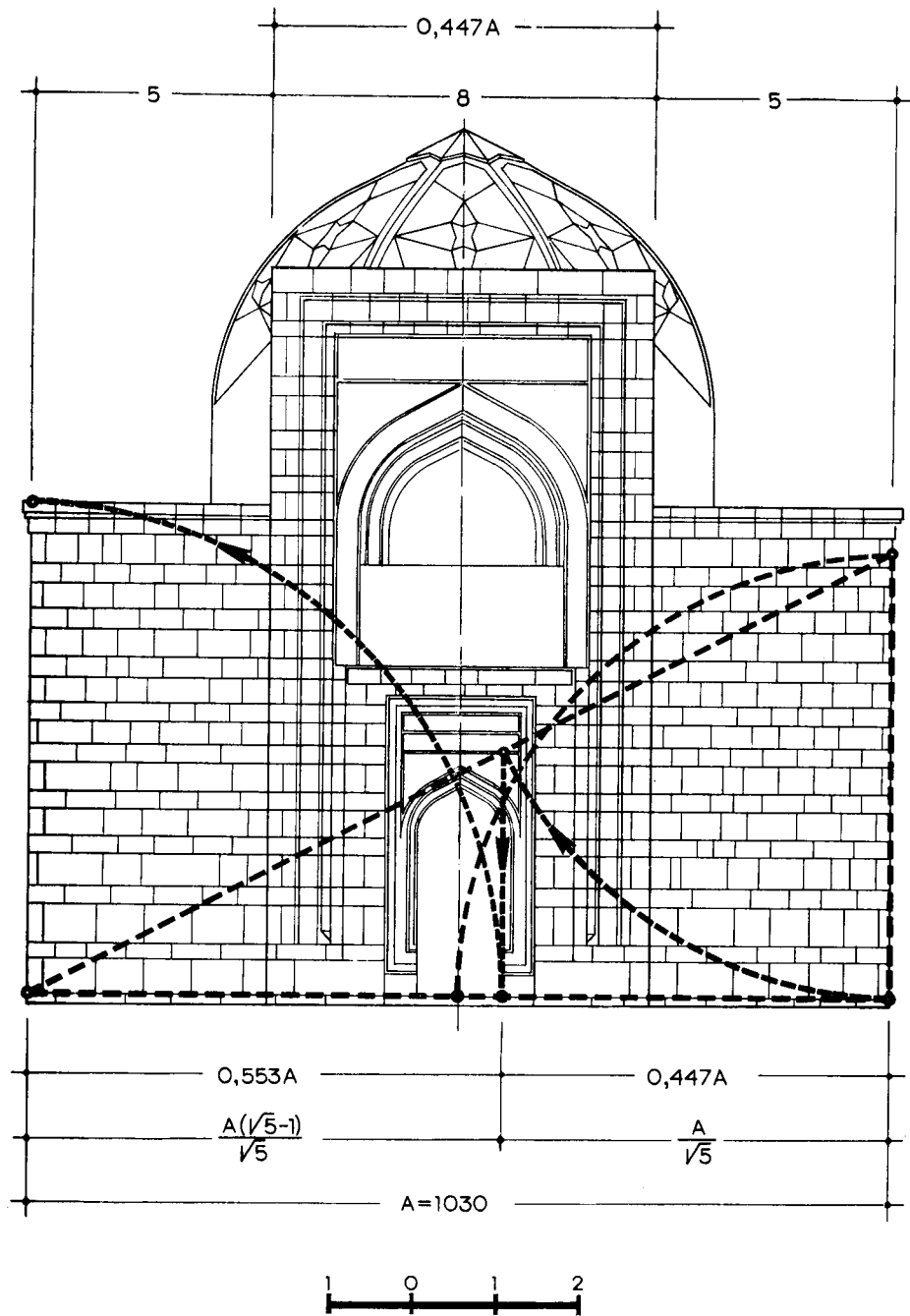


Рис. 134. Усыпальница Ширваншахов. Фасад. Анализ построения

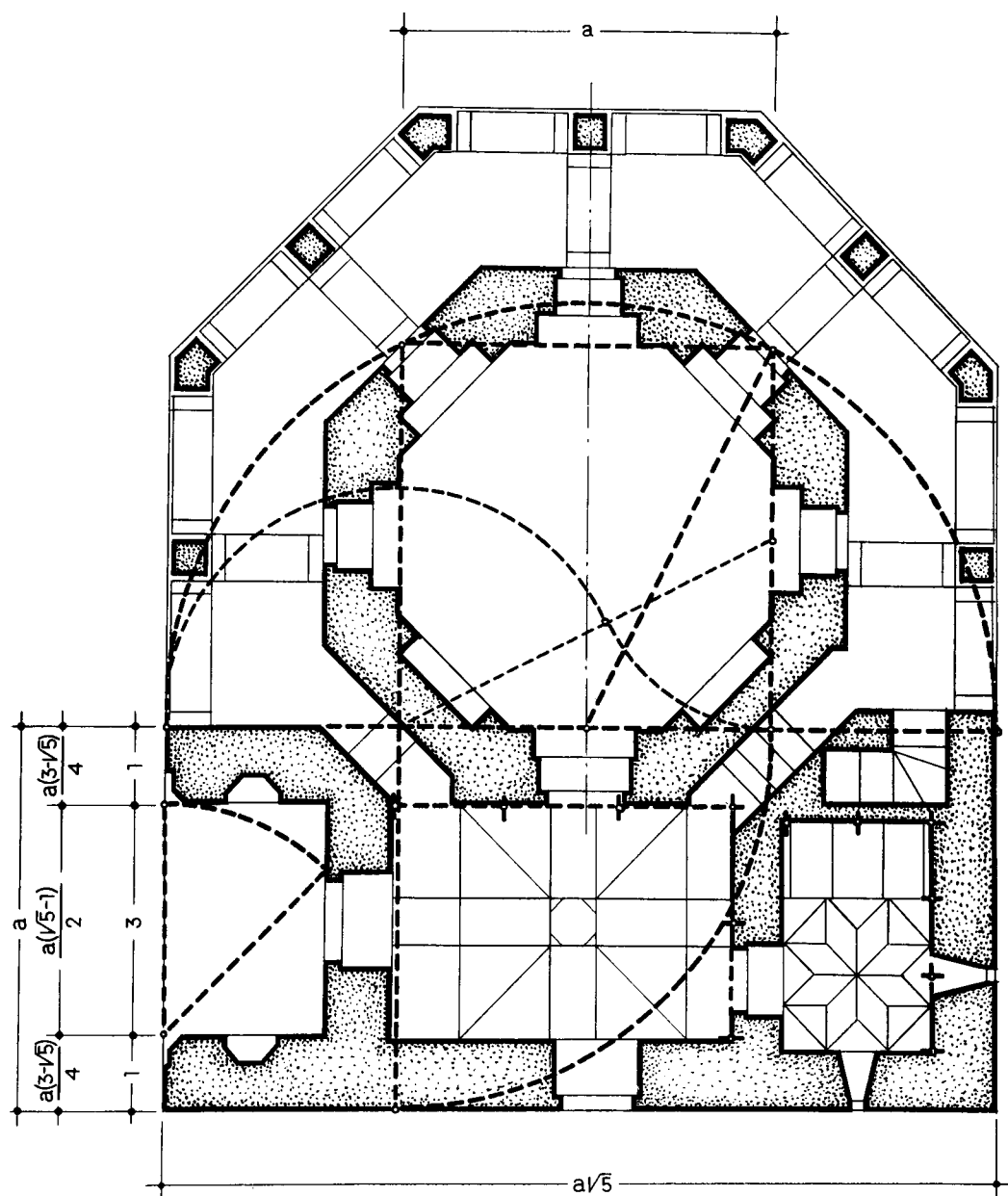


Рис. 135. Диван-хане в Баку (XV в.). План. Анализ построения

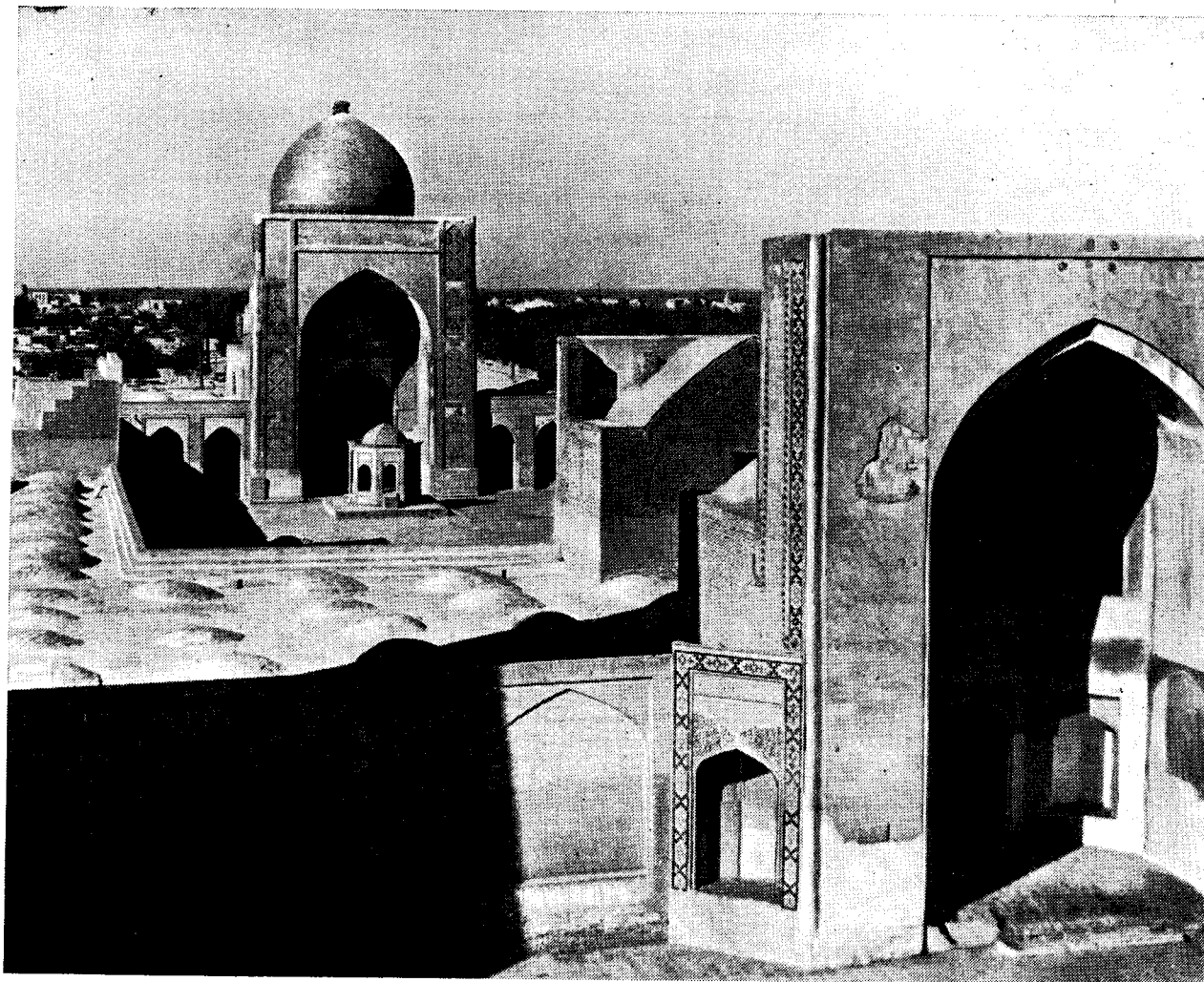


Рис. 136. Мечеть Калян в Бухаре (XV в.). Общий вид

колоннада выполнена в пять пролетов, тогда как в Биби-ханым — в девять, в то же время в передней части количество пролетов доведено до пяти против четырех в Биби-ханым. Анализы показывают, что зодчие мечети Калян особенно критически отнеслись к построению плана главной мечети Биби-ханым. Еще в ходе строительства мечети Биби-ханым для усиления стен четверика были заложены широкие ниши, причем зодчие, как уже отмечалось, вынуждены были отказаться от пропорций, основанных на делении стороны четверика в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$\frac{0,382}{2} : 0,618 : \frac{0,382}{2}^{27},$$

и вернуться к производным стороны и диагонали квадрата —

$$0,293 : 0,414 : 0,293^{28}.$$

Можно предположить, что зодчих мечети Калян не устраивало ни то ни другое: первое

казалось неприемлемым, потому что приводило к большому ослаблению несущих способностей стен четверика, второе было возвратом к прошлому, не отвечающему утонченным вкусам эпохи. Этим требованиям, очевидно, отвечали пропорциональные отношения

$$\frac{1}{2\sqrt{5}} : \frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}} : \frac{1}{2\sqrt{5}},$$

или

$$\frac{0,447}{2} : 0,553 : \frac{0,447}{2}.$$

Этими отношениями выражены не только членения интерьера четверика, но и пропорции фасада главного здания мечети. В том же пропорциональном строе находятся ширина и глубина порталной ниши (1:0,553) и членения ее щечковой стены (рис. 138).

Первый исследователь соразмерностей мечети Калян К. С. Крюков пришел к выводу,

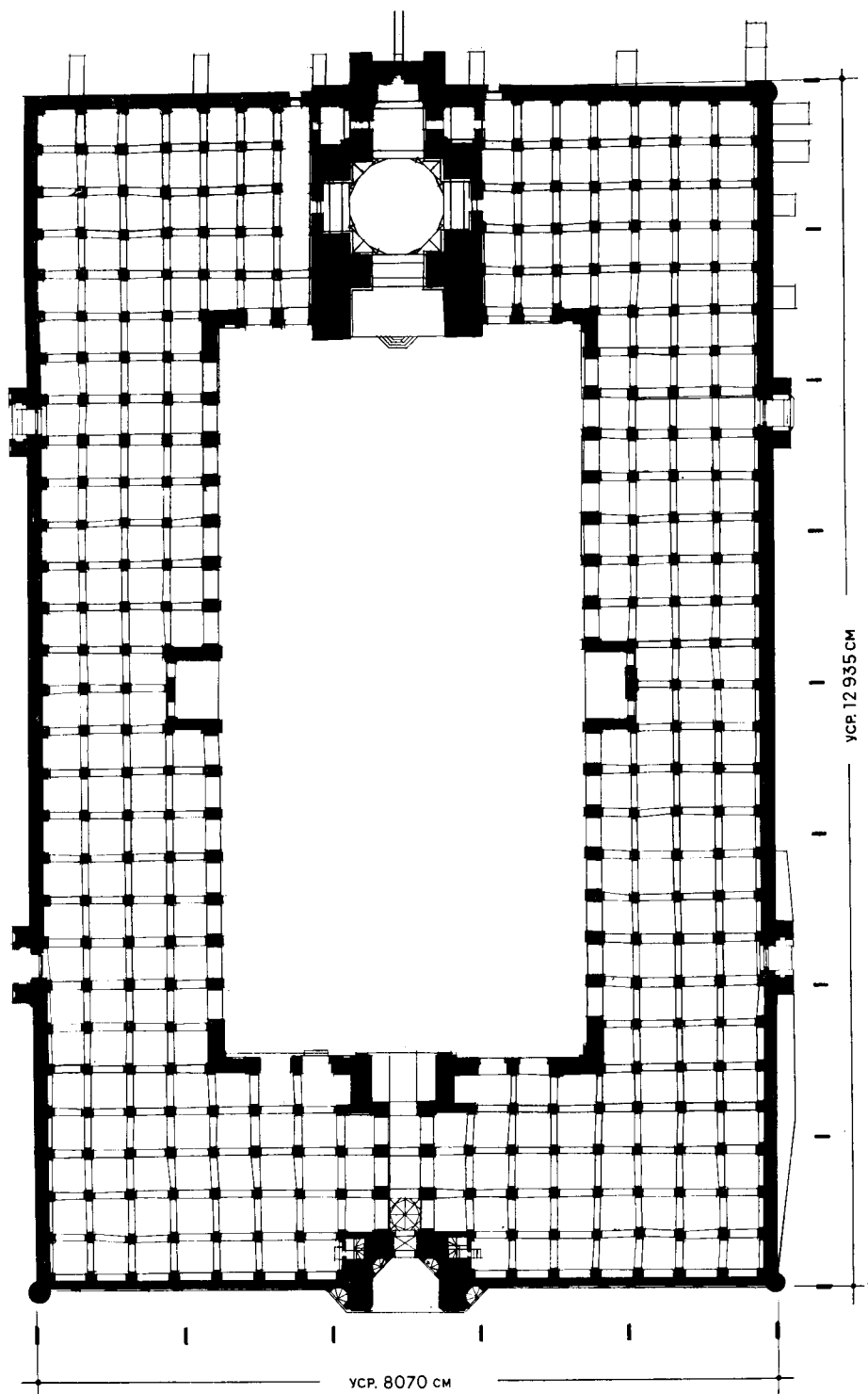


Рис. 137. Мечеть Калян в Бухаре. План комплекса

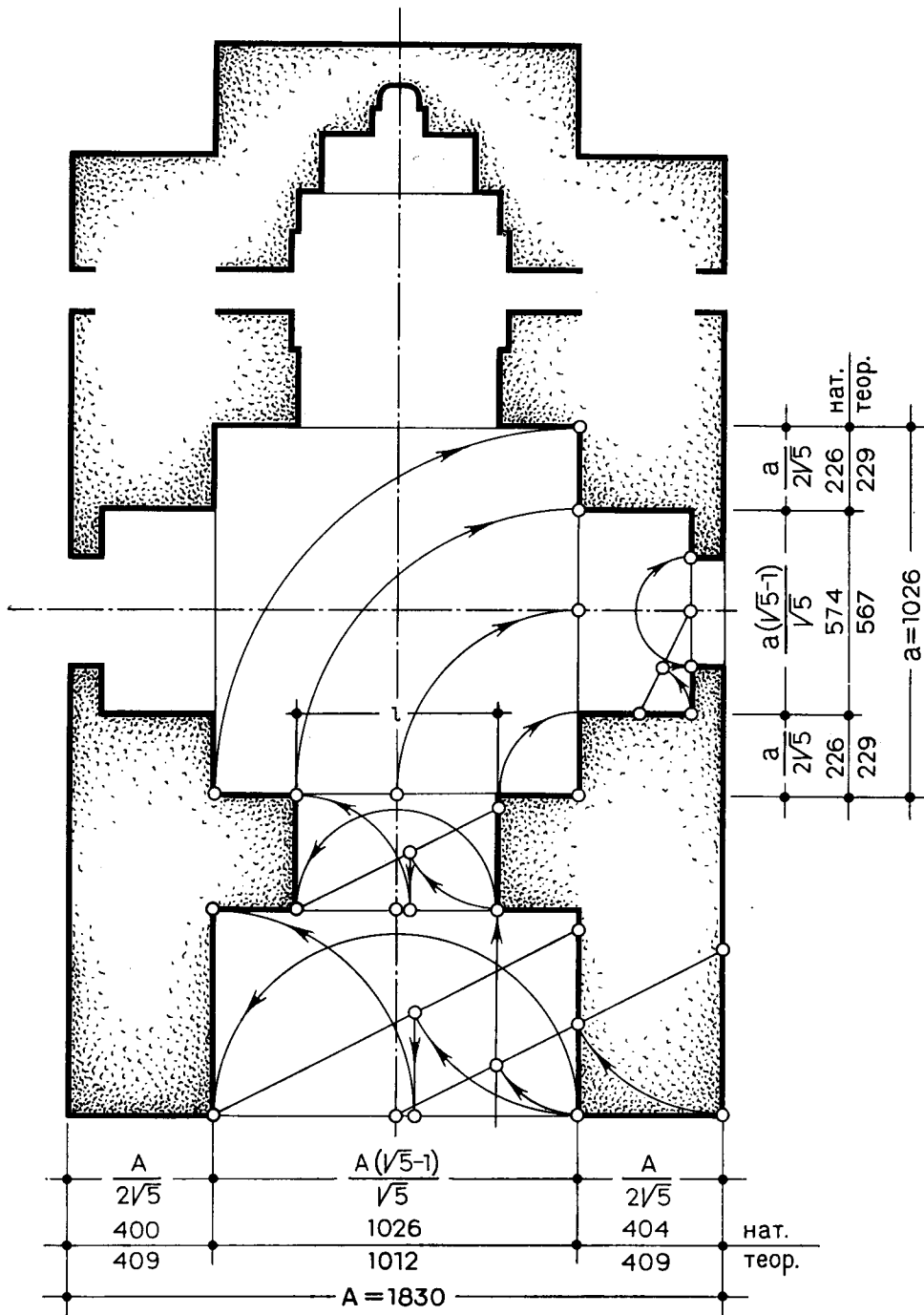


Рис. 138. Главное здание мечети Каляя. План. Анализ построения

что зал мечети построен на модульной сетке 111×111 см, причем, как видно из чертежа, приводимого автором, квадратный зал — 9×9 модулей, его ниши по сторонам — 3×5 модулей, входная порталная ниша — 5×9 модулей, пилоны портала — по 4 модуля и т. д. Однако автор не дал объяснения этим соразмерностям, а между тем нам представляется, что они были связаны с геометрическими приемами построения архитектурной формы, восходящими к теории и практике самаркандской школы зодчих XIV—XV вв. Попытаемся раскрыть закономерности пропорций мечети на основе геометрии построения. Протяженность фасада главного здания мечети — 1830 см при ширине пилонов 400 и 405 см. Если ширину (A) фасада примем за исходную величину, то ширина пилонов портала равняется

$$\frac{A}{2\sqrt{5}} = \frac{1830 \times 0,447}{2} = 409 \text{ см.}$$

Пролет арки портала

$$L = A \left(1 - \frac{1}{\sqrt{5}}\right) = 1830 \times 0,553 = 1012 \text{ см.}$$

Расхождение теоретических данных и натуральных для пилонов — 5 и 9 см, для пролета арки — 14 см.

Примечательно, что ширина входного проема и боковые простенки находятся между собой в такой же пропорциональной зависимости, как пролет арки и пилоны портала. Если пролет (L) арки портала, равный 1026 см, принять за исходную величину, то ширина ниши будет равна

$$l = L \left(1 - \frac{1}{\sqrt{5}}\right) = 1026 \times 0,553 = 567 \text{ см.}$$

В натуре — 574 см; погрешность — 7 см.

Боковые простенки соразмерны

$$\frac{L}{2\sqrt{5}} = \frac{1026 \times 0,447}{2} = 230 \text{ см.}$$

В натуре — 226 см; расхождение — 4 см.

Боковые ниши четверика и входная ниша портала, в плане образующие прямоугольники, геометрически подобны между собой и выражены отношением

$$1 : \frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}}, \text{ или } 1 : 0,553.$$

Вернемся к модульным отношениям, о которых говорилось выше, и сопоставим их с данными анализа, основанного на геометрии построения, который дал ряд геометрической прогрессии со знаменателем 0,553 (табл. 10).

Элементы здания	Размеры, см				
	натурные	теоретические		погрешности	
		при геометрическом построении	при модуле 111 см	при геометрическом построении	при модуле 111 см
Общая ширина портала	1830	1830	$\frac{17M}{1887}$	—	57
Пролет порталной арки	1026	1012	$\frac{9M}{999}$	14	27
Ширина входного проема по оси портала	574	567	$\frac{5M}{555}$	7	19

Сравнительный анализ двух методов измерения частей и целого позволяет утверждать, что в основе композиции мечети Калян лежат геометрические построения.

Эти пропорциональные отношения в членениях мечети Калян нельзя рассматривать как случайное членение. Они представляют собой дальнейшее развитие приемов построения архитектурных форм, бытовавших в теории и практике зодчих XIII—XV вв.

Если в композиции ворот двора мавзолей Гур-Эмир, бухарского медресе Улугбека и усыпальницы Ширваншахов в Баку отношение 0,447:0,553 еще не давало непрерывного пропорционального ряда, то в мечети Калян создана уже система, позволяющая утверждать, что ее строители не только применяли уточненные гармоничные отношения в членениях архитектурных форм, но и развили их до стройной системы.

Вернемся к пропорциям прямоугольного плана, имеющего размеры по восточному и западному фасадам 8040 и 8100 см, усредненный размер — 8070 см, по южному и северному — 12 910 и 12 960 см (включая выступ объема главной мечети), усредненный размер — 12 935 см. Их отношение соответствует 5:8 с погрешностью для длины прямоугольного плана на 21 см (рис. 137).

Ширина двора соразмерна половине ширины (A) главного фасада, тогда как боковые корпуса соразмерны

$$\frac{A}{4}.$$

Для определения соразмерностей отдельных элементов и частей сооружения в плане зодчему приходилось считаться с «шагом» аркатуры, равным примерно 450 см.

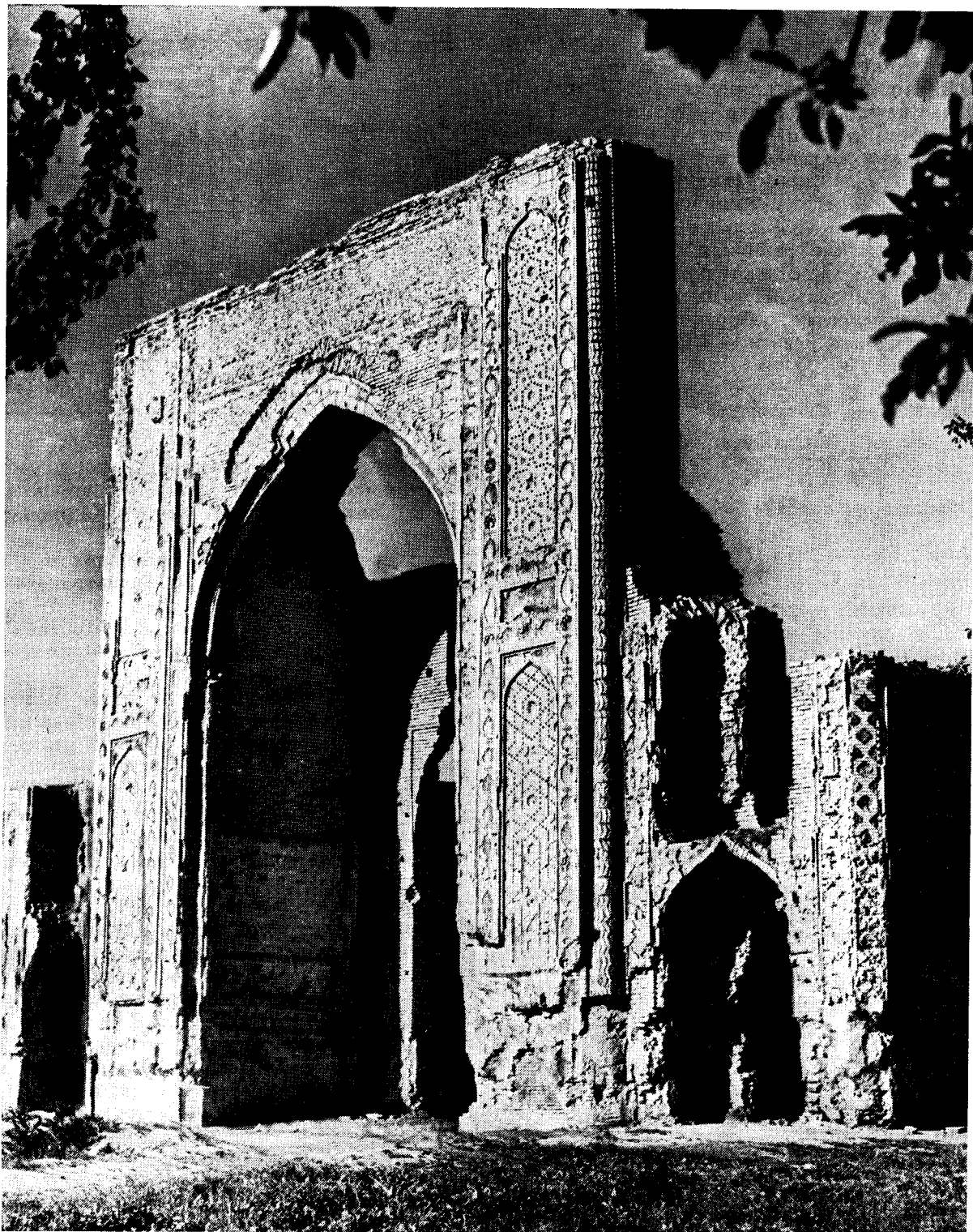


Рис. 139. Мавзолей Ишрат-хана в Самарканде (1460 г.). Общий вид

Мавзолей Ишрат-хана (1460 г.)

Мавзолей Ишрат-хана (рис. 139), построенный в эпоху великого поэта и гуманиста Алишера Навои, всесторонне исследован в связи с 500-летием поэта [238]. Мавзолей — сложный архитектурный комплекс, включающий кроме фамильной усыпальницы Абу Са'ида ряд помещений, предназначенных для богослужений и траурных приемов представителей знати.

Композиция мавзолея строится на трех фронтальных и одной продольной осях, причем последняя расположена асимметрично по отношению к общему пятну плана (рис. 140).

На пересечении главной и продольной оси — главное квадратное помещение с широкими глубокими нишами по сторонам. По боковым осям расположена в двух этажах анфилада мелких помещений, за исключением помещения мечети, решенной в два света. По углам центрального ядра комплекса расположены четыре винтовые лестницы, служившие для сообщения между этажами и крышей.

Новые конструктивные приемы перекрытия в мавзолее Ишрат-хана, основанные на взаимно пересекающихся подпружных арках, породили новые архитектурные формы в пространственной организации интерьера, однако в решении внешних форм архитектуры здания сказался консерватизм эстетических воззрений.

Тем не менее мавзолей Ишрат-хана — великое творение художественной культуры эпохи, в нем отразилась наука искусных геометрических приемов — основы средневековой теории архитектуры.

При анализе соразмерностей мавзолея Ишрат-хана (рис. 140) за исходный параметр принимается подкупольный квадрат со стороной $a = 814$ см, или 12 гязам (при гязе около 68 см). Площадь центрального ядра больше площади подкупольного квадрата в 4 раза, а длина здания

$$A = 2a\sqrt{3} = 1628 \times \sqrt{3} = 2820 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 2832 см; погрешность — 12 см.

Ширина здания без порталного выступа

$$B = 2a\sqrt{2} = 2280 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 2265 см; погрешность — 15 см.

В определении пропорций главного фасада (рис. 141) зодчий мавзолея Ишрат-хана идет по стопам строителей медресе Улугбека в Самарканде. Здесь, как и там, ширина (P) портала соразмерна большому отрезку, полученному при делении длины фасада в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$P = \frac{A(\sqrt{5}-1)}{2} = 2820 \times 0,618 = 1743 \text{ см,}$$

что точно соответствует натуре и меньше портала медресе в 2 раза.

Высота (H_p) портала соразмерна диагонали полуквадрата, построенного на ширине портала, т. е.

$$H_p = \frac{P\sqrt{5}}{2} = 1743 \times 1,118 = 1949 \text{ см.}$$

Пролет (L) входной ниши равен половине ширины портала, т. е.

$$L = \frac{A(\sqrt{5}-1)}{4} = 2820 \times 0,309 = 871 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 882 см; погрешность — 11 см.

Ширина боковых ризалитов главного фасада соразмерна половине малого отрезка, полученного при делении длины фасада в среднем и крайнем отношении, т. е. $\frac{A(3-\sqrt{5})}{4}$, а высота здания — малому отрезку, т. е. $\frac{a(3-\sqrt{5})}{2}$. Пропорции их выражены отношением 1 : 2.

Перед строителями мавзолея Ишрат-хана стояла традиционная задача — увеличить пространство главного помещения за счет глубоких ниш по сторонам четверика. Благодаря применению новой системы перекрытия

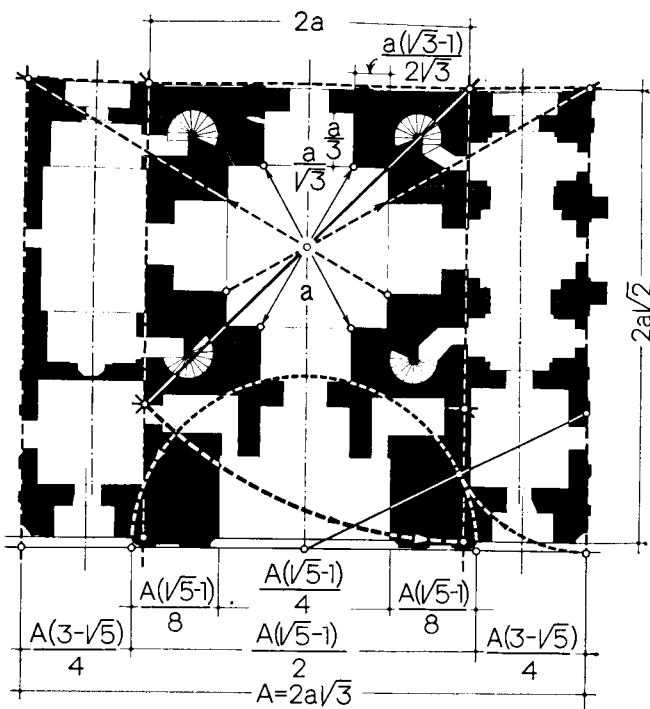


Рис. 140. Мавзолей Ишрат-хана. План. Анализ построения

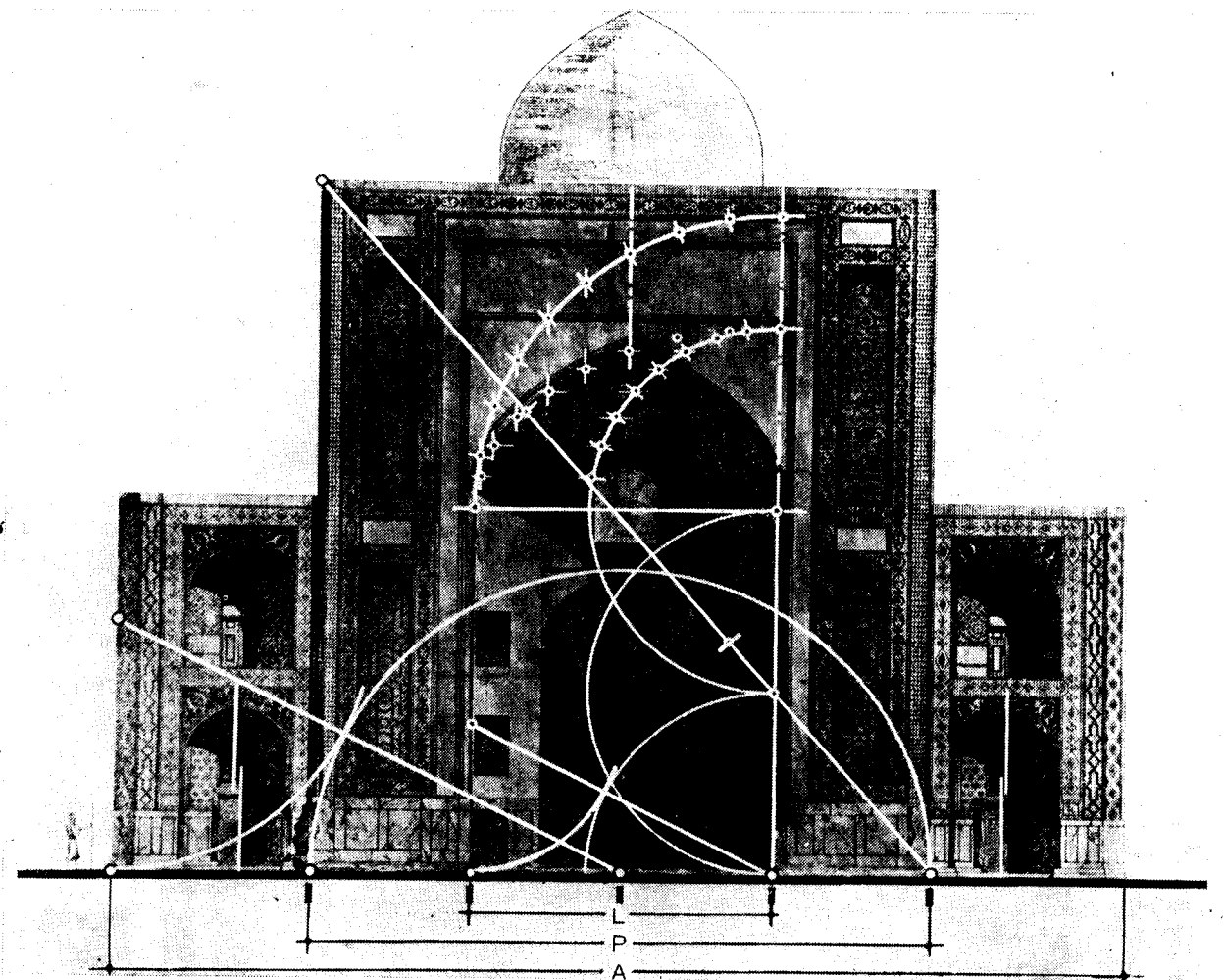


Рис. 141. Мавзолей Ишрат-хана. Фасад. Анализ построения

на пересекающихся подпружных широко расставленных арках зодчему действительно удалось несколько расширить ниши и принять их ширину соразмерной $\frac{a}{\sqrt{3}}$, а глубину равной $\frac{a}{3}$. Это было достигнуто простым геометрическим построением при помощи линейки и угольника в 30 и 60°, что наглядно представлено на чертеже (рис. 140, 142). Прямоугольник $\sqrt{3}$ был принят для построения ниш четверика далеко не случайно — это обусловлено задуманной композицией «пространственного гериха» — полукупола с угловым модулем 15°, вписываемого в прямоугольник полуквадрата так, чтобы в передней части ниши можно было создать арку шириной

$$\frac{a}{3} - \frac{a}{2\sqrt{3}} = 0,045a = 37 \text{ см (рис. 142).}$$

Решая пропорции плана помещения, зодчий исходил из общей объемно-пространственной композиции интерьера. Бесспорным доказательством этого положения являются пропорции помещений, обозначенных № 3, 5, 6. Планы их представляют геометрически подобные прямоугольники с отношением сторон 1 : 1,376, обусловленные необходимостью перекрывать эти помещения на взаимно пересекающихся подпружных арках, для того чтобы в центре плафона получить правильный десятиугольник, гармонически увязанный с пропорциями перекрываемого помещения.

Размеры прямоугольных помещений № 3, 5 и 6 были определены с относительно большой точностью, что видно из табл. 11.

В мечети (№ 6) в отличие от помещений № 3 и 5 конструктивно-пространственная структура перекрытия завершается световым

Погрешности в построении планов помещений № 3, 5, 6

Помещение	Размеры, см		
	фактические	теоретические	погрешность
№ 3	259×374	$259 \times \operatorname{tg} 54^\circ = 358$	+16
№ 5	261×367	$261 \times \operatorname{tg} 54^\circ = 367$	+8
№ 6	508×691	$508 \times \operatorname{tg} 54^\circ = 699$	-8

фонарем, поставленным на подпружные арки, — прием, прекрасно использованный для освещения аудитории и мечети медресе Улугбека в Гиждуване и, очевидно, примененный в несохранившемся перекрытии большой мечети-аудитории медресе Улугбека в Самарканде. Устройство световых фонарей на пересекающихся подпружных арках — архитектурное новаторство, подготовленное всем ходом развития сводчато-купольных конструкций, внесшее тему света в решение интерьера. Это новаторство получило широкое развитие в эпоху Навои и в первой половине XVI в., придав интерьерам зданий новое звучание, консонантное с их новой сводчато-купольной тектоникой.

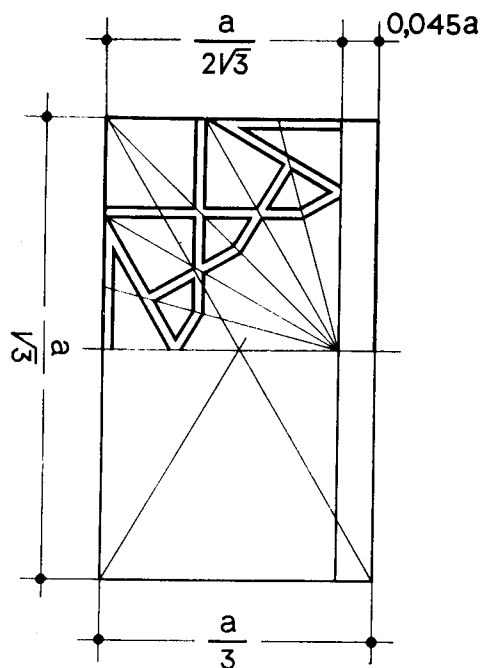


Рис. 142. Мавзолей Ишрат-хана.
План ниши главного помещения.
Анализ построения

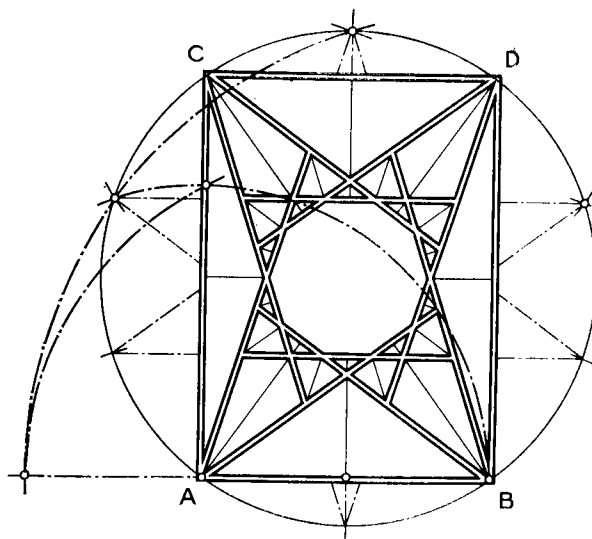


Рис. 143. Мавзолей Ишрат-хана.
Пропорции помещения № 6

Медресе Мири-Араб (1535—1536 гг.)

К реконструированным ансамблям этого времени относится площадь у подножия минарета Калян, на которой воздвигается здание медресе Мири-Араб. Гармоническое сочетание архитектуры уже существовавших мечети, минарета и нового здания медресе явилось весьма сложной и трудной задачей, однако она прекрасно решается творческим гением зодчего, который создает ансамблевую пространственную композицию «кош»: здание медресе сооружается против мечети на одной композиционной оси с последней. Однако это не обычный «кош» с присущей этой композиции традиционной симметрией. Медресе в отличие от мечети расположено на возвышении — высоком и широком стилобате, его архитектуре приданы пластичные формы (портал с глубокой и граненой входной нишей, голубые купола на высоких барабанах, мощные угловые гильдаста, двухъярусная аркада ниш на главном фасаде), тогда как архитектура мечети имеет более скромную трактовку (рис. 144).

Гармония и единство целого ансамбля достигнуты контрастным сочетанием архитектур разных исторических эпох, мощной вертикали минарета с формами мечети и медресе, с отказом от жесткой симметрии архитектуры объемов, составляющих композицию «кош», и геометрической сухости, однако при обязательном ее присутствии в композиции, ибо пропорции площади определены не случайно: ее ширина соразмерна половине про-

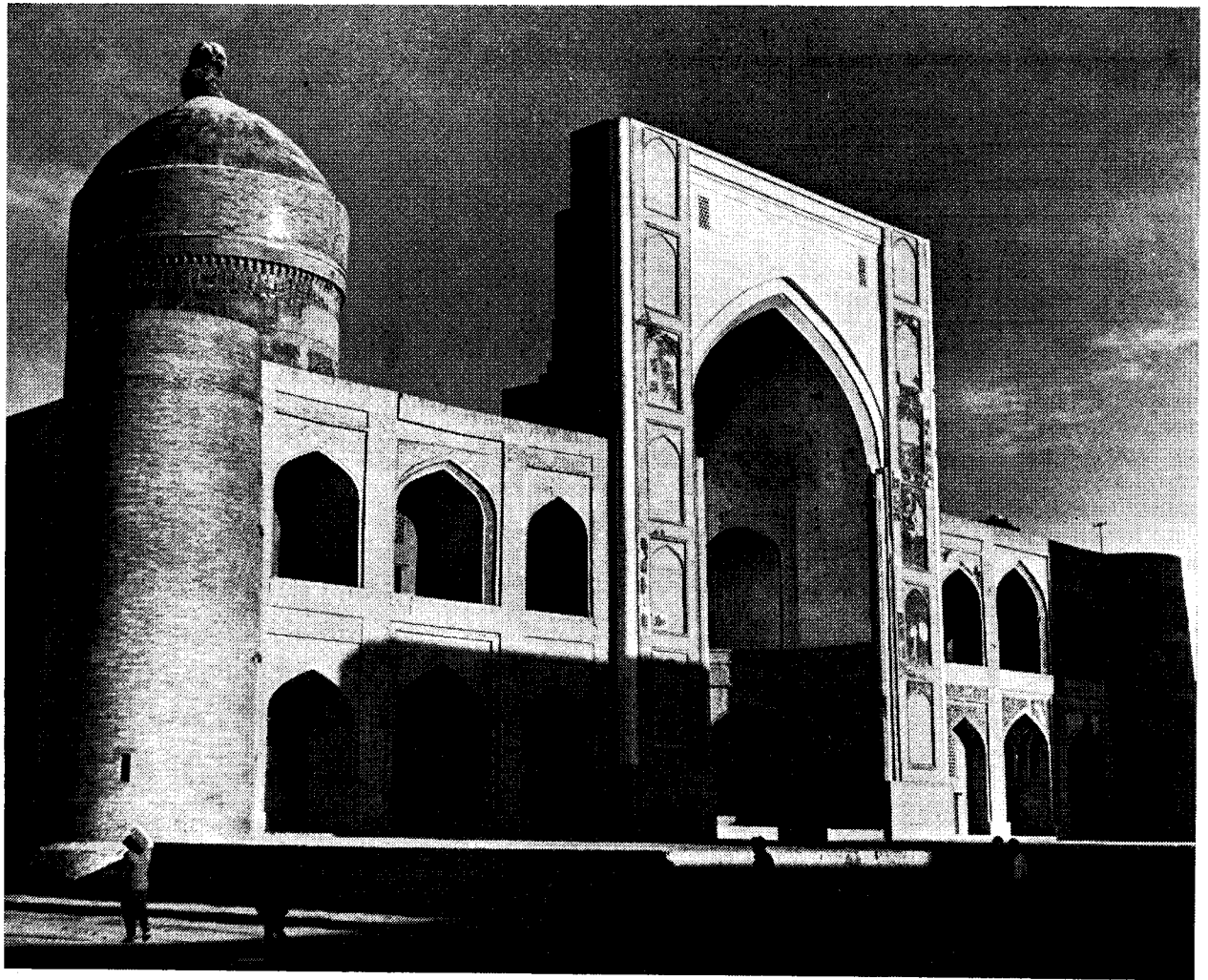


Рис. 144. Медресе Мири-Араб в Бухаре (1535—1536 гг.). Общий вид

тяженности фасада мечети (рис. 145). Длина фасада медресе Мири-Араб соразмерна $\frac{5}{8}$ длины фасада мечети. Что это — замысел зодчего или случайное совпадение?

Пропорции прямоугольной площади ансамбля Чар-Бакар (XVI в.) выражены отношением 8 : 5. Пропорции прямоугольной площади ансамбля Регистан в Самарканде, окончательно сложившегося в XVII в., выражены отношением 5 : 6. При этом ширина площади относится к высоте портала медресе Улугбека (XV в.) как 2 : 1.

Эти примеры позволяют полагать, что соразмерности отдельных зданий распространились и на формирование ансамблей.

Однако вернемся к медресе Мири-Араб.

План этого медресе без угловых гильдаста представляет прямоугольник с отношением сторон 3 : 4 (рис. 146).

Входным порталом (рис. 147, 148) ширина (А) здания членится на отношения $\frac{8 : 9 : 8}{25}$.

Ширина портала

$$P = \frac{9A}{25} = \frac{9 \times 5180}{25} = 1864.$$

Натурные размеры — 1845 см; погрешность — 19 см.

Высота портала

$$H = \frac{12A}{25} = \frac{12 \times 5180}{25} = 2486.$$

Прямоугольник портала выражен отношением ширины к высоте как 3 : 4, аналогично пятну плана.

Входной портал (P) членится на пилоны и нишу в отношениях 0,236 : 0,528 : 0,236, что получается на основании деления ширины портала в среднем и крайнем отношении, причем пилоны соразмерны разности ширины

портала и удвоенных малых отрезков, т. е.

$$P(\sqrt{5}-2) = 1845 \times 0,236 = 435.$$

Натурные размеры — 435 и 430 см.

Пролет арочной ниши

$$l = P(5 - 2\sqrt{5}) = 0,528 \times 1845 = 974.$$

Натурные размеры — 980 см; погрешность — 6 см.

Ширина (a) внутреннего двора соразмерна большому отрезку, полученному при делении ширины (A) здания в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$a = \frac{A(\sqrt{5}-1)}{2} = 0,618 \times 5194 = 3210.$$

Натурные размеры — 3228 и 3218 см; погрешность — 18 и 8 см.

Ширина заднего и боковых корпусов соответствует половине малого отрезка при делении ширины здания (A) в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$\frac{A(3-\sqrt{5})}{4} = 0,191 \times 5194 = 992 \text{ см.}$$

Усредненные натурные размеры — 976, 981, 988 см; погрешности — 16, 11 и 4 см.

Ширина переднего корпуса

$$\frac{4}{\sqrt{5}} = 0,447 \times 5194 = 2322.$$

Натурные размеры — 2336 см; погрешность — 14 см.

Ширина и длина внутреннего двора медресе относятся как $2 : \sqrt{5}$:

$$b = \frac{a\sqrt{5}}{2} = 3210 \times 1,118 = 3589.$$

Натурные размеры — 3569 и 3581 см; погрешности — 20 и 8 см.

По осям фасадов (рис. 146) двора медресе имеются айваны, подчеркнутые порталом на высоту в два этажа, причем айваны, расположенные на поперечной оси, шире, а на продольной — уже, что соответствует протяженности дворовых фасадов.

Ширина двора членится айванами, расположенными по продольной оси, в отношении $2 : 1 : 2$, ибо ширина (l) айванов составляет одну пятую ширины двора, т. е.

$$l = \frac{a}{5} = \frac{3218}{5} = 643.$$

Натурные размеры — 632 см; погрешность — 11 см.

Ширина портала соответствует половине большого отрезка при делении (a) в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$\frac{a(\sqrt{5}-1)}{4} = 0,309 \times 3218 = 994 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 974 и 976 см; погрешности — 18—20 см.

Ширина порталов, расположенных на поперечной оси, членит длину дворового

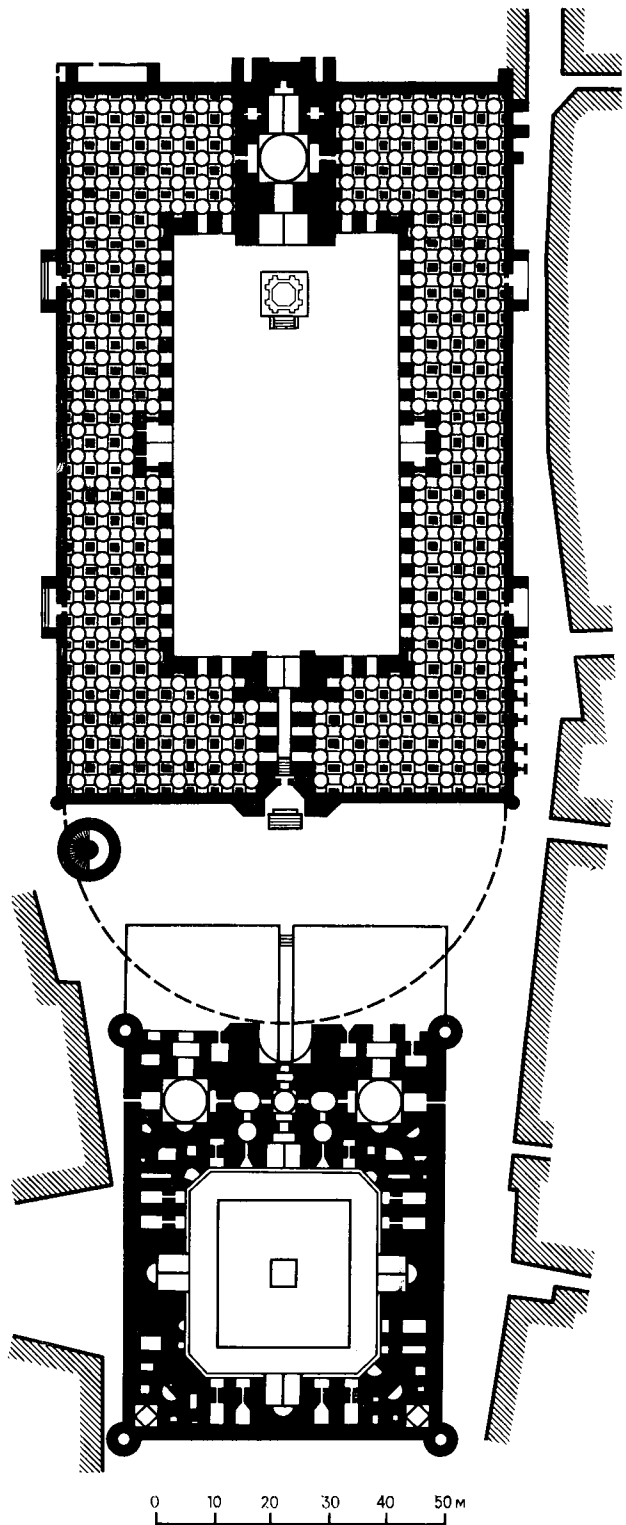


Рис. 145. План площади Калян (XII—XVI вв.)

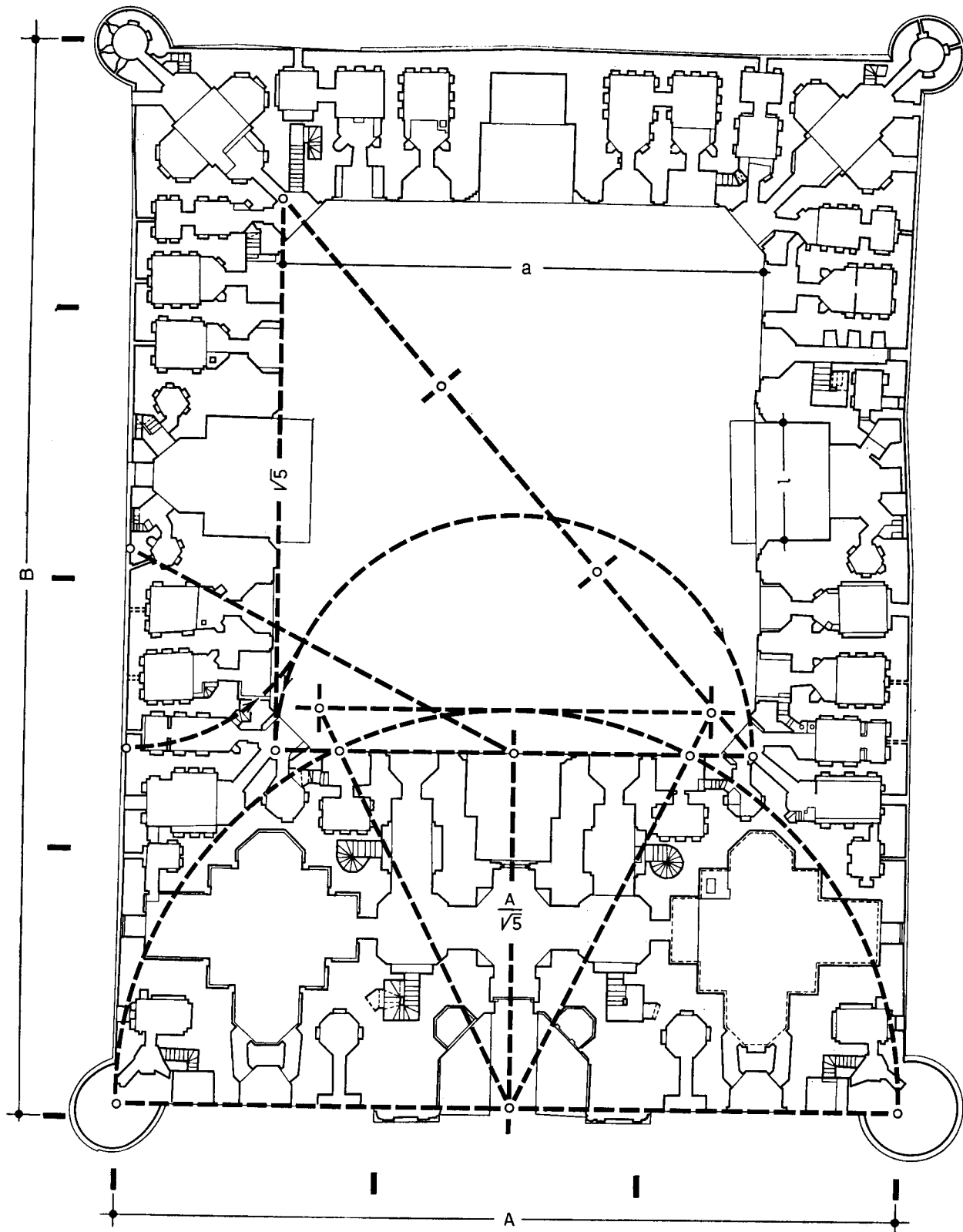


Рис. 146. Медресе Мири-Араб. План

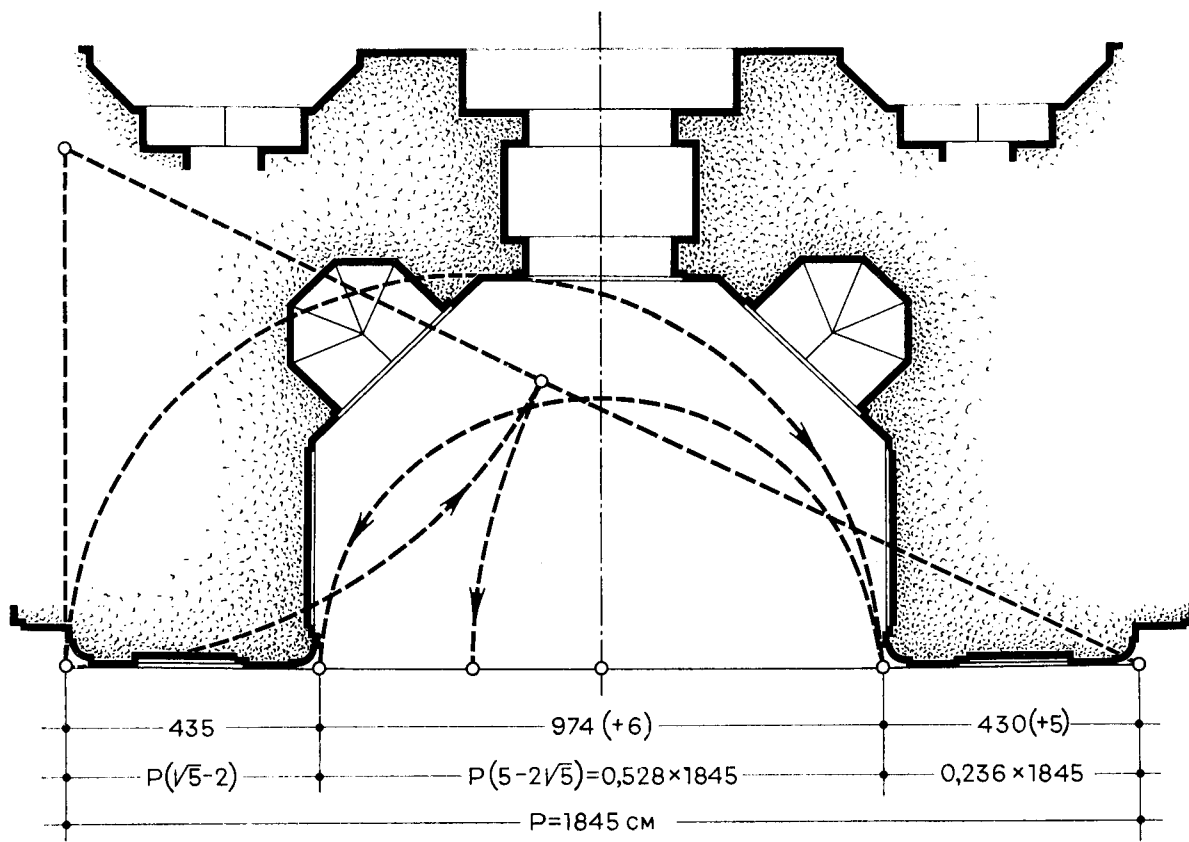


Рис. 147. Медресе Мири-Араб. План портала. Анализ построения

фасада в отношениях 1 : 1 : 1 с погрешностями до 20 см, а ширина айванов соразмерна

$$\frac{a}{2\sqrt{5}} = 3569 \times 0,223 = 795.$$

Натурные размеры — 777 и 776 см; погрешности — 18 и 19 см.

Ханака Надира Диван-беги (1620 г.)

В XVI—XVII столетиях в центре Бухары, вокруг водоема «Ляби-хауз», сложился архитектурный ансамбль: были построены медресе Кукельташ (1568—1569 гг.), ханака (1620 г.) и караван-сарай (1622 г.) Надира Диван-беги (рис. 149).

По пропорциональному строю ханака Надира Диван-беги ближе всего к комплексу Ходжа Ахмада Ясеви и «перекликается» с мавзолеем Гур-Эмир, бухарским медресе Улугбека и мечетью Калян. Анализ соразмерностей дает следующую картину (рис. 150 и 151).

Если за исходную величину в определении соразмерностей сооружения принять ширину (А) здания без выступов угловых гультаста

и порталов на боковых фасадах, то длина (В) здания будет соразмерна удвоенному большому отрезку при делении ширины (А) в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$B = A(\sqrt{5} - 1) = 1965 \times 1,236 = 2428.$$

Натурные размеры — 2445 см; погрешность — 17 см. Высота же здания соответствует половине его длины, т. е.

$$H = \frac{A(\sqrt{5} - 1)}{2} = 1965 \times 0,618 = 2414.$$

Между общими размерами здания и подкупольного квадрата — центрального ядра сооружения — существует строгая математическая зависимость, ибо ширина (А) здания соразмерна сумме стороны (а) квадрата и двух малых отрезков при делении стороны квадрата в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$A = a + 2 \times 0,382a = 1,764 \times 1113 = 1963.$$

Натурные размеры — 1965 см.

Членение главного фасада дает ширину входного портала

$$P = \frac{A(\sqrt{5} - 1)}{\sqrt{5}} = 1963 \times 0,553 = 1085.$$

Натурные размеры — 1082 см.

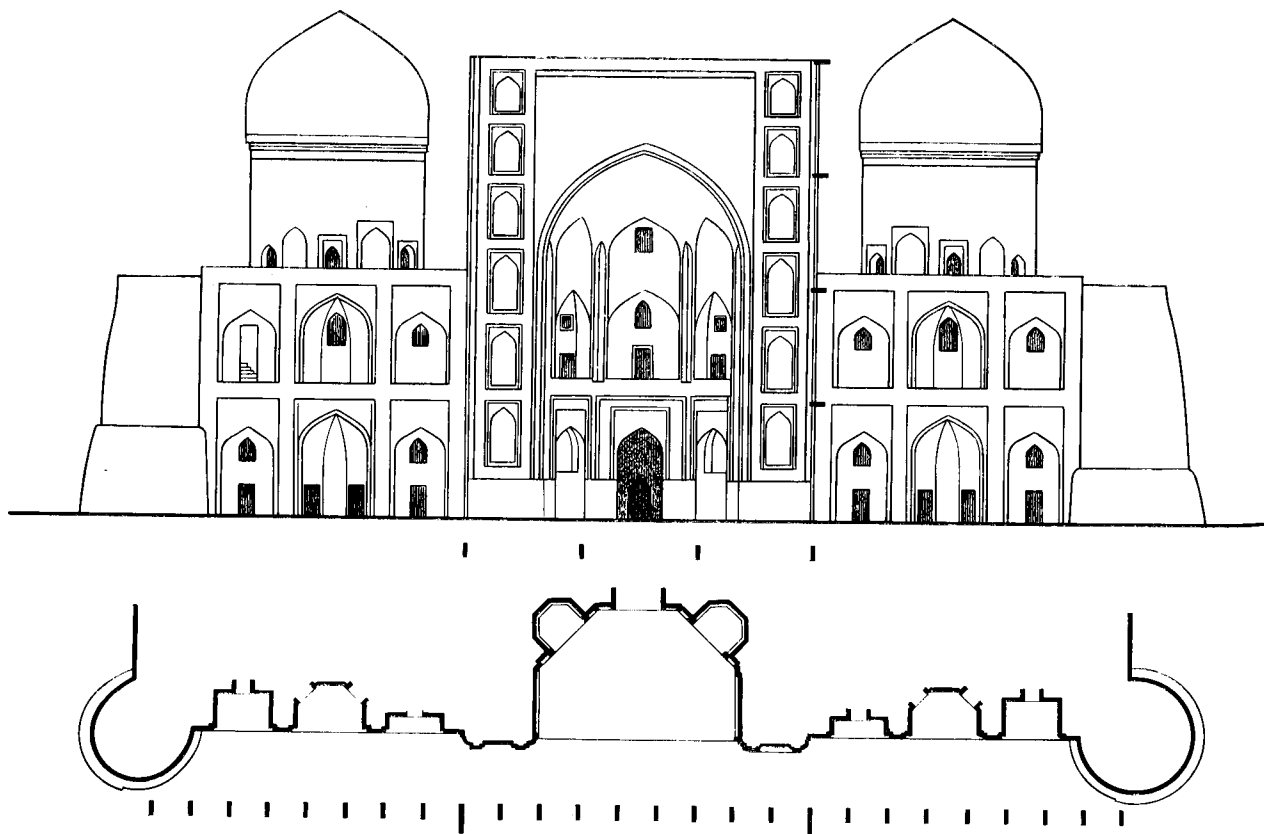


Рис. 148. Медресе Мири-Араб. Фасад. Анализ соразмерностей

Боковые пилоны соответствуют $\frac{A}{2\sqrt{5}}$, однако они наполовину прикрыты угловыми гильдаста, в цокольной части имеющими многогранную форму, закономерность построения которой не удалось расшифровать.

Ширина заднего корпуса здания соразмерна $\frac{a}{2}$, ширина боковых корпусов соразмерна

$$\frac{a(3-\sqrt{5})}{2}.$$

Высота портала

$$H_p = \frac{P(\sqrt{5}+1)}{2} = 1082 \times 1,618 = 1740.$$

В натуре — 1691 см; погрешность — 49 см.

Высота здания

$$H_{зд.} = \frac{A(\sqrt{5}-1)}{2} = 1963 \times 0,618 = 1213.$$

Натурные размеры — 1162 см; погрешность — 51 см.

Погрешности эти следует отнести, видимо, за счет культурного слоя и поднятия уровня платформы, на которую была поставлена ханака Надира Диван-беги.

Определение высотных соотношений памятников архитектуры всегда связано с установлением прежних уровней земли или отмостки вокруг здания. В данном случае специальных археологических раскопок не производилось. Но наши анализы соразмерностей сооружения позволяют высказать предположение, что уровень отмостки XVII в. возле ханака Надира Диван-беги был ниже современного на 50 см. Это вытекает из анализа соразмерностей высотных отметок как здания в целом, так и входного портала.

Пролет арки

$$L = \frac{2P}{3} = \frac{2A(\sqrt{5}-1)}{3\sqrt{5}} = \frac{1965 \times 2,472}{6,708} = 723 \text{ см.}$$

Патурные размеры — 732 см; погрешность — 9 см.

Высота от уровня пола XVII в. до основания купола в интерьере соответствует $\frac{a\sqrt{5}}{2}$, в том числе и высота яруса парусов, равная $a(\sqrt{2}-1)$.

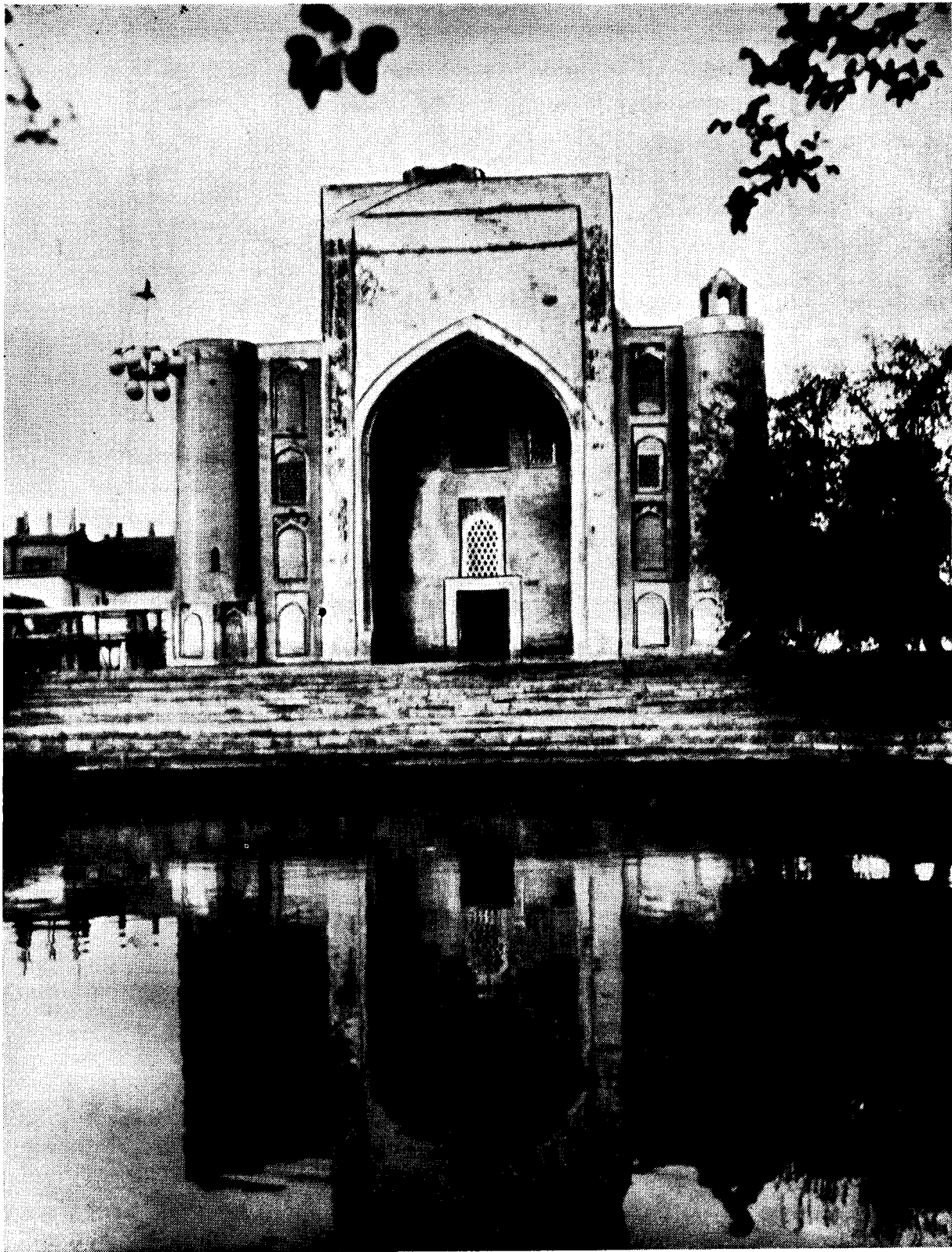


Рис. 149. Ханака Надира Диван-беги в Бухаре (1620 г.). Общий вид

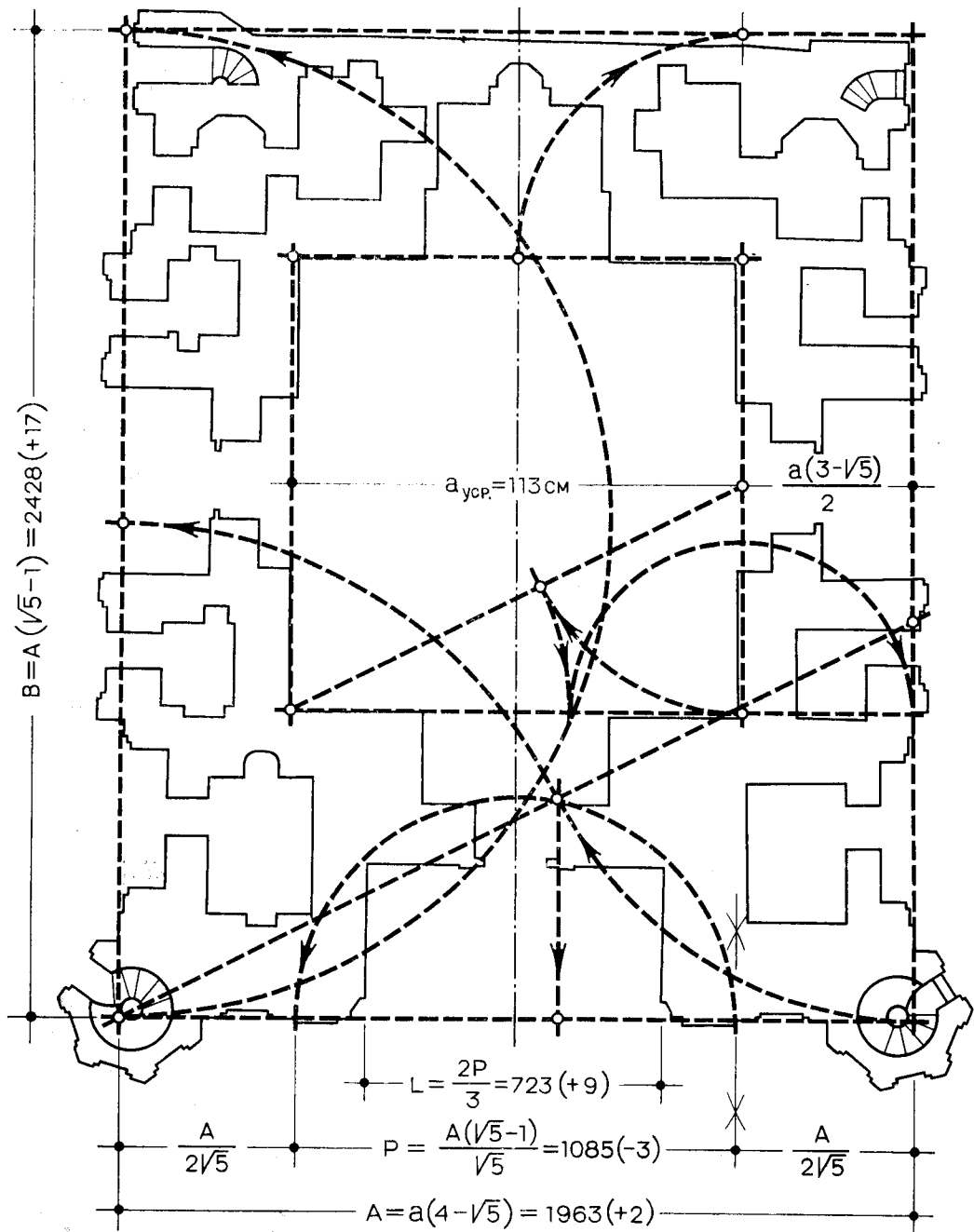


Рис. 150. Хаанака Надира Диван-беги. План. Анализ построения

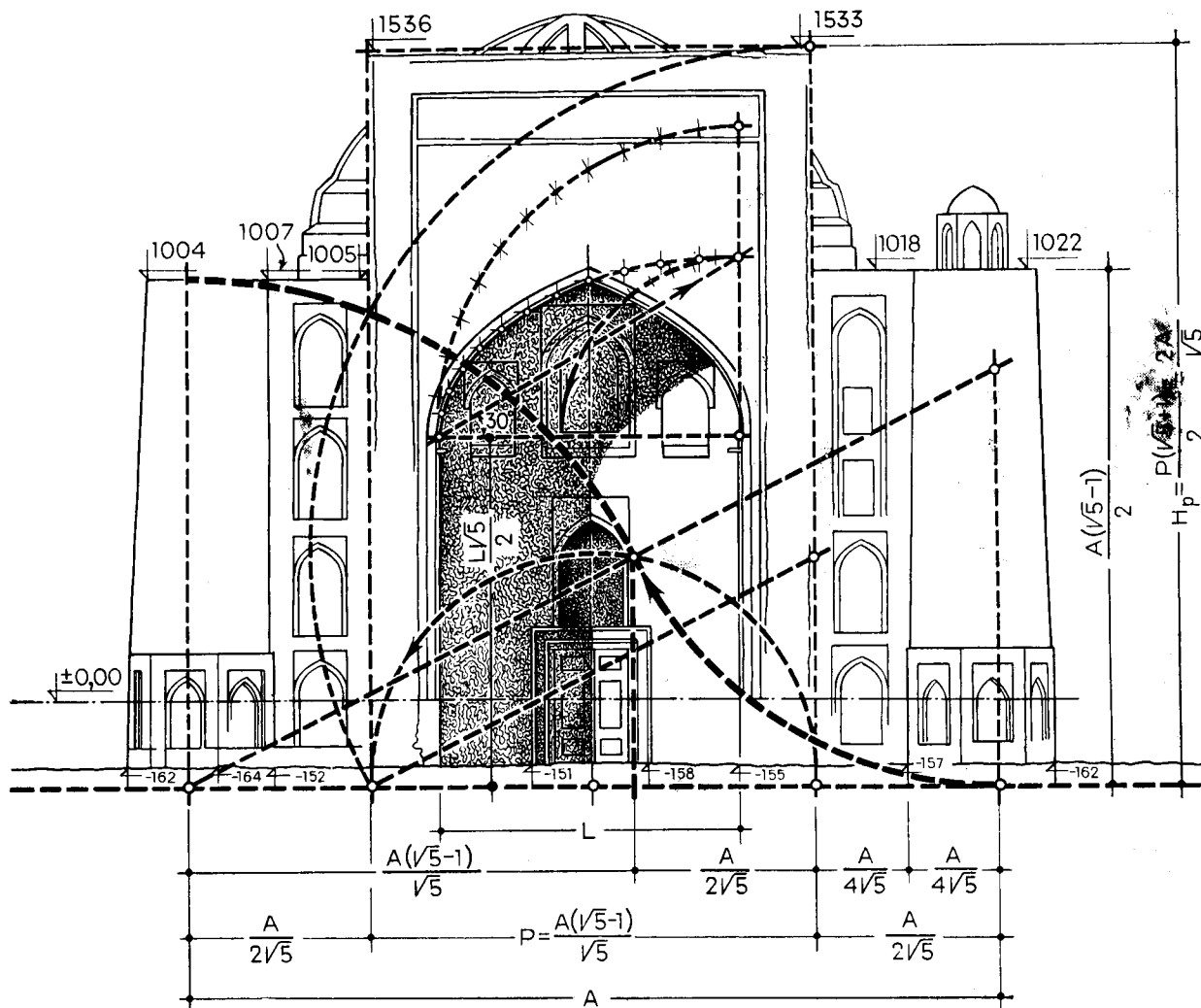


Рис. 151. Ханака Надира Диван-беги. Фасад. Анализ построения

Медресе Кукельташ в Бухаре (1568—1569 гг.)

Пропорции прямоугольного плана медресе Кукельташ (рис. 152) по внешнему абрису без выступов выражены отношением 4 : 5 (рис. 153). В натуре фиксируются большие погрешности, обусловленные неточностями в разбивке, ибо ширина северного и южного фасадов — 5867 и 5986 см, длина здания — 7600 и 7526 см. В первом случае ошибка в разбивке — 119 см, во втором — 74 см.

Отношение сторон прямоугольника двора медресе близко к 6 : 7, так как ширина двора — 3685, 3726 см и длина его — 4284 см.

Ширина северного портала двора соответствует одной четвертой ширины двора, ибо

$$P_{\text{сев.}} = \frac{3726}{4} = 932.$$

Натурные размеры портала — 936 см; погрешность — 4 см, или фасад по горизонтали членится на отношения 3 : 2 : 3.

Северный и южный порталы двора членятся пилонами и арочной нишей на отношения: северный — 1 : 4 : 1, южный — 1 : 3 : 1.

Ширина (A) здания членится входным порталом в отношениях

$$5 : 4 : 5,$$

или

$$2095 : 1676 : 2095 \text{ см.}$$

Натурные размеры —

$$2049, 1677, 2141 \text{ см;}$$

погрешности

$$-46 \quad 1 \quad +46 \text{ см.}$$

Они были обусловлены смещением оси здания в западном направлении.

Наряду с применением в соразмерностях сооружения простых и кратных отношений

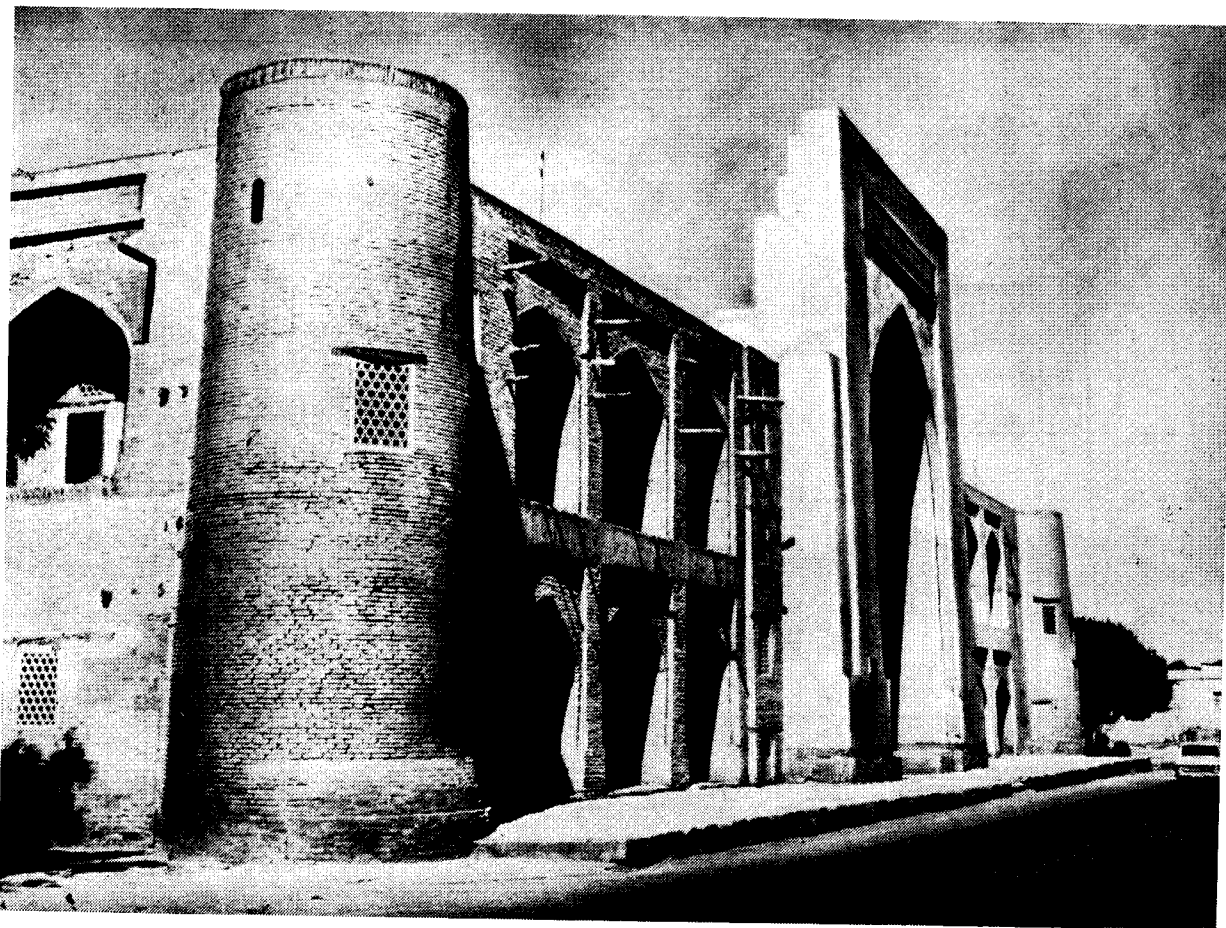


Рис. 152. Медресе Кукельташ в Бухаре (1568—1569 г.). Общий вид

зодчие XVI в. прибегали к более утонченным пропорциям, основанным на геометрическом методе, что наблюдалось и при проектировании медресе Кукельташ и прослеживается на следующих примерах.

Ширина (P) главного портала медресе (1677 см) арочной нишей и пилонами членится в отношении

$$P(\sqrt{5}-2) : P(5-2\sqrt{5}) : P(\sqrt{5}-2),$$

или

$$0,236P : 0,528P : 0,236P,$$

что отчетливо видно на рис. 153.

Проверка:

$$L = P(5-2\sqrt{5}) = 0,528 \times 1677 = 885.$$

Натурные размеры — 882 см; погрешность — 3 см. Пилоны портала соответствуют

$$P(\sqrt{5}-2) = 1677 \times 0,236 = 396.$$

Натурные размеры: 395 и 400 см; погрешности: —1 и +4 см.

Глубина (H) арочной ниши этого портала соразмерна большому отрезку при делении пролета (L) арки в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$H = \frac{L(\sqrt{5}-1)}{2} = 882 \times 0,618 = 545.$$

Натурные размеры — 545 и 540 см; погрешности — 0 и 5 см.

В аналогичных пропорциях представлены соразмерности плана арочной ниши северного портала двора.

Медресе Абдул Азиз-хана (1652 г.)

Медресе Абдул Азиз-хана (рис. 154) имеет традиционный прямоугольный план с внутренним двором и худжрами по периметру и четырьмя айванами. По углам здания — гультаста; по осям всех четырех фасадов — выступы, причем один из них, на главном фасаде, представлен входным порталом.

План по внешнему абрису вписывается в прямоугольник с отношением сторон 4:5 (рис. 155) при ширине (A), равной 4924 см, и длине (B) 6239 см.

Высота (H) двухэтажного корпуса здания соразмерна четверти ширины здания, т. е.

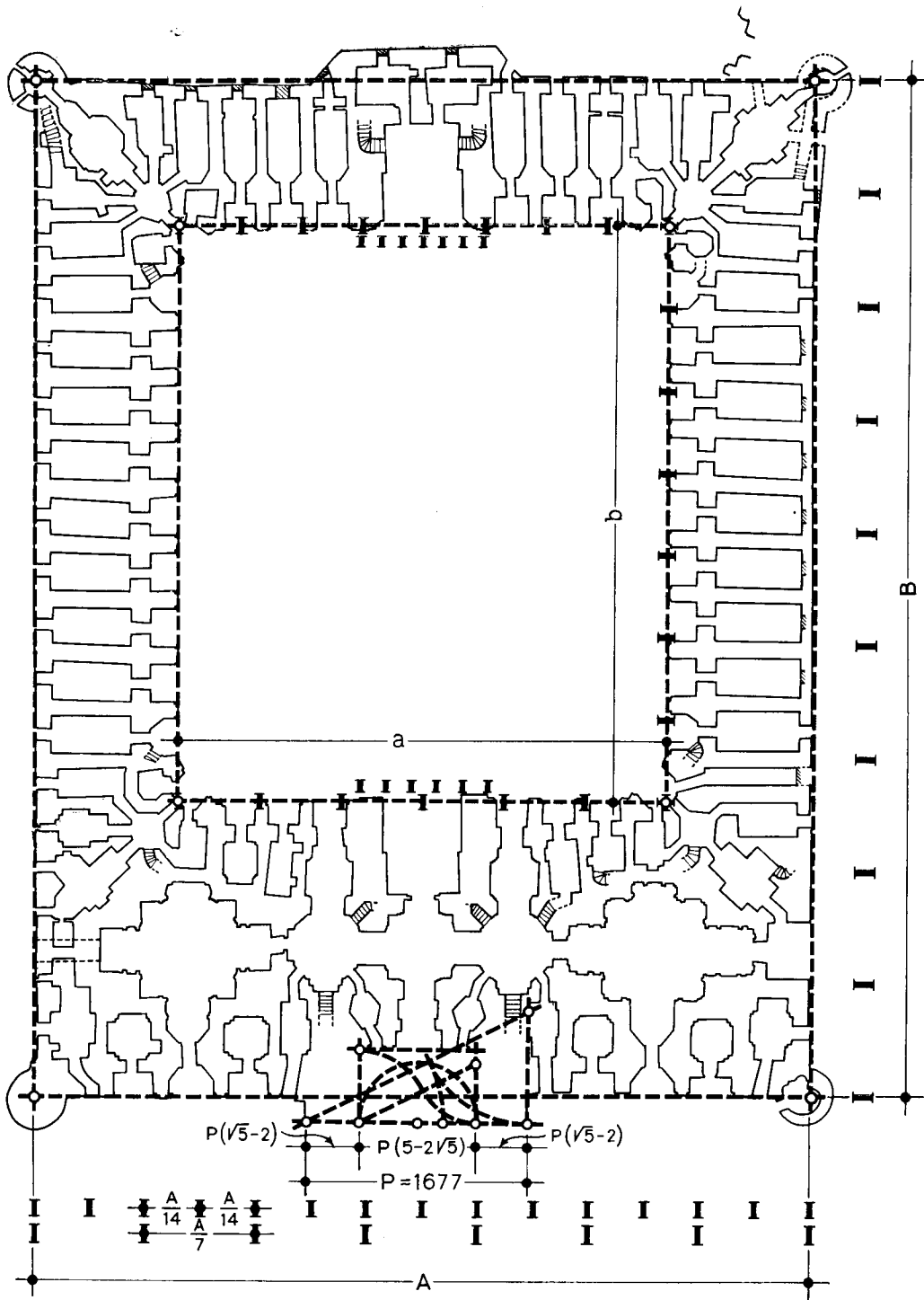


Рис. 153. Медресе Кукельташ в Бухаре. План. Анализ построения

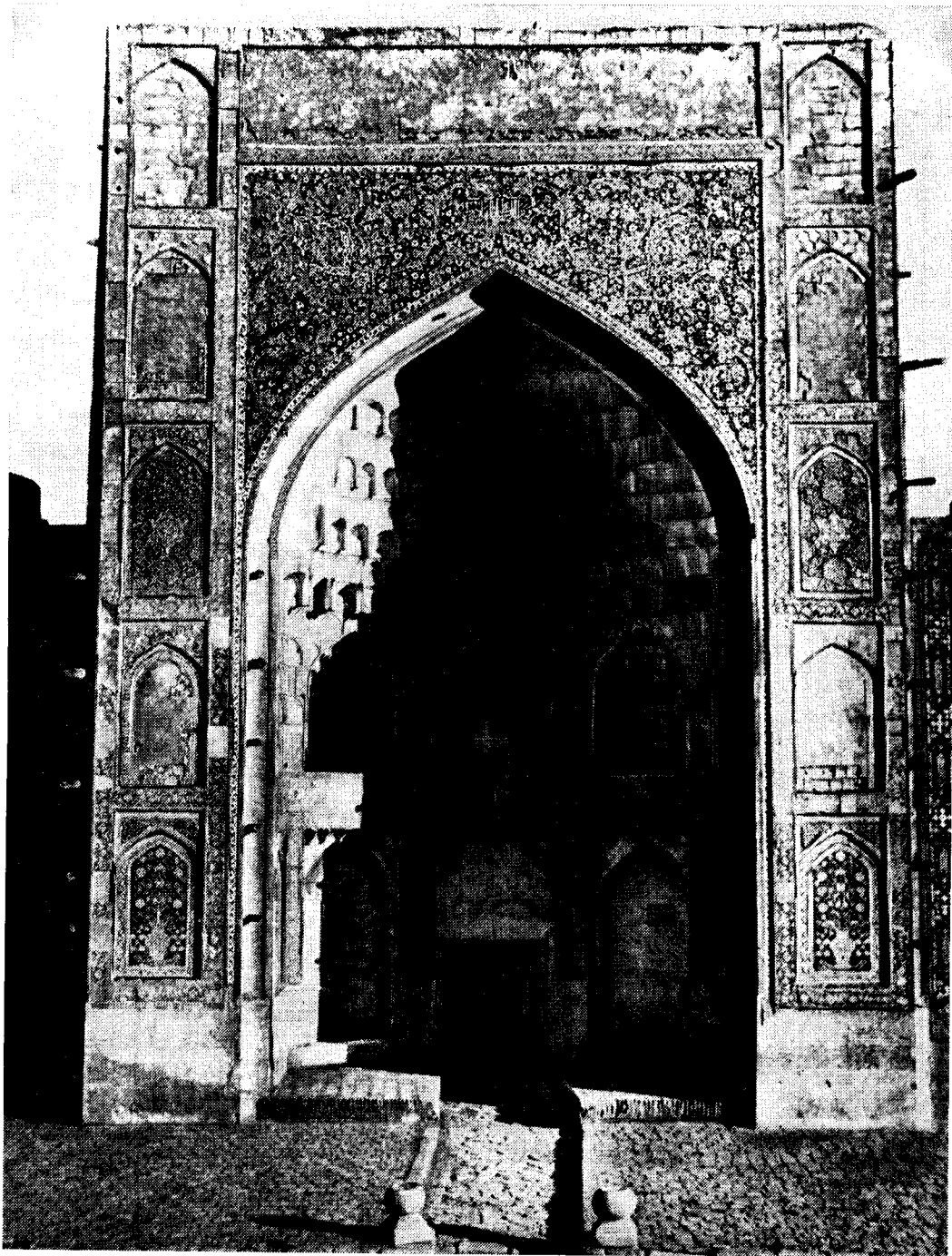


Рис. 154. Медресе Абдул Азиз-хана в Бухаре (1652 г.). Фрагмент фасада

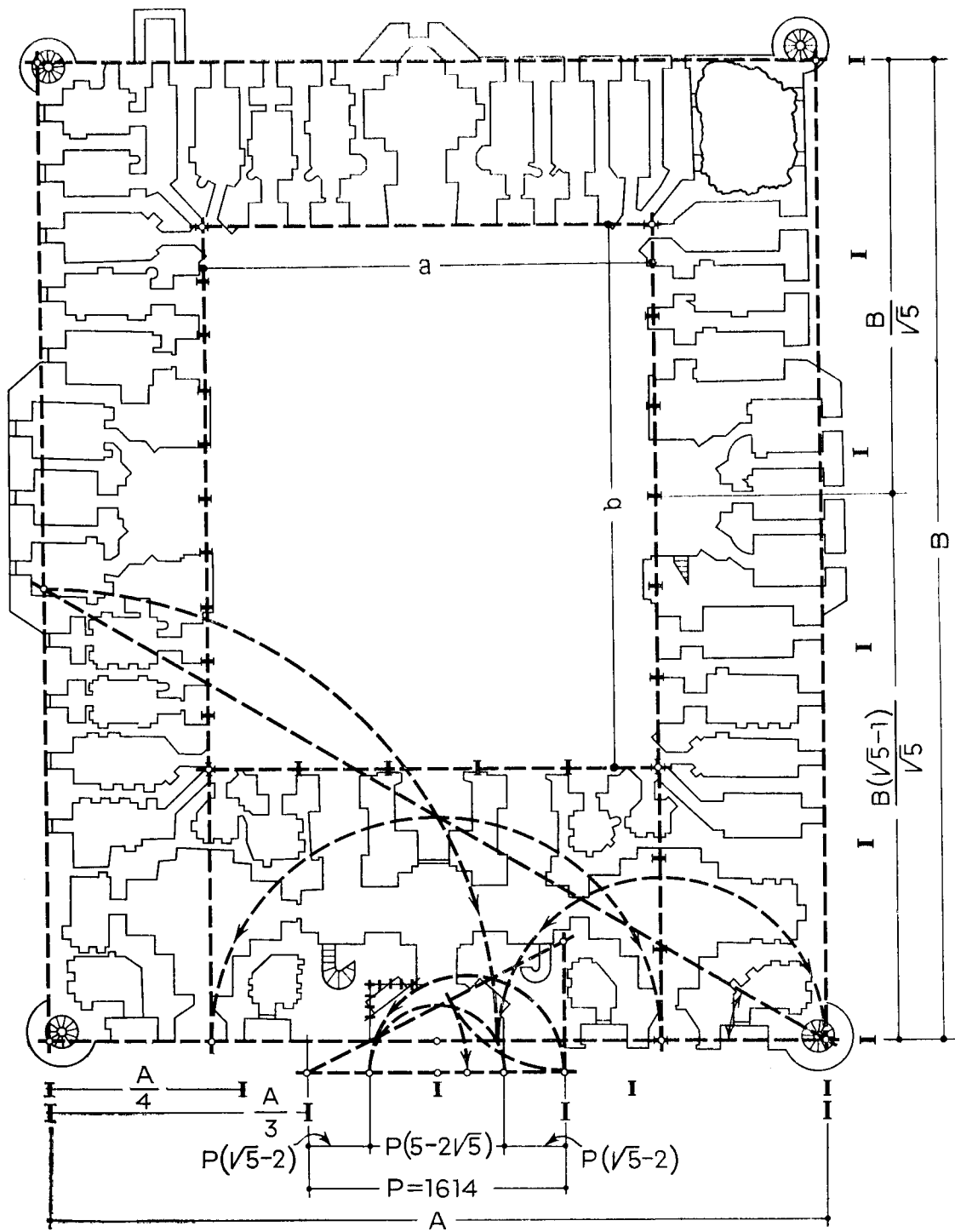


Рис. 155. Медресе Абдул Азиз-хана. План. Анализ соразмерностей

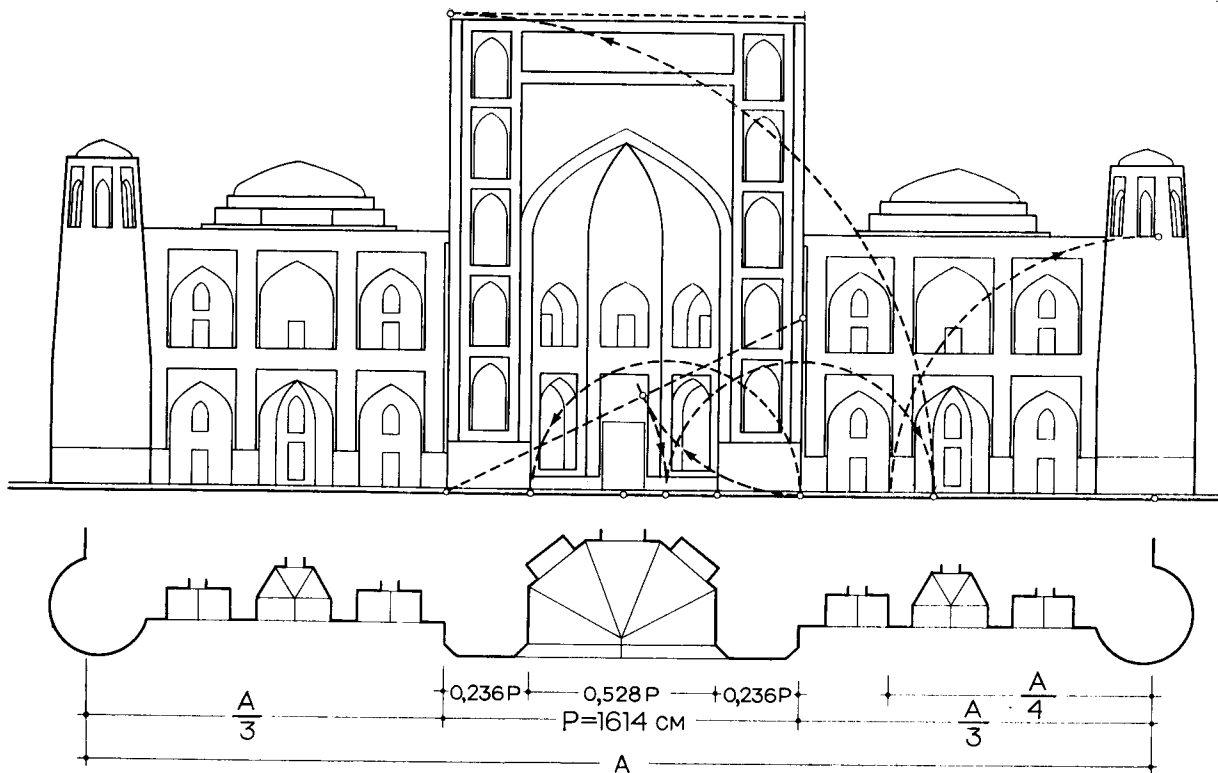


Рис. 156. Медресе Абдул Азиз-хана. Фасад

$$H = \frac{A}{4} = \frac{4924}{4} = 1231 \text{ см.}$$

Следовательно, ширина, длина и высота параллелепипеда с «вырезанным» дворовым пространством представлены простыми отношениями малых величин 4:5:1.

Ширина (а) двора медресе определена геометрическим методом:

$$a = \frac{A}{\sqrt{3}} = \frac{4924}{1,73} = 2846.$$

Натурные размеры — 2854 см; погрешность — 8 см.

Прямоугольник двора выражен отношениями его сторон 5:6 при ширине (а) 2854 см и длине (В) 3459 см. Ширина переднего корпуса соразмерна половине длины двора.

В соразмерностях порталов двора и главного фасада зодчие медресе Абдул Азиз-хана применяют более утонченными пропорциями — применили производные деления отрезка в крайнем и среднем отношении, ибо пролет арочной ниши главного портала

$$l = P(5 - 2\sqrt{5}) = 1614 \times 0,528 = 851.$$

Натурные размеры — 853 см.

Ширина пилонов портала соответствует

$$P(\sqrt{5} - 2) = 1614 \times 0,236 = 381.$$

Натурные размеры: 386 и 375 см; погрешности — 5 и +6 см.

Высота портала (H_p) соразмерна его ширине плюс малый отрезок при делении P в среднем и крайнем отношении, т. е. (рис. 156)

$$H_p = \frac{P(5 - \sqrt{5})}{2} = 1614 \times 1,382 = 2230 \text{ см.}$$

Медресе Барак-хана в Ташкенте (XVI в.)

Новые идеи гармонизации архитектурной формы (использование простых кратных отношений малых величин в сочетании с геометрией построения) овладели умами не только бухарских зодчих, но и всей среднеазиатской архитектурной школы. Новыми приемами соразмерностей решаются и ташкентские сооружения, в частности медресе Барак-хана²⁹.

Доминанта объемно-пространственной дворовой композиции медресе — мечеть-дарсхана.

Отношение сторон прямоугольного плана мечети-дарсханы по внешнему абрису — 15:16 (рис. 157). Отношение сторон прямоугольного двора — 4:5. Главный фасад мечети-дарсханы членится порталом в отношении 1:2:1.

Длина фасада арочной нишей по оси композиции членится в отношениях 1:1.

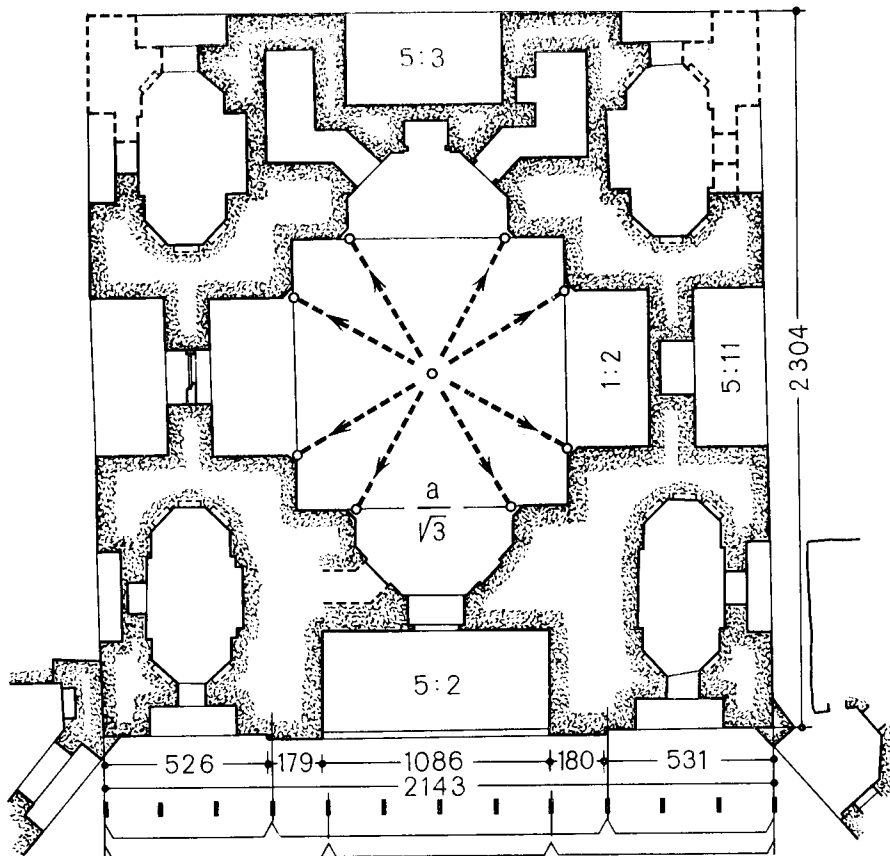


Рис. 157. Медресе Барак-хана в Ташкенте (XVI в.). План.
Анализ построения

Отношение сторон прямоугольника ниши входа в плане — 2 : 5. Отношение сторон прямоугольника ниши на заднем фасаде — 3 : 5. Ниши на боковых фасадах — 5 : 11.

Примечательно, что здесь также не существовало единого модуля соразмерностей для всего здания. Измерителем являлся гяз и его доли.

Членения подкупольного пространства — четверика с развитыми нишами по сторонам (*a*) квадрата — основаны на геометрии построения: все четыре ниши имеют пролет $l = \frac{a}{\sqrt{3}}$, аналогичный примененному в малых мечетях Биби-ханым и мавзолеях Ишрат-хана и Аксарай в Самарканде и др.

Ниши четверика мечети Барак-хана по продольной оси октогональны, а по поперечной оси — прямоугольны с отношением сторон 1 : 2.

Творчество зодчих Бухары XVI—XVII вв. сопровождалось изготовлением проектов в виде чертежей на бумаге и моделей будущего сооружения. Рассмотрение сохранившихся

чертежей зданий бухарского зодчего XVI в., хранящихся в Институте восточных рукописей [27], в аспекте интересующей проблемы соразмерностей сооружения полностью подтверждают результаты анализов памятников архитектуры XVI—XVII вв.

Архитектура XVI в. — преемница строительного-художественной культуры XIV—XV вв., тем не менее она имеет характерные, присущие ей особенности. Это выразилось в развитии новых архитектурно-пространственных структур, основанных на новой конструктивной системе пересекающихся арок, в новой номенклатуре городских построек, обусловленной появлением ростков торгово-финансового капитала в недрах феодального общества, в рационализме, в экономии строительных материалов, в отказе от преувеличенной помпезности, в комплексной застройке целых архитектурных ансамблей.

В построении архитектурной формы зодчие XVI—XVII вв. продолжают пользоваться геометрическими приемами. Сравнительный анализ соразмерностей планов комплекса

Ходжа Ахмада Ясеви и ханаки Надира Диванбеги, основанных на делении отрезка в среднем и крайнем отношении, а также рассмотрение соразмерностей ряда других памятников архитектуры XVI—XVII вв. не оставляет сомнений в том, что бухарские архитекторы учились основам зодчества по тем же энциклопедическим и математическим трактатам, которыми пользовались их предшественники. Однако творческая мысль бухарской школы зодчих не стояла на месте. Новое время ломает старые концепции, многие зодчие для достижения правильных пропорций предпочитают арифметические отношения геометрическим. В членениях целого применяются простые отношения малых величин — 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:10, 3:2, 3:4, 5:4, 5:6 и 15:16. При этом единый общий модуль отсутствует. Архитектурный гыз (и его доли) выступает лишь как мера длины.

Приводимые отношения простых величин были связаны с вычислительной техникой. Исследованиями М. И. Медового по истории вычислительной техники на мусульманском средневековом Востоке установлено, что со времен ал-Бузджани и ал-Каши (XV в.) вплоть до XVII в. писцы, чиновники, деловые люди, вычислители широко пользовались шестидесятеричными дробями. Здесь так называемый «метод писцов» заключался в умножении на 60 или «отнесении» к 60, при этом «главные дроби» выражались как видно из табл. 12 целыми числами [197, с. 253—324].

«Метод писцов» позволял гениально простым способом вычислять размеры отдельных элементов сооружения при членении их на простые отношения независимо от кратности расчленяемых величин знаменателям «главной дроби», т. е. двум, трем, четырем, пяти, шести и десяти.

Приведенный анализ построения архитектурной формы в зодчестве XVI—XVII вв. свидетельствует о высокой архитектурной культуре бухарских зодчих. Верные художественным традициям своего времени, они уверенно создают целый ряд архитектурных ансамблей. Крепкая художественная традиция, связанная с теоретическим наследием прошлых эпох, дает силу творческому коллективу мастеров, а талантливых зодчих поднимает на высоты искусства.

Таблица 12

Перевод главных дробей в минуты

Главные дроби						
Числовые выражения	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{10}$
В минутах	30	20	15	12	10	6

В исламизированных странах при мечетях воздвигали минареты — башнеобразные сооружения, с которых муэдзин созывал мусульман на молитву.

Формы и архитектурный облик минаретов различны: круглые, граненые, гофрированные или прямоугольные в плане. Они сужались кверху и завершались павильоном — «фонарем» или круговым балконом.

Архитектурному облику минаретов, их силуэту и декоративной обработке придавалось большое значение. Среднеазиатские минареты, как правило, круглой формы.

Обширная литература посвящена описанию и обмерам среднеазиатских минаретов (Покрышкин, Щусев, Бернштам, Засышкин, Воронина, Виноградов, Нильсен, Крюков, Маньковская, Прибыткова и др.), однако в ней не затрагивались вопросы построения архитектурной формы. Конструктивные особенности среднеазиатских минаретов рассмотрел А. А. Асанов реконструировав недостающие верхние части. По соображениям конструктивного порядка он восстановил былую высоту и диаметр верха минаретов.

В своих расчетах автор руководствовался габаритами винтовой лестницы и минимальной толщиной наружной стенки верха сооружения. По мнению автора, среднеазиатские зодчие — строители минаретов могли пользоваться какими-либо эмпирическими формулами или геометрическими закономерностями построения архитектурной формы [19].

Минарет Калян

Минарет Калян — величественное сооружение, возведенное при соборной мечети Бухары во время правления караханида Арслан-хана в 1127—1129 гг.

Это весьма ответственное строительство не могло быть поручено рядовому зодчему. Мы не знаем, кто был строителем соборной мечети XII в. (на фундаменте ее в XV в. было воздвигнуто здание ныне существующей мечети). Минарет же, судя по строительной надписи, построен устомом Баки [138], который, очевидно, был выдающимся зодчим своего времени — он создал архитектурный шедевр, жемчужину средневекового Востока (рис. 158, 159, 160).

Минарет круглого сечения поставлен на десятигранный высокий цоколь. Построен этот минарет из обожженного кирпича, имеет сильное утонение кверху, завершается «фонарем» с шестнадцатью арочными проемами, откуда

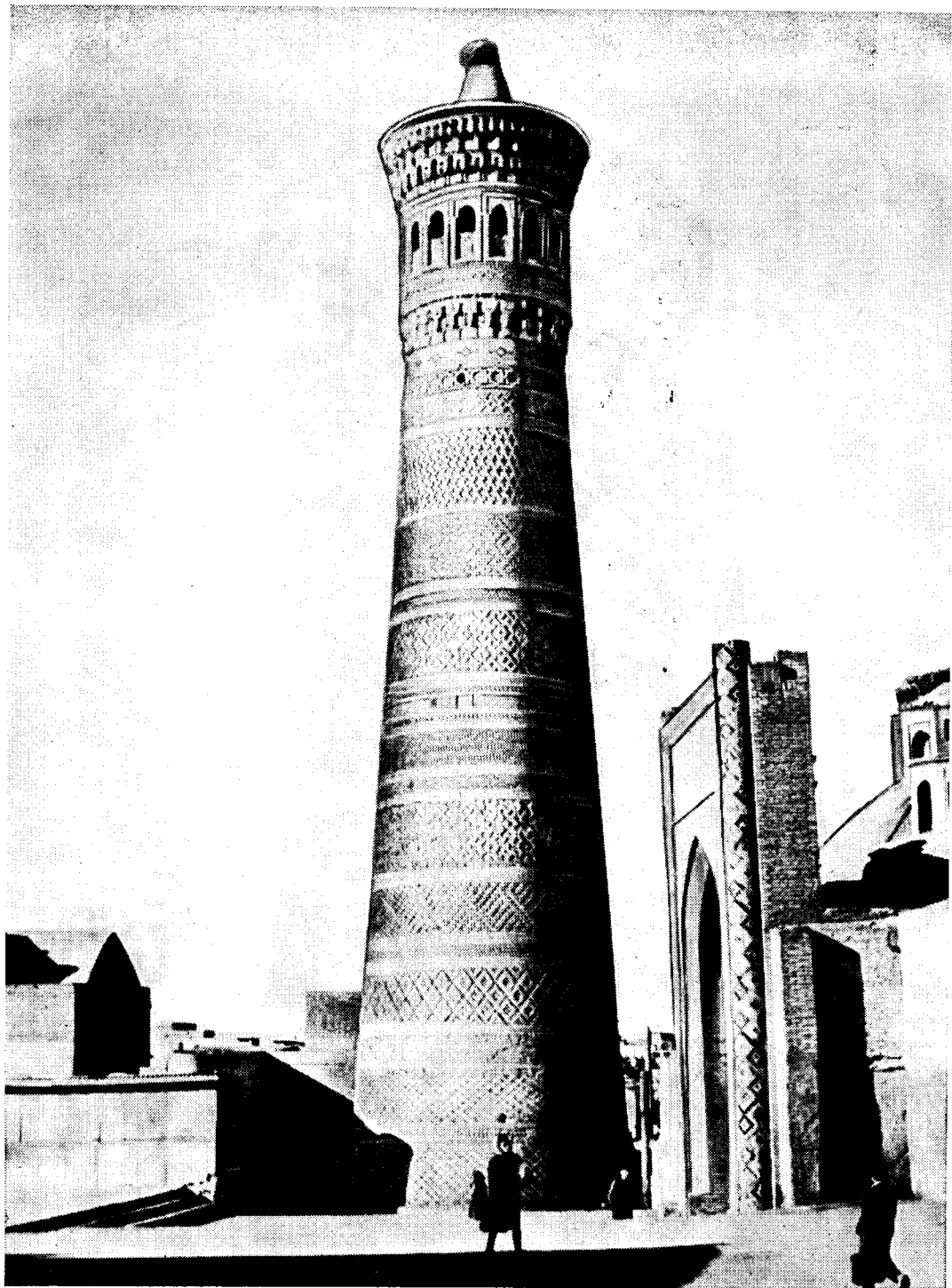


Рис. 158. Минарет Калан в Бухаре (1127 г.). Общий вид

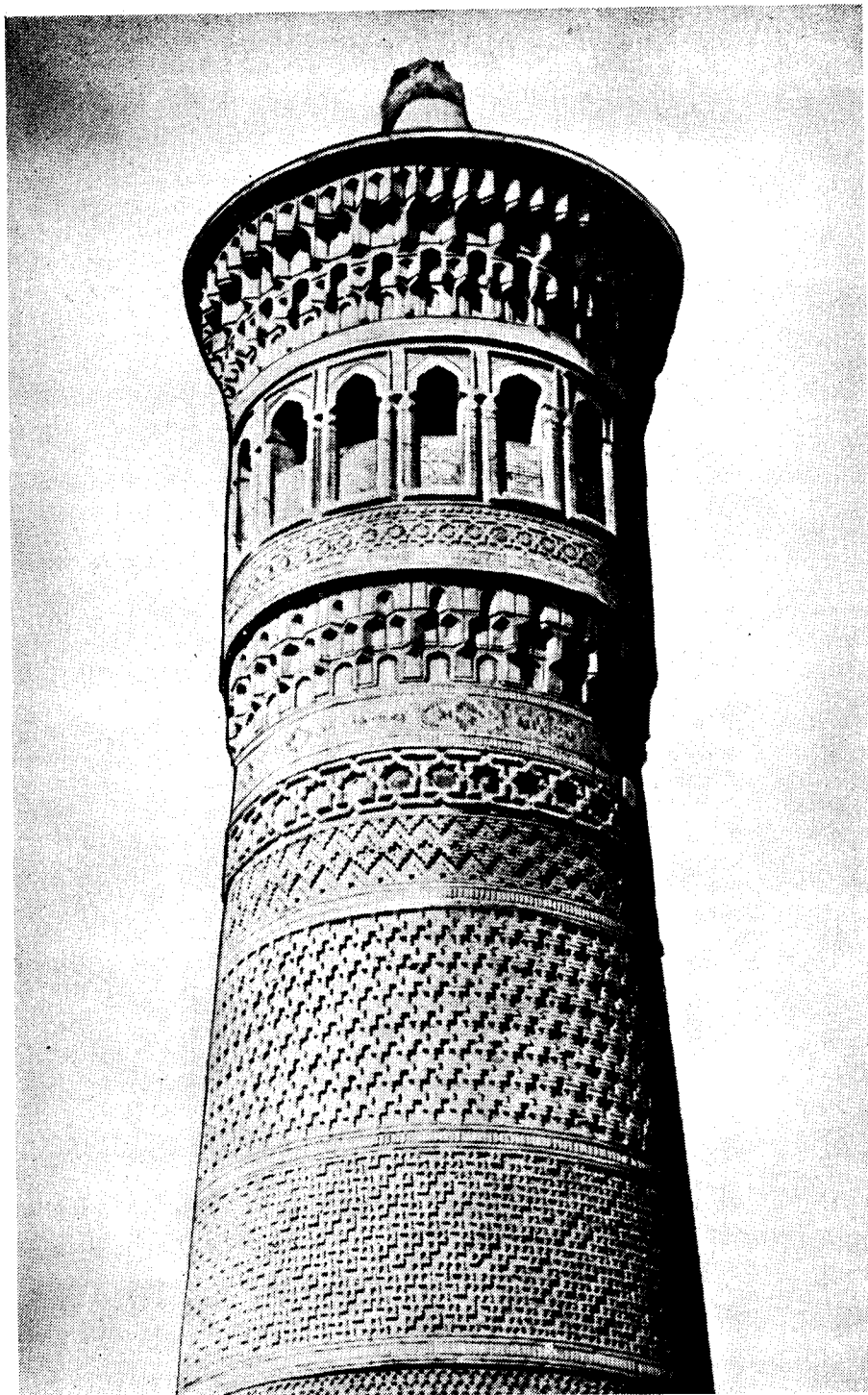


Рис. 159. Минарет Калян. Общій вид «фонаря»

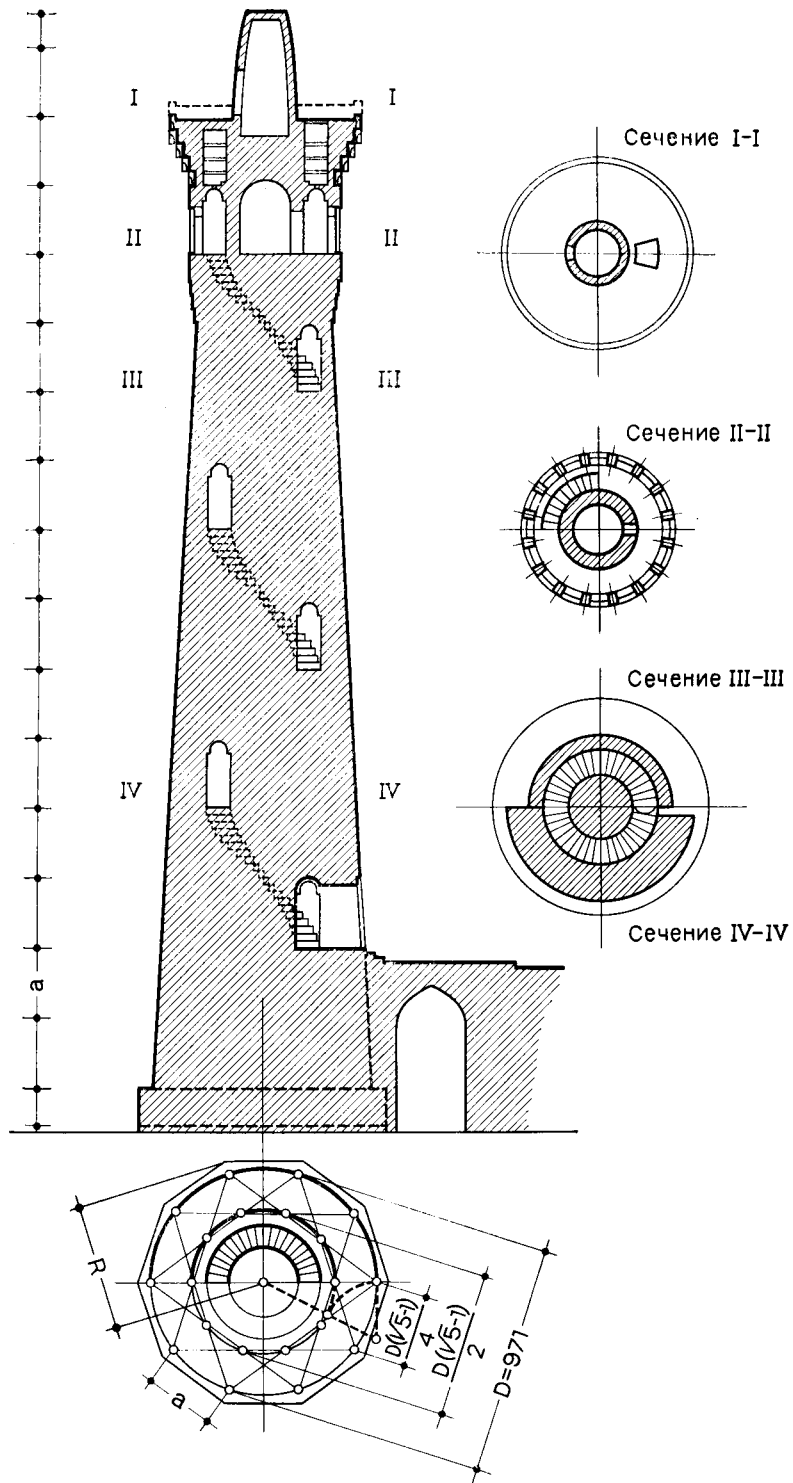


Рис. 160. Минарет Калян. План и разрез. Анализ построения

шестнадцать муэдзинов одновременно призывали мусульман на пятничное моление.

Фундамент минарета глубокого заложения (шурф в 13 м не дошел до основания), сохранился минарет относительно хорошо. Он широко освещен в научной литературе [135, с. 65—66; 211, с. 83—91; 239, с. 67—70; 240, с. 186], однако публикаций об анализах со-размерностей сооружения нет.

Сторона a десятигранника цоколя минарета равна 338 см. Радиус описанного круга

$$R = \frac{a(\sqrt{5}-1)}{2} = 338 \times 1,618 = 546 \text{ см, или}$$

9 гязам,

принимая гяз равным 60,6 см.

Длина окружности у основания, замеренная в натуре, — 3043 см, радиус которой

$$R_1 = \frac{s}{2\pi} = \frac{3043}{2 \times 3,14} = 484,6 \text{ см.}$$

Примечательно, что разность этих радиусов

$$R - R_1 = 546 - 485 = 61 \text{ см,}$$

т. е. гязу с небольшими погрешностями.

Радиус (r) окружности верха минарета у «шейки» — 300 см. Он равен большому отрезку при делении радиуса (R_1) основания в среднем и крайнем отношении (рис. 160):

$$r = \frac{R_1(\sqrt{5}-1)}{2} = 485 \times 0,618 = 300 \text{ см.}$$

Эта величина соответствует стороне десятиугольника, вписанного в окружность основания минарета, и является модулем в установлении высотных соразмерностей сооружения:

Высота цоколя — 3 гяза.

Высота от среза цоколя до начала винтовой лестницы — 2 модуля.

Высота «этажа» — 2 модуля.

Высота «фонаря» — 2 модуля.

Диаметр центрального столба — 4 модуль.

Однако следует отметить, что высота «этажа» в натуре — 288 см, т. е. меньше модуля, равного 300 см, на 12. Такую погрешность можно объяснить только тем, что ганчевый раствор, примененный для кладки минарета, под давлением способен уплотняться. Если такое уплотнение каждого шва происходило на 2—3 мм, то на высоту «этажа», т. е. на 50 швов, оно могло выразиться в 10—15 см.

Коноид винтовой лестницы минарета Калян был рассчитан зодчим Баки и выполнен мастерами с большой точностью, в чем убеждают натурные обмеры и анализы. Винтовая лестница минарета Калян представляет интерес для истории науки — это первый случай теоретического обоснования и применения коноида на почве Средней Азии.

Вабкентскому минарету посвящено немало публикаций. Наиболее детально он исследован В. А. Нильсеном. В работе приводятся подробное описание, обмерные чертежи, к сожалению, не снабженные размерными показателями [211, с. 91—98].

Вабкентский минарет во многом напоминает бухарский, но он меньше и стройнее минарета Калян — имеет сильное утонение. Сохранился минарет хорошо, тогда как от мечети XII в., стоявшей рядом, никаких следов не осталось. Минарет стоит одиноко на небольшой площади, на транспортном перекрестке города (рис. 161).

Наши наблюдения позволяют высказать лишь некоторые соображения о соразмерностях этого сооружения (рис. 162).

Контрольным обмерам подверглась только длина окружности у среза цоколя. Она оказалась равной 1945 см, т. е. диаметр равен 620 см (или 10 гязам, принимая гяз в 62 см), что совпадает с данными В. А. Нильсена [211].

Цоколь минарета представляет собой правильный двенадцатигранник, в то время как круговая галерея «фонаря» — десятипролетная. Поскольку соразмерности сооружения зодчие извлекали из плана, то можно допустить, что в данном случае соразмерности минарета могли быть выражены производными как шестиугольника, так и прямоугольного треугольника со сторонами $1, 2, \sqrt{5}$, связанного с делением окружности на десять частей.

Такое предположение подтвердилось, ибо диаметр окружности «шейки» минарета соразмерен

$$\frac{D}{\sqrt{5}} = 620 \times 0,447 = 277 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 280 см, погрешность — 3 см. При этом площадь основания в пять раз больше площади сечения «шейки» минарета.

Диаметр (d) центрального столба соразмерен малому отрезку при делении диаметра «шейки» минарета в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$d = \frac{D(3-\sqrt{5})}{2\sqrt{5}} = 277 \times 0,382 = 106,8 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 105 см; погрешность — 1,8 см.

Диаметр «фонаря» соразмерен

$$\frac{D\sqrt{3}}{3} = \frac{620\sqrt{3}}{3} = 358 \text{ см.}$$

Натурные размеры — 366 см; погрешность — 8 см.

Высота цоколя соразмерна

$$\frac{D\sqrt{5}}{6} = \frac{620\sqrt{5}}{6} = 231 \text{ см.}$$

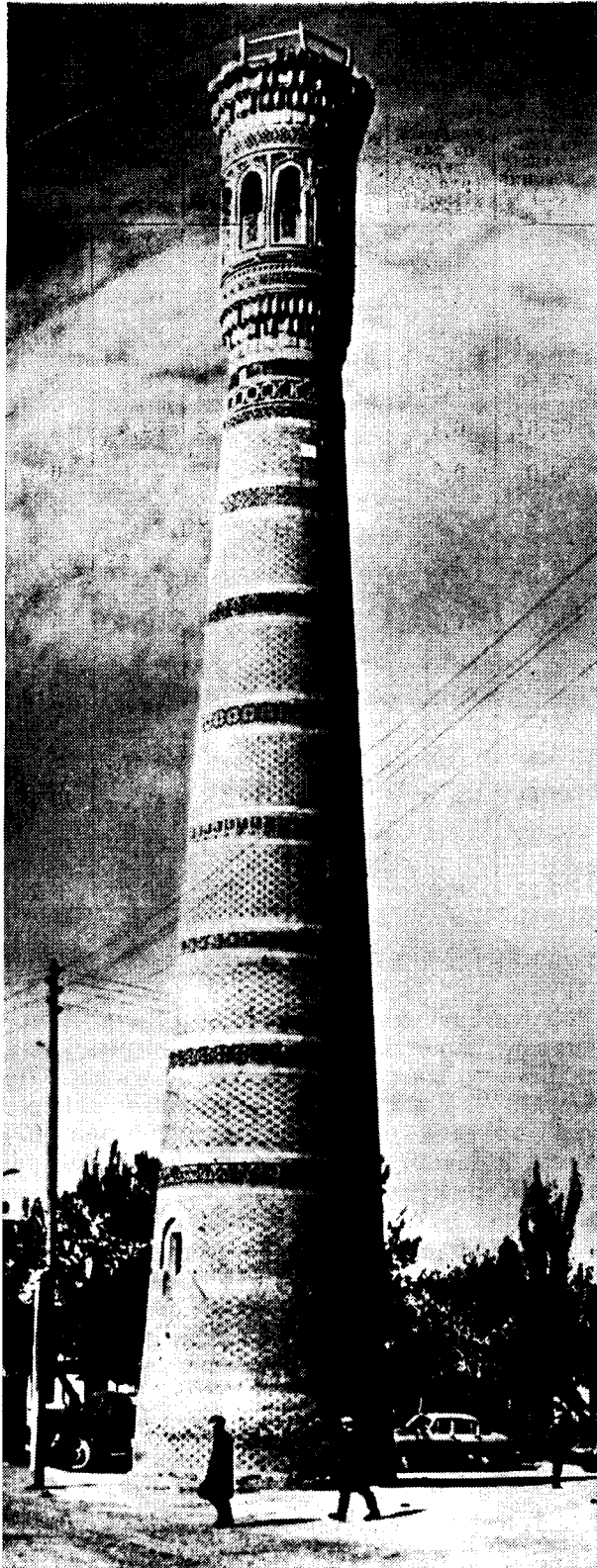


Рис. 161. Минарет в Вабкенте (1196—1197 г.).
Общий вид

Натурные размеры — 230 см.
Высота от цоколя до «шейки» минарета соразмерна шести диаметрам основания.

Из рассмотрения соразмерностей бухарского и вабкентского минаретов, а также анализа пропорций целого ряда других минаретов, приводимых в таблице, нами установлено наличие закономерностей в построении их архитектурной формы. Так, например, отношения площадей основания и верха минарета представлены как 2:1; 4:1; 5:1; 5:3; 4:3; 2,91:1; 2,618:1 и даже 25:1 (табл. 13).

Невольно возникает вопрос: какими геометрическими построениями зодчие устанавливали такие отношения площадей?

На этот вопрос отвечают сведения, приводимые в приложении к книге Абу-л-Вафа Бузджани «О том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений», в разделе, посвященном приблизительным вычислениям площадей и отношений квадрата стороны многоугольников к квадрату диаметра описанной окружности³⁰.

В первых строчках табл. 13 четыре памятника архитектуры XI—XII вв.— это башня Бу-

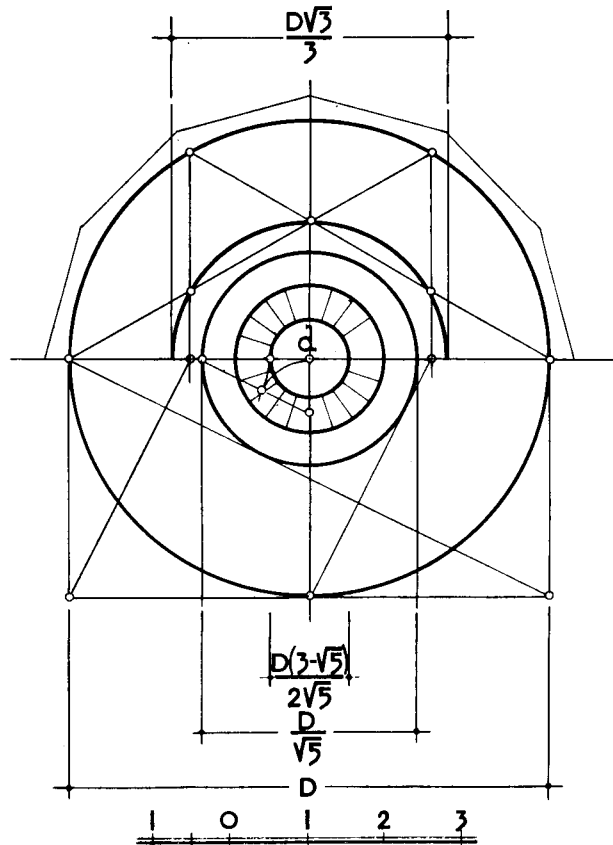


Рис. 162. Минарет в Вабкенте. План.
Анализ построения

Анализ пропорций минаретов

№ п/п	Название минарета	Время построения	Нижний диаметр (D)	Верхний диаметр (d)	Площадь квадрата на диаметре основания (U ₀)	Площадь квадрата на диаметре верха (U _в)	Отношение площадей (U ₀ : U _в)	Существующая высота, м	Начальная высота	
									в метрах	в модулях
1	Башня Бурана. Киргизия	XI в.	9,8	4,8	96,8	24,2	4 : 1	21,6	29,4	3
2	Рабат-и-Малик. Бухарская обл.	XI в.	5,0	3,78 (+10)	25	15	5 : 3	15,6	20,8	4
3	Узгентский минарет. Киргизия	XI в.	8,6	4,2	73,96	17,64	4 : 1	22,8	43,0	5
4	Минарет в Мешхед-и-Мисриан. Туркмения	XII в.	8,1	4,05	65,61	16,4	4 : 1	21,2	32,4	4
5	Минарет в Джаркургане. Термез	1109 в.	6,0	3,0	36,0	9,0	4 : 1	21,55	36,0	6
6	Минарет в Вабкенте. Бухарская обл.	XII в.	6,2	2,77 (+4)	38,44	7,68	5 : 1	40,3	40,3	6
7	Минарет в Мешхед-и-Мисриан. Туркмения	XIII в.	8,25	3,0	68,06	9,0	36 : 4 $\frac{3}{4}$	22,5	41,25	5
8	Минарет в Куния-Ургенте. Хорезм	первая треть XIV в.	11,0	2,2	121,0	48,4	25 : 1	60,4	66,0	6
9	С-З минарет мечети Биби-ханым. Самарканд	1405 г.	4,15	2,93	17,22	8,61	2 : 1	18,2	28,0	7
10	С-В минарет Гур-Эмир. Самарканд	1405 г.	2,9	2,45 (+5)	8,41	6,25	4 : 3	—	—	—
11	С-В минарет медресе Улугбека. Самарканд	1420 г.	4,2	2,84	17,64	8,07	2 : 1	—	42,0	10
12	Ю-В минарет медресе Улугбека. Самарканд	1420 г.	4,25	3,06 (+12)	18,06	9,03	2 : 1	32,7	42,5	10
13	С-З минарет медресе Шир-Дор	1696 г.	4,5	2,64	20,25	6,96	2,91 : 1	30,2	30,2	6,7

рана, Узгентский минарет, минареты в Мешхед-и-Мисриан и в Джаркургане. Они разные по внешнему облику и пропорциям; первый из них, построенный в сырцовом кирпиче, самый приземистый, высота его выражена тремя диаметрами основания; Джаркурганский минарет стройнее, его высота соизмеряется шестью диаметрами основания. Однако у этих четырех минаретов есть нечто общее: площади их оснований относятся к площади верха как 4:1, что соответствует постулату из трактата для зодчих, в котором сказано: «Отношение квадрата стороны шестиугольника к квадрату диаметра описанной окружности равно четверти» (рис. 163, а).

Отношение площадей основания и верха минарета в Вабкенте — 5:1 установлено по Абу-л-Вафа Бузджани (рис. 163, б).

Минарет в Мешхед-и-Мисриан (XIII в.) по обмерам А. М. Прибытковой имеет круглое основание при диаметре 8,25 м, а диаметр верха минарета по А. А. Асанову — 3,0 м. Площади квадратов их диаметров 68,06 и 9,0 кв. м относятся как 36:4,75. Поразительно, что в трактате для зодчих читаем: «При квадрате диамет-

ра описанной окружности, равного 36, квадрат стороны девятигранника $4 \frac{3}{4}$ (рис. 163, г).

В архитектурном ансамбле Гур-Эмир четыре минарета, некогда стоявшие по четырем углам квадратного двора, ныне не существуют. По обмерам А. В. Щусева юго-восточный минарет имел круглое основание с диаметром (D) 290 см, а диаметр верха (d) — 245 см. При радиусе (R) основания минарета диаметр верха (d) равен $R \sqrt{3}$, следовательно, $V_0 : V_v = 4 : 3$. Не исключено, что зодчий Мухаммед ибн Махмуд для определения пропорций минарета воспользовался постулатом «Квадрат стороны равностороннего треугольника так относится к квадрату диаметра описанной окружности, как 3:4» (рис. 163, д).

Отношение площадей основания и верха минарета Рабат-и-Малик как 5 : 3, вероятно, было установлено как производное двух треугольников : 1,2, $\sqrt{3}$ и 2, $\sqrt{5}$, 3 (рис. 163, е).

С-В и Ю-В минареты медресе Улугбека имеют единые приемы построения, площади их оснований и верха относятся как 2 : 1. То же самое прослеживается в пропорциях С-З минарета

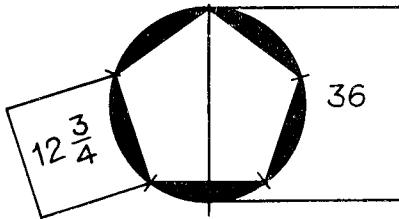
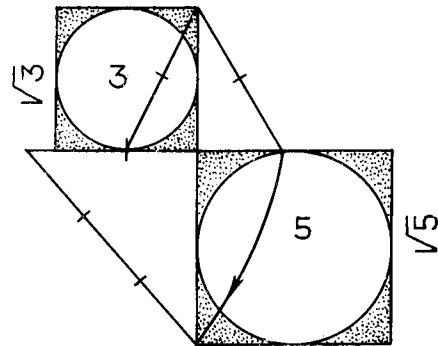
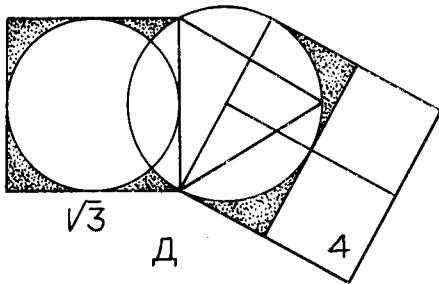
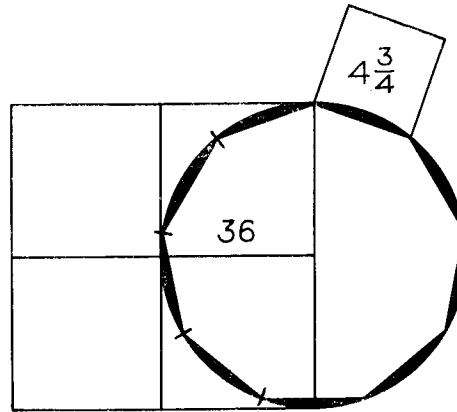
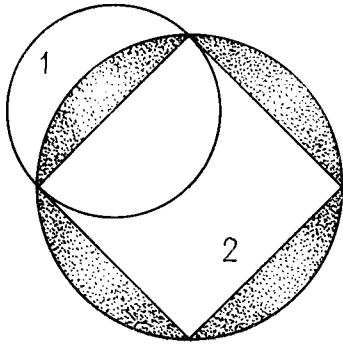
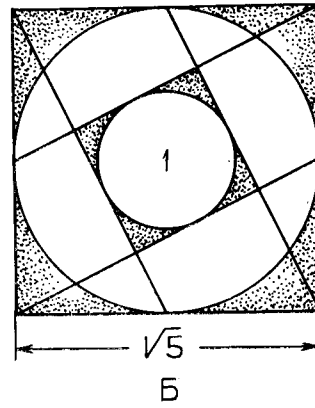
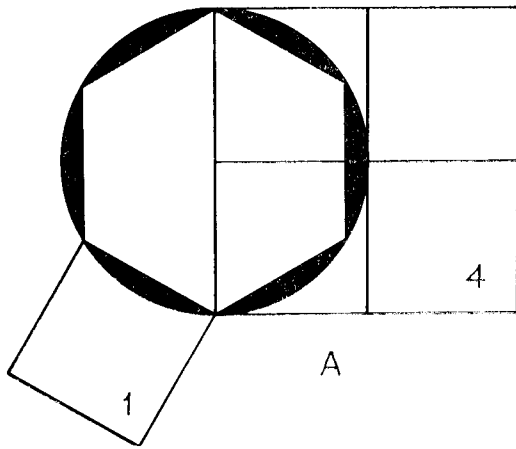


Рис. 163 (а, б, в, г, д, е, ж). Графическое выражение отношений низа и верха среднеазиатских минаретов

мечети Биби-ханым. Во всех этих случаях зодчие, вероятно, руководствовались постулатом: «Отношение квадрата стороны правильного четырехугольника к квадрату диаметра описанной окружности равно половине» (рис. 163, в).

Нижний диаметр (D) С-З минарета медресе Ширдор (1636 г.) — 450 см, верхний диаметр (d) — 264 см. Их отношения далеко не случайны, так как верхний диаметр является стороной правильного пятиугольника, вписанного в основание минарета.

$$\text{Проверка: } a = a_5 = \frac{R}{0,8507} = \frac{225}{0,8507} = 264,5 \text{ см.}$$

Погрешность: 0,5 см. Надо полагать, зодчий выполнил геометрические построения этого минарета, руководствуясь трактатом, где сказано: «При площади квадрата диаметра описанной окружности, равной 36, квадрат стороны вписанного пятиугольника — $12 \frac{3}{4}$ (приближенно)» (рис. 163, ж).

$$\text{Проверка: } 20,25 : 6,96 = 2,96 \\ 36,00 : 12,75 = 2,82.$$

Погрешность 0,09.

Минарет в Куныя-Ургенче (первая треть XIV в.), один из наиболее высоких в Средней Азии, построен из жженого кирпича с винтовой лестницей, идущей по образующей конуса

центрального столба. Диаметр (D) минарета — 11 м, диаметр (d) верха — 220 см. Отношение $D : d = 5$, а отношение площадей основания и верха: $V_0 : V_v = 25$. Эти геометрические соотношения представлены отношением квадрата, построенного на стороне шестнадцатигранника, и квадрата, построенного на диаметре описанной окружности (приближенно).

Высота минарета 66 м, равная шести диаметрам основания, позволяла использовать его как наблюдательный пункт в военное время. Именно военно-тактические соображения привели к сооружению самого высокого минарета в Средней Азии.

Исследования среднеазиатских минаретов позволяют утверждать, что их проектированием занимались архитекторы высокой квалификации, сведущие в геометрии построения архитектурной формы.

Ради устойчивости и архитектурной выразительности силуэта минаретам придавали купусообразную форму.

Раскрыта тайна геометрического построения формы минаретов, закономерности их утонения, основанные на отношениях площадей основания и верха сооружения. При этом модулем высоты выступает линейная мера — как правило, диаметр основания.

ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В АРХИТЕКТУРЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Обобщая материалы анализа соразмерностей избранных нами произведений зодчества, следует констатировать, что, подобно тому как семиступенный звукоряд лежит в основе всего безграничного многообразия музыкальных форм, присущих бессмертным классическим творениям музыкального искусства, так и множество логических сочетаний производных геометрических фигур легло в основу геометрической гармонизации тектонических структур архитектурно-пространственных форм средневекового Среднего Востока. Комплекс исследо-

ваний, о которых говорилось выше, позволяет утверждать, что геометрические фигуры, положенные в основу гармонизации в творчестве зодчих, элементарны, а именно:

- 1) квадрат и его производные;
- 2) равносторонний треугольник и его производные;
- 3) полуквадрат и его производные;
- 4) деление линии в среднем и крайнем отношении и его производные.

Рассмотрим каждое из этих положений.

ПРИЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА КВАДРАТЕ И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ

По Мухаммаду ал-Хорезми (VIII-IX вв.), единицей измерения площади является квадрат. «Знай, что [выражение] единица на единицу означает измерение, оно означает локоть на локоть». Сторона квадрата — это его корень — джизар. Диагональ квадрата, помноженная на полудиagonal, дает его площадь. Этими определениями начинается глава, посвященная измерению в книге ал-Хорезми об исчислении алгебры и алмукабалы [290, с. 52].

Квадрат как единица измерения имел большое значение в строительном производстве: квадратный плиточный кирпич, употреблявшийся при строительстве, квадратные помещения, перекрываемые куполом, и т. д. Квадрат, его сторона, диагональ и их производные использовались для построения архитектурной формы и установления соразмерностей сооружения. К производным квадрата следует отнести и восьмиугольник, вписанный в квадрат.

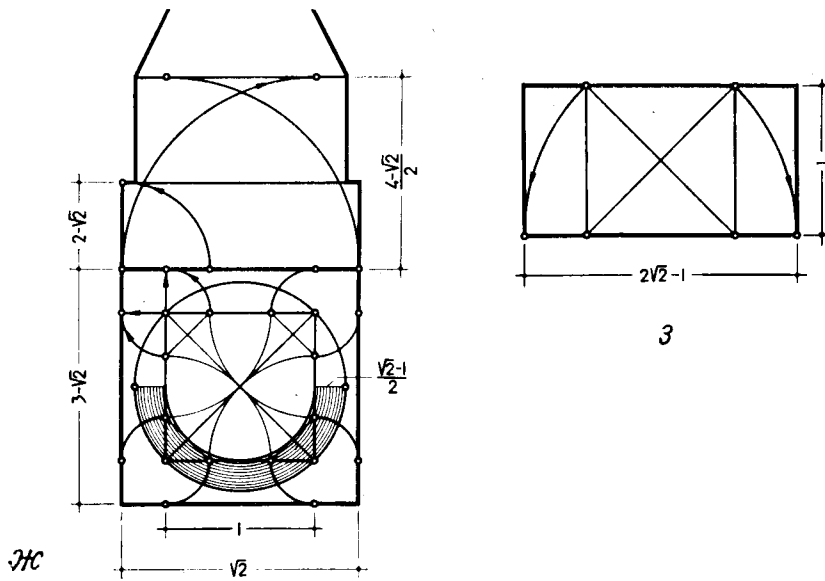
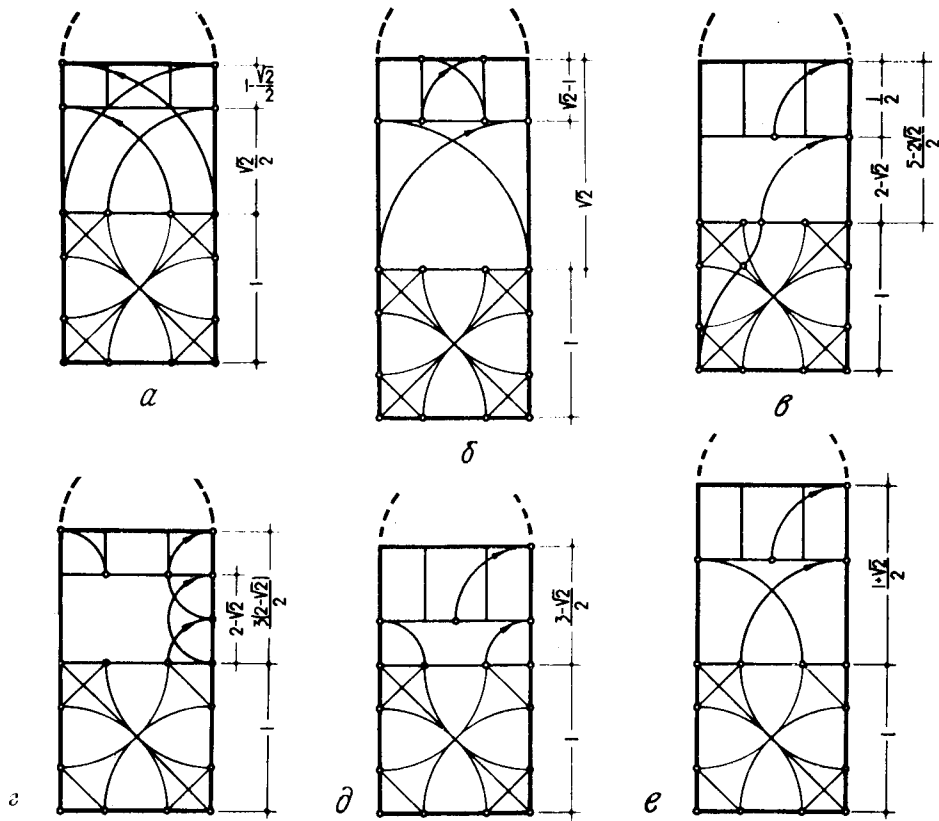


Рис. 164 (а, б, в, г, д, е, ж, з). Построения, основанные на квадрате и его производных

При построении архитектурной формы учитывалась необходимость соизмеримости частей и целого сооружения, соответствия и подобия фигур. Приведем некоторые характерные приемы построения архитектурной формы, основанные на производных квадрата. Например, чтобы перекрыть квадратное помещение куполом, над четвериком возводили восьмерик. Углы восьмерика определялись отложением полудиagonали от углов квадрата. При этом сторона восьмиугольника равнялась.

$$\sqrt{2}-1 = 0,414.$$

Высота четверика в интерьере определялась полудиagonалью квадрата. При этом стена четверика представляла собой прямоугольник с отношением сторон (рис. 164, а)

$$1 : \frac{\sqrt{2}}{2}, \text{ или } 1 : 0,707.$$

Общая высота четверика и восьмерика определялась стороной квадрата, а высота восьмерика равнялась разности стороны и полудиagonали квадрата (рис. 164, а):

$$1 - \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,293$$

(см. анализы соразмерностей мавзолеев Саманидов, Текеша и др.).

В других случаях высота четверика определялась размером стороны квадрата. Тогда образовывался полный куб, а общая высота четверика и восьмерика устанавливалась диагональю квадрата ($\sqrt{2}$). При этом (рис. 164, б) высота восьмерика равнялась его стороне (см. анализ соразмерностей мавзолея султана Санджара).

Нетрудно догадаться, что как в первом, так и во втором случае образовались подобные прямоугольники стен четверика и восьмерика с отношениями сторон $1 : \frac{\sqrt{2}}{2}$ в первом случае и $1 : 1$ — во втором.

Высота четверика соразмерна стороне минус разность диагонали и стороны квадрата, т. е.

$$1 - (\sqrt{2}-1) = 2 - \sqrt{2} = 0,586.$$

Отношение сторон прямоугольника —

$$1 : 2 - \sqrt{2},$$

или

$$1 : 0,586.$$

Высота восьмерика соразмерна половине стороны квадрата, причем общая высота четверика и восьмерика (рис. 164, в)

$$2 - \sqrt{2} + \frac{1}{2} = \frac{5 - 2\sqrt{2}}{2} = 1,086$$

(см. анализ соразмерностей мавзолея Араб-Ата).

Высота четверика соразмерна удвоенной разности стороны и полудиagonали квадрата: $2 - \sqrt{2}$.

Высота восьмерика соразмерна разности стороны и полудиagonали квадрата: $\frac{2 - \sqrt{2}}{2}$.

Общая высота четверика и восьмерика соразмерна (рис. 164, г) $\frac{3(2 - \sqrt{2})}{2}$.

Высота четверика соразмерна разности стороны и полудиagonали квадрата: $1 - \frac{\sqrt{2}}{2}$, а высота восьмерика — половине стороны квадрата (рис. 164, д). Их общая высота — $\frac{3 - \sqrt{2}}{2}$ (см. анализы соразмерностей мавзолея Бабаджа-хатын).

Высота четверика равна $\frac{\sqrt{2}}{2}$, а высота восьмерика соразмерна половине стороны квадрата (рис. 164, е). Общая высота четверика и восьмерика: $\frac{1 + \sqrt{2}}{2}$.

Не только формы, но и конструктивные элементы сооружения определялись геометрическим построением. Так, толщина стен четверика зачастую определялась разностью стороны и полудиagonали квадрата (рис. 164, ж). При этом наружный размер четверика равнялся $3 - \sqrt{2} = 1,586$ (см. анализы соразмерностей мавзолеев Бабаджа-хатын, Текеша, султана Санджара и др.).

При внешнем абрисе квадратного плана «полукуба» со стороной, равной $3 - \sqrt{2}$, его высота соразмерна $2 - \sqrt{2}$. Эти величины и их отношения извлекаются из вписанного в исходный квадрат восьмиугольника, при этом сторона «полукуба» у основания больше стороны внутреннего квадрата на $2 - \sqrt{2}$ (см. анализ соразмерностей мавзолея Текеша).

Толщина купола у основания или барабана определялась как полуразность диагонали и стороны квадрата (рис. 164, ж) $\frac{\sqrt{2}-1}{2} = 0,207$ (см. анализы соразмерностей мавзолеев Текеша, Гур-Эмир и др.).

Прямоугольник с отношениями сторон $1:2\sqrt{2}-1 = 1:1,828$ (рис. 164, з) представлен в построении как большой архитектурной формы, так и орнамента (план мавзолея Чашма Аюб и орнамент мавзолея Туман-ака).

В приведенных построениях величины

$$\frac{1 + \sqrt{2}}{2}, \frac{2 + \sqrt{2}}{2}, \frac{3 - \sqrt{2}}{2}, \frac{4 - \sqrt{2}}{2} \text{ и } \frac{5 - \sqrt{2}}{2}$$

характеризуют умение зодчих сочетать в построении архитектурных форм простые числа с иррациональными величинами.

В построении архитектурной формы зодчие Средней Азии пользовались не только стороной и диагональю квадрата, но и последовательным их делением на половинные части, что и приводило к прогрессии со знаменателем $\sqrt{2}$ (возрастающая) и $\frac{\sqrt{2}}{2}$ (убывающая):

$$2, 1, \frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2\sqrt{2}}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4\sqrt{2}}.$$

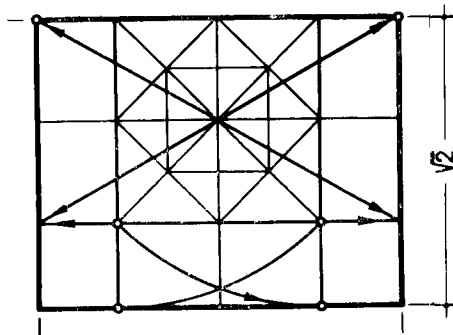
Ввиду того что величина $\sqrt{2}$ исчислялась приблизительно в $\frac{7}{5}$, возрастающий ряд принимал вид:

$$5, 7, 10, 14, 20, 28, 40, 56.$$

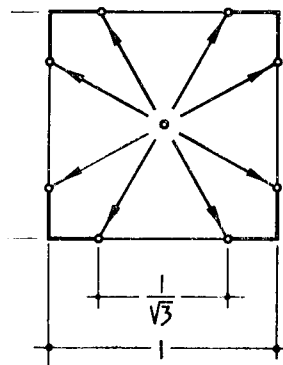
ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА СОЧЕТАНИИ ПРОИЗВОДНЫХ КВАДРАТА И РАВНОСТОРОННЕГО ТРЕУГОЛЬНИКА

Прямоугольник с отношениями сторон $\sqrt{2}:\sqrt{3}$ представлен в соразмерностях плана мавзолея Ишрат-хана (рис. 140 и 165, а). Широкое распространение получил прием определения соразмерностей или четверика путем по-

строения равносторонних треугольников с вершинами в центре квадрата (рис. 165, а). Примеры: малая мечеть Биби-ханым, мавзолей Ишрат-хана, Ак-сарай в Самарканде, медресе Барак-хана и др.



а



б

Рис. 165 (а и б). Построения, основанные на сочетании производных квадрата и равностороннего треугольника

ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА РАВНОСТОРОННЕМ ТРЕУГОЛЬНИКЕ И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ

Треугольные пространственные структуры — многоугольные пирамиды и конусы — весьма устойчивы. Их широко применяли в средневековой архитектурной практике, но треугольных в плане помещений не делали. Тем не менее равносторонний треугольник и его производные привлекаются зодчими Средней Азии для установления соразмерностей сооружения во всех его трех измерениях.

Возникает вопрос: что общего между прямоугольными планами зданий, прямоугольными ограждающими конструкциями, многогранными призмами, цилиндрическими барабанами, представленными в архитектуре средневековой Средней Азии, и равносторонним треугольником и его производными и чем вызвано пользование ими?

На этот вопрос можно ответить, разобрав хотя бы два примера.

Прямоугольное помещение малого Ак-сарая в комплексе Ходжа Ахмада Ясеви в г. Туркестане (конец XIV в.) перекрыто шестигранным сомкнутым сводом на шести перекрещивающихся подпружных арках, которые в горизонтальной проекции образуют фрагмент шестикрылой звезды. Подпружные арки перекинуты к стенам под углами 30 и 60°. Благодаря такому решению наибольший пролет между стенами для купольного покрытия сократился почти вдвое, а в архитектуру интерьера внесена оригинальная структурная трактовка плафона (рис. 88 помещения 11; рис. 166, а).

Прямоугольное, несколько вытянутое в плане помещение мавзолея Имам-заде в Ки-

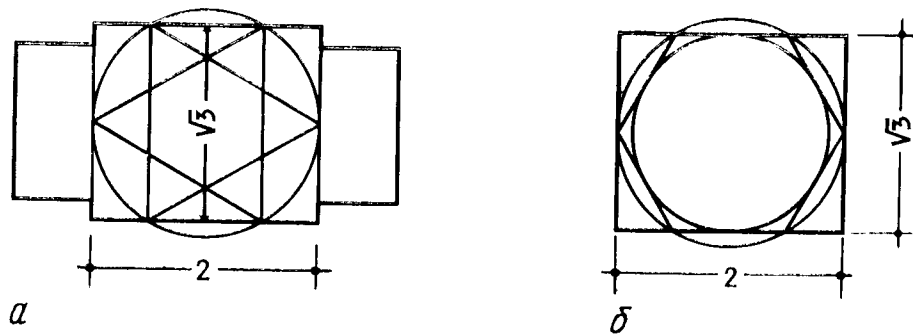


Рис. 166 (а и б). Построения, основанные на равностороннем треугольнике

ровабаде (Азербайджанская ССР) перекрыто куполом на высоком барабане, имеющим круглое основание. Такая конструкция стала возможной благодаря тому, что четыре трюма по углам помещения переброшены от стены к стене под углами 30 и 60°, а не под углом 45°, как обычно к квадратным помещениям (рис. 166, б).

В обоих рассмотренных случаях правильное решение задачи устройства купола над вытянутым прямоугольным помещением стало возможным потому, что отношение сторон прямоугольника $2 : \sqrt{3}$ — это параметры равностороннего треугольника, его основание и высота.

При удвоении высоты прямоугольника, построенного на параметрах равностороннего

треугольника, получим новый с отношениями сторон $1 : \sqrt{3}$.

Развитие системы, основанной на параметрах равностороннего треугольника, приводит к пропорциям, выраженным последовательно вписанными треугольниками под углом 60°. Стороны и высоты треугольников, уменьшаясь, образуют геометрический ряд $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \dots, \frac{\sqrt{3}}{2}, \frac{\sqrt{3}}{4}, \frac{\sqrt{3}}{8}, \dots, \frac{\sqrt{3}}{3}, \frac{\sqrt{3}}{6}, \frac{\sqrt{3}}{12}, \dots$, что прослежено на анализе мавзолея Тюрабек-ханым. Однако эта система не получила развития в построении архитектурной формы, между тем как в орнаментальном искусстве Средней Азии она была использована в исключительно широких масштабах.

ПРИЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛУКВАДРАТА

При построении архитектурной формы искусными геометрическими приемами зодчие, очевидно, не ограничивались применением производных квадрата и равностороннего треугольника, как об этом говорилось выше, но использовали и величину $\sqrt{5}$, т. е. диагонали двух квадратов или диагонали полуквадрата $\frac{\sqrt{5}}{2}$. Это утверждение основывается на целом ряде данных, обнаруженных в доступных нам средневековых письменных источниках.

В «Книге о том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений» ал-Бузджани, приводится чертеж квадрата с четырьмя взаимно пересекающимися диагоналями полуквадратов (рис. 167, а). Образовавшийся в ядре малый квадрат по площади меньше исходного в 5 раз. Если сторону большого квадрата принять за единицу, то сторона малого квадрата будет $\frac{1}{\sqrt{5}}$. И наоборот, если сторону малого квадрата примем за единицу, то сторона большого квадрата равна $\sqrt{5} = 2,236$.

В трактате «Введение [в учение] о подобных и соответственных фигурах» [360] приводится чертеж (л. 185б) прямоугольного треугольника с катетом, равным двум, и гипотенузой, равной трем. У такого треугольника другой катет будет равен $\sqrt{5}$ (рис. 167, б).

Другой случай. Дан диаметр, равный трем, на котором построена полуокружность (л. 185б).

Один конец диаметра принимается за центр, на нем устанавливается ножка циркуля, и радиусом, равным двум, делается засечка. Соединив эту точку с двумя концами диаметра, получили прямоугольный треугольник с отношениями сторон $2 : \sqrt{5} : 3$.

Третий случай. Прямоугольник на л. 185а с отношением сторон $2 : \sqrt{5}$.

Четвертый случай. На л. 188б представлена композиция, в которой фигурируют квадраты со сторонами $2 + \sqrt{5}$ и $4 + \sqrt{5}$. В ее построении «участвовал» вспомогательный треугольник с отношениями сторон $1 : 2 : \sqrt{5}$.

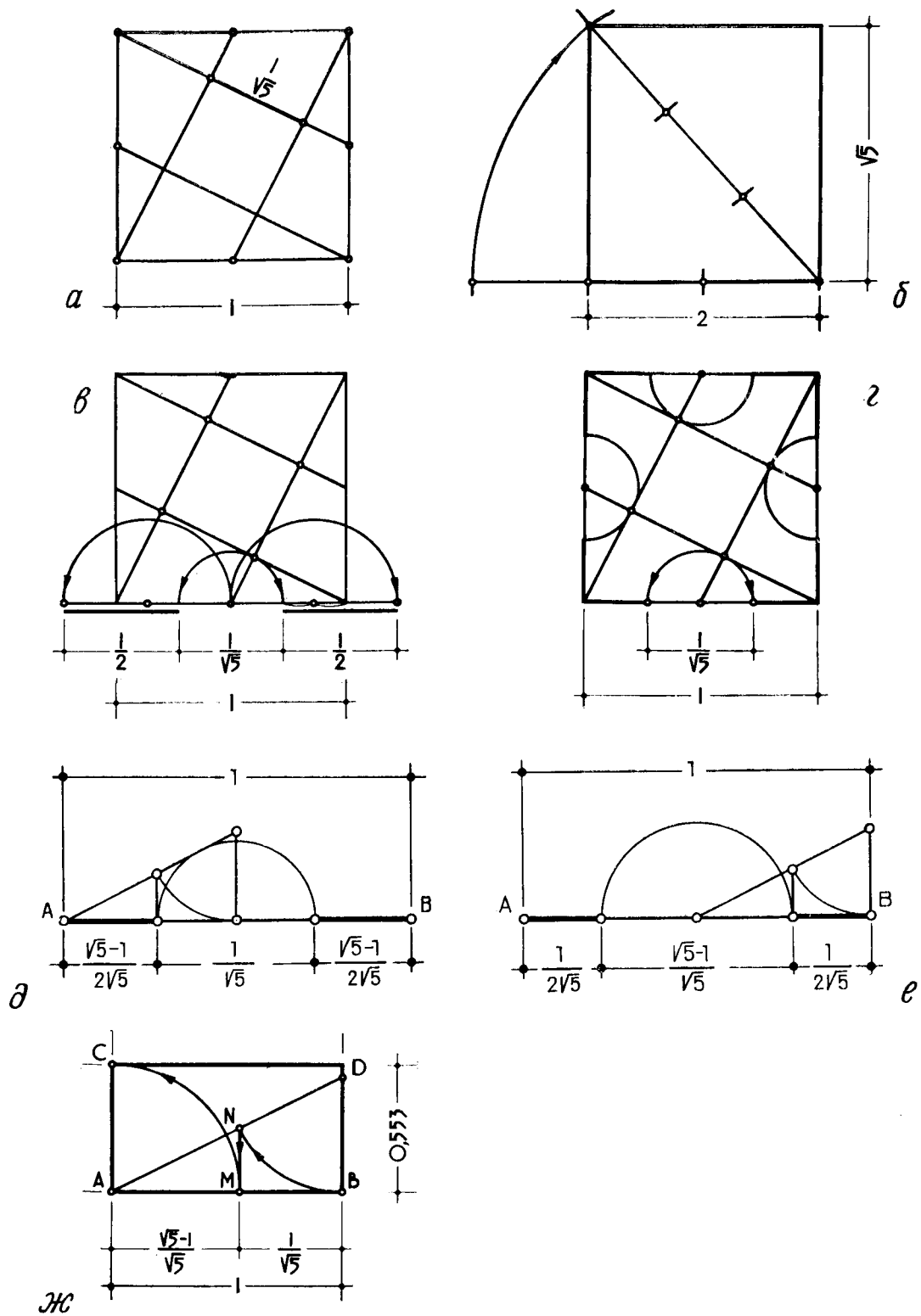


Рис. 167 (а, б, а, з, д, е, ж). Построения, основанные на полуквадрате и его производных

На л. 180а, 186б, 193б представлено деление окружности на десять частей, для чего был использован вспомогательный прямоугольный треугольник с отношениями сторон $1 : 2 : \sqrt{5}$. Сторона же десятиугольника, вписанного в окружность, равна $\sqrt{5}-1$ при радиусе окружности, равном двум.

Зодчие пользовались указанными в трактатах построениями, связанными с величиной $\sqrt{5}$, т. е. треугольниками с отношениями сторон $2 : \sqrt{5} : 3$ и $1 : 2 : \sqrt{5}$, и их производными. Так, например, порталы мавзолеев Араб-Ата, (X в.), Фахраддина Рази (XII в.) и Ишрат-хана (XV в.) представляют чуть вытянутые прямоугольники. Если ширину портала принять равной двум, диагональ прямоугольника — равной трем, то высота порталов определится равной $\sqrt{5}$.

Высота четверика мавзолея Гур-Эмир и южной малой мечети Биби-ханым несколько больше стороны подкупольного квадрата. Если сторону квадрата принять равной двум, а диагональ прямоугольной стены четверика — равной трем, то высота четверика равна $\sqrt{5}$, что и соответствует натуре. Аналогичные искусственные геометрические приемы использованы в соразмерностях мавзолеев Мазлумхан-Слу, Ширин-бека-ака и Туман-ака, Биби-ханым, медресе Улугбека в Бухаре, медресе Мири-Араб и др., однако в иной интерпретации.

Примечательно, что $1, \frac{1}{\sqrt{5}} = 0,447$ и их разность $\left(\frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}} = 0,553\right)$ применяются для установления соразмерностей в симметричных композициях. При этом возникает потребность в делении единицы, а также отрезков 0,447 и 0,553 пополам.

Рассмотрим несколько характерных примеров.

В квадрате проведены взаимно пересекающиеся диагонали полуквадратов. Величиной $\frac{1}{\sqrt{5}}$, равной стороне малого квадрата, определен отрезок, размещенный на оси композиции, а по концам его симметрично размещены отрезки, равные половине стороны квадрата. В результате получилось членение (рис. 167, в) в отношениях 0,500:0,447:0,500 при общей длине линии $\frac{\sqrt{5}+1}{\sqrt{5}} = 1,447$ (см. анализы соразмерностей мавзолея Ширин-бека-ака).

Ширина ниши по сторонам четверика в мавзо-

лее Гур-Эмир соразмерна $\frac{1}{\sqrt{5}}$ при стороне подкупольного квадрата, равной единице. Рабочий метод определения ширины ниши был прост (рис. 167, г и д). В результате такого построения величина $\frac{1}{\sqrt{5}}$ размещается по оси композиции, а $1 - \frac{1}{\sqrt{5}} = 0,553$, поделенная пополам, — по краям. При этом отношения отрезков таковы:

$$\frac{\sqrt{5}-1}{2\sqrt{5}} : \frac{1}{\sqrt{5}} : \frac{\sqrt{5}-1}{2\sqrt{5}},$$

или

$$0,2765 : 0,447 : 0,2765.$$

Другой пример отношения, получивший большое распространение:

$$\frac{1}{2\sqrt{5}} : \frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{5}} : \frac{1}{2\sqrt{5}},$$

или

$$0,2235 : 0,553 : 0,2235.$$

Графическое построение простое. Оно представлено на рис. 167д.

Другой вариант построения проще. Деление отрезка в отношении 0,447 : 0,553 было использовано для построения прямоугольника, стороны которого относятся друг к другу как 1:0,553 (рис. 167, е).

Отношения, в основу которых положен $\sqrt{5}$ в той или иной интерпретации, были использованы при построении архитектурной формы и орнамента начиная с XI по XVII в. Они обнаружены нами в соразмерностях мавзолея Чугундор-баба (XI в.), орнаментов из дворца термезских правителей, мавзолеев Мазлумхан-Слу, Буян Кули-хана, Ширин-бека-ака, Биби-ханым, комплекса Гур-Эмир, мечети Биби-ханым и Калян, медресе Улугбека в Бухаре и Гяждуване, гробницы Ширваншахов в Баку, медресе Мири-Араб, ханаки Надира Диванбеги и др.

Системы пропорционирования, основанные на применении средней пропорциональной диагонали квадрата ($\sqrt{2}$), высоты равностороннего треугольника ($\sqrt{3}$) и диагонали двух квадратов ($\sqrt{5}$), о которых говорилось выше, были связаны с рабочим методом построения архитектурной формы и осмыслены теоретически. В этом убеждают ал-Фараби [273], ал-Бузджани [67], Ибн Сина [262, с. 44] и Ибн ал-Багдади [192, с. 217] и которые трактуют корень как среднее пропорциональное между единицей и числом.

**ПРИЕМЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ДЕЛЕНИИ ЛИНИИ
В КРАЙНЕМ И СРЕДНЕМ ОТНОШЕНИИ**

После того как мы уяснили, что зодчие средневекового Востока могли пользоваться для построения архитектурной формы не только производными квадрата, равностороннего треугольника, но и двух квадратов, в частности величиной $\sqrt{5}$, возникает вопрос, насколько равномерно пользование зодчими Востока делением отрезка в среднем и крайнем отношении.

Наш интерес к делению отрезка в среднем и крайнем отношении возник не потому, что в свое время Леонардо да Винчи (1452—1519) назвал его «золотым сечением», и не потому, что за последнее столетие «золотое сечение» привлекает внимание искусствоведов и теоретиков архитектуры, а в связи с необходимостью дать объективную оценку всем системам геометрических построений, осознанных в странах Среднего и Ближнего Востока со времен ал-Фараби в качестве основы зодчества.

В определениях «Начал» Евклида говорится, «что прямая делится в крайнем и среднем отношении, если целая относится к большому отрезку так, как больший отрезок к меньшему» [128, с. 173] (рис. 168, а), т. е. $\frac{a}{b} = \frac{b}{a-b}$.

Благодаря переводам «Начал» Евклида на арабский язык и многочисленным (более тридцати) комментариям на Ближнем и Среднем Востоке люди, причастные к геометрии, были знакомы с делением линии в крайнем и среднем отношении, тем более что оно находит отражение в целом ряде геометрических построений, приведенных в трактатах, написанных специально для архитекторов и ремесленников.

«В книге о том, что необходимо ремесленнику из геометрических построений» ал-Бузджани, а также в трактате «Введение [в учение] о подобных и соответственных фигурах» при построении пяти- и десятиугольника авторы пользуются делением радиуса окружности в крайнем и среднем отношении.

Ибн Сина в математической главе «Донишнома» особо останавливается на делении линии в крайнем и среднем отношении с доказательствами [262, с. 51—52].

В трактате «Ключ арифметики» ал-Каши (XIV—XV вв.) со ссылкой на Евклида приводит правило для исчисления размеров частей при делении числа в среднем и крайнем отношении: «Мы хотим разделить число в среднем и крайнем отношении, т. е. [так, что] оно относится к большей части, как большая часть к меньшей, и необходимо меньшая часть относится к большей, как большая часть к сумме. Способ этого таков: умножим это число

на себя, прибавим к произведению четверть этого произведения, возьмем корень из того, что получилось, и вычтем из этого числа. То, что останется, и есть большая часть», т. е. большая часть:

$$b = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} - \frac{a}{2}.$$

Далее: «Если же известна большая часть, а меньшая и их сумма неизвестны, поступая с ней точно так же, как мы делали, получим меньшую часть», т. е.

$$c = a - b = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{2}} - \frac{b}{2},$$

«а их сумма есть число, делящееся в среднем и крайнем отношении», т. е.

$$a = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} - \frac{a}{2} + \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} - \frac{b}{2}.$$

«Если же известна только меньшая из частей, то тоже поступаем с ней точно так же, как мы делали, а к тому, что останется в конце действия, прибавим известную меньшую часть. То, что получится, есть большая часть», т. е.

$$b = \sqrt{c^2 + \frac{c^2}{4}} - \frac{c}{2} + c.$$

«Другой вид. Умножим всякое число на 0,61803399³¹ и вычтем произведение из этого числа. Произведение и остаток — это части этого числа при делении в среднем и крайнем отношении. Если известна большая часть, то разделим ее на 0,61803399. Частное от деления есть [данное число, умноженное большую часть на ту же величину, произведение есть] меньшая часть. Если известна меньшая часть, то разделим ее на разность этих цифр с единицей, т. е. на 0,38196601, частное от деления есть большая часть. Знай, что, если одна из этих трех величин рациональна, две остальные не являются рациональными» [151, с. 211].

Сказанное дает основание полагать, что образованные архитекторы не могли не знать об особенностях пропорций, связанных с делением линии в среднем и крайнем отношении. Кроме того, они могли быть знакомы как с геометрическим методом определения величин отрезков, так и с методами исчисления размеров частей в бытовавших мерах длины.

Деления линии в среднем и крайнем отношении, освещенные в трактатах, получили не менее полноценную разработку в искусственных геометрических приемах архитекторов.

Приведем несколько характерных примеров.

Линию AB поделим в среднем и крайнем отношении в точке C . В точке A восстановим

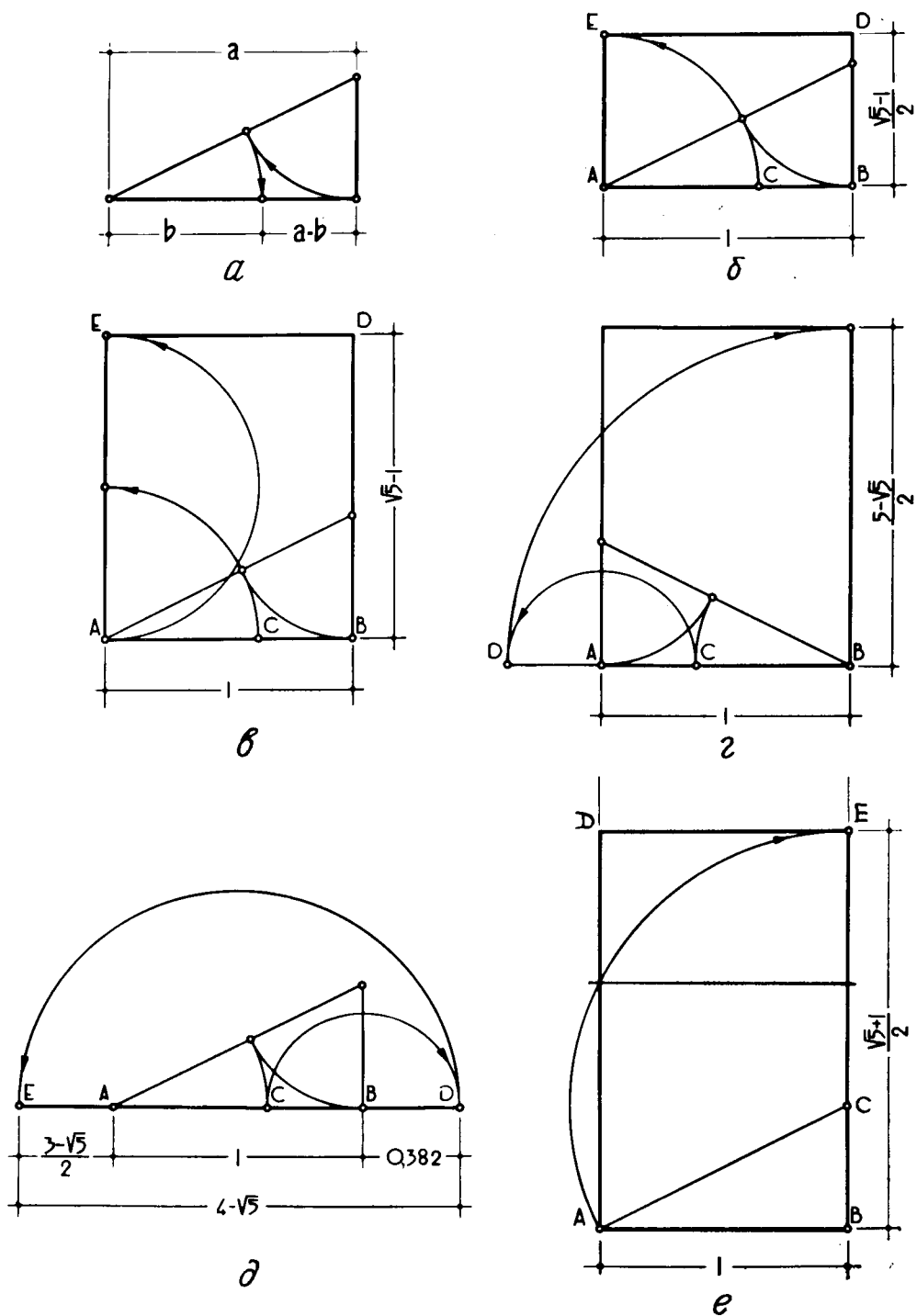
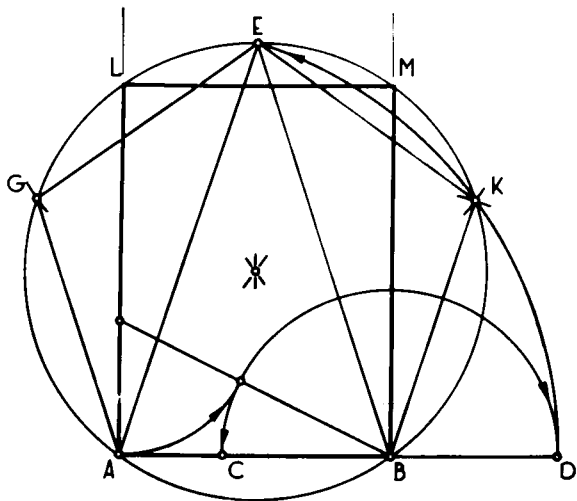
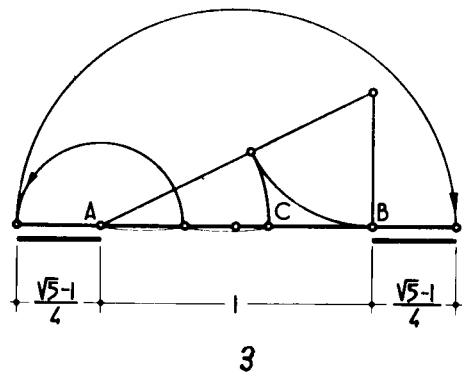


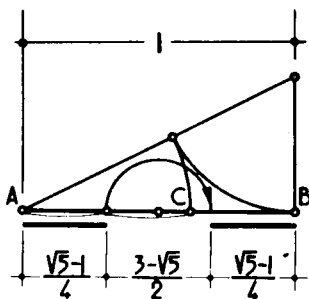
Рис. 168 (а, б, в, г, е). Построения, основанные на делении линии в среднем и крайнем отношении



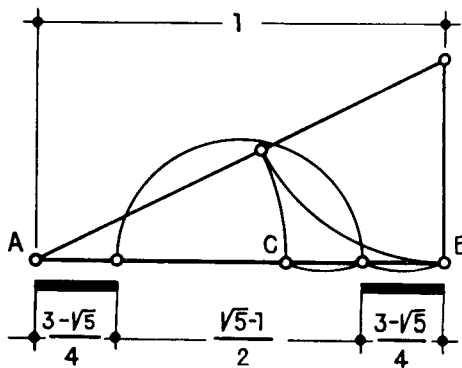
Ж



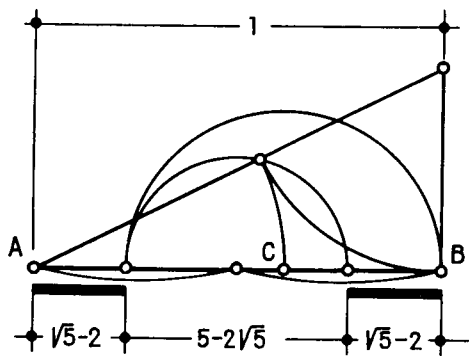
З



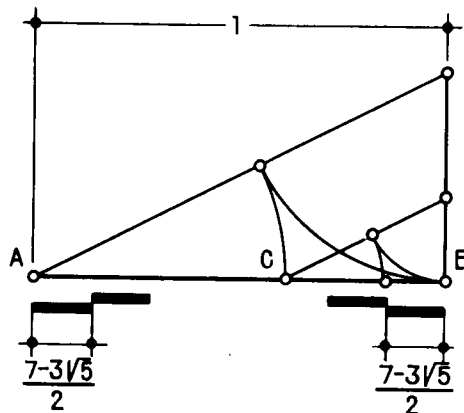
И



К



Л



М

Рис. 168 (ж, з, и, к, л, м). Построения, основанные на делении линии в среднем и крайнем отношении

перпендикуляр и отложим на нем большой отрезок AC . Построим прямоугольник $ABDE$ (рис. 168, б), стороны которого относятся как $1 : \frac{\sqrt{5}-1}{2}$, или $1 : 0,618$ (см. анализы соразмерностей мавзолеев Саманидов, султана Санджара, Биби-ханым, Гур-Эмир, дворца Аксарай в Шахрисябзе и др.).

Линия AB делится в точке C в среднем и крайнем отношении. Большой отрезок AC удваивается и откладывается на перпендикуляре, восстановленном в точке A . Строится прямоугольник $ABED$ со сторонами, относящимися друг к другу как $1 : \sqrt{5} - 1$, или $1:1,236$ (рис. 168, в) (см. анализы соразмерностей комплекса Ходжа Ахмада Ясеви в г. Туркестане, мавзолеев Туман-ака, Ишрат-хана, ханаки Надира Диван-беги и др.).

Линия AB поделена в точке C в среднем и крайнем отношении и удлинена на малый отрезок до точки D . В точке A восстановим перпендикуляр и отложим на нем величину AD , равную $\frac{5-\sqrt{5}}{2} = 1,382$. Построим прямоугольник (рис. 168, г) со сторонами, относящимися друг к другу как $1 : \frac{5-\sqrt{5}}{2}$, или $1:1,382$ (см. анализы соразмерностей медресе Улугбека в Самарканде, гробницы Ширваншахов в Баку и др.).

Линию AB поделим в среднем и крайнем отношении и удлиним ее дважды на малый отрезок до точек D и E (рис. 168, д). Длина DE равна $4 - \sqrt{5}$, или $1,764$ (см. анализы соразмерностей мавзолея Туман-ака).

В квадрате со стороной AB (рис. 168, е) проведем диагональ полуквадрата AC и отложим величину этой диагонали на продолжении линии BC . Построим прямоугольник $ABDE$ со сторонами, относящимися друг к другу как $1 : \frac{\sqrt{5}+1}{2}$, или $1:1,618$ (см. анализы соразмерностей мечети Биби-ханым, мавзолеев Туман-ака, Гур-Эмир, Биби-ханым и др.).

Линию AB (рис. 168, ж) разделим в крайнем и среднем отношении в точке C и длину большого отрезка отложим на продолжении AB . Получим AD . Циркулем, раствором которого равен AD , из точек A и B сделаем засечки в точке E . Раствором циркуля, равным AB , сделаем засечки в точках G и K . Точки $ABKEG$ — углы правильного пятиугольника. Найдем его центр, проведем через точки $ABKEG$ окружность. В точках A и B восстановим перпендикуляры, которые пересекутся с окружностью в точках L и M . Стороны прямоугольника $ABML$ относятся как $1:1,376$.

Такие прямоугольные помещения (№ 3, 5, 6)

реально существуют в мавзолее Ишрат-хана (XV в.). Они перекрыты куполами, образующими десятикрылые звезды в горизонтальной проекции.

Достижение зодчих Средней Азии в разработке искусных геометрических приемов для построения архитектурной формы заключается в том, что они приспособили деление линии в среднем и крайнем отношении для симметричных композиций. На рис. 168, з представлен один из примеров такой композиции.

Линия AB делится в точке C в среднем и крайнем отношении. Большой отрезок (0,618) делится пополам и прибавляется по концам заданной линии.

Получается симметричное развитие построения в отношениях

$$\frac{\sqrt{5}-1}{4} : 1 : \frac{\sqrt{5}-1}{4},$$

или

$$0,309 : 1 : 0,309;$$

при этом общая длина линии

$$\frac{\sqrt{5}+1}{2} = 1,618.$$

Далее (рис. 168, и) линия AB делится в точке C в среднем и крайнем отношении. Большой отрезок делится пополам и размещается симметрично по линии AB от точек A и B . При этом членение выражается отношениями

$$\frac{\sqrt{5}-1}{4} : \frac{3-\sqrt{5}}{2} : \frac{\sqrt{5}-1}{4},$$

или

$$0,309 : 0,382 : 0,309.$$

На рис. 168, к линия AB поделена в крайнем и среднем отношении в точке C . Малый отрезок поделен пополам, и его половинные части размещены по линии AB . Получили членение линии AB на отрезки в отношениях

$$\frac{3-\sqrt{5}}{4} : \frac{\sqrt{5}-1}{2} : \frac{3-\sqrt{5}}{4},$$

или

$$0,191 : 0,618 : 0,191.$$

На рис. 168, л линия AB поделена в среднем и крайнем отношении в точке C . От большого отрезка отнимаем малый ($0,618 - 0,382 = 0,236$) и размещаем этот остаток симметрично на линии AB и получаем членение линии в отношениях

$$\sqrt{5} - 2 : 5 - 2\sqrt{5} : \sqrt{5} - 2,$$

или

$$0,236 : 0,528 : 0,236$$

(см. анализ соразмерностей мавзолея Мири-Араб и др.).

На рис. 168, м линия AB поделена в крайнем и среднем отношении в точке C . Малый отрезок CB также поделим в крайнем и среднем

Соразмерности некоторых архитектурных памятников

Архитектурный памятник	Отношения		
	ширина	длина	высота
Комплекс Ходжа Ахмада Ясеви (представляет параллелепипед без куполов и порталов) . . .	1	1,236	0,309
Мечеть Биби-ханым	3	4	?
Медресе Улугбека в Бухаре . . .	1	1,118	0,25
Медресе Улугбека в Самарканде	1	1,382	0,25
Гробница Ширваншахов в Баку	1	1,382	0,553
Медресе Улугбека в Гиздуване	1	?	0,5
Мавзолей Ишрат-хана	$2\sqrt{3}$	$2\sqrt{2}$?
Медресе Мири-Араб	1	1,236	0,236
Ханака Надира Диван-беги . . .	1	1,236	0,618
Медресе Абдул Азиз-хана	4	5	1

отношении и получим его малый отрезок, равный

$$\frac{7 - 3\sqrt{5}}{2} = 0,146,$$

что является пятым членом убывающей прогрессии со знаменателем $\frac{\sqrt{5}-1}{2}$. В то же время величина 0,146 близка к одной седьмой (0,143) с погрешностью 0,003, что приводит к семичастному членению заданной линии. Такое семичастное деление реально применено при постройке ряда памятников архитектуры, в частности портала гурханы Ходжа Ахмада Ясеви, портала главной мечети Биби-ханым, портала двора медресе Улугбека в Бухаре, щипцовой стены портала дворца Ак-сарай в Шах-рисябзе и др.

Деление пятого члена прогрессии пополам дает величину, соразмерную $\frac{7 - 3\sqrt{5}}{4} = 0,073$, также существующую в архитектурных памятниках Средней Азии (см. анализ соразмерностей мечети Биби-ханым, медресе Улугбека в Самарканде и Гиздуване).

Для полноты рассмотрения вопроса о пропорциональных системах следует отметить, что средневековые архитекторы проявили заботу о согласованности пропорций сооружения во всех трех его измерениях (табл. 14).

Приведенными выше системами пропорциональностей в архитектуре Средней Азии не исчерпывается то многообразие соразмерностей, которые имеются в памятниках зодчества, ибо наряду с геометрическими системами соразмерностей сосуществовали и простые числовые отношения.

Модульные отношения в архитектуре Средней Азии, возникшие в эпоху античности и

Замена иррациональных величин числовыми отношениями

Процесс	Отношение		
Членение степ четверика и фасада на 3 : 4 : 3 связано с производными квадрата	$2 - \sqrt{2}$	$\sqrt{2} - 1$	$2 - \sqrt{2}$
	$\frac{2}{0,2929}$	$\frac{4}{0,4142}$	$\frac{2}{0,2929}$
	3	4	3
Погрешность	+0,0071	-0,0142	+0,0071
То же связано с делением линии в среднем и крайнем отношении	$\sqrt{5} - 1$	$3 - \sqrt{5}$	$\sqrt{5} - 1$
	$\frac{4}{0,309}$	$\frac{2}{0,382}$	$\frac{4}{0,309}$
	3	4	3
Погрешность	-0,009	+0,018	-0,009
Членение на отношения 1 : 3 : 1 могло быть результатом геометрических построений, основанных на производных квадрата	$\sqrt{2} - 1$	$2 - \sqrt{2}$	$\sqrt{2} - 1$
	$\frac{2}{0,2071}$	$\frac{3}{0,5858}$	$\frac{2}{0,2071}$
	1	3	1
Погрешность	-0,0355	+0,071	-0,0355
То же могло быть результатом построения четырех равносторонних треугольников с вершинами в центре квадрата	$\sqrt{3} - 1$	1	$\sqrt{3} - 1$
	$\frac{2\sqrt{3}}{0,2115}$	$\frac{\sqrt{3}}{0,577}$	$\frac{2\sqrt{3}}{0,2115}$
	1	3	1
Погрешность	-0,0575	+0,115	-0,0575
То же при делении линии в среднем и крайнем отношении	$3 - \sqrt{5}$	$\sqrt{5} - 1$	$3 - \sqrt{5}$
	$\frac{4}{0,191}$	$\frac{2}{0,618}$	$\frac{4}{0,191}$
	1	3	1
Погрешность	+0,045	0,09	+0,045
Членение на отношения 2 : 5 : 2 явилось результатом геометрических построений, основанных на производных полуквadrата	$\sqrt{5} - 1$	$\sqrt{5} - 1$	$\sqrt{5} - 1$
	$\frac{2\sqrt{5}}{0,2235}$	$\frac{\sqrt{5}}{0,553}$	$\frac{2\sqrt{5}}{0,2235}$
	2	5	2
Погрешность	-0,0115	+0,023	+0,0115
Членение на отношения 5 : 8 : 5 явилось результатом геометрического построения, основанного на производных полуквadrата	$\sqrt{5} - 1$	1	$\sqrt{5} - 1$
	$\frac{2\sqrt{5}}{0,2765}$	$\frac{\sqrt{5}}{0,447}$	$\frac{2\sqrt{5}}{0,2765}$
	5	8	5
Погрешность	+0,023	-0,046	+0,023
Семичастное деление 1 : 5 : 1 и 1 : 1 : 3 : 1 : 1 могло иметь основанием геометрическое построение, основанное на производных квадрата и круга	$2 - \sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	$2 - \sqrt{2}$
	$\frac{4}{0,1465}$	$\frac{2}{0,7070}$	$\frac{4}{0,1465}$
	1	5	1
Погрешность	-0,0255	+0,051	-0,0255
То же при делении линии в среднем и крайнем отношении	$7 - 3\sqrt{5}$	$3\sqrt{5} - 6$	$7 - 3\sqrt{5}$
	$\frac{2}{0,146}$	$\frac{5}{0,708}$	$\frac{2}{0,146}$
	1	5	1
Погрешность	-0,022	+0,044	-0,022

восточного эллинизма на местной почве, прекрасно прослеживаются в гофрированных постройках из сырца, широко распространенных

в эпоху раннего средневековья. Правда, модулем, равным гофру, определялись в основном общие размеры сооружения. Трудно сказать, имел ли он силу в установлении соразмерностей отдельных элементов и частей сооружения, поскольку этот вопрос еще не подвергался исследованию.

Наличие числовых отношений в архитектуре в эпоху высокого средневековья, когда восторжествовали искусные геометрические приемы в теории и практике зодчих, можно объяснить следующими обстоятельствами.

1. Модульной координацией геометрических соразмерностей, когда иррациональные величины заменялись приближенными целыми числами.

2. Числовые отношения получили теоретическое обоснование, поскольку были связаны с гармоническими пропорциями.

3. Употребление числовых отношений — своего рода отголосок античности, восточного эллинизма: тогда числу и модулю придавалось больше значения, чем в эпоху развитого феодализма в странах Ближнего и Среднего Востока.

Рассматривая фасады порталов и стен четверика в интерьере, обнаруживаем членение по горизонтали в отношениях

$$\frac{5:8:5}{18}, \frac{2:5:2}{9}, \frac{1:3:1}{5}, \frac{3:4:3}{10}, \frac{1:5:1}{7}.$$

Возникает вопрос: почему же архитектор, пользующийся геометрическими приемами в построении архитектурной формы, прибегает к упомянутым числовым отношениям?

Ответ на этот вопрос следует искать в том, что в геометрических построениях иррациональные величины с наименьшими погрешностями могли заменяться простыми числовыми отношениями. Это широко применялось в вычислительной технике со времен вавилонян. Что касается рассматриваемой эпохи, то можно вспомнить рекомендации Мухаммада ал-Хорезми, сводящиеся к необходимости определять иррациональные величины приближенно, а также

сообщение автора трактата «Введение [в учение] о подобных и соответственных фигурах» (л. 187б) о том, что сложные геометрические приемы, которые рекомендуются им для нахождения определенных пропорций треугольника, «некоторые ремесленники не делают, а заменяют их треугольником, катеты которого относятся друг к другу как 6:7».

Сказанное позволяет выдвинуть гипотезу о том, что иррациональные величины рассмотренных выше искусных геометрических построений в отдельных случаях заменялись близкими им числовыми отношениями (табл. 15).

Однако было бы неправильным происхождение всех числовых отношений в архитектуре приписывать лишь модульной координации, ибо числовые отношения, применявшиеся в проектах зодчих, находили теоретическое осмысление в гармонических пропорциях, получивших, как говорилось выше, детальную разработку в трудах средневековых ученых. Правда, гармонические пропорции больше были связаны с теорией музыки, а на теорию соразмерности в архитектуре могли оказать влияние лишь в какой-то степени.

В связи с этим следует упомянуть, что Абдаррахман Джами относит к гармоничным интервалам октаву, квинту, кварту, большой целый тон, малый целый тон и малый полутон и дает соответственно следующие цифровые величины: 2:1, 3:2, 4:3, 9:8, 10:9, 16:15 [120, с. 75—76].

Системы пропорциональностей в архитектуре Средней Азии в продолжение веков не оставались постоянными. При внимательном рассмотрении можно наблюдать возникновение, развитие, исчезновение одних искусных приемов пропорционирования и появление новых, параллельное их сосуществование со старыми, отживающими, замену одних приемов другими.

Развитие систем архитектурного пропорционирования вылилось в универсальную систему представленную в соразмерностях памятников зодчества XIV—XV вв.

Глава VI

АРОЧНО-СВОДЧАТЫЕ КРИВЫЕ В АРХИТЕКТУРЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ IX—XV вв.

Характерные формы стрельчатых арок и сфероконических куполов на многие столетия определили стилевые особенности средневековой архитектуры Ближнего и Среднего Востока.

Начиная со второй половины прошлого столетия они привлекают внимание ученых-ориенталистов. Исследованию кривых арок стрельчатой формы посвящается большое количество публикаций, почти нет историка архитектуры, который не уделит бы им внимания. Кривым арок архитектуры Ближнего и Среднего Востока посвятили свои исследования А. Маусс, М. Дьелафуа, В. Дональд, А. Флетчер, А. Диц, А. Годар, К. Кресвелл, О. Шуази и многие другие. Арочно-сводчатые формы в архитектуре средневековой Средней Азии нашли освещение в исследованиях советских ученых: Б. Н. Засыпкина, Л. И. Ремпеля, Ш. Е. Ратия, Г. А. Пугаченковой, В. Л. Вороиной, В. И. Пильявского, А. М. Прибытковой, В. А. Нильсена, Л. Ю. Маньковской, К. С. Крюкова, И. Е. Плетнева, В. М. Филимонова, Ю. З. Шваб и многих других [97, с. 95; 136, с. 142—166; 183, с. 133; 211, с. 111, 112; 225, с. 286, 287; 230, с. 91—100; 238, с. 73—78; 243, с. 59; 245; 247, с. 416 и др.].

Труды советских ученых, посвященные средневековой архитектуре Средней Азии и Азербайджана, убеждают в наличии большого разнообразия приемов построений арок и сводов. Так, Г. М. Ализаде установлено более девяноста разновидностей стрельчатых арок и сводов в средневековой архитектуре Азербайджана [9, с. 54—80]; Л. Ю. Маньковская только в комплексе Ходжа Ахмада Ясеви выявила более тридцати разновидностей [183, с. 130—134]; К. С. Крюков приводит двадцать разновидностей [168, с. 118—122], причем большинство из них — трех- и четырехцентровые кривые арок и сводов, т. е. отрезки окружностей разных радиусов.

Несколько отличалось от мнений других ученых мнение М. Ф. Мауэра о том, что стрельчатые арки представляют собой отрезки двух пересекающихся эллипсов. Они получили подтверждение в единичных примерах анализа кривых арочно-сводчатых конструкций мавзолея Ишрат-хана [238, с. 73—78], причем автор исследований арок мавзолея Ишрат-хана Г. А. Пугаченкова обосновала свои выводы, сообразуясь с данными средневековой математики.

Несмотря на огромную работу, проделанную по исследованию кривых арок, сводов и куполов, далеко еще не все аспекты проблемы изучены, не совсем ясна связь построения кривых с уровнем развития средневековой математической науки, с архитектурно-художественными, конструктивными идеями, с эстетическими воззрениями зодчих. Более того, если построения двух-, трех- и четырехцентровых арок, установленные многими исследованиями, подтверждаются сообщениями Гиасаддина ал-Кашши [151, с. 162—165] и живой практикой узбекских народных мастеров, то вопрос о применении кривых эллипсов для построения форм арок и куполов до последнего времени оставался открытым [247, с. 289, примеч. 120].

Применение кривых эллипса для стрельчатых очертаний арочно-сводчатых конструкций в зодчестве Средней Азии вызывало у меня большие сомнения по следующим соображениям.

1. Кривые эллипса и корбовая кривая близки между собой, в связи с чем возможны ошибки в выводах исследователей.

2. М. Ф. Мауэр говорил о наличии кривых эллипса в арках мавзолея Саманидов, однако это не подтвердилось. Проверочный анализ показал, что они построены из двух центров с радиусами $\frac{7}{12}$ пролета для купола, $\frac{5}{8}$ пролета для арок яруса тропов и $\frac{2}{3}$ пролета для арки входа [78, с. 95—96].

3. История мирового зодчества не знает применения кривых эллипса для построения арок стрельчатого очертания.

4. Ал-Каши, описывая приемы построения арок, употреблявшиеся зодчими XIV—XV вв., о кривых эллипса не упоминает.

5. Построение эллипса сложнее, чем построение кривых с постоянными радиусами, а мастера-ремесленники, очевидно, стремились к простоте геометрических построений.

В силу сказанного не верилось в использование отрезков кривых эллипса для построения стрельчатых арок и сфероконических куполов. Убедиться в обратном, как это ни парадоксально, помогли результаты анализа построения формы бронзового котла Тимура из мечети Ходжа Ахмада Ясеви [73, с. 55—56]. Котел весом около 2 т, вместимостью 3000 л — произведение высокохудожественного бронзового литья 1399 г. работы азербайджанского мастера Абдль Азиза из Табриза. Кривая его чаши оказалась отрезком кривой эллипса $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ с параметрами:

большая полуось $a = D = d\sqrt{5} = 242$ см,

малая полуось $b = \frac{D}{\sqrt{5}} = d = 108$ см,

половина фокусного расстояния $c = \frac{2D}{\sqrt{5}} = 2d = 216$ см

при D , равном диаметру чаши, и d , равном диаметру основания котла (рис. 169).

Членения котла по вертикали соразмерны:

высота котла $H = \frac{3D}{2\sqrt{5}} = \frac{3d}{2} = 162$ см,

высота подставки $h = \frac{D}{2\sqrt{5}} = \frac{d}{2} = 54$ см,

высота чаши $h_1 = \frac{D}{\sqrt{5}} = d = 108$ см,

высота до линии большой оси эллипса

$$H_1 = \frac{D\sqrt{5}}{4} = \frac{5d}{4} = 135 \text{ см,}$$

возвышение кромки чаши над линией большой оси эллипса

$$h_{11} = \frac{D}{4\sqrt{5}} = \frac{d}{4} = 27 \text{ см,}$$

а диаметр верха подставки (d_1) представляет собой малый отрезок при делении диаметра основания в среднем и крайнем отношении, т. е.

$$d_1 = \frac{D(\sqrt{5}-1)}{2\sqrt{5}} = \frac{d(\sqrt{5}-1)}{2} = 66,7.$$

Экскурс в область истории математики позволяет утверждать, что средневековые мастера и зодчие могли иметь прекрасное представление о методах построения кривых эллипса и параболы, о чем уже говорилось в главе IV, посвященной трактатам для зодчих.

Учитывая, что построение кривых арок и сводов в зодчестве связано с искусными геометрическими приемами, нами выполнены анализы более 50 кривых арочно-сводчатых конструкций среднеазиатского зодчества XII—XV вв., где обнаружены кривые эллипса.

Первые арки стрельчатой формы, построенные на основе двух пересекающихся отрезков эллипса, фиксируются в мавзолее султана Санджара в Мерве. Хотя на ранних этапах наших исследований они вычерчивались посредством подбора кривых четырехцентровых построений [70, с. 171—174], в настоящее время приходится констатировать близость очертаний этих арок с кривыми эллипса, выраженного параметрами в арках восьмерика: $a = 9$, $b = 6$, $c = 3\sqrt{5}$ при пролете арки $L = 10$; в арках четверика $a = 3$, $b = 2$, $c = \sqrt{5}$ при пролете арки $L = 4$.

Рабочий метод построения кривой арки (рис. 170а), очевидно, заключался в следующем: пролет его был поделен на 10 частей. За большую полуось эллипса было принято $\frac{9L}{10}$, а за малую — $\frac{6L}{10}$. Построение кривой эллипса выполнялось или по методу Ибн Синапа, причем нахождение местоположения фокуса не требовалось, или по методу ал-Хасана, поскольку абсолютные размеры арки и эллипса были невелики. Определение местоположения фокуса (c) эллипса выполнялось простым геометрическим построением.

То же можно сказать и об арках ниш четверика (рис. 170б). Здесь пролет арки был поделен на четыре части, за большую полуось эллипса было принято $\frac{3}{4}$ пролета, за малую — половина. Нетрудно догадаться, что кривые арок четверика и восьмерика подобны, однако они различаются пропорциями: кривые арок четверика приземисты, а восьмерика — более стрельчатые. Это достигнуто хитроумным приемом — увеличением или уменьшением пролетов арок относительно большой полуоси эллипса, — получившим в дальнейшей практике зодчих широкое распространение.

Привлекают внимание исследователя плавные, мягкие очертания кривых арок портала мечети Магоки Аттори в Бухаре — памятника XII в. (рис. 171). Анализ кривых арки позволяет утверждать, что она построена пересечением кривых эллипса с параметрами: $a = 3$, $b = 2$, $c = \sqrt{5}$ при пролете арки $L = 4$.

Третий памятник зодчества, где мы также находим кривые эллипса, — мавзолей Текеша (XII—XIII вв.) в Ургенче. Здесь параметры эллипса, использованного для построения арки

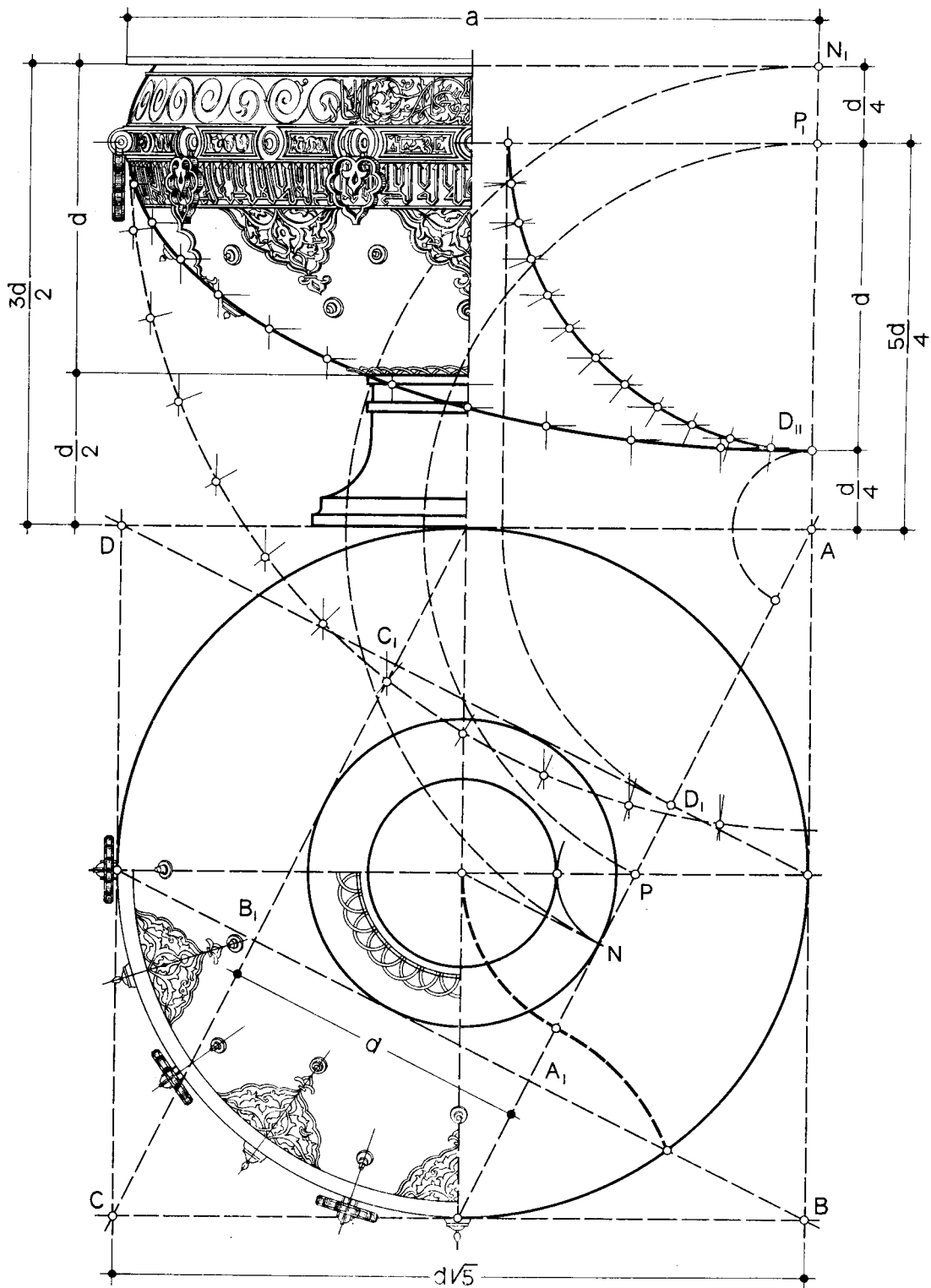


Рис. 169. Бронзовый котел Тимура (1399 г.). План и фасад. Анализ построения

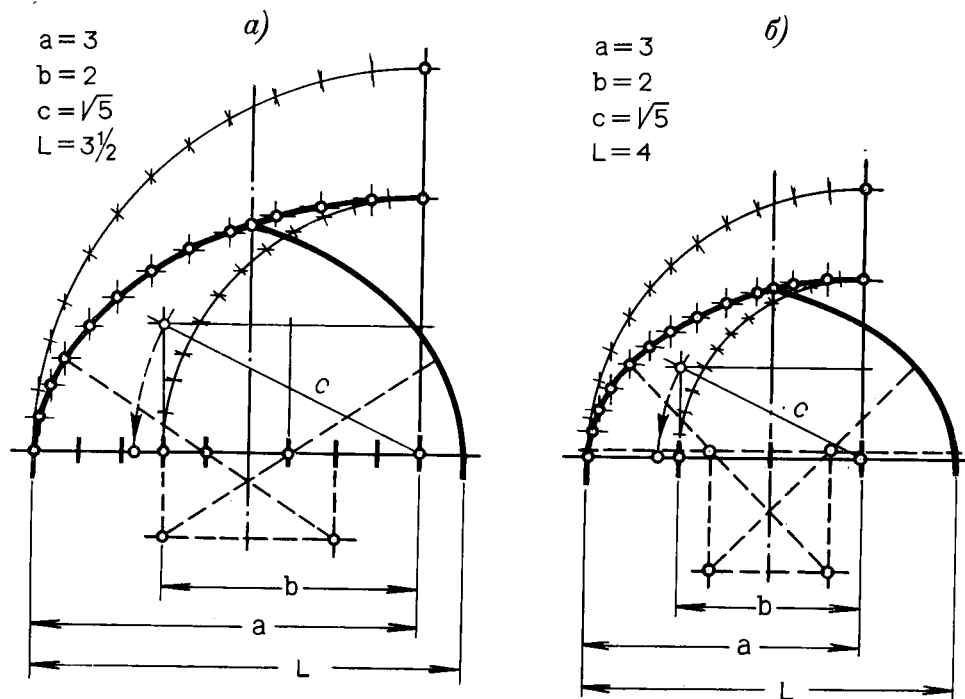


Рис. 170. Мавзолей султана Санджара в Мерве (XII в.). Анализ построения арок:
a — арки восьмерика; *б* — арки четверика

входного портала и восьмерика в интерьере, представлены: $a = 3$, $b = 2$ при пролете $L = 4$ (рис. 172).

Памятник зодчества первой трети XIV в. — мавзолей Наджмадина Кубра, построенный в том же Ургенче, имеет порталную стрельчатую арку. Первоначальные очертания арки, лучше сохранившиеся у щипца, позволяют установить, что она построена пересечением двух эллипсов с параметрами: $a = 7$, $b = 5$.

В определении этих параметров зодчий, очевидно, исходил из производных квадрата, а именно: за малую полуось принята сторона квадрата $b = 1$, за большую полуось — диагональ квадрата $a = \sqrt{2}$. Тогда половина фокусного расстояния $c = 1$. Иррациональные величины с известными погрешностями, возможно, были заменены числами 5, 7 (рис. 173).

Мавзолей Тюрабек-ханым (XIV в.), представляющий новое направление в зодчестве Ургенча, и в построение кривых арок вносит новое. Здесь параметры эллипса, выраженные целочисленным треугольником со сторонами $a = 5$, $b = 3$ при пролете $L = 6$, использованы в новом качестве, т. е. в сочетании с прямой вставкой у замка арки (рис. 174). Отметим, что в данном случае большая полуось эллипса меньше пролета арки ($a < L$), что неизбежно ведет к приземистым формам арки. Зодчий прекрасно

знал это и скорректировал пропорции арки внесением прямой вставки у замка под углом 30° к горизонту, что имело, конечно, и конструктивное значение — облегчало бескружальное возведение арки.

Стрельчатые арки с прямой вставкой у замка, часто встречающиеся в декоре дворца Аксарай в Шахрисябзе, свидетельствуют об общности между кривыми этих двух памятников архитектуры. Если вспомнить, что в строительстве дворца Аксарай принимали участие хорезмийцы, это явление становится понятным.

Из более чем тридцати различных построений кривых арочно-сводчатых конструкций мавзолея Ходжа Ахмада Ясеви, исследованных Л. Ю. Маньковской [183, с. 133], мы остановимся лишь на двух сфероконических куполах над казанлыком и гурханой.

Купол над казанлыком, по Л. Ю. Маньковской, имеет трехцентровое очертание с параметрами: $r = 1$, $R = 1 + \sqrt{2} = 2,41$, но он мог быть построен и двумя отрезками эллипса с параметрами: $a = 2$, $b = \sqrt{2}$, $c = \sqrt{2}$ при диаметре $D = 2$ (рис. 188, V).

Четырехцентровая кривая купола над гурханой имеет параметры:

$$r = \frac{7D}{16}, R = \frac{7D}{16} + \frac{9\sqrt{2}D}{16} = \frac{D(7+9\sqrt{2})}{16},$$

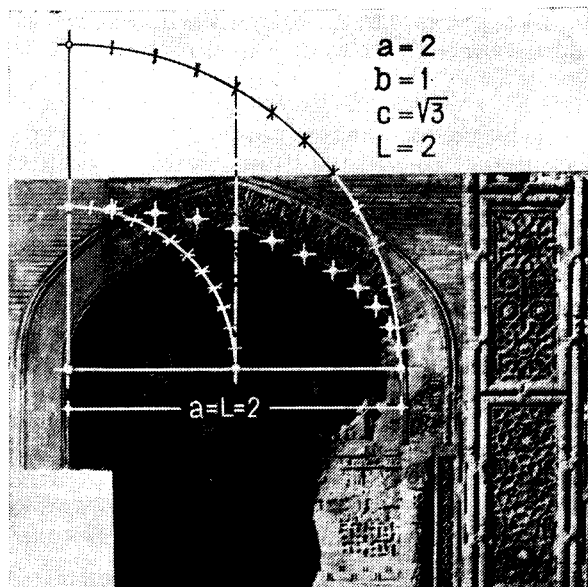


Рис. 171. Мечеть Магоки Аттари в Бухаре (XII в.).
Анализ построения арки

однако эта кривая могла иметь очертания двух пересекающихся эллипсов с параметрами: $a = 3$, $b = 2$, $c = \sqrt{5}$ при диаметре $D = 3$ (рис. 188, II).

Из огромного количества арок мечети Биби-ханым сохранились лишь немногие, и то в руинном состоянии, в связи с чем материалы, привлекаемые нами для анализа, весьма скудны. Как уже говорилось выше, арки мечети Биби-ханым были предметом исследования Ш. Е. Ратия, однако мы вынуждены вернуться к этому вопросу в свете построения эллипса методом Ибн Синана, который не был известен Ш. Е. Ратия. Арка портала главной мечети Биби-ханым представляет собой два пересекающихся эллипса с параметрами: $a = 5$, $b = 3$, $c = 4$ при пролете арки $L = 5$ (рис. 175). По мысли Ш. Е. Ратия, кривая арки мечети Биби-ханым вычерчивалась натяжением нити, равной по длине большой оси (около 35 м), прикрепленной концами в фокусах эллипса.

Нам представляется более простым вычерчивание отрезка эллипса — шаблона кривой арки по методу Ибн Синана (рис. 36б)¹, на что показывают как простота членения ординат ($b : a = 3 : 5$), так и относительно малая площадь тахмина — выровненной площадки из ганча для вычерчивания шаблона в натуральную величину.

Во дворе мечети Биби-ханым хранятся ее архитектурные детали, в том числе архивольты арок. На рис. 176 представлены обмеры и анализ кривой мраморного архивольта. Его кривая

соответствует кривой эллипса с параметрами: $a = 3$, $b = 2$, $c = \sqrt{5}$ при пролете арки $L = 3$.

Из сказанного ясно, что большие размеры перекрываемых стрельчатыми арками пролетов в мечети Биби-ханым не внесли новшеств. В построении арок, в их пропорциях еще сохраняются выработанные ранее приемы и отношения без каких-либо существенных изменений.

Знаменитый рубчатый купол сфероконической формы мавзолея Гур-Эмир дошел до нас в несколько деформированном состоянии — подвергался неоднократному ремонту. Вот почему во время капитальной реставрации купола в 1948 г. восстановление первоначальной формы купола было одной из самых серьезных проблем, подлежащих разрешению. Работы по реставрации мавзолея Гур-Эмир в те годы проводились под руководством Б. Н. Засыпкина, лучшего знатока среднеазиатской архитектуры. Было разработано несколько вариантов кривых сфероконической формы, в частности трехцентровая и состоящая из двух пересекающихся эллипсов. Принятая к осуществлению кривая имела следующие параметры эллипса: $a = 4,5$, $c = 2,5$ при диаметре $D = L = 6$ (рис. 177) — как наиболее близкая к натурным очертаниям купола. Она, очевидно, строилась средневековыми зодчими по методу ал-Хасана

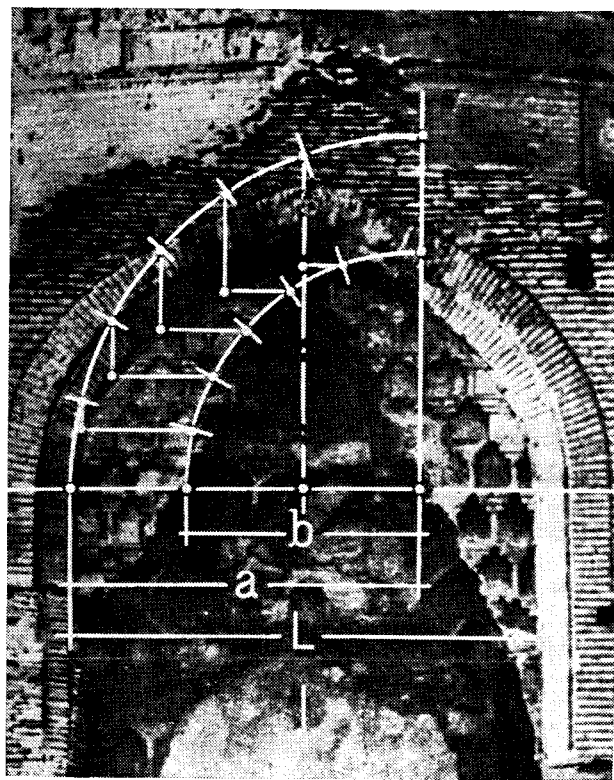


Рис. 172. Мавзолей Текеша. Анализ построения арки

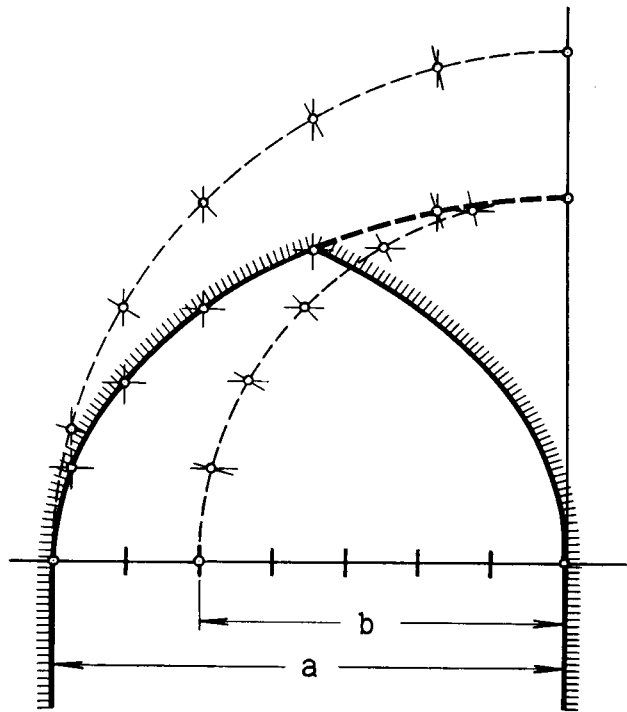


Рис. 173. Мавзолей Наджмаддина Кубра.
Анализ построения арки

(рис. 36а) без вычисления величины малой полуоси эллипса $b = 18,25$. Следует признать, что эта кривая эллипса — единственная в своем роде и больше нигде в архитектуре Средней Азии не встречается.

Необычная форма купола мавзолея Гур-Эмир, по всей вероятности, была обусловлена требованиями заказчика. Известно, что Тимур, недовольный малой высотой мавзолея Гур-Эмир, приземистыми его формами, потребовал переделки. Это поведение было выполнено за десять дней [154, с. 315]. За такой малый срок, очевидно, был разобран лишь внешний купол, увеличена высота барабана, увеличена высота купола устройством вертикальной вставки в его нижней части, а для двух пересекающихся эллипсов были приняты такие параметры, чтобы кривые были достаточно выпуклыми и тем самым купол казался выше.

Арки интерьера также составлены из двух пересекающихся эллипсов и имеют параметры: для арок четверика $a = 3, b = 2, c = \sqrt{5}$ при $L = 4$ (рис. 178), для арки восьмерика $a = 5, b = 3, c = 4$ при $L = 5$ (рис. 179). Кривая арки входных ворот мавзолея Гур-Эмир обычная, уже встречавшаяся ранее с параметрами: $a = 3, b = 2, c = \sqrt{5}$ при $L = 3$. Однако она примечательна тем, что ее параметры находятся в строгой математической взаимосвязи-

мости с пропорциями арочного проема; в частности, высота пят арки фиксируется на отметке $\frac{L\sqrt{5}}{2}$, что и видно на чертеже (рис. 180).

Графический анализ кривых арок мавзолеев Туман-ака, Казы-заде Руми, мечети Туман-ака, медресе Улугбека в Самарканде и Бухаре позволяет утверждать, что они также построены зодчими с применением отрезков двух пересекающихся эллипсов.

Представляются интересными закономерности построения порталных арок медресе Улугбека в Бухаре (1417 г.) и Самарканде (1420 г.). Следует отметить, что арка бухарского медресе по своим пропорциям стройнее, чем арка самаркандского, хотя их кривые составлены из отрезков двух пересекающихся, геометрически подобных эллипсов. Параметры кривых эллипса арок таковы (рис. 181):

	a	b	c	при пролете
Медресе в Бухаре	5	3	4	4
Медресе в Самарканде	5	3	4	5

Арка айвана во дворе медресе Улугбека в Бухаре геометрически подобна арке входного портала, но, по Л. И. Ремпелю, она трехцентровая [247, с. 415—416]. Автор не дает математического анализа, однако из приведенного им чертежа следует, что при пролете арки L малый радиус $r = \frac{L}{2}$, большой радиус $R = \frac{L}{2} (3\sqrt{2} + 1)$.

Поскольку пролет арки $L = 635$ см, то $R = 1663$ см. Из приводимого анализа явствует, что $R > r$ более чем в 5 раз, следовательно, в местах сопряжения отрезков кривых малого и большого радиусов должны были быть заметные «переломы», между тем их нет, в натуре кривые этой арки плавные. Кроме того, построение кривой с радиусом, превышающим 16,5 м, представляло бы большую сложность, чем построение кривой эллипса с простыми параметрами целочисленного треугольника 3, 4, 5.

Несколько особняком стоят построения пересекающихся эллипсов арок мавзолея Ишрат-хана. Здесь, как видно из анализов Г. А. Пугаченковой, эллипсы выражены параметрами: для арки главного портала $a = 4, b = \sqrt{7}, c = 3$ при $L = 4$; для малых арок на крыльях здания $a = 3, b = \sqrt{5}, c = 2$ при $L = 4$.

Примечательно, что малые оси (b) эллипса в обоих случаях выражены иррациональными величинами $\sqrt{7}$ и $\sqrt{5}$. Это свидетельствует о том, что построение таких эллипсов методом Ибн Синана исключается. Но они с успехом могли быть построены методом ал-Хасана.

Метод построения, предложенный Г. А. Пугаченковой [238, с. 73—78], вполне возможен и основан на современном уровне наших познаний о свойствах астрономического эксцентриситета $e = \frac{c}{a}$.

Способ этот, пока не обнаруженный нами в восточных средневековых источниках, может быть, и не был известен зодчим Самарканда XV в.

Кроме того, последними исследованиями для мавзолея Ишрат-хана взамен гяза, равного 73,5 см, принятого Г. А. Пугаченковой, предлагается гыз, равный 68 см [168, с. 162—165]. Если это действительно, то пролет арки портала мавзолея не 12, а 13 гязов, в связи с чем приходится вновь вернуться к анализу кривых арок мавзолея Ишрат-хана. Этот анализ позволил выявить очень близкие к натуре очертания двух пересекающихся эллипсов с простыми отношениями величин большой и малой полуосей, выраженных гязами в 68 см.

Параметры эллипсов для арки портала: $a = 13$, $b = 8$ при пролете арки $L = 13$.

Аналитические построения на обмерном чертеже фасада мавзолея Ишрат-хана (рис. 141) подтверждают сказанное и позволяют установить математическую взаимозависимость параметров эллипса с соразмерностями арочной ниши портала в ее горизонтальных и вертикальных членениях.

Последним по времени архитектурным памятником Средней Азии, где в арках еще встречаются кривые эллипса, является медресе Мири-Араб и ханака Надира Диван-беги (XVII в.) в Бухаре. Здесь параметры эллипса: $a = 12$, $b = 7$, при пролете $L = 12$, что соответственно может быть выражено $1, \frac{1}{\sqrt{3}}, 1$ (рис. 151).

Архитектурная практика последующего времени уже не знает отрезков кривых эллипса, их окончательно заменили трех- и четырехцентровые стрельчатые арки.

Приведенные анализы характеризуют теорию и практику геометрической гармонизации форм арочно-сводчатых конструкций, основанных на применении кривых эллипса в зодчестве Средней Азии. Однако они были присущи и архитектуре Ближнего и Среднего Востока. Опубликованные обмерные данные М. Дъелафуа и К. Кресвелла, а также С. А. Дадашева и М. А. Усейнова позволяют в какой-то степени поднять завесу над интересующей нас проблемой.

К. Кресвелл анализировал построение стрельчатой арки входных багдадских ворот Ракка, датированных 772 г. (рис. 182). Он сообщает,

что «приводимая схема тщательно вычерчена с увеличенной фотографии этого свода и центры расположены примерно так, как указано на чертеже. Ясно, что в основном это арка обычного двухцентрового типа, но та часть ее, которая находится ближе к опоре, выполнена более круто благодаря резкому уменьшению изгиба» [316, с. 43]. Как видно из этого текста, исследование К. Кресвелла не сопровождается математическим анализом, и даже неясно, что является исходным параметром — пролет арки или мнимый пролет «обычного двухцентрового типа», показанный на чертеже пунктиром. Однако следует констатировать, что рассматриваемая кривая арки багдадских ворот Ракка очень близка к кривой эллипса с параметрами: $a = 2$, $b = 1$, $c = \sqrt{3}$ при пролете $L = 2$.

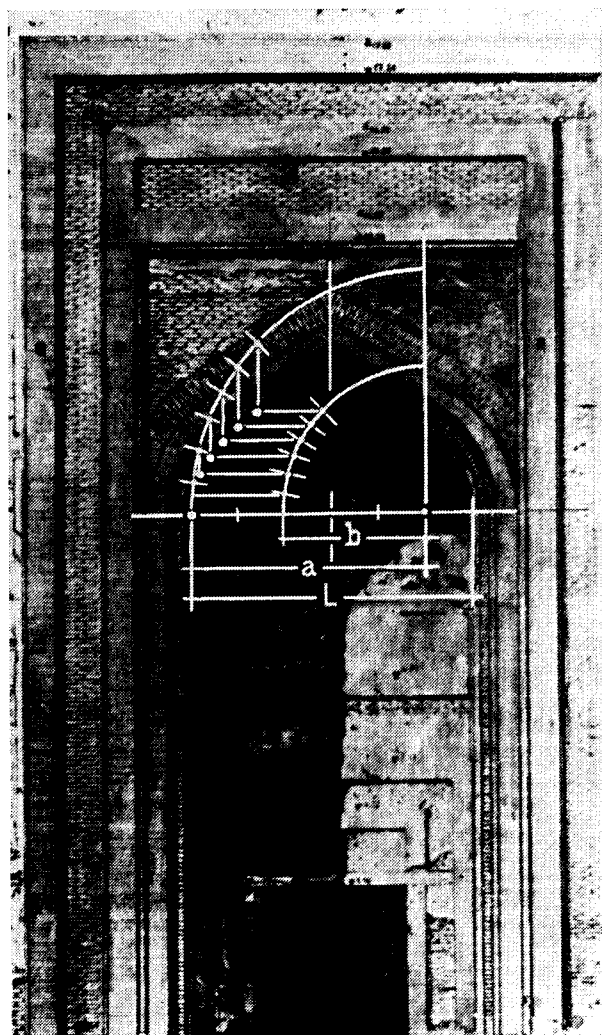


Рис. 174. Мавзолей Тюрабек-ханым. Анализ построения арки

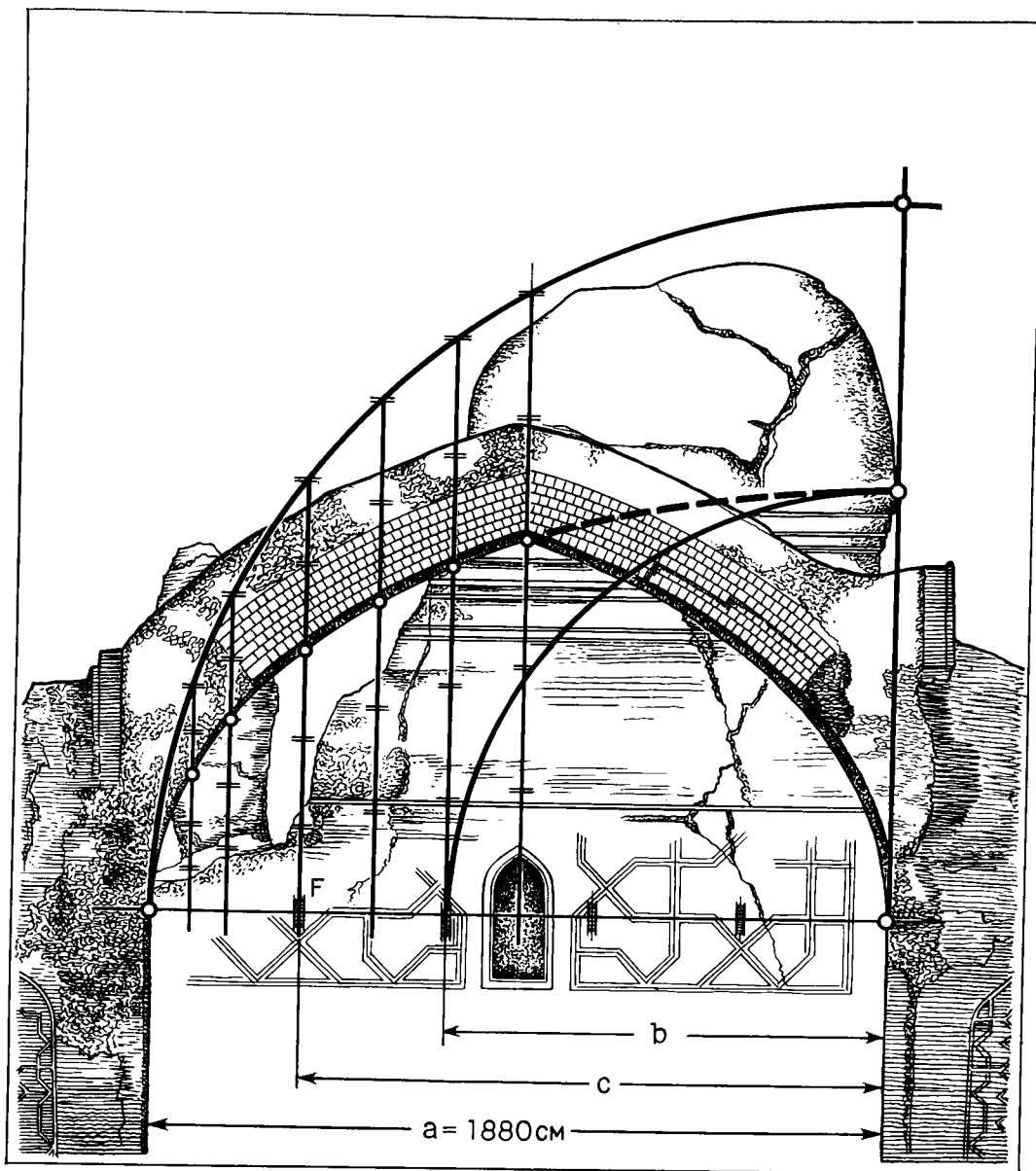


Рис. 175. Мечеть Биби-ханым. Анализ построения арки портала

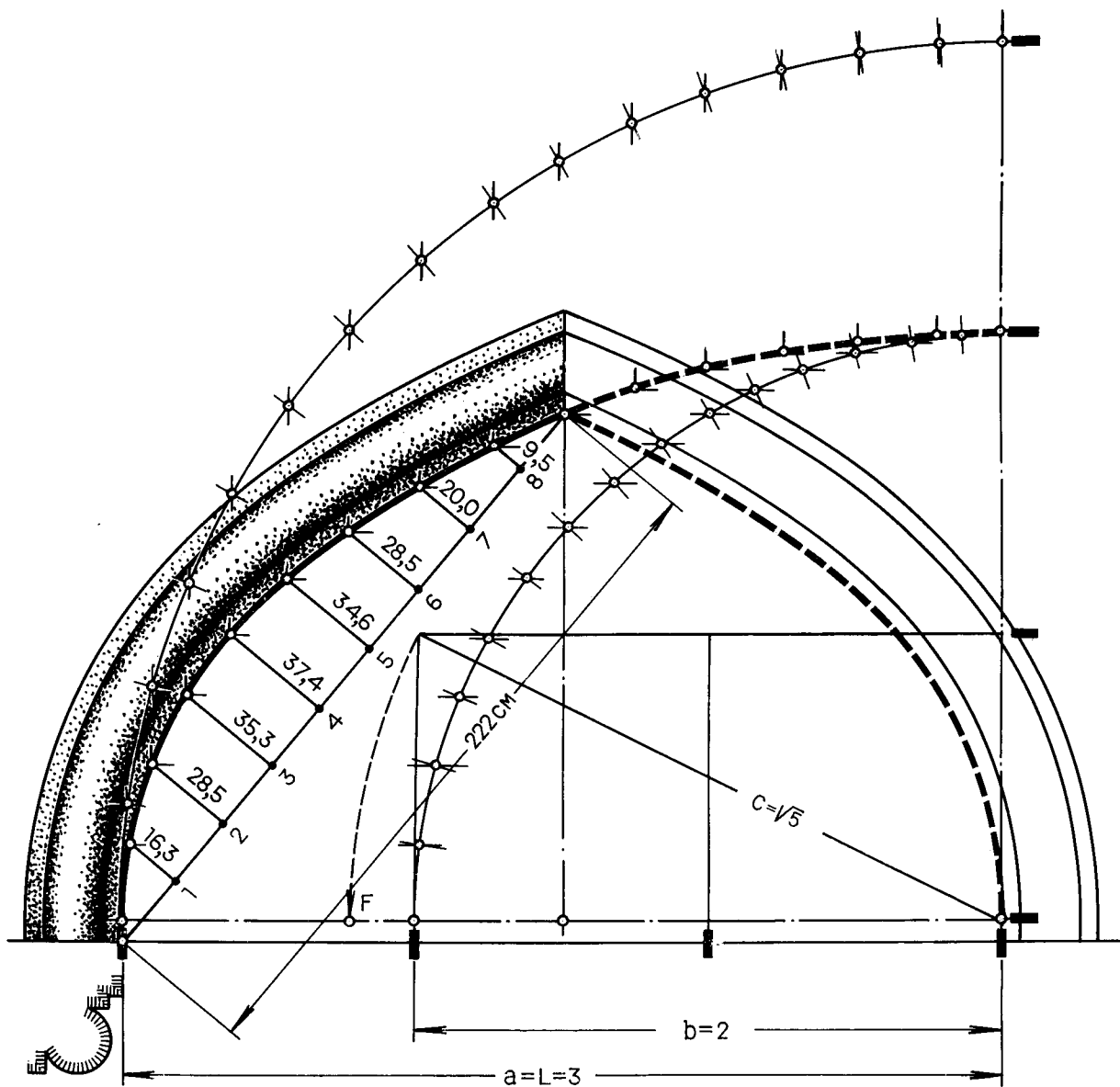


Рис. 176. Мраморный архивольт арки из мечети Биби-ханым. Анализ построения кривой

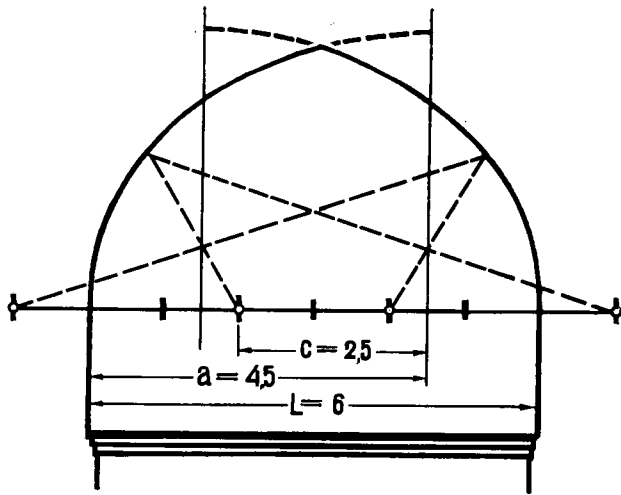


Рис. 177. Мавзолей Гур-Эмир.
Построение формы купола

Построение кривой такого эллипса могло осуществляться просто — делением ординат круга $x^2 + y^2 = a^2$ пополам (рис. 182) ².

Один из крупных ориенталистов, М. Дьелафуа, первым подверг анализу кривые арок мавзолея Олджейту в Султании (1308—1316). Установленные им приемы построения арок вошли во все учебники истории архитектуры. М. Дьелафуа в своих анализах посредством подбора установил, что арки мавзолея в Султании вычерчивались из четырех центров (рис. 183) ³, т. е. каждая половина арки состоит из двух частей — *A* и *C*, различных радиусов. Чтобы построить кривую *A* малого радиуса, половину пролета арки делят на четыре равные части (точками I, II, III, IV); за центр принимается точка I, а перпендикуляр из точки III определяет в точке *D* переход к кривой большого радиуса.

Для верхней части центр *C* определяется довольно сложно: строится квадрат *OABC* и половина пролета делится на шесть равных частей (точками 1, 2, 3, 4, 5, 6); затем проводится линия *B1*, которая, будучи продолжена на расстояние, равное ее длине, определяет центр *P* верхней части арки [316, с. 110].

Построения М. Дьелафуа получились чрезмерно сложными, не поддающимися простым математическим выражениям. Ибо, как видно из чертежа (рис. 183), $r = \frac{4,50L}{12}$:

$$\begin{aligned} R &= r_1 + r = \frac{L}{12} - (66,25 + 4,50) = \\ &= \frac{L}{21} (8,14 + 4,50) = \frac{12,64L}{12}. \end{aligned}$$

Между тем кривые этих арок представляют собой два пересекающихся эллипса с пара-

метрами: $a = 12, b = \frac{12}{\sqrt{3}}$ при пролете $L = 12$.

Анализ кривых арки портала Диван-хане в Баку дал исключительно любопытные результаты — они оказались отрезками двух пересекающихся эллипсов с параметрами: $a = 4, b = 3$ при пролете $L = 6$ (рис. 184). Прямая вставка у замка имеет уклон 30° к горизонту ⁴.

Арка входа в гробницу Ширваншахов (1335—1336 гг.) — также два пересекающихся эллипса с параметрами: $a = 8, b = 5$ при пролете $L = 10$ (рис. 185).

Эти параметры кривой эллипса, очевидно, были связаны иррациональными отношениями величин, т. е. определены геометрически делением величины a в среднем и крайнем отношении, и для простоты перенесения проекта в натуру были выражены простыми числами 8,5 и 10.

Арка ворот ханского дворца в том же ансамбле имеет также два пересекающихся эллипса с параметрами: $a = 4, b = 3$ при пролете $L = 5$ (рис. 186).

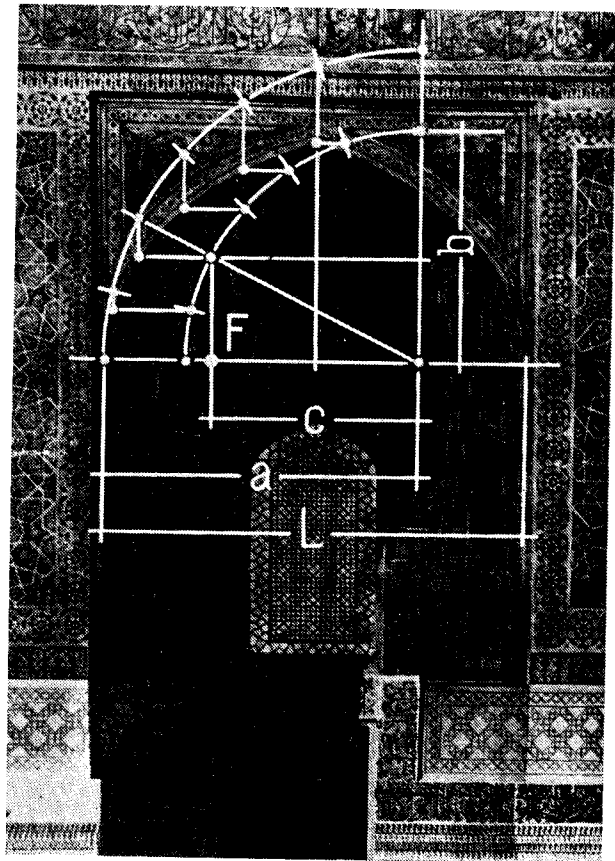


Рис. 178. Мавзолей Гур-Эмир. Интерьер.
Анализ кривой арки четвертика

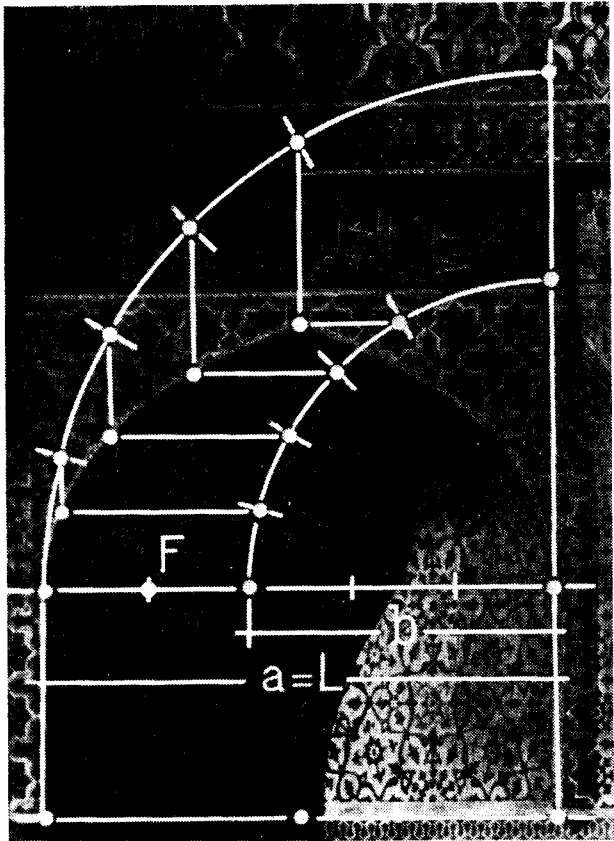


Рис. 179. Мавзолей Гур-Эмир. Интерьер.
Анализ построения арки восьмерика

О применении кривой эллипса или параболы для построения большой архитектурной формы на средневековом Востоке мы не располагаем данными специальных исследований, однако в научной литературе отмечается, что некоторые арки архитектуры Ирана кажутся эллипсоидными [317]. Параболическими представляются формы азербайджанского мавзолея Мелик Аджара (XII—XIII вв.) [270]. Опубликованные материалы обмеров мавзолея Мелик Аджара (план и разрез), к сожалению, не снабжены показателями размеров, тем не менее позволяют выдвинуть гипотезу о применении его зодчими эллипса для построения формы — силуэта сооружения. План этого мавзолея обычный — по внешнему абрису восьмиугольник, с круглым помещением, с относительно тонкими стенами, при общей высоте сооружения более 11 м.

Силуэт здания с некоторыми допущениями вписывается в кривую эллипса с параметрами: большая полуось $a = A\sqrt{2}$, малая полуось $b = \frac{A}{2}$ при A , равном диаметру окружности, вписанной в восьмиугольник плана (рис. 187).

Нахождение фокальных расстояний эллипса, очевидно, не требовалось, так как здесь для построения форм зодчий пользовался методом Ибн Синана (рис. 366).

Создавая необычную архитектурную форму этого мавзолея, зодчий не смог отказаться от традиционного членения объема на восьмерик и купол. При этом восьмерик подчеркнут карнизом на высоте, равной A от обреза цоколя. По ребрам его — пилястры. В интерьере пилястров нет, но на той же высоте — карнизная тяга.

Фактический материал анализа, приведенный выше, не оставляет сомнений в том, что для построения форм стрельчатых арок наряду с применением трех- и четырехцентровых кривых зодчие Средней Азии и Азербайджана пользовались и отрезками эллипса. Однако невольно возникает вопрос: почему появилась необходимость применения кривых эллипса для построения стрельчатой арки, кто же мог разработать и предложить такие приемы построения архитектурной формы?

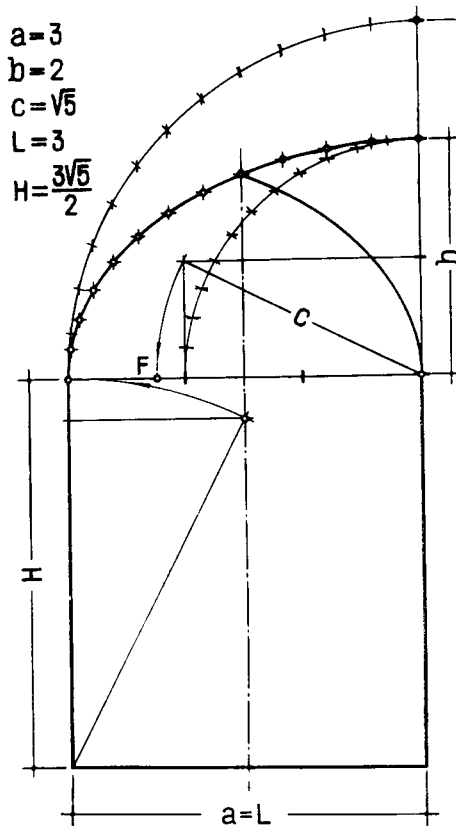


Рис. 180. Мавзолей Гур-Эмир.
Анализ построения арки
входных ворот двора

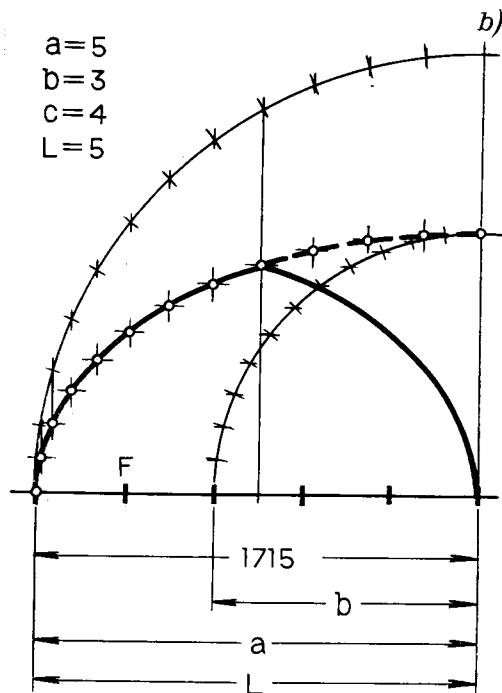
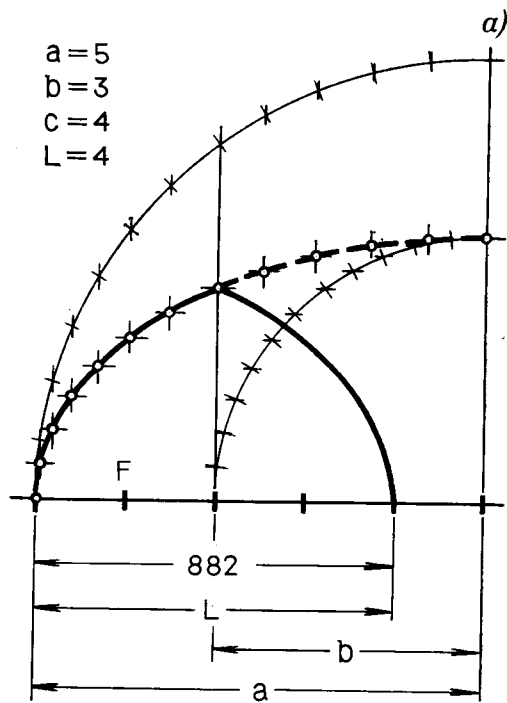


Рис. 181. Сравнительный анализ построения арок портала медресе Улугбека в Бухаре и Самарканде:
 a — в Бухаре; b — в Самарканде

Натурное построение шаблонов трех- и четырехцентровых арок просто и удобно для малых пролетов, но значительно сложнее для больших, когда длина большого радиуса измеряется десятками метров. Однако не это явилось причиной для перехода на кривые эллипса, а соображения красоты линии кривой стрельчатой арки. Существенным недостатком трех- и четырехцентровых арок является наличие «перелома» в местах смыкания кривых разных радиусом [238, с. 73], который тем заметнее для глаза, чем больше разница между малыми и большими радиусами, благодаря чему арка перестает казаться упругой.

Это обстоятельство, очевидно, выдвинуло перед зодчими задачу устранения нежелательного «перелома» кривой арочно-сводчатых форм, чтобы кривая арки была плавная, непрерывная, гармоничная, упругая.

По всей вероятности, эта задача не могла быть решена самими строителями, и представ-

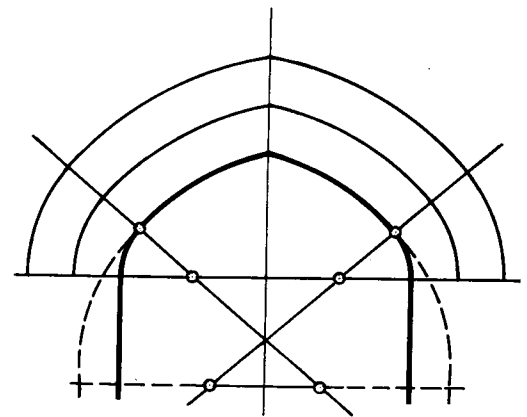
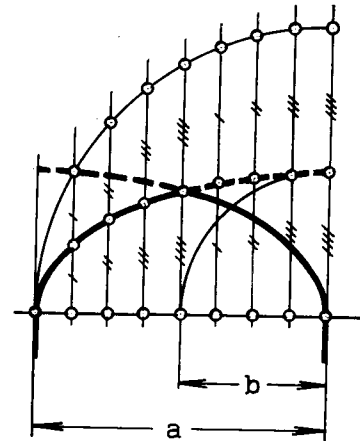


Рис. 182. Сравнительный анализ построения входных ворот Ракка по Ибн Сипану (вверху) и А. Кресвеллу (внизу)

Параметры кривых эллипса

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII
a	1	3	4	5	2	8	$\sqrt{3}$
b	2	2	3	3	$\sqrt{2}$	5	1
c	$\sqrt{3}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{7}$	4	$\sqrt{2}$	$\sqrt{39}$	$\sqrt{2}$

Анализ построения форм значительного количества арочно-сводчатых конструкций стрельчатого очертания позволили выявить несколько характерных кривых эллипса, применявшихся для их построения. Они классифицируются по параметрам (рис. 188; см. таблицу 1).

Разнообразие форм стрельчатых арок достигалось не только разными кривыми эллипса, но и расстановкой двух пересекающихся отрезков эллипса; если они ставились близко, очертания арки или свода получались приподнятыми, если широко — то арки имели приземистые очертания.

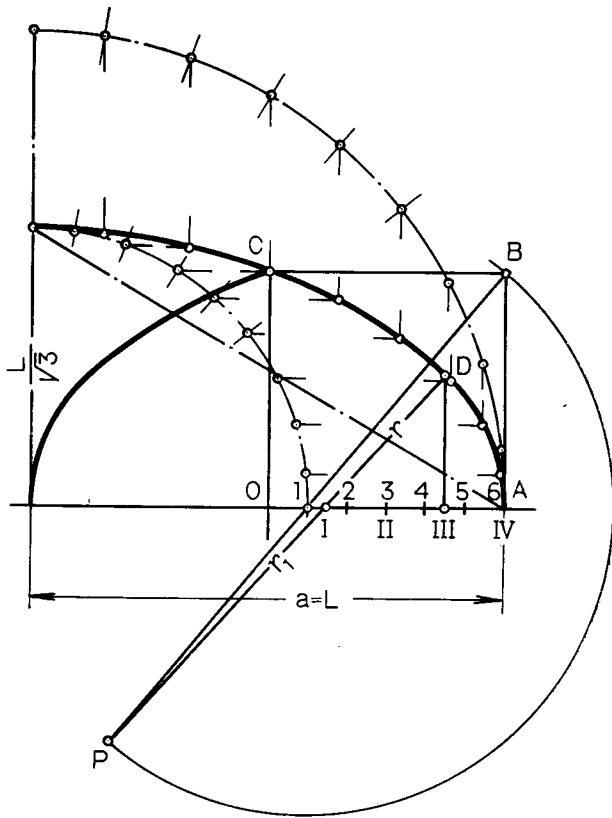


Рис. 183. Сравнительный анализ построения арки мавзолея Худабенда в Султании по М. Дьелафуа

ляется вполне закономерным, что на помощь практике приходит наука — трактаты, посвященные кривым второго порядка, о которых говорилось выше. Здесь особо следует отметить роль Ахмада ал-Фергани (IX в.), уроженца Средней Азии, проявившего себя во многих областях науки, известного в Европе под латинизированным именем Альфрагана или Алфраганиуса — крупнейшего ученого средневековья, математика и астронома [191, с. 47], имевшего отношение также и к вопросам зодчества.

Занимаясь теоретическим осмыслением архитектурной практики, Ахмад ал-Фергани, очевидно, разработал различные приемы построения кривых стрельчатых арок, как трех- и четырехцентровых, так и эллиптических, в помощь ремесленникам, подобно Абу-л-Вафа Бузджани, написавшему книгу по геометрии построений, о чем говорилось выше, ибо не случайно ал-Фергани приписывается создание стрельчатой арки ниломера в Фустате (861 г.), впервые появившейся в арабском зодчестве Египта [316, с. 302—303], хотя эта форма бытовала на Востоке значительно раньше и к VIII в. приобрела характерные для нее очертания.

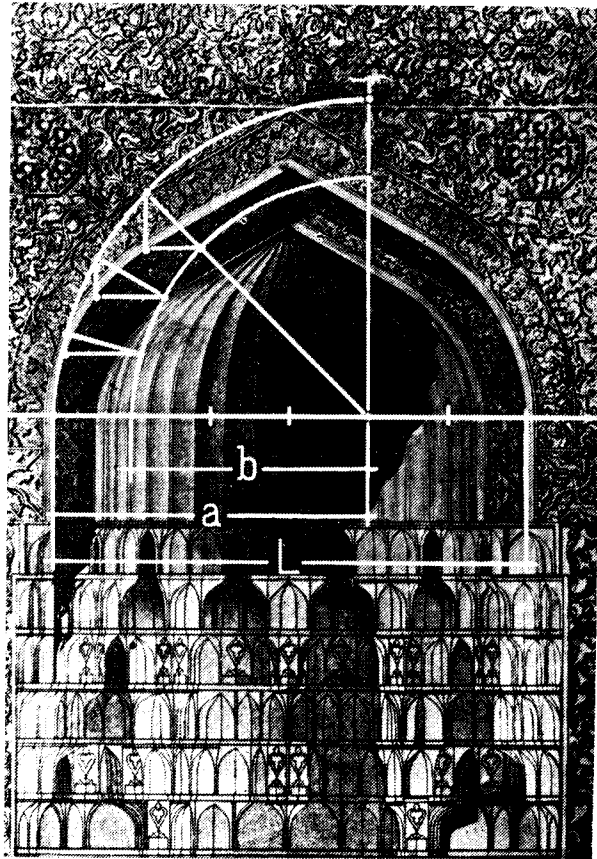


Рис. 184. Диван-хане в Баку. Анализ построения арки портала

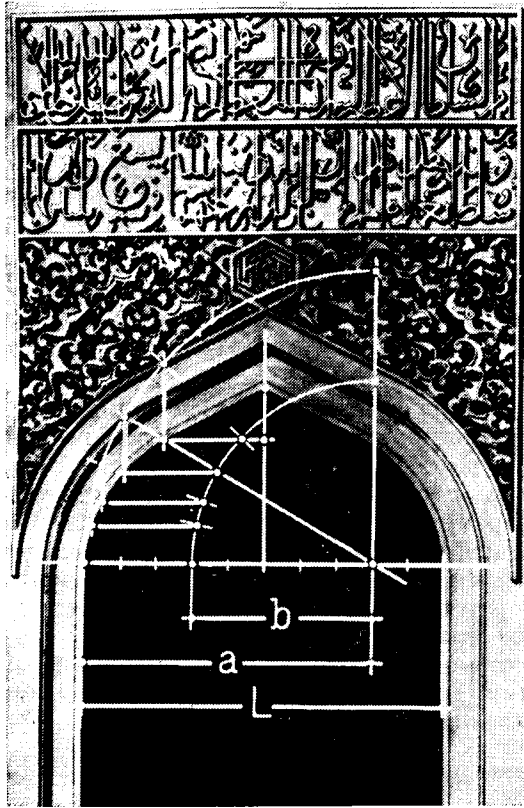


Рис. 185. Гробница Ширваншахов в Баку.
Анализ построения арки входа

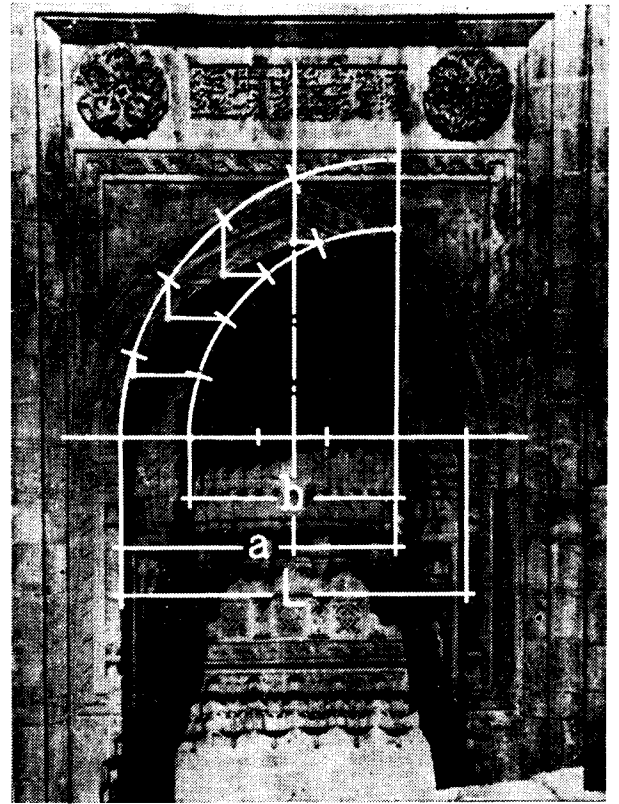


Рис. 186. Ханский дворец в Баку.
Анализ построения арки ворот

Фактический материал, добытый исследователями, позволяет констатировать наличие в средневековой архитектуре Средней Азии целого ряда разновидностей кривых арочно-сводчатых конструкций:

1) полукруглые кривые, не получившие широкого распространения в архитектуре Средней Азии;

2) двухцентровые арки и своды, применявшиеся в IX—XIV вв., но ограниченно;

3) трехцентровые и

4) четырехцентровые арки и своды, использовавшиеся часто и сосуществовавшие в продолжение всего средневековья;

5) тороконические куполы;

6) двухцентровые арки с прямыми отрезками у замка;

7) коробовые очертания сводов с «зеркалом» или без него (XIV—XV вв.).

В периоды наибольшего расцвета средневековой культуры образованные зодчие, хорошо знакомые с теорией конических сечений, для создания красивых очертаний арок и сферо-конических куполов пользовались отрезками кривых эллипса, чем достигали лучшей геометрической гармонизации архитектурной формы.

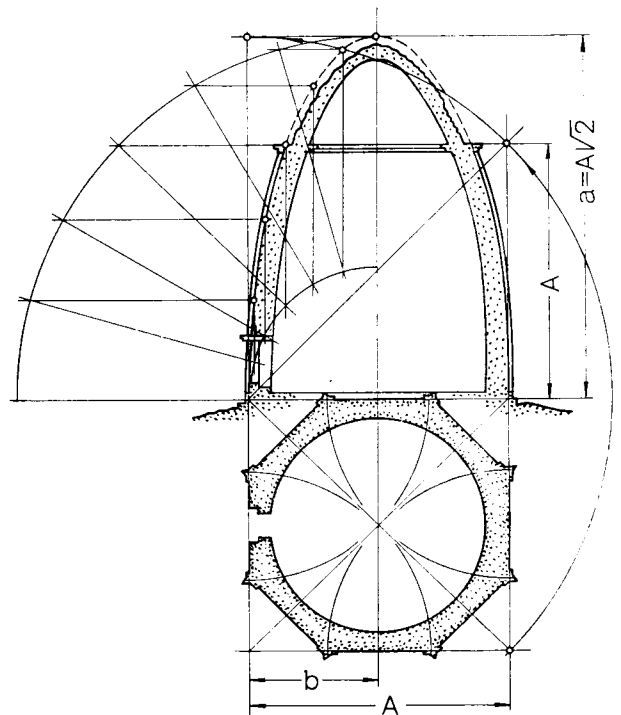


Рис. 187. Мавзолей Мелик Аджара в Азербайджане.
План и разрез. Анализ построения.

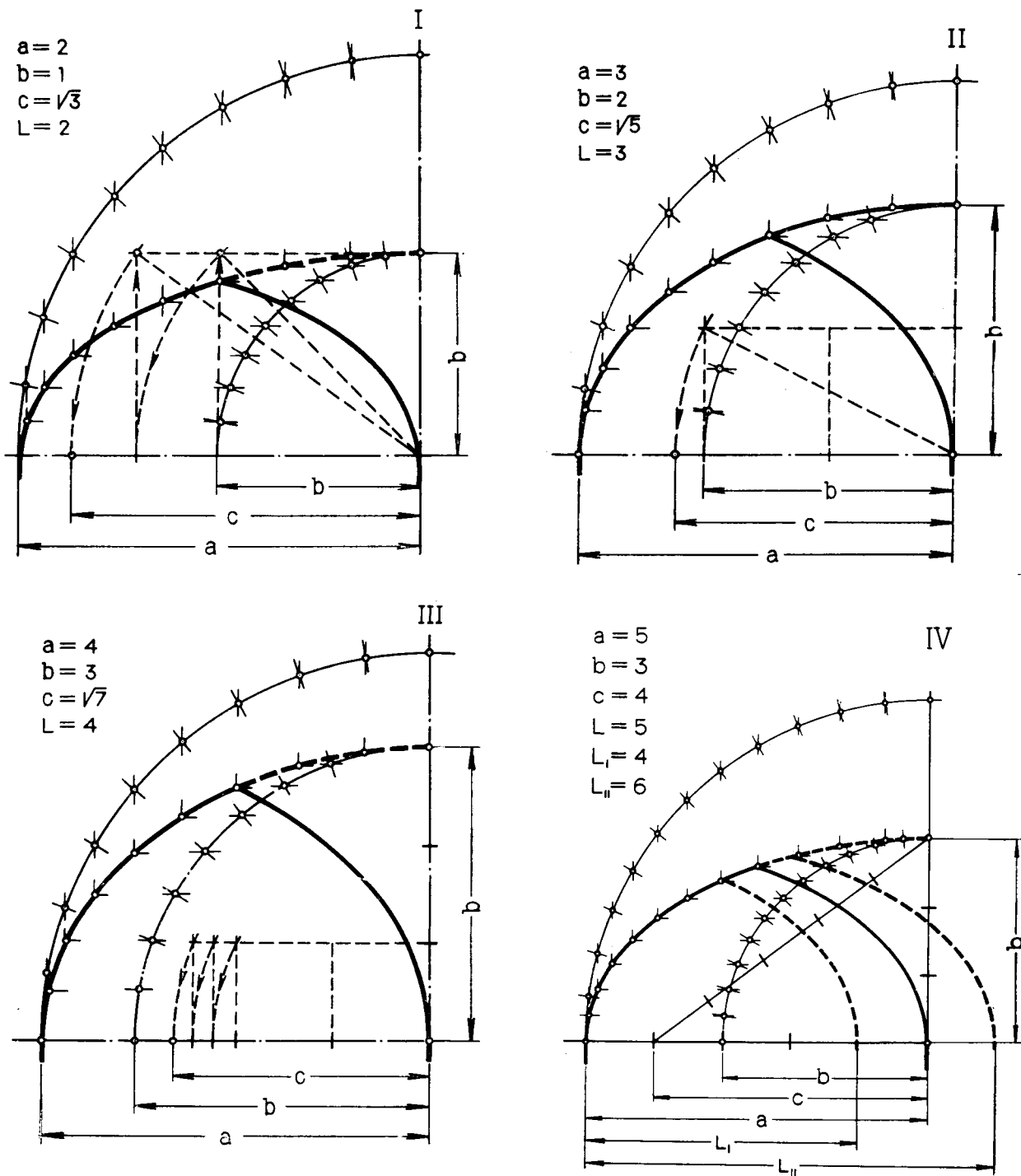


Рис. 188. (I—IV). Характерные кривые эллипса, применявшиеся в построении арочно-сводчатых очертаний

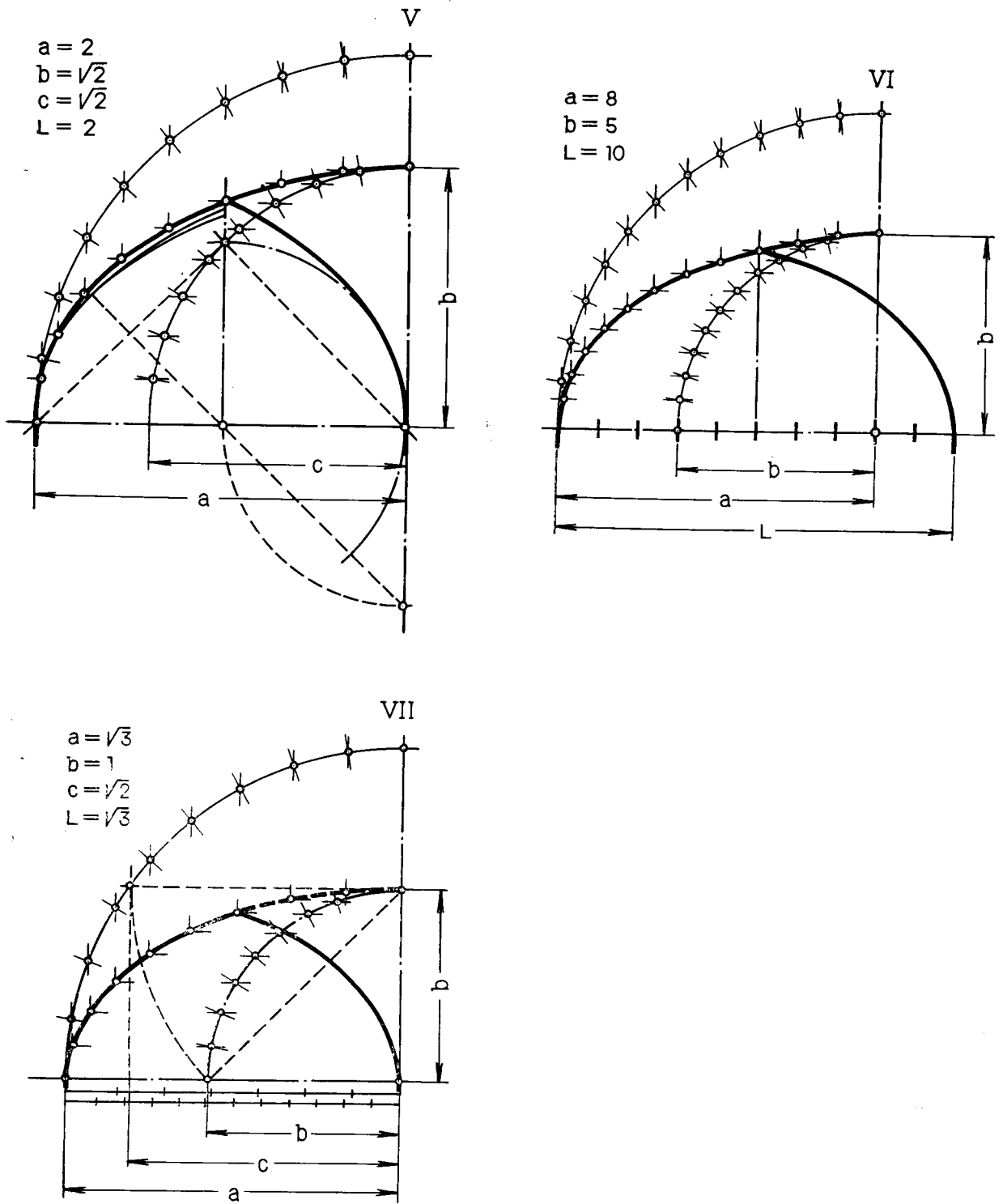


Рис. 188. (V–VII). Характерные кривые эллипса, применявшиеся в построении арочно-сводчатых очертаний

Применение эллипса для построения архитектурной формы отражает математические методы в творчестве зодчих эпохи и является возрождением в ином качестве античных традиций сасанидского Ирана, где применение параболических и эллипсовидных очертаний для арочно-сводчатых конструкций было явлением достаточно распространенным [301, с. 124—125].

Однако теория построения кривых арочно-сводчатых конструкций была связана с устойчивостью в условиях сейсмике и удобствами бескружалного их возведения. Если последнее требовало стрельчатой формы с отказом от полуциркульных очертаний, то по законам статики необходимо было осуществить принцип: чем больше пролет перекрываемого пространства, тем

б о л ь ш е к р у т и з н а арочно-сводчатых конструкций, что явствует из рекомендаций ал-Каши.

Это положение не всегда соблюдалось на практике, что позволило Г. М. Ализаде утверждать: «Форма арки не находится ни в какой связи с размером перекрываемого ею проема» [9, с. 65].

В сооружениях с двойным куполом крутизна внешних сферических или конических покрытий на барабанах, как правило, больше крутизны внутренних. Этот принцип был обусловлен также требованиями статики — уменьшения распора внешнего купола на барабан. Однако и в этом случае зодчие стремились придать им красивые формы, мягкие, плавные очертания, иногда в сочетании с декором, присущим той или иной архитектурной школе.

АРХИТЕКТУРНЫЙ ОРНАМЕНТ

Исследование геометрической гармонизации в архитектуре Средней Азии было бы далеко не полным, если бы мы не рассмотрели такую область архитектурно-художественного творчества, как геометрический орнамент, сыгравший решающую роль в синтезе искусств мусульманского Востока.

Средневековое орнаментальное искусство наряду с монументальной живописью и скульптурой получило высокое развитие в архитектурах всех цивилизованных народов. Однако в синтезе искусств орнаментика занимала относительно скромное место.

Совсем другую картину мы видим в архитектуре исламизированных стран. Здесь в синтезе искусств особая роль принадлежит орнаментике. Она безраздельно господствует в архитектурном декоре и достигает высокого художественного совершенства. И не будет преувеличением, если скажем, что нигде орнаментальное искусство не достигло такого расцвета, как на мусульманском Востоке.

Исследованию и характеристике архитектурного орнамента Среднего и Ближнего Востока посвящено немало трудов как советских, так и зарубежных ученых. Не останавливаясь на истории исследования геометрического орнамента Среднего Востока, которая достаточно полно представлена в работе Л. И. Ремпеля [247, с. 14, 15], укажем лишь на те исследования, которые были посвящены за последние годы непосредственно архитектурному орнаменту Средней Азии.

Архитектор Г. И. Гаганов в 1939—1940 гг. выполнил интересное для своего времени исследование геометрического орнамента Средней Азии, целью которого была разработка предложений по применению орнамента в современной архитектурно-художественной практике [108, с. 181—208].

Источником исследования для автора послужили сохранившиеся альбомы — дафтар-и-герих — и свитки с чертежами орнаментов XVI—XVII вв., орнаменты на архитектурных

памятниках Средней Азии XII—XVII вв. Чертежи из альбомов, в которых имеются все вспомогательные линии построения орнаментов, помогли Г. И. Гаганову в расшифровке различных систем герихов. Казалось, теперь уже не было сомнений в том, какими методами строились геометрические орнаменты Средней Азии XVI—XVII вв. Автор дает классификацию геометрических орнаментов известных ему герихов и разрабатывает новые варианты геометрического орнамента, основанные на «полярной» сетке координат. Работа осталась незавершенной: автор погиб на фронте во время Великой Отечественной войны.

Усто Ширин Мурадов, Б. Н. Засыпкин, Н. Ш. Лукашева для курсов мастеров строительного искусства в Самарканде в 1941 г. разработали конспект учебного пособия «Искусство резьбы по ганчу» [349] с более чем 230 чертежами. Наряду с освещением многих вопросов искусства резьбы по ганчу — технологии строительного материала, производства работ, пластики форм, терминологии, художественного мастерства — в конспекте отведено особое место орнаментальным мотивам — растительным и геометрическим, взятым как с памятников зодчества Средней Азии XII—XVII вв., так и с жилых домов Бухары XIX—XX вв. В контексте дана характеристика орнаментов, они подразделяются на ленточные, сетчатые, розетчатые, которые, в свою очередь, имеют разновидности, отличающиеся композицией, пластикой и технологией исполнения. В разделе «Некоторые данные к теории построения геометрических мотивов» говорится, что «крупные мастера-гульганчоры прекрасно владеют искусством строить герихи и их вычерчивать. Многие герихи переходили из поколений в поколения и сохранились в архивах старых мастеров». Авторы пособия утверждают, что для решения всякого гериха обязательным условием является заданная ширина, исходя из размера которой требуется решить построение гериха. При этом обращается вни-

мание на то, что все герихи состоят из геометрически правильных многоугольников, или звездчатых фигур, или из отдельных частей и строятся на осях правильных многоугольников. Ссылаясь на старые герихи из свитков и герихи народных мастеров, авторы конспекта говорят, что те чертились только в линейных схемах независимо от материалов и характера исполнения орнамента и что, для того чтобы сухую геометрическую схему претворить в оживленный художественный орнамент, требуется опыт и мастерство.

Несомненный интерес представляют исследования проф. Н. Б. Бакланова, посвященные среднеазиатскому геометрическому орнаменту.

Сопоставляя орнаменту Западной Европы и Средней Азии, Н. Б. Бакланов констатировал, что «западноевропейская орнаментика довольствуется в громадном большинстве случаев четырьмя осями: вертикальной, горизонтальной и двумя наклонными под углом 45° . Число возможных комбинаций из них по 1, по 2 и по 4 оси равно 16. На Востоке кроме указанных также часто встречаются еще пары осей под 10 , 15 , 18 , $22,5^\circ$; под 30 , 36 , 60 , $67,5$, 72 , 75° и др. Это дает возможности комбинаций по 2, 4, 6 и т. д. осям из 22, что доводит их количество до цифры более чем 6000» [28, с. 101]. Этим фактом автор отчасти объясняет богатство восточной орнаментики.

Н. Б. Бакланову удалось выяснить определенную математическую закономерность в построении среднеазиатских герихов, повторяемость фигур, которые, в свою очередь, имели составные элементы, и определить, что модулем кирпичного орнамента является размер толщины кирпича.

Математический анализ и выяснение рабочего метода перенесения герихов в натуру позволили автору прийти к заключению, что осуществление кирпичного орнамента «могло поручаться любому кладчику, вся же сложность композиции герихов ложилась на мастера-орнаменталиста, художника и обязательно на хорошего чертежника, знавшего геометрию и даже тригонометрию» [28, с. 111].

Работа Н. Б. Бакланова представляет собой весомый вклад в теорию архитектурного орнамента, хотя и носит фрагментарный характер. Исследовался главным образом кирпичный орнамент и лишь частично резьба по ганчу, в связи с чем вопрос о классификации среднеазиатского архитектурного орнамента остался открытым.

Многие годы плодотворного труда посвятил Л. И. Ремпель исследованию архитектурного орнамента Средней Азии, преимущественно Узбекистана и Южной Туркмении [346; 247;

248]. Автор собрал значительный фактический материал по архитектурному орнаменту, осветил вопросы генезиса, периодизации, эволюции стиля, взаимовлияний сюжетов, технологии строительного материала, пластики форм; разработал классификацию и теорию архитектурного орнамента. Исследованием был охвачен огромный исторический период со времен глубокой древности вплоть до наших дней, включая современную архитектурную практику, опыт и теорию народных мастеров-зодчих.

Представляет интерес обоснование Л. И. Ремпелем переноса принципов гериха в приемы построения архитектурной формы в пространстве [239, с. 224—231].

Исследованиями отдельных фрагментов герихов на памятниках архитектуры XI—XVII вв. занимались Г. Н. Томаев, Ш. Е. Ратия, Г. А. Пугаченкова, Л. Ю. Маньковская, П. Ш. Захидов, И. И. Ноткин, Ю. Г. Шваб, А. Зайнутдинов, И. Е. Плетнев и др.

В результате всех этих исследований выявлены определенные закономерности построения геометрического архитектурного орнамента Средней Азии и стала очевидной высокая художественная культура мастеров-орнаменталистов.

Однако следует признать, что в исследованиях большинства наших предшественников построение геометрического орнамента на плоскости рассматривалось изолированно от приемов построения архитектурной формы в пространстве. Нам представляется совершенно очевидной необходимость сравнительного анализа этих приемов, являвшихся достоянием архитектурно-художественной культуры одного и того же народа, зачастую выполнявшихся одними и теми же мастерами и развивавшихся параллельно в продолжение многих столетий. Такой сравнительный анализ может обогатить исследователя новой информацией и лучшим пониманием метода геометрических построений как на плоскости, так и в пространстве.

Кроме того, неисследованными остались исключительно интересные памятники орнаментального искусства Узгента, Хорезма, Хорасана, их оригинальные геометрические построения.

Целый ряд положений, выдвинутых предшественниками, в частности относительно того, что зодчие в построении орнамента использовали только правильные многогранники, оказались несостоятельными, а расшифровки некоторых герихов — неверными.

В отличие от предшественников мы поставили задачу исследовать теорию архитектурного орнамента не только на основании анализа его построения «прощупыванием» циркулем,

но и с привлечением средневековых трактатов. Это позволяет внести существенные поправки в расшифровку целого ряда герихов, построение которых продолжало оставаться спорным, и взглянуть на творчество художников-орнаменталистов с новых позиций, выявить новые аспекты исследуемой темы.

ОСНОВЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ОРНАМЕНТА

X—XV²вв.

Уровень развития орнаментального искусства в Средней Азии до арабского завоевания прекрасно представлен археологическими находками из развалин дворца в Варахше — бывлой резиденции Бухархудатов, в 40 км от г. Бухары.

Окинем взором фрагменты этого орнамента, представлявшего резьбу по штукатурке, зафиксированного и реконструированного археологом В. А. Шишкиным, и попытаемся уяснить лишь некоторые приемы построения орнамента.

Как видно из представленных рисунков, одни из этих орнаментов ленточные, другие заполняли орнаментальное поле, третьи — розетчатые; в одних орнаментах рисунки геометрические, в других — растительные: одни из орнаментов элементарно простые, другие — имеют относительно сложную композицию. Но их объединяют повторяемость фигур, наличие ритма в построении композиции и геометрическая основа, не говоря уже о высоком мастерстве исполнения резьбы по штукатурке.

Элементарный анализ позволяет констатировать, что варахшинские художники-орнаменталисты, пользуясь геометрией при построении орнамента, свободно оперируют стороной и диагональю квадрата, их производными (рис. 189), последовательным делением заданной величины пополам (рис. 190), «египетским» треугольником 3, 4, 5 (рис. 191), циркулем, делением круга на 4, 8, 16, 32 части (рис. 192).

В IX—X вв. происходит осмысление основ зодчества. Геометрические приемы — основа архитектурного проектирования мусульманского средневековья — распространились и на архитектурный орнамент. Вслед за классификацией наук и обобщением строительно-художественной практики в трактате Фараби в приложении к книге Абу-л-Вафа Бузджани появляется трактат анонима «Введение [в учение] о подобных и соответственных фигурах», представляющий, по существу, изложение теории архитектурного орнамента (см. прил. 2).

«Введение...», ставшее настольной книгой искусных мастеров, художников-орнаменталистов, оказало существенное влияние на художественную практику.

Автор этих строк не математик и не претендует на математический аспект исследований архитектурного орнамента, но он глубоко убежден, что такое исследование с привлечением электронно-вычислительной техники осуществится, быть может, в недалеком будущем и откроет новые горизонты¹.

Ниже приводятся анализы общеизвестных и привлекаемых впервые произведений орнаментального искусства Средней Азии. В них мы стремимся проследить наличие связи в построении архитектурного орнамента X—XV вв. с примерами из трактата «Введение в [учение] о подобных и соответственных фигурах» и «Книги духовных искусствых приемов и природных тайн о тонкостях [геометрических] фигур»

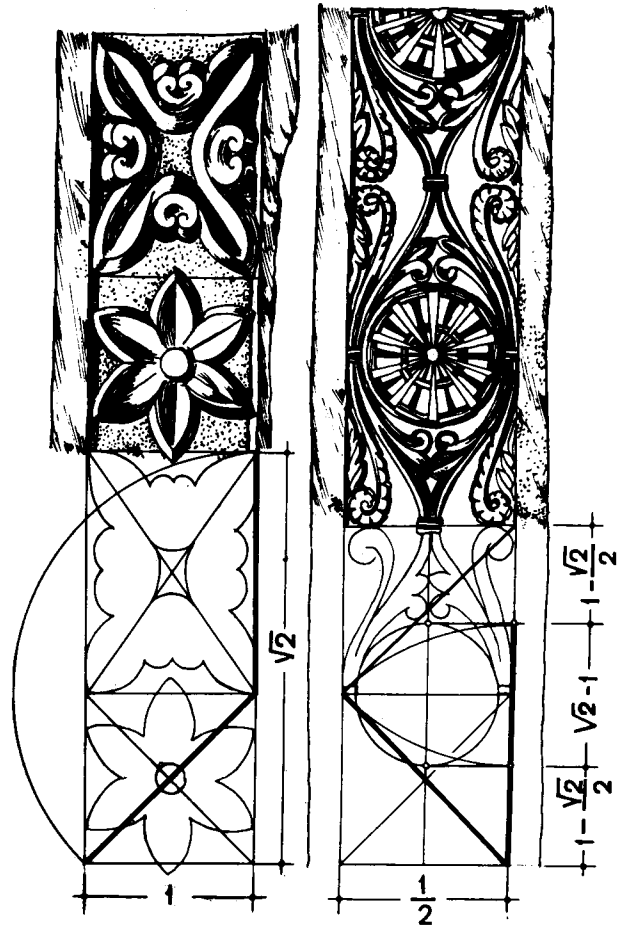


Рис. 189. Дворец Бухархудатов в Варахше (VII—VIII вв.). Ленточный орнамент. Резной штукатур. Анализ построения

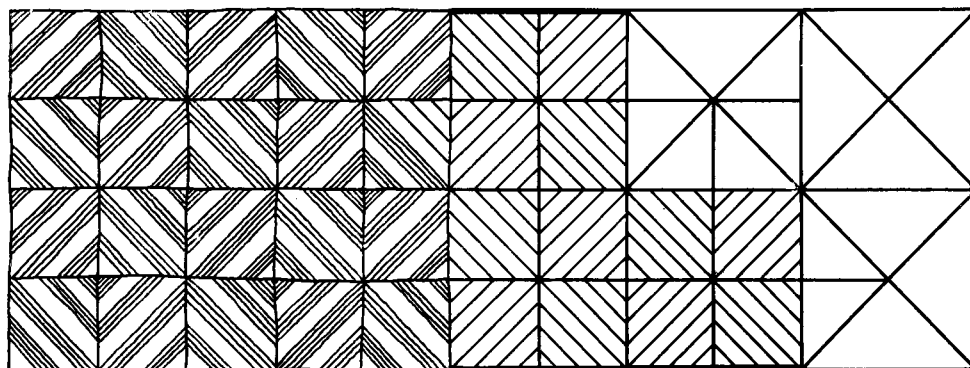
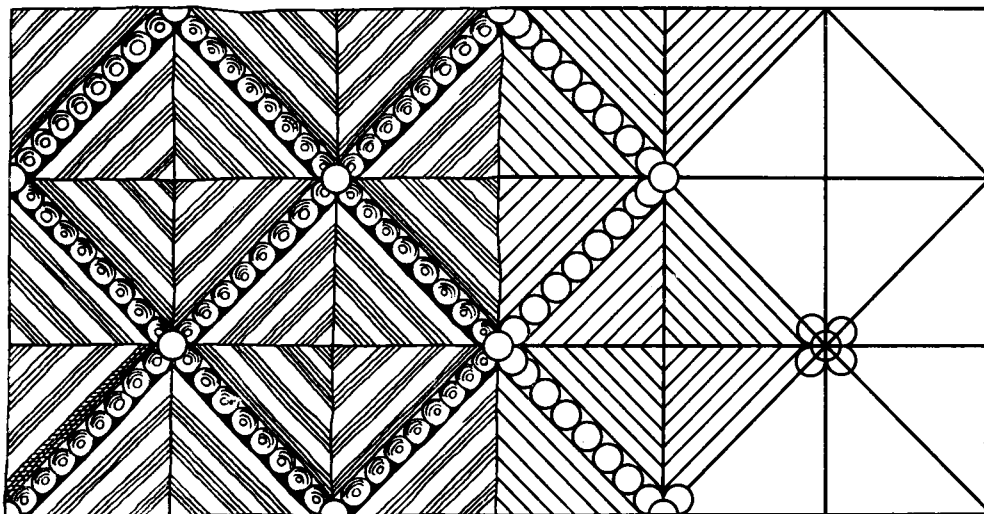
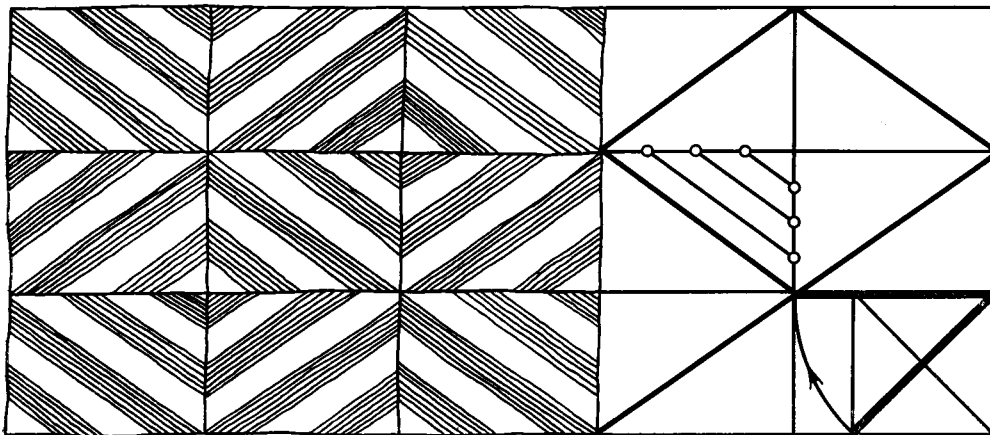


Рис. 190. Дворец Бухархудатов. Орнаментация плоскости стены. Резной штук.
Анализ построения

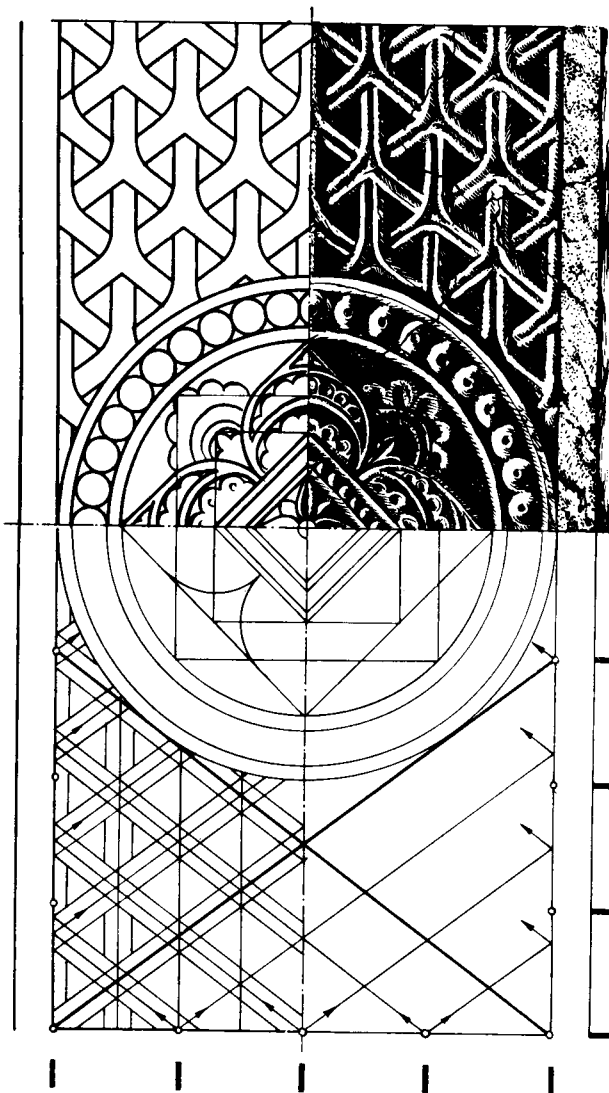


Рис. 191. Дворец Бухархудатов. Орнаментация панели. Резной шtuk. Анализ построения

ал-Фараби и сопоставить приемы построения орнамента на плоскости с построениями архитектурной формы в пространстве.

Орнамент дворца Саманидов в Самарканде. Афрасиабские панели (IX—X вв.)

Более полувека со времени археологического открытия Абдувахида и В. Л. Вяткина в 1911—1912 гг. и М. Е. Массона в 1919 г. афрасиабские панели как высокохудожественное произведение орнаментального искусства Средней Азии тысячелетней давности привлекают внимание ученых. К их детальному описанию и анализу дважды обращается Л. И. Ремпель [24,

с. 30—51; 247, с. 137—147]. Мы же попытаемся выявить математические закономерности построения орнамента, отсутствовавшие в исследованиях этих панелей.

Панель А (рис. 193) в прямоугольнике (105—339 см) с соотношением сторон 1:3. Основа композиции орнамента состоит из повторяющихся и взаимно пересекающихся четырехлепестковых фигур, заполненных растительным орнаментом. Они вписаны в восьмиугольники, построенные внахлестку. При заданной ширине панели построение геометрической схемы — основы орнамента — сводилось к нахождению центров восьмиугольников графическим методом: ширина панели соответствует стороне квадрата $ABCD$. На сторонах квадрата отмечаются углы вписанного восьмиугольника. При попарном соединении они дали пересечения в точках O . Принимая O за центр, построим квадрат $A^1B^1C^1D^1$. На его сторонах отметим углы вписанного восьмиугольника и проведем линии EE^1 , FF^1 , NN^1 . Это построение распространено в пределах исходного квадрата $ABCD$, в результате чего орнаментируемое поле расчленено на девять малых, четыре больших квадрата и двенадцать прямоугольников, а сторона квадрата делится на отношения $1: \sqrt{2}: 1: \sqrt{2}: 1$. Площади квадратов выражены как 1×1 , $\sqrt{2} \times \sqrt{2}$, а прямоугольников — $1 \times \sqrt{2}$.

На этой геометрической сетке, где все ее элементы находятся в определенной гармонической взаимозависимости, построен выразительный, весьма оригинальный геометрический орнамент, заполненный сочным растительным орнаментом.

Панель Б (рис. 194). Орнамент вписан в прямоугольник с отношениями сторон $1:1 + \sqrt{2}$. При этом пятно по оси композиции — квадрат, а боковые прямоугольники — с отношением сторон $1: \frac{\sqrt{2}}{2}$. В квадрат вписан круг, внутри которого — восьмилепестковая розетка и в ней — восьмиконечная звезда, в центре — круг. Художник оперирует линейкой, наугольником, циркулем. Окружность делит на восемь частей.

Орнамент, вписанный в прямоугольник, основан на делении его ширины в среднем и крайнем отношении, при этом ширина орнаментальной рамки соразмерна половине большого отрезка $\left(\frac{\sqrt{5}-1}{4}\right)$, тогда как ширина среднего поля соразмерна малому отрезку $\left(\frac{3-5}{2}\right)$.

Панель В (рис. 195). Орнамент вписан в прямоугольник с отношением сторон 1:4. По оси композиции — квадрат, в который вписан круг, в нем — шестиконечная звезда и шести-

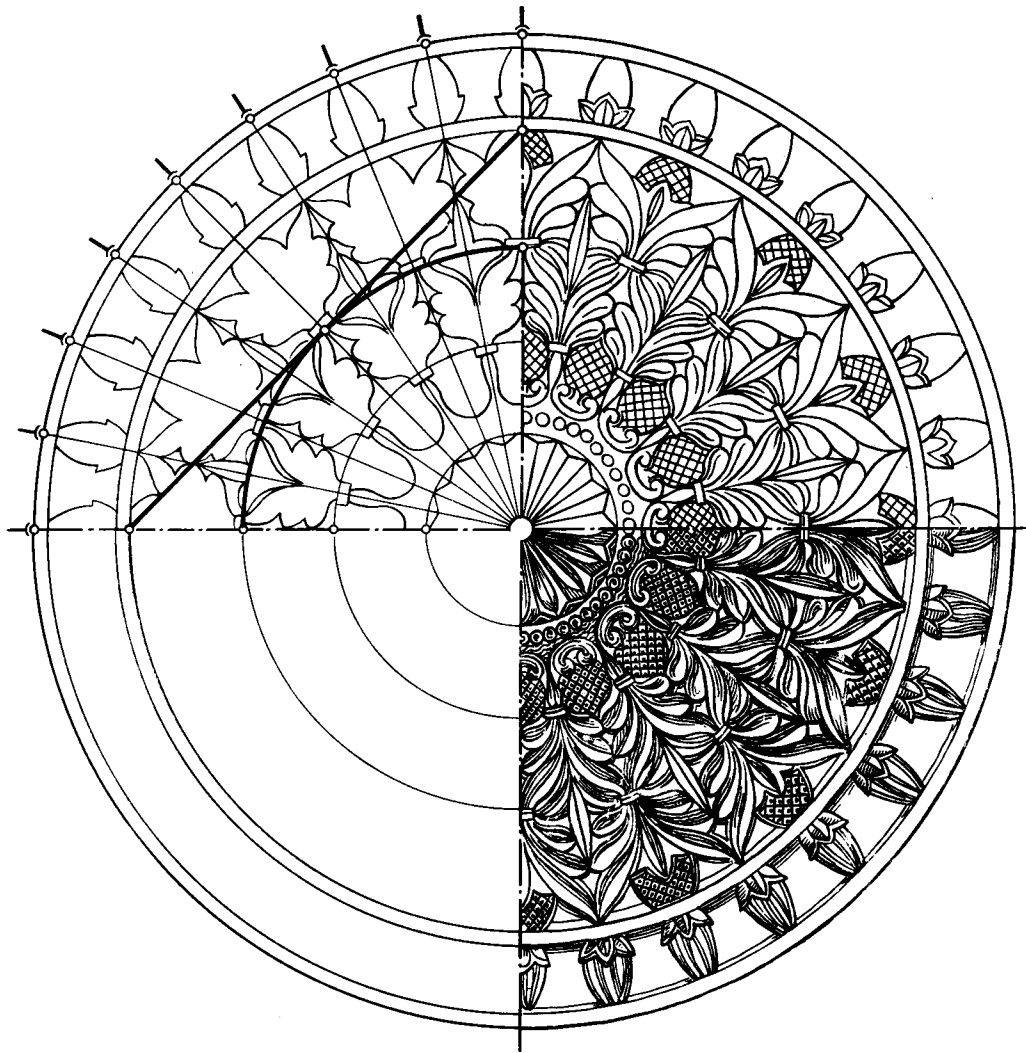


Рис. 192. Дворец Бухархудагов. Розетчатый орнамент. Резной шtuk. Анализ построения

лепестковая розетка, переплетающаяся со звездой. На сторонах квадрата отмечены углы вписанного восьмиугольника, они попарно соединены, получены пересечения в точках O . Принимая эти точки за центры, радиусом, равным половине стороны вписанного восьмиугольника $\left(\frac{\sqrt{2}-1}{2}\right)$, построены круги, в которые вписаны квадраты со сторонами $MN = \frac{2-\sqrt{2}}{2}$. Остальное построение ясно из чертежа.

Панель Г (рис. 196) имеет размеры 105×280 см с отношением сторон прямоугольника $1:2\sqrt{2}$. Основа орнамента построена на квадратной модульной сетке с ячейкой, равной одной восьмой исходного квадрата, и образует ритм $2:1:2:1:2$. В орнаменте, состоящем из кру-

гов, квадратов, переплетающихся частей окружности, линии-диагонали соизмеряются квадратной сеткой и связаны с модулем и его производными.

Панель Д (рис. 197) в прямоугольнике (112×199 см) с отношением сторон (при погрешности 3,5 см) $5:9$. В ней прослеживаются связи приемов построения орнамента с приемами построения архитектурной формы. В этом убеждает приводимый ниже анализ. На сторонах квадрата $ABCD$ отметим углы вписанного в него восьмиугольника. Радиусом R , равным стороне восьмиугольника $(\sqrt{2}-1)$, начертим окружность и впишем в нее квадрат $MNPS$, стороны которого будут равны $2-\sqrt{2}$. Принимая эту величину за радиус R , опишем окружность, в которую впишем восьмиугольник.

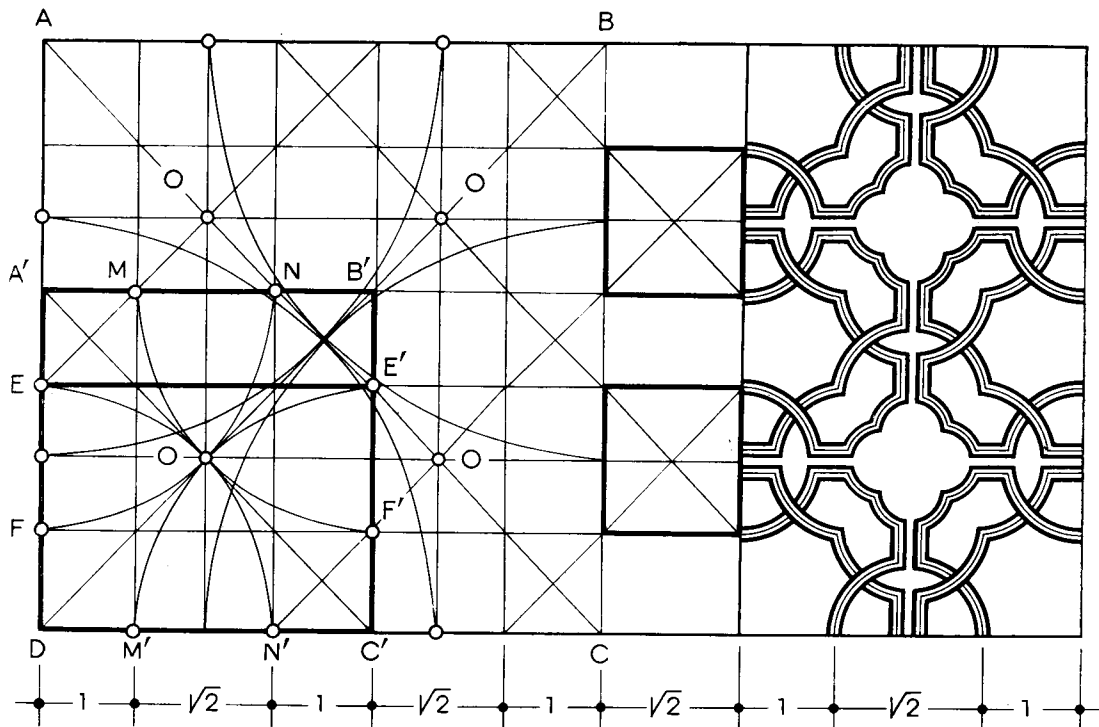


Рис. 193а. Дворец Саманидов в Самарканде. Афрасиабские панели (X в.)
Резной штукатур.

Анализ построения орнамента. Панель А

Повторение этого построения в смежных квадратах дает искомую схему орнамента.

Панель Е (рис. 198). Орнамент вписан в прямоугольник (112×199 см) с отношением сторон $1: \sqrt{3}$ (при погрешности 5 см.). По оси композиции — вдвойне круги с перлами и вписанная шестиконечная звезда. По углам прямоугольника — также двойные круги с перлами.

Панель Ж (рис. 199). Орнамент построен на аналогичной геометрической сетке, уже рассмотренной нами при анализе орнамента панели А с членениями стороны квадрата на отношения, $1: \sqrt{2}: 1: \sqrt{2}: 1$.

Панель З (рис. 200). По оси композиции квадрат с вписанной восьмиконечной звездой, концы которой соединены полукругами, образуя восьмилепестковую розетку. Построение орнамента простое: в квадрат вписан под углом 45° другой квадрат, по площади в 2 раза меньше первого. На сторонах малого квадрата отмечены углы вписанного восьмиугольника. Дальнейшее построение ясно из чертежа.

Справа и слева к квадрату примыкают панели с разными орнаментами, но построенными на одинаковой квадратной сетке со стороной ячейки (M) в $\frac{1}{8}$ высоты панели: слева рису-

нок свастики чередуется с квадратом. Свастика вписана в квадрат $2M \times 2M$, а сторона квадрата соразмерна $M\sqrt{2}$; справа основной орнамента являются зигзаги при плече, равном $M\sqrt{2}$, идущие в горизонтальном и вертикальном направлениях; пересекаясь, они создают систему свастик; поля между лентами зигзагов заполнены растительным орнаментом.

Панель И (рис. 201). Орнамент весьма оригинальной структуры построен на квадратной сетке. Здесь в шахматном порядке (при наклоне диагоналей $1:3$) чередуются круги и четырехлепестковые вертуны. Все поле заполнено растительным орнаментом.

Панель К (рис. 202). Орнамент, состоящий из кругов разного диаметра и четырехлепестковых розеток, интересен геометрическими соразмерностями. В основе построения — квадрат и его производные. В квадрате $ABCD$ проведем диагонали, на сторонах квадрата отметим углы вписанного восьмиугольника. Принимая разность стороны и полудиagonали квадрата за радиус (R), проведем окружность и получим один из больших кругов орнамента. Радиусом (R_1), равным стороне вписанного восьмиугольника ($\sqrt{2} - 1$), проведем окружность, которая, пересекаясь с осями квадрата, даст величину

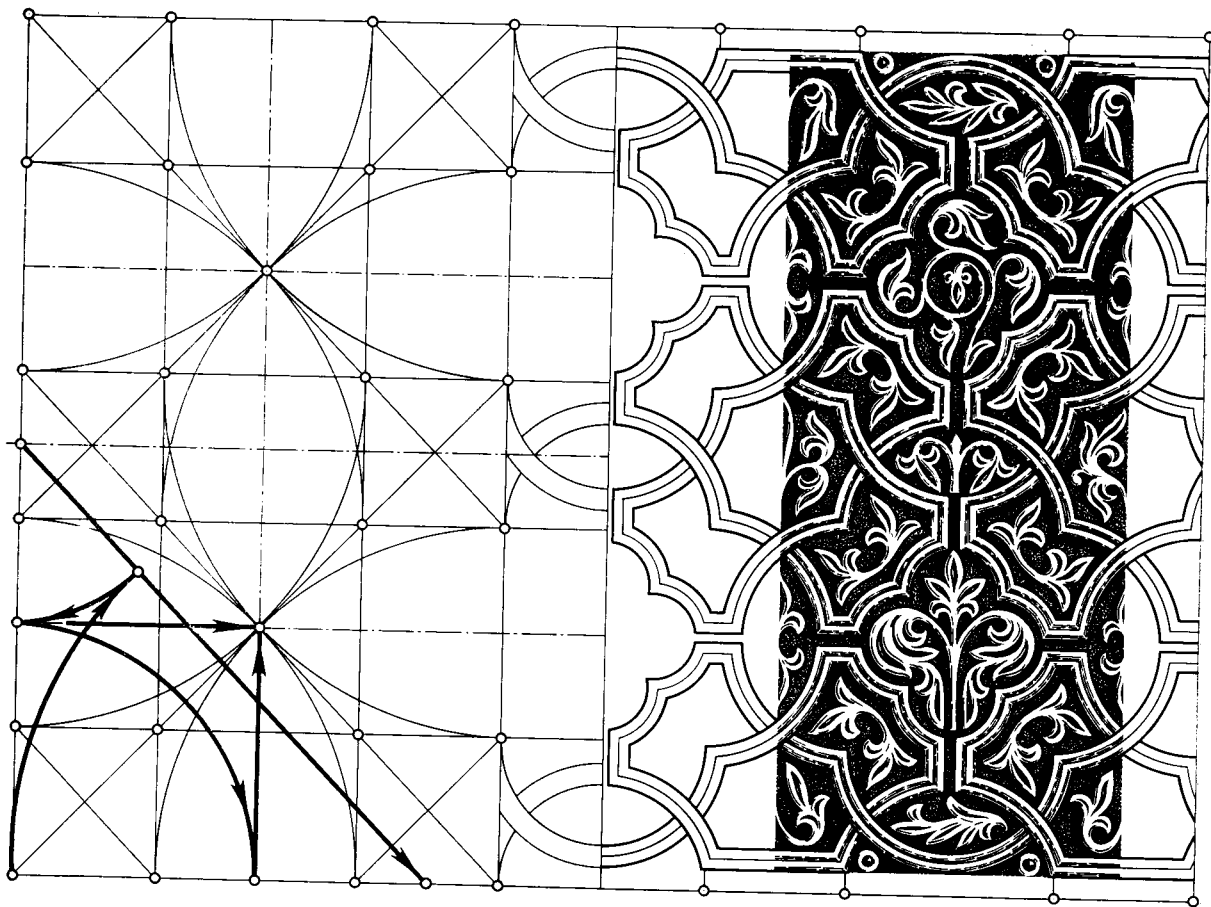


Рис. 1936. Дворец Саманидов. Афрасиабские панели (X в.). Резной шtuk. Анализ построения орнамента. Панель А

$$M = \left[\frac{1}{2} - (\sqrt{2} - 1) \right] = 0,500 - 0,414 = 0,086,$$

к которой определяется ширина ленты орнамента и все параметры малых кругов и четырехлепестковых розеток. Отметим, что величина $M = 0,086$ (с погрешностью 0,03) может быть выражена как одна двенадцатая стороны квадрата.

Панель Л (рис. 203). Орнамент ислими из купольного здания на Афрасиабе в Самарканде (X в.). Орнамент из раскопа И. Ахрарова² и Л. И. Ремпеля представляет две переплетающиеся синусоиды с виноградными лозами. Орнамент ислими получил широкое распространение в искусстве зодчих всего Среднего и Ближнего Востока — он имеет множество вариаций. Исследуемый орнамент выполнен в глубокой резьбе по алебастру от руки и имеет геометрическую основу. Закономерности построения кривой синусоиды таковы, что «шаг» ее равен $\sqrt{5}$, а радиус кривой — $\sqrt{6}$ при общей ширине ленты орнамента, равной четырем.

Уровень теории и практики зодчих Средней

Азии эпохи Караханидов, пришедших на смену Саманидам, характеризуют узгентские мавзолеи.

Узгенд. Южный мавзолей (1187 г.). Орнамент на щипцовой стене арки портала (рис. 204)³. Построение орнамента имеет много общего с построением архитектурной формы, восходящим к мавзолею Саманидов, поскольку в основе построения орнамента — квадрат и его производные, однако появляются присущие орнаменту многочисленные фигуры, в той или иной степени являющиеся производными квадрата.

Построение орнамента основано на исходном квадрате $ABCD$. В него вписан восьмиугольник $EGFPQTVZ$, углы которого попарно соединены линиями диагонального направления. В результате образовались: в ядре композиции — $LUKJ$, квадрат со сторонами, равными стороне восьмиугольника, т. е. $\sqrt{2} - 1$; четыре прямоугольника со сторонами $\sqrt{2} - 1$ и $\frac{2 - \sqrt{2}}{2}$; восемь одинаковых прямоугольных треугольников с катетами, равными $\frac{2 - \sqrt{2}}{2}$,

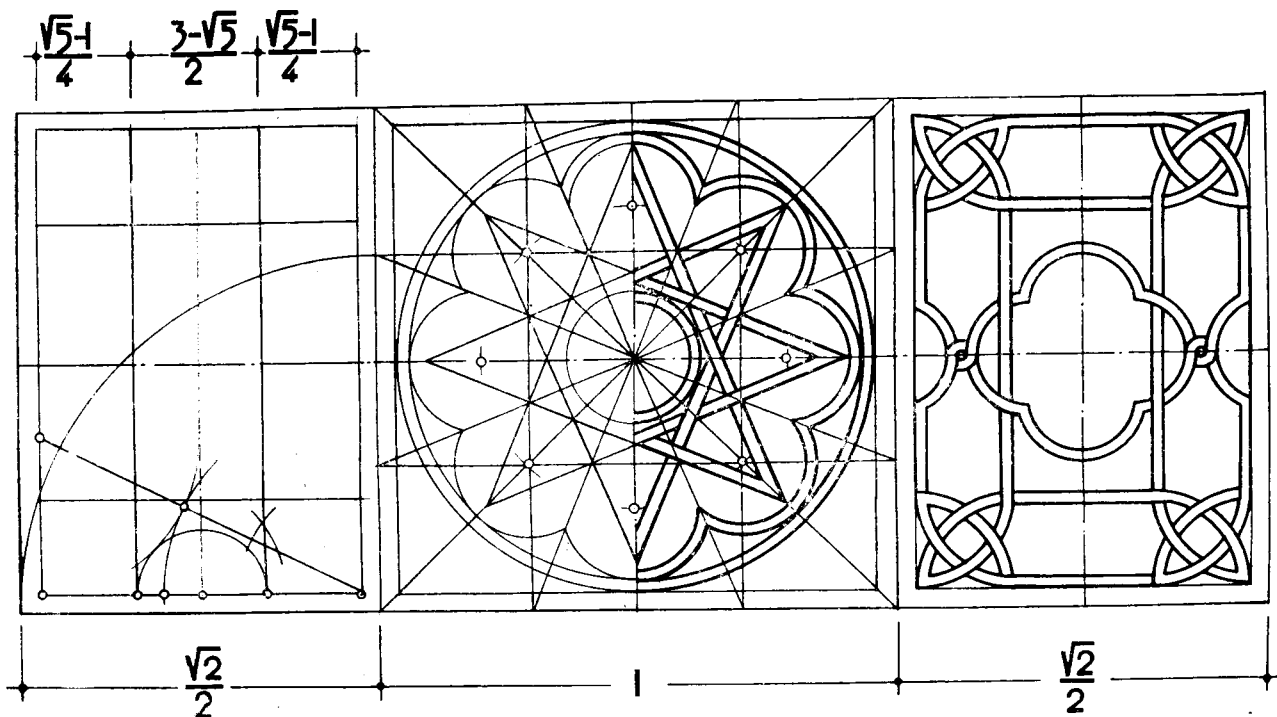


Рис. 194. Афрасиабские панели. Панель Б

и гипотенузой, равной $\sqrt{2} - 1$. Однако повторяющимся элементом орнамента оказался квадрат $A^1B^1C^1D^1$, в который вкомпонованы семи- и пятиугольники, расположенные на диагонали A^1C^1 . Их построение расшифровывается следующим образом.

В квадрате $A^1B^1C^1D^1$ проведем диагонали. Они пересекутся в точке O . Раствором циркуля, равным одной четвертой стороны восьмиугольника $\left(\frac{\sqrt{2}-1}{4}\right)$, отметим на диагонали A^1C^1 точки N и M . Соединим их с углами B^1 и D^1 и через точки N и M проведем линии $EE^1GG^1LL^1KK^1$ и получим две неправильные пятиконечные звезды и два четырехугольника, примыкающие к углам квадрата.

Далее в четырехугольниках $A^1G^1NE^1$ и ML^1CK^1 построены семиугольники по заданной стороне PS , что известно по книге Абу-л-Вафа Бузджани «О том, что необходимо ремесленнику из геометрических построений». Остальное ясно из чертежа.

Узгенд. Южный мавзолей. Орнамент на колонне портала. Терракота (рис. 205). Орнамент представляет собой сочетание восьмиконечной звезды, вписанной в квадрат $ABCD$. По углам квадрата размещены правильные пятиконечные звезды, которые определили габариты и рисунок восьмиконечной звезды. Отме-

тим, что вершина пятиконечной звезды, лежащая на диагонали квадрата, не совпадает с его углом; следовательно, построение пятиконечной звезды на лучевых координатах здесь не имело места. Однако на помощь мастеру приходит построение пятиугольника на заданной его диагонали, в данном случае совпадающей с величиной стороны восьмиугольника, вписанного в квадрат. Такой прием построения с постоянным раствором циркуля известен из трактата «Введение [в учение] о подобных и соответственных фигурах» (л. 187а). Геометрическая схема явилась основанием для создания оригинального рисунка орнамента, состоящего из переплетающихся двойных лент, образующих в своем движении различные геометрические фигуры, заполненные растительным орнаментом.

Узгенд. Южный мавзолей. Орнамент на щечковой стене арочной ниши портала (рис. 206). Построение этого орнамента также уходит нас к построениям большой архитектурной формы, ибо там и тут исходным параметром является квадрат. Производные квадрата создают геометрическую сетку, с которой соотносятся элементы сооружения и элементы орнамента.

В квадрате $ABCD$ — восьмиугольник, в нем — восьмиконечная звезда, а по внутренним углам восьмиугольника — малые восьмиугольники. Между всеми этими фигурами имеется опреде-

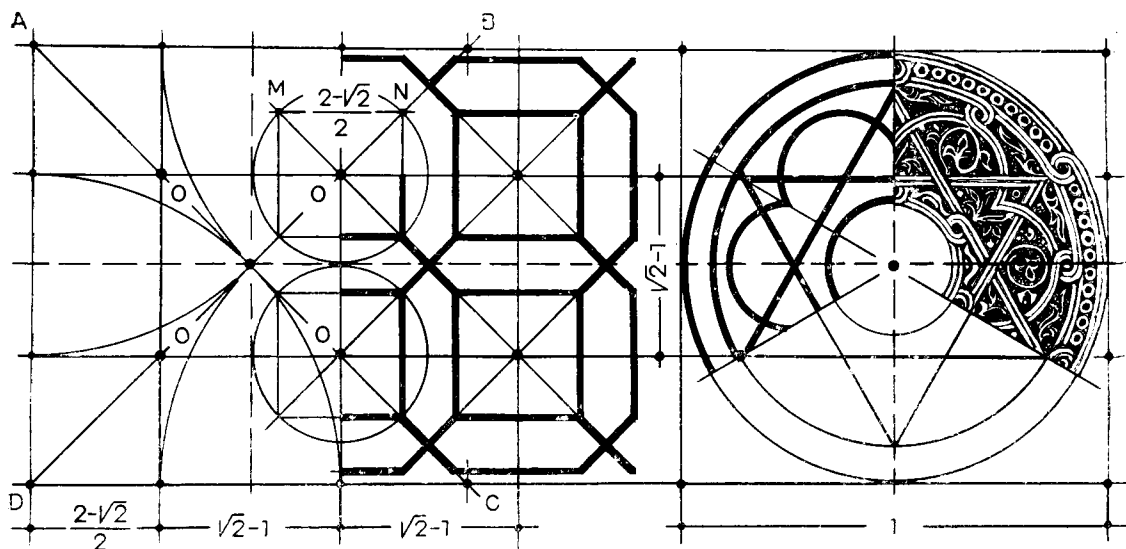


Рис. 195а. Афрасиабские панели. Панель В

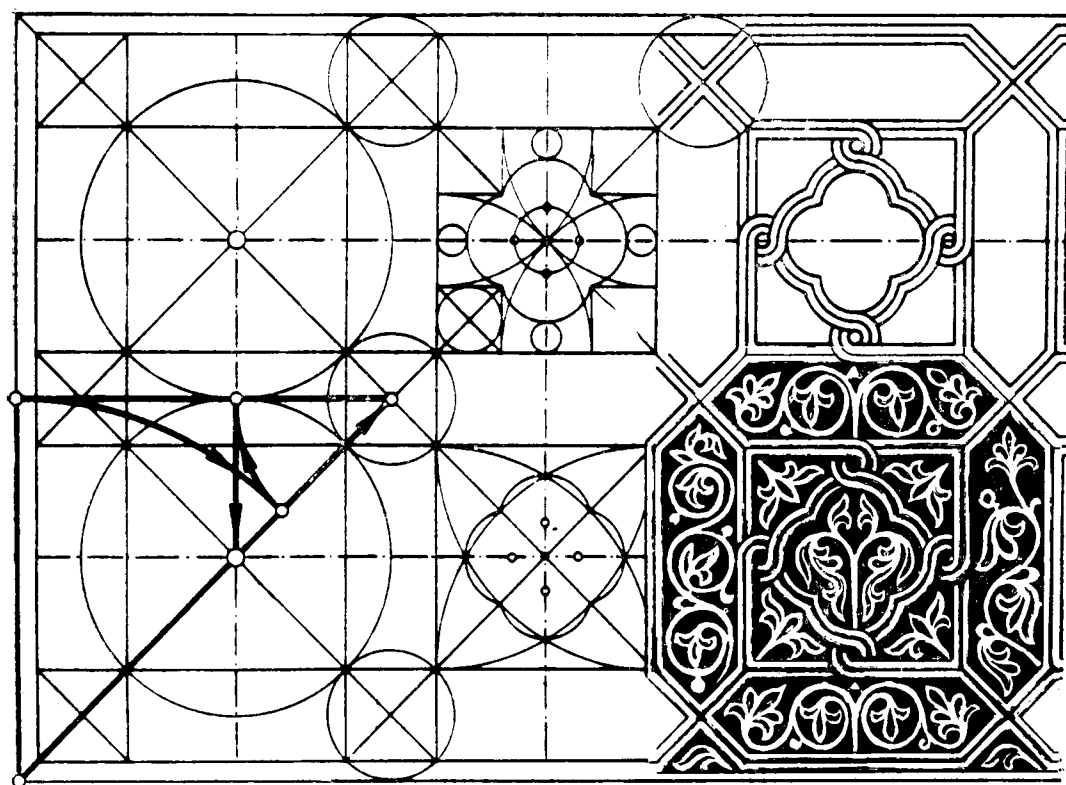


Рис. 195б. Афрасиабские панели. Панель В

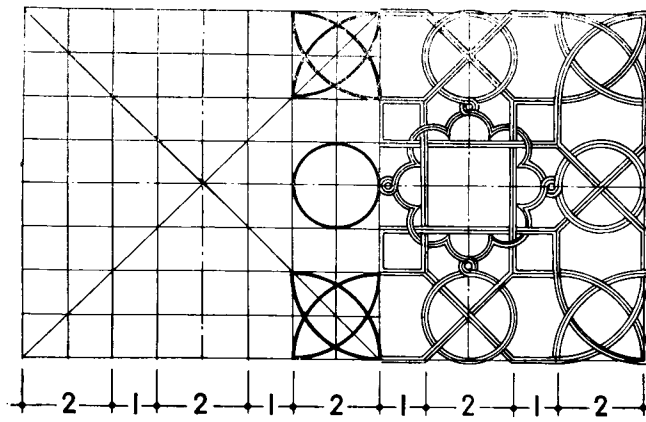


Рис. 196. Афрасиабские панели. Панель Г

ленная математическая взаимосвязь, основанная на производных квадрата и восьмиугольника. Если сторону исходного квадрата принять за единицу, то сторона квадрата в ядре композиции равняется половине, а радиус окружности, вписанной в восьмиугольник, — $\sqrt{2} - 1$. Остальное построение ясно из чертежа.

Узгенд. Южный мавзолей. Орнамент на щечковой стене арки портала. Здесь представлены

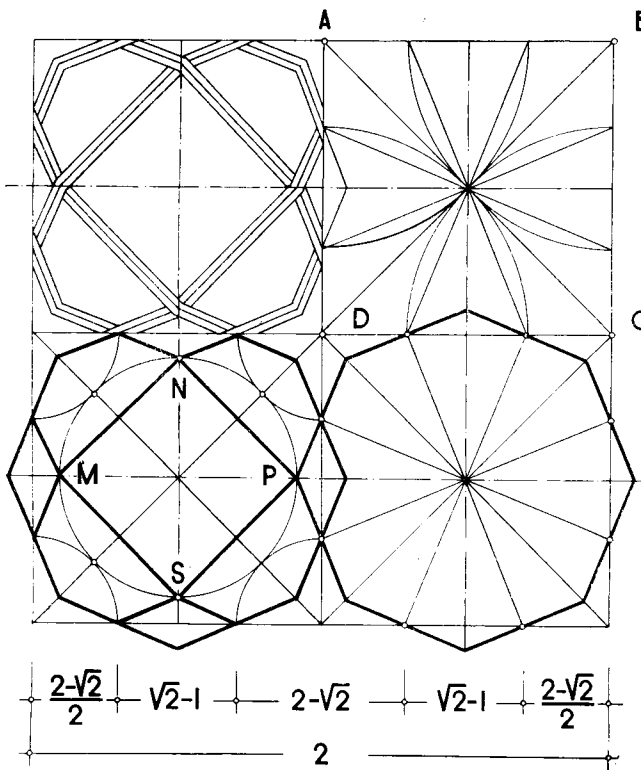


Рис. 197. Афрасиабские панели. Панель Д

два орнаментальных панно, оба построенные на треугольной сетке, но очень различные. Одно из них (рис. 207 а) по композиции статично — строго симметрично, другое (рис. 207 б), наоборот, асимметрично и динамично.

Первое связано с приемами построения большой архитектурной формы, где мы уже наблюдали деление стороны и высоты равнобедренного треугольника последовательно пополам ($\frac{a}{2}, \frac{a}{4}, \frac{a}{8}, \dots, \frac{a\sqrt{3}}{2}, \frac{a\sqrt{3}}{4}, \frac{a\sqrt{3}}{8}, \dots$); другое построение основано на нечетном делении стороны треугольника с отношениями 1:1:2:1. Но этот прием не получил широкого распространения.

Узгенд. Южный мавзолей. Орнамент на квадратной сетке (рис. 208) характеризуется наличием правильных и неправильных геометрических фигур — восьмиугольников, семиугольников, вытянутых фигур ромбовидного очертания, треугольников и вертушек, вписанных в квадрат. Все эти фигуры создаются зигзагообразным движением тесно расположенных восьми лент, идущих в горизонтальном, вертикальном и кругообразном направлениях. Повторяющимся элементом является рисунок, включенный в квадрат ABCD.

Диагонали AC и BD поделены на шесть частей, и $\frac{\sqrt{2}}{6}$ становится стороной квадратной сетки, с которой соизмеряются некоторые элементы орнамента, в частности радиус круга, в который вписан правильный восьмиугольник, сторона квадрата, в который вписана вертушка, а ширина лент определяется $\frac{\sqrt{2}}{18}$. Остальное построение ясно из чертежа.

Городище Пештак в Туркменской ССР. Орнамент в облицовке портала мечети. Шлифованный кирпич, резной штук (XI—XII вв.). От мечети сохранились руины и фрагмент облицовки, состоящий из шести полос геометрического орнамента и одной полосы эпиграфиче-

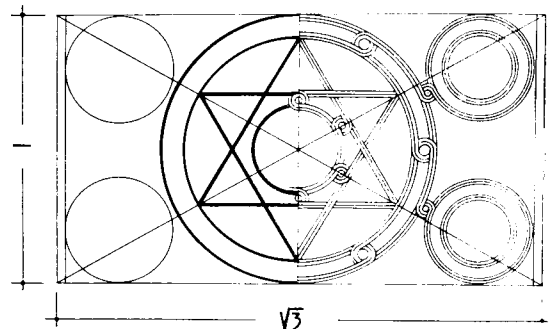


Рис. 198. Афрасиабские панели. Панель Е

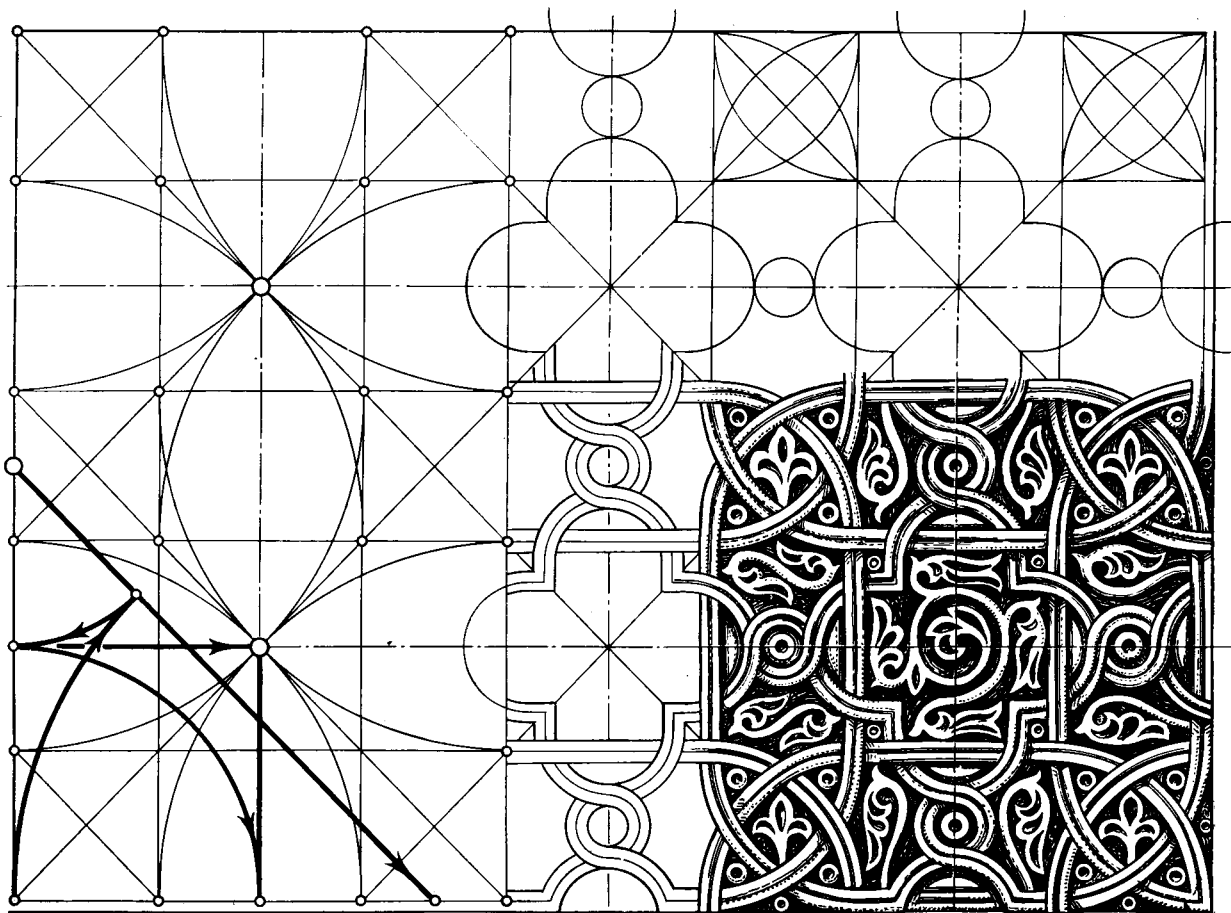


Рис. 199. Афрасиабские панели. Панель Ж

ского, выполненного в цветущем куфи. Один из орнаментов представляет композицию, основанную на пятиугольнике. Способ построения орнамента таков: при заданной ширине полосы орнамента AB (рис. 209), принимая ее за диагональ пятиугольника, постоянным раствором циркуля, равным AB , строим пятиугольник (см. «Введение...», л. 186, 187) $ACBDM$ с центром O . Соединим вершину B с O и продолжим линию до пересечения с окружностью, получим точку N , тогда NA явится стороной вписанного десятиугольника. Принимая O за центр, проведем две окружности радиусом (r), равным стороне (NA) десятиугольника, и радиусом (R), равным OB . В каждую из них впишем пятиконечную звезду. Получим схему, на которой основан орнамент.

Следующий объект, привлекаемый для анализа, — геометрический орнамент так называемого дворца термезских правителей (XII в.).

Дворец правителей Термеза был исключительно богато отделан резным шtukом, представляющим высокохудожественное произве-

дение орнаментального искусства. Так же как и афрасиабские панели, он продолжает привлекать внимание исследователей.

П а н н о № 1 (рис. 210). Схема композиции орнамента проста, она строится на квадратной сетке, где стороны и диагонали квадрата в виде двойных переплетающихся лент образуют незатейливый орнамент, выполненный в резьбе по ганчу [247, с. 200].

По схеме построения к этому термезскому орнаменту примыкает роспись стен бани X в. в Таразе, где за счет применения цвета подчеркиваются то горизонтальные, то диагональные направления узора. По этой же схеме выполнен и орнамент в резьбе по дереву на колонне хивинским мастером.

П а н н о № 2 (рис. 211). Композиция орнамента основана на решении оригинальной задачи построения квадрата, равного десяти, в квадрате, равном шестнадцати, из книги Абу-л-Вафа Бузджани «О том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений». Чтобы построить такой орнамент, исходный

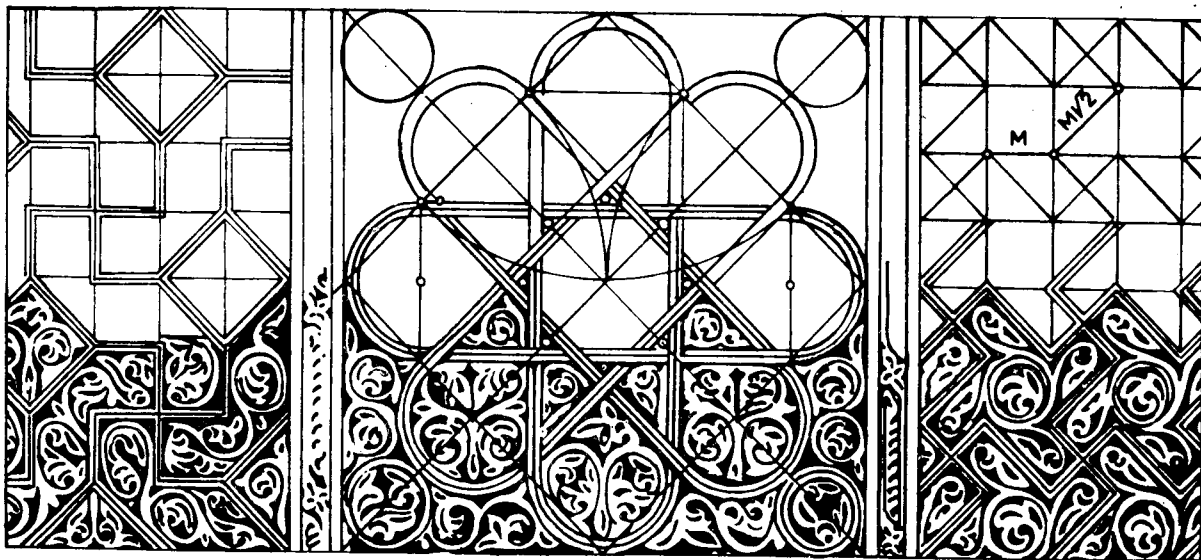
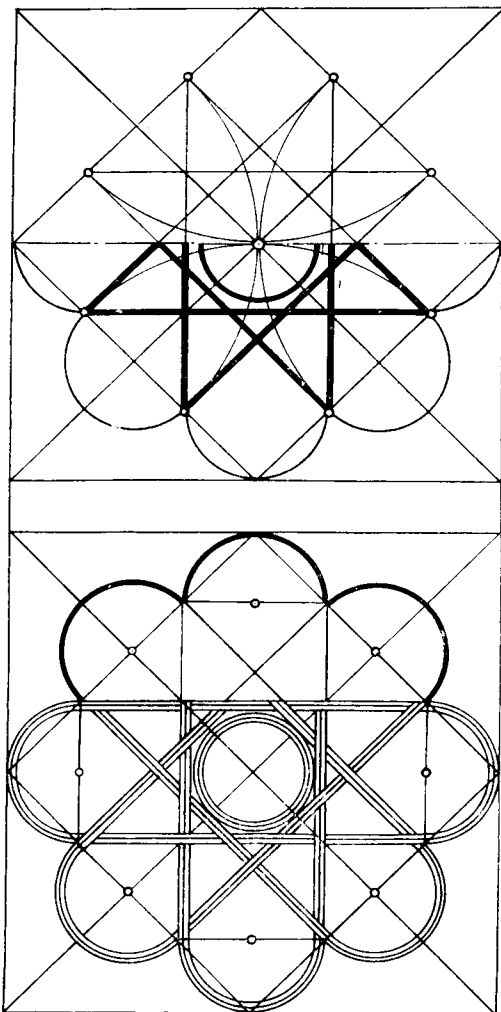


Рис. 200а. Афрасиабские панели. Панель 3



квадрат $ABCD$ членится на 16 малых, проводятся гипотенузы четырех прямоугольников с катетами в один и три. При этом сумма площадей четырех треугольников равна шести, следовательно, новый квадрат $A_1B_1C_1D_1$ равен десяти, а его сторона — $\sqrt{10}$.

Ритмичное чередование квадрата «десять» с наклоном его то в одну, то в другую сторону одновременно образует систему ромбов, вытянутых то в горизонтальном, то в вертикальном направлении. Создается простая, но выразительная композиция орнамента, не только характерная для Термеза XII в., но и использованная в декоре мавзолея Гур-Эмир (XV в.) в Самарканде и др., однако уже в другом строительном материале, фактуре и цвете.

П а н о № 3 (рис. 212). Композиция строится на квадратной сетке, где один и тот же элемент орнамента, повторяясь в шахматном порядке, создает взаимно пересекающиеся зигзаги, образуя систему ромбов, вытянутых то в горизонтальном, то в вертикальном направлении, в окружении двухлепестковых мадахилей. Повторяющийся элемент орнамента прост. В квадрат $ABCD$ вписаны равносторонние треугольники — проведением двух диагоналей полуквадратов $\left(\frac{\sqrt{5}}{2}\right)$, которые создают рисунок вытянутого ромба. Размещение этого рисунка чередованием поворота оси на 90° в шахматном порядке создает выразительную композицию орнамента.

Рис. 200б. Афрасиабские панели. Панель 3

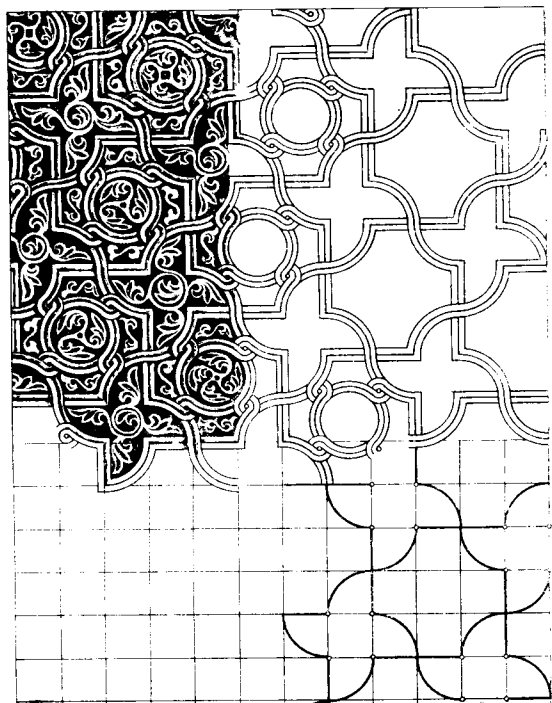


Рис. 201. Афрасиабские панели. Панель II

На такой же квадратной сетке создаются орнаменты на колонне мавзолея Мухаммеда Бошара (резная терракота) и в панджаре окна бани XV в. в Баку (резьба по алебастру). Однако рисунок иной — это система мадахилей из «гусиных лап» (рис. 213).¹

П а н н о № 7 (рис. 214). Здесь композиция орнамента построена на сетке диагоналей полуквадратов по Абу-л-Вафа Бузджани. Повторяющийся элемент орнамента вписан в квадрат $ABCD$, в ядре которого — малый квадрат $A^1B^1C^1D^1$. В этом малом квадрате проведено восемь диагоналей полуквадратов, которые образовали в ядре неправильный восьмиуголь-

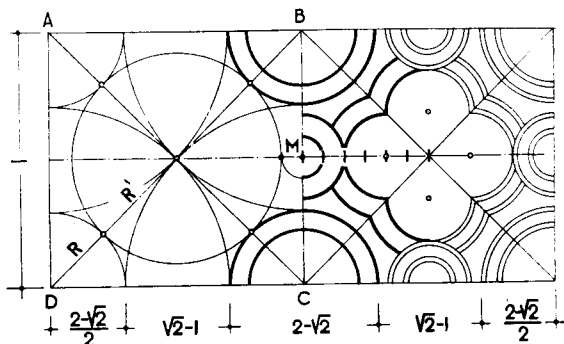


Рис. 202. Афрасиабские панели. Панель K

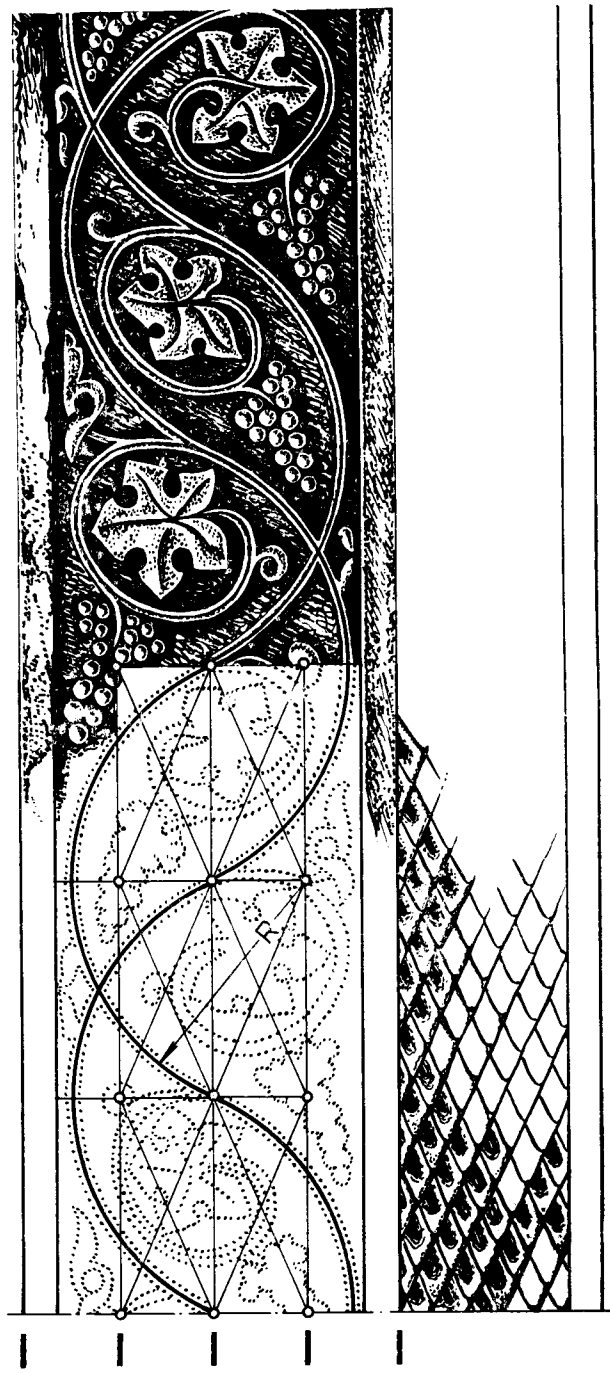


Рис. 203. Афрасиаб. Орнамент ислими. Панель Л

ник. Зеркальное чередование повторяющегося элемента орнамента создает композицию, где спаренные ленты при общей их ширине в $\frac{1}{\sqrt{5}}$ стороны квадрата $ABCD$ создают входящие друг в друга фигуры и в углах изломов образуют спаренные шестиугольники, имеющие

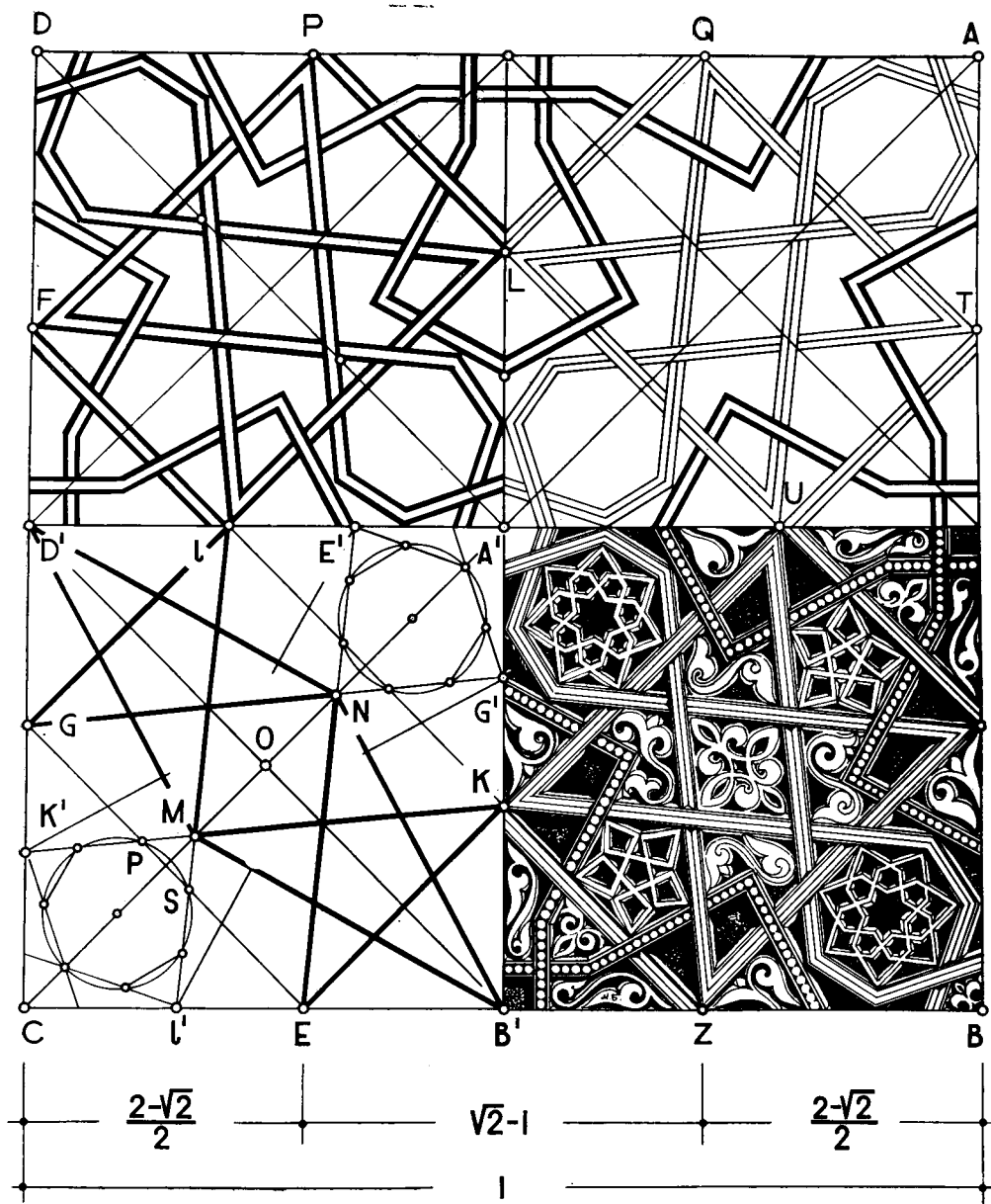


Рис. 204. Узгенд. Южный мавзолей (1186 г.).
 Орнамент на щипцовой стене арки портала

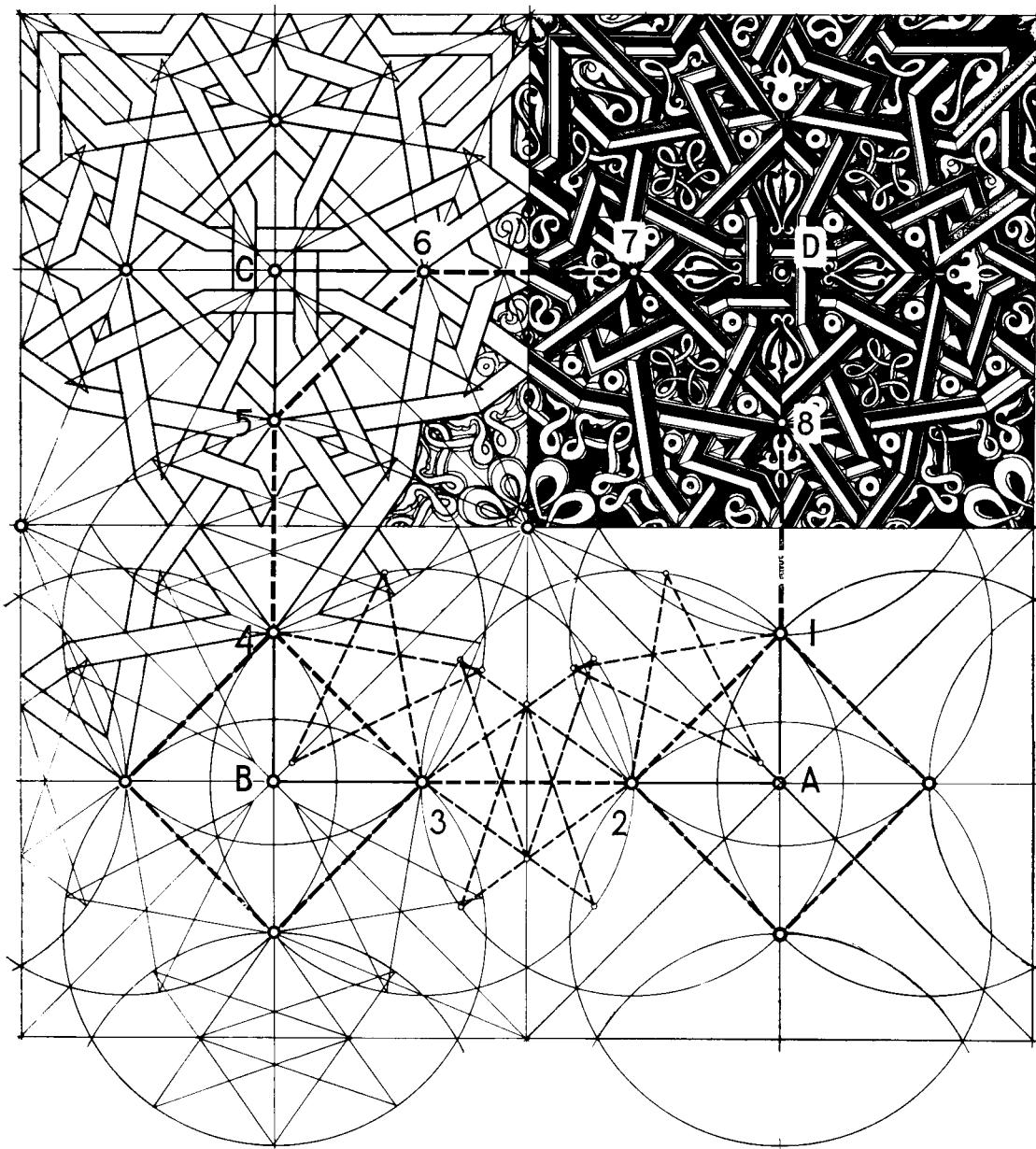


Рис. 205. Узгенд. Южный мавзолей. Орнамент на колонне портала.
Терракота

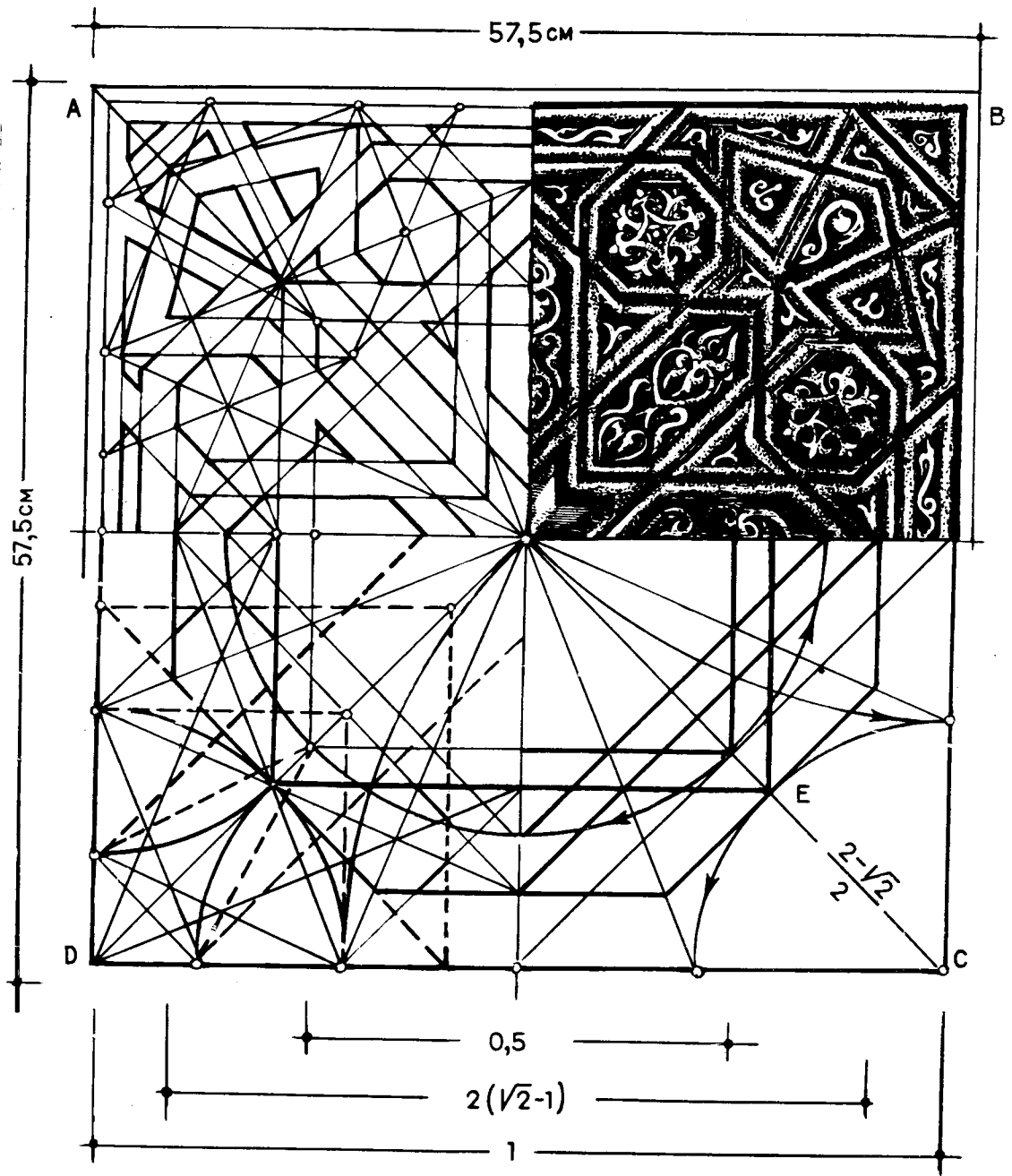


Рис. 206. Узгенд. Южный мавзолей. Орнамент на щечковой стене арочной ниши портала

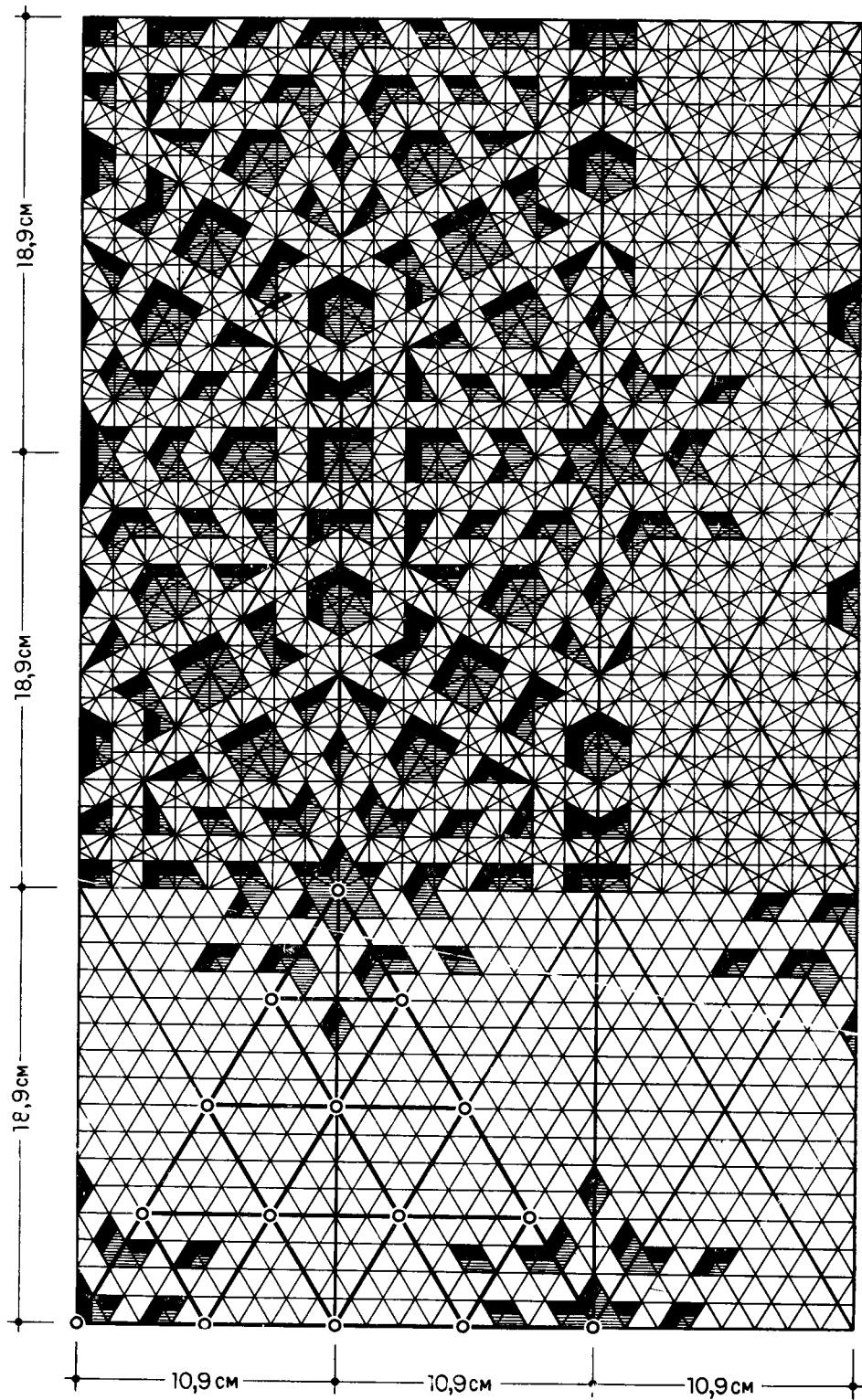


Рис. 207а. Узгенд. Южный мавзолей. Панно с орнаментами, построенными на треугольной сетке.
Орнамент симметричной композиции

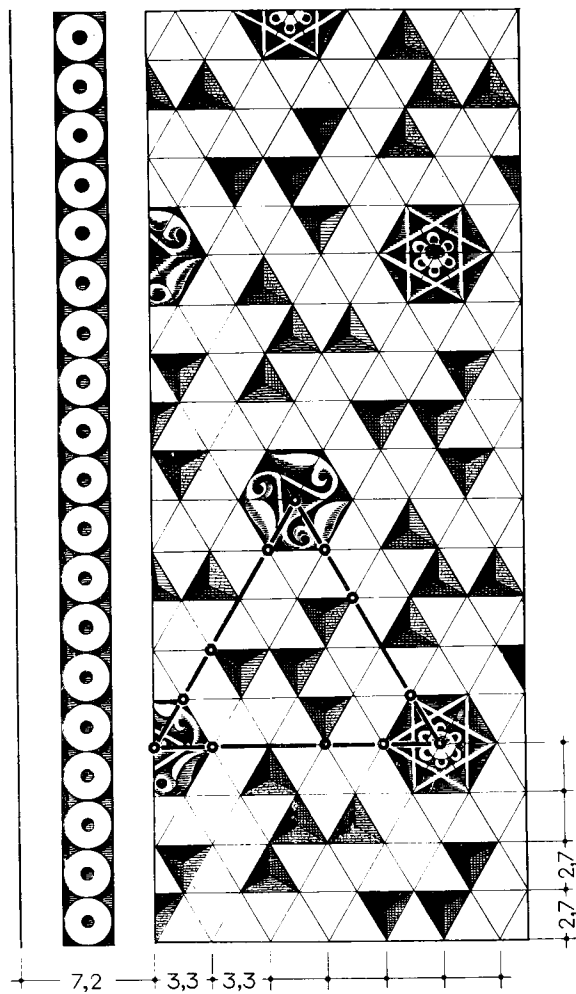


Рис. 2076. Узгенд. Южный мавзолей.
Панно с орнаментами,
построенными на треугольной сетке

нерегулярную форму. Последние на поле панно чередуются в шахматном порядке, меняя направление оси, которая располагается то по вертикали, то по горизонтали. Неправильность шестиугольников, обусловленная замыслом художника, не нарушает гармонии целого.

Панно № 8 (рис. 215). Герих построен на сетке взаимно пересекающихся диагоналей полуквадратов, которые образовали в ядре композиции вспомогательный малый квадрат $A^1B^1C^1D^1$, меньший исходного ($ABCD$) в 5 раз (пример задачи из книги Абу-л-Вафа Бузджани «О том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений»). В малом квадрате проведены взаимно пересекающиеся под прямым углом две диагонали (LN и MP) вписанного восьмиугольника. Одна пятая диагонали полуквадрата $\left(\frac{1}{2\sqrt{5}}\right)$, отложенная от углов

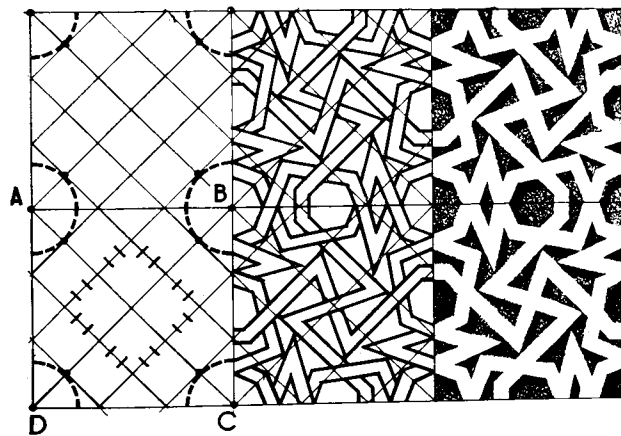


Рис. 208. Узгенд. Орнамент на квадратной сетке

и середины сторон квадрата $ABCD$, определена параметры неправильных фигур орнамента. Зеркальное чередование исходного элемента создает рисунок, где шесть непрерывных лент следуют направлениям, обусловленным описан-

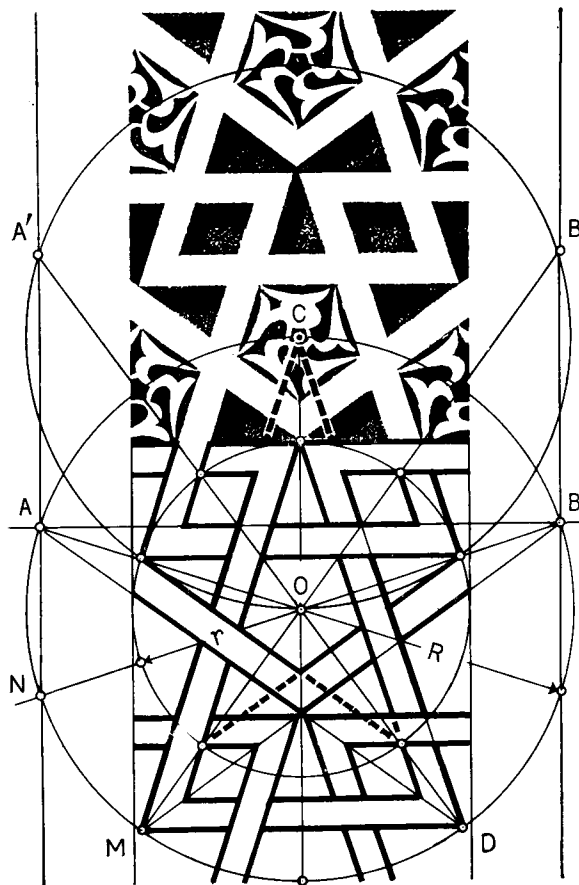


Рис. 209. Городище Пештак (XII в.).
Орнамент в облицовке портала мечети.
Шлифованный кирпич, резной шtuk

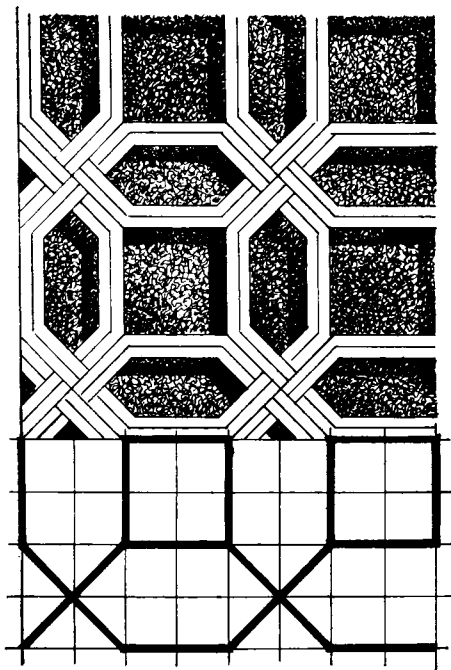


Рис. 210. Дворец в Термезе (XII в.).
Орнамент в резном штурке.
Анализ построения. Панно № 1

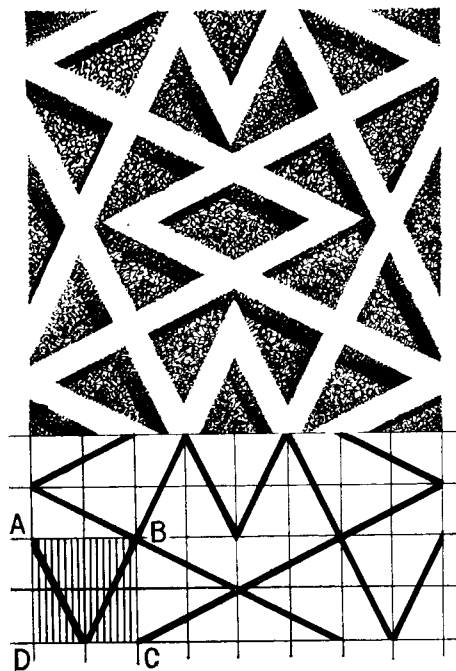


Рис. 212. Дворец в Термезе.
Панно № 3

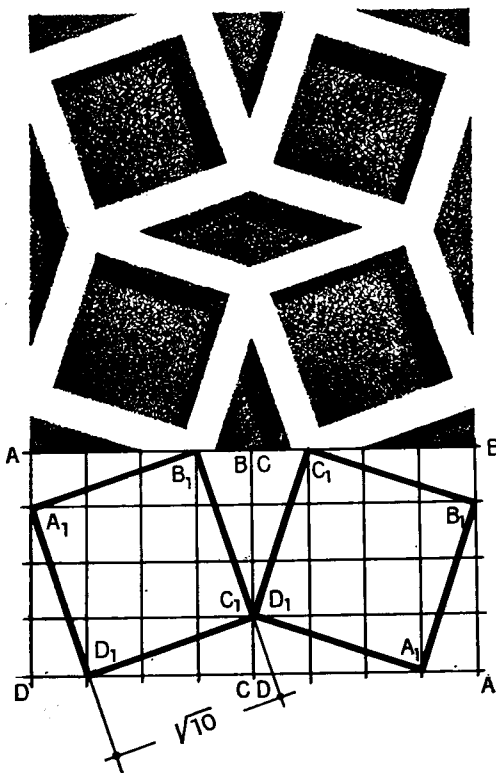


Рис. 211. Дворец в Термезе.
Панно № 2

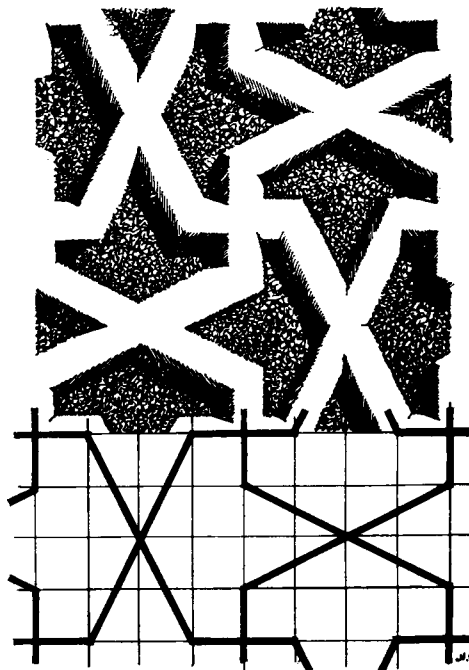


Рис. 213. Мавзолей Мухаммада Бошара
(XIV в.). Орнамент на колонне мавзолея

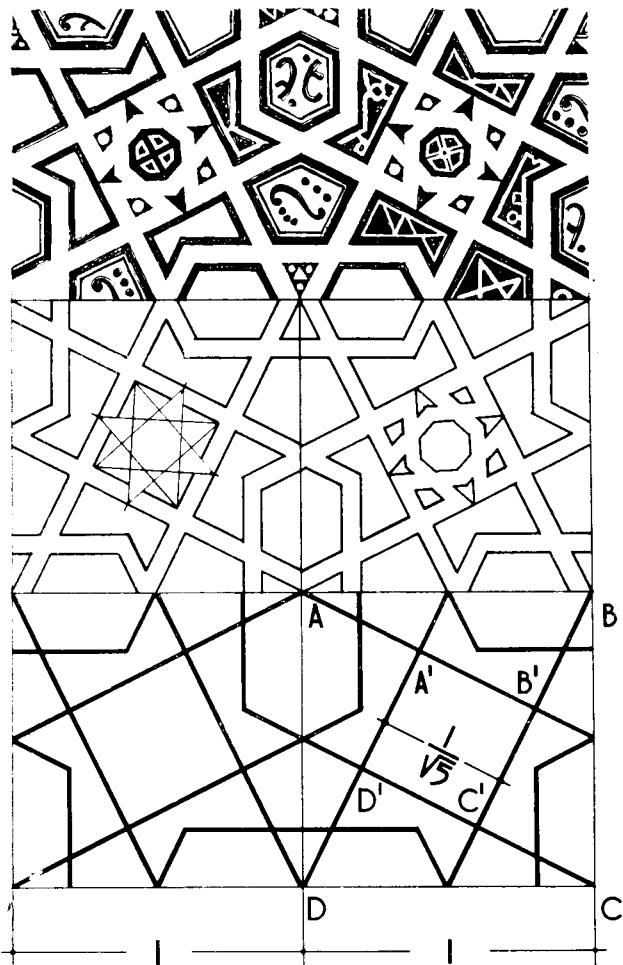


Рис. 214. Дворец в Термезе (XII в.).
Орнамент в резном штурге.
Анализ построения. Панно № 7

ной геометрией построения. Ленты в движении, взаимно пересекаясь, образуют фигуры таулей, барабанов и шестикрылых звезд. Фигуры эти имеют неправильные «живописные» формы, что обусловлено построением.

Панно № 12 (рис. 216). Построение этого орнамента было впервые описано Л. И. Ремпелем. Оно связано с построением большой архитектурной формы, ибо там и тут зодчий оперирует стороной и диагональю квадрата и их производными. При этом орнаменталист идет дальше: он строит восьмиугольник не только в заданном квадрате $ABCD$, но и в малом квадрате, являющемся четвертой частью большого, принимая его повторяемым элементом орнамента. Орнамент незатейливый, простой, легко расширяется: половина диагонали квадрата $A^1B^1CD^1$ равна радиусу окружности восьмиугольника, составляющего ядро композиции квадрата $ABCD$.

Попарное соединение углов восьмиугольника, вписанного в малый квадрат, создает геометрическую сетку, определяющую основные параметры фигур орнамента.

Панно № 13 (рис. 217). За исходный параметр построения орнамента принят квадрат $ABCD$, стороны квадрата поделены пополам, проведены диагонали квадрата. Отложением на сторонах квадрата половины диагонали квадрата определен радиус (R) угловых розетт. Из углов B и D проведены лучи под углом 30° и 60° , которые пересекаются с диагональю AC в точках M и N . Из этих точек проведены четыре линии (NG , NG^1 , MK , MK^1) к серединам сторон квадрата. Дальнейшее построение ясно из чертежа. Отметим, что образовавшиеся на диагонали BD пятиугольники и пентаграммы неправильной формы, двойные ленты орнамента, как правило, переплетаются, а в точках M и N смыкаются. Пространство между лентами заполняется треугольниками, кругами и пятиконечными звездами, что создает плотный и выразительный рисунок орнамента.

Панно № 14 (рис. 218). В трактате «Введение...» приводится сочетание иррациональных и модульных отношений, что вносило организованную «неправильность» в геометрические фигуры. Орнамент дворца правителей Термеза дает убедительные примеры этого положения. Изумительной красоты орнамент панно № 14 — яркое подтверждение сказанному. Повторяемый элемент композиции строится на прямоугольнике, близком к квадрату ($16 : 15$), в связи с чем все фигуры орнамента нарочито искажены. Это и придает определенную живость и свежесть рисунку. Основные узлы орнамента определены построением. Точки G и E найдены отложением на диагонали AC половины стороны квадрата ($\frac{8}{16}$) от его углов. Лучи, проведенные из углов B и D через точки E и G , зафиксировали точки M , N , P , L на сторонах «квадрата». Величина EG принята за диаметр розеток с центрами в точках A и C . Остальное ясно из чертежа.

Панно № 15 (рис. 219). Композиция орнамента основана на построении пятиконечной звезды делением полуокружности на пять частей (трактат «Введение...», л. 1866), однако две вершины звезды упираются не в полуокружность, а в сторону квадрата, что приводит к нарочитому искажению правильности формы звезды. Данное построение, повторяясь в четырех частях квадрата, образует в ядре композиции квадрат, где смыкаются ленты вершин четырех звезд, которые, ломаясь, переходят в неправильный восьмиугольник. Кроме того,

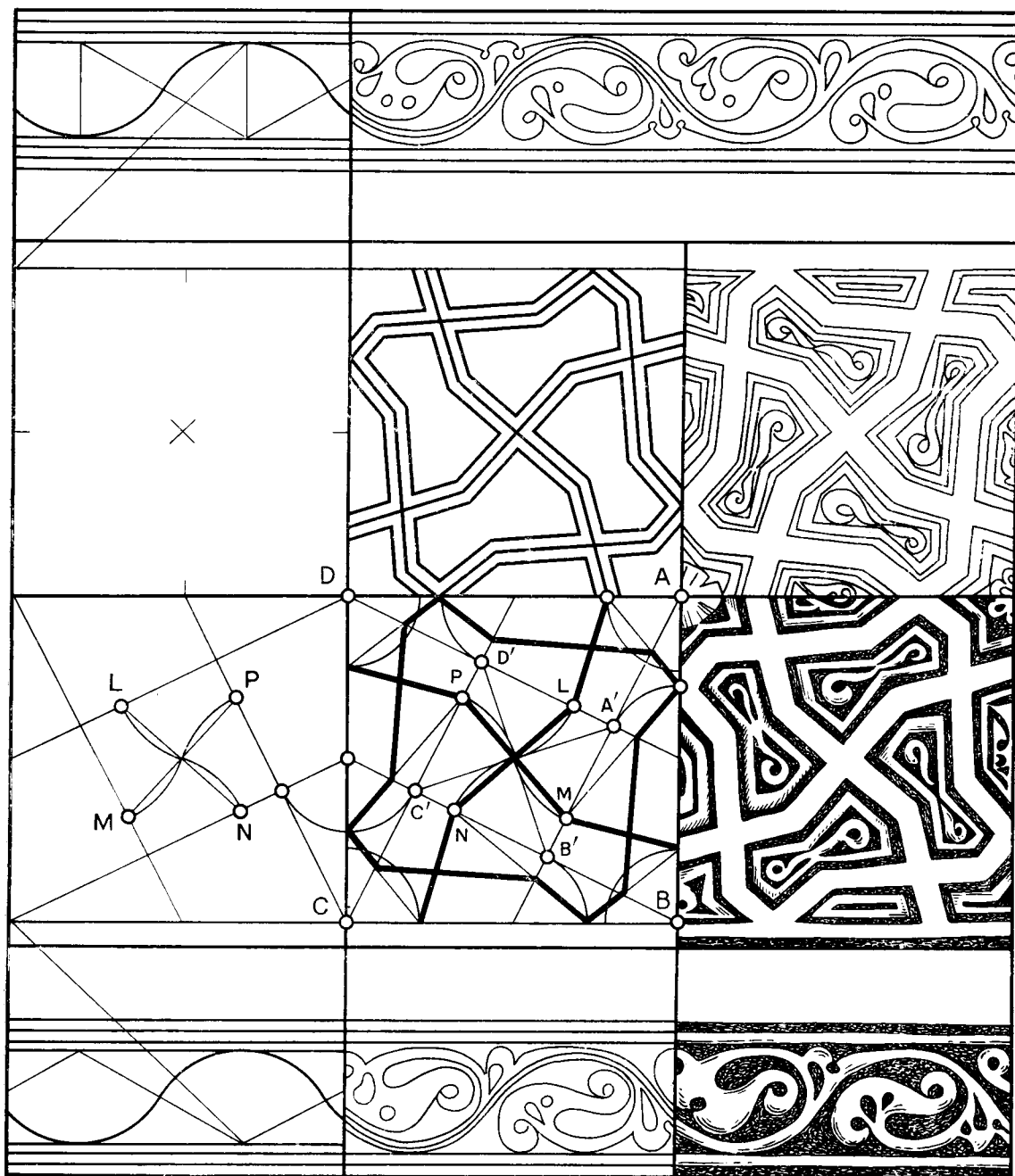


Рис. 215. Дворец в Термезе. Панно № 8

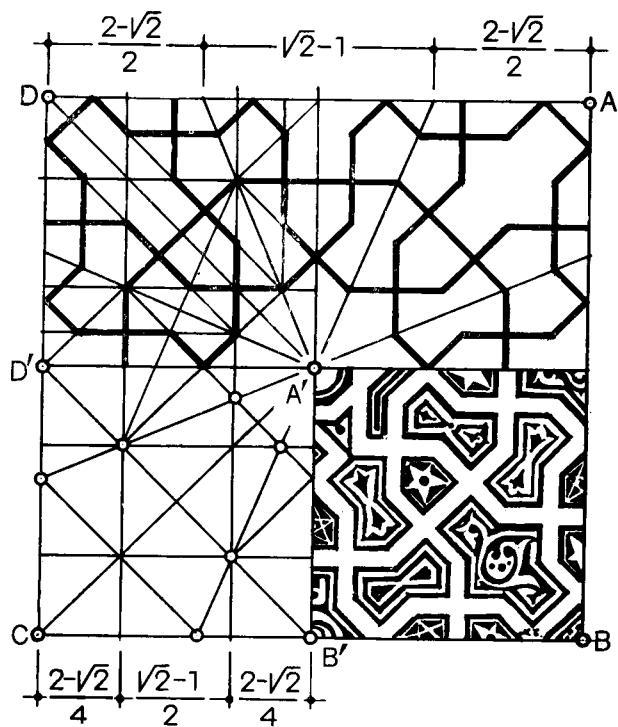


Рис. 216. Дворец в Термезе. Панно № 12

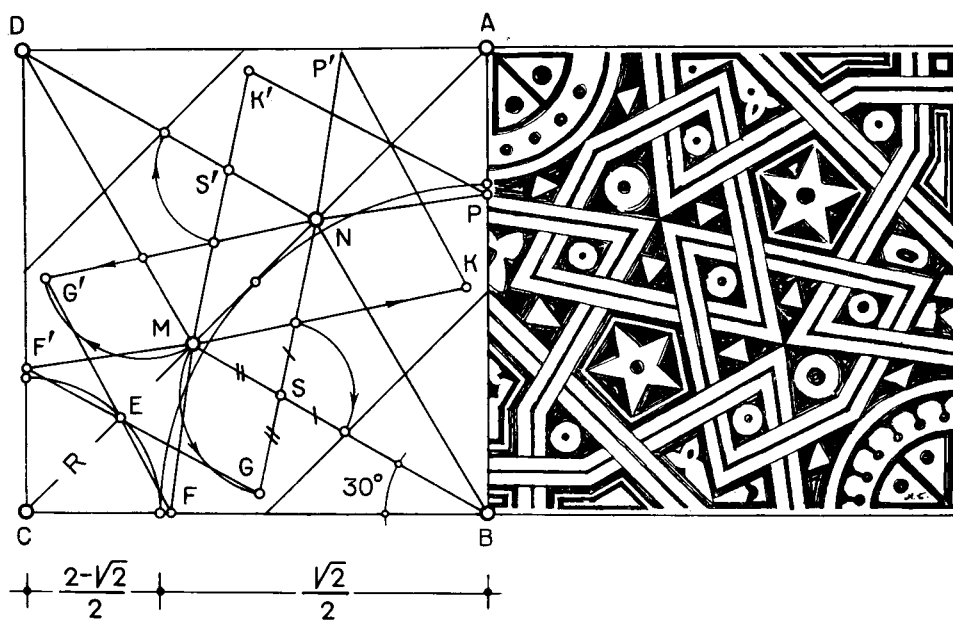


Рис. 217. Дворец в Термезе. Панно № 13

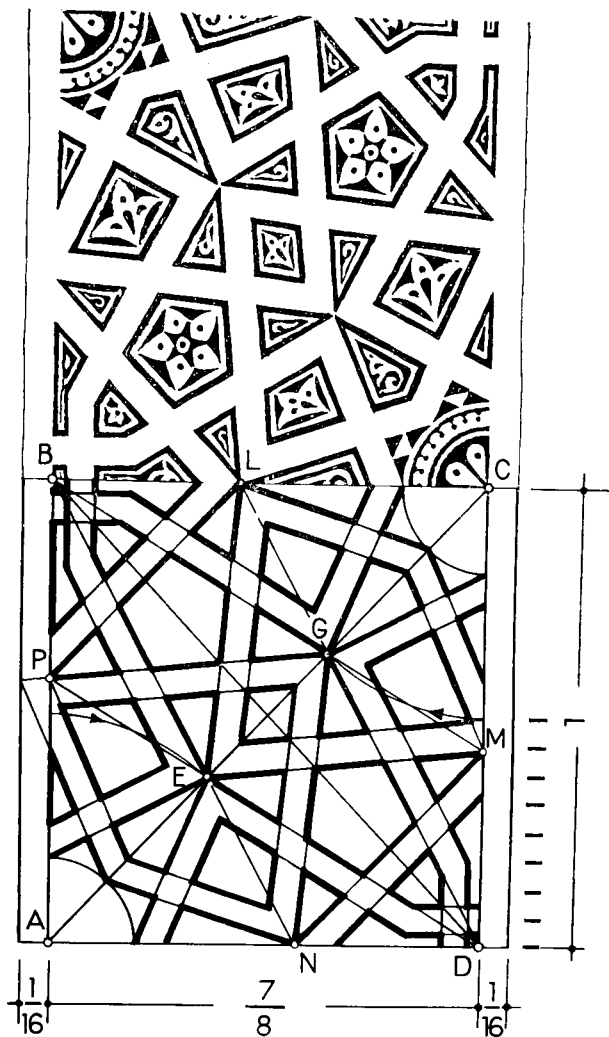


Рис. 218. Дворец в Термезе. Панно № 14

в исходный квадрат вписан восьмиугольник, углы которого лежат на осях и диагоналях квадрата. Ленты орнамента двойные, линии построения являются их осями. В своем движении ленты или пересекаются, образуя геометрические фигуры, или смыкаются углами фигур, придавая особую выразительность рисунку орнамента.

Панно № 26 (рис. 220). В построении гериха панно № 26, вероятно, было использовано деление полуокружности на пять частей («Введение. . .», л. 186б).

Дана ось панно AB , на ней построена полуокружность. Она поделена на пять частей. Пересечение линий AD и BE в точке K определило половину ширины панно. Пересечение линий OG с AD и OC с BE в точках L и M , а также точки O, D, E определяли искомую пятиконечную звезду с пятиугольником в центре.

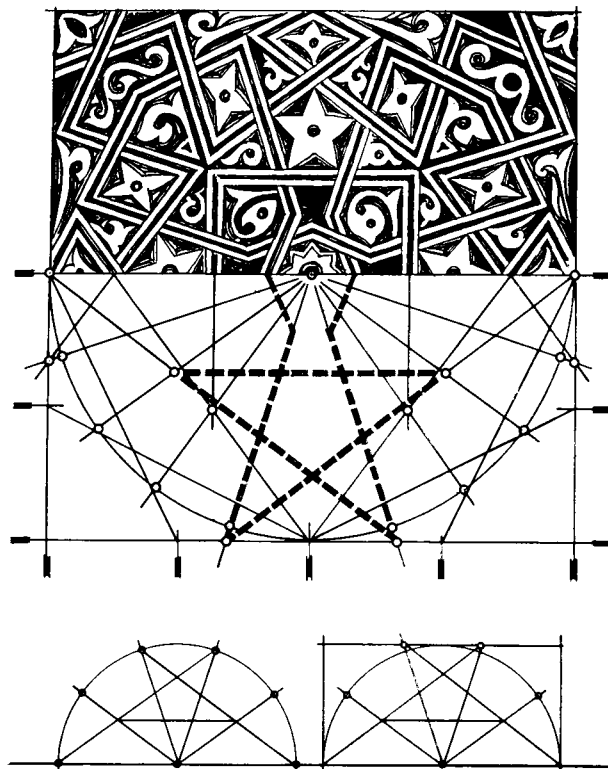


Рис. 219. Дворец в Термезе. Панно № 15

У западающих углов пятиконечной звезды возникли правильные пятиугольники; повторение рисунка, вписанного в треугольник KOB , да-

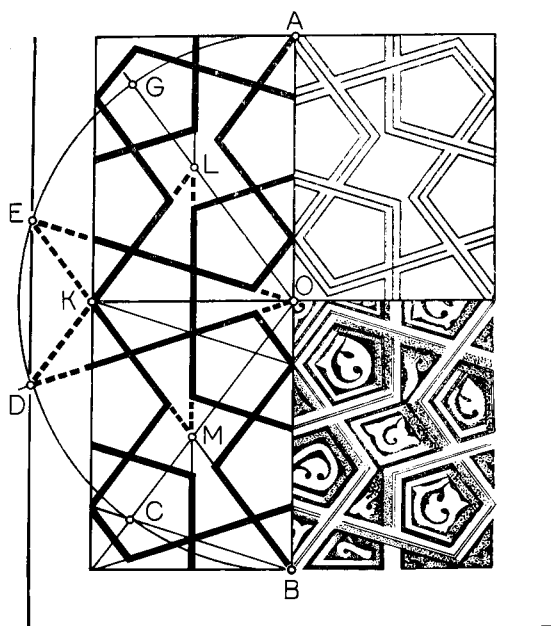


Рис. 220. Дворец в Термезе. Панно № 26

ет искомую схему орнамента. Дальнейшее ясно из чертежа.

В целом ряде рассмотренных орнаментов из дворца термезских правителей правильность геометрических форм утрачивается: сухая геометрия уступает место живописности. Это явление наблюдается и на других памятниках, что достигалось геометрическими же построениями.

Орнамент на пилонах портала мечети Магоки Аттари в Бухаре

Орнамент представлен тремя панно — нижним, средним и верхним — на пилонах портала, выполненными в кирпичном рельефе с заполнением фона резным ганчем.

Нижнее панно (рис. 221). Орнамент вписан в прямоугольник с отношениями сторон 3 : 1 и представляет переплетающиеся ленты двенадцатиугольников. Повторяющимся элементом орнамента является фрагмент, вписанный в квадрат $ABCD$. Построение несложное. На сторонах квадрата построены четыре равносторонних треугольника с вершинами в точках $EFGK$. Пересечения сторон треугольников образовали в ядре композиции восьмиугольник неправильной формы, т. е. с равными сторонами, но с разными углами. Высота треугольников определила величину апофемы двенадцатиугольников. Остальное ясно из чертежа. Повторение этого фрагмента создает общую композицию орнамента.

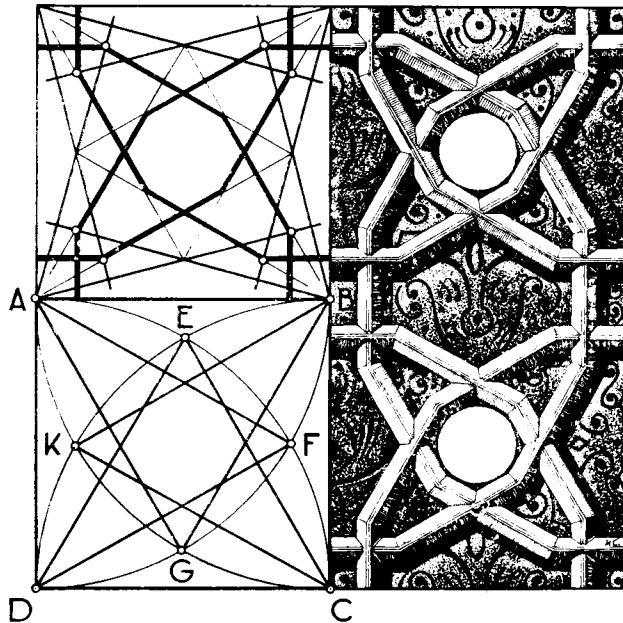


Рис. 221. Мечеть Магоки Аттари (XII в.). Орнамент на пилонах портала. Нижнее панно

Среднее панно (рис. 222). Орнамент в прямоугольнике (3 : 1) состоит из переплетающихся правильных восьмиугольников, которые в ядре композиции образуют восьмикрылую звезду. Построение не связано с сеткой лучевых координат. Повторяющимся элементом гериха является орнамент, вписанный в квадрат $ABCD$. Радиусом (R), равным половине стороны квадрата, принимая вершины квадрата за центры, проведены окружности, в которые вписаны восьмиугольники. Радиусом (R), равным полуразности диагонали и половины сторон квадрата, проведены окружности, в которые также вписаны восьмиугольники. В результате создана геометрическая схема, на которой основана композиция орнамента.

Верхнее панно (рис. 223). Важным представляется расшифровка построений гериха, вписанного в заданные размеры орнаментального поля. В этом свете наши анализы гериха верхнего панно с отношением сторон $1 : \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$

отличаются от того, что было достигнуто предшественниками на основании опыта [247, с. 206]. Нам представляется, что построение этого орнамента могло сводиться к следующему: сторона AB квадрата $ABCD$ была поделена на четыре, восстановлены перпендикуляры. В ядре квадрата проведена окружность с радиусом, равным $\frac{AB}{4}$. В нее вписана восьмиконечная звезда. Лучи ON восьмиугольника дали но-

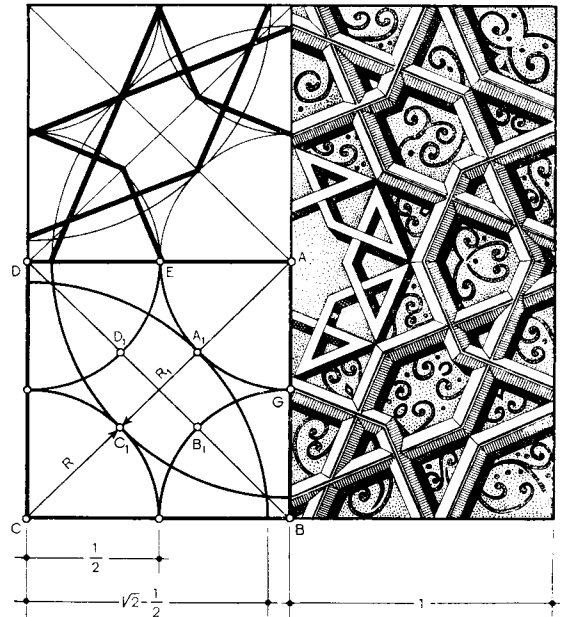


Рис. 222. Мечеть Магоки Аттари. Орнамент на пилонах портала. Среднее панно

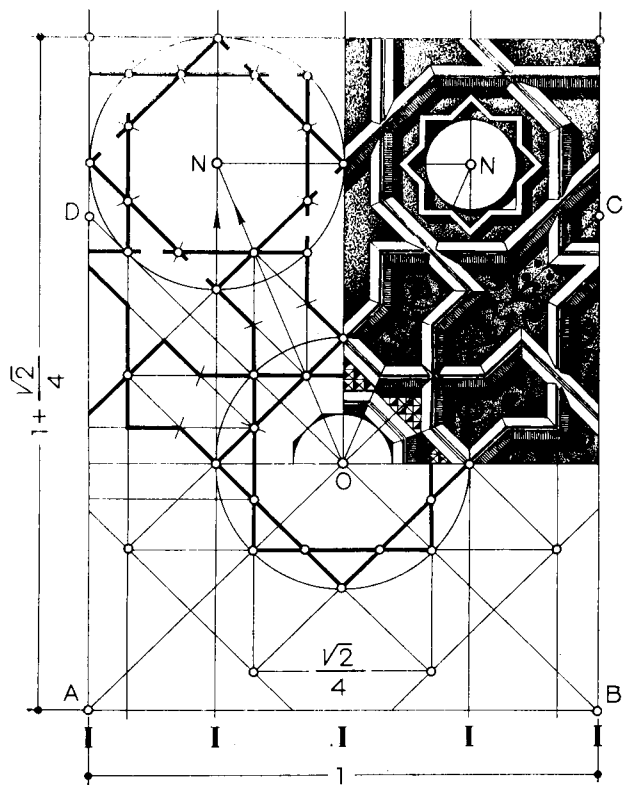


Рис. 223. Мечеть Магоки Аттари.
Орнамент на пилонах портала.
Верхнее панно

вые центры, где образовались восьмиугольники, одинаковые с восьмиугольниками в ядре квадрата $ABCD$. Вокруг ядра — «барабаны» и «гусиные лапы», построение которых ясно из чертежа. Орнамент, вписанный в прямоугольник $1 : \frac{\sqrt{2}}{4}$, в зеркальном повторении дает рисунок верхнего панно.

Плитка (№ 21). Самаркандский музей, резная терракота, XII в. [247, с. 218]. Геометрический орнамент построен в прямоугольнике с отношением сторон $2 : \sqrt{3}$ (рис. 224). Стороны равностороннего треугольника ABC поделены на четыре. Восстановлением перпендикуляров из точек DEG получим точку O и одинаковые фигуры «турунджей» $ADOE$, $BGOD$, $CEOG$, в которые вписаны неправильной формы пятиконечные звезды, чем обусловлены конфигурации всех составляющих композицию орнамента элементов: треугольников, ромбов и пятиугольников. По углам треугольника ABC построены шестиконечные звезды с $R = \frac{a}{2}$ и $r = a - \frac{a\sqrt{3}}{2}$.

Плитка (№ 27). Резная терракота XI—XII вв. Самаркандский музей [247, с. 225]. Орнамент строится в границах прямоугольника с отношением сторон $1 : 1,376$ (рис. 225). На пересечении диагоналей прямоугольника — центр круга с радиусом, равным половине. В точке A радиус делится пополам, и из нее проводится гипотенуза треугольника OAB . На гипотенузе AB отложим отрезок AC , равный половине радиуса. Тогда BC будет стороной BD десятиугольника, вписанного в окружность.

Теперь начертим десятиугольник. Стороны B_1D_1 этого десятиугольника поделим пополам и получим углы E искомого десятиконечной звезды. Проведем диагонали десятиугольника, впишем пятикрылую звезду и получим геометрическую сетку, на которой построен выразительный, мастерски выполненный орнамент.

Плитка (№ 28). Резная терракота, XII в. Бухарский музей [247, с. 226]. Оригинальный по построению геометрический орнамент основан на параметрах квадрата и пятиугольника. По-

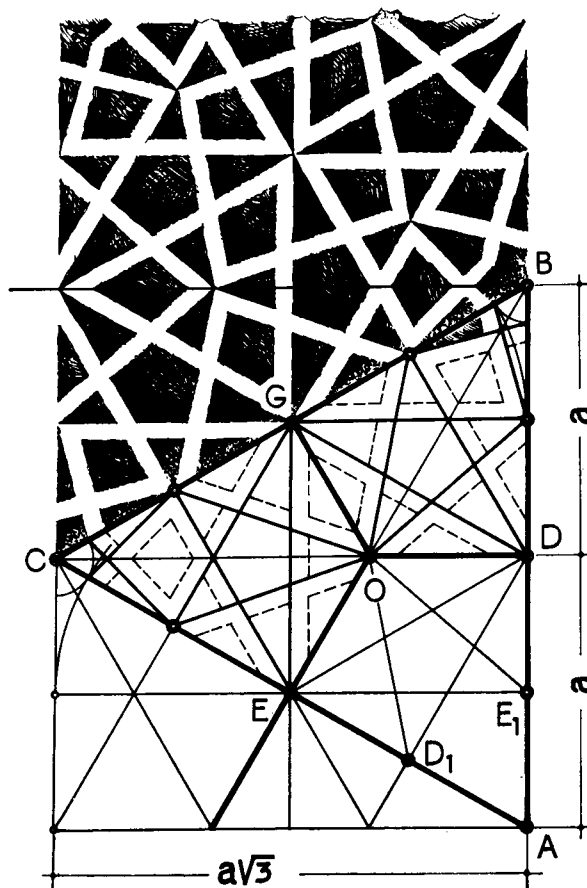


Рис. 224. Самаркандский музей. Плитка № 21.
Резная терракота. XII в.

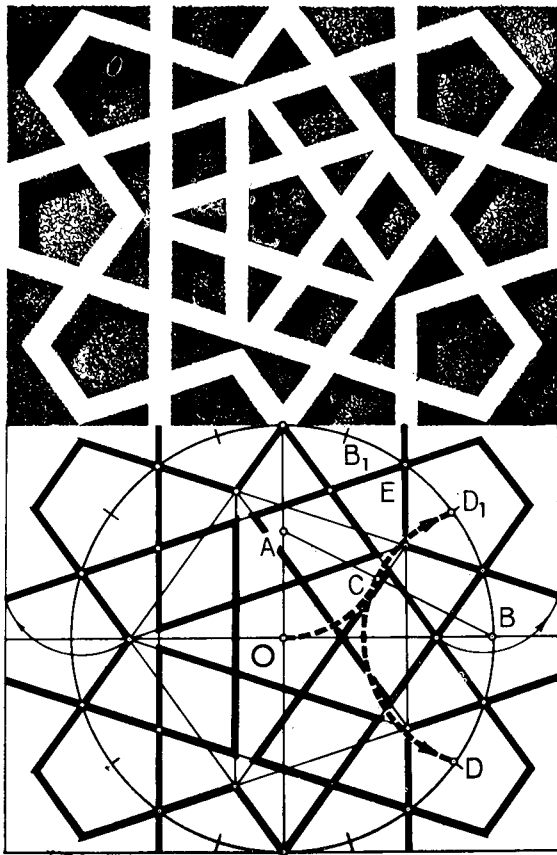


Рис. 225. Самаркандский музей. Плитка № 27.
Резная терракота. XI—XII вв.

пытаемся расшифровать приемы его построения (рис. 226).

Начертим квадрат $ABCD$. Радиусом (R), равным одной четвертой диагонали квадрата $(\frac{\sqrt{2}}{4})$, приняв точку O за центр, начертим окружность, в которую впишем правильный пятиугольник, одна из вершин которого совпадает с точкой O — пересечением диагоналей исходного квадрата $ABCD$. Приняв диагональ OE пятиугольника за радиус, начертим окружность и отметим на ней углы вписанного десятиугольника. При этом сторона (EF) десятиугольника и сторона пятиугольника будут равны, а углы десятиугольника станут вершинами вспомогательной десятиконечной звезды орнамента. Далее, приняв сторону пятиугольника за радиус (R^1), опишем среднюю окружность. Описанный десятиугольник даст искомый элемент рисунка орнамента. Начертим малую окружность радиусом $\frac{R^1}{2}$, равным половине стороны пятиугольника; соответствующие точки на этой окружности, через которые пройдут

линии от вершин десятиконечной звезды, определят схему построения центрального ядра. Остальное ясно из чертежа.

Резная терракота XII в. Самаркандский музей (рис. 227). Основой композиции орнамента является квадрат, в который вписан круг. В нем построена восьмиконечная звезда, в которую вписан восьмиугольник. Радиусом, равным одной четвертой стороны квадрата, очерчен круг, который на пересечениях с осевыми линиями и диагоналями образовал точки, ставшие вершинами восьмиконечных звезд. Остальное ясно из чертежа. Образовавшиеся в результате развития композиции пятиугольники, шестиугольники, треугольники — неправильной формы. Бордюр орнамента состоит из квадратов, сопрягающихся по линии диагоналей.

Резная терракота XII в. Самаркандский музей (рис. 228). В орнаменте использованы правильные фигуры шестиконечной звезды, «барабанов» и двенадцатиугольника. Однако этот орнамент весьма оригинален благодаря

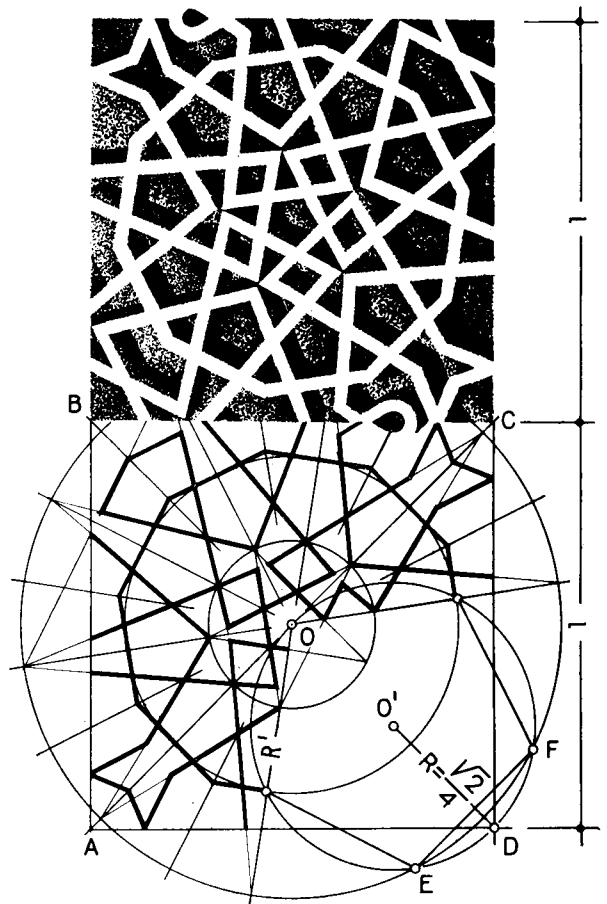


Рис. 226. Бухарский музей. Плитка № 28.
Резная терракота. XII в.

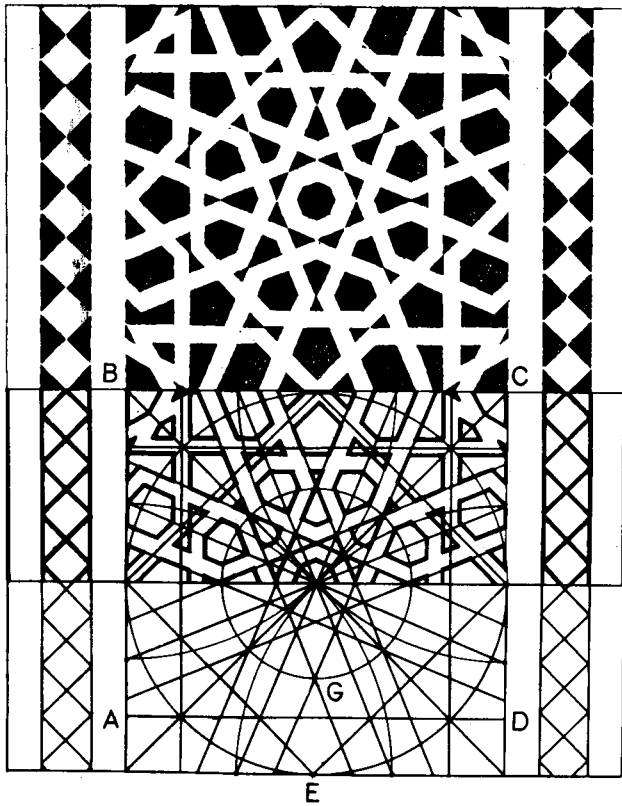


Рис. 227. Самаркандский музей.
Резная терракота XII в.

асимметричности композиции. Она обусловлена тем, что в ядре квадрата $ABCD$ шестиконечная звезда повернута относительно осей квадрата на 15° (то в одну, то в другую сторону), при этом одна из коротких осей и одна из длинных осей звезды совпадают с направлениями диагоналей квадрата $ABCD$. По направлениям этих диагоналей композиция орнамента развивается по-разному. Все отрезки лент, образующие орнамент, параллельны сторонам двенадцатиугольника, в силу чего дольки восьмиугольников по углам квадрата $ABCD$ имеют неправильную форму.

Куня-Ургенч. Мавзолей Наджмаддина Кубра. Орнамент фриза надгробия, расписная майолика (1321—1333 гг.). Орнамент построен в квадрате $ABCD$. По углам его — по четверти восьмиугольников, в ядре — восьмиконечная звезда, обрамленная производными восьмиугольника и восьмиконечной звезды. Пропорции фигур орнамента основаны на последовательном вписании квадрата и окружностей (рис. 229), что уводит нас к приемам построения архитектурной формы мавзолеев Саманидов и Айши-биби.

На этом же надгробии обращает внимание

построение шестиугольника и шестиконечной звезды неправильной формы, вписанных в квадрат.

Куня-Ургенч. Караван-сарай (XIV в.). Орнамент на цеке арки портала (рис. 230). Композиция орнамента построена на сочетании производных квадрата с правильными шестиугольниками. В квадрате $ABCD$ проведены диагонали. Радиусом, равным одной четвертой диагонали ($\frac{\sqrt{2}}{4}$), на диагоналях восьмиугольника отмечены точки E и F — центры шестиугольников.

Прямой угол в точке O поделен на четыре части, проведены лучи, которые на пересечении с четвертью окружности, имеющей радиус, равный половине диагонали квадрата AB^1OD^1 , дали точки E и F , которые стали центрами правильных шестиугольников. Диаметр описанной окружности равен разности диагонали и стороны квадрата AB^1OP^1 . Дальнейшее построение ясно из чертежа. Отметим, что восемь шестиугольников, лежащих на диагоналях восьмиугольника, — правильные, а восьмиугольники на осях и по углам квадрата — неправильные и что очертания крыльев восьмиугольной розетки ядра согласуются с формой шестиугольников.

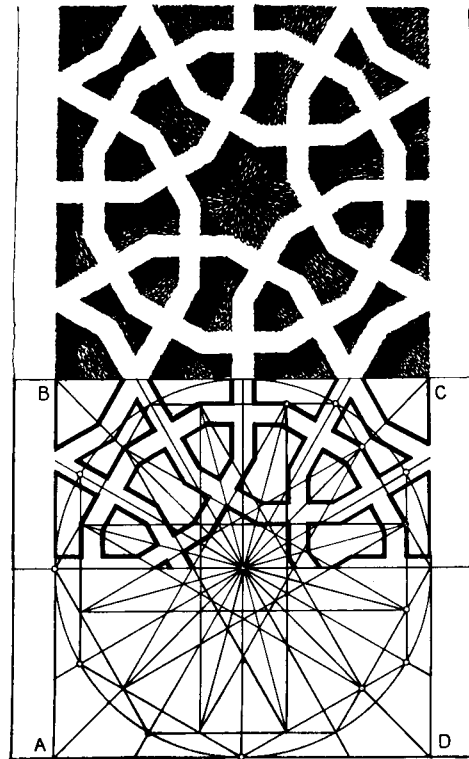


Рис. 228. Самаркандский музей,
Резная терракота XII в.

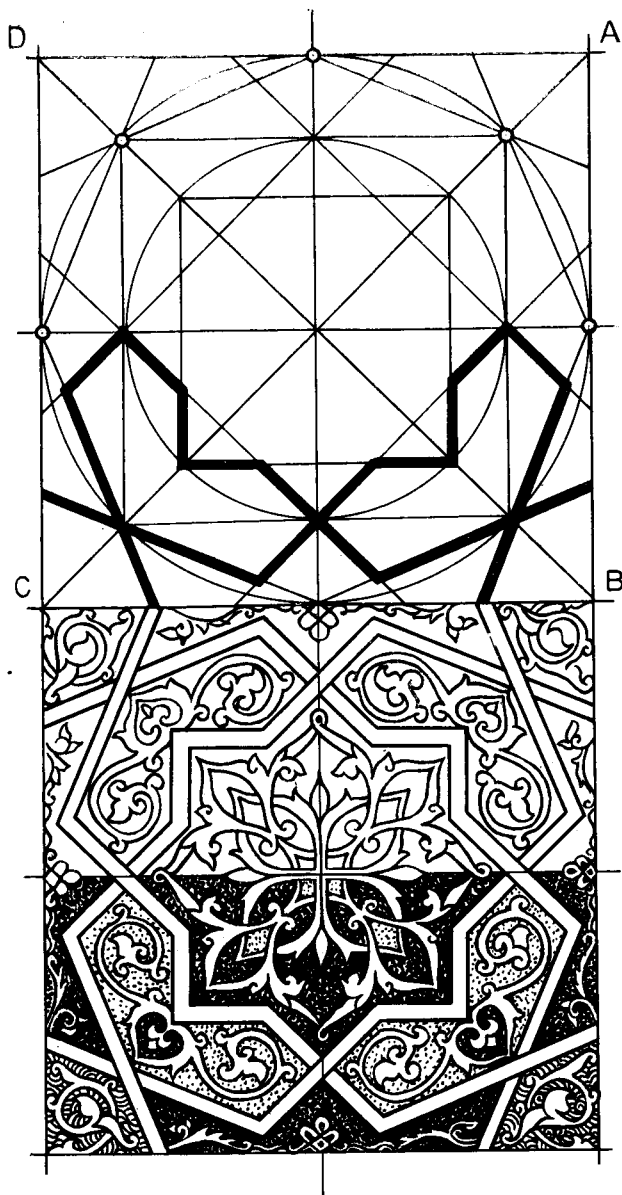


Рис. 229. Мавзолей Наджмадина Кубра в Хорезме. Орнамент надгробия. Расписная майолика (XIV в.)

Герих на щипцовой стене входной арочной ниши мавзолея Ходжа Ахмада (40-е годы XIV в.). Самарканд. Шах-и-занда. Автор — зодчий Фахри Али (рис. 231). Этот орнамент привлек внимание Л. И. Ремпеля оригинальностью сочетания семиугольника и восьмиконечной звезды, и он провел его расшифровку [247, с. 380—383]. Наши анализы этого гериха уводят к книге по геометрии Абу-л-Вафа Бузджани и к трактату «Введение [в учение] о подобных и соответственных фигурах». Нас поражает не столько сложность композиции орнамента, сколько ло-

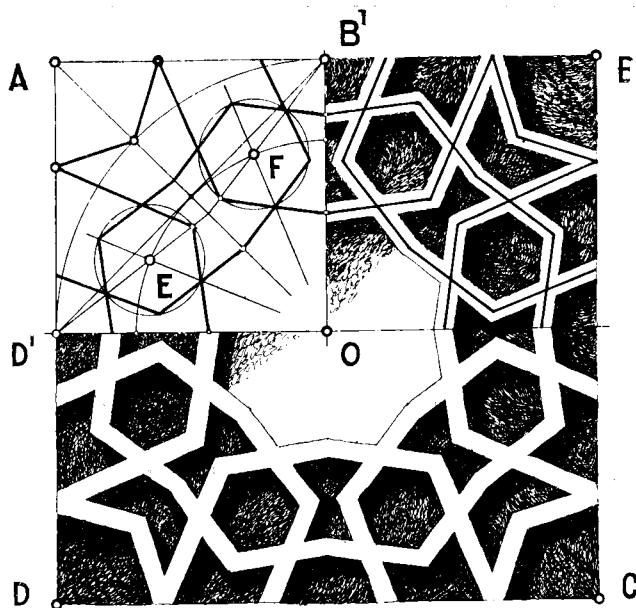


Рис. 230. Караван-сарай в Хорезме (XIV в.). Орнамент на щече арки портала

гичность, геометрическое соответствие фигур, осмысленные художником-орнаменталистом.

В квадрате $ABCD$ (рис. 231) построены на каждой его стороне четыре равносторонних треугольника. Взаимное пересечение их сторон дало четыре малых треугольника и квадрат ядра со стороной a . Поле квадрата $ABCD$ получило членение на квадраты и треугольники со стороной a , что явилось геометрической сеткой для построения орнамента, состоящего из семиугольников и восьмиконечных звезд. Известно, что сторона вписанного семиугольника равна $0,868 R$. По Бузджани, она равна высоте равностороннего треугольника, построенного на радиусе описанной окружности, т. е. $\frac{R\sqrt{3}}{2}$, или $0,866 R$. Погрешность — $0,002 R$, или 2 мм на 1 м радиуса описанной окружности.

В нашем случае параметры семиугольника обусловлены замыслом композиции. Примечательно, что центры семиугольников совпадают с точкой смыкания углов трех треугольников и двух квадратов, а центры восьмиугольников — с центрами квадратов (рис. 232); сопряжения двух вершин семиугольника и четырех западающих углов восьмиконечных звезд лежат на диагоналях квадратов со стороной a , причем за радиус (r) описанной окружности восьмиугольников принято $\frac{a}{4}$, за радиус (R) описанной окружности семиугольника —

$$\frac{a\sqrt{2}}{2} - \frac{a}{4} = 0,445a.$$

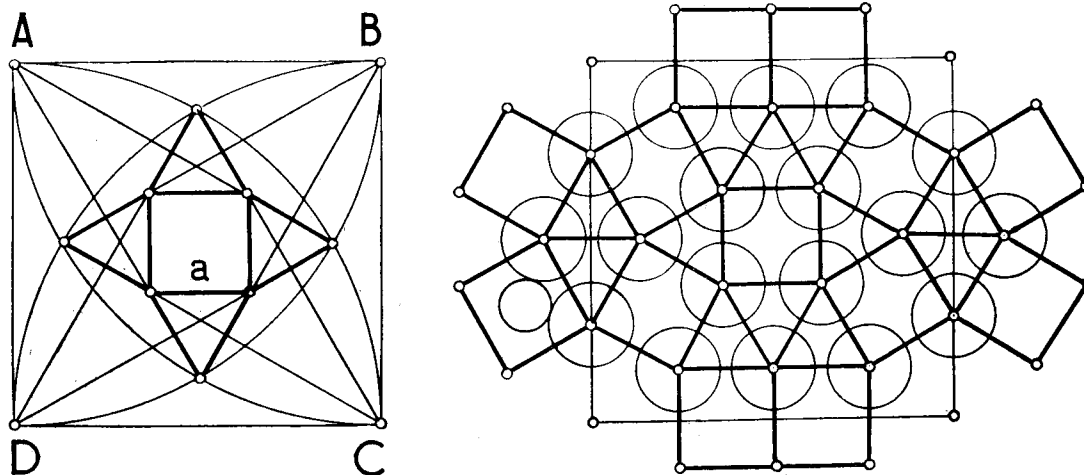


Рис. 231. Мавзолей Ходжа Ахмада в Шах-и-зинда (40-е годы XIV в.).
Герих на щипцовой стене входной арочной ниши.
Схема построения

Сопряжение диагоналей квадратов (со стороной a) в центрах семиугольников образует углы 150° и 210° . Для построения семиугольников стягивающие дуги этих углов соответственно поделены на 3 и 4, при этом центральные углы семиугольников получились в 50° и $52^\circ 30'$ с погрешностью около $\pm 1^\circ$ против величины угла $\frac{360}{7}$, т. е. $51^\circ 25' 43''$. Как мы видим, этими погрешностями пренебрегает зодчий Фахри Али и создает интересную по замыслу композицию орнамента.

Герих на щеке арки портала мавзолея Ходжа Ахмада (XIV в.). Самарканд. Шах-и-зинда (рис. 233). Также построен на сетке пересекающихся равносторонних треугольников, заключенных в квадрат. В рассматриваемом герихе по углам квадрата — двенадцатиконечные звезды, а в ядре композиции — неправильный восьмиугольник, сопрягающийся четырьмя углами с правильными шестиугольниками, пропорции которых определены пересечением лучей под прямым углом в точках F . По оси диагоналей квадрата образовались фигуры «гусиных лап», уже знакомые по трактату (ср. «Введение. . .», л. 293), сочетающиеся с фигурами неправильного восьмиугольника в центре ядра и правильными шестиугольниками и двенадцатиконечными звездами по углам квадрата.

Мозаика из гравированных поливных плиток мавзолея Амир-заде, 1386 г. Шах-и-зинда в Самарканде (рис. 234). Геометрический орнамент представляет собой шестиугольные шашки с последовательно вписанными в них шестикрылыми звездами. Однако они неправильной формы, так как треугольник вписан в квадрат делением его стороны на четыре. При этом сторо-

ны шестиугольника соответствуют 2 и $\sqrt{5}$. Такое построение шестиугольника, вписанного в квадрат, встречается в орнаментации фриза надгробия мавзолея Наджмадина Кубра (1321—1333 гг.). Применение шестиугольника неправильной формы, очевидно, вызывалось не тем, что мастера не умели строить правильные формы, а желанием придать орнаменту большую динамичность и выразительность, тем более что теория и практика более ранних эпох оставили примеры построения орнамента на квадратной сетке и диагоналях двух квадратов.

Комплекс Ходжа Ахмада Ясеви в г. Туркестане (конец XIV в.). Панель, резьба по камню (рис. 235). Герих орнамента был расшифрован Б. Н. Засыпкиным по сохранившимся фрагментам и восстановлен Л. Ю. Маньковской при реставрационных работах в 1957 г.

Рассмотрение закономерностей построения этого гериха в сопоставлении с другими геометрическими орнаментами этой эпохи позволяет выдвинуть гипотезу, что он был построен на производных квадрата и равностороннего треугольника, что мы уже наблюдали на орнаментах мавзолея Ходжа Ахмада в Самарканде (XIV в.). Однако здесь стороной равностороннего треугольника является не сторона квадрата, а сторона вписанного в квадрат восьмиугольника.

Построение достаточно простое. Исходный квадрат — $ABCD$. На его сторонах отложением от угла его полудиagonали находятся углы вписанного восьмиугольника. На сторонах восьмигранника строятся равносторонние треугольники EGH . Отложением отрезка $1 - \frac{\sqrt{2}}{2}$ на диагоналях квадрата определяются точки M .

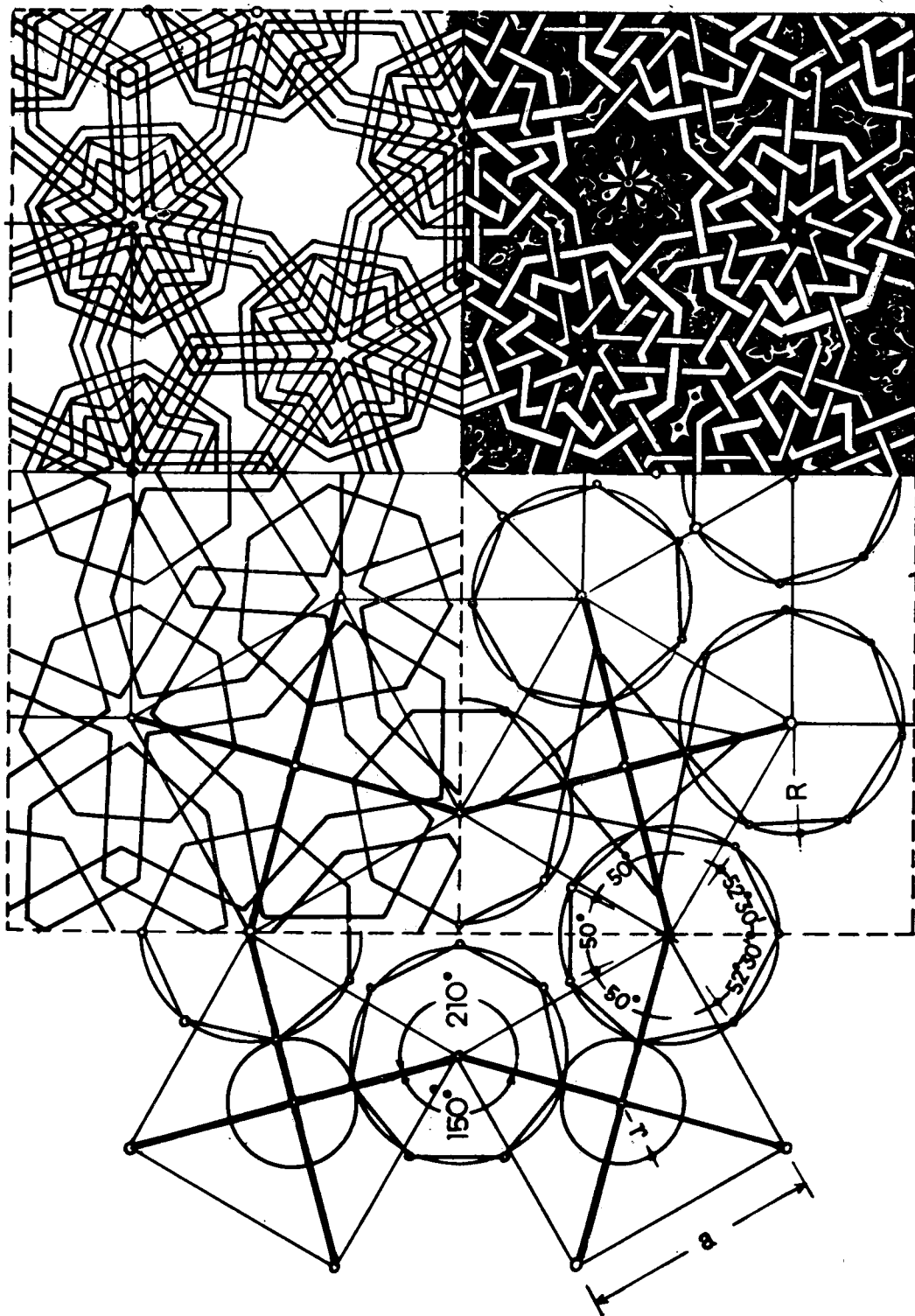


Рис. 232. Мавзолей Ходжа Ахмада. Герих на щипцовой стене входной арочной ниши.
Анализ построения

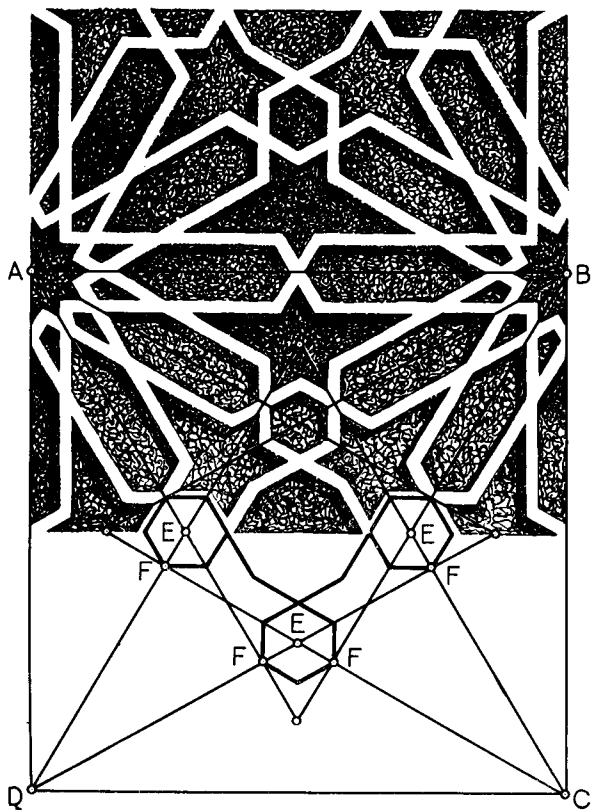


Рис. 233. Мавзолей Ходжа Ахмада.
Герих на щеке арки портала

Соединение углов квадрата с точками M , продолжение сторон равносторонних треугольников до пересечения с диагоналями квадрата создают геометрическую основу для построения этого орнамента.

Герих на восточном фасаде комплекса Ходжа Ахмада Ясеви. Мозаика из полных кирпичиков (рис. 236). Большая плоскость стены покрыта геометрическим орнаментом простого рисунка. Это фигуры «барабанов» и квадратов, заполненные кувическими надписями.

Исходным параметром орнамента явился повторяющийся элемент гериха — квадрат $ABCD$, на сторонах которого отмечены углы вписанного восьмиугольника, попарно соединенные под углом 45° к горизонту. В ядре композиции образовался квадрат со стороной $\sqrt{2} - 1$. Разворот рисунка на плоскости стены дает искомый орнамент, который вписывается в сетку, состоящую из квадратов двух размеров — со стороной $\sqrt{2} - 1$ и $1 - \frac{\sqrt{2}}{2}$ и прямоугольников с отношением сторон $(\sqrt{2} - 1) : (1 - \frac{\sqrt{2}}{2})$. Остальное ясно из чертежа.

Мавзолей Туман-ака. Шах-и-занда. Самарканд. Орнамент на щековой стенке арочной ниши входа в мечеть. Резная цветная мозаика 1405 г. Работа Шейха, сына Ходжи Мухаммеда, орнаменталиста — виртуоза-гугрописца из Табриза, как гласит строительная надпись на фасаде мавзолея (рис. 237).

Герих построен на прямоугольнике с отношениями сторон $1 : 2\sqrt{2} - 1$. Исходным параметром гериха является квадрат $ABCD$. Построение прямоугольника простое: он получается отложением диагонали на продолжении сторон квадрата, так что диагональ $BD = BC'$, $CA = CB'$. При этом $CC'' = BB' = \sqrt{2} - 1$. По углам прямоугольника и в центре квадрата построены восьмиконечные звезды с диаметром (R) вписанной окружности, равным $\sqrt{2} - 1$.

Герих на ярусе парусов в интерьере мавзолея Буян Кули-хана (рис. 238) и орнамент на щипце арки мечети Туман-ака (рис. 239) имеют единую основу, вписаны в прямоугольники одинаковых пропорций, построены на пятилучевой сетке и отличаются размещением, сочетанием и пропорциями основных фигур, т. е. десятиконечных звезд, пятиугольников, и разнообразием фигур, образующихся при их сочетании [247, с. 385—387].

Здесь параметры десятиконечных звезд определены половиной высоты ($\frac{AD}{2}$) прямоугольника $ABCD$, имеется полная идентичность в рисунке ядра композиции, тогда как в заполнении углов прямоугольников они не похожи.

Герих из дафтара Бухарского музея (рис. 247) [203, с. 401] оригинален по рисунку, вписанному в прямоугольник $AA'B'B$. Герих имеет классическое построение на пятилучевой основе. Лучи, идущие из точек A и B под углами 72° и 36° к основанию прямоугольника, пересекаются в точке C и образуют угол 72° . Нетрудно догадаться, что при этом BC является большим отрезком при делении AB в крайнем и среднем отношении. Перпендикуляр CD — высота треугольника ABC и равняется $\sin 36^\circ = 0,5878$. Следовательно, пропорции искомого прямоугольника $AA'B'B$ таковы: $1 : (0,5878 \times 2) = 1 : 1,1756$. Они близки к прямоугольнику с отношением сторон $5 : 6$ с погрешностью около 24 мм на 1 м.

По углам прямоугольника $AA'B'B$ — четыре четверти десятиконечных звезд. Они сочетаются с ромбами, «гусиными лапами», с фигурами «чаша», правильными пятиугольниками. При этом направление линий орнамента параллельно сторонам последних.

Не менее интересен герих портала комплекса Гур-Эмир (рис. 241). Здесь из двух прямоугольников с отношениями сторон $1 : 1,376$ и $1 : 0,7265$

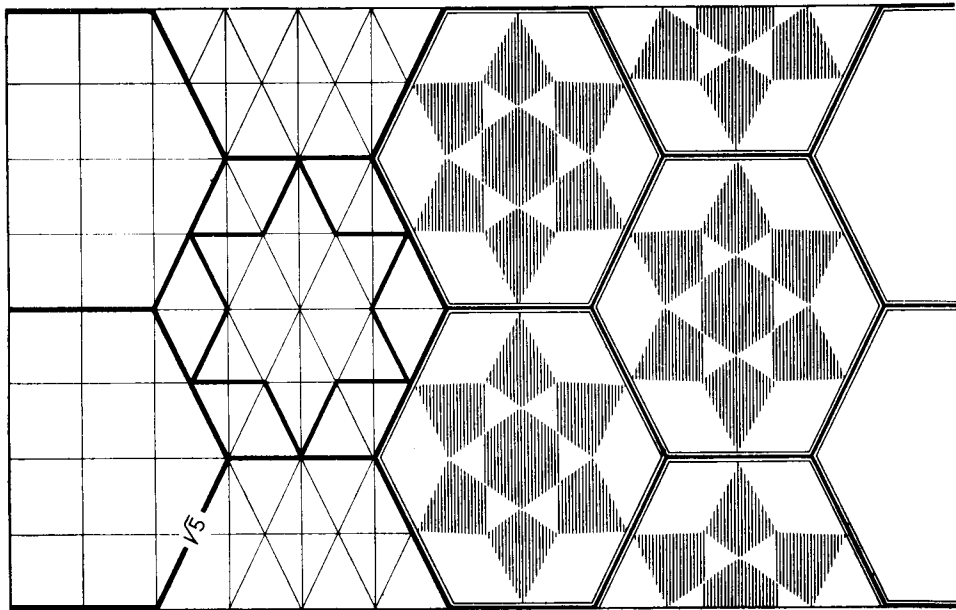


Рис. 234. Мавзолей Амир-заде в Шах-и-занда (1386 г.).
Мозаика поливных плиток

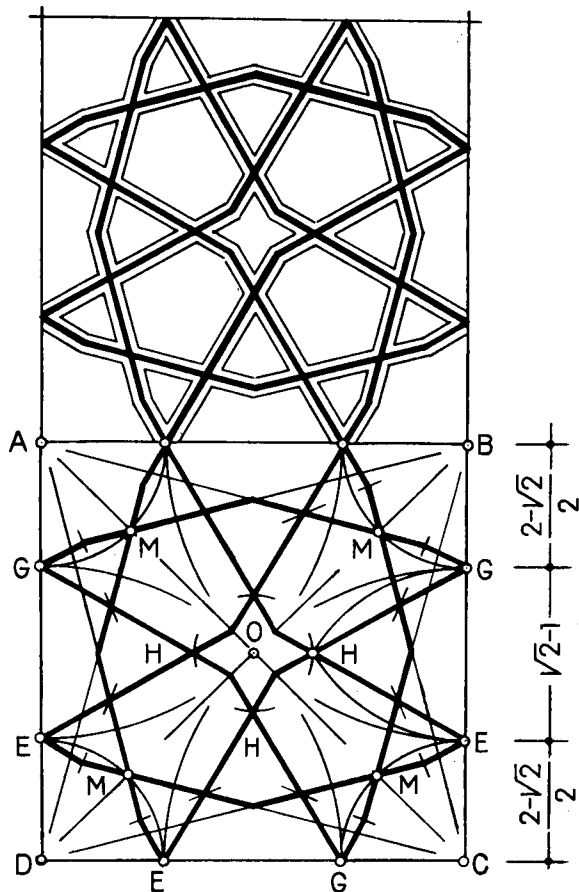


Рис. 235. Мавзолей Ходжа Ахмада Ясеви. Панель.
Резьба по камню

составлен прямоугольник $ABCD$ с отношениями сторон $1:2,1025$, который в развернутом виде ($AB'C'D$) сочетает в себе десятиконечные звезды, прямоугольники и целый ряд производных.

Стремление зодчих разнообразить орнаменты пятилучевой структуры приводит к усложнению композиции. Примером этому служит герих из дафтара XVI в. Бухарского музея (рис. 242). Здесь из трех прямоугольников с отношениями сторон $1:0,7265$, $1:0,3249$ и $1:0,7265$ составлен прямоугольник с отношением сторон $1:1,7779$. В развернутом виде это прямоугольник $AB'C'D$, в который вписан герих, сочетающий в себе четыре одинаковых десятиконечных звезды (одна целая, три половинки) и в углах C' и D — по четверти звезды. Сочетание их обра-

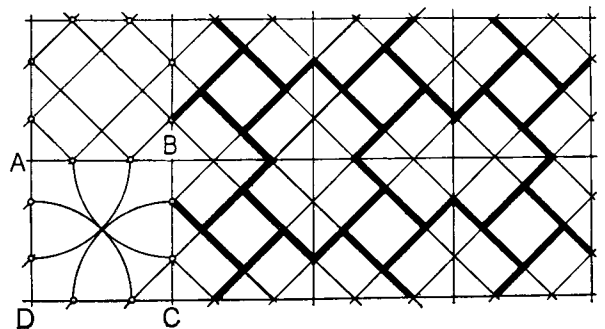


Рис. 236. Мавзолей Ходжа Ахмада Ясеви.
Герих на восточном фасаде.
Мозаика из поливных кирпичиков

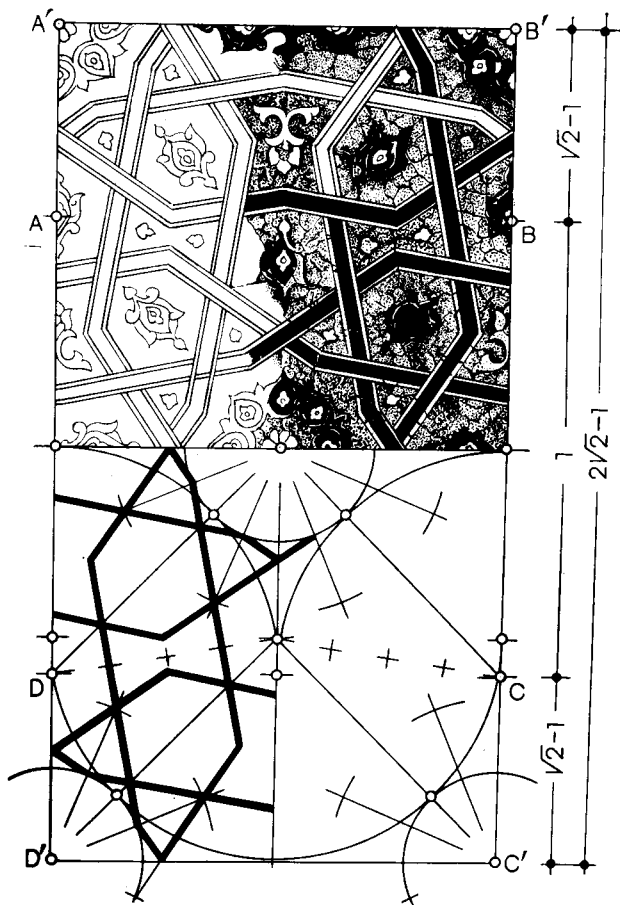


Рис. 237. Мавзолей Туман-ака.
Орнамент на щеке арки мечети

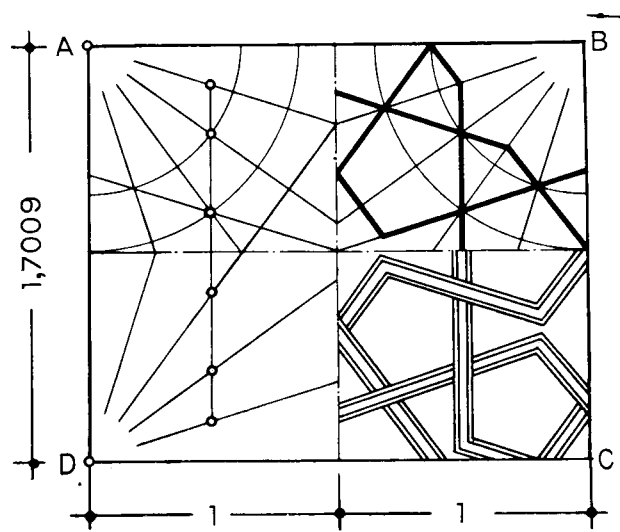


Рис. 238. Мавзолей Буян Кули-хана в Бухаре
(1358 г.).
Орнамент на ярусе тропов

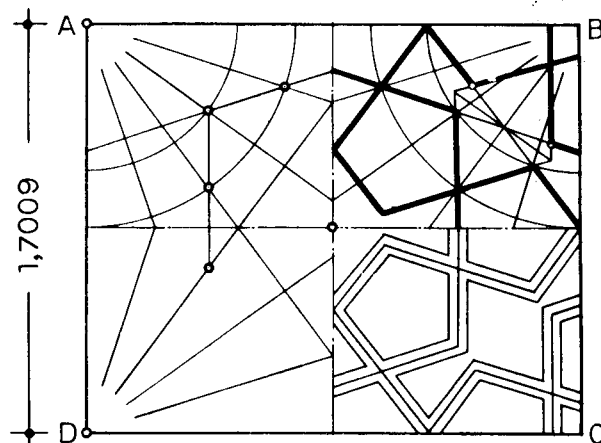


Рис. 239. Мавзолей Туман-ака в Шах-и-зинда
(1405—1406 гг.).
Орнамент на щипцовой стене арки мечети

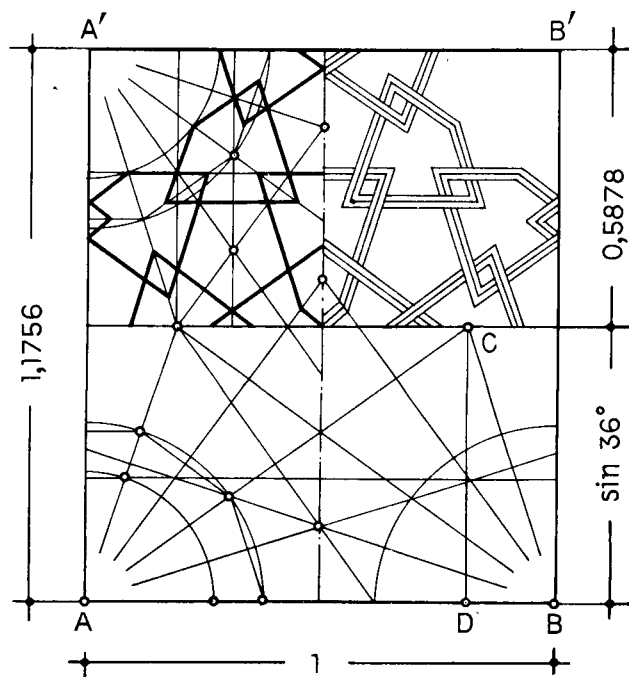


Рис. 240. Бухарский музей. Герих из дафтера XVI в.

зует целый ряд фигур, вносящий разнообразие в асимметричное развитие композиции орнамента.

Усложнение композиций,⁴ основанных на пятилучевой сетке координат, связано с прямоугольниками с отношениями сторон 1:0,3249, 1:0,7265, 1:1,376, 1:3,078 (рис. 243). Нетрудно догадаться, что 1 и 4, 2 и 3 — прямоугольники взаимно-обратные и имеют одинаковые пропорции.

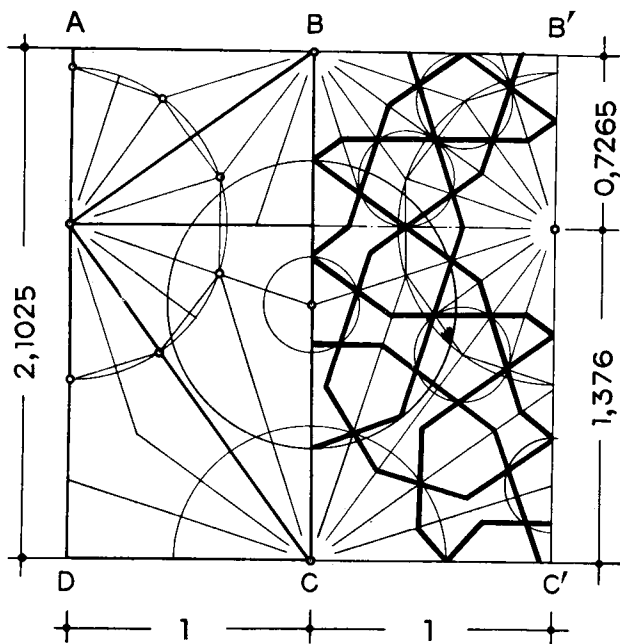


Рис. 241. Мавзолей Гур-Эмир.
Герих портала двора

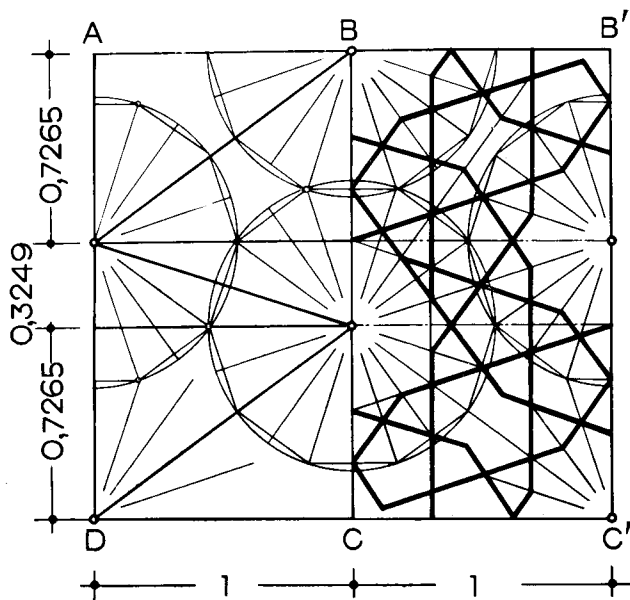
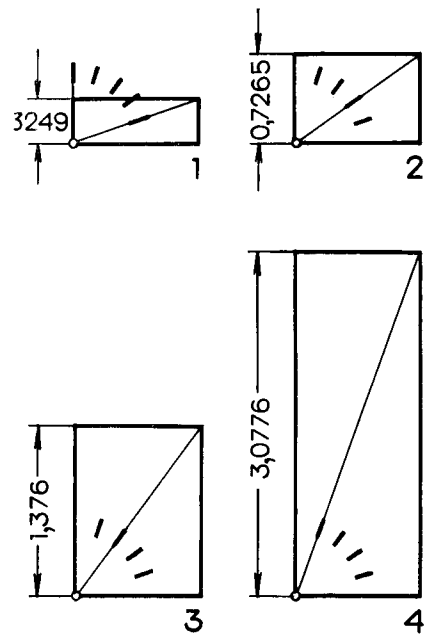


Рис. 242. Бухарский музей.
Герих из дафтара XVI в.

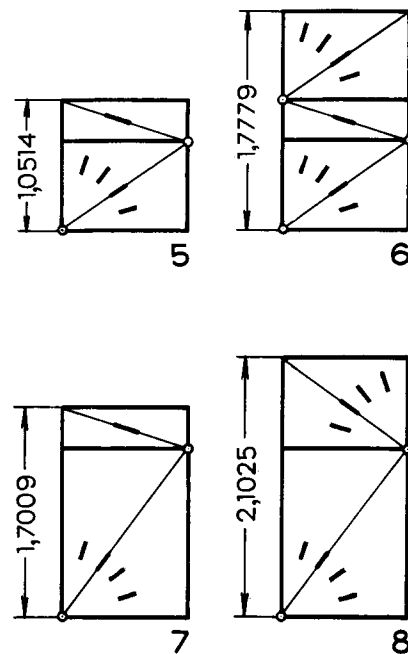


Рис. 243. Пропорции прямоугольников,
основанных на пятилучевых
координатах

Дальнейшее развитие теории и практики архитектурного орнамента, основанного на системе пятилучевых координат, базируется на составных прямоугольниках с отношениями сторон 1:1,0514, 1:1,7779, 1:1,7009 и 1:2,1025. Отметим, что эти отношения присущи лишь

прямоугольникам, в которых на основе пятилучевой сетки координат komponуется орнамент. Здесь они органичны, вытекают из геометрических построений и не имеют прямого отношения к архитектурным пропорциям.

Для орнамента XV в., основанного на пяти-

лучевой сетке координат, характерно большее соблюдение геометрической правильности фигур, чем для орнамента XI—XII вв. Однако геометрическую сухость композиции зодчие XV в. стремятся компенсировать многообразием и усложненностью геометрических построений, не говоря уже о применении цвета и нового технического приема — кашинной мозаики.

Основой композиции геометрического орнамента X—XV вв. являлись:

- 1) построения на сетке квадратов;
- 2) построения в квадрате и на его производных;
- 3) построения, основанные на производных полуквадрата $\left(\frac{1}{2}, 1, \frac{\sqrt{5}}{2}\right)$ или на производных двух квадратов $(1, 2, \sqrt{5})$;
- 4) построения, основанные на равностороннем треугольнике, на его производных и треугольной сетке;
- 5) построения, основанные на сочетании квадрата и равностороннего треугольника;
- 6) герихи, построенные на сетке лучевых координат.

От элементарно простого к более сложному — такова общая тенденция в развитии гериха — теории и практики архитектурного орна-

мента. Между тем, если новые геометрические приемы влекли за собой усложнение построений, то практическое осуществление орнамента в материале требовало простоты. Технология осуществления орнаментального декора путем штампа в мягкой глине с последующей сушкой элемента и обжигом, отливка в гипсовой форме путем набора из деревянных стандартных элементов требовали повторяемости рисунка, что и нашло отражение так или иначе почти во всех вариантах герихов.

Геометрический архитектурный орнамент X—XV вв., который мы рассмотрели, — исключительное явление художественной культуры эпохи и знаменует собой высокий расцвет средневекового орнаментального искусства, составляя его классику.

Успехи орнаментального искусства были обусловлены общим подъемом феодальной экономики в периоды относительной стабилизации политической обстановки, интенсивным международным культурным обменом — общением зодчих с иноземными коллегами и существованием тесной связи между средневековой наукой и архитектурно-художественной практикой. Творческий путь художников-орнаменталистов освещался средневековой теорией построения архитектурного орнамента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Философские воззрения классического Востока и античной Греции связали жизнь и деятельность людей с космической гармонией.

Это относится и к зодчеству, где основополагающей стала доктрина гармонии во Вселенной.

Наши исследования, выполненные с привлечением научного архео-астрономического метода, позволяют утверждать, что культовая архитектура древних цивилизаций была на службе астрономии и что жрецы — служители астрального культа занимались астрономическими наблюдениями ради составления календарей, предсказания важных явлений природы и событий в жизни общества по звездам и регламентации деятельности людей вплоть до ориентации храмов и алтарей.

Исследованиями установлено:

а) культовые сооружения, ориентированные на восход Солнца в день весеннего равноденствия или в день зимнего солнцестояния, принадлежали земледельцам; ориентированные на восход Солнца в день летнего солнцестояния, принадлежали скотоводам. Те и другие поклонялись Солнцу;

б) поклонение лунному божеству привело к ориентации храмов на восход и заход Луны в дни солнцестояний;

в) целый ряд храмов античности и раннего средневековья были раскрыты к небу, подобно Пантеону в Риме. Делалось это ради «общения» молящихся с богами-небожителями;

г) гармония в зодческом искусстве выразилась в тектонике, уравновешенности и гармоничных пропорциях частей и целого архитектурного организма.

Комплексное рассмотрение социальных, философских и эстетических воззрений средневековых ученых-энциклопедистов Среднего и Ближнего Востока, трактатов, которыми пользовались зодчие, и сравнительные анализы приемов построения архитектурно-тектонических структур и орнамента, проведенные на большом числе памятников архитектуры, позволили нам доказать существование на Среднем Востоке в средние века науки архитектурного проектирования, тесно связанной с гео-

метрическими приемами и отнесенной в классификации наук ал-Фараби к математическим дисциплинам.

Полученное нами при анализе памятников подтверждение этих геометрических приемов в качестве системы, принятой на всем Среднем Востоке на протяжении веков, — факт исключительного значения для истории архитектурной науки. Осмысление и обобщение строительной практики в трудах энциклопедистов IX—X вв. оказало существенное влияние на направленность творчества и мировоззрение многих поколений зодчих, художников-орнаменталистов, каллиграфов-крупнописцев ряда стран Среднего и Ближнего Востока. Теория построения архитектурных форм, возникнув из самой практики, коллективного опыта мастеров, в свою очередь оказала влияние на практику.

Теперь уже архитекторы смотрели на зодчество своего времени как на область приложения геометрических построений. Теория архитектуры охватывала кроме разработки проектов зданий и сооружений целый круг смежных вопросов градостроительства [сейсмика и климат (ал-'Амид), характеристика населенных мест, расположенных в разных природных условиях или вблизи вредных производств, выбор лучшего места для жительства, гигиена жилища, инсоляция и проветривание помещений (Ибн Сина), «постройка зданий городских и в почитаемых местах, крепостей и других зданий» (Рашид ад-Дин), строительство плотин и рытье каналов (ал-Хорезми, Бузджани, Рашид ад-Дин), вопросы садово-паркового искусства и др.].

На основании сообщений ал-Кинди, ал-Фараби и Байхаки доказано, что значительные здания, сооружения и городские площади на Среднем Востоке создавались по чертежам.

Строительное производство и потребность в чертежах вызвали появление специального инструментария и оснащения — зодческих и чертежных инструментов: линейки, циркуля, «совершенного циркуля», вычерчивающего конические сечения, обычных угольников и спе-

циальных в 90, 36, 54°, карусельного циркуля, пяти простейших машин, а также методов расчета подъемной силы рычага, ворота и блока (полиспаста).

Основу теории архитектуры как искусства составило учение о гармонии, связанное с такими критериями, как уравновешенность, порядок, соответствие, родство, пропорциональность и подобие.

Понятие гармонии имело свое историческое конкретное содержание, тесно связанное со всей структурой феодального общества. Как идейная концепция гармония находит воплощение во всех сферах творчества. В искусстве зодчих идея гармонии получила специфическое воплощение в виде строго разработанной системы геометрических построений на плоскости и в пространстве. Вся эта система легла в основу композиционного принципа, оказав огромное влияние на технико-конструктивные решения, строй образов и типологию архитектурных форм в целом.

Анализом соразмерностей сохранившихся архитектурных памятников Средней Азии IX—XV вв. выявлена эволюция системы построения архитектурных форм — от элементарно простых, основанных на квадрате, равностороннем треугольнике и их производных, к более сложным, основанным на производных полуквадрата и делении линии в среднем и крайнем отношении. Развитие этой системы в творчестве зодчих XIV—XV вв. приводит к выработке новой, универсальной, системы геометрических отношений, специфичной для Средней Азии.

Сущность метода гармонизации в архитектуре Среднего и Ближнего Востока заключена в приведении геометрических и модульных отношений в соответствие с конструктивно-тектоническим и образным строем произведения (объемы, массы, ритмы членений, декор). Практически это достигалось простейшими средствами прикладной геометрии, соединенной с «методами исчисления писцов» (выражение Абу-л-Вафа Бузджани), которыми пользовались вычислители.

Метод геометрической гармонизации, разработанный зодчими Средней Азии (как и всего Среднего Востока), опирался на точные науки, особенно на математику, но корректировался требованиями определенного оптического эффекта, отвечавшего эстетическим запросам своей эпохи. Отсюда при наличии общей, четко разработанной типологии зданий и учения о пропорциях, получивших значение канона, построение архитектурной формы каждого отдельно взятого сооружения приобретало черты, выражавшие почерк зодчего, его архитектурно-художественную культуру, эстетические воззре-

ния, широту и глубину познания основ зодчества. В результате, несмотря на кажущуюся традиционность форм архитектуры Средней Азии, ведущие зодчие не повторяли слепо своих предшественников, а, совершенствуя приемы, создавали произведения, отмеченные единством стиля и художественных идей.

Хотя секреты производства оберегались цеховым строем, теоретическая мысль развивалась благодаря ее тесной связи с практикой. Вопросы построения архитектурной формы освещались в «трактатах для зодчих» и были предметом общих дискуссий (например, с участием Абу-л-Вафа Бузджани).

Для зодчества средневековой Средней Азии характерен единый прием построения архитектурной формы как в проекте, так и в натуре.

Зодчий при разбивке здания в натуре — на строительной площадке — оперировал шнуром, кольшком, карусельным циркулем (выражение Бузджани), а в проекте — линейкой и циркулем, т. е. осуществлял планиметрические и стереометрические построения, создавая тем самым объемно-пространственную структуру во всех трех измерениях. Определение производных квадрата, равностороннего треугольника, т. е. иррациональных величин, не представляло особой сложности: их не приходилось вычислять аналитическим методом, они получались посредством натурального геометрического построения.

Однако в практике зодчих появляются новые приемы, обусловленные относительным совершенствованием техники и большими размерами возводимых сооружений. Разбивка в натуре планов и установление высотных соотношений таких зданий, как мавзолей султана Санджара, комплекс Ходжа Ахмада Ясеви, Ак-сарай в Шахрисябзе и мечеть Биби-ханым, не могли быть выполнены старыми методами. Возникает необходимость определения их размеров аналитическими исчислениями. На помощь приходит развитая средневековая вычислительная техника.

В геометрической гармонизации архитектурных форм средневековья огромное значение принадлежало традиции. Если в периоды расцвета экономики и культуры ведущие зодчие Средней Азии пользовались приемами геометрической гармонизации архитектурных форм вполне сознательно, то в периоды упадка, характерные для XVIII—XIX вв., народные мастера пользуются приемами построения архитектурной формы почти механически, по установленным традицией правилам. Благодаря этому народные мастера Средней Азии сохранили в своей памяти некоторые приемы построения архитектурной формы вплоть до наших дней.

Сказанное, очевидно, можно распространить в какой-то степени на архитектуру сопредельных стран, так как наши фрагментарные анализы соразмерностей, в частности, памятников зодчества Азербайджана XI—XV вв. показывают глубину самобытных явлений, присутствующих в культуре этих стран, высокий уровень развития геометрических приемов построения архитектурной формы, органически связанных с проблемой геометрической гармонизации в архитектуре народов Среднего и Ближнего Востока.

В искусствоведческой и архитектурно-исторической литературе встречается мнение, что древние и средневековые зодчие вообще не были математиками, что им не приходилось заниматься математическими вычислениями и что в их деятельности главным образом помогал практический опыт, передававшийся от поколения к поколению. Данные наших исследований — сведения, почерпнутые у ал-Фараби (IX в.), Абу-л-Вафа Бузджани (X в.), Сана'и (XI в.), Ибн Халдуна (XIV—XV вв.), Гиасаддина ал-Каши, Абдаррахмана Джами (XV в.), в рассказах современников об Алишере Навои (XV в.), — а также детальный анализ соразмерностей архитектурных произведений Средней Азии IX—XV вв. позволяют подвергнуть серьезному сомнению эту концепцию и утверждать, что математические познания здесь относились к основам зодчества и, следовательно, ими не могли не владеть ведущие зодчие, которые были образованными людьми своего времени, считались людьми умственного труда и в периоды оживления градостроительства в стране занимали относительно высокое общественное положение.

Методы пропорционирования и гармонизации архитектурных форм, выявленные нами на основе трудов средневековых ученых-энциклопедистов, «трактатов для зодчих», старинных чертежей и патурных обмеров сохранившихся памятников, имеют для современной архитектуры, ее теории и практики двойное значение. С одной стороны, они вписывают новые страницы в историю архитектуры и архитектурной теории. В этом отношении они тесно связаны с историей строительной техники и математики, позволяют нам проникать в существо стиля архитектуры прошлых эпох, устанавливать внутреннюю закономерность между методом архитектурного мышления и стилем искусства. С другой стороны, они поучительны и для современных зодчих, но не как образец для подражания, ибо каждая эпоха создает свою систему

и свои средства гармонизации архитектурных форм.

Современное строительное искусство создает новую систему соразмерностей, основанную на методах исчисления и средствах строительной техники века — на модульной координации и применении новых строительных материалов.

Формообразование в современной архитектуре располагает богатейшим арсеналом геометрических построений — от элементарно простых, традиционных до сложнейших пространственных структур и бионики. На вооружении архитектуры появляются поверхности вращения параболоида, эллипсоида, гиперболоида; применяются гипар (гиперболический параболоид) и коноиды; создаются геодезические купола, основанные на правильных и полуправильных многоугольниках, разработанных еще в древней Греции и оставшихся без применения в архитектуре в продолжение двух с лишним тысяч лет. Все шире применяются скульптурно-пластические архитектурные формы тонкостенных оболочек, сетчатые конструкции, вызванные к жизни научно-техническим и социальным прогрессом, эстетическими вкусами эпохи.

Исторический опыт архитектуры Среднего и Ближнего Востока свидетельствует, что математизация вообще и геометрическая гармонизация в частности служат гносеологической основой перехода метода мышления из области математики в обширную область архитектуры, прикладных искусств, так же как в процессе математизации знания происходит закономерный процесс перехода известных методов и принципов из области математики (соразмерность, пропорциональность, соответствие, подобие) в область художественного творчества.

Опыт прошлого поучителен тем, что современные методы гармонизации должны отвечать новым идейно-образным требованиям и техническим условиям строительства с такой же целостностью логики мышления и полнотой их увязки между собой, с какой они отвечали всему содержанию художественной культуры и науки на Среднем и Ближнем Востоке в прошлом.

Все это дает основание перекинуть мост от далекого прошлого к нашему времени в разрешении проблемы гармонизации предметно-пространственной среды для развития в ней гармоничной личности человека — проблемы, решаемой теорией и практикой строительства социалистического общества в целом.

ПРИМЕЧАНИЯ

О книге М. С. Булатова «Геометрическая гармонизация в архитектуре Средней Азии в IX—XV вв.»

¹ Лосев А. Ф. История античной эстетики. Высшая классика. М., 1974, с. 172.

² Цит. по: Horten M. Avicenna. Das Buch der Genesung der Seele. Lpz., 1907, с. 471; см. также: Григорян С. Н. Средневековая философия народов Ближнего и Среднего Востока. М., 1966, с. 210.

³ Цит. по: Horten M. Avicenna..., с. 211; см. также: Григорян С. Н. Средневековая философия..., с. 512.

⁴ Юшкевич А. П. Омар Хайям и его алгебра.— Труды Института истории естествознания. Т. 2. М., 1948, с. 519.

⁵ Абу-л-Вафа ал-Бузджани. Книга о том, что необходимо ремесленнику из геометрических построений. М., 1966, с. 115.

⁶ Ленин В. И. Конспект книги Гегеля «Наука логики». — Полное собрание сочинений. Т. 29, с. 152.

Введение

¹ Автор выражает благодарность дирекции Института искусствознания им. Хамзы Министерства культуры УзССР, коллективу его отдела архитектуры и изобразительных искусств, руководству Главного научного производственного управления памятников Министерства культуры УзССР и сотрудникам его архива за помощь в работе. Автор благодарит коллег, практическими указаниями которых он пользовался: архитекторов М. Абиджанову, В. Муратову, Е. Саркисянц, а также художника М. Мирзарахимова и фотографа Е. Н. Юдицкого — за их участие в графическом оформлении работы.

Глава I

¹ Наименование «золотое сечение» не употреблялось в древней Греции. «Золотым сечением» назвал деление отрезка в среднем и крайнем отношении Леонардо да Винчи.

² В разделе, посвященном архитектуре древней Индии, нами использованы публикации В. В. Вертоградовой («Архитектура») в книге «Культура древней Индии» (М., 1975, с. 293—314).

³ По мнению сабейцев, гигантский сфинкс — идол Абул-Хаул представляет собой изображение Венеры, обращенное взором на Египет.

⁴ Представители Советского Союза в этом конгрессе не участвовали. Его работа освещается по материалам Президиума Академии архитектуры СССР, подготовленным Н. П. Котовой, О. Н. Плигиной, под редакцией З. И. Маца.

⁵ График азимутов восходов и заходов Солнца и Луны в дни солнцестояний для широт $\pm(20-50)$ градусов составлен научным сотрудником Астрономического института АН УзССР Ш. М. Шариповым. При вычислениях приняты следующие величины: склонения Солнца в дни солнцестояний $\pm 23^{\circ}27'$, для Луны $\pm 18^{\circ}18'$, $\pm 28^{\circ}36'$, атмосферная рефракция на горизонте 35 и суточный паралакс Луны 57'.

⁶ Наука не располагает достоверными сведениями о пользовании шумерскими жрецами азимутальным кругом в III тысячелетии до н. э.

⁷ И. В. Жолтовский, занимавшийся анализом пропорционального строя Парфенона, открыл отношение $\sqrt{5} : 2$ и назвал его функцией «золотого сечения».

⁸ С таким фактом мы встречаемся в храме Первопричины сабейцев, о чем будет сказано ниже.

⁹ День восхода Солнца, имеющего азимут 69° , на широте храма Кой-Крылган-кала — $41^{\circ}41'$ — по моей просьбе определен астрономом М. Шариповым — сотрудником Астрономического института АН УзССР. Пользуясь случаем, приношу ему мою благодарность.

¹⁰ Бартольд В. В. Сочинения. Т. 1, с. 230; Бичурин Н. Я. Собрание сведений о народах, обитавших в Средней Азии в древние времена. Т. 3. М.—Л., 1953, с. 299.

¹¹ Городище Капка отождествляется автором этой книги с городом Кирополем (530 г. до н. э.).

Глава II

¹ Применение «золотого сечения» в искусстве эпохи итальянского Ренессанса спорно, так как об этом не говорит ни один из современников — теоретиков архитектуры, кроме Леонардо да Винчи и математика Луки Пачоли [331, с. 281]. Проф. Р. Виттковер, исследуя теорию пропорций в средние века и в эпоху Возрождения, пришел к выводу, что теоретическая мысль эпохи итальянского Возрождения нашла совершенно

простое соотношение 1 : 1 (унисон в музыке) и что в эту эпоху восторжествовала арифметическая концепция [343].

Глава IV

¹ Возможно, эти сочинения оказали влияние на разработку приемов построения арочно-сводчатых кривых с применением отрезков эллипса (см. гл. VI).

² Отрывок из трактата приведен в переводе М. И. Медового.

³ Т а с у к — вид поземельного палого.

⁴ М у к а с и м а — вид натурального обложения.

⁵ Текст исследован и частично опубликован А. А. Зутером [341, с. 94—109]. Исследован и переведен с арабского С. А. Красновой [162, с. 42—140].

⁶ Персидский текст книги Абу-л-Вафа Бузджани хранится в Национальной библиотеке в Париже под № 169. Ее фотокопией мы располагаем благодаря любезности Б. А. Розенфельда, которому, пользуясь случаем, приношу благодарность. Текст исследован и частично опубликован М. Ф. Вёпке [344, с. 309—359]. Перевод с персидского А. Б. Вильдановой. Рукопись архива Института искусствознания Министерства культуры УзССР, № 453/5.

⁷ М а н н — мера веса, равная 2 ратли, или примерно 1 кг.

Глава V

¹ По отдельным памятникам архитектуры Азербайджана и Казахстана обмерные чертежи были присланы В. В. Ивановым и Т. К. Басеновым, которым выражаю свою признательность.

² Для анализа использованы полевые материалы обмера мавзолея Саманидов, выполненного в 1940 г. архитекторами Б. Н. Засыпкиным и Т. С. Страмцовой. Кроки были любезно предоставлены в распоряжение автора Б. Н. Засыпкиным в 1946 г.

³ В дальнейших анализах размер кирпича равен 60×60 см.

⁴ Колебание в размерах сторон наружного квадрата до 2%, вызванное, очевидно, неточностями разбивки в натуре или погрешностями обмера, предопределяет и порядок допусков при анализах, т. е. отступления натуральных размеров от теоретических.

⁵ Мы опускаем подробное описание архитектуры памятника, поскольку ему посвящен ряд публикаций [176, с. 186—190; 235].

⁶ Приношу благодарность Г. А. Пугаченковой и П. Ш. Захидову за обмерные материалы по мавзолею Араб-Ата, любезно предоставленные для анализа.

⁷ Исследования выполнены по обмерам В. Быкова, Г. Мовчана и Ю. Яралова [309].

⁸ Исследование соразмерностей мавзолея Айша-Биби выполнено по обмерным материалам В. Быкова, Г. Мовчана и Ю. Яралова [309].

⁹ Данные о древнем уровне см. [70, с. 170 и 171].

¹⁰ Обмеры архитектора А. Н. Виноградова любезно переданы нам в 1960 г.

¹¹ Применение укрупненного модуля является бесспорным фактом для более позднего времени благодаря сохранившимся архитектурным чертежам зодчих XVI столетия [27].

¹² Описание см. [38; 119; 135; 306].

¹³ Исчисление ведется с уровня древнего пола, обнаруженного нами в 1956 г. при закладке шурфов внутри мавзолея. При обмерах памятника А. Н. Виноградовым также был зафиксирован этот уровень на условной отметке — 152 см.

¹⁴ Эталон хорезмийского шахского гяза для XIX в. закреплен зарубкой на деревянном косяке двери в портале медресе Мухаммад Амиш-хана в Хиве, построенного в 1852—1853 гг. Размер его — 111 см. Об эталоне гяза в виде железной мерки на столбе базарной площади в Касане (Фергана) сообщает и М. С. Андреев (1928 г.). Размер его, по Е. А. Давидович, — 110—111 см [117, с. 115]. Наши исследования соразмерностей мавзолея Тюрбек-ханым позволили установить, что этот размер гяза использовался и в XIV в.

¹⁵ Описание см. [270, с. 140—145].

¹⁶ Соразмерности мавзолея Кусамы ибн Аббаса детально исследованы В. М. Филимоновым. Им опубликованы ценные фактические материалы, обмерные данные, на которых базируются наши анализы [281, с. 31—37].

¹⁷ Описание см. [270, с. 259].

¹⁸ Литература, посвященная мавзолею [239, с. 111—112; 247, с. 275—280 и др.].

¹⁹ Литература [74, с. 69—73; 119, с. 154—156; 133, с. 83—85; 135, с. 43—46 и др.].

²⁰ Анализ соразмерностей по обмерам П. П. Покрышкина и А. В. Щусева [91]. Однако пол, уровень которого зафиксирован обмерами, был выстлан во время ремонта 1875 г. и на 33 см выше древнего уровня.

²¹ Памятник привлек внимание ряда исследователей, которые дают сведения о былом облике и закономерностях построения архитектурной формы сооружения [137, с. 60—74; 226, с. 106—107].

²² Аналогичные пропорции представлены фасадом мавзолея Ишрат-хана.

²³ Тем же методом, очевидно, были определены диаметры угловых гильдаста медресе Улугбека в Бухаре и Гяждуване, но этот метод восходит к пропорциям мечети Биби-ханым, где диаметр угловых минаретов главной мечети соразмерен четвертому члену прогрессии.

²⁴ В настоящее время существует только передний корпус медресе, анализы соразмерностей которого выполнены по обмерам И. И. Ноткина. Анализы несохранившейся части приводятся условно по графическим данным обмеров В. А. Шишкина и В. А. Нильсена [351; 356].

²⁵ Детальное описание и библиографию см. [60; 270].

²⁶ Детальное описание и библиографию см. [60, с. 270].

²⁷ Эти отношения с погрешностями 0,018 и 0,008 могут быть выражены как 1 : 3 : 1.

²⁸ Они близки к отношению 3 : 4 : 3 с погрешностями 0,007 и 0,014.

²⁹ Анализы фрагментарны, так как медресе в связи с многократными ремонтами и переустройствами в значительной части не сохранило первоначальных размеров.

³⁰ Микрофильм персидской рукописи № 169. Национальная библиотека в Париже, л. 133/134.

³¹ Цифры, приведенные ал-Каши в шестидесятеричной системе, заменены на современные, согласно исчислениям Б. А. Розенфельда и П. А. Юшкевича [151, с. 362, примеч. 206].

Глава VI

¹ Арки фасадов мечетей Биби-ханым не имеют эллиптических кривых, они четырехцентровые.

² Применение кривых эллипса для построения стрельчатой арки багдадских ворот Ракка в 772 г. позволяет выдвинуть гипотезу о связи с традициями сасанидского Ирана, где зодчие пользовались эллиптическими и параболическими очертаниями для построе-

ния арочно-сводчатых конструкций, ибо труды Аполлония Пергского о конических сечениях появились на арабском языке позже строительства багдадских ворот, т. е. в IX в. Возможно, в сасанидском Иране пользовались сирийскими и персидскими переводами Аполлония, о которых наука пока не знает.

³ По А. М. Прибытковой, кривые трех арок мечети Талхотан-Баба (XI в.) имеют такие же построения [230, с. 100].

⁴ Приводимые анализы кривых арок Диван-хане, мавзолея Ширваншахов и ворот ханского дворца выполнены на основе опубликованных обмерных чертежей и фотографий [118].

Глава VII

¹ Интересный математический анализ орнамента выполнен проф. Германом Вейлем в его книге «Симметрия» [85].

² Пользуясь случаем, приношу благодарность И. Ахрарову, предоставившему фотоснимки орнамента для анализа.

³ Исследования орнаментов (рис. 204, 205, 206) выполнены по натурным обмерам К. Крюкова и С. Немывакина [347].

**К ВОПРОСУ ОБ ОБЩЕСТВЕННОМ ПОЛОЖЕНИИ И ОБРАЗОВАННОСТИ
СРЕДНЕВЕКОВЫХ ЗОДЧИХ НА СРЕДНЕМ И БЛИЖНЕМ ВОСТОКЕ**

В различные исторические эпохи и при различных социально-экономических формациях общественное положение архитектора было различным.

В древнем Египте, где одним из наиважнейших средств выражения идеологии господствующего класса была архитектура, должность главного зодчего совмещалась с обязанностями везира, хранителя печати или верховного жреца [195]. Возведение гигантских пирамид и храмов было связано с привлечением огромной массы рабов и свободного населения, а также материальных ресурсов страны. Всем этим для нужд строительства распоряжался зодчий, выдвигавшийся, как правило, из жреческой знати, которая сосредоточивала в своих руках не только власть и богатства, земли и воду, но и средства идеологического воздействия — религию, науку, искусство.

В древней Греции архитектор — свободный гражданин полиса обладал разносторонними знаниями в области как архитектуры, градостроительства, так и полиоркетики. Он играл активную и ответственную роль при осуществлении общественных сооружений и входил в состав строительной комиссии, на обязанности которой лежало составление смет и договоров о сдаче работ в подряд, постоянное наблюдение за ходом работ и закупка строительных материалов. Архитектор разрабатывал проект, являлся техническим руководителем стройки; должность эта была выборная. Труд архитектора оплачивался по договору, а дневной его заработок в 2—3 раза превышал заработок строительного рабочего [182, с. 182—190].

Во Франции XI—XII вв. возведение гражданских и культовых сооружений было в руках монастырских архитектурных артелей. Их последними представителями были «Братья-мостостроители», строившие мосты [301, т. 2, с. 451]. Позднее контингент архитекторов пополнялся за счет талантливых мастеров из ремесленных корпораций [301, т. 2, с. 452].

В цехе строителей объединялись каменщики, штукатуры и цементщики. Пройдя ученичество в цехе, работая подмастерьем, мастером, наиболее талантливые становились архитекторами. На строительство храмов архитекторы иногда привлекались по конкурсу, строили не только у себя на родине — во Франции,

но и далеко за ее пределами. О существовании корпораций архитекторов сведений нет, однако труд их оплачивался поденно, тогда как труд мастера-строителя — сдельно [301, т. 2, с. 453]. Судя по тому большому значению, которое занимала архитектура в средневековой Франции, можно не сомневаться, что архитекторы принадлежали к видным деятелям своего времени, имена которых общественная признательность запечатлела в строительных надписях на возведенных ими сооружениях.

В Италии архитекторы эпохи раннего Ренессанса выдвигались из талантливых плотников, каменотесов, золотых дел мастеров — ювелиров и чеканщиков, по оплате труда они не отличались от простых рабочих, а их общественное положение, как с удивлением отмечает О. Шуази на основании бесспорных письменных источников, не отличалось от положения кучера, скотника и водоноса папского двора: «Отношение Козимо Медичи к своим архитекторам несколько напоминает благоволение хозяина к своей челяди» [301, т. 2, с. 619—620].

Архитектор в Италии являлся членом ремесленной корпорации и не имел права выступать от своего имени. Существовало правило, по которому мастер, прежде чем начать работу в качестве архитектора, должен был быть принят в корпорацию строителей. За нарушение этого положения Брунеллески был привлечен к судебной ответственности и осужден к тюремному заключению.

Такое положение длилось до XVI в., когда оковы корпорации распадаются и архитектор начинает выступать как свободная творческая личность — его общественное положение резко меняется, без него не обходится ни одно крупное строительство. Он выполняет заказы городских коммун и владетельных князей на архитектурно-художественные работы, получая достойное вознаграждение.

Высоким было общественное положение зодчих на Руси, возводивших в XI в. храмовые здания и сооружения; они пользовались почетом и уважением, даже князь не гнушался называться мастерами, да и благородный труд их оплачивался весьма высоко [254, с. 430, 431, 501, 512, 712].

Вопрос об общественном положении зодчих стран Ближнего и Среднего Востока в последние годы привлекает внимание историков архитектуры. Л. А. Майер в книге «Исламские архитектуры и их работы» приводит перечень имен средневековых зодчих и мастеров [332].

Рассмотрение доступных автору источников позволило высказать мнение, что независимо от того, служил ли архитектор султану, или эмиру, или любому другому лицу, он был «независимым», он принадлежал к сословию городских жителей, положение которых на Востоке было сравнимо с положением горожан в Европе в течение мрачных веков средневековья [332, с. 22].

Зодчим и мастерам средневекового Азербайджана посвятили свои исследования Л. С. Бретапичский и А. В. Саламзаде, Средней Азии — Г. А. Пугаченкова, П. Ш. Захидов. Они не только дали систематизированные сведения о зодчих и мастерах, имена которых запечатлены на строительных надписях, но и подвергли рассмотрению такие вопросы, как профессиональные звания, общественное положение и роль зодчих в архитектурно-строительном производстве.

Наши исследования этой же проблемы связаны с привлечением новых материалов, в частности сведений из трактатов ал-Фараби, Абу-л-Вафа Бузджани, Ибн Халдуна, что позволяет уточнить некоторые высказанные нашими предшественниками положения [60, с. 421—468; 63, с. 7—86; 236, с. 121—130]. При этом следует иметь в виду, что здесь и далее речь идет об общественном положении и образованности зодчих и мастеров — честных тружеников, создателей материальных и духовных ценностей средневекового общества.

На начальной стадии существования халифата при возведении зданий и сооружений арабы пользовались услугами архитекторов и мастеров покоренных стран и народов. Более того, по утверждению Ибн Халдуна, халиф Валид бен Абд ал-Малик обращался к византийскому императору с просьбой о присылке искусных мастеров для постройки в Медине, Иерусалиме и Дамаске [328].

В конце первой половины второго столетия существования арабского государства у халифа ал-Мансура возникает идея создания новой столицы халифата. С 766 г. приступают к строительству Багдада на развалинах Селевкии, недалеко от развалин древнего Вавилона [84, с. 19]. На это строительство привлекаются персидские, сирийские и еврейские ученые и художники с княжеским жалованьем. Этим, по существу, определяется общественная значимость труда зодчих.

Значение строительного производства в жизни общества нашло отражение в философском трактате ал-Фараби «Афоризмы государственного деятеля» [323]. Для объяснения своих философских концепций он пользуется сравнениями из области медицины и строительного производства.

Привлечение примеров из области строительного производства, очевидно, объясняется популярностью искусства архитектора в обществе — в кругу читателей.

По ал-Фараби, «положение царственного искусства и политического искусства среди других искусств в городах-государствах подобно положению архитектора среди строителей, так как другие искусства в городах-государствах действуют и применяются, только чтобы можно было полностью достичь цели политического искусства и царственного искусства, точно так же как искусство строителей применяется для осуществления цели искусства архитектора» [323, с. 104, арабский текст: § 8]. Трудно сказать яснее, чем сказано здесь, о роли архитектора в проектно-строительном производстве во времена ал-Фараби: архитектор создает в проекте объемно-пространственную, тектоническую, функциональную структуру и образ сооружения. В этом проявляется его искусство, а коллектив строителей, мастера, владеющие строительным искусством, осуществляют цели искусства архитектуры и замысел зодчего.

По ал-Фараби, идеальный правитель управляет идеальным городом, о котором имеются различные представления. Он разбирает взгляды на идеальный город древнегреческих авторов и дает свое определение: «Город иногда бывает „необходимым“, а иногда — идеальным. Необходимым считается такой город, в котором сотрудничество его членов ограничено достижением просто того, что необходимо для продолжения жизни человека, его пропитания и сохранения его жизни. Идеальным считается такой, в котором жители его сотрудничают с целью достижения наилучших условий, при которых обеспечивается настоящее существование человека, продолжение его жизни, его пропитание и сохранение его жизни» [323, с. 125, арабский текст: § 25].

Далее ал-Фараби останавливается на классификации жителей города: «В идеальном городе жителей — пять частей: наиболее добродетельные или выдающиеся, истолкователи, эксперты или оценщики, воины и богачи. Наиболее выдающимися являются мудрые люди, наделенные практической мудростью, и люди с идеями о великих делах. Следующими идут носители религий и истолкователи, являющиеся ораторами, красноречивые люди, поэты, музыканты, секретари и подобные, относящиеся к их числу.

К оценщикам (экспертам, советчикам) относятся счетоводы, геометры (архитекторы), доктора, астрономы и подобные.

Воины — это армия, караульные и подобные, причисляемые к ним. Богачи — это приобретатели богатства в городе, например земледельцы, животноводы, кушцы и подобные» [323, с. 136—137, § 53].

Обобщая практику, ал-Фараби утверждает, что одни люди выступают творцами, другие — создают произведения искусства по замыслу, по проекту и рисункам других, третьи — аккуратные исполнители-ремесленники, ничего своего не вносят, четвертые — выполняют работу, не представляя себе конечной цели общего замысла [323, с. 138—140, § 56].

За этими общими рассуждениями ал-Фараби стоит живая практика его эпохи — практика создания материальных и духовных ценностей, в том числе и произведений зодчества, где архитектор всегда выступает как автор строительного замысла, а мастера-строители возводят сооружения по его проекту. Это искусные мастера, хорошо знакомые с общим замыслом архитектора, и, осуществляя проект в натуре, они самостоятельно разрабатывают отдельные его элементы. Особо говорится о ремесленниках, прилежных, старательных, аккуратных исполнителях, и, наконец, о подсобных рабочих — участниках строительного производства.

В строительном производстве, осуществляющем архитектурный замысел, участвует целый коллектив, в нем люди разных специальностей, разная степень участия людей в этом производстве определялась их квалификацией. Человек-творец, или, как мы бы сказали, генератор идей, естественно, возглавляет весь процесс производства.

Кей-Кавус (выходец из саманидской аристократической среды) отмечает, что устод, адиб и мудрец в его время занимали одинаковое общественное положение [148, с. 64].

Значение ремесла в жизни общества и общественное положение ремесленника нашли отражение и в поэзии с идеализацией последнего, присущей художникам слова.

Ремесленник! Нет в мире лучшей доли.
Не царь, но и не раб. Всегда на вольной воле,
Стучит он или шьет на трудовой скамье,
Но вечером поет в родной своей семье.
Пусть не каждый день по горло сытым ходит,
Но умножает он все то, что производит.
Избавлен от судьбы вселяющего дрожь,
Он также не дрожит пред пышностью вельмож.
Под молотом его золотые искры мчатся...
И видят лишь добро жена и домочадцы.
Он в полночь сладко спит

в куреньи мирных снов,

А на заре опять среди своих обнов.
Тачает или шьет, варит или грохочет,
Он низменных страстей не знал

и знать не хочет...

До смерти дни свои он знает наперед,
Доволен им господь. Доволен и народ.
Трудолюбив. Шутлив. Общительного нрава.
Осанна ремеслу! Ремесленнику слава!
Нет! Равного ему не сыщете нигде:
Ведь и самим царям нужда в его труде [287, с. 174].

Таджикский поэт Насир Хусроу (1003—1088) с особой симпатией рисует относительно независимое общественное положение ремесленника:

Одно из ремесел пусть изучит твой сын,
Хотя б ты богатством был исполин.
Но если твой сын ремеслом овладел,
Минует его попрошайки удел [255, с. 171].

Другой поэт — Саади (XIII в.) отмечает устойчивое общественное положение ремесленника своей эпохи:

Как бы обобщая свои многочисленные наблюдения за деятельностью искусных мастеров-современников, Саади пишет:

Человеку искусному в ремесле
Две жизни надобно в этой жизни,
Дабы в одной он опыт накопил,
В другой этот опыт в дело претворил.

Азербайджанский поэт Низами (XII в.) в поэме «Семь красавиц» характеризует зодчего по имени Шайда, построившего для Бахрам-Гура семь прекрасных дворцов, как человека благородного происхождения, участника царского застолья, обладавшего великими знаниями в геометрии, астрономии, врачевании, как выдающегося художника-живописца, искусного мастера — резчика узоров и прославленного талантливо-го зодчего [209, с. 402], а не как слугу, занимающего низкое общественное положение, как полагает Л. А. Майер.

Персидский поэт Амир Хосров Дехлеви (1250—1325) в поэме «Хашт Бехешт» выводит образы двух персонажей, имеющих отношение к созданию архитектуры дворца: ме'мора (архитектора) Нугмана и каменотеса Шайда. Первый согласно требованиям заказчика проектирует просторный и красивый дворец, создает его архитектурно-художественный образ в прекрасном окружении, отличающемся здоровым, исцеляющим от недугов климатом, а второй осуществляет этот замысел — возводит сооружение. Работа искусного мастера-каменотеса Шайда связана с поисками, опытами и испытаниями строительных и отделочных материалов. В результате для строительства дворца отбираются лучшие камни красивого цвета и фактуры, а купола мастер возводит из кирпича — легкие, воздушные, как чаша голубого небосвода. Когда были завершены строительные работы и наступило время для отделочных работ, главный ме'мор Нугман повелел, чтобы каждое из семи зданий было окрашено в разные цвета [303, с. 76—77].

Примечательно, что у Дехлеви в отличие от Низами четко прослеживается разделение труда между архитектором, автором архитектурного замысла, и искусным мастером — строителем, тогда как у Низами проектирование и осуществление проекта в натуре выполняются одним и тем же лицом.

Активность населения в восстановлении разрушенного монгольским нашествием народного хозяйства, оживленная строительная деятельность в последней четверти XIII—XIV в. сказались на общественной роли зодчих, умеющих делать чертежи, и высокой организации строительного производства. По этому поводу у Рашид ад-Дина читаем: «Он выбрал повсюду надежных, честных чиновников, на которых можно положиться, поставил их во главе строительства и перевел им деньги. Он [Газанхан] назначил достойных доверия чиновников, честных и опыт-

ных писцов и умеющих составлять чертежи зодчих. Очень расчетливо определили все материалы, [их] стоимость и стоимость работы при таком их количестве, чтобы, если производящие расчет с рабочими лица совершат преступление, недостача и убытки ложились бы на них. Доверенные лица и оценщики постоянно считают уже использованные материалы и те, которые предназначены для работы, и, основываясь на этом, требуют отчета от каждого подотчетного лица. Все так твердо установлено, что если даже через сто лет захотели бы составить смету на них [стройки] и отпустить деньги, то пусть сопоставят расчеты битикчиев с материалами, которые израсходовали на работу, и немедленно истина отчетливо отделится от неправды, причем решительно (смета) не окажется ни ниже, ни выше. Никогда ни один доносчик не найдет возможности упрекнуть за работу тех чиновников и зодчих. При каждом деле назначены смотрители, чтобы не допускать применять в работе плохие материалы или убавлять известь и алебастр или примешивать к ним землю. Соблюдение такого порядка и предосторожности лежит на их обязанности. Затем еще [поставку] всех древесных и железных материалов отдали в подряд по установленным ценам, так что сорта их были определены и утверждены» [244, с. 225—226].

Сложный процесс строительного производства в летописи Рашид ад-Дина нашел квалифицированное и всестороннее, возможно, несколько идеализированное освещение. Тем не менее бесспорным представляется осмысление необходимости высокой организованности строительного производства как явления большого государственного и социального значения. Летопись подтверждает положение, высказанное ал-Фараби, что замыслы архитектора, начертанные в проекте, осуществляются огромным количеством строителей.

Во главе этого коллектива стоит в XIII в. не только архитектор, но и чиновное лицо — распорядитель кредита с аппаратом писцов, отвечающий за материально-финансовую сторону строительства, а архитектурно-техническое руководство осуществляется зодчим, который обеспечивает стройку проектом — надлежащими чертежами.

Примечательно, что строительство осуществляется наемной рабочей силой, упоминания о ремесленных цехах нет, тогда как отмечается подрядный способ поставки строительных материалов и изделий.

Особой заботой государства Газан-хана становится качество строительства, прочность возводимых сооружений, правильное расходование строительных материалов и денежных средств, в связи с чем организуется государственный финансовый и строительный контроль.

В эту пору высокого подъема строительной деятельности общество нуждается в квалифицированных архитекторах, и эта профессия становится почетной. Только этим можно объяснить, что Газан-хану приписываются познания и мастерство зодчего. Он, лично сделав

чертеж», строит «высокий Гумбад», который «гораздо больше гумбада сельджукского султана Санджара в Мерве, который есть самое большое здание на свете и который он видел» [244, с. 229].

Приведенный выше текст летописи позволяет судить о высокой организованности строительного производства, имевшего общегосударственное значение и масштабы, благодаря чему значительные по объему сооружения воздвигались в относительно короткие сроки. Л. А. Майер справедливо отмечает, что в темпах строительства мусульманский Восток выгодно отличался от средневекового европейского Запада, где в мелких государствах строительство кафедральных соборов затягивалось на многие десятилетия [332, с. 22].

Автор «Мукаддима» — Ибн Халдун особо останавливается на общественном положении архитектора и утверждает, что оно тесно связано с состоянием градостроительства — строительного производства при том или ином правителе в ту или иную эпоху: при осуществлении градостроительства в общегосударственном масштабе общественные акции архитекторов поднимаются, при отсутствии — наоборот [328].

Такое мнение Ибн Халдуна может быть проиллюстрировано двумя-тремя историческими примерами. Так, на закате могущества феодального Египта, при мамлюках, почти не было нового строительства. В это время архитекторы занимались ремонтом общественных базарных сооружений и мечетей и, состоя на службе, получали плату наравне с муэдзинами, каменотесами. Такое же положение наблюдается в Сирии, когда каменотесы получали плату наравне с подметальщиками улиц [332, с. 25].

При оживлении строительной деятельности общества роль зодчего велика и труд его оплачивается высоко. Это положение уже было отмечено выше применительно к строительству Багдада. То же самое наблюдается, как установлено Б. А. Рыбаковым, при возведении храмов в XI в. на Руси [254, с. 712]. Не менее разительным примером может быть и эпоха Тимура и Тимуридов.

Основу государства Тимура, согласно «Уложению», составляли двенадцать классов. Первые три — это духовная элита (сейиды, законоведы, старцы). Следующие два — армия и ее командование, два следующие за ними, — административное руководство. Восьмой класс — врачи, астрологи и геометры-архитекторы, девятый и десятый — летописцы и начетчики, одиннадцатый — оружейники, двенадцатый — осведомители, купцы, путешественники.

Общественное положение врачей, астрологов и архитекторов, мастеров (оружейников) обосновывается в «Уложении» практической полезностью их профессий для государства: первые способствовали славе и благосостоянию, а вторые ковали оружие и обеспечивали победу тимуровскому войску.

В «Уложении» речь идет лишь о тех категориях людей, представители которых составляли окружение тимуровского двора, между тем как народные массы —

крестьяне, ремесленное население городов, рядовые строители — даже не упоминаются.

Тот факт, что в XIV—XV вв. архитекторы принимали участие во всех крупных начинаниях в области градостроительства и архитектуры, не вызывает сомнений. Однако исторические хроники (Шерефаддин ал-Язди, Хафизи Абру, Абд-ар-раззак ас-Самарканди и др.), подробно описывающие строительство целого ряда архитектурных комплексов Средней Азии, не упоминают имен зодчих — авторов архитектурного замысла. Нет также творческих биографий великих зодчих эпохи. Это отражает их приниженное общественное положение.

Исторические хроники уделяют, правда, внимание талантам и мастерству зодчих, собравшихся в Самарканде со всех концов страны, чтобы сообща разрабатывать проекты зданий, загородных парков, дворцов и т. п.

Авторы хроник не жалеют превосходных эпитетов и для того, чтобы превознести красоту зданий. Но это все придворная лесть, предназначенная для ушей и глаз царственного заказчика. В действительности правители и дворцовая аристократия ценили архитекторов и других представителей искусств и ученых не более чем квалифицированных слуг, исполнителей их воли.

Однако представители культурных кругов общества видели в зодчих-художниках передовых людей своего времени и в поэтических характеристиках отражали свое отношение к ним.

Так, у Алишера Навои читаем:

Он зодчим был, а также мудрецом,
Гранильщиком и златокузнецом.
Сегодня лекарь, завтра медник он,
Для шаха лучший собеседник он.
Он был искусством с головы до ног.

В эпоху Алишера Навои происходят значительные сдвиги в мировоззрении и жизни общества. В воздухе витают идеи гуманизма, нашедшие отражение в поэмах Абдаррахмана Джамии и Алишера Навои. Более того, именно в эту эпоху, названную Алишером Навои «Уйганиш даври», т. е. эпохой пробуждения (возрождения), возникает проблема свободы художественного творчества, нашедшая отражение в стихах поэта:

Сановники отправились к Мани,
Сказали так художнику они:
«Перед тобою семь дворцов, Мани,
Немедленно их украшать начни,
Их распиши снаружи и внутри,
Но семь цветов различных избери.
Тебе не скажем: «Так, мол, распиши», —
Ты следуй лишь велениям души:
„Не делай так“, — ненужные слова,
Не станем нарушать твои права,
Так распиши, как пожелаешь сам».

Эти слова не случайны. Алишер Навои выразил здесь сокровенное желание представителей творческих профессий, замыслы которых сковывал диктат правящей верхушки.

Идеи гуманизма, идеи свободы творческой личности рождались в недрах городов, в среде ремесленников.

Ремесло стало ведущей отраслью народного хозяйства страны. Это подтверждается еще и тем, что налоговые поступления в казну от доходов ремесленного производства и торговли, так называемой «тамга», в несколько раз превышали налоги от сельского хозяйства [296, с. 308]. В эту пору усиливаются демократические тенденции: горожане в лице владельцев крупных и мелких ремесленных мастерских, а также богатых торговцев начинают влиять на политику. «В хрониках Абд-ар-раззак ас-Самарканди, Мирхонда и Хондемира содержится немало рассказов о том, что Улугбек и другие правители вынуждены были иногда подчиняться явно выраженной воле самаркандского городского населения» [296, с. 315—316].

В X—XV вв. в ремесленно-торговых и культурных центрах Среднего Востока ремесленник являлся основным производителем материальных ценностей и занимал устойчивое общественное положение.

Ремесленники, торговцы, мелкие собственники «поставляли» городам деятелей науки, культуры, искусства, в том числе и архитектуры, и в то же время сами являлись потребителями духовных ценностей [55, с. 404].

Архитектор и его труд — порождение ремесленной среды и сгусток всех ее технических и интеллектуальных достижений. Ведущие зодчие, художники-орнаменталисты, каллиграфы-крупнописцы принадлежали к людям умственного труда; творческий труд свободного ремесленника становится почетным делом, восхваляется современниками — передовыми деятелями эпохи, а сами ремесленники и искусные мастера, по утверждению Бабура, считали своим почетным долгом довести начатое ими дело до совершенства [25].

Общественный потенциал труда архитектора в феодальном обществе не был постоянным, находясь в прямой зависимости от конкретных социально-экономических условий, масштабов градостроительства и значения строительного производства в жизни общества.

Вопросы осмысления основ архитектуры и степени образованности зодчих неразрывно связаны, ибо если средневековые зодчие в странах Востока были людьми малообразованными, то об осмыслении каких-то теоретических положений архитектуры в рассматриваемую эпоху не может быть и речи.

Проблема эта не нова, ее рассмотрению прямо или косвенно уделялось внимание в исследованиях ученых-востоковедов, и при этом всегда возникали вопросы: кем же был архитектор в средние века на Ближнем и Среднем Востоке, как он выражал композиционные

замыслы — только ли моделями зданий и сооружений или чертежами на бумаге?

Обращение к данным всеобщей истории архитектуры позволяет констатировать, что образованность древневавилонских и древнеегипетских архитекторов была для своего времени достаточно высокой, поскольку они являлись выходцами из жреческой знати, а их умение составлять чертежи иллюстрируется для древнего Вавилона планом дома, начертанным на глиняной табличке с клинописными надписями о размерах помещений в 5; 6; 12; 13; 13,5 локтя, и для древнего Египта — фасадом киоска, изображенным на квадратной масштабной сетке (папирус XVIII династии).

Архитекторы древней Греции были не только образованными людьми, но и теоретиками архитектуры (Филон, Иктин, Гиншодам и др.).

По Витрувию, древнеримский архитектор обязательно должен был быть грамотным и уметь рисовать, сведущим в математических науках, которые включали такие дисциплины, как арифметика, геометрия, астрономия и музыка [194; 203, с. 35; 39, рис. 8 и 11].

В средневековой Европе при проектировании храмов роль архитектора брали на себя священнослужители, в относительно высоком уровне образованности которых для своего времени не приходится сомневаться. Зачастую профессиональные познания архитекторов, особенно в области геометрии, превращались в масонские тайны, за разглашение которых грозила смерть [115, с. 13].

В эпоху итальянского Возрождения выдвигается идея о более широком привлечении математики и естественных наук на помощь искусству, в связи с этим круг познаний зодчих становится предметом внимания и рассмотрения теоретиков архитектуры. «Из искусств важны, более того, совершенно необходимы для зодчего следующие: живопись и математика» [12, с. 335].

В вопросе о том, кем же был архитектор в средние века на Востоке и каков был уровень его образованности, среди ученых нет единого мнения. В средневековых хрониках и строительных надписях на памятниках зодчества архитекторов называют по-разному, но чаще всего их обозначали терминами «мухандис», «бенна» и «ме'мор». Среди западных востоковедов существует мнение, что в европейских языках эти термины не имеют точных эквивалентов и дифференцирующие их переводы «инженер» и «архитектор» вводят лишь в заблуждение. При этом одни ученые считают эти термины синонимичными, другие это отрицают.

Титул «мастер» (*устод, му'аллим, шахоб*), коим часто квалифицируются архитекторы, не мог означать, как утверждает Л. А. Майер, больше, чем «квалифицированный строитель» или «десятник». По его мнению, мусульманский архитектор был поставлен правящим классом своего времени на более низкую ступень общества и классифицировался как слуга. Более того, у исламского архитектора не было теоретической подготовки, тогда как в средневековой Европе хорошо обра-

зованные архитекторы из прослойки священнослужителей были строителями [332, с. 18, 26, 27].

Другая картина вырисовывается в исследованиях советских ученых. Большой знаток материальной и духовной культуры Средней Азии А. Ю. Якубовский еще в 1933 г. обратил внимание на иллюстрацию к «Зафар-наме», принадлежащую кисти художника Бехзада, где изображена стройка во главе с главным зодчим, держащим в руке модель строящегося здания, и поднял вопрос о состоянии архитектурного проектирования в XIV—XV вв. в Средней Азии. По этому поводу А. Ю. Якубовский писал: «Изображение модели ставит один из интересных технических вопросов, а именно производились ли главным мастером-зодчим какие-либо предварительные расчеты, или мастер ограничивался только начертанием схематического плана постройки, следы чего дошли до нас, и исполнением модели, правильное соотношение частей которой находилось чисто эмпирическим путем. Вопросы эти, несомненно, интересны, но, к сожалению, наукой они еще не решены» [308, с. 26, 27].

В 1943 г. проф. А. А. Семенов обнаружил собрание архитектурных чертежей и рисунков и передал их для исследования проф. Н. Бакланову. Лабораторный анализ бумаги позволил датировать памятник XVI в. [27].

Научное значение открытых чертежей-рукописей было большое, ибо исследование их позволило проф. Бакланову:

- 1) констатировать умение зодчих XVI в. совмещать на плане в одной плоскости два сечения здания, наличие основных сведений по начертательной геометрии и знание тригонометрии;
- 2) утверждать, что восточные зодчие добились высокой чертежной техники, опередив в этом искусстве своих западных собратьев;
- 3) констатируя, что сооружение прекрасных архитектурных зданий было облегчено предварительным их вычерчиванием, высказать гипотезу, что при этом тщательно продумывались и проверялись графически их пропорции и формы; возможно, что не только продумывались, но и предварительно рассчитывались по утраченному, неизвестному пока формулам.

Автор отмечает, что науке неизвестно, в какое время появились первые чертежи мастеров-строителей в Средней Азии и Иране.

Исследование строительных надписей на памятниках архитектуры Азербайджана позволило Л. С. Бретаницкому и А. Саламзаде констатировать, что «встречающиеся в строительных надписях профессиональные звания бенна, ме'мор, устод, серкар, мухандис отмечают архитекторов, причем профессиональные звания бенна, ме'мор и серкар принадлежали только архитекторам. Наиболее распространенным профессиональным званием было устод, которое присваивалось как зодчим, так и представителям художественно-декоративных искусств — мастерам стенных росписей, художественной резьбы по дереву и гяже. Термин „устад“,

присущий, как справедливо указывают авторы, не столько профессии мастера, сколько высокому уровню достигнутой им квалификации» [63].

В статье, посвященной строительству знаменитой марагской обсерватории, Л. С. Бретаницкий и А. Саламзаде высказывают мнение, что для успешного разрешения сложных архитектурно-конструктивных задач решающее значение имели не какие-либо сложные, теоретически обоснованные расчеты, а накопленный поколениями народных мастеров-строителей огромный практический опыт. В то же время авторы присоединяются к мысли, высказанной проф. Н. Баклановым, о том, что создатели герихов — геометрических архитектурных орнаментов — превосходно знали геометрию и даже тригонометрию [64, с. 71].

«В средние века в странах Востока,— утверждает Г. А. Пугаченкова,— архитектором был мастер-строитель, практик с высокой технической и художественной квалификацией. Глубокая осведомленность в проблемах теоретической геометрии едва ли была для него обязательной. Зато он должен был уметь простыми методами осуществить на практике линейные и стереометрические построения, обладая при этом развитым пространственным воображением. Знание различных графических методов разбивки было необходимо во всем, начиная от плана фундаментов и кончая сложнейшими проекциями сталактитов» [239, с. 74].

«Зодчие и мастера-строители могли зачастую и не знать математического выражения фигур и присущих им пропорций,— говорит Л. И. Ремпель,— но они, безусловно, знали основы прикладной начертательной геометрии. Они знали прежде всего построение квадрата, многоугольников на основе правильного деления круга». «Теоретические расчеты и математика не были достоянием широкого круга народных мастеров, и нет оснований видеть в архитектурных орнаментах типа герихов непосредственное выражение успехов математики» [247, с. 379].

В капитальном труде по истории архитектуры Азербайджана, опубликованном в 1963 г., авторы писали: «Накопленный зодчими-строителями опыт передавался из рода в род и в качестве цеховых „секретов“. Так складывались приемы, постепенно входившие в традицию и получившие более или менее широкое распространение в архитектурно-строительной практике. Положение это относится ко всем областям архитектурно-строительной деятельности, в том числе и к градостроительству» [270, с. 187]. При осуществлении конкретного строительства автором архитектурного замысла «был зодчий, который не только обладал развитым пространственным воображением и образным мышлением, но и был способен решать конструктивные задачи, исходя из реальных строительных возможностей» [60, с. 459].

В приведенных высказываниях историков архитектуры о степени образованности средневековых зодчих намечились две тенденции: одни считают необязательными ученость и теоретическую подготовленность,

успехи средневековых зодчих объясняют многовековым опытом, цеховыми секретами мастеров; другие, наоборот, допускают и книжную ученость, и влияние средневековой науки на архитектурную и градостроительную практику.

Следует признать, что обе точки зрения, высказанные весьма осторожно, отражали уровень научных познаний 60-х и начала 70-х годов.

Но наука, как известно, не стоит на месте. Она накапливает новую информацию, подвергает переосмыслению установившиеся воззрения. Так, очевидно, произойдет и с нашими представлениями о степени образованности средневековых зодчих. Однако не будем торопиться с выводами и обратимся к рассмотрению конкретных данных истории и материалов исследования по существу вопроса.

Трактаты, написанные специально для искусных мастеров-ремесленников, и книги (рассмотренные в гл. IV), которыми могли пользоваться архитекторы, убеждают, что одни из них являлись пособиями в практической деятельности для многих, т. е. для широкого круга народных мастеров-умельцев, другие рассчитаны на достаточно хорошо подготовленных архитекторов и художников-орнаменталистов, для которых познания в области арифметики и геометрии были совершенно обязательными.

Бузджани, автор книги «О том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений», присутствуя на некоторых спорах ремесленников (*مهترسان*) и геометров (*هترمندان*), убеждался в невысоких математических познаниях ремесленников, тогда как геометры легко находили правильные решения задач на геометрические построения.

Бузджани ратует за то, чтобы ремесленники хорошо знали методы геометрических доказательств, построение и измерение различных фигур и объемов, встречающихся при построении архитектурной формы, как-то: треугольников, квадратов, многоугольников, сводов, куполов, конусов и т. п. [359, л. 73].

Для измерения во времена Бузджани пользовались локтем, однако его размеры были разные в различных областях халифата. «Что касается Фарса и областей Хорасана, то там измеряют локтем, называемым ал-мабахрами (*ذراع المابهرامی*), его делят на 60 равных частей, каждая из которых называется фьюльсом; им пользуются во всех видах строительства и земляных работ» [359, л. 75]. Автор отмечает, что мастера знали лишь исчисления, основанные на шестидесятеричной системе, называемой в его время «методом писцов».

На интересующую нас проблему о степени образованности зодчих в какой-то степени проливают свет весьма многочисленные и скудные биографические сведения о зодчих из числа ученых, образованных чиновников, правителей и священнослужителей, приводимые ниже.

Якуб ибн Исхак ал-Кинди (801—866) — основатель арабоязычной философии — является предшественником ал-Фараби, ал-Бируни, Ибн Сины, Ибн Рушда

в области разработки естественнонаучных и философских учений. Научное наследие ал-Кинди огромно, оно затрагивает семнадцать отраслей, представленных 272 трудами, из которых более 200 не дошли до нас. За последние годы интерес к трудам ал-Кинди сильно возрос [123, с. 76—82]. Глубокое их исследование, выполненное Кабри Хафизом Тавканом, позволило говорить об ал-Кинди как о выдающемся инженере. Отметим, что в IX в. термины «инженер» и «архитектор» были однозначны. Однако об ал-Кинди как о теоретике искусств пока мы можем говорить лишь в свете данных, приводимых Даниелем Барбаро (1514—1570), известным комментатором Витрувия. Д. Барбаро, освещая проблему архитектурных пропорций итальянского Ренессанса, не только ссылается на авторитет ал-Кинди, но и излагает содержание его книги (без указания на ее название) [29, с. 85, 91], очевидно посвященной арифметическим, геометрическим и гармоническим пропорциям. Это обстоятельство позволяет предполагать, что ал-Кинди как ученый-энциклопедист имел отношение и к вопросам архитектурной теории.

Архитекторами ниломера на острове Радо, близ Каира, построенного в 861 г., были Ахмад ибн Мухаммад ал-Хассиб (математик), Абя Яфар ал-Катиб и Ибн Аби Усайбия [318, с. 66—67; 316, с. 289—292, 302—303]. Некоторые арабские источники называют Ахмада ибн Мухаммада ал-Хассиба мухандисом (инженером-архитектором), построившим также гидротехнические сооружения на Нахр ал-Джафари в Ираке [332, с. 43—44]. В нем опознан крупнейший среднеазиатский ученый-астроном Ахмад ал-Фергани, известный в Европе под латинизированным именем Алфраганиус [236, с. 123]. Он известен не только как астроном и математик, но и как инженер-архитектор, ему приписывается изобретение стрельчатой арки. О нем упоминают Данте Алигьери в знаменитой «Божественной комедии» и Ф. Шиллер в «Валленштейне» [191].

Фатх ибн Ибрахим ал-Умави, известный под именем Ибн ал-Камари (934—1013), ученый-геолог, был архитектором двора халифов в Кордове. Ему приписывается постройка мечети Субайи и двух мечетей в Толедо, реставрация укреплений Маккадо и Вакам.

Переводчиком книги Абу-л-Вафа Бузджани «О том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений», с арабского на персидский язык был Абу Исхак ибн Абдуллах Куйнани Йазди. В его относительной образованности, книжной учености не может быть сомнений, иначе ему не поручалась бы работа по переводу математического трактата. Возможно, что он был архитектором, поскольку учителем своим считает потомственного архитектора Шамсадина, дед которого имел прозвище *ابى البنا* «отец строений».

Мемуары или летописи Абу-л-Фаал Байхаки (XI в.) — наиболее ранний источник, доступный нам, сообщающий об участии правителей в архитектурном проектировании. В нем говорится, что караханид эмир Масуд сам занимался проектированием зданий и целых

архитектурных ансамблей. По словам Байхаки, эмир Масуд «столь хорошо разумел строительство зданий, что зодчих не ставил ни во что. Вот новые дома, которые вы видите в Газне, достаточно свидетельствуют [об этом]». В Нишануре не было архитектурных площадей-ансамблей. Создателем их является эмир Масуд, ибо, как утверждает Байхаки, «их он тоже начертил своей рукой — один прекрасный сарай и несколько маленьких сараев и майдавов, так что [там] стало так, как [теперь]... Этот царь был мастером во всяком деле». Далее Байхаки снова возвращается к этой теме и говорит: «Такой кушк нигде не показывают, и ни один падишах подобного здания не изволил построить». Все [эмир Масуд] подготовил благодаря своему знанию и мастерству зодчего, и чертежи он начертил высочайшей своей рукой; в подобного рода приборах, особенно в зодческих, он разбирался отлично, да будет им доволен Аллах» [26, с. 221, 222, 378].

Зияддин Лулу, маршал и мажордом сельджукского султана Тугрим-шаха ибн Клыч-Арслана, был архитектором, в 1213 г. перестроил стены крепости Байбурт в Малой Азии.

Саададдин Копек ибн Мухаммад начал свою карьеру как переводчик во дворце Алааддина Кайкубада. Потом стал архитектором. Построил дворец для Кайкубада в Кубадабаде, позднее караван-сарай около Ковьи. Он стал важным эмиром при дворе Гиасаадина Койхосроу. В 1238 г. был приговорен к смерти.

Айдумур ибн Абдуллах, правитель, был архитектором мечети Улу Джами в Сандикли в 1379 г.

Имад ад-даула Ваддин Хаджи Ивад ибн Аки Баязид родился в Бег Оваси, около Токата, в Анатолии. От мелкого чиновника он поднялся до высоких государственных постов, был губернатором Бурсы, затем стал пашой и везиром Мехмеда I. Он был ответственным за строительство мечети Яшел Джами, которая строилась в продолжение десяти лет (1414—1424), и Яшел Турбе в Бурсе. Он специализировался как каллиграф-крупнописец — в надписях на портале мечети. П л а н и п р о п о р ц и и мечети Яшел Джами он сделал сам. Умер в 1429 г.

Приведенные биографические сведения об архитекторах из среды образованных людей своего времени — факты единичные, о которых можно было бы и не говорить, если бы Санаи (1080/81 — 1140/41), занимаясь рассмотрением разницы между умственным и физическим трудом, не писал:

От [физического] труда человек науки далек, пример этому — архитектор и поденщик.

Ученый-архитектор получает то

в один миг, что строитель в пять месяцев.

А строитель в два месяца накапливает то,

что подмастерье не увидит и за годы.

Опять же подмастерье весело поедает то,

что поденщик не получит и за целую жизнь.

Оплата этого меньше оплаты того потому,

что этот работает телом, а тот мудр в душе [45, с. 42].

Его дополняет азербайджанский поэт Низами, который в поэме «Семь красавиц» своего героя, зодчего по имени Шида, не случайно наделяет большими знаниями геометрических наук [209, с. 402].

Через века им вторят Абдаррахман Джами и Алишер Навои (XV в.). Абдаррахман Джами:

Он все основы зодчества постиг,
Он вещей звезд пророчества постиг,
Он изучил законы Птолемея,
Евклид смущался, спорить с ним не смея.

Алишер Навои:

Мудрец, который знанием богат,
На страже стал у следующих врат,
Перелистал он сотни древних книг,
Он тот, кто крепость шахскую воздвиг
[207, с. 144].

У Абдаррахмана Джами и Алишера Навои поэтические метафоры характеризуют их отношение к зодчему-художнику. Однако исследователя интересует не только то, что практически имело место, но и то, о чем мечтали передовые люди эпохи. Однако здесь свидетельства Абдаррахмана Джами и Алишера Навои о познаниях архитекторов, изложенные в образной художественной форме, имели вполне реальную основу, о чем прекрасно свидетельствует трактат ал-Каши «Ключ арифметики», рассчитанный на высокообразованного архитектора XV в.

И не только это, ибо вопрос о познаниях зодчего может быть рассмотрен с более общих позиций, т. е. как явление, связанное с научными устремлениями культурного круга общества в целом.

По свидетельству Ибн Халдуна, в средние века на мусульманском Востоке было распространено мнение, что геометрия очищает и совершенствует человеческий ум, что не может впасть в ошибку ум, который постоянно занимается геометрией, и человек, занимающийся геометрией, обретает смывленность. Причем эта мысль во времена Ибн Халдуна прививалась со школьной скамьи. Перекидывая мост от современности к греческой античности, твердили слова, приписываемые Платону: «Тот, кто не знает геометрии, не может входить в наш дом».

Архитекторы изучали геометрию не только по соображениям, приведенным выше, а в силу практической необходимости, о чем также достаточно ясно свидетельствует Ибн Халдун, который писал, что определенное знание проблем геометрии было необходимо для архитектурной практики, что хорошее знакомство с теорией конических сечений было обычным в таких

практических искусствах, как плотничье ремесло и архитектура, и что, для того чтобы развить совершенные формы от замысла к исполнению, нужно хорошо разбираться в законах пропорций, а в этом последнем необходима помощь геометра (архитектора).

Кроме того, образованность ведущих зодчих на мусульманском Востоке была связана с институтом адаба, который, как утверждает современный арабский ученый Ханна ал-Фахури, в IX—XI вв. включал в себя целую группу наук и искусств: философию, математику, астрономию, химию, медицину, историю, генеалогию, поэтику и др., которые способны обогатить интеллект и воздействовать на общественные отношения. С XII в. понятие «адаб» употреблялось для обозначения поэзии и прозы и смежных наук [277, с. 28].

Группа наук и искусств, входивших в понятие «адаб», с той или иной степенью полноты преподавалась в медресе, о чем свидетельствует «Вакуф-наме» (1065—1066) самаркандского правителя Бугра Кара-хана (правил с 1040 по 1068 г.) [327, с. 62].

Из этого документа мы узнаем, что в самаркандском медресе в XII в. преподавали студентам Коран и адаб, причем преподаватели Корана и преподаватели адаба получали одинаковое жалованье. Примечательно, что для преподавания и чтения Корана была отведена одна большая общая аудитория, а для адаба — несколько помещений, меньших по площади. Это, очевидно, обуславливалось тем, что обучение Корану было обязательным для всех студентов, тогда как занятия по адабу могли вестись с небольшими группами, изучавшими отдельные его дисциплины.

Однако адаб воспринимался разными слоями общества по-разному. Аристократические круги видели в адабе главным образом благовоспитанность, а в науках — лишь общие сведения, которых было достаточно, чтобы поддерживать светский разговор; для научной интеллигенции, людей умственного труда и искусства адаб являлся источником первоначальных познаний — основой для дальнейшего совершенствования в науках и искусствах.

Институту адаба принадлежит передовая просветительная роль, которая сводилась, как справедливо отмечает А. В. Сагадеев, к борьбе за духовное укрепление от гнетущего влияния религиозного мировоззрения [257, с. 59]. Благодаря адабу мусульманское средневековье дало миру целую плеяду великих ученых-гуманистов — философов, математиков, астрономов, географов, историков, художников слова, кисти и резца, великих зодчих, запечатлевших свое искусство в архитектурных творениях эпохи.

«ВВЕДЕНИЕ [В УЧЕНИЕ] О ПОДОБНЫХ И СООТВЕТСТВЕННЫХ ФИГУРАХ»
(ТРАКТАТ И КОММЕНТАРИЙ)

Трактат анонимного автора на персидском языке является приложением к персидскому переводу книги Абу-л-Вафа Бузджани (940—998) «О том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений», датируется XI в. Рукопись трактата хранится в парижской Национальной библиотеке (Персидские рукописи № 169). Текст трактата переведен А. Б. Вильдановой, расшифровка чертежей и комментарии — автора настоящей книги. Трактат не имеет титульного листа. На его первой странице (л. 180а) изображены десятиугольники и пятиконечные звезды (рис. 1), а название книги *في مداخل الاشكال المتشابهه او المتوافقة* написано сбоку.

Л. 180а.

«Если начертят два десятиугольника с равными сторонами и углами и с равными площадями и, наконец, пятиконечную звезду, стороны которой равны сторонам десятиугольника, внешняя диагональ равна внешней диагонали десятиугольника, а половина внутренней диагонали равна стороне десятиугольника, то эти три фигуры можно поместить в один десятиугольник. Это будет такой десятиугольник, стороны которого будут равны половине внешней диагонали данного десятиугольника. А поскольку они равны, то половина внешней диагонали данного десятиугольника сольется вместе с его стороной, как на чертеже».

Нетрудно убедиться, что большие и малые десятиугольники подобны, а пятиконечная звезда и десятиугольники примыкают друг к другу. Прием построения фигур автор не приводит, очевидно полагая, что они должны быть известны читателю. Этот прием состоит в следующем: берется окружность и строится вписанный в нее десятиугольник с помощью деления радиуса (R) в крайнем и среднем отношении. При этом большой отрезок AD равен стороне большого десятиугольника, а малый отрезок — стороне малого десятиугольника. (рис. 1).

Л. 180б.

«Из частей V и G в совокупности получится один окрыленный десятиугольник, а кто хочет, построит два десятиугольника с пустотой. Из частей E и D

получится один окрыленный десятиугольник или два девятиугольника с пустотой. Из частей C и B получится один окрыленный восьмиугольник или два восьмиугольника с пустотой. Таким же образом из части A получится один окрыленный четырехугольник или два четырехугольника с пустотой. Вот образец.

Следует знать, что из частей этого четырехугольника можно получить один окрыленный четырехугольник, один окрыленный восьмиугольник, один окрыленный девятиугольник и один окрыленный десятиугольник. При желании можно составить два четырехугольника с пустотой, два восьмиугольника с пустотой, два девятиугольника с пустотой и два десятиугольника с пустотой. Это очень изящно, а Аллах знает лучше.»

Здесь автор трактата иллюстрирует согласованность и повторяемость элементов четырех-, восьми-, девяти- и десятиугольников, а также четырех-, восьми-, девяти- и десятиконечных звезд как между собой, так и с квадратом, в который вписаны элементы всех перечисленных фигур. Приемы построения фигур не приводятся и расшифровываются следующим образом (графическая расшифровка приводится на рис. 2, 3, 4, 5 и 6):

Л. 181а.

«Если хотят определить сторону четырехугольника, площадь которого равна площади восьмиугольника, то нужно четырехугольник, [построенный на] стороне восьмиугольника, вычесть из четырехугольника, [построенного на] диаметре круга, вписанного в восьмиугольник. Извлеченный из остатка корень есть сторона четырехугольника. А Аллах знает лучше.» (Рис. 7.)

Графическое решение задачи, очевидно, сводилось к построению окружности в центре восьмиугольника радиусом, равным половине стороны восьмиугольника. От точек, делящих сторону восьмиугольника пополам, были проведены касательные к окружности, с тем чтобы в центре получился квадрат, равный квадрату на стороне восьмиугольника. Из пяти фигур, вписанных в восьмиугольник, можно сложить квадрат, равно- великий данному восьмиугольнику.

На этом же листе приводится чертеж — графическое решение задачи: как из равностороннего треугольника

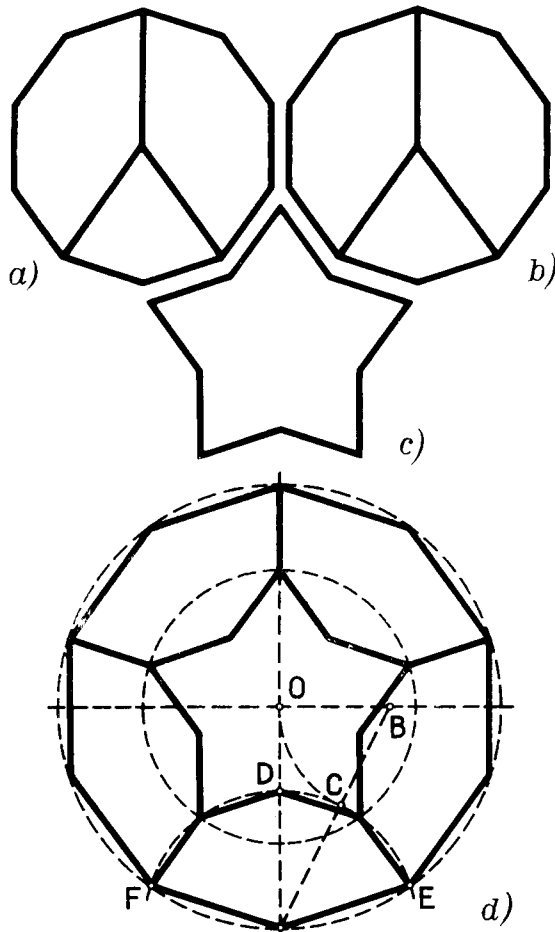


Рис. 1. Л. 180а. Составление одного большого десятиугольника из двух малых десятиугольников и пятиконечной звезды

сделать равновеликую шестиконечную звезду, и наоборот. (Рис. 8.)

Л. 181б.

«Раздел. Если имеется часть круга с дугой, например, AB (рис. 9а и б) и хотят сделать полный круг, а центр неизвестен, то нужно из точек A и B любым раствором, являющимся больше половины диаметра, начертить дуги GD и HD , пока они не пересекутся в точке D . Из этой точки опускают перпендикуляр DC к середине дуги. Из точек C снова прежним раствором, т. е. AG , определяют точку E и проводят линию AE . Снова из точки C раствором AE проводят дугу HG до пересечения с двух сторон в точках G и H . Чертят линии BH и AG , и получится F . Это центр круга, [найденный] раствором, который является половиной диаметра круга. А Аллах знает лучше.

Раздел. Если имеется часть круга и его хотят сделать полным, то таким путем. Дугу AB делят на три равные части в точках D и C (рис. 9 с и д). Из

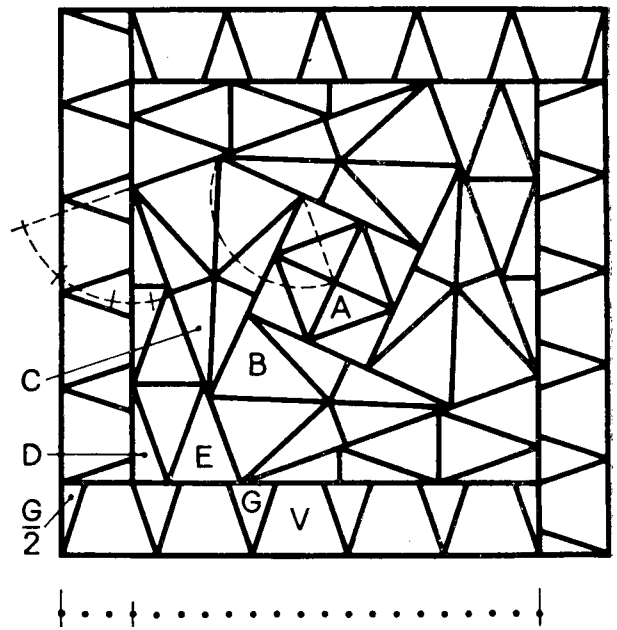


Рис. 2. Л. 180б. Составление одного большого квадрата из малого квадрата и восьми-, девяти- и десятиугольников

точек D и A произвольным раствором находят точку пересечения E . Из точек C и B определяют точку пересечения G . Из точки E проводят EC , из точки G — линию CD , которые пересекаются в точке H . Эта точка и есть центр полного круга. Раствором HD , являющимся половиной диаметра, можно провести полный круг. А Аллах знает лучше.»

Решение этих задач не имеет прямого отношения к вопросам подобия и соответствия фигур, случайность появления их в этом трактате, несомненна.

Л. 182а.

«Вопрос. Если скажут, что мы хотим разделить треугольник на четыре равные части таким образом, чтобы одна часть была треугольником, подобным данному треугольнику, и из каждого из трех углов провели бы линии. Ответ. Способ такой. Каждую сторону данного треугольника делят на две части, и треугольник разделится на четыре треугольника¹. Внутри центрального треугольника начертим

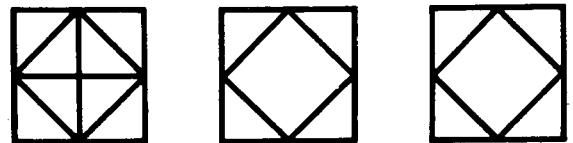


Рис. 3. Развертка квадрата

¹ Первоначальное разделение треугольника на четыре треугольника на чертеже не указано.

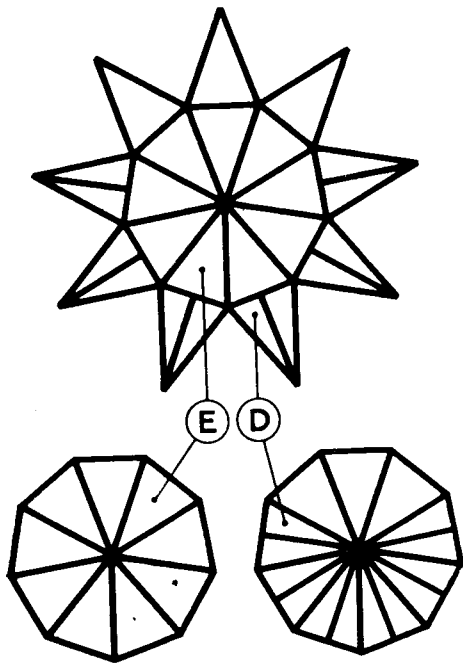


Рис. 4. Составление восьмиконечной звезды и восьмиугольников из отдельных элементов

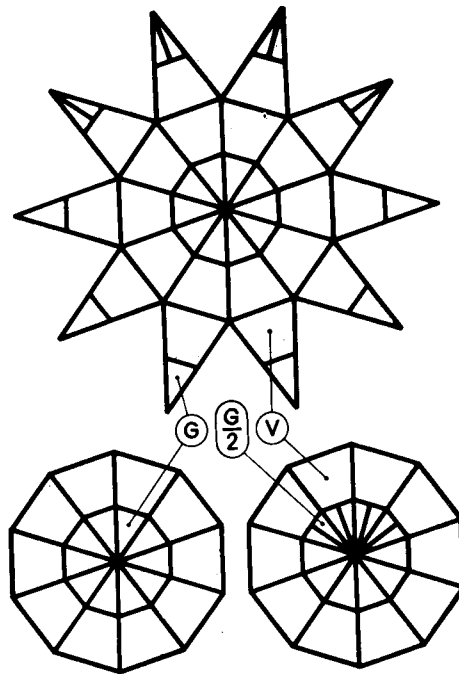


Рис. 6. Составление десятиконечной звезды и десятиугольников из отдельных элементов

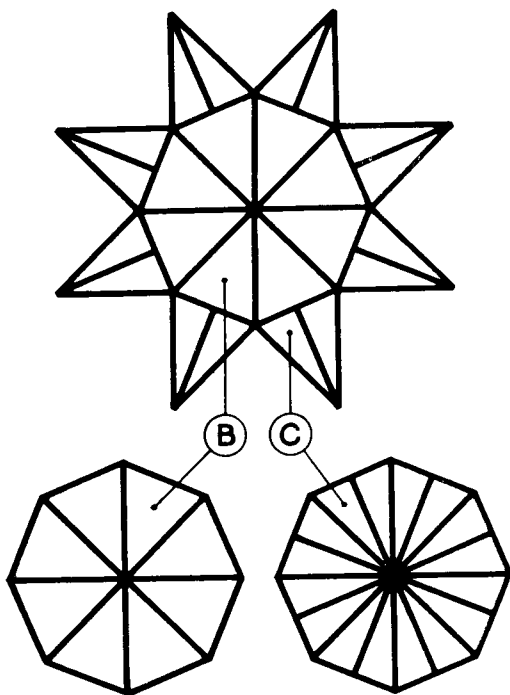


Рис. 5. Составление девятиконечной звезды и восьмиугольников из отдельных элементов

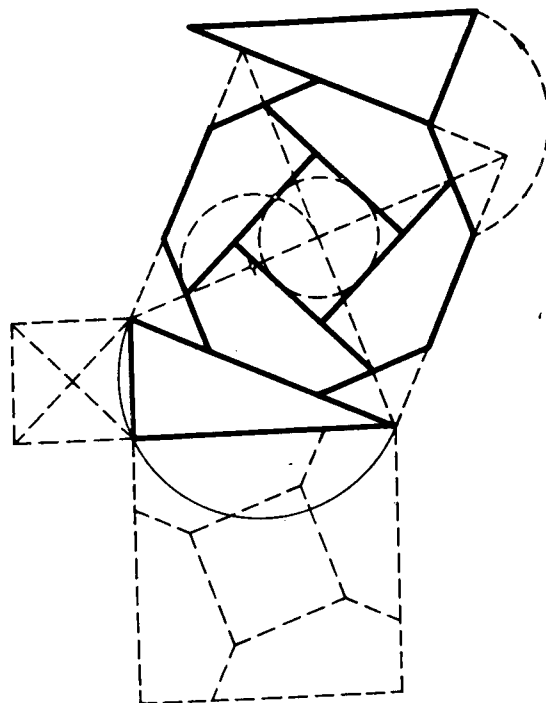


Рис. 7. Л. 181а. Построение равновеликих квадратов и восьмиугольника

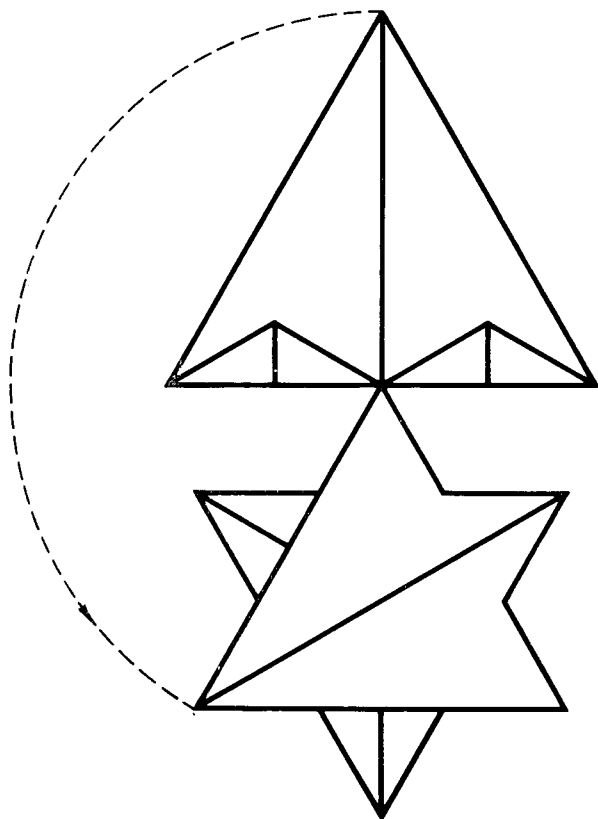


Рис. 8. Л. 181а. Построение равновеликих шестиконечной звезды и равностороннего треугольника

круг, касающийся его сторон, и проведем из углов данного треугольника [касательные линии] к этому кругу до соединения их друг с другом. Вот образец. (Рис. 10.)

Вопрос. Если скажут, что хотим шестиугольник превратить в четырехугольник, чтобы части шестиугольника в четырехугольнике выделялись, ответим, что способ такой. К прямой линии AB присоединим линию AD , равную AC . Линию DB делим пополам в точке E . Раствором EB чертим дугу BGD . Снова к прямой линии AE проводим [перпендикулярно] линию AG , заканчивающуюся на дуге. Линия AG является стороной такого четырехугольника, который равен этому шестиугольнику. От линии AB откидываем часть AH , равную AG . Так как точка H стала известна, то остальное легко. А Аллах знает лучше.» (Рис. 11.)

Здесь графическим методом решена задача на построение равновеликих фигур — шестиконечной звезды и квадрата. Из построения следует:

$$\frac{AD}{AG} = \frac{AG}{AD\sqrt{3}}, \text{ или } AG^2 = AD^2 \sqrt{3},$$

при AG , равном стороне квадрата,

при AD , равном радиусу окружности, в которую вписана шестиконечная звезда.

Л. 1826.

«Раздел. Если хотим удлиненный четырехугольник $ABCD$ превратить в равносторонний четырехугольник, то сначала надо к прямой линии AC присоединить линию CE , равную линии CD . Линию AE делим пополам в точке G , которую берем за центр. Раствором GA чертим дугу EHA . Затем к прямой линии CD чертим линию CH , доведя ее до окружности EHA . Линия CH — сторона равностороннего четырехугольника. Такой же величины отрезок отложим от точки C на стороне AC удлиненного [четыреугольника]. От точки B на стороне BD отделим величину BI^2 , равную CH . Остатки от обеих сторон разделим пополам в точках K и L и проведем линию LK . Из точек F и I проводим перпендикуляры FM и IN до соединения их с диагональю LK . Получится четыре отрезка, из которых составим четырехугольник $XFCH$, и на самом деле действие закончилось путем подтверждения. А Аллах знает лучше.» (Рис. 12.)

Графическое решение задачи сводится к нахождению средней пропорциональной между половиной периметра заданного прямоугольника и его короткой стороной. Из приведенного на рис. 12 построения видно, что $\frac{AC}{CH} = \frac{CH}{CE}$. Следовательно, $CH^2 = AC \cdot CD$.

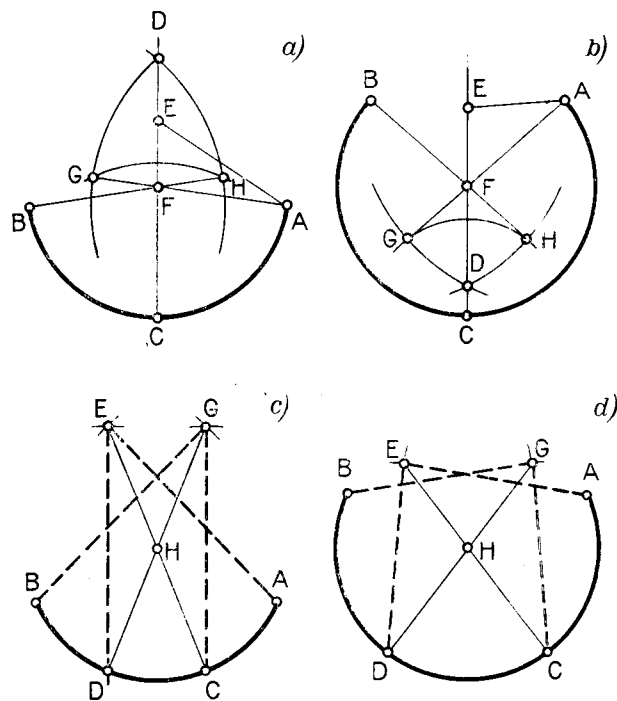


Рис. 9. Л. 181б (a, b, c, d). Построение круга по имеющейся его части

² В тексте — В.

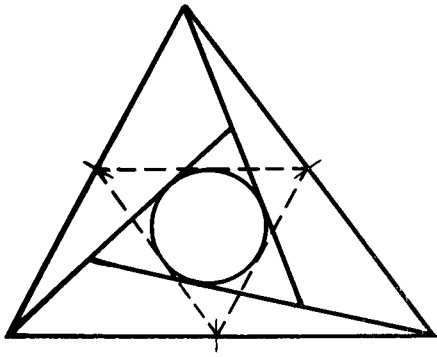


Рис. 10. Л. 182а. Деление треугольника на четыре равные части

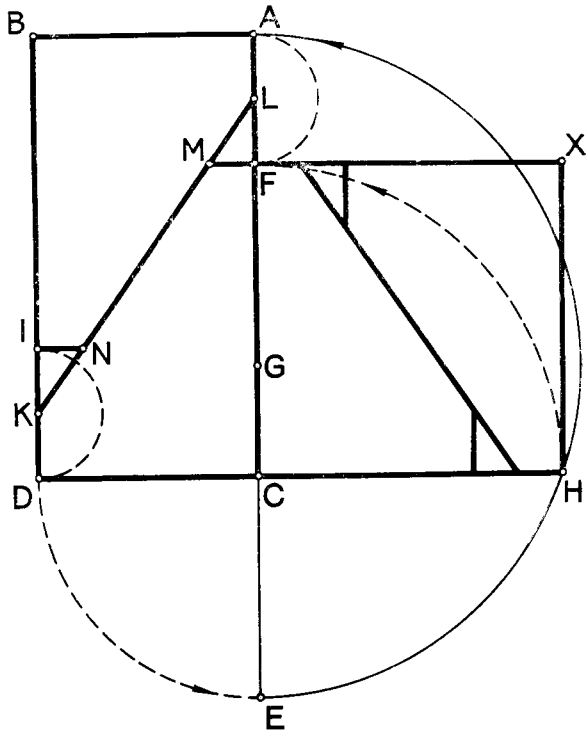
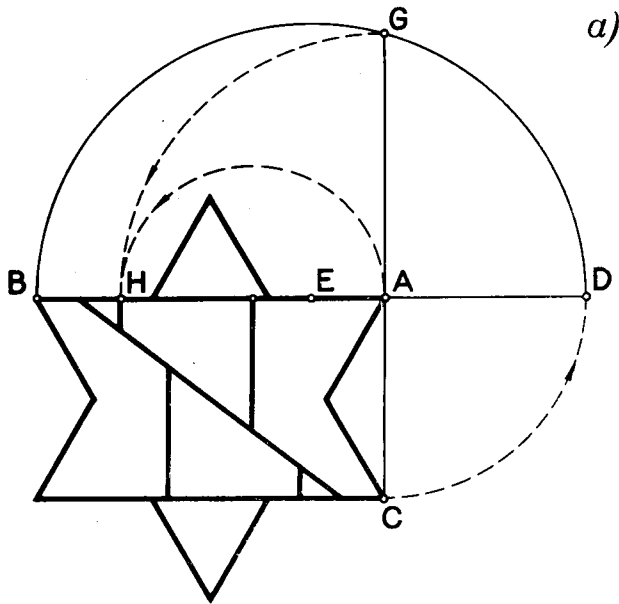
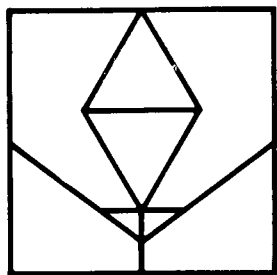


Рис. 12. Л. 182б. Построение равновеликих прямоугольника и квадрата



a)



b)

Рис. 11. Л. 182а. Построение равновеликих шестиконечной звезды (а) и квадрата (b).

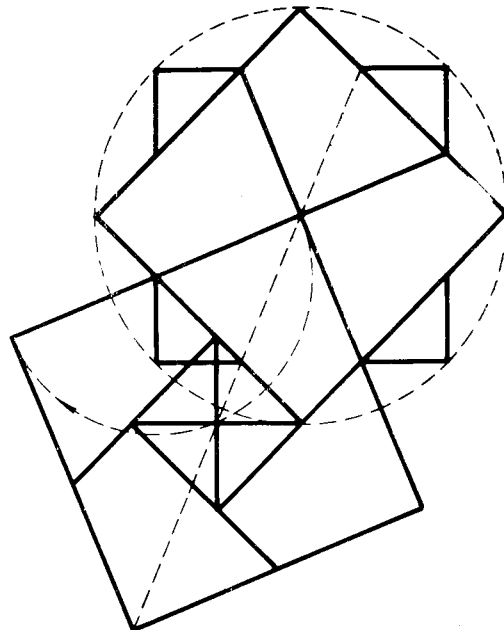


Рис. 13. Л. 182б. Построение равновеликих восьмиконечной звезды и квадрата

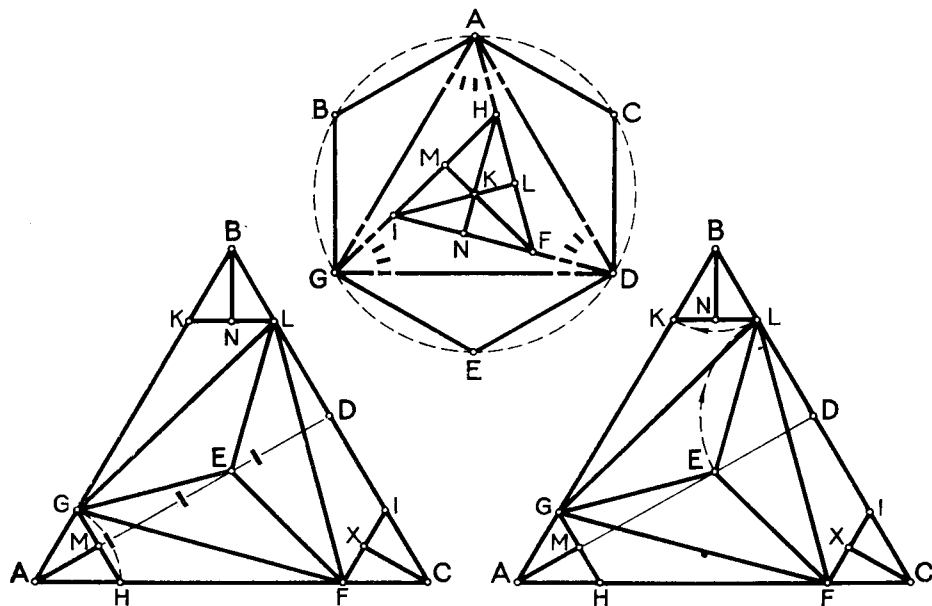


Рис. 14. Л. 183а. Построение равновеликих шестиугольника и равностороннего треугольника

Рис. 13 на л. 182 б — без пояснительного текста, тем не менее нетрудно догадаться, что здесь дается графическое решение задачи на построение равновеликих фигур восьмикрылой звезды и квадрата. Из приведенного построения следует, что площадь восьмикрылой звезды равняется квадрату, построенному на диагонали восьмиугольника, вписанного в восьмиугольную звезду.

Л. 183а.

«Вопрос. Если хотят треугольник преобразовать в шестиугольник или шестиугольник преобразовать в треугольник, то как нужно их делить на части, чтобы получилось правильно? Ответ. Если хотят определить величину линии AH (рис. 14), то нужно перпен-

дикуляр AD разделить на четыре части, равные отрезкам AG и AH . Откладывают такой величины отрезки BK , BL , CI и CF и чертят линии треугольника CLF . Определяют центр E и проводят линии к углам. Каждый из треугольников AGH , CIF и BKL делят на две части. Из всех частей, если хотят, могут составить один шестиугольник или два треугольника. А Аллах знает лучше.

Делить шестиугольник на треугольник надо таким образом. Определяют треугольник ADG и каждый угол треугольника делят на четыре части. Проводят линии GH , DI и AF до пересечения их друг с другом в точках H , F и I . Получился треугольник HFI . Этот треугольник делят на шесть частей перпендикулярами FM , HN и IL . Из всех частей составляют один треугольник. А Аллах знает лучше.» (Рис. 14.)

Л. 183б.

«Вступление. Если треугольник вписан в круг, то отношение углов того треугольника друг к другу равно отношению [противолежащих] дуг [и] хорд. Например, если угол C равен половине угла B ³, то дуга AB равна половине дуги CA . Если угол A равен половине угла C , то по правилу угол C в четыре раза больше угла A , а дуга CA составляет половину дуги AB . Следовательно, дуга BC равна четверти дуги BDA . Вся окружность состоит из семи дуг AB . Линия AB есть сторона семиугольника. Сумма всех углов треугольника равна семи углам C . А Аллах знает лучше.» (Рис. 15.)

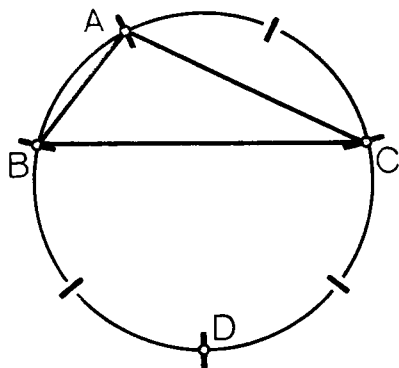


Рис. 15. Л. 183б. Пример согласованности углового модуля в треугольнике, вписанном в окружность стягивающими хордами

³ Чертеж не соответствует описанию.

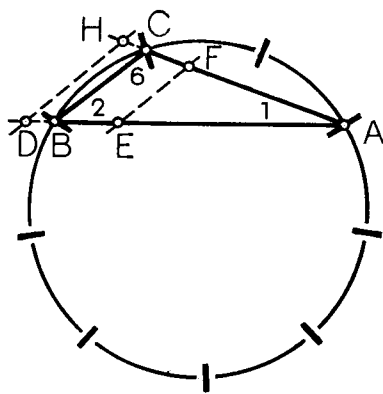


Рис. 16. Л. 184а. Пример согласованности углового модуля в треугольнике, вписанном в окружность стягивающими хордами

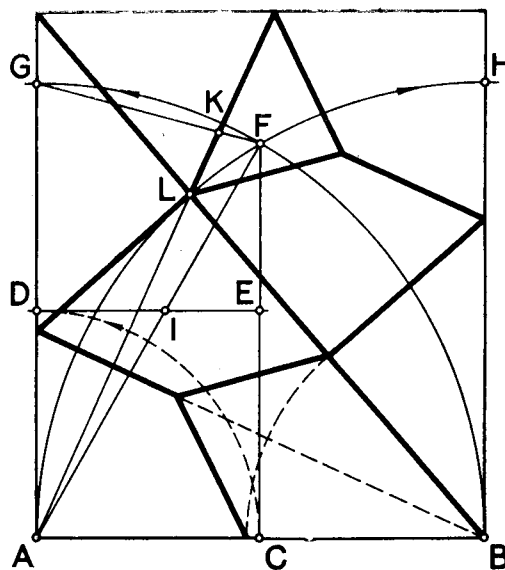


Рис. 20. Л. 1856. Построение «турунджа», связанное с производными квадрата и равностороннего треугольника

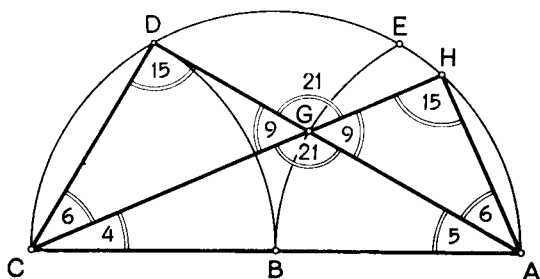


Рис. 17. Л. 1846. Построение угольников в 30, 60, 90 и 36, 54, 90°, вписанных в полуокружность

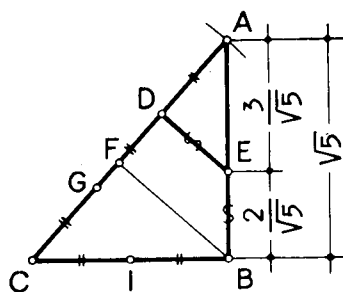


Рис. 18. Л. 1856. Построение «турунджа» в прямоугольном треугольнике с отношением сторон 2, 5, 3

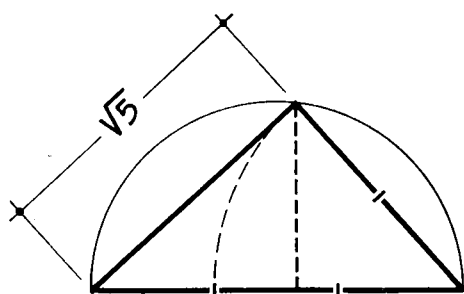


Рис. 19. Л. 1856. Построение прямоугольного треугольника с отношением сторон 2, 5, 3

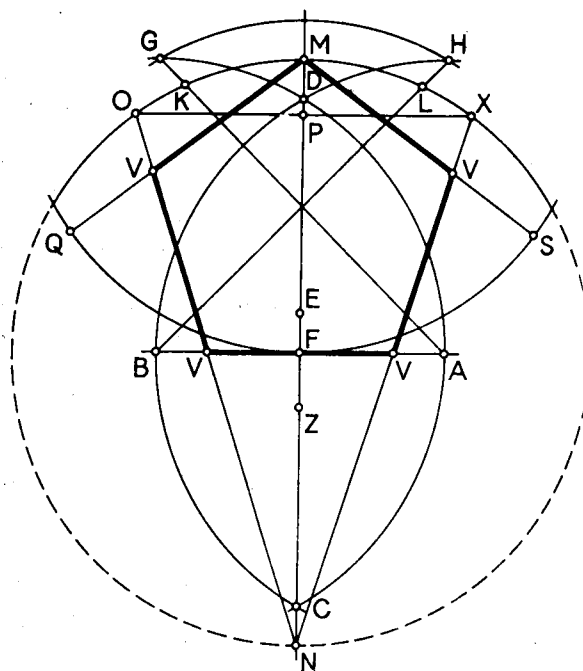


Рис. 21. Л. 186а. Построение пятиугольника постоянным раствором циркуля, равным заданной высоте пятиугольника

«Вопрос. Если скажут: мы хотим действовать с треугольником, у которого угол A равен половине угла B , а угол B составляет треть угла C , то способ такой. Угол A принимаем за единицу, угол B равен двум, угол C будет равен шести. В сумме все углы составляют девять. Начертим круг. Окружность этого круга разделим на девять частей. Проведем хорды дуг, равных одной части, двум частям и шести частям. Получится искомый треугольник ABC . В нем угол A равен половине угла B , а угол B составляет треть угла C . (Рис. 16.)

[Соотношение между углами] треугольника с общей суммой девять.

1	2	6
1	3	5
1	4	4
2	3	4
1	1	7
2	2	5
3	3	3

Во всех треугольниках углы можно соотносить по этому сравнению. Например, скажут, что хотим построить треугольник, у которого угол A равен трем, угол B — четырем, угол C — пяти. В сумме они составляют двенадцать. Начертим круг, окружность которого разделим на 12 частей. Соединим хордами три, четыре и пять частей. Получился искомый треугольник.

Если скажут, что на данной линии хотим построить треугольник, то любым раствором чертят круг и строят треугольник ABC в таком положении, как будет требоваться в задаче. Смотрят, если линия AB равна данной линии, то треугольник ABC — искомый. Если она будет больше или меньше, то к прямой линии AB добавляют BD или ее уменьшают на [отрезок] BE . Линии DH и EF , проведенные из точек E и D , должны быть параллельны [линии] BC . А Аллах знает лучше.»

Приведенные два примера построения (рис. 15 и 16) связаны с угловыми отношениями величин, которыми широко пользовались искусные мастера и зодчие в повседневной практике.

«Угольником пять (30°) раствором вполювину диаметра и угольником шесть (36°) надо действовать следующим образом: на линии AC ее половиной AB проводят круг $AEDC$ с центром в точке B . Если сделать центром точку A , то проводят дугу EB . Еще центром делают точку C и отмечают на окружности точку D . Проводят линию AD , которая пересекается

с дугой EB в точке G . Проводят линию GD до пересечения с окружностью в точке H . Проводят линии AH и DC . Каждый из треугольников AGH и CGD составляет угольник шесть. Основой треугольника AGC был угольник пять, как показали, основой треугольника AHC — противолежащий [диаметру] угольника пятнадцать.» (Рис. 17.)

Автор «Введения...» рекомендует действовать угольником «пять» и «шесть», приводит чертеж их графического построения. В отличие от градусов, минут и секунд, которыми пользуются астрономы для измерения углов, автор «Введения...» оперирует укрупненными мерами — угловым модулем. На рис. 17 углы треугольников выражены единицами, которым соответствуют градусы:

Углы треугольников	Градусы
4	24
5	30
6	36
9	54
15	90
21	126

Для измерения углов был принят угловой модуль, равный 6° . Угловой модуль не являлся изобретением автора «Введения...», он, очевидно, давно уже бытовал в практике искусных мастеров и зодчих, так как известно, что угловыми отношениями величин в архитектуре были представлены членения цилиндрических барабанов, куполов, угловых парусов — сталактитов, пространственных герихов.

Угольники «пять» и «шесть» — это треугольники в $30, 60, 90$ и $36, 54, 90^\circ$. Первый из них — обычный чертежный инструмент, который наравне с угольниками в $45, 45$ и 90° в рассматриваемую эпоху имел широкое распространение, а угольник «шесть» — особый. Им пользовались для построения архитектурной формы,

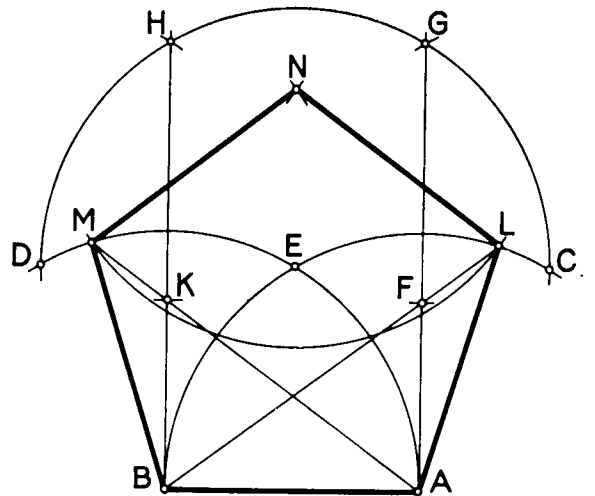


Рис. 22. Л. 186б. То же на заданной стороне

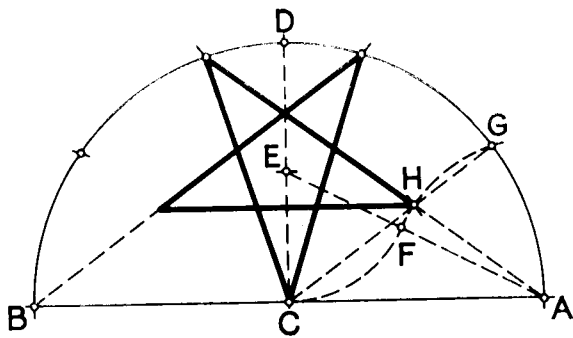


Рис. 23. л. 186б. Построение пятиконечной звезды в полукружности

основанной на пентаграмме или правильном десятиугольнике, а также для построения герихов, komponуемых в прямоугольнике с делением прямого угла на пять частей, т. е. с угловым модулем «три», или 18° . Пример такого гериха приводится на последнем листе настоящего трактата.

Л. 185а.

Текст непонятен, чертеж не соответствует тексту.

Л. 185б.

«Раздел. Это условие относится к прямоугольному треугольнику. Если на гипотенузе отделим меньшую сторону треугольника и к месту отделения проведем перпендикуляр до пересечения со средней стороной, то от места пересечения до прямого угла будет отрезок, равный перпендикуляру.»

На чертеже показаны размеры малого катета, равного двум, и гипотенузы, равной трем, при этом другой катет равен $\sqrt{5}$. В такой треугольник вписан «турундж» $B CD$. (Рис. 18.)

Л. 185б.

Приводится построение прямоугольного треугольника $2, \sqrt{5}, 3$, вписанного в полукружность. (Рис. 19.)

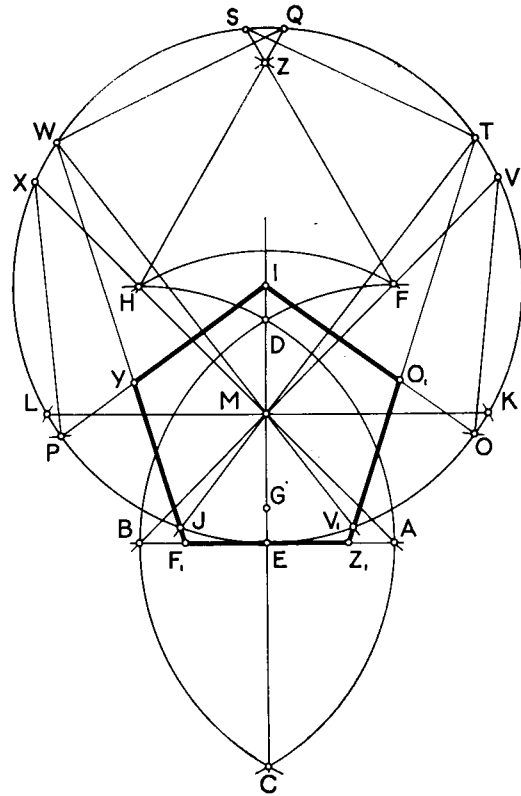


Рис. 24. Лист без пагинации между л. 186—187. Построение пятиугольника постоянным раствором циркуля по заданной высоте пятиугольника

Л. 185б.

«На половине данной линии AB строят четырехугольник $ACED$. Проводят линию CEF . Раствором AB проводят четверть (круга) BFG и на перпендикуляре FC находят точку F . Проводят линии FA и FG . FA пересекает ED в точке I . Из точки G раствором

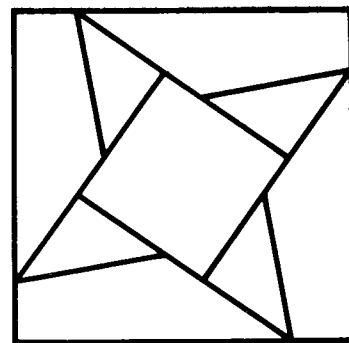
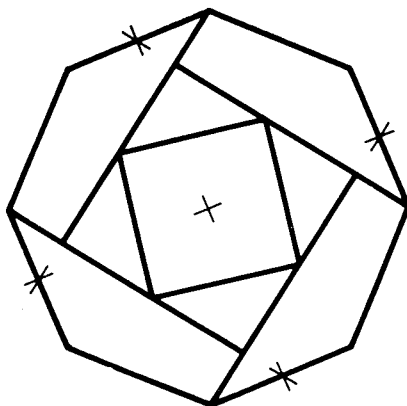


Рис. 25. Лист без пагинации между л. 186—187. Построение равновеликих восьмиугольника и квадрата

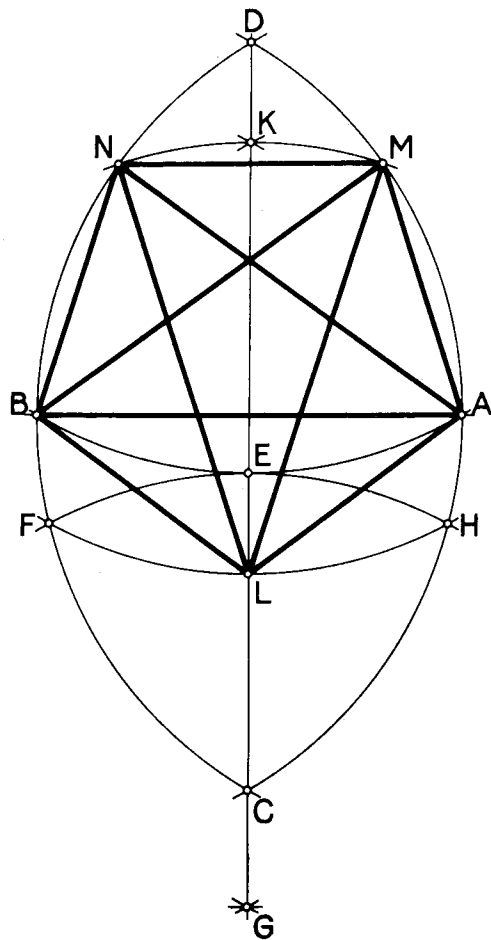


Рис. 26. Л. 187а. Построение пятиугольника постоянным раствором циркуля, равным заданной диагонали пятиугольника по методу Абу Бакра ал-Халила ат-Таджира

FI отделяют отрезок *GK*. Линия *KA* пересекает дугу *A FN* в точке *L*, что является искомым.» (Рис. 20.)

Это построение «турунджей», связанное с производным квадрата и равностороннего треугольника.

Л. 186а.

«Построение равностороннего и равноугольного пятиугольника раствором перпендикуляра.

В этой фигуре линия *AB* равна данному перпендикуляру. Точки пересечения *C* и *D* образуются от точек *A* и *B*. Точки пересечения *G* и *H* образуются от точки *E*, а точка *E* — от точки *C*. Точки *K* и *L* образуются от линий *AG* и *BH* и точки *F*. Точки *M* и *N* также образуются от точки *F*. Точки *X* и *O* образуются от точек *K* и *L*. Точки *Q* и *S* образуются от точки *Z*, а точка *Z* — от точки *P*. Точка *P* образуется от линии *XO*. После того как раствором *AB* эти точки найдены, соединяют линии *MQ*, *MS*, *NX* и *NO*. Получится рав-

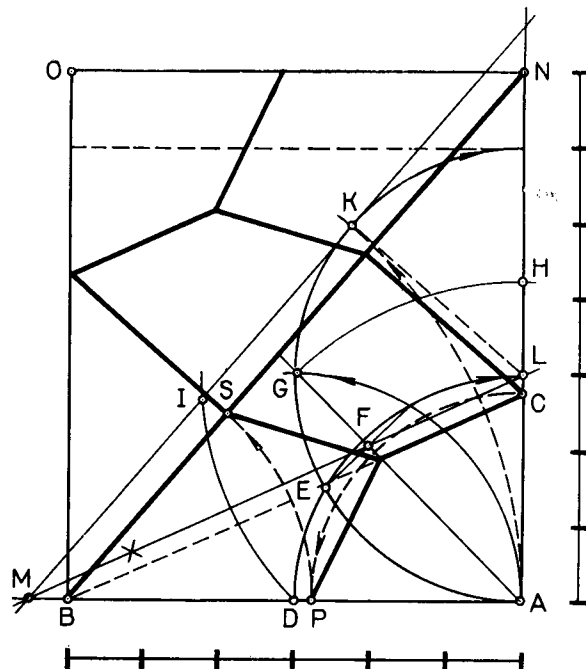


Рис. 27. Л. 187б. Построение равновеликих «турунджей» геометрическим методом в прямоугольнике с отношением сторон близким 6 : 7

носторонний и равноугольный пятиугольник *MV* [при растворе *AB*, равном перпендикуляру *LM*, как начерчено.] (Рис. 21.)

Л. 186б.

«О построении равностороннего и равноугольного пятиугольника раствором стороны.

Если хотят построить равносторонний и равноугольный пятиугольник раствором стороны *AB*, то способ такой. Раствором *AB* с центром в точке *A* чертят дугу *BC* и с центром в точке *B* — дугу *AD*, которые пересекутся в точке *E*. С центром в точке *E* проводят дугу *DHGC*. Из точек *C* и *D* на дуге *DC* определяют точки *G* и *H*. Проводят линии *GA* и *HB*. Из точек *G* и *H* на линиях *AG* и *BH* определяют точки *F* и *K*. Проводят линии *AKM* и *BLM* до пересечения их с дугами *AD* и *BC* в точках *L* и *M*. С центрами в точках *M* и *L* находят точку пересечения *N*. Проводят линии *AL*, *BM*, *LM* и *MN*. Получился равносторонний и равноугольный пятиугольник *ABMNL*.

Если из точки пересечения *N* проведут дугу *LM*, то она должна пройти через точки *L* и *M*. А если получится иначе, действие будет неверным. Как хотят, пусть излагают, а Аллах знает лучше.» (Рис. 22.)

На этом же листе дается построение правильной пятиконечной звезды без пояснительного текста. Ее построение сводится к делению полуокружности на пять частей. Для этого строится прямоугольный треугольник *ACE* с отношениями сторон таким же, как $1 : 2 : \sqrt{5}$, а одна пятая полуокружности равняется

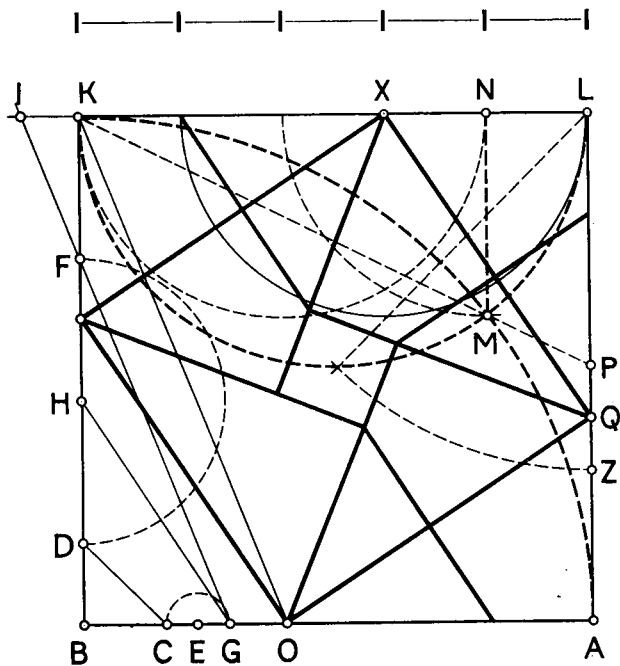


Рис. 28. Л. 188а. Построение квадрата равного 13 в квадрате равном 25. Три способа

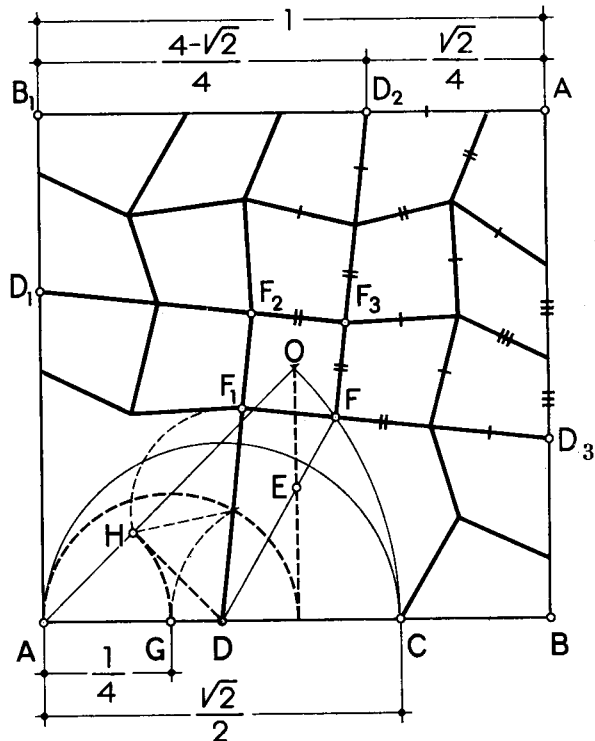


Рис. 29. Л. 188а. Построение основы геометрического орнамента

$\sqrt{5} - 1$. Дальнейшее построение видно на чертеже. (Рис. 23).

Без пагинации между л. 186 и 187.

Раздел о построении равностороннего и равноугольного пятиугольника раствором перпендикуляра. (Рис. 24).

«Мы хотим построить равносторонний пятиугольник, перпендикуляр в котором равен данной линии AB . Способ такой. Раствором циркуля AB из точек A и B проводим дуги HAC и FBC , точки пересечения которых C и D . Проводят линию CDI . Точка пересечения — E . Из точки E находят центр [круга]. Чертят наибольший круг. От точки C определяют точку G . C [центром] в этой точке проводят дугу FH и определяют точки H и F . Из этих двух точек определяют точку пересечения Z . Прямыми линиями FZ и HZ на окружности определяют точки Q и S . Из этих двух точек на окружности определяют точки I и W друг против друга, то есть от точки Q определяют точку W , а от точки S определяют точку T . Проводят линии MW и MT . Эти две точки имеют в виду. Точка пересечения E дает на окружности точки K и L . Линия KL дает точку пересечения M . На прямых линиях BMF и AMH на окружности определяют точки V и X . Из этих двух точек также на окружности определяют O и P . Снова прямыми линиями WM и TM

на окружности определяют точки Y_1 и I . Начертив линии IO , IP , WYF_1 и TO_1Z_1 , получим пятиугольник $IYF_1Z_1O_1$. Это искомый равносторонний и равноугольный пятиугольник.

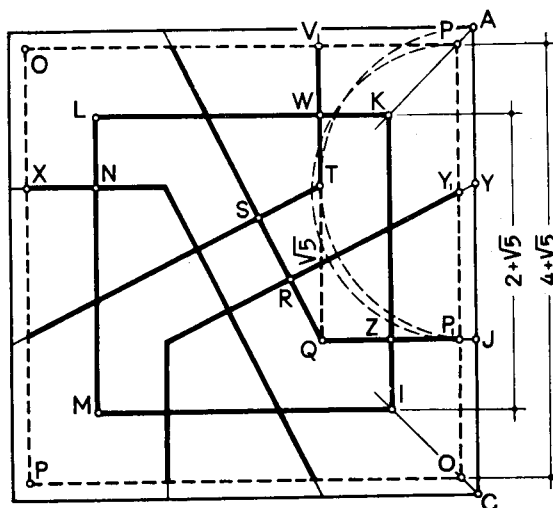


Рис. 30. Л. 188б. Построение орнамента, вписанного в квадрат, основанное на треугольнике 1, 2, $\sqrt{5}$

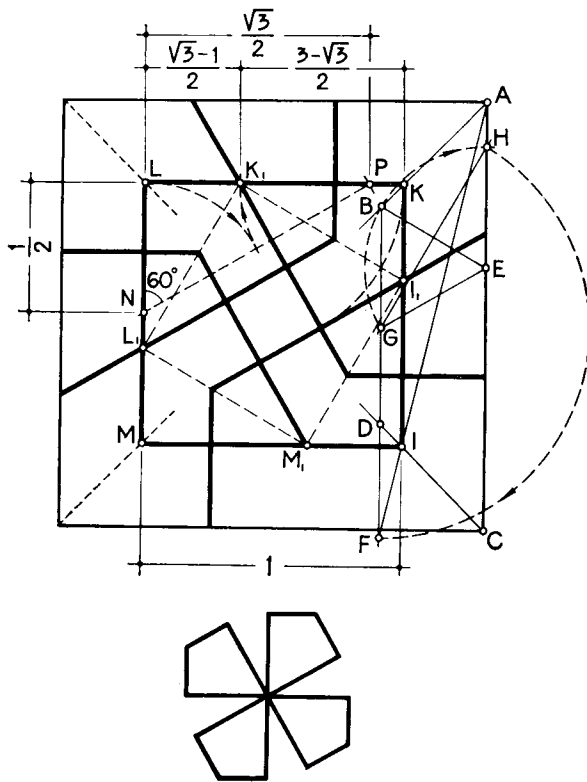


Рис. 31. Л. 1886. Построение орнамента, вписанного в квадрат, основанное на треугольнике 1, $\sqrt{3}$, 2

«Кто как хочет, пусть действует и излагает, а Аллах знает лучше.»

Левый.

«Вот образец. В этом действии, если не начертят линию KL , возможно, получится точка пересечения M от линии AH и BF . Но этот способ вновь открытый, а не традиционный.»

Без пагинации между л. 186 и 187.

Чертеж на решение задачи построения квадрата, равного заданному восьмиугольнику, без пояснительного текста и без вспомогательных линий построения. (Рис. 25.)

Л. 187а.

«Построение пятиугольника раствором хорды Абу Бакром ал-Халилом ат-Таджиром.»

Если известна линия AB , являющаяся хордой пятиугольника, и ее раствором хотят построить пятиугольник, то на ней строят яйцеобразную фигуру $ABCD$. Проводят диагональ DCG . Циркуль ставят в точку D и находят точку E . Ставят в точку E и находят точку G . Ставят в точку G и определяют на обводе яйцеобразной фигуры точки H и F . Из этих точек определяют точку пересечения K . Ставят [циркуль] в точку K и отмечают точку L . От точки L находят точки M и

N . Получился равносторонний и равноугольный пятиугольник $ALBNM$. А Аллах знает лучше.» (Рис. 26.)

Геометрические построения с постоянным раствором циркуля были представлены в книге Абу-л-Вафа Бузджани «О том, что необходимо ремесленникам из геометрических построений» и рассмотрены ранее. Автор «Введения...», как видим, также уделил этому методу геометрических построений определенное внимание. Он не повторяет приемы построения Абу-л-Вафа, наряду со своими приемами особо отмечает построение пятиугольника по методу Абу Бакра ал-Халила ат-Таджиром. В отличие от построений Абу-л-Вафа автор «Введения...» за постоянный раствор принимает не только сторону, но и хорду и перпендикуляр пятиугольника.

Л. 187 б.

«Отношение равных [гладких]. Если угол A прямой, то линию AG надо провести так, чтобы угол A разделить пополам. Радиусом, равным половине AB , чертят четверть круга DL , полуокружность AGK и четверть круга AG . Пересечение этих окружностей соединяют прямой линией и находят точку F на линии AG . От точки L через точку F проводят прямую линию до пересечения с продолжением AB в точке M . Проводят линию MK , касательную к полуокружности AGK . Проводят линию BN , параллельную MK , BO , параллельную AH , и NO , параллельную AB . Получают искомые треугольники ABN , OBN и прямоугольник $ABON$. Далее проводят линию BC параллельно LM . Радиусом AC чертят четверть окружности CP и радиусом BP чертят дугу PS . Из точки C опускают перпендикуляр на линию BN , остальное ясно из чертежа.

Некоторые ремесленники этот чертеж чертят таким образом, что длина его — семь частей, ширина — шесть, а величина их близкая. А Аллах знает лучше⁴.» (рис. 27.)

Л. 188а.

«На этом чертеже два вида отношений: одно — с окружностью, а другое — линейное. Первое, с окружностью, таково, что чертят четверть круга AMK и половину круга LMK . Из точки пересечения M опускают перпендикуляр MN . [Удвоение LN] равно стороне LX . Это искомое (рис. 28).

Другое. Чертят треугольник, составляющий половину четырехугольника BC . Откладывают отрезки BE , равный гипотенузе CD , EG , равный EC , DH , равный GB , и HE , равный DH . Чертят линию GFI и линию KO параллельно IG . Величина $O(B)$ — искомая сторона.

Еще одна из особенностей этого соотношения такова, что находят точку P — середину стороны AL , а также определяют в точке Z величину LZ , равную половине диагонали. Между данными двумя точками определяется искомая точка Q .» (Рис. 28.)

⁴ Далее приводится описание еще одного способа построения, выраженного производными восьмиугольника. Текст непонятен.

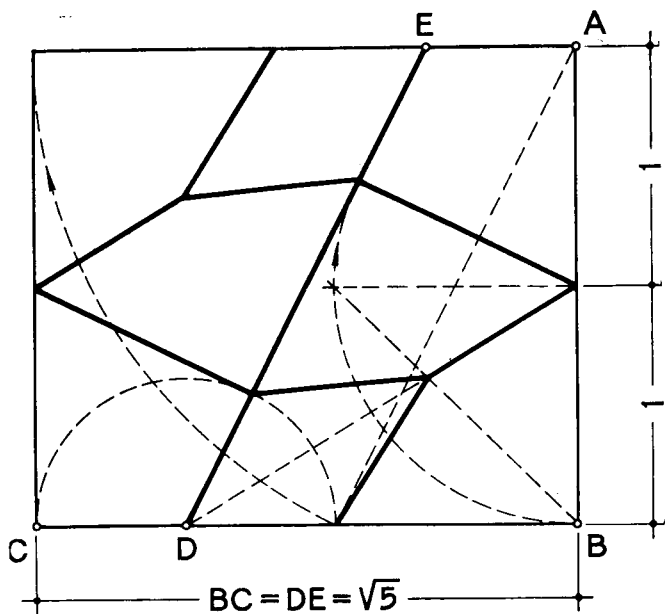


Рис. 32. Л. 189а. Построение орнамента в прямоугольнике с отношениями стороны 2 : 5

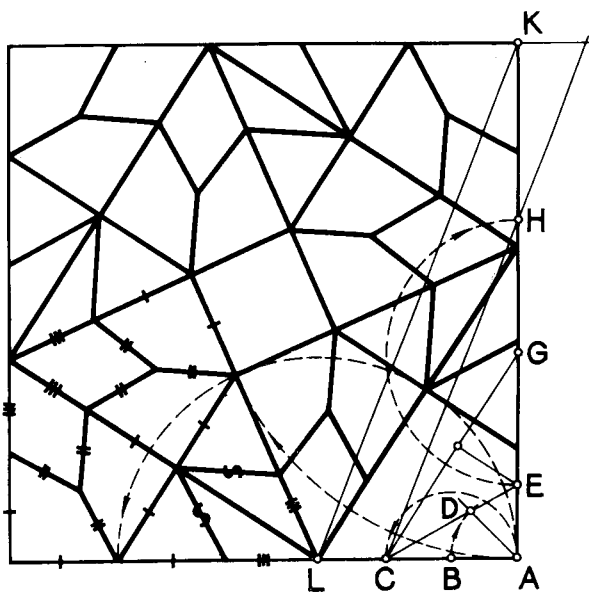


Рис. 33. Л. 189б. Определение пропорций половин «турунджа» на основании треугольника, полученных геометрическим построением

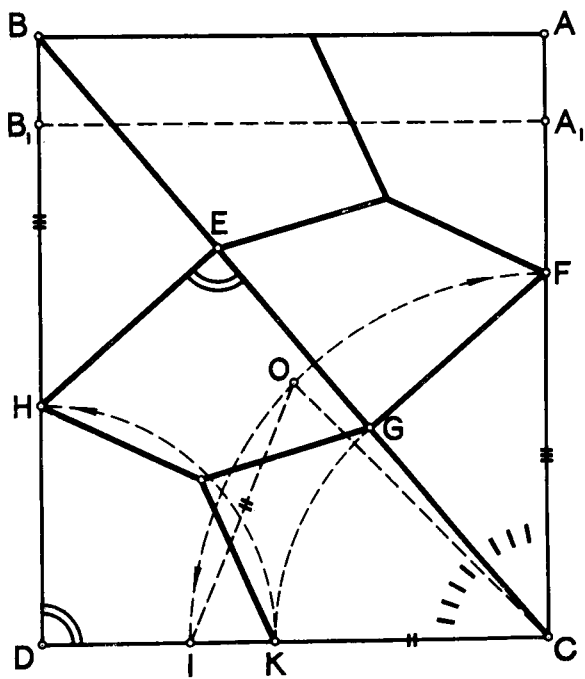


Рис. 34. Л. 190а. Построение «турунджа», основанное на производных восьмиугольника и деление прямого угла на девять

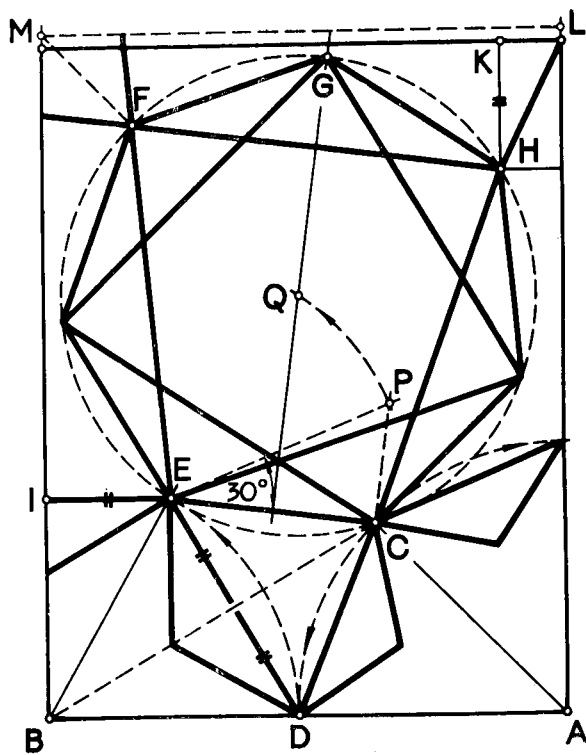


Рис. 35. Л. 190б. Построение орнамента, сочетающего шести-, семи- и восьмиугольные звезды

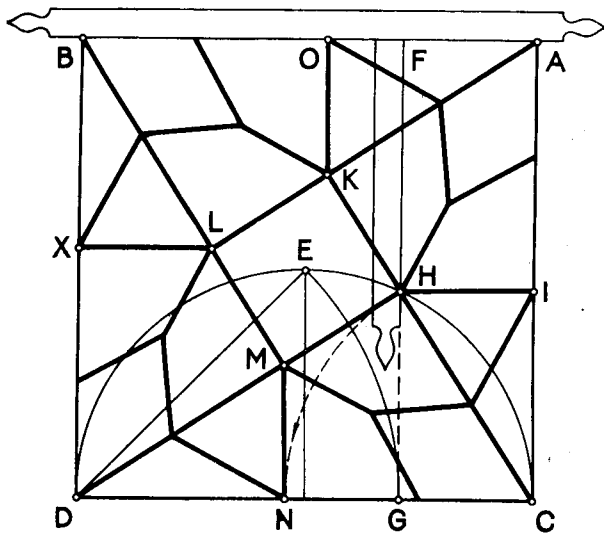


Рис. 36. Л. 191а. Построение прямоугольного треугольника, высота которого и короткая сторона вместе равны гипотенузе

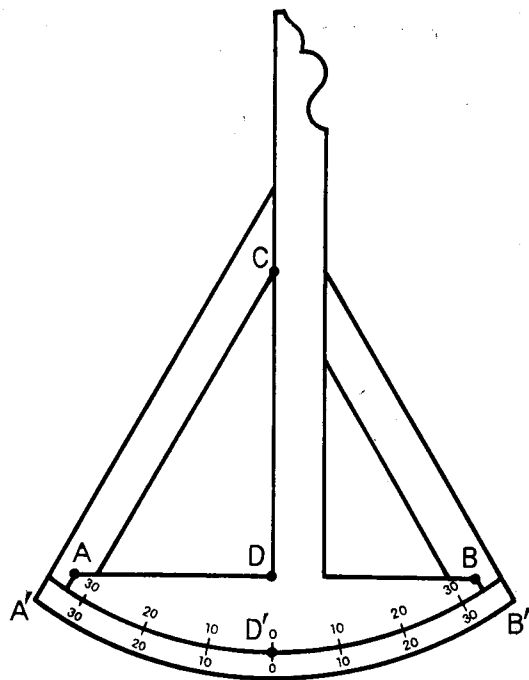


Рис. 37. Л. 191б. «Линейка-угольник» — прибор для построения «сложных и редкостных» фигур геометрического орнамента

Автор трактата рассматривает три способа построения схемы данного геометрического орнамента. Наиболее простым кажется первый способ, который может быть представлен делением стороны исходного квадрата на отрезки 2 : 3, при этом вписанный квадрат будет иметь стороны, равные $\sqrt{13}$. Второй способ построения малоудобный. Третий способ членения стороны квадрата на отрезки с погрешностями 0,003, так как

$$L_0 = 0,5 + \frac{\sqrt{2}-1}{2} = 0,603,$$

$$AQ = 1,000 - 0,603 = 0,397.$$

Л. 188а.

Чертеж без пояснительного текста, однако его построение таково: полудиagonalю OA квадрата на стороне AB намечается точка C . Делением AC пополам определяется $AD = \frac{\sqrt{2}}{4}$. Каждая сторона квадрата

в точках D, D_1, D_2, D_3 членится на отношения $\frac{\sqrt{2}}{4} : \frac{4 - \sqrt{2}}{4}$. Из точки O опускается перпендикуляр, который в точке E делится пополам. Продолжение линии DE до пересечения с дугой OC дает точку F . Радиусом OF проводится окружность и вписывается в нее квадрат $FF_1F_2F_3$. Продолжения его сторон пересекутся со сторонами исходного квадрата в точках D, D_1, D_2, D_3 .

Четырехугольники $A_1D_3FD_2, BDF_1D_3, B_1D_2F_3D_1$ разбиты на согласованные между собой фигуры, создающие основу геометрического орнамента. (Рис. 29.)

Л. 188б.

«Некоторые геометры желали построить четырехугольник в центре четырехугольников со [взаимно] параллельными сторонами. Тогда нужно, чтобы величина AU была равна (JQ). Их отношение таково, что если дан четырехугольник OP , то этот чертеж чертят другим способом. Части $P_1Z, ZQ, QR, RS, ST, [TW]$ и WV равны друг другу. Тогда линия TQ есть корень из пяти. Сторона внутреннего четырехугольника равна двум целым и корню из пяти. Сторона внешнего четырехугольника равна четырем целым и корню из пяти. Если один из этих двух четырехугольников будет известен, другой будет определен соотношением с ним. А Аллах знает лучше».

Этот способ построения был связан с треугольником TSQ , или $1, 2, \sqrt{5}$, как своеобразным модулем, который позволял определять соразмерности элементов и целого, а также направление линий рисунка — контуров геометрических фигур, составляющих композицию. (рис. 30.)

Л. 189а.

«Способ начертания и соотношения этого чертежа таков⁵. В данном четырехугольнике от угла A и угла

⁵ Чертеж в рукописи отсутствует; воспроизводится по описанию.

С проводят линии AB и CD . AB обозначают равной CD . Чертят линию BD , которая параллельна линии AC . Итак, между двумя параллельными линиями от точки B на основании BG строят равносторонний треугольник BEG так, что вершина треугольника находится на параллельной линии. Ножку циркуля ставят в точку E — вершину треугольника — и раствором EG , являющимся стороной треугольника, на стороне AC отмечают точку H . Чертят линию HG . Циркуль ставят в точку G и раствором GH на линии BD отмечают точку F . Чертят линию AF , которая пересекается с линией CD в точке I . Эта точка — искомая. Чертят линию IK параллельно AC . Получился четырехугольник $IKLM$. Поскольку этот четырехугольник стал известен, в нем делают четыре „турунджа“ шестиугольника, и действие заканчивается. Знаюки проверяют отношения этого чертежа. Абу Бакр ал-Халил испробовал несколько способов, но построений не сделано. Один из них тот, который изложен. А Аллах знает лучше». (Рис. 31.)

Автор трактата не счел нужным изложить построение четырех «турунджей» шестиугольника, очевидно считая, что оно хорошо известно читателю. Нами приводится графическое определение углов квадрата $K_1I_1M_1L_1$, стороны которого являются осями «турунджей». Для этого строится вспомогательный прямоугольный треугольник LNP в 60 и 30° . Отложением от точки P половины стороны квадрата получим искомую точку K_1 , которая делит сторону квадрата на отношения

$$\frac{\sqrt{3}-1}{2} : \frac{3-\sqrt{3}}{2}.$$

Остальное ясно из чертежа. (Рис. 31.)

Л. 189а.

«Сторона AB разделена на две части. Длина линий BC и ED равна корню из пяти.» (Рис. 32.)

Нетрудно догадаться, что автор трактата в прямоугольнике с отношениями сторон $2 : \sqrt{5}$ помещает фигуры, взаимно согласованные между собой, прямо-

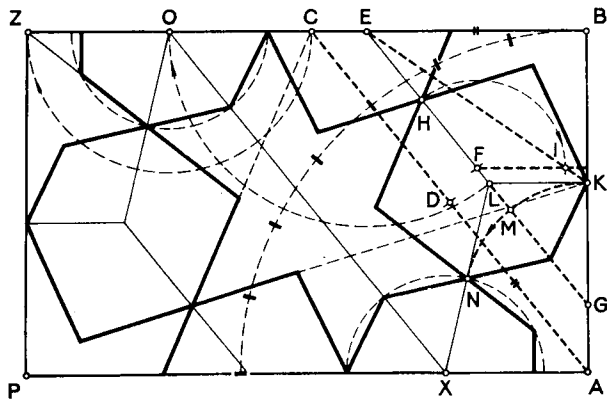


Рис. 38. Л. 192а. Построение орнамента, основанного на делении прямого угла на семь частей

угольник при надлежащем «развороте» даст оригинальный орнамент с тремя повторяющимися элементами. Примечательно, что этот прямоугольник получил широкое применение в построении архитектурной формы.

Л. 189б.

«Линия AD есть диагональ четырехугольника. Величины AB и BC одинаковы. AD равна AB . После того как продолжением линии CD получают равную точку E , откладывают отрезки EG и GH , равные AC . Проводят линию CH . От угла K проводят линию KL , параллельную CH , и находят точку L . Цель достигнута. А Аллах знает лучше.»

Как видно из чертежа (рис. 33) и приводимого текста, задача сводилась к определению пропорций половины «турунджа», которые идентичны пропорциям треугольника AGC , достигнутым геометрическим построением.

Л. 190а.

«Построение пропорций этого чертежа достигается „линейкой-угольником“. На этом чертеже в клетке

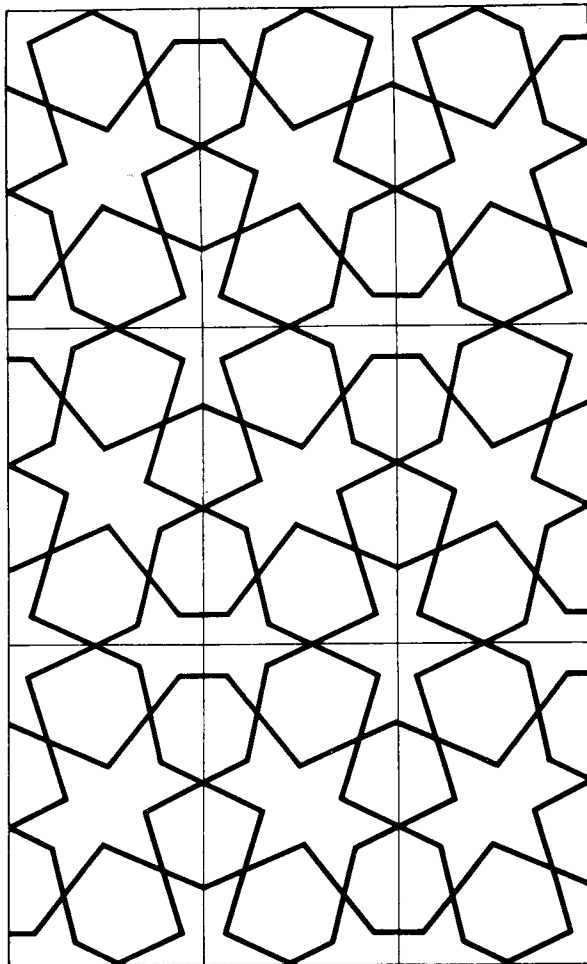


Рис. 39. Л. 192а. Развертка орнамента

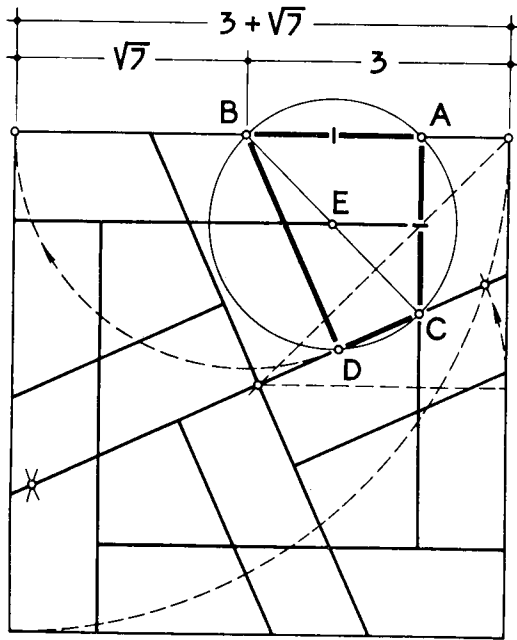


Рис. 40. Л. 1926. Построение орнамента, основанное на четырехугольнике с отношениями сторон $2 : 2 : 1 : \sqrt{7}$

ABD [C] „турундж“ $ABGE$ должен быть равен „турунджу“ $DCEH$. Следовательно, [отрезок] BG должен быть равен CE . [Отрезок] EG — общий для обоих. Тогда BE равно CG . Далее, так как в „турундже“ $ECDH$ сторона EC равна CD , а [сторона] EH равна HD , то неизбежно угол E равен углу D и есть прямой [Отрезок] EG равен EH . Так как это начало определено, предположим, что в клетке чертежа сторона CD известна, а сторона DB бесконечна, неизвестна.»

Далее предполагается решить задачу построения при помощи «линейки-угольника с делениями», но текст непонятен. Описание задачи заканчивается следующими словами:

«Однако мы нашли приближенный способ, тот, что если прямой угол разделить на девять равных частей, то четыре из них будут ACB , а пять частей угла — BCD . Но это лишь приближенно.»

Построение для данной схемы орнамента представлено нами на чертеже (рис. 34) пунктиром и сводится к следующему. Строится квадрат DCA_1B_1 . Полудиагональ OC этого квадрата отмечается на линии DC точка I , на линии CA — точка F . Раствором циркуля OI на линии CD откладывается отрезок CK . На линии DB_1 откладывается отрезок $DH = DK$ и $HV = CF$. Определится прямоугольный четырехугольник $ABCD$. OI — сторона правильного восьмиугольника. OC — радиус описанной окружности того же восьмиугольника. $IK = BB_1$ — разность между ними.

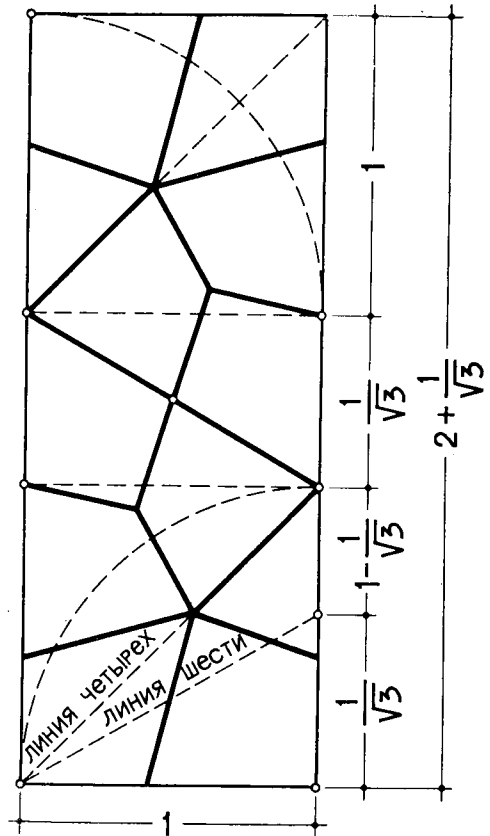


Рис. 41. Л. 1926. Построение орнамента в прямоугольнике с отношениями сторон

$$1 : 2 + \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Л. 1906.

«Раздел. Способ построения этого чертежа таков. На линии AB строят два прямых угла двумя параллельными линиями AL и BM . От угла A проводят линию четырех, а от угла B линию шести, которые пересекутся в точке C . На линии AB от точки A отмечают расстояние до точки D , равное AC . От точки B на линии BE отмечают точку E раствором BD . Проводят линии CD и CE . На линии CE строят семиугольник $CEFGH$ с основанием на линии CE . От точки H параллельно AL проводят линию, равную EI , т. е. половине ED . Через точку K проводят линию LKM параллельно AB . На этом действие кончается. А Аллах знает лучше.»

А если хотят, чтобы на этом чертеже была также четверная мозаика, то от точки F проводят линию четырех.

На прямой [линии] BM замечают точку M и проводят линию ML параллельно AB . А Аллах знает лучше.»

Автор не приводит способа построения семиугольника по заданной стороне EC (известного по трактату Абу-л-Вафа Бузджани). В данном случае на стороне EC

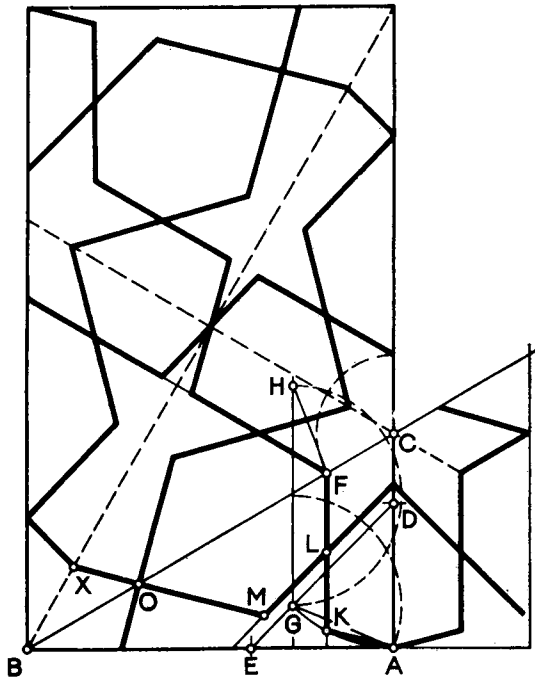


Рис. 42. Л. 193а. Расшифровка построения орнамента с «гусиными лапами» (вариант первый)

строится прямоугольный треугольник под углом 30° к линии EC . Гипотенуза EP принимается за радиус описанного круга. Пересечение дуги PQ с перпендикуляром дает точку Q — центр описанной окружности семиугольника, на которой откладывается отрезок EC . (Рис. 35.)

Однако тема орнамента рассматриваемой схемы заключалась в сочетании правильных шести- и восьми-конечных звезд и семиугольников. Развертывание композиции дает орнаментальное поле, состоящее из двойных строчек семиугольников, чередующихся со строчкой шести и восьмиконечных звезд. Несмотря на наличие многообразных форм, орнамент выглядит однообразным, по своей структуре не отвечает классическим приемам построения орнамента эпохи.

Л. 191а.

«Соотношения этого чертежа заключаются в конических [сечениях]. Цель состоит в том, чтобы построить такой прямоугольный треугольник, высота и самая короткая сторона которого вместе были бы равны гипотенузе. Ибн Хайсам написал трактат о построении такого треугольника, и там говорится о конических сечениях, являющихся гиперболами и параболами. Здесь цель можно достигнуть „линейкой-треугольником“. Как было сказано выше, цель нашего чертежа — четыре конические фигуры с двумя прямыми углами, окружающие равносторонний прямоуголь-

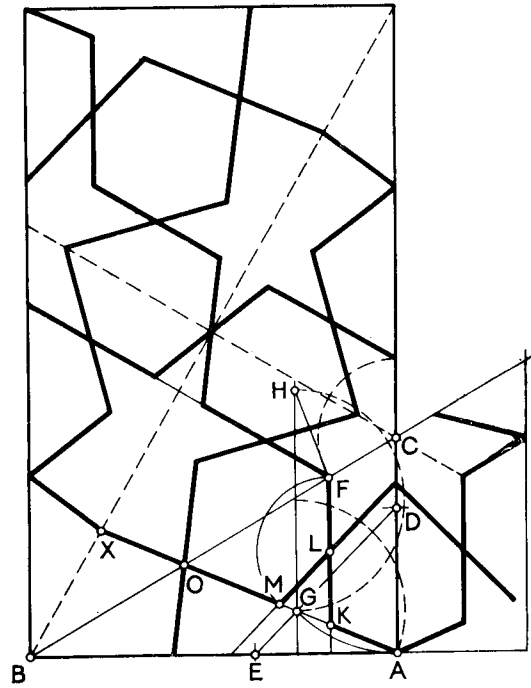


Рис. 43. Расшифровка построения орнамента с «гусиными лапами» (вариант второй)

ный четырехугольник. Таковы конические четырехугольники AHK , $CHMN$, $DMLX$ и $BLKO$, описывающие четырехугольник $KHML$ (рис. 36). Поскольку угол H четырехугольника образован двумя перпендикулярными линиями, то неизбежно KH и $[H]D$ — прямые, а треугольник AKC — прямоугольный и равен треугольнику CHD . А этот треугольник прямоугольный, поскольку вписан в половину окружности. Итак, нужно найти точку H на дуге $[C]E$. Если на нашей линейке угол F — прямой, то сторона AB — прямая и совпадает со стороной AB квадрата. А Аллах знает лучше».

Задачу построения прямоугольного треугольника, высота и самая короткая сторона которого вместе были бы равны гипотенузе, автор решает графически следующим образом: за гипотенузу принимает DC квадрата, на которой чертит полуокружность. Отложением полудиagonали DE квадрата на линии DC определяет точку G , далее восстанавливает перпендикуляр GH до пересечения с полуокружностью, чертит линии DH и HC , при этом $CH + GH = DC$. (Рис. 36.)

Л. 191б.

«Истина данного разговора относится к конусам. Имеется прибор, называемый „линейка-угольник“. Это линейка с перпендикуляром и очень ценный прибор. С его помощью можно чертить сложные конусные чертежи. Это мнение изобретателя прибора. Но это точно неизвестно.

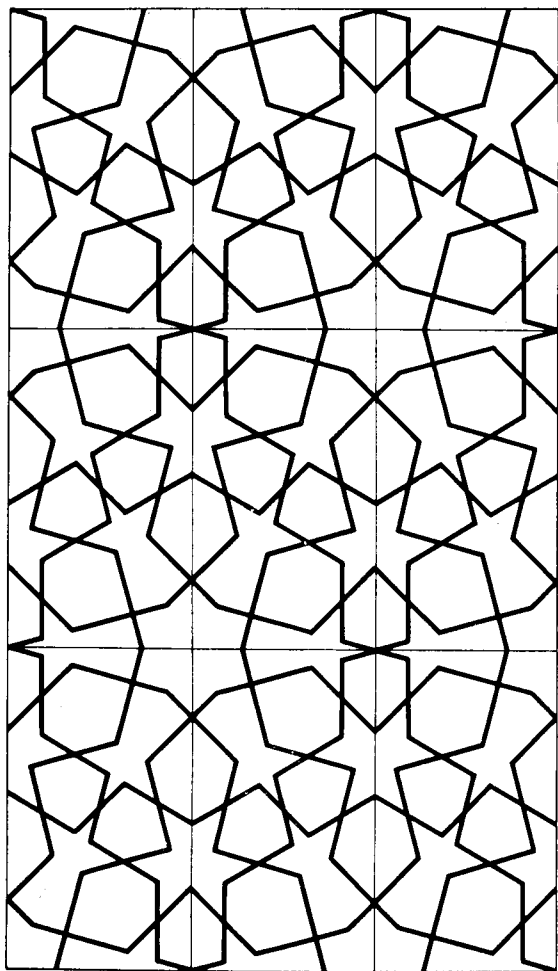


Рис. 44. Развертка орнамента. Л. 193а

Но как бы то ни было, давайте сделаем линейку с делениями, похожую на алидаду. В середину этой линейки поставим перпендикулярную линейку с делениями, подобную стреле алидады челнообразной астролябии⁶, и эту часть назовем линейкой угольника.

Например, линейка $ABCD$, AB — основание линейки, CD — перпендикуляр. Необходимо, чтобы нижняя сторона линейки AB была изогнута согласно изгибу алидады. На продолжении перпендикуляра отмечаем точку D на алидаде, образуется прямой угол CDA . При помощи этого прибора можно чертить множество очень сложных и редкостных соотношений.»

Краткое описание прибора «линейка-угольник», приводимое в трактате, которым пользовались для построения «сложных и редкостных соотношений» фигур геометрического орнамента, позволяет дать его

⁶ Описание челнообразной астролябии см. [266, с. 190, 191].

реконструкцию. (Рис. 37.) Прибор, очевидно, состоял из двух элементов: «линейки-угольника» $ABCD$ и секстанта. Точка D_1 была нанесена на кривой «линейки-угольника» на продолжении линии CD и служила для совмещения с делениями на кривой секстанта.

Л. 192а.

«Чертят угол BAC в три седьмых прямого угла. Линию AC делят пополам в точке D . Отделяют отрезок BE , равный AD . Чертят линию EG параллельно AC , а также линию FI параллельно BE . FE делят пополам в точке H . Отмечают FI , равную FH . Чертят линию EI , которая пересечется с линией AB в точке K . Чертят линию KL параллельно BE . С центром в точке G проводят дугу KMN . Таким образом, дуга KM равняется MN . [Дугу] KMN [по касательной в точке N] доводят до линии AP в точке X , которая явится центром семиугольника. Начертить будет легко, если пожелает Всевышний.

Или строят угол ELN , равный углу ELK , и на линии LN определяют центр.

Или выделяют [отрезок] EO , равный EL , и точка O явится центром семиугольника. Линия OX параллельна CA и равна ей. Точка X — центр другого семиуголь-

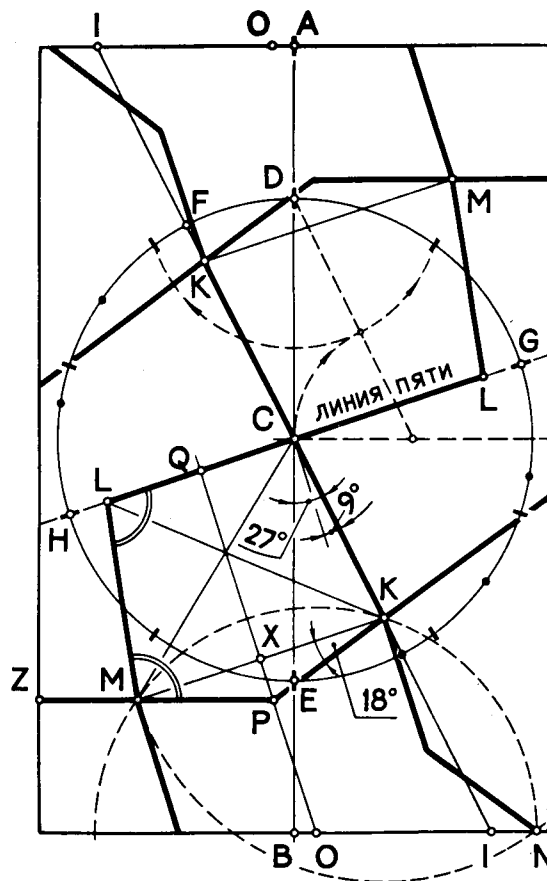


Рис. 45. Л. 193б. Построение орнамента

ника. Отрезок CO равен AH . А Аллах знает лучше.» (Рис. 38.)

Разворот композиции орнамента (рис. 39) дает парное расположение семиугольников в шахматном порядке. Между семиугольниками размещаются шестикрылые фигуры разного рисунка, вытянутые в горизонтальном, вертикальном и диагональном направлениях, а между ними — фигуры «тауль». Примечательно, что стороны фигур орнамента, их композиционные оси параллельны сторонам и осям семиугольников, благодаря чему создается согласованность составляющих композицию отдельных элементов и целого.

Л. 1926.

«Сторона этого четырехугольника равна трем и корню из семи. Так как в круге $ABDC$, имеющем четырехугольник $ABCD$, сторона AB равна двум, сторона AC — двум, сторона CD — одному и сторона DB — корню из семи, то отсюда определяются малое и большое соотношения. А Аллах знает лучше.»

Дальнейшее описание построения не соответствует чертежу (рис. 40), который расшифровывается следующим образом. Исходным параметром явился неправильный четырехугольник $ABCD$ со сторонами 1, 2, 2 и $\sqrt{7}$, вписанный в окружность. Его сторонам параллельны ленты шириной в модуль, образующие четыре «турунджа», вписанные в квадрат, стороны которого выражены суммой числа 3 и иррациональной величины $\sqrt{7}$.

Один из орнаментов, схема которого изображена на л. 1926, — ленточный; пояснительный текст отсутствует. Орнамент строится на чередующихся квадратах и прямоугольниках $1 : \sqrt{3}$. (Рис. 41.)

Л. 193а.

«На треугольнике ABC любым раствором отмечают AD и AE . D и E соединяют [линией и на ней] откладывают отрезок DG , равный DA . Проводят линию AG . Чертят линию GH параллельно AC таким образом, что HG — двойная величина AG . Линейку устанавливают на точки H и A . На линии BC берут точку F и проводят линию FK параллельно CA ; делят ее пополам в точке L . Проводят линию LM [параллельно] DG таким образом, чтобы LM была равной LF . Строят угол LMO , равный углу FLM ⁷. Чертят линию MOX , и действие кончается. Углы O будут прямыми. А Аллах знает лучше.»

Неточность текста описания деталей построения данного орнамента позволяет дать расшифровку чертежа в двух вариантах. (Рис. 42 и 43.) Композиция построения на сетке равносторонних треугольников с повторяющимся элементом гериха, заключенным в прямоугольнике $1 : \sqrt{3}$. На противоположных углах прямоуголь-

ника $1 : \sqrt{3}$ — шестиконечные звезды. Диагонали прямоугольников $1 : \sqrt{3}$ создают укрупненную сетку, в ядре которых фигуры «тауль» образуют трехосный узел, получивший широкое распространение в многообразии форм в классическом орнаменте XI — XII вв. По сетке укрупненных треугольников — фигуры «гусиных лап». Развертка одного из вариантов орнамента дается на рис. 44.

Л. 1936.

«Следует знать, что способ начертания этого чертежа от центра таков. Определив середину линии AB , которая делится пополам в точке C , с центром в этой точке чертят круг $DGEH$. На окружности отмечают две пятых дуги ED точками C и H . Проводят линию GH , которая есть линия пяти к линии AB . Угол GCE , т. е. дугу GE , делят на четыре части. Чертят линию CFI . Измеряют величину BI и проводят [линии] CL и CK , равные ей. Чертят линию KL . Линиями KL и LC определяют точку M и чертят линию $M [C]$. К KM проводят перпендикуляр XO . Берут центром O и действие заканчивают. Если хотят, ножку циркуля ставят в точку K и раствором KM отмечают точку N . На этом чертеже угол LCK равен углу CKP , и каждый из них равен прямому и одной десятой прямой угла. А Аллах знает лучше.»

Если величину MZ сделать в половину CK , получится гарантированный чертеж. А если он таковым не получился, то значит, что величина MZ была меньше половины CK .

Укажем приблизительные особенности: во-первых, перпендикуляр XQ противоположащего пятиугольника бывает равен половине BC , во-вторых, приблизительная величина этого чертежа определяется шириной в две части и длиной в три части.»

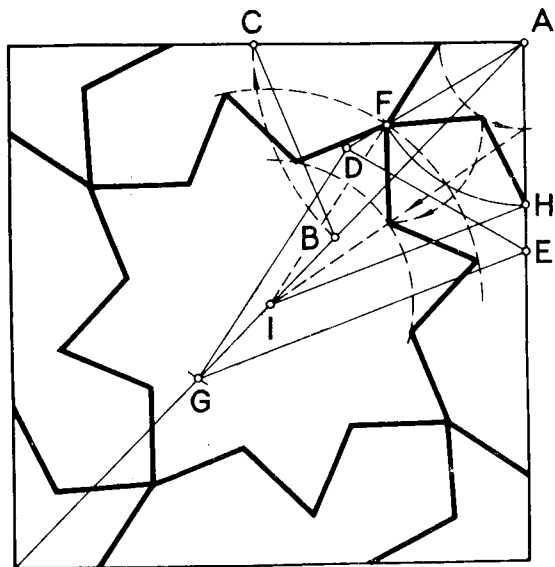


Рис. 46. Л. 194а. Орнамент, сочетающий шести- и восьмиконечные звезды и «мадахилии»

⁷ Углы FLM и LMO по описаниям равны. Это ошибка: они не могут быть равными.

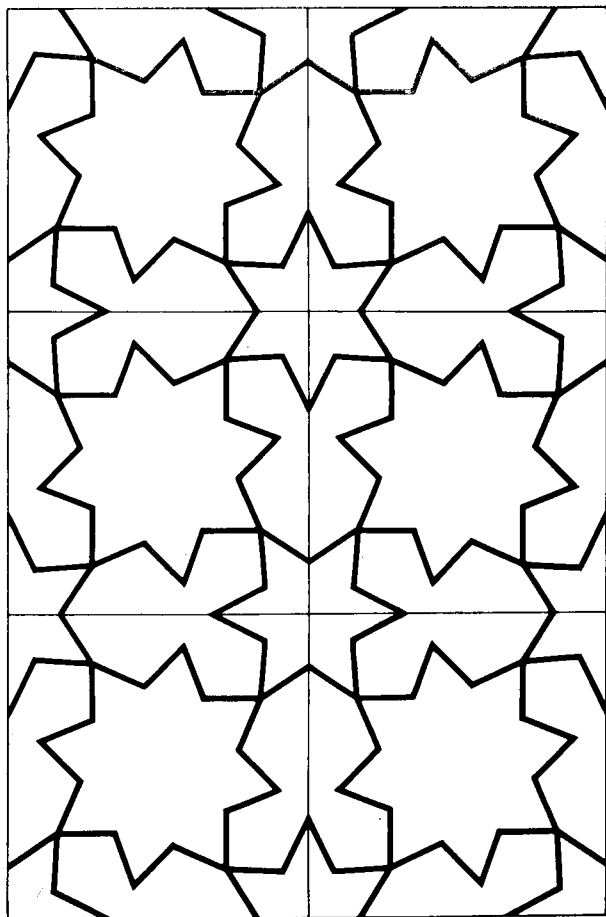


Рис. 47. Л. 194а. Развертка орнамента

Описание сделано достаточно ясно и не нуждается ни в догадках, ни в дополнительных пояснениях. Следует лишь отметить, что в основе композиции лежат угловые отношения с делением окружности на 10, 20, 40 частей; общие пропорции исходного прямоугольника с отношениями сторон 2 : 3 вне связи с угловыми отношениями композиций; отсутствует должная согласованность между фигурами шестиугольника и пятиконечными звездами. (Рис. 45.)

Л. 194а.

«Способ начертания этого чертежа такой. От угла A на диагонали квадрата ставят точку B , а на стороне [квадрата] — точку C таким образом, что [отрезок] AB равен AC . Проводят линию BC . Теперь действуют от угла треугольника ADE , построенного раствором BC . Циркуль ставят на вершину треугольника в точку D и раствором AB на диагонали отмечают точку G . Проводят линию GE . От центра проводят линию IH параллельно EG . Берут точку H и проводят дугу HF . Точки F и H — искомые. Действие закончилось. А Аллах знает лучше.»

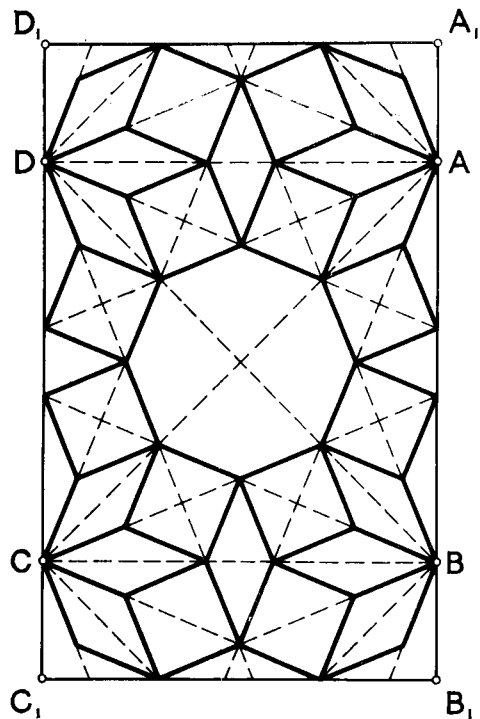


Рис. 48. Л. 194 а. Орнамент, построенный на 4-лучевой сетке

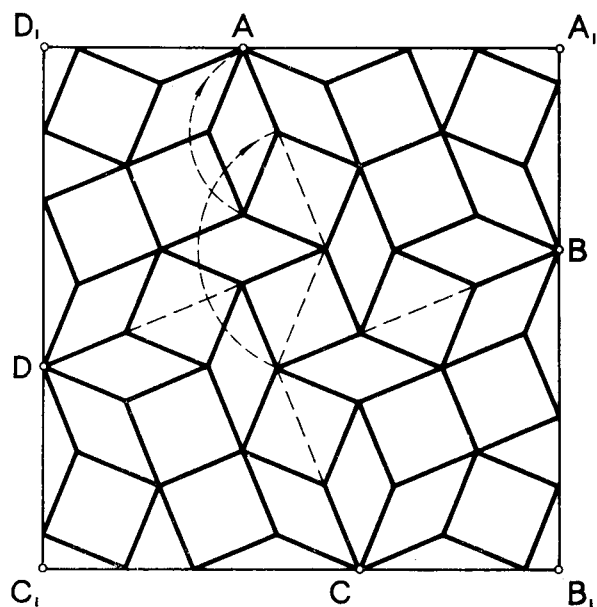


Рис. 49. Л. 194а. Орнамент, состоящий из квадратов и ромбов

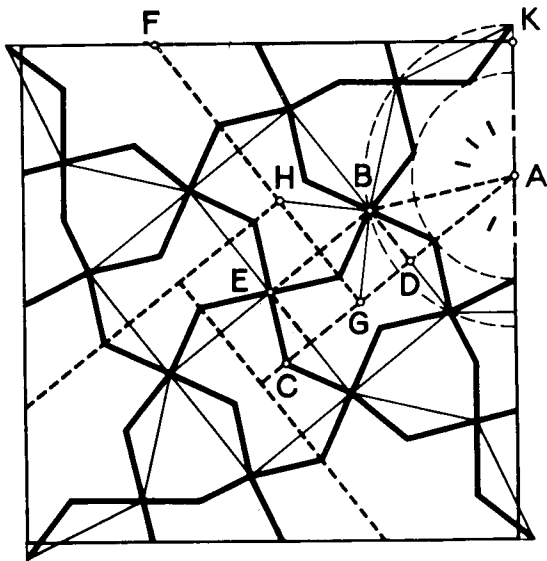


Рис. 50. Л. 1946. Построение орнамента, сочетающее семиконечные звезды, «барабаны» и «таули»

По углам квадрата — шестиконечные, а в центре — восьмиконечные звезды, которые сопрягаются вершинами и образуют своеобразные фигуры «мадахилей». Примечательно, что шестиконечные звезды своими вершинами повернуты то по вертикали, то по горизонтали с чередованием в шахматном порядке (прием, получивший распространение в декоре дворца термезских правителей). Этим обусловлены и повороты «мадахилей», которые создают в композиции орнамента «круговое движение» вокруг восьмиконечных звезд. (Рис. 46 и 47.)

На этом же листе рукописи рис. 48 и 49 в силу простоты и наглядности геометрического орнамента, состоящего из ромбов и квадратов, не имеют пояснительного текста.

Л. 1946.

«Способ построения этого чертежа и его соотношения. В данном четырехугольнике на одной из его сторон ставят произвольную точку *A* и проводят линии семи *AB* и *AC* к линии *AK*. Из точки *B* опускают перпендикуляр *BD* на линию *AC*. На перпендикуляре *AD* строят площадь таким образом, чтобы ее длина равнялась удвоенной ширине. Это перпендикуляр *AD*. Смотрят: припала ли точка *E* удлиненной площади на середину данного четырехугольника или нет? Если она в центре четырехугольника, то это — искомое соотношение. А если не в центре четырехугольника, от точки *E* проводят линию *AE* к точке *A*, которая установлена. А из центра четырехугольника проводят линию, параллельную линии *AE*, так, чтобы на стороне четырехугольника был определен центр искомого семиугольника. А Аллах знает лучше.

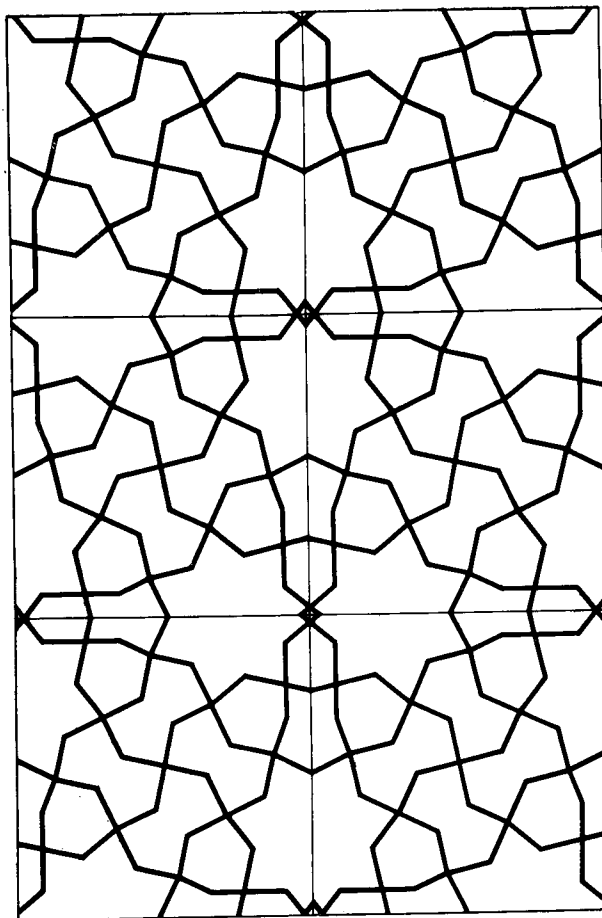


Рис. 51. Л. 1946. Развертка орнамента

Есть другой способ относительно этого чертежа. Он следующий. На стороне данного четырехугольника ставят произвольную точку *A*. Проводят линии семи *AB* и *AG* к [линии] *AK*. К линии *AG* проводят произвольный перпендикуляр *GF*. Из угла *G*, являющегося прямым, проводят линию четырех, которая пересечет линию *AB* в точке *B*. Циркуль ставят в точку *B* и раствором *BG* на перпендикуляре *GF* находят точку *H*. Снова раскрывают циркуль на расстояние *AG*, ставят в точку *H* и отмечают на перпендикуляре *CF* точку *F* таким образом, что *HF* равняется *AG*. Смотрят: попала ли точка *F* на сторону данного четырехугольника или нет? Если попала, то это соотношение — искомое, а если не попала, то нет.»

Способ построения схемы гериха основан на соответствии линейного модуля с параметрами семиугольника при допуске определенных погрешностей, которые для архитектурного орнамента не имели существенного значения. Средневековые геометры выражали сторону семиугольника через высоту равностороннего треугольника, построенного на радиусе описанной окружности

$$a_7 = \frac{R\sqrt{3}}{2}.$$

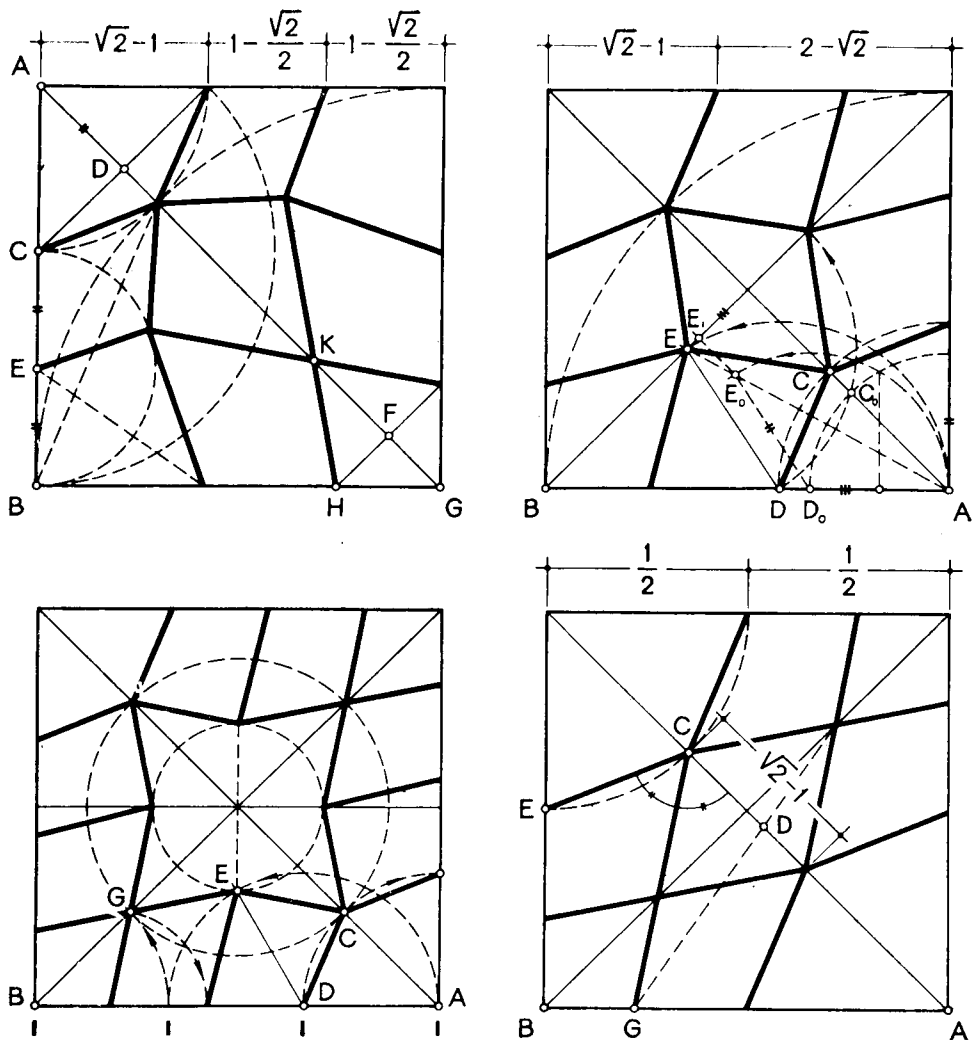


Рис. 52. Л. 195а. Построение квадратов, основанное на производных квадрата

Схема орнамента (рис. 50 и 51) дает оригинальное сочетание семикрылых звезд, «барабанов», «таулей», при этом центры семиугольников расположены на сторонах исходного квадрата и определены путем подбора. Между квадратной сеткой «барабанов» (1×1) и параметрами семиугольника имеется определенная зависимость, а именно:

Сторона семиугольника $a_7 = 2$
 Радиус описанной окружности . . . $R_7 = 2,3048$
 Апофема $r_7 = 2,0766$

Л. 195а.

«На этом рисунке каждый [отрезок] CE и EB равен AD . Если перпендикуляр KF начертят равным стороне GH , то не выйдет.

На этом рисунке каждый [отрезок] DE и AD равны.

На этом рисунке [отрезок] DE треугольника должен быть равен AD или BG должен быть равен трети AB .

На этом рисунке линию CG угла DCE проводят в две с половиной линии CD .

Приводимые на л. 195а рукописи геометрические схемы орнамента основаны на производных квадрата и восьмиугольника. Построения их расшифровываются в рис. 52.

На л. 195б и 196а представлены рисунки двух гербов. Один из них с пояснительным текстом.

Л. 195б.

«Любым раствором [от точки A] отмечают точки D и K . От точки D опускают перпендикуляр DE на [линию] BC . Отделяют [отрезок] EG , равный DE . Проводят линию DG . Чертят дугу HEF таким образом, что EF составляет треть EH . Проводят линию DF , на которой выделяют [отрезок] DL , равный DK . По прямому направлению AL берут точку M и чертят [линию] MN параллельно DF . От точки N линия NC есть ли-

ния шести. Выделяют клетки и заканчивают. А Аллах знает лучше.»

Оба гериха развивают тему сочетания десяти- и двенадцатиконечных звезд, расположенных на противоположных углах прямоугольника. Этот герих не получил широкого распространения, так как сочетание пяти и шести лучей в построении гериха не давало должной согласованности и повторяемости фигур. Кроме того, усложнялось и определение пропорций прямоугольника. При ширине прямоугольника, равной единице, его высота

$$ST = \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1,376}{2} = 1,554,$$

а графическое определение высоты прямоугольника сводилось к нахождению точки *N*. (Рис. 53 и 54.)

Л. 196а.

«Самые правильные соотношения такие: [отрезок] *AF* должен составлять четверть *AB*. *BC* — линия четырех, а *EB* — линия восьми. Если половину *AC*, [а также линии] *EG* и *EH* начертить равными *AV*, то цель будет достигнута.»

Основой гериха является квадрат. Орнамент развивает четырехлучевую композицию. По углам квадрата — восьмиконечные звезды. По осям лучей — «барабаны», стороны которых параллельны диагоналям и сторонам исходного квадрата. Автор трактата рассматривает $\frac{1}{4}$ диагонали и $\frac{1}{4}$ стороны квадрата модулем. (Рис. 55.)

Л. 196б.

«Длина — три перпендикуляра и полторы стороны. Ширина — четыре с половиной стороны без одного перпендикуляра.

Пример. Длина *FG* — один перпендикуляр, *GK* — полторы стороны, *KP* — два перпендикуляра. В сумме получится три перпендикуляра и полторы стороны.

Пример. Ширина каждого [отрезка], т. е. *AF*, *GK*, *GX*, *MN*, — полторы стороны. Смотрим на *XO* и говорим: *MN* — полторы стороны, *ML* — один перпендикуляр, *LN* — полторы стороны без одного перпендикуляра, и это равняется *XO*. В сумме *EO* составляет четыре с половиной стороны без одного перпендикуляра. А Аллах знает лучше.»

В основе пропорций гериха, описанного выше (рис. 56 и 57), — сторона и высота равностороннего треугольника *HSG*, применяющиеся как своеобразный модуль. Здесь, как уже отмечалось выше, геометрическая фигура, выражаемая числом и иррациональной величиной, определяет пропорцию прямоугольника *ABCD* — повторяющегося элемента (раппорта) гериха. При модуле, равном единице,

$$AB = \frac{3\sqrt{3}}{2} + 1,5; \quad EO = 4,5 \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Следовательно, прямоугольник имеет пропорции с отношениями сторон 4,089 : 3,634.

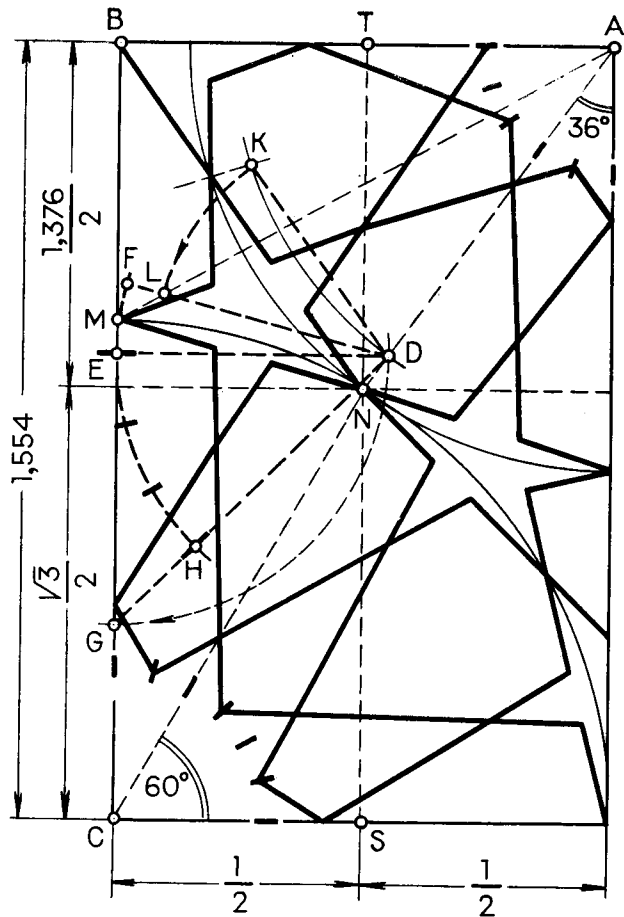


Рис. 53. Л. 195 б. Построение орнамента системы лучевых координат с делением противоположных углов прямоугольника на 6 и 5 (первый вариант)

Чертежи на л. 197а (рис. 58, 59 и 60) без пояснительных текстов посвящены задачам преобразования фигур семиугольника в прямоугольник, шестиугольника в прямоугольник и прямоугольника в восьмиконечную звезду и в восьмиугольник.

Л. 199а.

Орнамент без пояснительного текста, но идея построения орнамента ясна. Это пятилучевой герих в прямоугольнике 1 : 1,376. Широкое использование этого гериха в различных вариантах известно по орнаментальному декору дворца термезских правителей (XII в.) и архитектурных памятников Средней Азии XV—XVI вв.

Схема его построения следующая. Противоположные углы прямоугольника *AB* поделены на пять частей. Пересечение вторых и четвертых лучей фиксируют центры *C* и *D* пятиконечных звезд. Линии *CG* и *DE*, параллельные основанию прямоугольника, пересекаясь с *AB*, определяют размеры диагонали *EG*, на которой строится квадрат *GNEF*, а также радиусы *CE* и *DE* описанных кругов пятиконечных звезд. Продол-

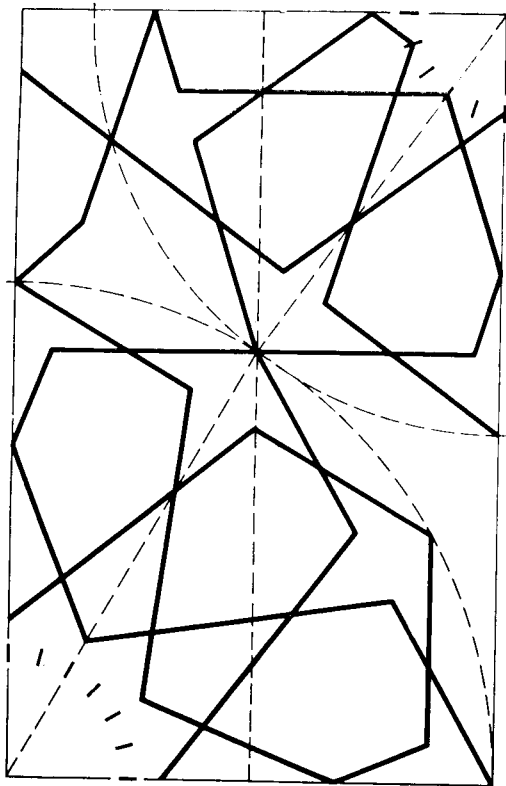


Рис. 54. Л. 196а. Построение орнамента системы лучевых координат с делением противоположных углов прямоугольника на 5 и 6 (второй вариант)

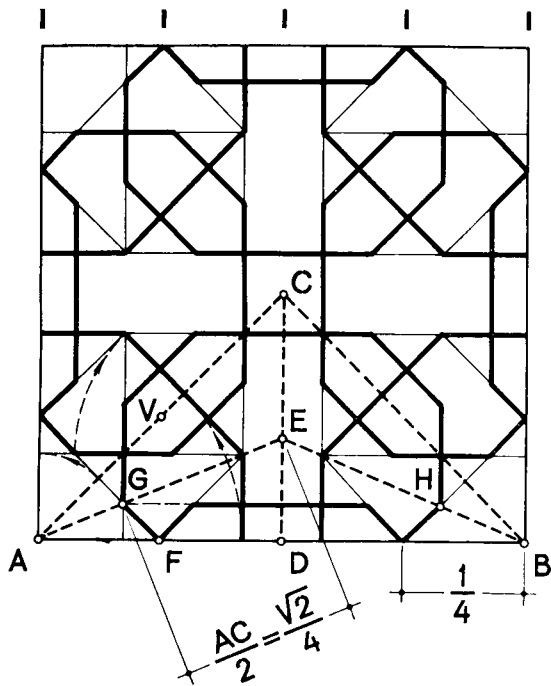


Рис. 55. Л. 196а. Орнамент, сочетающий 4-лучевое построение с производными квадрата

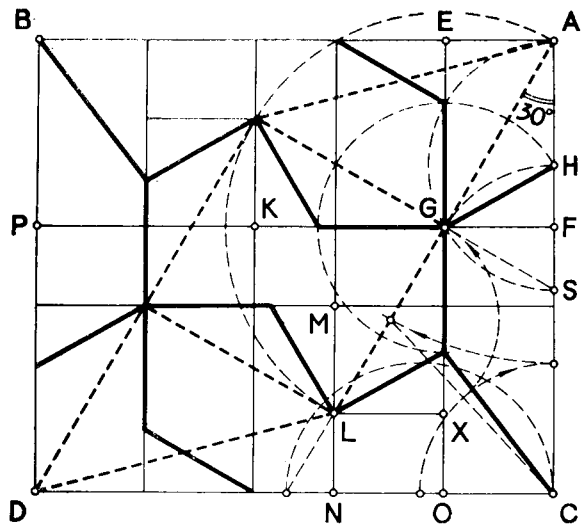


Рис. 56. Л. 1966. Орнамент, сочетающий шестиконечные звезды, «таули» и «мадахили»

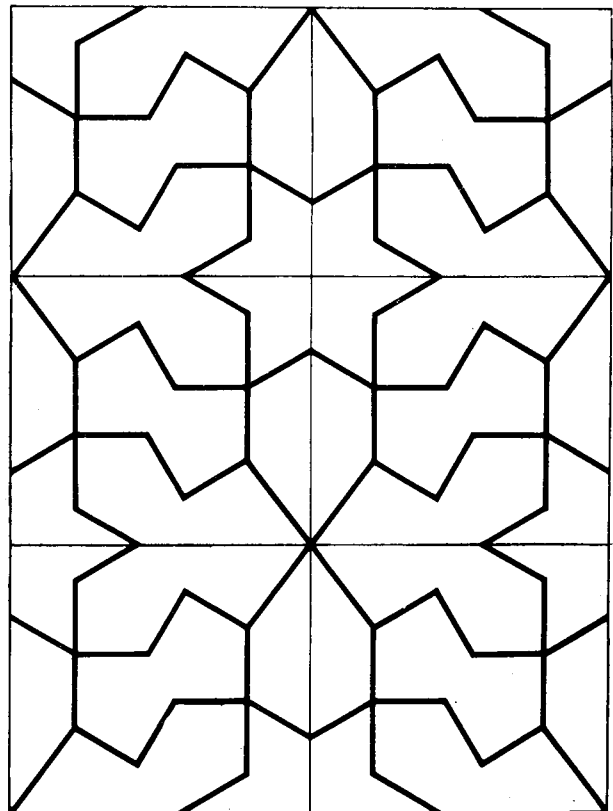


Рис. 57. Л. 1966. Развертка орнамента

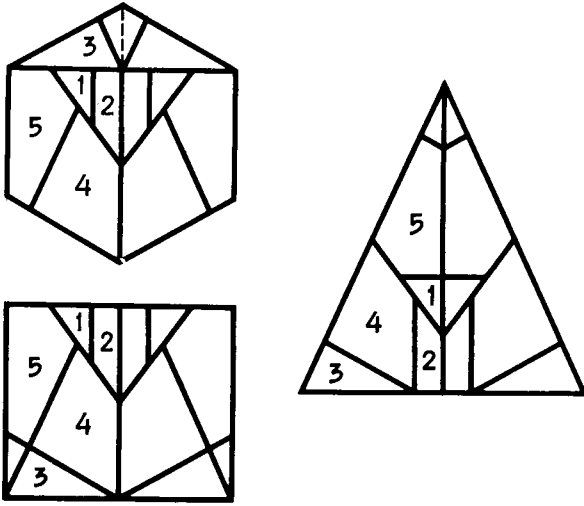


Рис. 58. Л. 197а. Равновеликие прямоугольник, треугольник и шестиугольник

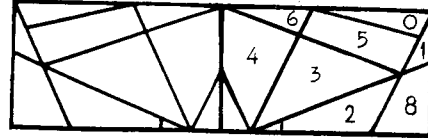
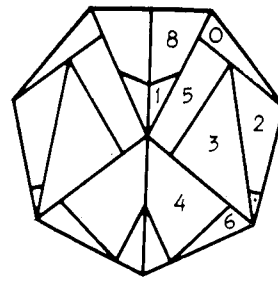


Рис. 60. Л. 197а. Равновеликие восьмиугольник и восьмиконечная звезда

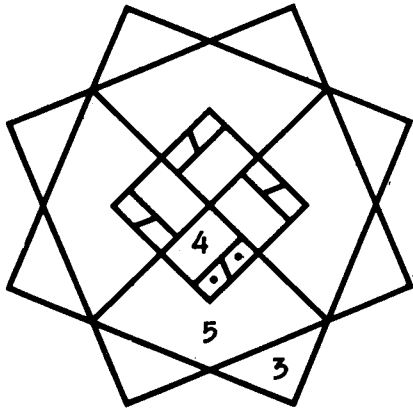
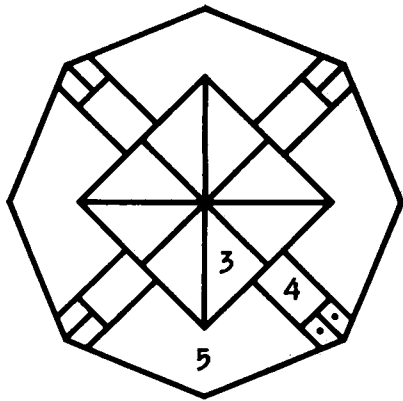


Рис. 59. Л. 197а. Равновеликие восьмиугольник и прямоугольник

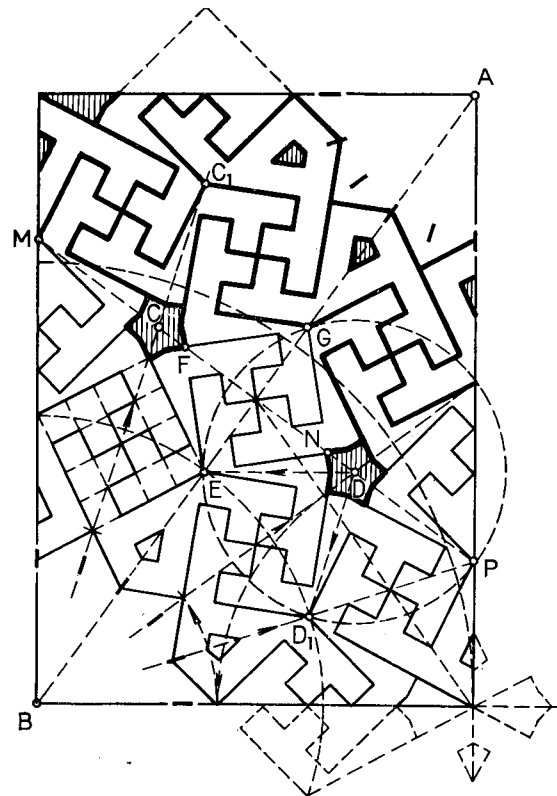


Рис. 61. Л. 199а. Орнамент, построенный на пятилучевой сетке координат с системой пятиугольников, десятиугольников и квадратов

жение первых и четвертых лучей определяет характерные для гериха точки CC_1DD_1 . Остальное ясно из чертежа. (Рис. 61.)

В трактате «Введение...» большое внимание уделено построению пятиугольника. Начав на первых страницах с рассмотрения фигур пятиконечных звезд и десятиугольника и решения вопроса, как десятиугольник и десятиконечная звезда могут сочетаться с квадратом, восьми- и десятиугольниками, и подчеркивая их красоту, книга заканчивается изображением схемы орнамента (л. 199), основанной на сетке лучевых координат, с угловым модулем 18° — делением прямого угла на пять частей и применением пентаграммы.

Известно, что построение правильного пятиугольника на заданной стороне было выполнено впервые Гиппократом. Абу-д-Вафа Бузджани в отличие от Гиппократа дает построение пятиугольника с постоянным раствором циркуля, равным заданной стороне правильного пятиугольника.

В трактате «Введение...» не повторяются приемы построения пятиугольника ни Евклида, ни Гиппократа, ни Птолемея, а развивается идея построения с помощью линейки и постоянного раствора циркуля, равного данной стороне, перпендикуляра и диагонали пятиугольника.

Автор приводит не только собственные изыскания, но и приемы построения Абу Бакра ал-Халила.

Судьба примеров построения орнамента, приведен-

ных в трактате, была различной. Одним примерам «повезло»: они получили широкое применение на практике, их мы находим на сохранившихся памятниках орнаментального искусства XI—XII, XIV—XVI вв.; о применении других упоминает автор, говоря, что искусные мастера их чертят иначе. Исследователя, конечно, интересует не только то, что было осуществлено, согласно этому трактату, но и то, что было задумано на основании обобщения и теоретического осмысления практики.

Следует признать, что некоторые построения, приводимые в трактате, сложны, выглядят «головоломкой», тем не менее они были вызваны к жизни как искусные геометрические приемы, ставшие основой архитектуры.

Прием построения пятиконечной звезды делением полукружности на пять частей нами фиксируется на ряде орнаментальных панно дворца термезских правителей (XII в.). Построения по заданной стороне и диагонали пятиугольника — в композиции орнамента главного фасада мечети (XII в.) в Абиверде в Южной Туркмении, а гармоническое сочетание пентаграммы и десятиугольника, вписанных в квадрат, — на резной терракоте XII в. (плитка № 28, Бухарский музей) и др.

Подобие, соответствие и повторяемость фигур рассматриваются в трактате как основа геометрического орнамента. Именно этим автор «Введения...» как бы протягивает незримые нити к философско-эстетическим воззрениям средневековых энциклопедистов.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Айван — летняя аудитория в медресе, открытая терраса в жилом доме.

Банно (бенна) — строитель, зодчий.

Ганч — гипс, разновидность алебастра.

Герих (букв. *узел*) — система геометрического орнамента.

Гульдаста (букет цветов) — угловая башня или угловая трехчетвертная колонна.

Гумбаз (гунбад) — купол.

Гурхана — гробница, усыпальница.

Гяз (зир) — мера длины (локоть).

Дарсхана — лекционный зал медресе.

Джамаатхана — зал общественных собраний при культовых зданиях.

Зияратхана — основное помещение при мавзолее, где совершается обряд поклонения — *зиярат*.

Ильм-ал-хийал — искусные приемы.

Ислими — растительный орнамент, в основе которого лежит синусоида.

Казанлык — помещение для приготовления ритуальной пищи в котле — казане.

Караван-сарай — постоянный двор, гостиница.

Кош (букв. *пара*) — тип архитектурного ансамбля, например *Кош-медресе* — парное медресе.

Кунданавис (букв. *крупнописец*) — художник, исполняющий надписи для зданий.

Лаух — пюпитр для книги.

Медресе — мусульманское учебное заведение.

Ме'мор — зодчий.

Минарет (минора) — башня возле мечети для призыва на молитву.

Мухандис — инженер, геометр, архитектор-проектировщик.

Муэдзин (азанчи) — помощник имама, обязанностью которого были призыв на молитву и соблюдение чистоты в мечети.

Насх — разновидность почерка в арабском письме

Пештак — портал здания.

Рабад — предместье города.

Раис-банна — главный зодчий (см. ал-Фараби).

Рийаса аль-бина — руководство проектированием.

Сайид (сейид) — потомок (действительный или мнимый) пророка Мухаммеда.

Сардоба — полуподземное купольное водохранилище.

Саркор — руководитель строительных работ, производитель работ.

Тауль — геометрическая фигура, неправильный шестиугольник.

Тазмин — площадка для расчерчивания шаблонов и сборки архитектурных деталей.

Тим — торговый пассаж, крытый рынок.

Уйганьш даври — эпоха Возрождения (см. А. Навои).

Устод — мастер.

Ханака — странноприимный дом, обитель дервишей.

Халимхана — помещение для приема ритуальной пищи — халим.

Халька — металлическое устройство в виде кольца или фигурной петли для стука в дверь.

Худжра — студенческая или дервишская келья в медресе, ханака.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АНУз — Архитектурное наследие Узбекистана
АОН — Академия общественных наук при ЦК КПСС.
АрхН — Архитектурное наследие. Сб. М.
АрхНУз — Архитектурное наследие Узбекистана. Сб. Таш.
АСИА — Академия строительства и архитектуры СССР.
ВАА — Всесоюзная академия архитектуры. Журн. М.
ВИА — Всеобщая история архитектуры.
ВИЕТ — Вопросы истории естествознания и техники. Сб. М.
ВИИ — Всеобщая история искусств. М.
ГАИМК — Государственная академия истории материальной культуры.
ГПИ — Государственный педагогический институт.
ГУОПМК — Главное управление охраны памятников материальной культуры Министерства культуры УзССР.
ЗКВ — Записки коллегии востоковедов. АН СССР. Л.
ЗУз — Зодчество Узбекистана. Сб. Таш.
ИАИ — Историко-астрономические исследования. Сб. М.
ИАК — Известия археологической комиссии.
ИВ — Институт востоковедения. М.
ИЗУз — Искусство зодчих Узбекистана. Сб. Таш.
ИИАиГ — Исследования по истории архитектуры и градостроительства. Сб. М.
ИМИ — Историко-математические исследования. Сб.
ИЭ — Институт этнографии АН СССР.
КСИМК — Краткие сообщения о докладах и полевых исследованиях Института истории материальной культуры.
ЛИСИ — Ленинградский инженерно-строительный институт.
МИА — Материалы и исследования по археологии СССР.
МИИРАПУз — Материалы и исследования по истории и реставрации архитектурных памятников Узбекистана. Сб. ГУОПМК. Таш.
- НИИ АСИА СССР — Научно-исследовательский институт Академии строительства и архитектуры СССР в Ташкенте (филиал).
ОН — Общественные науки.
ОНУз — Общественные науки в Узбекистане. Журн. отделения ОН АН УзССР.
ООН — Отделение общественных наук.
ОТАК — Очерки теории архитектурной композиции. Сб. М.
ПТКЛА — Протоколы Туркестанского кружка любителей археологии.
ПМЭМ — Памятники музыкально-эстетической мысли. Сб. М.
РИИИ — Российский институт истории искусств.
СА — Советская археология. Журн. Института археологии АН СССР. М.
САГО — Средне-Азиатское географическое общество.
САГУ — Среднеазиатский государственный университет.
САИИ — Среднеазиатский индустриальный институт. Таш.
СиАУз — Строительство и архитектура Узбекистана. Таш.
СНРПМ — Специальные научно-реставрационные проекты мастерские Министерства культуры УзССР.
СРЕДАЗКОМСТАРИС — Среднеазиатский комитет по делам музеев и охраны памятников старины искусства и природы.
СЭС — Среднеазиатский этнографический сборник. Институт этнографии АН СССР.
ТашГУ — Ташкентский государственный университет.
ТОВЭ — Труды отдела Востока Эрмитажа.
ХАЭЭ — Хорезмская археолого-этнографическая экспедиция.
ЭАСА — Этнография и археология Средней Азии. Сб. М.
ЭВ — Эпиграфика Востока. Сб. М.—Л.
ЮТАКЭ — Южно-Туркменистанская археологическая комплексная экспедиция. Аш.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. *Маркс К. и Энгельс Ф.* Об искусстве. М.—Л., 1938.
 2. *Маркс К.* Экономическо-философские рукописи. 1844. Отчужденный труд.— *Маркс К. и Энгельс Ф.* Из ранних произведений. М., 1956.
 3. *Энгельс Ф.* Крестьянская война в Германии.— *Маркс К. и Энгельс Ф.* Сочинения. Изд. 2-е. Т. 7.
 4. *Энгельс Ф.* Диалектика природы.— *Маркс К. и Энгельс Ф.* Сочинения. Изд. 2-е. Т. 20.
 5. *Ленин В. И.* Письма. Август—октябрь 1917 г.— Полное собрание сочинений. Т. 49.
 6. Материалы XXII съезда КПСС. М., 1961.
 7. Материалы XXIV съезда КПСС. М., 1974.
 8. Материалы XXVI съезда КПСС. М., 1981.
- Литература**
9. *Ализаде Г. М.* К вопросу изучения арок.— Известия АН АзССР. 1949, № 7.
 10. *Али Кушчи.* Астрономический трактат. Самарканд, 1970.
 11. *Альбаум Л. И.* Балалык-тепе. Таш., 1960.
 12. *Альберти Л. Б.* Десять книг о зодчестве. М., 1935.
 13. *Антонова Е. В.* Очерки культуры древних земледельцев Передней и Средней Азии. М., 1984.
 14. *Арбеков П. В.* Чугундор. Древности Абивердского района. Результаты научно-исследовательской экспедиции 1928 г. Таш., 1931.
 15. *Аристотель.* Политика. М., 1965.
 16. *Архимед.* Сочинения. М., 1962.
 17. Архитектурная композиция. Современные проблемы. М., 1970.
 18. Архитектурное наследие Узбекистана. Таш., 1960.
 19. *Асанов А. А.* О некоторых конструктивных особенностях среднеазиатских минаретов.— АиСУз. 1973, № 4.
 20. *Аскарлов А.* Древнеземледельческая культура эпохи бронзы юга Узбекистана. Таш., 1977.
 21. *Аскарлов А.* Саппалитепе. Таш., 1973.
 22. *Афанасьев К. Н.* Построение архитектурной формы древнерусскими зодчими. М., 1961.
 23. *Ахадова М. А.* Трактат Абу Али Ибн Сины «Мерило разума».— Научные труды ТашГУ и Бухарского ГНИ. Вып. 18 (4). Таш., 1969.
 24. *Ахраров И. А., Ремпель Л. И.* Резной штурк Афросиаба. Таш., 1971.
 25. Бабура-наме. Записки Бабура. Таш., 1958.
 26. *Байхаки Абу-л-Фазл.* История Ма'суда (1030—1041). Изд. 2-е. М., 1969.
 27. *Бакланов Н. Б.* Архитектурные чертежи узбекского мастера XVI в.— Сообщения ИТИА. Вып. 4. М., 1944.
 28. *Бакланов Н. Б.* Герих. Геометрический орнамент Средней Азии и методы его построения.— СА. 1947, т. 9.
 29. *Барбаро Д.* Десять книг об архитектуре Витрувия с комментариями. М., 1938.
 30. *Бартольд В. В.* Отчет о поездке в Среднюю Азию с научной целью 1893—1894 гг. Записки Академии наук историко-филологического отделения. Сер. VIII. Т. 1. Вып. 4. СПб., 1897.
 31. *Бартольд В. В.* Башня Кабуса как первый датированный памятник мусульманской персидской архитектуры. Ежегодник РИИИ. Т. 1. Пг., 1922.
 32. *Бартольд В. В.* Улугбек и его время.— Сочинения. Т. 2. М., 1964.
 33. *Бартольд В. В.* Туркестан в эпоху монгольского нашествия.— Сочинения. Т. 1. М., 1963.
 34. *Бартольд В. В.* Ученые мусульманского «Ренессанса».— Сочинения. Т. 6. М., 1966.
 35. *Бартольд В. В.* Мечеть Биби-Ханым.— Сочинения. Т. 6. М., 1966.
 36. *Басенов Т. К.* Архитектурные памятники в районе Сам. А.-А., 1947.
 37. *Басенов Т. К.* Орнамент Казахстана в архитектуре. А.-А., 1957.
 38. *Бачинский Н. М.* Архитектурные памятники Туркмении. Вып. 1. М.—Аш., 1930.
 39. *Бачинский Н. М.* Антисейсмика в архитектурных памятниках Средней Азии. М.—Л., 1949.
 40. *Беленицкий А. М.* Участие ремесленников в празднествах.— ТОВЭ. Т. 2. Л., 1940.
 41. *Беленицкий А. М.* Организация ремесла в Самарканде в XV—XVI вв.— КСИИМК. Вып. 6. М.—Л., 1940.
 42. *Беленицкий А. М.* Историческая топография Герата XV в.— Алишер Навои. М.—Л., 1946.
 43. *Бернштам А. Н.* Памятники старины Таласской долины. А.-А., 1941.

44. Бернштам А. Н. К происхождению Бабаджатун.— КСИИМК. Вып. 61. М., 1956.
45. Бертельс Е. Э. История таджикско-персидской литературы.— Избранные произведения. Т. 1. М.— Л., 1957.
46. Бикерман Э. Хронология древнего мира. Ближний Восток и античность. М., 1975.
47. Бируни Абурейхан. Избранные произведения. Т. 1. Таш., 1957.
48. Бируни Абурейхан. Избранные произведения. Т. 2. Таш., 1963.
49. Бируни Абурейхан. Избранные произведения. Т. 3. Таш., 1966.
50. Бируни Абурейхан. Избранные произведения. Т. 4. Таш., 1975.
51. Бируни Абурейхан. Собрание сведений для познания драгоценностей (Минералогия). М., 1963.
52. Бичурин Н. Я. Собрание сведений о народах, обитавших в Средней Азии в древние времена. Т. 3 (Приложения). М.— Л., 1953.
53. Болдырев А. Н. Мемуары Зайнабдина Васифи.— ТОВЭ. Т. 2. Л., 1940.
54. Болдырев А. Н. Алишер Навои в рассказах современников.— Алишер Навои. М.— Л., 1946.
55. Болдырев А. Н. Очерки из жизни гератского общества.— ТОВЭ. Т. 4. М., 1947.
56. Большаков О. Г. Арабские надписи на поливной керамике Средней Азии IX—XII вв.— ЭВ. Вып. 16. М.— Л., 1963.
57. Большаков О. Г. Ислам запрещает.— Наука и религия. 1967. № 5.
58. Ронгард-Левин Г. М. Индия эпохи Маурьев М., 1975.
59. Брагинский И. С. 12 миниатюр. М., 1965.
60. Бретаницкий Л. С. Зодчество Азербайджана XII—XV вв. М., 1966.
61. Бретаницкий Л. С. О статусе и профессиональных знаниях зодчих Переднего Востока XI—XVI вв.— Народы Азии и Африки. 1973, № 5.
62. Бретаницкий Л., Розенфельд Б. Архитектурная глава «Ключ арифметики» Гиас-ад-дина Каши.— Искусство Азербайджана. Вып. 5. Баку, 1956.
63. Бретаницкий Л., Саламзаде А. Зодчие и мастера архитектурного декора Азербайджана.— Искусство Азербайджана. Вып. 5. Баку, 1956.
64. Бретаницкий Л., Саламзаде А. О строительстве обсерватории в Мараге.— Искусство Азербайджана. Вып. 5. Баку, 1956.
65. Бретаницкий Л., Мамиконов Л., Мотис Д. К истории азербайджанского средневекового зодчества.— Известия АН АзССР. 1952, № 6.
66. Бретаницкий Л., Елькин Г., Мамиконов Л., Мотис Д. Памятники азербайджанской архитектуры в селе Кара-Баглар.— Низами. № 3. Баку, 1941.
67. Бузджани Абу-л-Вафа. Книга о том, что необходимо ремесленнику из геометрических построений.— Физико-математические науки в странах Востока. М., 1966.
68. Булатов М. С. О некоторых приемах пропорционирования в архитектуре Средней Азии.— Известия ООН АН Таджикистана. Вып. 3. Душ., 1953.
69. Булатов М. С. Построение архитектурной формы мавзолея Саманидов.— ИЗУз. Вып. 1. Таш., 1962.
70. Булатов М. С. Мавзолей Султана Санджара (архитектурно-конструктивное исследование и реконструкция).— АрхН. № 17. М., 1964.
71. Булатов М. С. Соразмерности мавзолея Текеша.— Известия АН ТуркмССР. ОН, № 4, Аш., 1965.
72. Булатов М. С. Ибн Сина и некоторые вопросы теории архитектуры и градостроительства.— ОНУз. Таш., 1967, № 7.
73. Булатов М. С. Шедевр мастера Абдал Азиза.— СА. 1969, № 2.
74. Булатов М. С. Искусные геометрические приемы в зодчестве Самарканда конца XIV — начала XV в.— ИЗУз. Вып. 4. Таш., 1959.
75. Булатов М. С. Архитектурная наука на Востоке в прошлом. СИАУз. 1971, № 11.
76. Булатов М. С. Арочно-сводчатые формы в зодчестве средневекового Самарканда.— К истории искусства великого города. Таш., 1972.
77. Булатов М. С., Долинская В. Г. Пропорции рукописных книг Средней Азии XV—XVI вв.— К истории искусства великого города. Таш., 1972.
78. Булатов М. С. Мавзолей Саманидов — жемчужина архитектуры Средней Азии. Таш., 1975.
79. Булатов М. С. Канка — Кирополис — столица Ташкентского оазиса.— СИАУз. 1980, № 3.
80. Булатов М. С. Согдийско-сакский календарь в степи подлежит охране.— СИАУз. 1981, № 8.
81. Булатова В. А., Ноткин И. И. Мавзолей Туглу-Текин (Эмира Хусейна).— ЗУз. Вып. 2 (Ансамбль Шахи-Зинда). Таш., 1970.
82. Бунин А. В. История градостроительного искусства. Т. 1. М., 1953.
83. Былинкин Н. Прочитанный Витрувий.— Архитектура СССР. 1969, № 5.
84. Ван дер Варден Б. Л. Пробуждающаяся наука. М., 1959.
85. Вейль Г. Симметрия. М., 1968.
86. Веймарн Б. В. Искусство Средней Азии. М., 1940.
87. Веймарн Б. В. Вступительная статья к разделу «Ближний Восток».— Мастера искусства об искусстве. Т. 1. М., 1966.
88. Веймарн Б. В. Искусство арабских стран и Ирана VII—XVII вв. М., 1974.
89. Веймарн Б., Подольский А. Искусство Египта.— ВИИ. Т. 2. М., 1961.
90. Веймарн Б., Каптерева Т. Искусство Ирана.— ВИИ. Т. 2. Кн. 2. М., 1961, с. 9—53.
- 90а. Вертоградова В. В. Архитектура. Культура древней Индии М., 1975.
91. Веселовский Н. Самаркандские мечети. Вып. 1. СПб., 1905.
92. Витрувий А. Десять книг об архитектуре. Л., 1936.

93. *Владимиров В. Н.* Египет. М., 1944.
94. Вопросы теории архитектурной композиции. М., 1955.
95. Вопросы теории архитектуры. М., 1958.
96. Вопросы теории архитектуры. М., 1960.
97. *Воронина В. Л.* Приемы строительной техники доарабского периода в Средней Азии.— КСИИМК. Вып. 28. М.—Л., 1949.
98. *Воронина В. Л.* Неизвестные памятники Средней Азии.— Материалы по истории и теории архитектуры. Вып. 1. М., 1950.
99. *Воронина В. Л.* Народные традиции архитектуры Узбекистана. М., 1951.
100. *Воронина В. Л.* Древняя строительная техника Средней Азии.— АрхН. Вып. 3, 1953.
101. *Воронина В. Л.* Некоторые данные о памятниках зодчества Узбекистана.— АрхН. Вып. 3, 1953.
102. *Воронина В. Л.* К характеристике архитектуры Средней Азии эпохи Саманидов.— Труды АН ТаджССР. Т. XXVII. Душ., 1954.
103. *Воронина В. Л.* Доисламские культовые сооружения Средней Азии.— СА. 1960, № 2.
104. Всеобщая история архитектуры. Т. 1—2. М., 1970.
105. *Вулли Л.* Ур халдеев. М., 1961.
106. *Выгодский М. Я.* Арифметика и алгебра в древнем мире. М., 1966.
107. *Гаврилов М. Ф.* О ремесленных цехах Средней Азии и их статутах-рисола.— Известия Среднеазиатского старика. Таш., 1928.
108. *Гаганов Г. И.* Геометрический орнамент Средней Азии.— АрхН. Сб. 11, 1958.
109. *Гафуров Б. Г.* Кушанская эпоха и мировая цивилизация.— Тезисы докладов и сообщений советских ученых. Международная конференция по истории археологии и культуры Центральной Азии в кушанскую эпоху (Душ., 1968). М., 1968.
110. *Гафуров Б. Г.* Таджики. М., 1972.
111. *Геродот.* История в Девяти книгах. Л., 1972.
112. *Гика М.* Эстетика пропорций в природе и искусстве. М., 1936.
113. *Гражданкина Н. С.* Строительные материалы мавзолеев Миздахкана.— ОНУз. Таш., 1960.
114. *Григорьян С. Н.* Из истории философии Средней Азии и Ирана VII—XII вв. М., 1960.
115. *Гримм Г. Д.* Пропорциональность в архитектуре. Л.— М., 1935.
116. *Гулямов Я. Г.* История орошения Хорезма с древнейших времен до наших дней. Таш., 1957.
117. *Давидович Е. А.* Материалы по метрологии Средней Азии. М., 1970.
118. *Дадашев С. А., Усейнов М. А.* Памятники азербайджанской архитектуры в Баку. М., 1938.
119. *Дениж Б. П.* Архитектурный орнамент Средней Азии. М.—Л., 1939.
120. *Джами А.* Трактат о музыке. Пер. с перс. Таш., 1960.
121. *Джами А.* Юсуф и Зулейха. Душ., 1964.
122. *Джами А.* Лирика. Душ., 1964.
123. *Джанматова Х. И.* Аль-Кинди и его научное наследие.— ОНУз. 1971, № 3.
124. Древнетюркский словарь. Л., 1969.
125. *Дудин С. М.* Орнаментика и современное состояние старинных самаркандских мечетей.— Известия ИАК. Вып. 7. СПб., 1903.
126. *Дюк Виолле ле.* Беседы об архитектуре. Т. 1. М., 1937.
127. *Дьяконов М. М.* Очерки истории древнего Ирана. М., 1961.
128. *Евклид.* Начала. Т. 1—4. М.—Л., 1948.
129. Живопись древнего Пянджикента. М., 1954.
130. *Жирмунский В. М.* Алишер Навои и проблема Ренессанса в литературах Востока.— Литература эпохи Возрождения и проблемы всемирной литературы. М., 1967.
131. *Закуев А.* Философия «Братьев чистоты». Баку, 1961.
132. *Заславская Ф. А., Кузнецов Н. А.* Симпозиум по искусству Тимуридов.— Народы Азии и Африки. 1970, № 3.
133. *Засыпкин Б. Н.* Архитектурные памятники Средней Азии. Проблемы исследования и реставрации. М., 1928.
134. *Засыпкин Б. Н.* Памятники монументального искусства Советского Востока.— Художественная культура Советского Востока. М., 1931.
135. *Засыпкин Б. Н.* Архитектура Средней Азии. М., 1948.
136. *Засыпкин Б. Н.* Своды в архитектуре Узбекистана.— АрхН. Вып. 18. М., 1961.
137. *Захидов П. Ш.* Мавзолей Биби-Ханым.— АНУз. Таш., 1960.
138. *Захидов П. Ш.* Выдающийся зодчий Бухары — устод Бако мемор.— ОНУз. 1965, № 6.
139. *Зубов В. П.* Аристотель. М., 1963.
140. *Зубов В. П., Петровский Ф. А.* Архитектура античного мира. М., 1940.
141. Избранные труды мыслителей стран Ближнего и Среднего Востока. М., 1961.
142. Из истории философии.— АОН. Ученые записки. Вып. 28. М., 1957.
143. Из истории механики с древнейших времен до конца XVIII в. М., 1971.
144. *Ильин В. А., Поздняк Э. Г.* Аналитическая геометрия. М., 1968.
145. *Иконников А.* Введение.— Архитектурная композиция. Современные проблемы. М., 1970.
146. *Иконников А.* Основы архитектурной композиции. М., 1971.
147. *Иконников А.* Функции, форма, образ.— Архитектура СССР. 1972, № 2.
148. *Кабус-наме.* М., 1938.
149. *Караев С. К.* Топонимы, антропонимы и этнонимы кишлака Тамтум.— Ономастика Средней Азии. М., 1978.
150. *Кары-Ниязов Т. Н.* Астрономическая школа Улугбека. М.—Л., 1950.

151. *Ал-Каши Дж. Г.* Ключ арифметики. М., 1956.
152. *Квинт Курций Руф.* О деяниях Александра Македонского.— Древние авторы о Средней Азии (VI в. до н. э.— III в. н. э.). Хрестоматия. Таш., 1940.
153. *Ал-Кинди.* Трактат о количестве книг Аристотеля и о том, что необходимо для усвоения философии. Избранные произведения мыслителей стран Ближнего и Среднего Востока IX—XIV вв. М., 1961.
154. *Клавихо Рюи Гонзалес де.* Дневник путешествия ко двору Тимура в Самарканд в 1403—1406 гг. СПб., 1881.
155. *Кленгель-Бранд Э.* Путешествие в древний Вавилон. М., 1979.
156. *Климашкин И. А.* Астрономия наших дней. М., 1980.
157. *Конрад Н. И.* Запад и Восток. М., 1966.
158. *Кой-Крылгап-кала.*— Труды ХАЭЭ. Т. 5. М., 1967.
159. *Корбюзье Ле.* Модуль. М., 1976.
160. *Кордо Н.* Витрувий и современность.— Архитектура СССР. 1971, № 10.
161. *Крамер С. Н.* История начинается в Шумере. М., 1965.
162. *Краснова С. А.* К истории геометрических построений.— Ученые записки Коломенского педагогического института. Т. 8. Коломна, 1964.
163. *Краснова С. А.* Геометрические построения на сфере в странах ислама.— ВИЕТ. Вып. 18. М., 1965.
164. *Крашенинникова Н. И., Пугаченкова Г. А.* Круглый храм парфянской Нисы.— СА. 1964, № 5.
165. *Крачковский И. Ю.* Избранные сочинения. Т. 4. М.— Л., 1957.
166. *Кринский В. Ф., Ламцов И. В., Туркус М. А.* Элементы архитектурно-пространственной композиции. М., 1968.
167. *Крюков К. С.* Построение арок в архитектуре Средней Азии IX—XVII вв.— Труды НИИ АСИА СССР в Ташкенте. Вып. 3. Таш., 1962.
168. *Крюков К. С.* Модуль в памятниках средневекового зодчества.— АрхН. Вып. 17. М., 1964.
169. *Кубесов А.* Математическое наследие ал-Фараби. А.-А., 1974.
170. *Культура древней Индии.* М., 1975.
171. *Лавров В. А.* Градостроительная культура Средней Азии. М., 1950.
172. *Лавров В. А.* Формирование облика города.— Архитектура СССР. 1969, № 5.
173. *Лапиров-Скобло М. С.* Анализ построения древним зодчим плана Кой-Крылгап-кала.— ЭАСА. М., 1979.
174. *Лауэр Л. Ф.* Загадки египетских пирамид. М., 1966.
175. *Левина В. А.* О резной деревянной двери медресе Улугбека в Бухаре.— Труды САГУ. Вып. 19. Таш., 1953.
176. *Леонов Н. И.* Мавзолей X в. в Зеравшанской долине.— СА. 1960, № 4.
177. *Литвинский Б. А.* О некоторых моментах разви-
тия средневекового города Средней Азии.— Известия АН ТаджССР. ООИ. Вып. 4. Душ., 1953.
178. *Литвинский Б. А., Зеймаль Т. И.* Аджина-тепе. М., 1971.
179. *Литвинский Б. А.* Курганы и курумы западной Ферганы. М., 1972.
180. *Ллойд С.* Реки близнецы. М., 1972.
181. *Маккей Э.* Древнейшая культура Инда. М., 1951.
182. *Максимова М. И.* Организация строительных работ.— Эллинистическая техника. М.— Л., 1948.
183. *Маньковская Л. Ю.* К изучению приемов среднеазиатского зодчества конца XIV в.— ИЗУз. Таш., 1962.
184. *Маргулан А. Х.* Из истории городов и строительного искусства древнего Казахстана. А.-А., 1950.
185. *Массон В. М.* Древние земледельцы на юге Туркменистана. Аш., 1959.
186. *Массон В. М.* Древнеземледельческая культура Маргианы.— МИА. [Вып.] 73. М.— Л., 1959.
187. *Массон М. Е.* О постройке мавзолея Ходжи Ахмада в г. Туркестане.— Известия САГО. Т. 19. Таш., 1929.
188. *Массон М. Е.* О датировке мавзолея Тюрабек-Ханым.— Известия АН ТуркмССР. 1952, № 4.
189. *Массон М. Е., Пугаченкова Г. А.* Гумбез Манаса. М., 1950.
190. *Матвиевская Г. П.* Учение о числе в средние века.— АДД. Таш., 1958.
191. *Матвиевская Г. П.* К истории математики Средней Азии IX—XV вв. Таш., 1962.
192. *Матвиевская Г. П.* Учение о числе на средневековом Ближнем и Среднем Востоке. Таш., 1967.
193. *Материалы по истории туркмен и Туркмении.* Т. 1. М.— Л., 1939.
194. *Матье М. Э.* История искусства древнего Востока. Т. 1. Вып. 3. Л., 1947.
195. *Матье М. Э.* Роль личности художника в искусстве древнего Египта.— ТОВЭ. Т. 4. Л., 1947.
196. *Машанов А.* Аль-Фараби. Историко-документальная книга (на каз. яз.). А.-А., 1970.
197. *Медовой М. И.* Абул-л-Вафа и средневековая бесцифровая вычислительная техника в странах ислама. Автореф. канд. дис. М., 1960.
198. *Медовой М. И.* Арифметический трактат Абу-л-Вафа.— ИМИ. Вып. 13. М., 1960.
199. *Мендикулов М. М.* Некоторые данные об исторической архитектуре Казахстана.— Известия АН КазССР. Серия архитектуры. Вып. 2. А.-А., 1950.
200. *Мендикулов М. М.* Памятники архитектуры Казахстана с коническими или пирамидальными куполами.— Архитектура республик Средней Азии. М., 1951.
201. *Мессель Э.* Пропорции в античности и в средние века. М., 1936.
202. *Мец А.* Мусульманский Ренессанс. М., 1966.
203. *Михайлов В. П.* Витрувий и Эллада. Основы античной теории архитектуры. М., 1967.

204. *Мугинов М. А.* Персидская уникальная рукопись Рашид-ад-дина. — Ученые записки Института востоковедения АН СССР. Т. XVI. М.—Л., 1958.
205. Музыкальная эстетика стран Востока. — Памятники МЭМ. М., 1967.
206. *Муриан И. Ф.* Искусство Индонезии с древнейших времен до конца XV в. М., 1981.
207. *Навои А.* Семь планет. Таш., 1948.
208. *Наршахи Мухаммад.* История Бухары. Пер. Н. С. Лыкошина. Таш., 1897.
209. *Низами И. Ю.* Пять поэм. М., 1968.
210. *Николаев И. С.* О методе проектирования античных сооружений. — ИИАиГ. Вып. 1, 1964.
211. *Нильсен В. А.* Монументальная архитектура Бухарского оазиса XI—XII вв. Таш., 1966.
212. *Нильсен В. А.* Становление феодальной архитектуры Средней Азии (V—VII вв.). Таш., 1966.
213. *Ноткин И. И.* Строительные приемы и конструкции в архитектуре Хивы. — ИЗУз. Вып. 3, 1965.
214. *Нуцубидзе Ш. И.* Руставели и восточный Ренессанс. Тб., 1947.
215. *Ольшки Л.* История научной литературы на новых языках. Т. 1, 2. М.—Л., 1933.
216. *Остроумов Н.* Уложение Тимура. Казань, 1894.
217. Очерки теории архитектурной композиции. М., 1960.
218. *Ощепков Г. Д., Жолтовский И. В.* Проекты и постройки. М., 1955.
219. *Павлов Л.* Поиски образа и гармонизации архитектурных сооружений. — Архитектурная композиция. Современные проблемы. М., 1970.
220. *Паннекук А.* История астрономии. М., 1966.
221. *Петрушевский И. П.* Земледелие и аграрные отношения в Иране XIII—XIV вв. М., 1960.
222. *Пигулевская Н.* Города Ирана в раннем средневековье. М.—Л., 1956.
223. *Пиляевский В. И.* Ургенч и Миздаххан. М., 1948.
224. *Пиляевский В. И.* Архитектура древнего Мерва. — Научные труды ЛИСИ. Вып. 10. М.—Л., 1950.
225. *Писарчик А. К.* Строительные материалы и приемы мастеров Ферганской долины. СЭС. V. — Труды ИЭ. Новая серия. Т. 24, М., 1954.
226. *Плетнев И. Е.* К вопросу о реконструкции мавзолея Биби-Ханым в Самарканде. — Труды НИИ АСИА СССР в Ташкенте. Вып. 3. Таш., 1962.
227. *Пославский И. Г.* Из поездки на р. Атрек и Гюрген. — ПТКЛА. V. Таш., 1900.
228. Послание «Братьев чистоты». — Музыкальная эстетика стран Востока. М., 1967.
229. *Прибыткова А. М.* Караван-сарай Дая-Хатын. — АрхН. Вып. 3. М., 1953.
230. *Прибыткова А. М.* Памятники архитектуры XI в. в Туркмении. М., 1955.
231. *Прибыткова А. М.* Мавзолей Фахр-ад-дина Рази в Куны Ургенче. — АрхН. Вып. 13. М., 1961.
232. *Пугаченкова Г. А.* Садово-парковое искусство Средней Азии в эпоху Тимура и Тимуридов. — Труды САГУ. Вып. 23. Таш., 1951.
233. *Пугаченкова Г. А.* Пути развития архитектуры южного Туркменистана поры рабовладения и феодализма. — Труды ЮТАКЭ. Т. 6. М., 1958.
234. *Пугаченкова Г. А.* Самарканд — Бухара. М., 1961.
235. *Пугаченкова Г. А.* Мавзолей Араб-ата (Из истории архитектуры Мавераннахра IX — X вв.). — ИЗУз. Вып. 2. Таш., 1963.
236. *Пугаченкова Г. А.* Мастера средневековой архитектуры XI — XVII вв. — ИЗУз. Вып. 3. Таш., 1965.
237. *Пугаченкова Г. А.* Скульптура Халчаяна. М., 1971.
238. *Пугаченкова Г. А., Массон М. Е.* Архитектурная характеристика мавзолея Ишрат-хана. — Мавзолей Ишрат-хана. Таш., 1958.
239. *Пугаченкова Г. А., Ремпель Л. И.* Выдающиеся памятники архитектуры Узбекистана. Таш., 1958.
240. *Пугаченкова Г. А., Ремпель Л. И.* История искусств Узбекистана. М., 1965.
241. *Рапопорт Ю. А.* Из истории религии древнего Хорезма. М., 1971.
242. *Рафия Ш. Е.* Мечеть Биби-Ханым в Самарканде. М., 1950.
243. *Рафия Ш. Е., Воронин Л. Н.* Мавзолей Баракхана. — Архитектура СССР. 1936, № 11.
244. *Рашид-ад-дин.* Сборник летописей. Т. 3. М.—Л., 1945.
245. *Ремпель Л. И.* Мавзолей Исмаила Саманида. — ВАА. 1936, № 5.
246. *Ремпель Л. И.* Панджара. Архитектурные решетки и их построения. Таш., 1957.
247. *Ремпель Л. И.* Архитектурный орнамент Узбекистана. История развития и теория построения. Таш., 1961.
248. *Ремпель Л. И.* Архитектурный орнамент южного Туркменистана X — начала XIII в. и проблема «сельджукского» стиля. — Труды ЮТАКЭ. Т. 12. Аш., 1963.
249. *Ремпель Л. И.* Искусство Руси и Восток как историко-культурная и художественная проблема. Таш., 1969.
250. *Розенфельд Б. А.* О влиянии математики стран ислама на науку Европы. — XIII Международный конгресс по истории науки. М., 1971.
251. *Розенфельд Б. А., Юшкевич А. П.* Математика стран Ближнего и Среднего Востока в средние века. — СВ. 1958, № 3.
252. *Розенфельд Б. А., Юшкевич А. П.* Омар Хайям. М., 1965.
253. Рудаки. Сталинабад, 1949.
254. *Рыбаков Б. А.* Ремесло Древней Руси. М., 1948.
255. *Са'ади Ш. М.* Бустан. М., 1935.
256. *Сагадеев А.* Новые публикации трактата аль-Кинди. — Народы Азии и Африки. 1964, № 1.
257. *Сагадаев А.* Идеи гармонической личности в

- мусульманском средневековье.— Гармонический человек. М., 1965.
258. *Сарианиди В. И.* Древнее земледелие Афганистана. М., 1977.
 259. *Саркисов Н. И.* Резная майолика в облицовке сводов одного из памятников азербайджанского зодчества.— Труды АзПИ. Вып. 2. Баку, 1956.
 260. *Сино Абу Али ибн.* Давиш-Нама. Книга знания. Сталинабад, 1957.
 261. *Сино Абу Али ибн.* Канон врачебной науки. Кн. 1. Таш., 1961.
 262. *Сино Абу Али ибн.* Математические главы «Книги знания» («Довиш-нома»). Душ., 1967.
 263. *Сино Абу Али ибн.* Книга исцеления.— Музыкальная эстетика стран Востока. М., 1967.
 264. Скульптура и живопись древнего Пянджикента. М., 1959.
 265. *Страмцова Т. С.* Формы и детали феодальной архитектуры Узбекистана.— Труды САИИ. Вып. 4. Таш., 1939.
 266. *Таги-заде А. К., Вахобов С. А.* Астролябия средневекового Востока.— ИАИ. Вып. 12. М., 1975.
 267. *Токарев С. А.* Религии и история народов мира. М., 1965.
 268. *Толстов С. П.* Древний Хорезм. М., 1948.
 269. *Томаев Г. Н.* Резная майоликовая мозаика в архитектуре Средней Азии. М., 1951.
 270. *Усейнов М., Бретаницкий А., Саламзаде А.* История архитектуры Азербайджана. М., 1963.
 271. *Аль-Фараби.* Философские трактаты. А.-А., 1960.
 272. *Фараби Аль.* О происхождении наук. По С. Н. Григорьяну. Из истории философии Средней Азии и Ирана VII — XII вв. М., 1960.
 273. *Аль-Фараби.* Математические трактаты. А.-А., 1972.
 274. *Аль-Фараби.* Философские трактаты. А.-А., 1972.
 275. *Аль-Фараби.* Социально-этические трактаты. А.-А., 1973.
 276. *Аль-Фараби.* Логические трактаты. А.-А., 1975.
 277. *Аль-Фахури.* Из истории арабской литературы. Т. 1. М., 1959.
 278. *Федоров М. В.* Пропорции.— ОТАК. М., 1960.
 279. *Филимонов В. М.* Единица линейной меры измерения в практике проектирования и строительства в Средней Азии X — XV вв.— Труды ТашПИ. Вып. 28. Таш., 1967.
 280. *Филимонов В. М.* Некоторые закономерности развития методологии в архитектуре.— АКД. Таш., 1970.
 281. *Филимонов В. М.* Новые данные о мавзолее Кусам ибн Аббаса.— ЗУз. Вып. 2. Таш., 1970.
 282. *Филимонов В. М.* Уникальный памятник гражданского зодчества — дворец Мазлум-Слу.— МИИРАПУз. Вып. 1. Таш., 1967.
 283. *Хайруллаев М. М.* Фараби. Таш., 1963 (на узб. яз.).
 284. *Хайруллаев М. М.* Мировоззрение Фараби и его значение в истории философии. Таш., 1967.
 285. *Хайруллаев М. М.* Шарк ренессансы хакида (о восточном Ренессансе).— Гулистон. 1970, № 8.
 286. *Хинц В.* Мусульманские меры и веса с переводом в метрическую систему. М., 1970.
 287. *Хисроу Н.* Избранное. Сталинабад, 1949.
 288. *Хокинс Дж.* Уайт. Разгадка тайны Стоунхенджа. М., 1973.
 289. *Хокинс Дж.* Кроме Стоунхенджа. М., 1977.
 290. *Аль-Хорезми Мухаммад.* Математические трактаты. Таш., 1964.
 291. *Хэмбидж Д.* Динамическая симметрия в архитектуре. М., 1936.
 292. *Цейлинг А.* Золотое деление как основной морфологический закон в природе и искусстве. М., 1876.
 293. *Цейтен Г. Г.* История математики в древности и в средние века. Изд. 2-е. М., 1938.
 294. *Цейтен Г. Г.* История математики в XVI — XVII вв. Изд. 2-е. М.—Л., 1938.
 295. *Чалоян В. К.* Армянский Ренессанс. М., 1963.
 296. *Чехович О. Д.* Из источников по истории Самарканда XV в.— Из истории эпохи Улугбека. Таш., 1965.
 297. *Чехович О. Д.* Новый источник по истории Бухары XIV в.— Проблемы востоковедения. 1959, № 5.
 298. *Шваб Ю. З.* Мавзолей 1360 (61) г. из ансамбля Шахи-Зинда.— МИИРАПУз. Вып. 1. Таш., 1967.
 299. *Шестаков В. П.* Гармония как эстетическая категория. Учение о гармонии в истории эстетической мысли. М., 1973.
 300. *Шишкин В. А.* Варахша. М., 1963.
 301. *Шуази С.* История архитектуры. Т. 1—2. М., 1935—1937.
 302. *Эссад Д.* Константинополь. От Византии до Стамбула. М., 1919.
 303. *Эфтихар Дж.* Текстологическое исследование поэмы «Хашт Бехешт» Амира Хосрова Дехлеви (1253—1325).— АКД. Таш., 1968.
 304. *Юшкевич А. П.* История математики в средние века. М., 1962.
 305. *Ягодин В. Н., Ходжайов Т. К.* Некрополь древнего Миздахкана. Таш., 1970.
 306. *Якубовский А. Ю.* Развалины Ургенча.— Известия ГАИМК. Т. 6. Вып. 2. Л., 1930.
 307. *Якубовский А. Ю.* Городище Миздахкан.— ЗКВ. Л., 1930.
 308. *Якубовский А. Ю.* Самарканд при Тимуре и Тимуридах. Л., 1933.
 309. *Яралов Ю. С.* О своеобразии архитектурных памятников Средней Азии VII — XII вв. Краткое сообщение о докладе на международном конгрессе по турецко-исламскому искусству.— Вестник АН СССР. 1960, № 2.
 310. *Avicenna.* Das Buch der Genesung der Seele. Übersetzt von M. Horten. Serie 2. Gruppe 3. T. 13. Halle A. S. und New York, 1907.
 311. *Bernard P.* Les traditions orientales dans l'ar-

- chitecture Greco-Bactrienne.— Extrait du Journal Asiatique. P., 1976.
312. *Bernard P.* Campagne de fouilles 1976—1977 A.Ā. Khanoum (Afganistan).— Academie des inscriptions. Belleslettres. P., Avril — Juin, 1978.
313. Canon der Finfternife von Oppolzer. [B. M.], 1887.
314. *Chwolson D.* Die Ssabier und der Ssabismus. Bd. II, St.-Pb., 1856.
315. *Corbusier Sh.* Le Modulor. 2. P., 1955.
316. *Creswell K. A. C.* Early Muslim Architecture. Pt. 2. Oxf., 1940.
317. *Donald W.* The Architecture of Islamic Iran the Il-Khanid period. N. Y., 1955.
318. The Encyclopaedia of Islam. Vol. 2. London — Leiden, 1927.
319. Erster Internationaler Kongress über die Proportionen der Kunst veranstaltet von der Triennale in Mailand am 27, 28 und 29 September 1951.— Werk, 11. XI, Jg. 38, № 11.
320. *Esin E.* Early Turkish Cosmology. Istanbul, 1979.
321. *Al-Farabi.* Grande Traite de la Musique, R. d'Er-langer.— La Musique Arabe. T. 1—2. P., 1930—1935.
322. *Al-Farabi.* La Statistique des Sciences. Texte etabli, annete et presente par Osman Amine, Docteur es Letires, Professeur a la Faculte des Lettres du Caire. Ed. Daz Al-Fikr El-Arabi. [B. M.], 1949.
323. *Al-Farabi.* Fusul al-madani aphasisms of the sta-tesman. Ed. and notes by D. M. Dunlop. Cambridge, at the University press, 1961.
324. Godices arabici, persica, turcici bibliotece regie. Universitatis Upsaliensis, 1849.
325. *Hochheim A.* Kafi fil Hisab des Abu Bekr Muham-mad ben Alhusein Alkarchi. [Bd.] 1—3. Halle, 1870—1880.
326. *Jatmar K.* «Fortifiet Ceremonial Centres» of Indo-Itanians.— Труды международного симпозиума по этническим проблемам по истории Центральной Азии в древности (II тыс. до н. э.). М., 1981.
327. *Khadr N.* Deux actes de Waqf d'un Qarahanide d'Asie Centrale.— Journal Asiatique. T. 255. P., 1967.
328. *Ibn Khaldun.* The Muqaddima, an Introduction to History. Translated from the Arabic by Frans Ro-sental. 2. N. Y., 1958.
329. *Kochly H.* und *Rustow W.* Griechische Kriegsschrift-steier. 1. Lpz., 1853.
330. *Lurçat A.* Formes, composition et lois, d'Harmonie. P., 1953.
331. Les manuskrits de Leonardo de Vinci, «Manuskrits de la Bibliotheque de l'Institut», publ. par Ch. Ra-vaissou — Mollien. Uol. 1—6. P., 1881—1891; I manos-critti ed i disegni di Leonardo da Vinci, in Codice, Atlantico. Vol. 1—2. Milano, 1894—1904.
332. *Mayer L. A.* Islamic Architects and Their Works. Geneva, 1956.
333. [*Musa Mohammad ben.*] The algebra of Mohammad ben Musa (Al-Khwarasmi). Ed. and transl. by F. Rosen. L., 1831.
334. *Neufert E.* Bauordnungslehre. Handbuch für Ratio-nelles Bauen nach Geregelttem Mass. Frankfurt/M.— Berlin, 1961.
335. *Pacioli L.* De divina proportione. Venezia, 1509.
336. *Sarton G.* Introduction to the history of Science. Vol. 1—111. Baltimore, 1927—1948.
337. *Sarton G.* Appreciation of ancientard Medieval Scien-ce during the Renaissance (1450—1600). Philadel-phia, 1953.
338. *Schweitzer C.* Muslim water Works.— Islamic Cul-ture. Vol. 13, № 1. January, 1939.
339. [*Storey C. A.*] Bio-Bibliographical Survey by C. A. Storey, Persian Literature. Vol. 11, pt 1. L., 1927—1958.
340. A survey of Persian Art, Arthur Uphan Pope Editer. Vol. 11. Oxf., 1939.
341. *Suter H.* Das Buch der geometrischen Konstruktio-nen der Abu'l Wefa, Abhandlung zur Geschichte des Natur — Wissenschaften und Medizin... [B. m.], 1932.
342. *Tobler A. J.* Excavations at tepe Gavra. Vol. 11. Philadelphia, 1950.
343. 9-e Triennale de Milan. Congress Internationale sur les proportions en architecture et en arts plastiques.— Technique et architecture. 1951, № 11—12.
344. *Woepke M. F.* Analyse et extrait d'an recueil de con-structions geometriques par Aboul Wafa.— Jour-nal Asiatique. 1855, avril.

Рукописные источники

345. *Булатов М. С.* Архитектурные пропорции Сред-ней Азии. Рукопись 1953 г.— Архив ГУОПМК министерства культуры УзССР. Инв. № 1830.
346. *Зайнутдинов А. З.* Обмеры медресе Улугбека в Самарканде. 1966 г.— Архив ГУОПМК. Инв. № 1520.
347. *Крюков К. С., Неумывакин С. В., Ноткин И. И.* Обмеры мавзолея в Узгенте. 1954 г.— Архив ГУОПМК. Инв. № 747.
348. *Лазарев А. К.* Проект реставрации мавзолея Гур-Эмир. 1949 г.— Архив ГУОПМК. Инв. № 1204.
349. *Мурадов усто Ширин, Засылкин Б. Н., Лукаше-ва Н. Ш.* Резьба по ганчу.— Архив ГУОПМК. Инв. № 156.
350. *Неумывакин С. Б.* Обмеры медресе Абдулазиз-хана в Бухаре. 1958 г.— Архив ГУОПМК. Инв. № 38, 45.
351. *Ноткин И. И.* Обмеры медресе Улугбека в Гиж-дуване. 1950 г.— Архив ГУОПМК. Инв. № 327.
352. *Ноткин И. И., Карасев С.* Обмеры медресе Улуг-бека в Бухаре. 1950 г., 1951 г., 1955 г.— Архив ГУОПМК. Инв. № 46, 49, 1348, 1549.
353. *Ноткин И. И., Неумывакин С. Б.* Обмеры ме-дресе Улугбека в Гиждуване. 1952 г.— Архив ГУОПМК. Инв. № 2873—2878.

354. Обмеры мечети Калян в Бухаре, выполненные бригадой студентов МАИ. План комплекса. 1938 г.— Архив ГУОПМК. Инв. № 2353.
355. *Плетнев И. Е.* Проект реставрации портала медресе Улугбека в Самарканде. 1955 г.— Архив ГУОПМК. Инв. № 1590.
356. *Шишкин В. А., Нильсен В. А.* Обмеры медресе Улугбека в Гиждуване. 1947 г.— Архив ГУОПМК. Инв. № 2868—70.
357. «Сборник наук» Фахраддина Рази (1150—1210).— ИВАН УзССР. Инв. № 3809.
358. Библиотека Айя София. Стамбул. № 2753/2754. Фотокопия арабской рукописи.
359. Лейденская рукопись № 103 на араб. яз. Фотокопия.
360. Национальная библиотека. Париж. Персидские рукописи, № 169. Фотокопия. Перевод рукописи А. Б. Вильдановой хранится в архиве Института искусствоведения Министерства культуры УзССР. Инв. № 452/5.
361. Национальная библиотека. Париж. Персидские рукописи, № 169. Фотокопия.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИ

Рис. 1. Азимуты точек восхода и захода Солнца и Луны в зависимости от широты места в дни летнего и зимнего солнцестояний (по Ш. М. Шарипову).

Рис. 2. Шумеры. Урук. Белый храм (конец IV тысячелетия до н. э.).

Рис. 3. Шумеры. Урук. Зиккурат Ур-Намму (III тысячелетие до н. э.) *a* — план комплекса, *b* — реконструкция по Вулли; *в* — реконструкция автора.

Рис. 4. Шумеры. Тепе-Гавра. Храм Плодородия (III тысячелетие до н. э.) *a* — план (по Тоблеру); *b* — план второго этажа. Реконструкция; *в* — аксонометрия. Реконструкция.

Рис. 5. Мохенджо-Даро. Руины зиккурата (III — II тысячелетия до н. э.).

Рис. 6. Саккара. Пирамида (XXII — XX вв. до н. э.). План.

Рис. 7. Троя-VI. Двухнефный мегарон (XVI — XIV вв. до н. э.).

Рис. 8. Дейр-эль-Бахри. Заупокойные храмы (XVII в. до н. э.). План комплекса.

Рис. 9. Карнак. Большой храм Амона-Ра (XVI — XI в. до н. э.); *a* — план комплекса (по Дж. Хокинсу).

Рис. 10. Бактрия. Круглый храм на Дашлы-3 (XVII в. до н. э.); *a* — план по В. И. Сараниди; *b* — анализ построения плана; *в* — аксонометрия сооружения (реконструкция).

Рис. 11. Великобритания. Стоунхендж (1900—1600 гг. до н. э.); Аэрофотосъемка

Рис. 12. Северная Бактрия. Сапшали-тепе (1700—1500 гг. до н. э.); *a* — план крепости.

Рис. 13. Бактрия. Храмово-дворцовый комплекс на Дашлы-3 (XI в. до н. э.).

Рис. 14. Урарту. Арип-берд (VIII в. до н. э.). Общий план цитадели.

Рис. 15. Дур-Шаррукин (712—707 гг. до н. э.). Цитадель.

Рис. 16. Персеполь. Дворцовый комплекс (520—460 гг. до н. э.).

Рис. 17. Посейдония (VI в. до н. э.). План города.

Рис. 18. Олимпия. Храм Зевса. Поперечный разрез. Реконструкция.

Рис. 19. Храм Зевса в Олимпии (479 г. до н. э.); *a* — план здания; *b* — аксонометрия храма. Реконструкция.

Рис. 20. Милет (479 г. до н. э.). План города.

Рис. 21. Афины. Акрополь (447—406 гг. до н. э.). План комплекса: 1. Парфенон (447—432 гг. до н. э.); 2. Пропилеи (437—432 гг. до н. э.); 3. Эрехтейон (421—406 гг. до н. э.).

Рис. 22. Бактрия. Кутлуг-тепе (V в. до н. э.). «Круглый дом»: *a* — план по В. Сараниди; *b* — план. Реконструкция; *в* — аксонометрия сооружения. Реконструкция.

Рис. 23. Хорезм. Кой-Крылган-кала (356—329 гг. до н. э.): *a* — план первого этажа; *b* — план второго этажа. Реконструкция; *в* — аксонометрический разрез ядра комплекса. Реконструкция.

Рис. 24. Херсонес (III в. до н. э.). План города.

Рис. 25. Дура-Эуропа (около 300 г. до н. э.). План города. Главная улица ориентирована на восход Солнца в день летнего солнцестояния.

Рис. 26. Остров Самофракия. Арсинойон (около 281 г. до н. э.): *a* — реконструкция по В. Быкову; *b* — реконструкция автора.

Рис. 27. Рим. Пантеон (около 125 г. до н. э.). Разрез храма с куполом, открытым наверху для освещения.

Рис. 28. Парфия. Ниса. Круглый храм (II — I вв. до н. э.). План.

Рис. 29. Узбекистан. Сакский календарь в степи (I в. до н. э.). Реконструкция.

Рис. 30. Афганистан. Сурх-Котал (II в.). План комплекса по Д. Шлюмберже. Ориентация на восход Солнца в дни солнцестояния.

Рис. 31. Буддийский монастырь близ Бергаме (VII в.). План.

Рис. 32. Таджикистан. Аджина-тепе (VII — VIII вв.). План городища.

Рис. 33. Египет. Рельеф на стене гробницы Древнего царства, 2800—2400 гг. до н. э. Каменотесы за работой.

Рис. 34. Пропорции мавзолея Худабенде в Султании (XIV в.) по М. Дьелафуа.

Рис. 35. Чертеж из трактата ал-Хорезми (IX в.).

Рис. 36. Построение эллипса: *a* — по ал-Хорезми (IX в.); *b* — по Ибн Синану (X в.).

Рис. 37а. «Совершенный циркуль» (X—XI вв.). Вычерчивание эллипса.

Рис. 37б. «Совершенный циркуль». (X—XI вв.). Вычерчивание параболы.

Рис. 38. Титульный лист книги Абу-л-Вафа Буз

джани «О том, что необходимо ремесленнику из геометрических построений» (X в.).

Рис. 39. Построение средней пропорциональной между единицей и числом по ал-Багдади (X в.).

Рис. 40. Мавзолей Саманидов в Бухаре (конец X в.). Общий вид.

Рис. 41. Мавзолей Саманидов. План и фасад. Анализ построения.

Рис. 42. Мавзолей Саманидов. План и разрез. Анализ построения.

Рис. 43. Мавзолей Саманидов. Интерьер. Ярус тропов.

Рис. 44. Мавзолей Саманидов. Анализ построения плана.

Рис. 45. Мавзолей Саманидов. Построение арок яруса тропов.

Рис. 46. Мавзолей Саманидов. Построение входных арок и кривой купола.

Рис. 47. Мавзолей Саманидов. Кирпичный декор интерьера (фрагмент после реставрации).

Рис. 48. Мавзолей Араб-Ата в Тиме (X в.). План и разрез.

Рис. 49. Мавзолей Араб-Ата. Фасад.

Рис. 50. Мавзолей Бабаджа-хатын в Казахстане (X в.). План.

Рис. 51. Мавзолей Айша-Биби в Казахстане (XI—XII вв.). Общий вид.

Рис. 52. Мавзолей Айша-Биби. План и фасад.

Рис. 53. Караван-сарай Дая-хатын в Туркмении (XI в.). План. Анализ построения.

Рис. 54. Мавзолей Абу-л-Фазла в Серахсе (XI в.). План и разрез. Анализ построения.

Рис. 55. Мавзолей Абу Саида в Меане (XI в.). План. Анализ построения.

Рис. 56. Мавзолей в Тусе (XII в.). План. Анализ построения.

Рис. 57. Мавзолей Чугундор-баба в Туркмении (XI—XII вв.). План, фасад, разрез. Анализ построения.

Рис. 58. Крепость Дзу-кала в Хорезме (XII в.). План. Анализ построения.

Рис. 59. Башня Кабуса вблизи развалин г. Джурджана (1006—1007 гг.). План. Анализ построения.

Рис. 60. Башня Кабуса. Схема фасада.

Рис. 61. Круглая усыпальница в Мараге (1167—1168 гг.). План. Анализ построения.

Рис. 62. Мавзолей Момине-хатун в Азербайджане (1186 г.). План и разрез.

Рис. 63. Мавзолей Се-Гумбад в Азербайджане (1184 г.). План. Анализ построения.

Рис. 64. Мавзолей султана Санджара (XII в.). Общий вид.

Рис. 65. Мавзолей султана Санджара. План и разрез.⁴

Рис. 66. Мавзолей султана Санджара. Фрагменты интерьера.

Рис. 67. Мавзолей Саманидов и эскизы реконструкции мавзолея султана Санджара.

Рис. 68. Мавзолей султана Санджара. План ниши четверика.

Рис. 69. Мавзолей Фахраддина Рази (XII—XIII вв.). Общий вид.

Рис. 70. Мавзолей Фахраддина Рази. План и разрез. Анализ построения.

Рис. 71. Мавзолей Музаффар Текеша (XII—XIII вв.). Общий вид.

Рис. 72. Мавзолей Музаффар Текеша. План и разрез. Анализ построения.

Рис. 73. Мавзолей Музаффар Текеша. Схема фасада и план входа.

Рис. 74. Мавзолей Мазлумхан-Слу в Миздахкане (конец XIII в.). План комплекса и разрез.

Рис. 75. Мавзолей Мазлумхан-Слу. Фрагмент интерьера.

Рис. 76. Мавзолей в селении Хачин-Дорбатлы в Азербайджане (1314 г.). План и разрез. Анализ построения.

Рис. 77. Мавзолей в Барде (1322 г.). План и разрез. Анализ построения.

Рис. 78. Мавзолей Тюрабек-ханым в Хорезме (XIV в.). Общий вид.

Рис. 79. Мавзолей Тюрабек-ханым. Фрагмент интерьера.

Рис. 80. Мавзолей Тюрабек-ханым. План фасада и разрез. Анализ построения.

Рис. 81. Мавзолей Ахсадан-баба в Азербайджане (XIV в.). План и разрез склепа. Анализ построения.

Рис. 82. Мавзолей Кусамы ибн Аббаса в Шах-и-зинда (1334—1335 гг.). План и разрез. Анализ построения.

Рис. 83. Мавзолей Буян Кули-хана в Бухаре (1358 г.). План и разрез. Анализ построения.

Рис. 84. Мавзолей Буян Кули-хана. Фрагмент интерьера.

Рис. 85. Безымянный мавзолей в Шах-и-зинда (1360—1361 гг.).

Рис. 86. Безымянный мавзолей в Шах-и-зинда (1360—1361 гг.). План, разрез, фасад. Анализ построения.

Рис. 87. Мавзолей Карабаглар в Азербайджане (XIV в.). План, разрез. Анализ построения.

Рис. 88. Мавзолей Ходжа Ахмада Ясеви в Туркестане (конец XIV в.). План. Анализ построения.

Рис. 89. Мавзолей Имам-заде в Азербайджане (XIV—XV вв.). План и разрез. Анализ построения.

Рис. 90. Мавзолей Шади-Мульк-ака в Шах-и-зинда (1371 г.). Общий вид.

Рис. 91. Мавзолей Шади-Мульк-ака. Фрагмент интерьера.

Рис. 92. Мавзолей Шади-Мульк-ака. План, фасад и разрез. Анализ построения.

Рис. 93. Мавзолей Ширин-бека-ака в Шах-и-зинда (1385 г.). План, фасад и разрез. Анализ построения.

Рис. 94. Мавзолей Туглу-Текин в Шах-и-зинда (конец XIV в.). Фрагмент фасада.

- Рис. 95. Мавзолей Туглу-Текин. План и разрез. Анализ построения.
- Рис. 96. Портал дворца Ак-сарай в Шахрисябзе (1380—1404 гг.). Общий вид.
- Рис. 97. Портал дворца Ак-сарай. План. Анализ построения.
- Рис. 98. Мечеть Биби-ханым в Самарканде (1399—1404 гг.). Общий вид руин.
- Рис. 99. Мечеть Биби-ханым. Портал. Общий вид.
- Рис. 100. Мечеть Биби-ханым. План комплекса. Анализ построения.
- Рис. 101. Южная мечеть (малая) Биби-ханым. Общий вид.
- Рис. 102. Южная (малая) мечеть Биби-ханым. Разрез. Анализ построения.
- Рис. 103. Главная мечеть Биби-ханым. План. Анализ построения.
- Рис. 104. Главная мечеть Биби-ханым. План и разрез. Анализ построения.
- Рис. 105. Мечеть Биби-ханым. План портала. Анализ построения.
- Рис. 106. Южная (малая) мечеть Биби-ханым. План. Анализ построения.
- Рис. 107. Мавзолей Гур-Эмир в Самарканде (1404 г.). Общий вид.
- Рис. 108. Мавзолей Гур-Эмир. Общий вид.
- Рис. 109. Мавзолей Гур-Эмир. План, фасад и разрез. Анализ построения.
- Рис. 110. Мавзолей Гур-Эмир. Фасад.
- Рис. 111. Мавзолей Гур-Эмир. План входных ворот двора. Анализ построения.
- Рис. 112. Мавзолей Туман-ака в Шах-и-зинда (1405—1406 гг.). Общий вид.
- Рис. 113. Мавзолей Туман-ака. План, фасад и разрез. Анализ построения.
- Рис. 114. Мавзолей Биби-ханым в Самарканде (начало XV в.). План, фасад. Анализ построения.
- Рис. 115. Мавзолей Шейха Дурсуна в Азербайджане (1403—1404 гг.). План и фасад. Анализ построения.
- Рис. 116. Бухарское медресе Улугбека (1417 г.). Общий вид.
- Рис. 117. Бухарское медресе Улугбека. Схема плана. Анализ построения.
- Рис. 118. Бухарское медресе Улугбека. Портал. План и фасад. Анализ построения.
- Рис. 119. Бухарское медресе Улугбека. Южный дворовый фасад. Анализ построения.
- Рис. 120. Бухарское медресе Улугбека. Схема северного дворового фасада. Анализ построения.
- Рис. 121. Бухарское медресе Улугбека. Разрез по дархане и мечети.
- Рис. 122. Бухарское медресе Улугбека. Бронзовая пластина халька с датой постройки. Анализ пропорций.
- Рис. 123. План площади Регистан в Самарканде (XV—XVII вв.).
- Рис. 124. Ансамбль площади Регистан. Общий вид.
- Рис. 125. Самаркандское медресе Улугбека (1420 г.). Схема плана. Анализ построения.
- Рис. 126. Самаркандское медресе Улугбека. Общий вид.
- Рис. 127. Самаркандское медресе Улугбека. Фасад. Анализ построения.
- Рис. 128. Самаркандское медресе Улугбека. Портал южного фасада. Анализ построения.
- Рис. 129. Мраморный лаух Улугбека во дворе мечети Биби-ханым.
- Рис. 130. Медресе Улугбека в Гиждуване (1433 г.). Общий вид.
- Рис. 131. Сравнительные схемы планов трех медресе Улугбека (сверху вниз: 1417, 1420, 1433 гг.).
- Рис. 132. Медресе Улугбека в Гиждуване. Фасад. Анализ построения.
- Рис. 133. Усыпальница Ширваншахов в Баку (1435—1436 гг.). План. Анализ построения.
- Рис. 134. Усыпальница Ширваншахов. Фасад. Анализ построения.
- Рис. 135. Диван-хане в Баку (XV в.). План. Анализ построения.
- Рис. 136. Мечеть Калян в Бухаре (XV в.). Общий вид.
- Рис. 137. Мечеть Калян в Бухаре. План комплекса.
- Рис. 138. Главное здание мечети Калян. План. Анализ построения.
- Рис. 139. Мавзолей Ишрат-хана в Самарканде (1460 г.). Общий вид.
- Рис. 140. Мавзолей Ишрат-хана. План. Анализ построения.
- Рис. 141. Мавзолей Ишрат-хана. Фасад. Анализ построения.
- Рис. 142. Мавзолей Ишрат-хана. План ниши главного помещения. Анализ построения.
- Рис. 143. Мавзолей Ишрат-хана. Пропорции помещения № 6.
- Рис. 144. Медресе Мири-Араб в Бухаре (1535—1536 гг.). Общий вид.
- Рис. 145. План площади Калян (XII—XVI вв.).
- Рис. 146. Медресе Мири-Араб. План.
- Рис. 147. Медресе Мири-Араб. План портала. Анализ построения.
- Рис. 148. Медресе Мири-Араб. Фасад. Анализ соразмерностей.
- Рис. 149. Ханака Надира Диван-беги в Бухаре (1620 г.). Общий вид.
- Рис. 150. Ханака Надира Диван-беги. План. Анализ построения.
- Рис. 151. Ханака Надира Диван-беги. Анализ построения.
- Рис. 152. Медресе Кукельташ в Бухаре (1568—1569 гг.). Общий вид.
- Рис. 153. Медресе Кукельташ в Бухаре. План. Анализ построения.
- Рис. 154. Медресе Абдул Азиз-хана в Бухаре (1652 г.). Фрагмент фасада.
- Рис. 155. Медресе Абдул-Азиз-хана. План. Анализ соразмерностей.

- Рис. 156. Медресе Абдул Азиз-хана. Фасад.
- Рис. 157. Медресе Барак-хана в Ташкенте (XVI в.). План. Анализ построения.
- Рис. 158. Минарет Калян в Бухаре (1127 г.). Общий вид.
- Рис. 159. Минарет Калян. Общий вид «фонаря».
- Рис. 160. Минарет Калян. План и разрез. Анализ построения.
- Рис. 161. Минарет в Вабкенте (1196—1197 гг.). Общий вид.
- Рис. 162. Минарет в Вабкенте. План. Анализ построения.
- Рис. 163 (а, б, в, г, д, е, ж). Графическое выражение отношений низа и верха среднеазиатских минаретов.
- Рис. 164 (а, б, в, г, д, е, ж, з). Построения, основанные на квадрате и его производных.
- Рис. 165 (а и б). Построения, основанные на сочетании производных квадрата и равностороннего треугольника.
- Рис. 166 (а и б). Построения, основанные на равностороннем треугольнике.
- Рис. 167 (а, б, в, г, д, е, ж). Построения, основанные на полуквадрате и его производных.
- Рис. 168 (а, б, в, г, д, е). Построения, основанные на делении линии в среднем и крайнем отношении.
- Рис. 168 (ж, з, и, к, л, м). Построения, основанные на делении линии в среднем и крайнем отношении.
- Рис. 169. Бронзовый котел Тимура (1399 г.). План и фасад. Анализ построения.
- Рис. 170. Мавзолей султана Санджара в Мерве (XII в.). Анализ построения арок: а — арки восьмигранника; б — арки четверика.
- Рис. 171. Мечеть Магоки Аттари в Бухаре (XII в.). Анализ построения арки.
- Рис. 172. Мавзолей Текеша. Анализ построения арки.
- Рис. 173. Мавзолей Наджмаддина Кубра. Анализ построения арки.
- Рис. 174. Мавзолей Тюрабек-ханым. Анализ построения арки.
- Рис. 175. Мечеть Биби-ханым. Анализ построения арки портала.
- Рис. 176. Мраморный архивольт арки из мечети Биби-ханым. Анализ построения кривой.
- Рис. 177. Мавзолей Гур-Эмир. Построение формы купола.
- Рис. 178. Мавзолей Гур-Эмир. Интерьер. Анализ кривой арки четверика.
- Рис. 179. Мавзолей Гур-Эмир. Интерьер. Анализ построения арки восьмигранника.
- Рис. 180. Мавзолей Гур-Эмир. Анализ построения арки входных ворот двора.
- Рис. 181. Сравнительный анализ построения арок портала медресе Улугбека в Бухаре и Самарканде: а — в Бухаре; б — в Самарканде.
- Рис. 182. Сравнительный анализ построения входных ворот Ракка по Ибн Синану (вверху) и А. Кресвелду (внизу).
- Рис. 183. Сравнительный анализ построения арки мавзолея Худабенда в Султании по М. Дьелафуа.
- Рис. 184. Диван-хане в Баку. Анализ построения арки портала.
- Рис. 185. Гробница Ширваншахов в Баку. Анализ построения арки входа.
- Рис. 186. Ханский дворец в Баку. Анализ построения арки ворот.
- Рис. 187. Мавзолей Мелик Аджара в Азербайджане. План и разрез. Анализ построения.
- Рис. 188 (I—IV). Характерные кривые эллипса, применявшиеся в построении арочно-сводчатых очертаний.
- Рис. 188 (V—VII). Характерные кривые эллипса, применявшиеся в построении арочно-сводчатых очертаний.
- Рис. 189. Дворец Бухархудатов в Ваврахше (VII—VIII вв.). Ленточный орнамент. Резной штук. Анализ построения.
- Рис. 190. Дворец Бухархудатов. Орнаментация плоскости стены. Резной штук. Анализ построения.
- Рис. 191. Дворец Бухархудатов. Орнаментация панели. Резной штук. Анализ построения.
- Рис. 192. Дворец Бухархудатов. Розетчатый орнамент. Резной штук. Анализ построения.
- Рис. 193а. Дворец Саманидов в Самарканде. Афрасиабские панели. (X в.). Резной штук. Анализ построения орнамента. Панель А.
- Рис. 193б. Дворец Саманидов. Афрасиабские панели (X в.). Резной штук. Анализ построения орнамента. Панель А.
- Рис. 194. Афрасиабские панели. Панель Б.
- Рис. 195а. Афрасиабские панели. Панель В.
- Рис. 195б. Афрасиабские панели. Панель В.
- Рис. 196. Афрасиабские панели. Панель Г.
- Рис. 197. Афрасиабские панели. Панель Д.
- Рис. 198. Афрасиабские панели. Панель Е.
- Рис. 199. Афрасиабские панели. Панель Ж.
- Рис. 200а. Афрасиабские панели. Панель З.
- Рис. 200б. Афрасиабские панели. Панель З.
- Рис. 201. Афрасиабские панели. Панель И.
- Рис. 202. Афрасиабские панели. Панель К.
- Рис. 203. Афрасиаб. Орнамент ислими. Панель Л.
- Рис. 204. Узгенд. Южный мавзолей (1186 г.). Орнамент на щипцовой стене арки портала.
- Рис. 205. Узгенд. Южный мавзолей. Орнамент на колонне портала. Терракота.
- Рис. 206. Узгенд. Южный мавзолей. Орнамент на щечковой стене арочной ниши портала.
- Рис. 207а. Узгенд. Южный мавзолей. Панно с орнаментами, построенными на треугольной сетке. Орнамент симметричной композиции.
- Рис. 207б. Узгенд. Южный мавзолей. Панно с орнаментами, построенными на треугольной сетке.
- Рис. 208. Узгенд. Орнамент на квадратной сетке.
- Рис. 209. Городище Пештак (XII в.). Орнамент в

облицовке портала мечети. Шлифованный кирпич, резной шtuk.

Рис. 210. Дворец в Термезе (XII в.). Орнамент в резном шtukе. Анализ построения. Панно № 1.

Рис. 211. Дворец в Термезе. Панно № 2.

Рис. 212. Дворец в Термезе. Панно № 3.

Рис. 213. Мавзолей Мухаммада Бошара (XIV в.). Орнамент на колонне мавзолея.

Рис. 214. Дворец в Термезе (XII в.). Орнамент в резном шtukе. Анализ построения. Панно № 7.

Рис. 215. Дворец в Термезе. Панно № 8.

Рис. 216. Дворец в Термезе. Панно № 12.

Рис. 217. Дворец в Термезе. Панно № 13.

Рис. 218. Дворец в Термезе. Панно № 14.

Рис. 219. Дворец в Термезе. Панно № 15.

Рис. 220. Дворец в Термезе. Панно № 26.

Рис. 221. Мечеть Магоки Аттари (XII в.). Орнамент на пилонах портала. Нижнее панно.

Рис. 222. Мечеть Магоки Аттари. Орнамент на пилонах портала. Среднее панно.

Рис. 223. Мечеть Магоки Аттари. Орнамент на пилонах портала. Верхнее панно.

Рис. 224. Самаркандский музей. Плитка № 21. Резная терракота. XII в.

Рис. 225. Самаркандский музей. Плитка № 27. Резная терракота. XI — XII вв.

Рис. 226. Бухарский музей. Плитка № 28. Резная терракота. XII в.

Рис. 227. Самаркандский музей. Резная терракота. XII в.

Рис. 228. Самаркандский музей. Резная терракота. XII в.

Рис. 229. Мавзолей Наджмаддина Кубра в Хорезме. Орнамент надгробия. Расписная майолика (XIV в.).

Рис. 230. Караван-сарай в Хорезме (XIV в.). Орнамент на щеке арки портала.

Рис. 231. Мавзолей Ходжа Ахмада в Шах-и-зинда (40-е годы XIV в.). Герих на щипцовой стене входной арочной ниши. Схема построения.

Рис. 232. Мавзолей Ходжа Ахмада. Герих на щипцовой стене входной арочной ниши. Анализ построения.

Рис. 233. Мавзолей Ходжа Ахмада. Герих на щеке арки портала.

Рис. 234. Мавзолей Ампр-заде в Шах-и-зинда (1386 г.). Мозаика поливных плиток.

Рис. 235. Мавзолей Ходжа Ахмада Ясеви. Панель. Резьба по камню.

Рис. 236. Мавзолей Ходжа Ахмада Ясеви. Герих на восточном фасаде. Мозаика из поливных кирпичиков.

Рис. 237. Мавзолей Туман-ака. Орнамент на щеке арки мечети.

Рис. 238. Мавзолей Буян Кули-хана в Бухаре (1358 г.). Орнамент на ярусе тропов.

Рис. 239. Мавзолей Туман-ака в Шах-и-зинда (1405—1406 гг.). Орнамент на щипцовой стене арки мечети.

Рис. 240. Бухарский музей. Герих из дафтара XVI в.

Рис. 241. Мавзолей Гур-Эмир. Герих портала дворика.

Рис. 242. Бухарский музей. Герих из дафтара XVI в.

Рис. 243. Пропорции прямоугольников, основанных на пятилучевых координатах.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ К ПРИЛОЖЕНИЮ 2

Рис. 1. Л. 180а. Составление одного большого десятиугольника из двух малых десятиугольников и пятиконечной звезды.

Рис. 2. Л. 180б. Составление одного большого квадрата из малого квадрата и восьми-, девяти- и десятиугольников.

Рис. 3. Развертка квадрата.

Рис. 4. Составление восьмиконечной звезды и восьмиугольников из отдельных элементов.

Рис. 5. Составление девятиконечной звезды и девятиугольников из отдельных элементов.

Рис. 6. Составление десятиконечной звезды и десятиугольников из отдельных элементов.

Рис. 7. Л. 181а. Построение равновеликих квадратов и восьмиугольника.

Рис. 8. Л. 181а. Построение равновеликих шестиконечной звезды и равностороннего треугольника.

Рис. 9. Л. 181б (*a*, *b*, *c*, *d*). Построение круга по имеющейся его части.

Рис. 10. Л. 182а. Деление треугольника на четыре равные части.

Рис. 11. Л. 182а. Построение равновеликих шестиконечной звезды (*a*) и квадрата (*b*).

Рис. 12. Л. 182б. Построение равновеликих прямоугольника и квадрата.

Рис. 13. Л. 182б. Построение равновеликих восьмиконечной звезды и квадрата.

Рис. 14. Л. 183а. Построение равновеликих шестиугольника и равностороннего треугольника.

Рис. 15. Л. 183б. Пример согласованности углового модуля в треугольнике, вписанном в окружность стягивающими хордами.

Рис. 16. Л. 184а. Пример согласованности углового модуля в треугольнике, вписанном в окружность стягивающими хордами.

Рис. 17. Л. 184б. Построение угольников в 30, 60, 90 и 36, 54, 90°, вписанных в полуокружность.

Рис. 18. Л. 185б. Построение «турунджа» в прямоугольном треугольнике с отношением сторон 2, 5, 3.

Рис. 19. Л. 185б. Построение прямоугольного треугольника с отношением сторон 2, 5, 3.

Рис. 20. Л. 185б. Построение «турунджа», связанное с производными квадрата и равностороннего треугольника.

Рис. 21. Л. 186а. Построение пятиугольника по-

стоянным раствором циркуля, равным заданной диагонали пятиугольника.

Рис. 22. Л. 186б. То же на заданной стороне.

Рис. 23. Л. 186б. Построение пятиконечной звезды в полуокружности.

Рис. 24. Лист без пагинации между л. 186—187. Построение пятиугольника постоянным раствором циркуля по заданной высоте пятиугольника.

Рис. 25. Лист без пагинации между л. 186—187. Построение равновеликих восьмиугольника и квадрата.

Рис. 26. Л. 187а. Построение пятиугольника постоянным раствором циркуля, равным заданной диагонали пятиугольника по методу Абу Бакра ал-Халила ат-Таджира.

Рис. 27. Л. 187б. Построение равновеликих «турунджей» геометрическим методом в прямоугольнике с отношением сторон близким 6 : 7.

Рис. 28. Л. 188а. Построение квадрата, равного 13, в квадрате, равном 25. Три способа.

Рис. 29. Л. 188а. Построение основы геометрического орнамента.

Рис. 30. Л. 188б. Построение орнамента, вписанного в квадрат, основанное на треугольнике 1, 2, $\sqrt{5}$.

Рис. 31. Л. 188б. Построение орнамента, вписанного в квадрат, основанное на треугольнике 1, $\sqrt{3}$, 2.

Рис. 32. Л. 189а. Построение орнамента в прямоугольнике с отношениями сторон 2 : 5.

Рис. 33. Л. 189б. Определение пропорций половины «турунджа» на основании треугольника, полученных геометрическим построением.

Рис. 34. Л. 190а. Построение «турунджа», основанное на производных восьмиугольника, и деление прямого угла на девять.

Рис. 35. Л. 190б. Построение орнамента, сочетающего шести-, семи- и восьмиконечные звезды.

Рис. 36. Л. 191а. Построение прямоугольного треугольника, высота которого и короткая сторона вместе равны гипотенузе.

Рис. 37. Л. 191б. «Линейка-угольник» — прибор для построения «сложных и редкостных» фигур геометрического орнамента.

Рис. 38. Л. 192а. Построение орнамента, основанного на делении прямого угла на семь частей.

Рис. 39. Л. 192а. Развертка орнамента.

Рис. 40. Л. 192б. Построение орнамента, основан-

ное на четырехугольнике с отношениями сторон $2:2:1:\sqrt{7}$.

Рис. 41. Л. 1926. Построение орнамента в прямоугольнике с отношениями сторон $1:2 + \frac{1}{\sqrt{3}}$.

Рис. 42. Л. 193а. Расшифровка построения орнамента с «гусиными лапами» (вариант первый).

Рис. 43. Расшифровка построения орнамента с «гусиными лапами» (вариант второй).

Рис. 44. Развертка орнамента л. 193а.

Рис. 45. Л. 1936. Построение орнамента.

Рис. 46. Л. 194а. Орнамент, сочетающий шести- и восьмиконечные звезды и «мадахили».

Рис. 47. Л. 194а. Развертка орнамента.

Рис. 48. Л. 194а. Орнамент, построенный на четырехлучевой сетке.

Рис. 49. Л. 194а. Орнамент, состоящий из квадратов и ромбов.

Рис. 50. Л. 1946. Построение орнамента, сочетающего семиконечные звезды, «барабаны» и «таули».

Рис. 51. Л. 1946. Развертка орнамента.

Рис. 52. Л. 195а. Построение квадратов, основанное на производных квадрата.

Рис. 53. Л. 1956'. Построение орнамента системы лучевых координат с делением противолежащих углов прямоугольника на 6 и 5 (первый вариант).

Рис. 54. Л. 196а. Построение орнамента системы лучевых координат с делением противоположных углов прямоугольника на 5 и 6 (второй вариант).

Рис. 55. Л. 196а. Орнамент, сочетающий четырехлучевое построение с производными квадрата.

Рис. 56. Л. 1966. Орнамент, сочетающий шестиконечные звезды, «таули» и «мадахили».

Рис. 57. Л. 1966. Развертка орнамента.

Рис. 58. Л. 197а. Равновеликие прямоугольник, треугольник и шестиугольник.

Рис. 59. Л. 197а. Равновеликие семиугольник и прямоугольник.

Рис. 60. Л. 197а. Равновеликие восьмиугольник и восьмиконечная звезда.

Рис. 61. Л. 199а. Орнамент, построенный на пятилучевой сетке координат с системой пятиугольников, десятиугольников и квадратов.

УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН

- Абдувахид 268
 Абдурраззак Самарканди 164, 310
 Абдуллах 139
 Аби Яфар ал-Катиб 313
 Абиджанова М. 303
 Абу Бакр ал-Халил 236, 340
 Абу-л-Вафа ал-Бузджани 4, 74, 87, 89, 93, 157, 226, 231, 232, 238, 240, 241, 259, 266, 272, 275, 277, 292, 300—304, 307, 312, 313, 315, 326, 340
 Абу Исхак ибн Абдуллах Куйнани Йазди 89
 Абу Мансур ибн Муса 121
 Абу Наср ибн Ираки 89
 Абу-л-Фадл Мухаммад ибн ал-Амид 85, 300
 Абу-л-Фазл Байхаки 300, 313
 Аджеми ибн Абубекр ан-Нахичевани 120
 Аделард из Бата 18
 Айдумур ибн Абдуллах 313
 Аккерман Дж. 19
 Алаадин Кайкубад 313
 Александр Македонский 49, 50
 Альберти 18, 72
 Ализаде Г. М. 247, 263
 Амир Хосров Дехлеви 308
 Андреев М. С. 142, 304
 Аполлоний Пергский 18, 85, 305
 Аристотель 14, 17, 73, 80, 81, 92
 Артаксеркс 46
 Аркинто Ф. 76, 80
 Архимед 17, 18, 74, 84, 87, 92
 Асанов А. А. 226, 232
 Аскарлов А. 33, 39
 Атсыз Мухаммад 80, 121
 Ахадова М. А. 92, 121
 Ахмад ибн Мухаммад ал-Хассиб см. ал-Фергани
 Ахраров И. А. 271, 305
 Афанасьев К. Н. 17
 Ашшурбанипал 11

 Бабур З. 310
 Багдади 90, 91, 92, 93, 240
 Баирати Чезаре 19
 Баки 226
 Бакланов Н. Б. 72, 95, 265, 311, 312
 Бану Муса (братья) 80, 93
 Барбаро Д. 76, 313

 Бартольд В. В. 118, 303
 Басенов Т. К. 304
 Баттани 18
 Бахрам Гур 308
 Бернштам А. Н. 226
 Берхем М. 72
 Бехзад 311
 Билл М. 19
 Бируни см. Абу Рейхан Бируни
 Болотников Н. 20
 Бозций 17
 Брагинский И. С. 9
 Бретаницкий Л. 67, 93, 152, 307, 311, 312
 Брунелески 306
 Брунов Н. 20
 Бугра Кара-хан 314
 Булатова В. А. 164
 Булатов М. С. 3, 4, 5
 Булгаков П. Г. 89
 Буров А. 20
 Быков В. Е. 55, 304

 Вагнер Г. 20
 Валид бен ал-Малик 307
 Вантонгерлоо Г. 19
 Вейль Г. 305
 Веселовский И. Н. 14, 50
 Вёпке М. Ф. 89, 303, 304
 Вертоградова В. В. 15, 303
 Вильданова А. В. 89
 Виноградова А. Н. 125, 128
 Виньола 18
 Виолле-ле-Дюк 67
 Витрувий 13, 15, 72, 76, 311, 313
 Виттковер Р. 303
 Владимиров В. 20
 Воронин Л. Н. 67
 Воронина В. Л. 55, 67
 Вяткин В. Л. 97, 268

 Гаганов Г. И. 72, 264
 Газали 4
 Гарднер 18
 Гегель 9
 Геродот 13, 49

- Герон 9, 17, 80, 81, 92
 Герардо Кремонский 18
 Герц М. 72
 Гнасадин Койхосроу 313
 Гидион З. 19
 Гидион-Вельер К. 19
 Гика М. 18
 Гипподам 42, 311
 Гипократ 340
 Гиршман Р. 49, 88
 Годар А. 67, 118, 119, 247
 Гражданкина Н. С. 132
 Гримм Г. Д. 19
- Давидович Е. А. 142
 Дадашев С. А. 253
 Данте Алигьери 313
 Дарий 50
 Девлет Шах 79
 Джами Абдаррахман 246, 310, 314
 Джузджани 4
 Димешки 16
 Диц А. Е. 72, 247
 Дональд В. 247
 Дьелафуа М. 67, 247, 253, 256
- Евклид 80, 87, 241, 340
 Евтокий Асколонский 17
- Жирмунский В. М. 9
 Жолтовский И. В. 19, 303
- Засынкин Б. Н. 132, 137, 304
 Захидов П. Ш. 105, 304, 306, 307
 Зутер А. А. 304
- Ибн Аби Усайбия 313
 Ибн ал-Камари 313
 Ибн Рушд (Аверроэс) 18, 312
 Ибн Сина (Авиценна) 14, 17, 77, 80, 92, 240, 241, 312
 Ибн Синап 85
 Ибн Хайсам 326, 331
 Ибн Халдун Абдаррахман Абузайд 92, 302, 307, 309, 314
 Иванов В. В. 304
 Идрис 17
 Иконников А. 20
 Иктин 43, 311
 Имад ад-даула Ваддин Хаджи Ивад ибн Аки Баязид 79, 313
 Исидор Милетский 17
 Исфизори 79
- Йетмар 29
- Кабус ибн Вашмгир 118
 Кадри Хафиз Тавкан 313
 Кайзер Г. 19
 Калликрат 43
 Караев С. К. 58
 Кархи 52
- ал-Каша 92, 93, 226, 241, 305, 314
 Кей-Кавус 308
 ал-Кинди 31, 93, 137, 312, 313
 Кир II 44, 50
 Клей П. 19
 Колли Н. 20
 Конрад Н. И. 9
 Кост П. 67
 Котова Н. Л. 303
 Краснова С. А. 304
 Крамер С. Н. 12, 26
 Крачковский И. Ю. 84
 Кресвелл К. 247, 253
 Круглова Т. 20
 Крюков К. С. 70, 152, 168, 204, 226, 305
 Кубесов А. К. 74
 Кук 18
 Кутлуг-Тимур 137, 139
 ал-Кухи 85
- Ламцов И. 20
 Лапиров-Скобло М. С. 20
 Ле Корбюзье 19
 Ленин В. И. 6, 8, 303
 Леонардо да Винчи 241, 303
 Лессер 18
 Ликург 14
 Лосев А. Ф. 303
 Лулу Зияддин 313
 Лунд 18
 Люрса 18
- Майер Л. А. 307—309, 311
 Максимов Н. 20
 Мамиконов Л. 67
 Мамун 89
 Маньковская Л. Ю. 70, 153, 155, 2-6
 ал-Мансур 307
 Массон М. Е. 69, 137
 Масуд см. Мас'уди
 Мас'уди 16, 313
 Матвиевская Г. П.
 Маусс А. 247
 Мауэр М. Ф. 247
 Махмуд I 79
 Махмуд Исфагани 187
 Маца З. И. 303
 Медичи Козимо 306
 Медовой М. И. 88, 153, 157, 226, 304
 Менелай 17, 74, 89
 Мессель 18
 Мехмед I 313
 Мец А. 9
 Милонов Ю. 20
 Мирзарахимов 303
 Мирхонд 310
 Мовчан 304
 Моисей Хоренский 85
 Морозов В. М. 152

- Мотис Д. 67
 Мукаддаси (Макдиси) 84
 Мурадов Ширин 264
 Муратов В. 303
 Мухаммад ибн Махмуд 84, 232
 Мухаммад Султан 176
- Навои Алишер 79, 310, 314
 Наджмаддин Махмуд 89
 Найрази 17
 Наршахи 63
 Насир Хусроу 308
 Нерви Л. 19
 Нахр ал-Джафари 313
 Неумывакин С. Б. 132, 305
 Низами 308, 314
 Николаев И. 20
 Нильсен В. А. 226, 230
 Ноткин И. И. 164
 Нугман 308
 Нуцубидзе Ш. Н. 9
- Обри 33, 51
- Палладий 18
 Паччоли Л. 303
 Петрушевский И. П. 9
 Пещерева Е. М. 95
 Пигулевская Н. В. 85
 Пилявский В. И. 132
 Пифагор 4, 14
 Платон 4, 14
 Плетнев И. Е. 70
 Плигина О. Н. 303
 Покровский П. 20
 Покрышкин П. П. 226
 Поликлет 14, 82
 Пославский И. Г. 118
 Прибыткова А. М. 112, 115, 226, 232, 305
 Птолемей 18, 57, 340
 Пугаченкова Г. А. 55, 69, 95, 105, 112, 304, 306, 307, 312
- Рази 83
 Разиль Хереви 95
 Рапопорт Ю. А. 48, 49
 Ратия Ш. Е. 67, 69, 167
 Рашид ад-Дип 94, 300, 308
 Ремпель Л. И. 58, 67, 70, 72, 147, 312
 Робертс 18
 Робертсон 18
 Роджерс Э. 19
 Розенфельд Б. А. 74, 84, 92, 94, 153, 304, 305
 Ртвеладзе Э. В. 58
 Рудаки 31, 75
 Рыбаков Б. А. 20, 309
- Саади 308
 Саададдин Копек ибн Мухаммад 313
 Сабит ибн Корра 80, 85
- Сагадеев А. В. 314
 Саламзаде А. 307, 311, 312
 Салье М. А. 189
 Санаи 313
 Санджар 309
 Саргон 35
 Сарраниди В. И. 30, 39, 45
 Саркисова Е. 303
 Сартон Д. 84
 Северини Дж. 19
 Семенов А. А. 311
 Серлио 18
 ас-Сиджизи 85
 Склярковский С. 116
 Сократ 14, 77
 Солоухин В. 3
 Страпцова Т. С. 304
 Струве В. В. 12
 Суфи 139
- Текеш 128
 Тексье Ш. 18, 67
 Толстов С. П. 46
 Томаев Г. Н. 265
 Томирис 49
 Тирш 18
 Тиц А. 20
 Тугрим-шах ибн Клыч-Арслан 313
 Туркус М. 20
- Усейнов М. А. 255
 Улугбек 310
 ал-Умави 313
- ал-Фараби 73—77, 80, 82, 84, 87, 93, 137, 152, 240, 241, 306, 307, 312
 Фахраддин Рази 83
 Фахри Али 293
 Фахури 314
 Федоров М. 20
 Феодосий 75
 ал-Фергани (Алфраганиус) 17, 313
 Физули 4
 Филимонов В. М. 70, 132
 Филон Афинский (Византийский) 9, 81—83, 311
 Флетчер А. 243
- Хазанов Д. Б. 20, 152
 ал-Хазини 80, 94
 Хайруллаев М. М. 9
 Хакимов З. А. 58
 Хаммурапи 13
 ал-Хасаи ибн Муса ибн Шакир 84, 85, 300
 Хафиз Абру 79, 310
 Хвольсон 16
 Хеллет Ф. 19
 Хеопс 13
 ал-Химси 85
 Хокинс Дж. 11, 13

Хондемир 79, 310
ал-Хорезми (Алгоритмус) 17, 70, 84, 234, 246

Цейзинг А. 18, 19

Чалоян В. К. 9

Чезарино 18

Черников А. А. 44

Шамсаддин Абу Бакр 89, 313

Шарафаддин ал-Йазди 310

Шарафаддин Хусайн ибн Хасан Самарканди 92

Шарипов Ш. М. 303

Шахбензар (Шаханзин) 135

Шахристани 16

Шахрух 79

Шваб Ю. Э. 70, 149, 247, 265

Шевелев И. 20

Шестаков В. П. 14

Шида 308

Шиллер Ф. 313

Шипкин В. А. 266

Шлюмберже Д. 59

Шмидт 18

Шпейзер А. 19

Шуази О. 247, 306

Шульц 18

Щусев А. В. 126, 232

Энгельс Ф. 14, 79

Юшкевич А. П. 92, 93, 94, 153, 305

Юдицкий Е. Н. 303

Якубовский А. Ю. 132, 137, 139, 142, 311

Ясёви 153

Яралов 304

СОДЕРЖАНИЕ

О книге М. С. Булатова «Геометрическая гармонизация в архитектуре Средней Азии IX—XV вв.»	3
От автора	7
Введение	8
Г л а в а I. Архитектурная гармония и Космос	10
Г л а в а II. Из истории исследования пропорций в архитектуре Средней Азии	67
Г л а в а III. Об основах средневекового зодчества Среднего и Ближнего Востока	72
Искусные геометрические приемы по ал-Фараби	73
Идея гармонии и архитектурные пропорции	75
Статика и геометрическая гармонизация тектонических структур	80
Г л а в а IV. Трактаты для зодчих	82
Г л а в а V. Построение архитектурной формы зодчими Средней Азии в IX—XV вв.	96
Искусные геометрические приемы в зодчестве IX—XII вв.	97
Приемы построения архитектурной формы в XIII—XV вв.	132
Пропорциональные системы в архитектуре Средней Азии	234
Г л а в а VI. Арочно-сводчатые кривые в архитектуре Средней Азии IX—XV вв.	247
Г л а в а VII. Архитектурный орнамент	264
Заключение и выводы	300
П р и м е ч а н и я	303
П р и л о ж е н и е 1. К вопросу об общественном положении и образованности средневековых зодчих на Среднем и Ближнем Востоке	306
П р и л о ж е н и е 2. «Введение [в учение] о подобных и соответственных фигурах» (трактат и комментарий). <i>Пер. А. Б. Вильдановой</i>	315
Словарь терминов	341
Список сокращений	342
Библиография	343
Список иллюстраций	351
Список иллюстраций к Приложению 2	356
Указатель имен	358

Митхат Сагадатдинович Булатов
ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ГАРМОНИЗАЦИЯ
В АРХИТЕКТУРЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ IX—XV вв.
(историко-теоретическое исследование)
Издание второе, исправленное и дополненное

Редактор *Н. П. Губина*
Младший редактор *Л. А. Добродеева*
Художественный редактор *Э. Л. Эрман*
Технический редактор *М. В. Погоскина*
Корректор *Т. А. Алаева*

ИБ № 15725

Сдано в набор 25.11.86. Подписано к печати 29.03.88. Формат 84×108^{1/16}. Печать высокая. Бумага типографская № 1. Гарнитура обыкновенная новая. Вклейка отпечатана на мелованной бум. Усл. п. л. 38,64+0,84 вкл. Усл. кр.-отт. 43,68. Уч.-изд. л. 36,81. Тираж 2700 экз. Изд. № 6098. Зак. 172.
Цена 4 р. 40 к.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Наука»
Главная редакция восточной литературы
103031, Москва К-31, ул. Жданова, 12/1
2-я типография издательства «Наука»
121099, Москва, Г-99 Шубинский пер., 10