

ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

НАУКА СТРОИТЕЛЕЙ ПИРАМИД

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ. СООРУЖЕНИЕ ПИРАМИД

Как ни странным это может казаться, но, хотя большие египетские пирамиды были сооружены в историческую эпоху, по своей технике, по орудиям труда они относятся к так называемому неолитическому, или халколитическому, периоду, знаменующему конец неолита и вообще каменного века. В самом деле, из металлов там встречаются лишь золото и медь и, видимо, только к концу Древнего царства появляется бронза.

Эти огромные монументы были, следовательно, возведены при помощи металлических инструментов значительно худшего качества, чем те, которыми пользовались, например в Греции, первые дорические строители. И тем не менее сколь совершенно исполнение комплекса даже самой древней пирамиды — пирамиды Джосера в Саккара! Какими же средствами располагал ее зодчий — гениальный Имхотеп, когда он приступил к сооружению этого замечательного огромного памятника (рис. 31), глубокое впечатление от которого на население Мемфиса сыграло впоследствии значительную роль в обожествлении Имхотепа и прославлении его имени как изобретателя способа возведения сооружений из крупных обтесанных камней? Можем ли мы заключить на основании этого, что до того времени каменные сооружения были неизвестны? Конечно, нет. Доказательства противного мы находим во многих постройках эпохи I и II династий, но то были лишь первые, робкие попытки использования камня для облицовки стен, вымостки, для обрамления дверных проемов или для установки больших заградительных плит. По-видимому, камню уже тогда отдавалось предпочтение потому, что он обладал неоспоримыми преимуществами: прочностью, стойкостью и долговечностью.

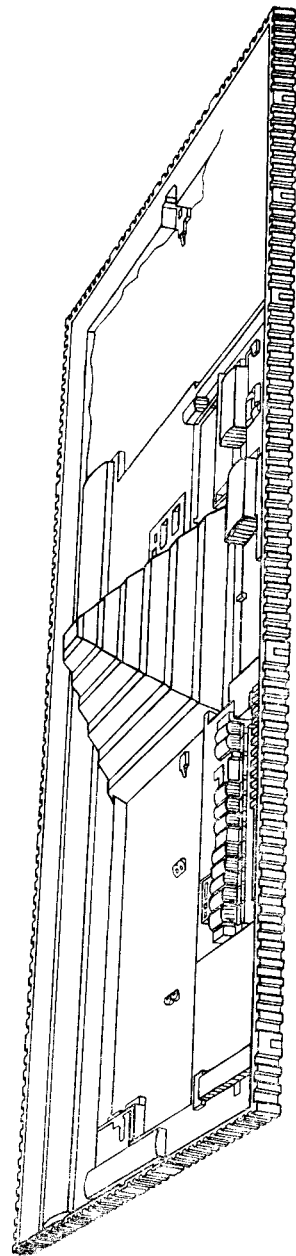


Рис. 31. Ансамбль ступенчатой пирамиды Джосера (реконструкция автора)

Однако при фараонах, правивших до Джосера, камень не был распространен повсеместно. Иначе, чем можно было бы объяснить то, что они не применяли его при возведении своих гробниц, которым прежде всего следовало обеспечить максимально возможную прочность?

Гробница в Абидосе, приписываемая предшественнику Джосера — фараону Хасехемуи, возведена из необожженного кирпича, и лишь внутренние стены центральной камеры облицованы обтесанными известняковыми плитами.

В Саккара, вне всякого сомнения, уже встречается существенное новшество: здесь из камня сооружена не только гробница фараона, но и все примыкающие к ней внутри обширного двора храмы, культовые помещения и многочисленные символические постройки, воспроизводящие архитектурные формы, которые были присущи ранее сооружениям из кирпича, дерева или камыша.

С технической точки зрения это было вполне выполнимо. С одной стороны, в Египте с древних времен применялись инструменты для обработки камня и были известны приемы добычи, обтесывания и полировки даже наиболее твердого камня¹, о чем свидетельствуют замечательные сосуды, искусство изготовления которых достигло наивысшего расцвета в период Негады², предшествующий I династии, а также стелы из гранита и базальта с высеченными на них именами тинисских фараонов³ или сланцевые палетки, например палетка с именем фараона Нармера. (Возможно, что его следует отождествлять с фараоном Менесом, объединившим оба египетских царства). С другой стороны, камни высекали определенного размера и их сравнительно удобно было, следуя методам кладки кирпича-сырца, располагать правильными рядами. Имхотеп сумел использовать достижения, которых добились при кладке из необожженного кирпича, и приспособить их к

каменной кладке. Таким образом он преодолел одно за другим все затруднения, вызванные этой заменой. В сооружениях при пирамиде фараона Джосера прекрасно сочетаются формы тинисской и додинастической архитектуры. Аналогичное явление наблюдается и у истоков греческой архитектуры, в частности в первых храмах дорического ордена.

Наши собственные исследования позволили установить, что уже в процессе сооружения комплекса гробницы фараона Джосера были усовершенствованы и упрощены многие инструменты, а также сама кладка. Так, строители еще в те времена отказались от обработки каменных блоков сверлами с кремневыми наконечниками, дающими малый эффект при обработке известняка. Эти сверла стали употреблять лишь для бурения и сверления небольших выемок, камни твердых пород предварительно грубо разделяли молотами, а затем обтесывали медными зубилами, которыми ударили деревянными кувалдами. Действительно, следы сверл встречаются только на обратной стороне облицовочных плит первоначальной мастабы Джосера, перекрытой впоследствии его ступенчатой пирамидой, в то время как задняя поверхность всех остальных блоков имеет четкие следы более или менее широкого лезвия медного зубила.

Что же касается кладки, то тут можно отметить значительное увеличение высоты каждого ряда в верхней половине стены ограды по сравнению с нижней ее половиной. Увеличение размеров блоков, придавая большую связность кладке, ускоряло работу по обтесыванию блоков и обеспечивало значительную экономию во времени.

При раскопках в ступенчатой пирамиде были найдены некоторые инструменты, применявшиеся при сооружении этих памятников⁴.

1. Инструменты для обработки камня.

Диоритовые кувалды, или молоты: одни явно сферической формы без рукоятки, другие — несколько напоминающие деревянный молоток с ребром на ударной стороне; на противоположной стороне они немного сужались для крепления в деревянной ручке.

⁴ J.-Ph. Lauer, *Fouilles à Sakkarah. La pyramide à degrés*, — «L'Architecture», t. II, pl. XCVI; t. III, pl. XIX, 10—11.

¹ S. Clarke and R. Engelbach, *Ancient Egyptian masonry. The Building craft*, pp. 23—33.

² Негада — городок в Египте, вблизи которого был найден древнейший, видимо царский, некрополь, датируемый временем до начала правления I династии (конец IV тысячелетия до н. э.). По имени места первых находок культура того времени и получила свое название. — *Прим. ред.*

³ Например, знаменитая стела фараона Джета, хранящаяся в Лувре.

Шары из известняка с одной сплюсненной стороной, предназначенные для измельчения осколков известняка в порошок, который входил в состав раствора, применяемого при кладке облицовки.

Два цилиндра из белого известняка диаметром 0,2 м и длиной примерно 0,5 м.

Пробойники и многочисленные кремневые сверла, используемые как наконечники буров. Эти сверла закреплялись в расщепе деревянной рукоятки, которую вращали под давление.

Кремневые лезвия и обоюдоострые ножи, а также точила из кварцита.

Кварцитовый инструмент для высверливания и полировки каменных ваз.

2. Медные инструменты.

Тесла и топорики с односторонним лезвием, а также остроконечные зубила и зубила с лезвиями различной ширины, образцы которых найдены нами. Следы их применения обнаружены на обратных сторонах блоков.

Песчаная пила — инструмент, применяемый в особых случаях. Процесс пиления заключался в трении металлического лезвия, в данном случае медного, по зернам дробленого кварца, смоченным водой. Действительно, обнаруженные нами на некоторых блоках, имеющих выступы или борозды, шириной 2—3 мм, бороздки со следами окиси меди могли быть сделаны лишь таким способом⁵.

Металлический бур, действие которого было основано на том же принципе. У этого инструмента наконечник бура заменяла медная трубка. Вращая трубку в песке или зернах кварца, получали цилиндрические отверстия небольшого диаметра даже в камне самых твердых пород. Небольшой фрагмент гранитного цилиндрика, носящего характерные круглые следы, оставленные этим способом обработки, был найден при раскопках ступенчатой пирамиды⁶.

⁵ Ibid., t. II, pl. XCVIII, 2.

⁶ См. С. М. Firth and J. E. Quibell, *Excavation at Sakkarah. The step Pyramid*, vol. II, pl. 94, 5. Следы применения подобного инструмента были отмечены в памятниках Хефрена Хельшером (U. Hölscher, *Das Grabdenkmal des Königs Chephren*, Leipzig, 1912, S. 77—79 und Taf. XIV).

3. Различные инструменты и материалы — дерево, канаты, кирпич-сырец.

Из дерева изготавливались рукоятки для различного каменного и металлического инструмента: кувалд, молотков, тесел, топориков, сверл, а также кувалды, которыми ударили по зубилам. Кроме того, дерево использовалось при такелажных работах в качестве рычагов и балок, предназначенных для зачаливания и траления канатов при подъеме, спуске и установке больших каменных блоков и плит.

При раскопках было обнаружено много таких балок из сикоморы и акации. Они были брошены или заделаны в кладку, впоследствии замуровавшую лестницу, которая спускалась к находящемуся в толще южной стены склепу, где, возможно, находились канопы фараона Джосера⁷. Одна из балок со следами, оставленными трением канатов, находилась еще на месте, над входом в гранитную усыпальницу; входной проем был перекрыт несколькими вертикально стоящими гранитными плитами, спущенными при помощи этого приспособления. Входное отверстие цилиндрической формы в собственно усыпальницу фараона, находившуюся под ступенчатой пирамидой, было заделано большим гранитным блоком слегка конической формы и весом около 3,5 т. Этот блок также должен был быть спущен при помощи канатов, скользящих по толстым бревнам, поскольку на нем имеются выемки, необходимые для крепления канатов (рис. 32).

У кладовой гробницы Джосера, где хранились большие глиняные и алебастровые сосуды, обнаружены фрагменты массивных деревянных носилок. По всей вероятности, на них переносили эти сосуды.

Наконец при возведении гробницы Джосера несомненно применялась и волокуша, широко распространенное в Египте приспособление для перемещения больших каменных глыб, однако нам еще не удалось обнаружить даже ее обломков. А ведь за исключением очень крупных блоков из известняка или гранита, камни для облицовки ступенчатой пирамиды не могли быть доставлены к месту строительства иначе, чем этим способом. Кроме того, множество обломков известняка, заполняющих важнейшие массивы, находящиеся за оградой, ясно указывают, что

⁷ J.-Ph. Lauer, *Fouilles à Sakkarah, Pyramide à degrés*, — «L'Architecture», t. II, pl. XXXII, 2.

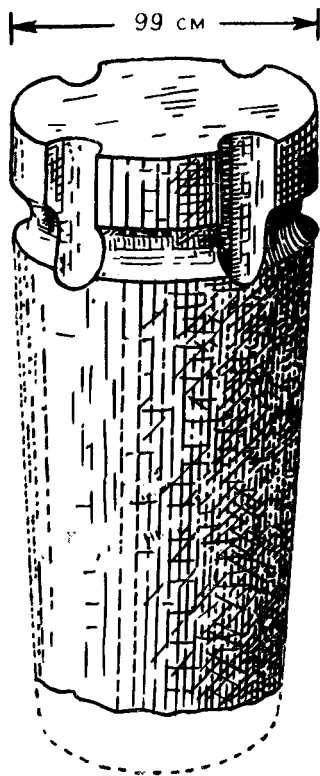


Рис. 32. Гранитная пробка из подземелья пирамиды Джосера

зубила. Камень укладывали по методу, принятому для кладки кирпича-сырца, т. е. правильными рядами с чередованием тычков и ложков. Для погрузочных и такелажных работ широко использовали крупные балки, катки, рычаги, канаты, подъездные насыпи из необожженного кирпича и волокуши, в которые впрягали людей. Асуанский гранит и различные камни из Верхнего и Среднего Египта, а также мелкозернистый песчаник с прибрежных скал Тура, расположенных напротив некрополя на другом берегу Нила, доставляли водным путем, используя по возможности периоды его разлива.

камень доставляли из карьеров в необработанном виде и по мере надобности обтесывали.

Кирпич-сырец служил для заполнения промежутков между стенами, его перемешивали с обломками известняка. Кирпичи небольшого размера являлись, очевидно, остатками насыпей или уступов, служивших подмостями для возведения пирамиды, а также различных сооружений или большой стены ограды.

Таковы материалы и инструменты, которыми пользовались, как мы можем отметить, строители комплекса ступенчатой пирамиды. Они позволяют нам представить основные методы, применявшиеся при возведении столь гигантских монументов.

Для сооружения царского погребения сгонялись каменщики, скульпторы и каменотесы, занятые ранее изготовлением каменных сосудов. Для обработки каменных блоков, после обтесывания их кувалдами из твердого камня (диорита или кварцита) применяли медные

Впоследствии методы эти получают свое развитие в эпоху строительства больших пирамид, следовательно непосредственно за временем сооружения ступенчатой пирамиды. Вероятнее всего, орудия оставались прежними, но была усовершенствована организация работ на основе полученного практического опыта и навыков в такелажных работах. Успешно перемещали монолитные блоки все большего веса. Предел в этом отношении был, по-видимому, достигнут в правление Хефрена. Хельшер⁸ обнаружил в толще стен нижнего храма его пирамиды блоки объемом от 50 до 60 куб. м, весом около 150 т, а в стенах верхнего храма один блок длиной 13,4 м, весом около 180 т, другой — объемом 170 куб. м, весом около 500 т! Совершенно очевидно, что не могло быть и речи о погрузке таких блоков на волокуши; вероятно, они были добыты где-нибудь поблизости и доставлены при помощи катков. Но если основной массив сооружения составляют блоки из местного желтого известняка, то большая часть плит для облицовки сделана из мелкозернистого известняка Тура или асуанского гранита. Следовательно, они должны были доставляться на волокушах или на барках; монолитные столбы весили от 12 до 14 т, некоторые угловые столбы — до 20 т, а две облицовочные плиты, сохранившиеся у подошвы основания фасада нижнего храма, были вдвое тяжелее угловых столбов.

Хельшер нашел на камнях, находящихся под вымосткой, круглые отверстия диаметром 25 см и такой же глубины, расположенные в три ряда примерно на одинаковых расстояниях друг от друга. Он справедливо считает, что это следы гнезд для крепления подмостей, с которых при помощи канатов придавали вертикальное положение столбам, предварительно вставленным в гнезда под крутым наклоном. Канаты эти не могли проходить через блоки, отмечает Хельшер⁹, так как последние, по-видимому, еще не были известны в ту пору в Египте; вероятно, они просто скользили по толстым балкам, смазанным жиром.

В период правления V династии некоторые блоки пирамид еще имели довольно значительные размеры. Так, Борхардт считает, что в пирамиде Нусерра объем блоков перекрытия склепа был не менее 40 куб. м, т. е. их вес пре-

⁸ U. Hölscher, *Das Grabdenkmal des Königs Chephren*, S. 40, 52.

⁹ Ibid., S. 76—77, Abb. 70.

вышал 100 т. Что же касается прекрасных пальмовидных или папирусообразных гранитных, реже кварцитовых колонн в заупокойных храмах той эпохи, то они сделаны из монолитов высотой более 6 м и весом до 11 т.

Наиболее известное изображение транспортировки на волокушах — перевозка огромной алебастровой статуи Номарха XII династии Джехутихотепа.¹⁰ Судя по описаниям, этот сидящий колосс имел в высоту 13 локтей и весил, следовательно, около 60 т. На барельефе изображена его перевозка на волокуше: 172 человека тянут четыре каната¹¹. Один рабочий, примостившийся у ног колосса, поливает водой дорогу перед волокушей, чтобы облегчить ей скольжение по глинистому пути, в то время как трое других несут на коромыслах по два кувшина воды. За ними следуют еще трое рабочих с толстой деревянной балкой на плечах. На одной из сторон этой балки нанесены зарубки в виде зубьев пилы, неравномерно распределенные по ее длине. По мнению одних, это просто бревно¹², которое, возможно, укладывали в некоторых местах перед волокушей для облегчения ее передвижения; по мнению других, это рычаг. Вандье¹³, сторонник последней гипотезы, считает, что зарубки должны были служить для торможения скользящих канатов, за которые тянули люди, приводившие рычаг в действие. Однако это объяснение не учитывает неравномерность распределения зарубок, а также и то, что часть их находится на конце рычага, вводимого под груз при его подъеме. Возможно, что зарубки эти¹⁴ позволяли устанавливать рычаг под колоссом в различных положениях.

¹⁰ P. Newberry, *El-Bersheh*, vol. I, London, 1894, pp. 19—26 and pl. XV.

¹¹ Капар («*Chronique d'Egypte*», 1943, juillet, p. 187, n. 1) совершенно справедливо отмечает, что это число рабочих обусловлено величиной свободного пространства на плоскости. Возможно, добавляет он, что текст надписи для объяснения соотношения относительно малого числа рабочих и веса колосса гласит: «Руки рабочих становились мощнее, и каждый прилагал силу тысячи людей».

¹² S. Clarke et R. Engelbach, *Ancient Egyptian masonry*, p. 85.

¹³ «*Chronique d'Egypte*», № 36, pp. 185—190.

¹⁴ Вандье полагает, что судя по направлению зарубок, под колосс подводили правую часть балки; однако зарубки, расположенные и в другом направлении, также позволили бы закрепить канаты, тем более что последние надо было тянуть не наверх, а насколько наискось, чтобы не оказаться под плечом рычага.

Транспортировка на волокушах требовала, как мы видим, значительных усилий, и поэтому понятно, что максимальное использование водного пути по Нилу приобретало особенно большое значение. Период разлива Нила был наиболее удобным для этой цели, так как камень можно было подвозить непосредственно к месту работ, а быть может, и накапливать в большом количестве для последующих месяцев.

Для каждой пирамиды на кромке долины сооружалась набережная с портиком, предназначенная прежде всего для похоронной процессии, а также для делегаций, принимавших участие в погребальных обрядах, или для приношения жертв. Во время сооружения пирамиды набережная служила портом, через который снабжалось строительство всего комплекса. Учитывая огромное значение этого маленького порта, а также и то, что период разлива Нила длился только четыре месяца, мы вправе задать вопрос: не пришла ли строителям пирамид в Гизе мысль использовать многочисленные пруды, остававшиеся после спада воды в Ниле, прорыв для этого сеть каналов, постоянно связывавших Нил с некрополем в пустыне?

Геродот (II, 99) утверждает, что Менес, первый фараон исторической эпохи Египта, отвел русло Нила выше того места, где он собирался основать Мемфис, направив течение реки вместо Ливийской пустыни в центр долины. «Еще и теперь, — добавляет он, — персы ревниво охраняют этот рукав Нила и следят за тем, чтобы река не прорвала плотины, и потому ежегодно укрепляют ее. Действительно, если бы река прорвала в этом месте плотину и потекла бы через нее, то всему Мемфису угрожала бы опасность затопления». Однако столь гигантские работы, приписываемые Менесу, представляются и неправдоподобными, и бесполезными. Наоборот, следы этой излучины могли остаться от древнего канала, проходившего на окраине некрополя и сооруженного строителями пирамид по соображениям, которые мы изложили выше. Возможно, что эти следы и послужили основанием для ошибочного истолкования во времена Геродота. Кроме того, рассказывая о тех огромных усилиях, которые затрачивались на транспортировку камня и сооружение необходимой для этого дороги, Геродот пишет (II, 124): «Десять лет продолжалась постройка дороги и подземных покоев на том холме, на котором стоят пирамиды; покои эти он [Хеопс] сооружал для себя, как

усыпальницу, на острове, для чего провел *канал из Пила...*. Очень трудно установить, что представляли собой подземные покои, которые он здесь упоминает. Были ли это камеры и галереи самой пирамиды или ее подсобных сооружений? Нам представляется вероятным, что Геродот спутал их с камерами нижнего храма, которые, будучи почти полностью занесены песком, могли в какой-то мере казаться подземными. Кроме того, во время наводнений могло создаться впечатление, что храм этот вместе с принадлежащей ему набережной почти целиком был окружен водой. Существование канала превосходно объясняется необходимостью обеспечить возможность в любое время года подвозить камень, необходимый для сооружения погребального комплекса Хеопса.

После доставки материалов к месту сооружения пирамиды начиналась, вероятно, наиболее трудная стадия работ, требовавшая превосходной организации строительства. Необходимо было поднимать блоки на пирамиду, которая становилась все выше и выше. Каким же образом египтяне осуществляли это?

С древности на этот вопрос существовало два ответа. Первый принадлежит Геродоту и состоит в том, что у египтян были деревянные машины, при помощи которых блоки якобы поднимались с уступа на уступ. Второй высказан Диодором Сицилийским (кн. I, 113), который утверждает, что египтяне, не располагавшие машинами, возводили свои пирамиды, используя для подъема камня земляные насыпи. Отрывок из труда Геродота, относящийся к машинам (II, 125), заслуживает того, чтобы его привести, поскольку из-за него было израсходовано немало чернил. «...Пирамида эта¹⁵ сооружалась таким образом: по окончании уступов поднимали остальные камни машинами, сложенными из коротких кусков дерева, сначала с земли на первый ряд уступов; каждый положенный здесь камень перекладывали на другую машину, уже стоявшую в первом ряду ступенек; отсюда камень поднимался с помощью третьей машины во второй ряд. Вообще или машин было столько, сколько рядов ступеней в пирамиде, или же машина была одна, удобоподвижная, которую переносили с одного ряда на другой, лишь только камень был снят с нее; о двух способах мы говорим потому, что и нам так

¹⁵ Речь идет о пирамиде Хеопса.

рассказывали. Прежде всего отделаны верхние части пирамиды, потом следовавшие за ними снизу, наконец самые нижние части ее, те, что лежат на земле»¹⁶.

Необходимо отметить, что Геродот, по-видимому, говорит здесь лишь об облицовке, допуская, что применению машин предшествовало сооружение массива пирамиды со всеми ее уступами каким-либо иным способом; скорее всего это была система земляных насыпей. Однако вполне возможно, что Геродот, не будучи архитектором, неправильно истолковал полученные объяснения, ибо, если такие машины действительно существовали, непонятно, почему ими не пользовались для возведения всего сооружения.

Несмотря на то что это предположение Геродота, равно как и некоторые другие его высказывания, достаточно спорно, некоторые авторы все же занялись исследованием подъемных приспособлений. Так, Шуази¹⁷ полагал, что это приспособление, названное Легреном «качающийся подъемник»¹⁸, представляло собой небольшую волокушу с полукруглыми полозьями, уменьшенные модели которой найдены во многих гробницах Нового царства. Однако то, что эти модели обнаружены лишь в гробницах Нового, а не Древнего или Среднего царства, вызывает сомнение в правильности приведенной гипотезы. Кроме того, поскольку имеются лишь уменьшенные копии этого приспособления, нам трудно представить себе истинные размеры последнего и решить, были ли его составные части достаточно прочны, чтобы выдержать тяжесть больших плит и поднять их на пирамиду. Вопрос, следовательно, остается открытым. С. Кларк и Р. Энгельбах¹⁹ категорически утверждают, что «качающийся подъемник» служил для точной подгонки швов плит облицовки, зачастую выполненных с чрезвычайной тщательностью, которая, по их мнению, производилась на строительной площадке до установки плит на место.

¹⁶ Геродот несомненно намекает на завершение кладки облицовки, каковую действительно рационально было начинать с вершины.

¹⁷ A. Choisy, *L'art de bâtir chez les Egyptiens*, Paris, pp. 80—86, 100—101.

¹⁸ Пояснение принципа действия такого приспособления приведено в популярных изданиях, например: J. Moreux, *Histoire de l'architecture*, Paris (Collection «Que sais-je?»), pp. 11, 13.

¹⁹ S. Clarke and R. Engelbach, *Ancient Egyptian masonry*, pp. 94, 101—103.

Однако и эта гипотеза, несмотря на ее оригинальность, на наш взгляд, обоснована не более, чем гипотеза Легрена и Шуази. Но все же, если и можно сомневаться в применении подъемного приспособления непосредственно при сооружении пирамиды, его значение на строительной площадке несомненно было больше, чем то, которое ему приписывают Кларк и Энгельбах. Для подгонки стыковых швов хватило бы комплекта катков и деревянных клиньев, загоняемых под плиты. Предположение, что «качающиеся подъемники» служили опалубкой для возведения сводов, опроверг Шуази, напомнив, что египтяне с давних пор разрешили эту проблему, выкладывая своды без опалубки.

Немецкий инженер Л. Кроон²⁰, также основываясь на высказываниях Геродота, вновь затрагивает вопрос о транспортировке блоков и их подъеме на пирамиду. Путем длинных расчетов он доказывает невозможность использования земляных насыпей, так как сооружение их, по его мнению, потребовало бы почти столько же труда, как и строительство самой пирамиды и все равно они не дали бы возможности достроить последние метры вершины пирамиды. Кроон приходит к заключению о неизбежности применения подъемных механизмов. «Качающийся подъемник» Шуази он отвергает, поскольку одновременное применение даже 3500 таких приспособлений не обеспечило бы окончания сооружения Великой пирамиды к сроку.

Кроон выдвигает вариант египетского журавля — шадуфа, того самого, известного с древних времен шадуфа, которым феллах и по сей день черпает воду из своего колодца (рис. 33). Это приспособление состояло, по его мнению, из балки, качающейся в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, находящейся вне центра тяжести балки, которая на специальных опорах устанавливалась на нужном уровне. После того как камень подвешивали к короткому плечу балки, рабочие, натягивая канаты, укрепленные на противоположном плече балки, поднимали его до следующего ряда кладки (рис. 34), где перемещение блоков осуществлялось при помощи ваг, клиньев и рычагов. Поскольку операция могла повторяться от одного ряда кладки к другому, не было необходимости в сооружении земляных насыпей.

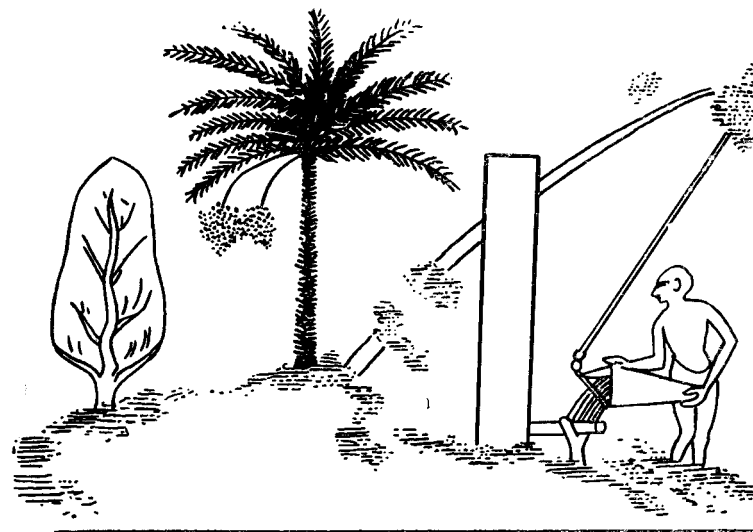


Рис. 33. Древнеегипетское изображение шадуфа

Поскольку эта гипотеза получила широкое распространение в некоторых популярных изданиях, преподносящих ее как вполне обоснованную²¹, мы считаем необходимым привести наши возражения. Кроон, несмотря на весьма тщательные расчеты, не исчерпал все варианты возможного применения этих насыпей как в отношении их расположения, так и в отношении их постепенного наращивания. Он рассматривает лишь частные случаи, подтверждающие его теорию, но малоприспособные в реальных условиях сооружения пирамид.

Действительно, следовало учесть, что в сооружениях типа пирамиды количество используемого строительного материала сильно сокращается от ряда к ряду по мере увеличения ее высоты. Это сокращение следует закону геометрической прогрессии, согласно которому *в пирамиде с квадратным основанием ряд кладки, длина которого равна половине длины нижележащего ряда, покрывает поверхность в четыре раза меньшую, чем нижележащий ряд*. Таким образом, на половине высоты пирамиды коли-

²⁰ L. Kroon, *Lastentransport beim Bau der Pyramiden*, Hannover, 1925.

²¹ См., например, J. Capart, *Memphis, à l'ombre des Pyramides*, p. 303.

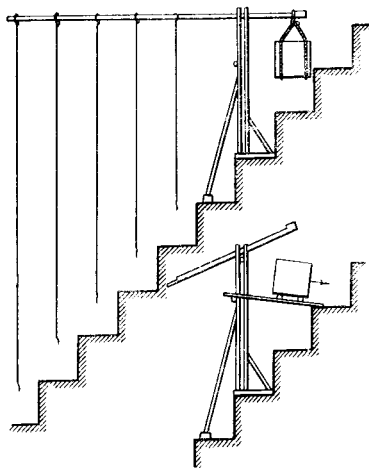


Рис. 34

чество блоков, необходимых для одного ряда кладки, составит $\frac{1}{4}$ количества, потребного для кладки основания пирамиды; на $\frac{3}{4}$ высоты потребуется уже $\frac{1}{16}$ и на $\frac{7}{8}$ высоты только $\frac{1}{64}$. Если, например, для ряда кладки основания требовалось 64 000 блоков, то для ряда, находящегося на $\frac{7}{8}$ ее высоты, нужно лишь около 1000 блоков той же величины.

Что же касается числа рабочих, необходимых одновременно для кладки каждого ряда, то здесь решение несколько иное, так как оно зависит не только

от величины площади, отведенной каждому рабочему, как это бывает, например, при рытье канала. Даже при сооружении основания Великой пирамиды, занимающего площадь более 5 га, не представлялось возможным разместить рабочих равномерно. Работы велись, вне сомнения, сразу во многих местах, но вокруг них должны были оставаться свободные участки для укладки и подгонки камней, доставки материалов, передвижения рабочих и, возможно, ослов. Хотя уменьшение числа рабочих, занятых в одно и то же время на каждом последующем ряду кладки, по мере роста сооружения и не следует точно закону геометрической прогрессии, оно все же будет значительно выше, чем по закону простой арифметической прогрессии.

Во всяком случае несомненно, что потребность в рабочих, материале и запасах продовольствия убывала по мере роста пирамиды. Вот почему в предложенных Крооном направленных перпендикулярно к одной из сторон пирамиды больших насыпях ширина проезжей части должна была убывать, по мере того как увеличивалась высота пирамиды. Но он этого совершенно не учитывает и принимает постоянную ширину полотна этих насыпей в 8 м. Это, вероятно, слишком много для вершины пирамиды, но совершенно недостаточно для кладки рядов ее основания. Чтобы доказать свое явно нелогичное решение, он вынужден

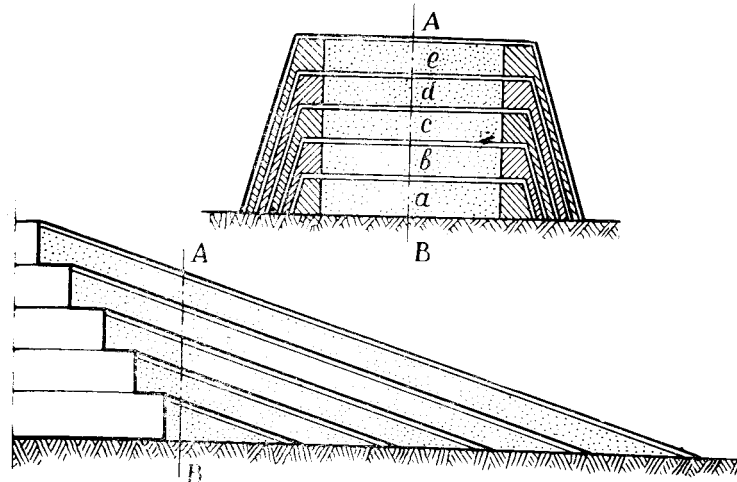


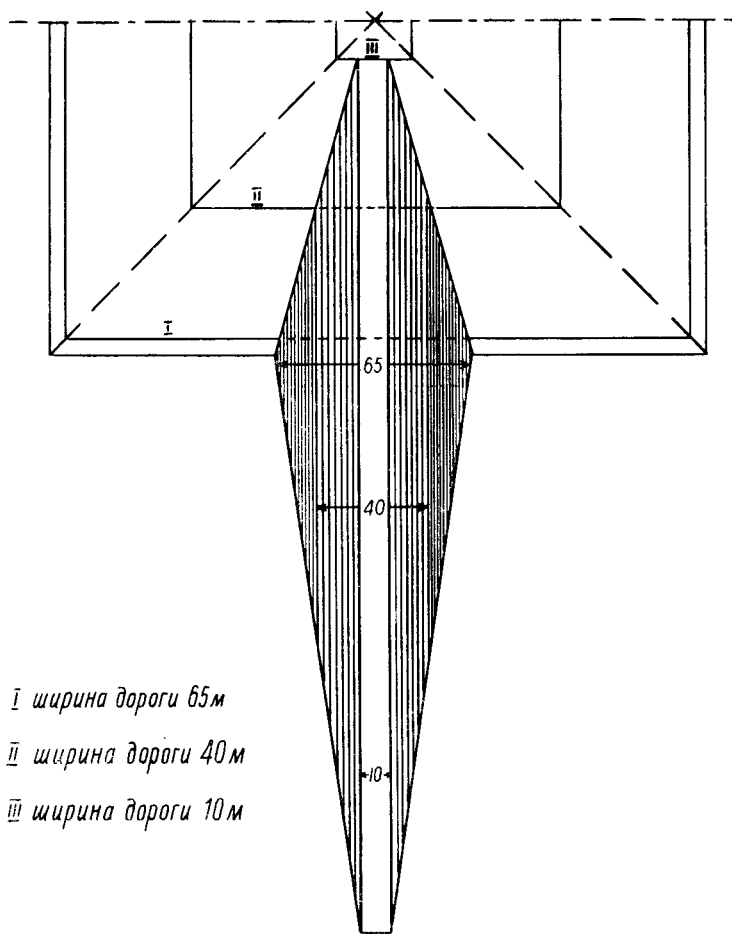
Рис. 35. Схема наращивания насыпи (по Кроону)

прибегнуть к сложному объяснению: для обеспечения подъема волокуш на новый ряд кладки, по его мнению, не только наращивали высоту и увеличивали длину насыпи, но и покрывали еще каждый раз ее откосы новыми слоями кирпича (рис. 35).

Однако существует неизмеримо более простой способ решить эту задачу. Достаточно с самого начала придать основанию откосов насыпи максимальную ширину, обеспечивающую предельно возможный ее подъем к вершине пирамиды при необходимой ширине проезжей части. Тогда с каждым новым рядом кладки наращивание насыпи осуществляется весьма просто: длина ее увеличивается, ширина проезжей части соответственно сокращается и полностью отпадает необходимость укреплять кирпичами откосы, которые подсынаются до уровня высоты кладки (рис. 36). Если мы примем для насыпи, достигающей вершины пирамиды, окончательные размеры, указанные в схеме Кроона²², т. е. ширину основания ее откосов примерно в 70 м в том месте, где она примыкает к пирамиде, то, применяя этот метод, получим почти ту же ширину проезжей

²² L. Kroon, *Lastentransport beim Bau der Pyramiden*, Tat. 3, Zeichn. 9, 10.

части и на уровне кладки второго ряда. На высоте 136 м, по мере наращивания и удлинения насыпи, ширина ее проезжей части сократится до 8 м. Крюон доводит свою насыпь до этого уровня, выше которого предстояло возводить пирамиду примерно еще метров на десять. По его расчетам, при дальнейшем наращивании насыпи, согласно предложенному им методу, ее увеличивающиеся размеры с каж-



I ширина дороги 65 м
II ширина дороги 40 м
III ширина дороги 10 м

Рис. 36. Схема наращивания насыпи на трех стадиях сооружения пирамиды

дым кубическим метром будут все больше расходиться с уменьшающейся кубатурой камней, которых следовало поднять для кладки верхних рядов пирамиды. Отметим, что для наращивания насыпи по предлагаемому нами способу потребовалось бы значительно меньше кирпича, чем по методу Крюона. Кроме того, Крюон считает, что выше принятого им горизонта ширина насыпи будет недостаточна для подтягивания волокуш, длина которых, по его мнению, достигала 15 м, и что там можно пользоваться только подъемными приспособлениями.

С нашей точки зрения, в этом совершенно не было никакой необходимости. Волокушу можно легко подтягивать вплоть до самой вершины пирамиды. На уровне, для которого минимальная ширина полотна принимается предельной (по Крюону, 15 м), вполне возможно было соорудить из кирпича-сырца нечто вроде подмостей башенного типа со стенками небольшого веса, опирающимися на плиты облицовки, уложенные для этой цели уступами (рис. 37). С каждым рядом кладки эта башня вырастала бы без особых затруднений примерно на 7—8 м вплоть до уровня пирамидиона — камня, венчающего пирамиду.

Следовательно, хватило бы одной широкой насыпи (в 100 м или более), перпендикулярной к одной из сторон пирамиды, для кладки основания пирамиды при условии,

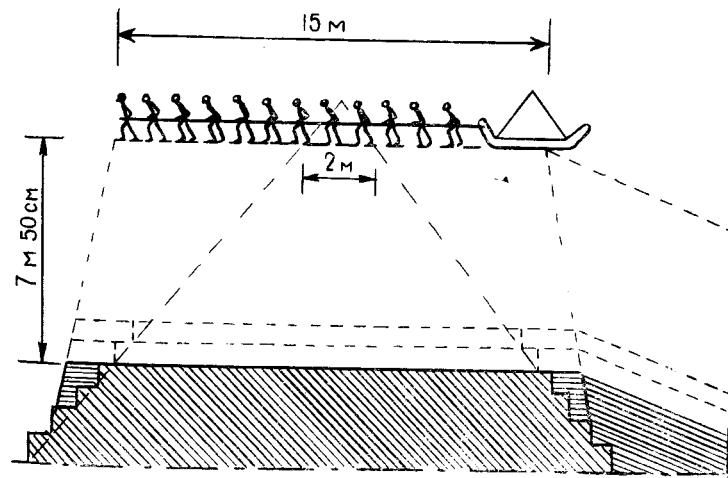


Рис. 37. Предполагаемый способ сооружения верхушки пирамиды

что эта насыпь позволяла бы одновременно поднимать много блоков. Эта постепенно сужающаяся с каждым новым рядом кладки насыпь была бы шириной примерно 3—4 м на уровне пирамидиона.

Если мы, так же как в варианте, предложенном Крооном, придадим насыпи наклон в 20° и примем ширину основания ее откосов у стыка с пирамидой в 70 м, то ее объем будет примерно равен 500 000 куб. м, т. е. менее $\frac{1}{5}$ объема пирамиды. Если же мы примем ширину заложения ее откосов равной 100 м, то объем насыпи достигнет 730 000 куб. м.

Мы обращаем, однако, внимание на то, что если была принята система насыпей, параллельных сторонам пирамиды, то единственным практическим способом ведения работ явилась бы пристройка к сторонам пирамиды своего рода облицовки из необожженного кирпича толщиной 10—20 локтей (5—10 м)²³. Их могли использовать для въездов и складских площадок и наращивать по мере роста пирамиды. В процессе сооружения такая пирамида походила бы на огромный памятник из необожженного кирпича. Объем временной облицовки, даже если допустить, что она везде была одинаковой толщины (около 10 м), что едва ли могло быть в действительности, составил бы около 700 000 куб. м дополнительного объема, или немногим более $\frac{1}{4}$ объема пирамиды. Следовательно, при этом способе строительства потреблялось бы примерно столько же кирпича, сколько и на одну большую насыпь, перпендикулярную одной из сторон пирамиды, с шириной основания ее откосов 100 м. Первые три-четыре ряда кладки могли быть свободно выложены при помощи простых откосов, перпендикулярных сторонам пирамиды; затем они облицовывались бы и превращались в насыпи. Насыпи эти могли в начальной стадии быть расположены попарно друг против друга, по четыре с каждой стороны пирамиды. По мере ее роста число насыпей сокращалось бы сначала до двух, а потом с каждой стороны пирамиды оставалось бы только по одной насыпи. На еще более высоком уровне сохранилось бы всего две насыпи, каждая из которых охватывала бы две стороны пирамиды, и в

²³ Слой этой облицовки, вероятно, был толще для кладки нижних рядов и становился более тонким по мере приближения к вершине пирамиды.

заключительной стадии — одна насыпь, огибающая все четыре ее стороны.

Таковы в общих чертах два основных способа — большая насыпь, перпендикулярная одной из сторон пирамиды, и насыпи, ее «охватывающие», — которые, по нашему мнению, могли применяться при сооружении пирамиды. Они требовали примерно одинаковое количество строительного материала. Правда, второй способ имеет некоторые неудобства, так как на определенном уровне насыпь образует повороты под прямым углом, неудобство, совершенно очевидное для подъема волокуш. Весьма вероятно, что египтяне применяли оба эти способа.

Если вероятность существования у египтян эпохи Древнего царства подъемных механизмов, как мы убедились, остается в значительной степени гипотетической, то относительно использования насыпей как для возведения сооружений, так и для разработки карьеров мы имеем вполне точные указания от всех эпох. Укажем, например, на следы насыпей, обнаруженные Борхардтом в большом дворе храма Солнца фараона Ниусерра в Абу-Гурабе²⁴. Здесь сохранились следы шести кирпичных насыпей, расходившихся от ведущей вверх дороги к различным частям строительного комплекса. Поскольку они находятся под вымосткой двора, не приходится сомневаться, что их использовали при строительстве. В Лиште, к северу от пирамиды Аменемхета I, была расчищена часть насыпи, по-видимому сделанной при сооружении этой пирамиды²⁵. В Гизе Хёльшер²⁶ вблизи погребального храма Хефрена нашел остатки насыпи шириной более 10 м и с углом наклона $4,5^\circ$, расположенной перпендикулярно его южному фасаду. Хёльшер связывает ее с карьерами, в которых, вероятно в эпоху Нового царства, добывался великолепный гранит для облицовки храма, ибо в насыпи обнаружены гранитные плиты, несомненно добытые там.

Кроме того, в папирусе Анастаси I, датированном той же эпохой, говорится о большой насыпи, длина которой 730 локтей, ширина — 55 локтей, ширина полотна — 40 локтей и высота — до 60 локтей. Отметим еще подмости

²⁴ F. W. von Bissing, *Das Re-Heiligtum des Königs Ne-Woser-Re*, Bd I, Berlin, 1905; L. Borchardt, *Der Bau*, S. 59—61.

²⁵ A. Mace, *Excavations at the north Pyramid*, — «Bulletin of the Metropolitan Museum of Art», vol. IX, 1914, p. 220 and fig. 16.

²⁶ U. Hölscher, *Das Grabdenkmal des Königs Chephren*, S. 71—72.

из необожженного кирпича более позднего времени, частично сохранившиеся на восточной стороне первого пилона большого храма Карпака.

Кроон приводит много подобных примеров, доказывая невозможность применения таких насыпей при сооружении пирамид. Но в 1926 г., т. е. год спустя после опубликования его книги, Борхардт²⁷ нашел остатки насыпи у пирамиды Медума; это важное открытие несомненно опровергает выводы Кроона. Борхардт сопоставил два наблюдения: Петри и Уэйнрайта. Петри²⁸ обнаружил на восточной стороне второго уступа и на части третьего (считая сверху), находящегося выше горизонтального ряда грубой кладки, отмечающей опору вершины исчезнувшего нижнего уступа, небольшую широкую вогнутость, назначение которой он объяснить не смог. Уэйнрайт²⁹ в свою очередь нашел вблизи долины, в 318 м от центра пирамиды, отрезок дороги из необожженного кирпича, высотой 0,7 м и около 4 м ширины (рис. 38, А). Этот отрезок дороги вел к пирамиде и был ориентирован точно в сторону вогнутости, отмеченной Петри. Ее основание состоит из двух рядов кирпича, разделенных известняковой щебенкой. Верхний слой, имеющий уклон 12°, сохранился на протяжении 24 м, нижний слой, имеющий уклон 10°, продолжается до искусственной выемки в скале, где его уклон резко возрастает до 17° (рис. 38, Б). В этой выемке дорога проходит между двумя стенками из буттового камня, еще сохранившимися на высоту около 0,5 м, но через 7 м после изменения уклона дорога прерывается. На расстоянии 42 м (рис. 38, В) обнаружен еще один небольшой участок дороги, проложенный непосредственно по грунту с уклоном 10°, т. е. таким же, как и уклон местности.

Борхардт не сомневается, что там, где резко меняется наклон, начиналась строительная насыпь, примыкавшая к пирамиде в том месте, где находилась вогнутость, отмеченная Петри. По-видимому, насыпь поднималась в этой точке на 65 м выше основания пирамиды и на этой высоте имела ширину полотна от 4 до 4,5 м.

²⁷ L. Borchardt, *Die Entstehung der Pyramide. An der Bauschichte der Pyramide bei Mejdum nachgewiesen.*

²⁸ Fl. Petrie, E. Mackay and G. Wainwright, *Mejdum and Memphis*, III, London, 1910, p. 1.

²⁹ Ibid., pp. 6—9 and pl. 1—3.

Другой след, найденный Борхардтом на южной стороне второго уступа пирамиды, около его юго-западного угла, возможно, соответствовал примыканию двух параллельных стен из буттового камня толщиной от 0,4 до 0,45 м, простиравшихся примерно на 30 м в длину и отстоящих друг от друга на 3,25 м. Остатки этих стен были в свое время отмечены Маккеем³⁰ к югу от пирамиды, но не были нанесены на план общего ансамбля пирамиды, и поэтому Борхардт не смог найти их в песке и горах битого камня. Обе они, по-видимому, имели такой вид, как и стены восточной насыпи, описанные Уэйнрайтом. Таким образом, Борхардт допускает, что существование второй насыпи (рис. 38, Д) можно считать доказанным; однако, по его мнению, для строительства пирамиды требовалось не менее трех насыпей (на розыски третьей насыпи у него, к сожалению, не оставалось времени): одна из них предназначалась для подъема блоков, вторая — для доставки воды, раствора и других материалов, а третья — для спуска.

Несмотря на то что все эти открытия полностью противоречили выводам, к которым несколько раньше пришел Кроон, Борхардт, не колеблясь, обратился к нему за содействием, чтобы определить на основе новых данных, сколько времени понадобилось бы на сооружение пирамиды в Медуме при помощи таких насыпей.

Кроон рассчитал, что если каждый блок пирамиды, вес которого, включая и вес волокуши, мог составлять около 1150 кг, при уклоне насыпи 20° передвигали бы 44 рабо-

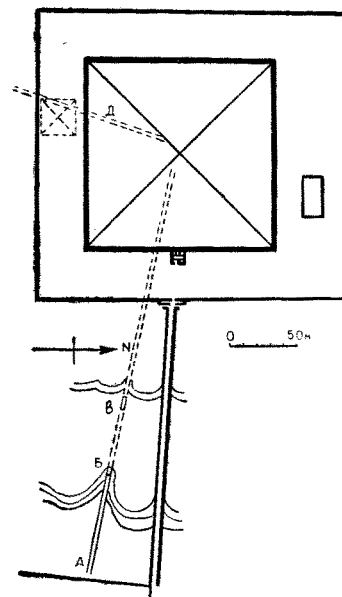


Рис. 38. План ансамбля пирамиды в Медуме

³⁰ Ibid., p. 35 and pl. 31.

чих, то длина площадки при условии, что рабочие будут распределены по 11 человек на 4 каната, и с учетом длины волокуши должна была бы достигать 14 м. Волокуши могли следовать одна за другой через каждые 4 минуты, что составило бы 15 волокуш в час, или 150 волокуш в день при десятичасовом рабочем дне. Принимая объем пирамиды в 650 000 куб. м, из которых 12% приходится на раствор, получается, что на долю собственно камня приходится 572 000 куб. м. Если объем одного камня в среднем 0,4 куб. м, то всего понадобилось бы 1 430 000 камней, этому числу соответствовало бы и число груженных волокуш. Время, необходимое на их передвижение по насыпи, составило бы $\frac{1\,430\,000}{150} = 9533$ дня, или $\frac{9533}{365} = 26$ лет, или при двух насыпях $\frac{26}{2} = 13$ лет.

К этому следует еще прибавить время, необходимое на сооружение насыпей, которые, согласно Борхардту, подлежали разрушению после завершения отдельных этапов строительства и вновь возводились для выполнения последующих этапов, на что, согласно расчетам Кроона, требовалось до 7 лет независимо от того, сооружались ли две насыпи или только одна³¹.

Все эти расчеты, по нашему мнению, порочны в самой своей основе: Борхардт и Кроон допускают, что пропускная способность насыпи была одной и той же как при доставке камня к основанию пирамиды, так и при подъеме его к ее вершине. Однако совершенно неправдоподобно, что египетские строители действовали именно так и удовлетворялись для кладки основания пирамиды, занимающего площадь более 1 га, одной или двумя насыпями с шириной полотна 4 м. Выше, разбирая исследование Кроона о сооружении Великой пирамиды, мы уже доказали, что при наличии одной насыпи, перпендикулярной одной из сторон пирамиды, было необходимо придавать основанию ее откосов у места, где она примыкает к пирамиде, ширину, достаточную для достижения максимальной высоты.

Рассматривая, например, первый этап (E_1) сооружения пирамиды в Медуме, представим строительную насыпь, угол наклона откосов которой был бы равен углу наклона

уступов пирамиды. Если мы допустим, что она возведена способом, показанным на рис. 36, и придадим основанию ее откосов 40 м ширины у стыка с основанием пирамиды, то ширина ее полотна на уровне верхнего ряда кладки первого уступа, на высоте 10 м, достигнет примерно 34,5 м независимо от угла наклона откоса. При достижении верха второго уступа, на высоте 20 м, ширина полотна сократится до 29 м, и так она будет постепенно сужаться вплоть до вершины пирамиды — на высоте 65 м она будет несколько больше 4 м.

Таким образом, 8 волокуш для кладки второго уступа могли бы быть подняты одновременно до вершины первого уступа, затем 7 волокуш — до вершины второго уступа, 5 волокуш — до вершины третьего уступа и т. д. вплоть до вершины сооружения, где потребуется место лишь для одной волокуши. Это значительно сокращает сроки, исчисленные Крооном.

Что же касается самих насыпей, то мы уже убедились, насколько нелогичным представляется их наращивание по способу, предложенному Крооном. Если же организовать работы так, как предлагаем мы, их можно было возводить значительно скорее. Наконец соображения Борхардта относительно того, что эти насыпи якобы подлежали разрушению после завершения первого этапа строительства, чтобы затем быть вновь возведенными при втором этапе работ и т. д., по нашему мнению, также неприемлемы. Действительно, вопросы, связанные с необходимостью увеличения высоты пирамиды или каких-либо ее изменений, должны были решаться если и не во время проектирования, то во всяком случае вскоре после его завершения. Поэтому трудно допустить, чтобы архитектор, естественно добивавшийся чести быть исполнителем этих новых работ по украшению или расширению монументальных гробниц фараонов, оказался настолько неосмотрительным и допустил бы разрушение насыпей, которые могли ему еще пригодиться. В частности, для перехода из стадии строительства E_1 — семиступенчатой пирамиды — к стадии E_2 — восьмиступенчатой — с успехом могла служить та же насыпь, для чего потребовалось бы лишь нарастить каждый из уступов стадии строительства E_1 слоем кладки той же толщины, чтобы получить новый уступ E_2 (см. рис. 20). Таким образом, ясно, что работу следовало начинать сверху, используя существующую насыпь и уменьшая ее

³¹ Так как сооружение их без каких-либо затруднений могло производиться одновременно,

высоту по мере перехода к нижним уступам. Возможно, что на практике так и поступали, ибо, если продолжить профиль насыпи, которая, согласно схеме Борхардта³², примыкала к пирамиде выше шестого уступа стадии E_2 , то эта линия почти достигнет вершины семиступенчатой пирамиды. Это может свидетельствовать о том, что именно данная насыпь предназначалась для работ по строительству этапа E_1 . Добавим, что одновременно с началом работ по наращиванию высоты памятника представлялось целесообразным также приступить к сооружению новых уступов у его основания, возведя для этого вторую насыпь, вплотную примыкавшую к первой, чтобы частично использовать откос первой насыпи. Таким образом получилась бы некоторая экономия, поскольку здесь уже не требовалась большая ширина полотна, так как каждому уступу предстояло добавить новую облицовку толщиной только 5 м.

Все это доказывает, что срок в 7 лет, исчисленный Крооном для последовательных возведений и разрушений насыпей, весьма сомнителен. Мы смело можем считать, что для всего комплекса работ по сооружению пирамиды в Медуме и для строительства ее насыпей время, отведенное Крооном, должно быть сокращено в три или четыре раза. Бесплезно, следовательно, и одновременное применение для подъема блоков двух насыпей, как это предлагает Борхардт³³. Тут хватило бы и насыпи, остатки которой обнаружены к востоку от пирамиды, при условии, что применялся предложенный нами метод надстройки пирамиды. Продолжительность сооружения памятника Медума свелась бы таким образом к $\frac{33}{3}$ или $\frac{33}{4}$ годам, т. е. к сроку от 8 до 11 лет, что представляется более правдоподобным.

Наконец Борхардт ошибочно допускает, что насыпь, следы которой обнаружил Уэйнрайт к востоку от пирамиды в Медуме, начиналась в точке B (см. рис. 38). Затем ее уклон постепенно возрастал, а ширина полотна — около 4 м — не изменялась. В действительности же эта насыпь должна была начинаться вблизи пирамиды, имея значи-

тельную ширину полотна; в процессе строительства начало ее отодвигалось от пирамиды, причем угол уклона возрастал, а ширина полотна уменьшалась. Таким образом, начало насыпи, обнаруженной в точке B , не что иное, как следы завершающей стадии ее строительства для осуществления проекта E_1 . Затем она была также использована для возведения верхних уступов этапа E_2 . Все же остальные слои кирпича в точках A и B являются лишь остатками дороги, ведущей в долину. Однако строительная насыпь, возрастая, в скором времени перекрыла значительную часть этой дороги, о чем и свидетельствует точка B .

Если исключить последние обстоятельства, наблюдения Борхардта имеют большое значение, ибо он впервые установил, что при сооружении пирамиды использовалась по крайней мере одна насыпь. Это значительно снижает значение выводов и заключений Кроона, ошибки и несообразности которых мы уже отмечали. Наблюдения эти являются также наиболее солидными аргументами против теорий, построенных на высказываниях Геродота, и попыток доказать безусловную необходимость применения подъемных механизмов.

³² L. Borchardt, *Die Entstehung der Pyramide...*, Taf. 4.

³³ Вторая насыпь, следы которой, как полагает Борхардт, он обнаружил на южной стороне пирамиды, могла служить для спуска волокуш и передвижения рабочих.

ГЛАВА ВТОРАЯ

НАУЧНЫЕ ЗНАНИЯ. ГЕОМЕТРИЯ ПИРАМИД

Мы видели, насколько осторожно следует относиться к различным высказываниям, касающимся поразительных познаний, какими якобы обладали строители пирамид, даже тогда, когда эти высказывания исходят от авторов, научная репутация которых, казалось бы, должна была служить гарантией их добросовестности. Большей частью эти авторы, охваченные мистическим экстазом, который можно назвать наиболее точно «религией пирамид», потеряли чувство объективности и способность к критическому мышлению и направили все свои мысли на доказательство идей, явно предвзятых. Не колеблясь, они искажают реальные факты, когда в этом появляется хоть малейшая необходимость. Поэтому следует выяснить, особенно когда речь идет об астрономических и математических теориях, нет ли среди всей этой словесной шелухи каких-либо мыслей, заслуживающих внимания, ибо трудно предположить, что такое обилие гипотез не покоится хотя бы на какой-то доле истины.

Мы намереваемся изложить здесь выводы астрономического и математического порядка, действительно основанные на изучении конструкции и архитектуры пирамид, и попытаемся, когда в том представится необходимость, уточнить, в какой степени их особенности были предусмотрены египетскими строителями.

Прежде всего единственный неоспоримый с астрономической точки зрения факт, который можно установить в отношении этих памятников, в частности пирамид Гизе, — это чрезвычайная точность ориентировки. Наиболее поразительных результатов достигли строители пирамиды Хеопса, среднее отклонение которой не превышает $3'6''$. Почти с такой же точностью ориентированы пирамиды Хефрена и Микерина, где отклонение составляет соответ-

ственно около $5'30''$ и $14'$, т. е. здесь оно также минимально. Подобные приближения, повторяющиеся в ряде сооружений, не могут быть игрой случая и свидетельствуют об определенных астрономических познаниях. В частности, звезда, отмечавшая север в эпоху сооружения пирамид, должна была быть хорошо известна египтянам. Опираясь на эти знания, они сумели выработать практический метод ориентировки на земле, столь же простой, как и действенный, поскольку, вне всякого сомнения, в их распоряжении не было ничего, что могло бы выдержать сравнение с современными оптическими инструментами. Им приходилось довольствоваться обыкновенным шнуром с отвесом.

Возможно также, что при определении направления и наклона галерей пирамид для контроля производилось визирование некоторых звезд, хотя представляется более вероятным, что углы наклона сторон пирамиды устанавливались при помощи тригонометрической функции угла, как называют ее в настоящее время, в данном случае тангенса угла, или для угла O отношением $\frac{h}{b}$ (рис. 39).

Действительно, из геометрических задач, приведенных в знаменитом математическом папирусе Ринд¹ и комментариев к нему Борхардта² вытекает, что египтяне принимали в качестве постоянной величину h , равную 1 локтю, состоящему из 7 пальцев³, или 28 пальцев, и что они довольствовались этими мерами для выражения величины угла и для определения длины стороны b . Но это был общий метод, применяемый к углам произвольной величины. Мы увидим, что в противоположность этому египетские строители для осуществления своих колоссальных архитектурных замыслов стремились из практических соображений использовать в пределах возможного углы наклона, дающие для $\frac{h}{b}$ простые отношения, не требующие деления и подразделения величины b на пальмы и пальцы. Так было, в частности, с углом наклона, избранным для коридоров и галерей Великой пирамиды, величина которого, составлявшая около $26^\circ,5$, соответствует $b = 2$ при $h = 1$, т. е., другими словами, наклону в $1/2$. Этот довод неизмеримо

¹ «The Rhind mathematical papyrus, British Museum 10057 and 10058», vol. 1—2. Oberlin. 1927—1929.

² L. Borchardt, *Die Entstehung der Pyramide...*, pl. 4.

³ П а л ь м а — мера длины древних римлян. 1 пальма = 0,073 м.

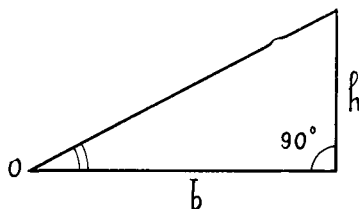


Рис. 39

более прост, чем утверждения некоторых астрономов, что нисходящий коридор был ориентирован по Альфе созвездия Дракона, близкой к полюсу и соответствующей его положению, правда в период, не совпадающий со временем правления Хеопса лет на пятьсот-шестьсот.

По нашему мнению, астрономия при сооружении пирамид, за исключением их ориентировки, могла применяться лишь в ограниченных и достаточно гипотетических случаях. Однако бесспорно, что египтяне уже с эпохи строительства пирамид обладали некоторыми астрономическими представлениями, опирающимися на тысячелетние наблюдения за движением Солнца, Луны, планет («неутомимых»), звезд («вечных») и различных созвездий. Луна, по которой считали месяцы, в Египте в противоположность другим странам не привлекала к себе такого внимания астрономов, как Солнце и особенно звезды. Основная особенность египетской астрономии — это ее звездный характер. В частности, установление календаря — в эпоху, по-видимому, очень давнюю — основывается на точных наблюдениях годичного пути Солнца и положения Сотиса (Сириуса) по отношению к нему⁴. Равным образом имена декан, упоминаемые в Текстах пирамид, по-видимому, указывают, что цикл декан, позволяющий определять часы в ночное время, был уже в эту эпоху известен⁵.

⁴ С 139 г. н. э. первый день египетского нового года совпадал с первым утренним восхождением Сотиса (Сириуса) и днем начала подъема воды в Ниле. Принято считать, что календарь был установлен к третьему периоду Сириуса, охватывающему 1460 лет, т. е. 4241 г. до н. э. Однако возможно, что он был установлен на 1460 лет позднее, т. е. в 2781 г. до н. э. одним из строителей больших пирамид, что, вероятно, даже более правдоподобно.

⁵ Годовой небесный цикл делился на 36 частей по 10 дней. Каждой из них соответствовала звезда, называвшаяся «декан». В течение одной и той же ночи 7 декабра были невидимы, а из 29 видимых «работали», как тогда говорили, в центре неба только 12, служа по очереди в своем кульминационном положении для определения часов в ночное время. См. Н. О. Lange O. Neugebauer, *Papyrus Carlsberg, N 1, Ein hieratisch-demotischer kosmologischer Text*. Kopenhagen, 1940.



Рис. 40

Однако эти бесспорно замечательные наблюдения совершенно не доказывают, что египетские астрономы в эпоху строительства пирамид имели хотя бы малейшее представление о сферичности земного шара или о его движении вокруг Солнца. Для них Земля, олицетворенная в божестве Гебе, была плоской, а под ней и в тесной взаимосвязи с нею находились адские глубины Дуата. Сверху, над Землей, небесный свод, поддерживаемый Шу, богом воздушного пространства, изображался в виде коровы или же в виде согнутой богини Нут, руки и ноги которой ограничивали пределы Земли (рис. 40). Солнечная ладья бога Ра, а также планеты, отождествляемые с божествами, плавали в небесном потоке вдоль тел обоих богов. Богиня Нут создавала таким образом для них небесный путь. Каждое утро она рождала Солнце, а вечером, завершив свой путь, Солнце исчезало у богини во рту и опускалось в адские пучины.

Даже принимая во внимание мифологические аллегории, мы все же видим, что представления египтян о мироздании были весьма далеки от наших. Кроме того, астрономические знания не являлись общим достоянием. Тесно связан-

ные с мифологией, стремившейся установить зависимость между божествами, или потусторонними духами, и планетами, знания эти имели безусловно тайный характер. Обладателями их были лишь некоторые посвященные лица, возглавлявшие египетское жречество, и их приверженцы. В частности, в эпоху строительства пирамид главенствующую роль, по-видимому, играло жречество Гелиополя. Такое положение установилось во времена фараона III династии — Джосера, когда знаменитый Имхотеп, главный жрец Гелиополя и вместе с тем первый министр, выступал как главный архитектор при строительстве ступенчатой пирамиды и сооружений, расположенных внутри ее ограды. Во времена правления следующих династий это преобладание жречества Гелиополя, провозгласившего культ своего солнечного бога, еще более усилилось. Бог Солнца Ра, на происхождение от которого будут претендовать все фараоны, становится могущественнее Птаха, бога столицы — города Мемфиса, а также самого Осириса, или Анубиса, — повелителя царства мертвых — во всяком случае во всем, что относится к погребальному культу царей.

Таким образом, нет никаких оснований сомневаться в том, что жрецы-архитекторы обладали знаниями в области астрономии, особенно ярко проявившимися в ориентировке и планировке больших пирамид. Мы можем лишь выразить наше глубокое восхищение виртуозностью, с которой эти замечательные строители сумели приложить свои знания к разрешению сложных практических и технических задач, вызванных осуществлением на практике таких гигантских сооружений.

Изучение пирамид, с математической точки зрения, и особенно Великой пирамиды, открывает нам замечательные геометрические свойства, а также и некоторые численные соотношения, заслуживающие внимания. Но главная наша задача заключается в том, чтобы установить, в какой степени строители осознавали эти особенности. В частности, не ими ли, например, определялся выбор угла наклона, приданного пирамиде Хеопса? Или, наоборот, этот угол был избран в результате соображений чисто технического или практического порядка, которые неожиданно натолкнули на форму пирамиды, таящую в себе еще неизвестные свойства? Оба предположения выдвигались в течение многих лет, но, по-видимому, только теперь у нас появились данные, позволяющие решить этот вопрос.

Многие из геометрических соотношений, о которых идет речь, были известны еще в древности. Так, Геродот, основываясь на рассказах египетских жрецов, сообщает, что соотношение между длиной стороны основания и высотой Великой пирамиды такового, что квадрат построенный на высоте пирамиды, равен площади каждой из ее сторон. Свойство это выражается равенством: $h^2 = bx$, где h обозначает высоту пирамиды, b — половину стороны ее основания, а x — апофему (рис. 41).

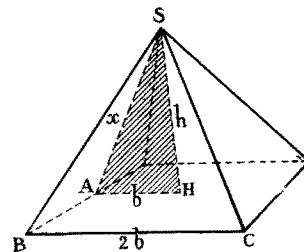


Рис. 41

Это свойство может быть выражено так: «В прямоугольном треугольнике, который образован половиной среднего вертикального сечения пирамиды и гипотенуза которого служит одной из апофем, а одна из сторон, прилежащих к прямому углу, является высотой пирамиды, гипотенуза так относится к большему катету, как последний относится к меньшему катету»; т. е. $\frac{x}{h} = \frac{h}{b}$, откуда $h^2 = bx$ (равенство Геродота).

Отношение золотого сечения между плоскостями пирамиды, установленное Клеппишем и приведенное выше, является также непосредственным следствием равенства Геродота. Согласно Клеппишу, площадь основания пирамиды S так относится к сумме площадей ее боковых граней S_l , как эта сумма относится к полной поверхности пирамиды S_t , т. е.

$$\frac{S}{S_l} = \frac{S_l}{S_t}$$

Так как квадрат основания и все треугольники имеют общее основание $2b$, то достаточно написать пропорцию между половинами высот, т. е.

$$\frac{b}{x} = \frac{x}{b+x}$$

откуда $b^2 + bx - x^2 = 0$.

Следовательно, исходя из равенства Геродота $h^2 = bx$ и теоремы Пифагора, дающей для треугольника SHA

$h^2 = x^2 - b^2$, мы находим то же самое уравнение $b^2 + bx - x^2 = 0$, откуда получаем $\frac{x}{b} = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1,618 = \Phi$, т. е.

отношение золотого сечения, численное значение которого выражается константой $\Phi = 1,618$, известной под названием «золотого числа».

Таким образом мы устанавливаем, что «золотое число» представлено в пирамиде отношением между апофемой и половиной стороны ее основания, что отметил еще Г. Ребер в 1855 г., т. е. выражением намного более простым, чем то, которое указывал Клеппиш. Свойства золотого сечения встречаются в любой пирамиде, имеющей соотношения, приведенные Геродотом. Нам остается лишь доказать, что эти соотношения свойственны Великой пирамиде.

Основные размеры, принятые для Великой пирамиды и исчисленные в египетских царских локтях по 0,524 м каждый (с избытком), составляют 440 локтей для стороны основания и 280 локтей для высоты пирамиды. Это дает в половине ее сечения по апофеме (т. е. в треугольнике SHA) простое отношение $\frac{h}{b} = \frac{280}{220} = \frac{14}{11}$, которое египтяне, следуя своему методу, выражали через $b = 22$ пальцам или, вернее, $b = 5$ пальцам + 2 пальца. Принимая за единицу измерения длины $\frac{1}{11} b$, мы получаем $b = 11$, а из формулы $h = b \sqrt{\frac{1 + \sqrt{5}}{2}}$, выведенной согласно теореме Пифагора и равенству Геродота, $h = 13,992$, т. е. 14 с точностью до нескольких тысячных.

С другой стороны, это отношение $\left(\frac{14}{11}\right)$ дает сторонам пирамиды угол наклона в $51^\circ 50' 35''$, а отношение, о котором пишет Геродот, — $51^\circ 49' 42''$ с отклонением примерно в $1'$. Совершенно очевидно, что поверхность облицовки пирамиды в действительности не была совершенно гладкой. Будучи слегка волнистой, она давала местами значительно большее отклонение, чем указанное минимальное. Следовательно, мы вправе задать себе вопрос: можно ли было с простейшими инструментами египтян достигнуть в подобном случае точности, превышающей четверть или треть нашего градуса, т. е. 15 или 20'? Таким образом, точность значения отношения Геродота, из которого вытекают свойства золотого сечения, очень высока.

Что же касается отношения π , то мы приводим два наиболее часто упоминаемых: «Отношение периметра основания Великой пирамиды к ее удвоенной высоте равно π , и отношение площади ее основания к площади среднего сечения равно π ».

Поскольку стороны пирамиды являются треугольниками одинаковой высоты, оба отношения приводятся к одному.

Пусть p — периметр основания. Полагая $p = 8b$, имеем

$$\frac{p}{2h} = \frac{4b}{h}.$$

Если принять для отношения $\frac{h}{b}$ ранее определенное значение $\frac{14}{11}$, то получится: $\frac{p}{2h} = \frac{4 \cdot 11}{14} = \frac{22}{7} = 3,1428$ — приближенное значение π . Таким образом, $\frac{b}{h} = \frac{\pi}{4}$. Кроме того, мы имеем между π и Φ малоизвестное отношение: $0,618 = \frac{1}{\Phi} = \left(\frac{\pi}{4}\right)^2 = \left(\frac{3,1416}{4}\right)^2 = 0,617$, т. е. $\frac{1}{\Phi}$ с точностью до одной тысячной.

$$\text{С другой стороны, } \begin{cases} \frac{x}{b} = \Phi, & x = \Phi b \text{ и } b = \frac{x}{\Phi} \\ h^2 = bx = \frac{x^2}{\Phi} \text{ и } x = h \sqrt{\Phi}, \end{cases}$$

$$\text{откуда } \frac{h}{b} = \sqrt{\Phi} = \frac{4}{\pi}.$$

А так как $\frac{h}{b} = \frac{14}{11}$, то $\sqrt{\Phi} = \frac{14}{11}$, и следовательно, $\Phi = 1,619$.

Отметим еще, что если бы мы захотели получить точное значение $\pi = 3,1416$, то для этого необходимо было бы увеличить угол наклона пирамиды на $40''$, т. е. получить $51^\circ 51' 14''$. Угол этот Петри назвал «углом π »⁶. Здесь также достигнуто совершенно поразительное приближение.

В итоге это можно свести к следующему.

⁶ Что касается угла, принятого Петри за средний после измерений, проведенных им различными методами, то он равнялся $51^\circ 52'$ и давал для π значение 3,1402.

Угол наклона $51^{\circ}49'42''$ соответствует равенству Геродота и отношению золотого сечения.

Угол наклона, равный $51^{\circ}50'35''$, соответствует величине отношения апофемы к половине стороны основания, равной $\frac{14}{11}$, и дает $\pi = \frac{22}{7} = 3,1428$.

Угол наклона, равный $51^{\circ}50'39''$, соответствует величине отношения ребра пирамиды к половине диагонали основания, равной $\frac{9}{10}$.

Угол наклона $51^{\circ}51'14''$ дает $\pi = 3,1416$.

Мы не будем принимать во внимание последний угол наклона, поскольку значение 3,1416 для π было в ту эпоху неизвестно⁷. Максимальное расхождение между тремя первыми значениями π составляет около $1'$, что значительно меньше средней погрешности, допускаемой при производстве строительных работ. Эти три угла наклона могут, следовательно, рассматриваться как практически совпадающие, а пропорции и отношения, им соответствующие, как равновеликие.

В то же время очевидно, что при сооружении пирамиды для зодчего наиболее существенным представлялся выбор такого угла наклона сторон, который облегчил бы ее постройку и который легко было бы контролировать. Отношение $\frac{h}{b}$, т. е. отношение высоты к половине основания, определяющее форму пирамиды, должно было быть простым. Именно таким и являлось отношение $\frac{14}{11}$, принятое для пирамиды Хеопса. Что касается геометрических свойств, присущих всякой пирамиде, имеющей наклон $\frac{14}{11}$, то нам представляется крайне сомнительным, что они могли быть установлены зодчими Хеопса. Во всяком случае о «золотом числе» и отношении π в то время, по всей вероятности, не имелось никаких представлений. С большими оговорками можно еще допустить, что в эпоху Хеопса было известно отношение, упоминаемое Геродотом.

⁷ Судя по задачам, приведенным в Папирусе Ринд, египтяне эпохи Среднего царства приравнивали площадь круга к площади квадрата, сторона которого равнялась $\frac{8}{9}$ диаметра круга, что дает для π приближенное значение 3,1605.

Борхардт полагал, что на выбор зодчего повлияло только удобство отношения $\frac{14}{11}$. Нам представляется, однако, что не такое уж оно простое, чтобы его следовало принять безоговорочно. По нашему мнению, необходимо добавить, что оно соответствует, кроме того, с точностью до $4''$ более простому наклону в $\frac{9}{10}$, принятому для ребра пирамиды по отношению к диагонали основания. Одной из сложных проблем для строителей было определение угла наклона ребра, так как именно от него зависели очертания угловых камней, установка которых предшествует кладке облицовки и направляет ее. Этот наклон несомненно легко мог быть определен по углу наклона апофемы, но возможно, что тем не менее представлялось целесообразным определять и контролировать его непосредственно. Поскольку зодчие отдельных пирамид должны были отдать предпочтение углу наклона апофемы или углу наклона ребра, мы увидим, что они колебались в выборе и их усилия были явно направлены на определение угла наклона, дающего для проектирования — одновременно как по апофеме, так и по ребру — по возможности простые отношения.

В первоначальной мастабе Джосера, перекрытой впоследствии ступенчатой пирамидой, наружная облицовка имеет явно выраженный наклон в $\frac{4}{1}$, т. е. наиболее распространенный во многих мастабах, как это отмечает Петри. Что же касается самой ступенчатой пирамиды, то угол наклона ее сторон равен приблизительно 74° или $\frac{h}{b} = \frac{7}{2}$. Египтяне, следуя своим правилам, выразили это отношение просто как $b=2$ пальмам. Тот же угол наклона встречается затем в ступенчатой пирамиде в Завиет-эль-Ариане и на первых двух стадиях строительства пирамиды в Медуме. В третьей стадии эта пирамида, по всей вероятности являющаяся первой настоящей пирамидой, имеет уже угол наклона сторон $51^{\circ}50'$, который позднее будет использован и в пирамиде Хеопса.

После этой пирамиды были построены две большие пирамиды в Дашуре, возведенные, по-видимому, Снофру — отцом Хеопса. Первой была сооружена пирамида, находящаяся южнее, которую называли «ромбовидной» из-за ее оригинальной формы, обусловленной изменением в процессе сооружения первоначального угла наклона ее сторон.

До высоты около 45 м этот угол, определенный более века назад Перрингом, равнялся $54^{\circ}14'46''$, соответствуя отношению $\frac{h}{b} = \frac{7}{5 + \frac{1}{25}}$. У второй пирамиды в Дашуре, расположенной севернее, угол наклона апофемы (также по данным Перринга) составляет $43^{\circ}36'$, но, поскольку облицовка не сохранилась, приведенная цифра, возможно, приблизительна и, быть может, указывает на то, что принятый угол наклона мог как раз соответствовать углу наклона в $\frac{2}{3}$ для ребра пирамиды. Было бы очень интересно проверить, не избрал ли Снофру еще раньше этот угол наклона и для верхней части своей первой пирамиды.

В пирамиде Хефрена, сооруженной после пирамиды Хеопса, сторонам придан более острый угол наклона. По данным Петри, он взял угол в $53^{\circ}10'$, очень близкий к $53^{\circ}7'48''$ — углу знаменитого «священного треугольника» древности со сторонами, соответственно равными 3, 4 и 5. В этом случае построение сечения по апофеме, или отношение $\frac{4}{3}$, дает неоспоримое преимущество перед сечением по диагонали. Это ребро, однако, имея угол наклона несколько больше 43° , давало отношение высоты к половине диагонали $\frac{8,5}{8}$, что почти так же легко реализуемо

на практике, как и отношение Хеопса $\frac{9}{10}$. По нашему мнению, с точки зрения конструкции пирамида Хефрена была проще пирамиды Хеопса и северной пирамиды Снофру в Дашуре, в которых предпочтение было отдано построению угла для грани пирамиды, а не ее ребра.

Микерин, преемник Хефрена, также пытался найти для своей пирамиды наиболее удобный угол наклона. И, по-видимому, добился этого. Угол наклона сторон его пирамиды, с трудом определенный Петри из-за неровности поверхности облицовки, равняется приблизительно $51^{\circ}10'$, а угол в $51^{\circ}20'25''$ соответствует египетскому треугольнику Виолле де Дюка с катетами, равными 4 и 5. Поперечное сечение по апофеме дает, таким образом, простое отношение $\frac{5}{4}$, и при угле в $51^{\circ}29'53''$, который больше второго примерно на $9''$, сечение по диагонали также даст простое отношение $\frac{8}{9}$.

Таковы были очертания первых пирамид фараонов III и IV династий. В заключение отметим, что после пирамиды в Медуме, где уже был взят наклон, позднее избранный и для пирамиды Хеопса, Снофру удалось найти для «ромбовидной» пирамиды угол наклона, дающий простые отношения для построения как апофемы, так и ребер пирамиды. Но так как в процессе строительства этот угол сочли чрезмерно острым, он был соответственно изменен. Затем, при сооружении верхней части этой пирамиды, второй пирамиды Снофру, и пирамиды Хеопса основная трудность, по-видимому, состояла в построении сечения по диагонали пирамиды. В пирамиде Хефрена, наоборот, основное место занимает построение сечения по апофеме. Но окончательного решения простых отношений как для апофемы, так и для ребер строители пирамид добились лишь в пирамиде Микерина; на этот раз они взяли угол наклона сторон не слишком острый, не слишком тупой.

В начале царствования V династии Сахура в Абусире пошел по тому же пути, что и зодчие пирамиды Микерина. Угол наклона сторон его пирамиды, определенный несколько приближенно Борхардтом в $50^{\circ}5'$, возможно, мог соответствовать углу в $50^{\circ}11'40''$, дающему при стороне основания в 150 локтей высоту в 90 локтей. Сечение по апофеме будет, следовательно, выражено простым отношением $\frac{6}{5}$, так же как и сечение по диагонали, которое составит простое отношение $\frac{6}{7}$.

Позднее, в период правления этой же династии, фараон Нефериркара в своей пирамиде возвратился к углу наклона сторон пирамиды Хефрена, а фараон Ниусерра — к углу наклона сторон пирамиды Хеопса. Наконец, на пирамидах VI династии, почти полностью разрушенных, мы сами обнаружили угол наклона около 53° в пирамиде Пепи II в Саккара. Здесь, следовательно, был вновь применен «священный треугольник» со сторонами 3, 4, 5, как и в пирамиде Хефрена. В период Среднего царства пирамида Сенусерта III в Дашуре при длине стороны 200 локтей имела угол наклона около 56° , что определяло ее высоту в 150 локтей, а угол наклона апофемы составлял $\frac{3}{2}$, что вновь дает чрезвычайно простое отношение.

Из этих разнообразных примеров мы заключаем, что

не следует искать в пирамидах свидетельств необычайных познаний, паличие которых стремились доказать Жомар и его последователи. Жомар писал: «Из пропорций, бросающихся в глаза в этих памятниках, можно узнать законы, на основании которых их воздвигли; и поскольку они являются плодом египетской науки, то должны включать в себя ее элементы...» Однако анализ, приведенный выше, совершенно точно доказывает простоту этих законов и их элементов. Нам представляется, таким образом, весьма необдуманным допускать вместе с некоторыми другими, что пирамида Хеопса могла быть преднамеренным символическим выражением окружности, рассматриваемой как наиболее простая, совершенная фигура. Мы равным образом не верим и тому, что будто бы взятый Хефреном для определения угла наклона «священный треугольник» подтверждает намерение зодчего превратить эту пирамиду в его символическое выражение. Один из защитников данного положения вынужден был, однако, с этой точки зрения признать некоторый регресс после пирамиды Хеопса, каковую он расценивает как «шедевр их метода транспозиции», вплоть до пирамиды Микерина, по отношению к которой он задается вопросом: «Не остановился ли на этом уже достаточно усталый ум?!»⁸ Сравнительное рассмотрение значений углов наклона различных пирамид, наоборот, доказывает заметный прогресс вплоть до правления Микерина, при котором был взят угол наклона, определявший для граней и апофемы исключительно простые отношения.

Не кажется ли поэтому, что геометрия египтян предназначена лишь для удовлетворения технических и практических потребностей? Она разумно использует как некоторые прямоугольные треугольники, так и священный треугольник и определяет те стороны прямого угла, которые находятся между собой в таком же отношении, как два целых последовательных числа, например, 2 и 3, 4 и 5, 8 и 9, 9 и 10 и т. д., или же составляют простые отношения, как 1 и 4, 7 и 5, 11 и 14 и т. д.

Другие арифметические или геометрические отношения выражены в планировке внутренних помещений Великой пирамиды. Так, камера, названная усыпальницей фа-

раона, в плане имеет 10×20 локтей, высота же ее превышает 11 локтей на 9 см и составляет, следовательно, 11,172 локтя. Однако мы убеждаемся, что эта величина, не содержащая целого числа локтей, была, очевидно, получена в результате измерения диагоналей восточной и западной стен камеры, имеющих по 15 локтей. Мы получаем, таким образом, для каждой из этих диагоналей прямоугольный треугольник, основание которого, образованное меньшей стеной усыпальницы, было равно 2, гипотенуза — 3 и высота — $\sqrt{5} = 2,236$; а $2,236 \cdot 5 = 11,18$, т. е. высоте с точностью примерно до $\frac{1}{100}$ локтя⁹. Кроме того, длина в 15 локтей, выбранная для диагонали стены, влечет за собой наличие «священного треугольника» со сторонами, соответственно равными 3, 4 и 5, образованного в проходящей через эту диагональ плоскости продольного сечения камеры; подобное отношение мы получаем для диагоналей параллелепипеда этой камеры, равных 25 локтям.

Ф. Петри, основываясь на том, что один из трех размеров усыпальницы фараона не составлял целого числа локтей, счел возможным высказать предположение, что при определении размеров различных камер пирамиды (усыпальницы фараона, камеры царицы, подземных камер, передней), строители придерживались якобы правила, чтобы квадраты размеров этих камер равнялись целым числам квадратных локтей (это так называемая теория площадей). Приведенные нами выше более простые объяснения показывают, что не было никакой необходимости добиваться столь сложного решения для определения высоты усыпальницы фараона. Что же касается остальных камер, частью незаконченных, то обосновывать свои заключения на их размерах, особенно по их высоте, не имело смысла, поскольку вымостка плиточного пола не была завершена. «Передняя» же, как мы уже видели, никогда не служила камерой, а предназначалась лишь для размещения подъемных плит, преграждающих переход, и управления ими; поэтому определять ее размеры было совершенно бесполезно.

Вместе с тем многие отмечают, что вымостка пола усыпальницы фараона была якобы помещена на уровне, на котором площадь горизонтального сечения равнялась половине площади основания, а диагональ угла — одной

⁸ М. А. Texier, *Les tracés des pyramides de Gizéh*, — «L'Architecture», 1939, Mai, pp. 177—180.

⁹ То есть около 0,5 см.

из сторон основания. Из этих двух отношений, из которых одно является функцией другого, совершенно очевидно, что замысел строителей нашел свое отражение в соотношении площадей. Но египтяне, опытные геодезисты, безусловно знали, что площадь квадрата, построенного на диагонали, равна удвоенной площади первого квадрата. Используя данное правило, они легко определили уровень расположения погребальной камеры. Однако отсюда не следует, что из указанного свойства диагонали квадрата, являющегося лишь частным случаем для гипотенузы произвольного прямоугольного треугольника, египтяне сумели вывести основное отношение, получившее свое выражение лишь двадцать два века спустя после Хеопса в знаменитой теореме Пифагора.

В эпоху сооружения больших пирамид геометрия, таким образом, не выходила из стадии интуитивного и утилитарного эмпиризма. Жрецы-зодчие, поставленные перед трудными техническими задачами, изыскивают все более совершенные методы их разрешения; ум, все еще направленный на решение практических вопросов, не был способен целиком отдаться чисто отвлеченным исследованиям. Так были выработаны методы расчетов и построений, ссылки на которые встречаются в более поздних документах, как, например, в Папирусе Ринд или в Московском папирусе, относящихся к Среднему царству. Однако А. Рей¹⁰ спрашивает по поводу этих еще эмпирических текстов следом за Питом, так педантично опубликовавшим Папирус Ринд: «Не существовала ли геометрия более сокровенная, чем та, следы которой здесь имеются и позволяют иногда предполагать существование некоторых более остроумных решений, чем дошедшие до нас? Мы обнаружили бы тогда в сохранившихся папирусах лишь несколько полезных данных для тех, кому предстояло ими пользоваться».

Хотя до настоящего времени и не найдено никаких египетских математических документов сокровенного характера, все же, если верить грекам, известно, что египетские жрецы тщательно скрывали свои математические секреты. Аристотель указывает на то, что жрецы изучали математические науки, Диодор, как мы уже отмечали, со-

общает об их влиянии на открытия и учение Пифагора и Демокрита, с гордостью провозглашавшего, что никто еще не опередил его в построении фигур при помощи линий и доказательстве их свойств, прибавляя при этом: «Даже египетские *harpedonaptēs* ¹¹!»

Следовательно, вполне можно допустить, что египетские геометры действительно обладали обширными знаниями, тщательно собираемыми и секретно хранимыми в храмах, знаниями, полученными благодаря неуспынным наблюдениям в течение многих веков, отделяющих эпоху сооружения первых пирамид, т. е. около 2900 г. до н. э., от эпохи пробуждения математического мышления греков, т. е. начала VI в. до н. э. Что же касается, в частности, геометрии, то изучение таких сооружений, как знаменитая Великая пирамида, должно было занимать значительное место в исследованиях этих жрецов, и вполне понятно, что они сумели обнаружить в этих памятниках, без сомнения гораздо позже их сооружения, общие свойства, о которых не подозревали их строители.

Таким образом на протяжении трех тысячелетий своей древней истории Египет подготовил путь для открытий греческих ученых, накапливая постепенно сокровищницу знаний, из которой греческие ученые могли широко черпать необходимые сведения. Но все же нельзя отрицать, что лишь благодаря философски настроенному мышлению греков геометрия стала подлинной наукой.

¹¹ Термин, который этот автор принял для обозначения египетских геометров, обычно переводится как «натягивающие веревку».

¹⁰ A. Rey, *La Science orientale avant les Grecs* (Collection Henri Berr, «L'évolution de l'Humanité», pp. 276—280).

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	3
Часть первая. Предания и легенды. Путешественники. Исследования и раскопки	25
Глава первая. Путешественники и писатели перед пирамидами. От античности до экспедиции Наполеона в Египет	25
Глава вторая. Экспедиция в Египет и археологическое исследование пирамид	68
Часть вторая. Пирамида — царская гробница — и ее монументальный комплекс	111
Часть третья. Мнимые секреты пирамид	133
Глава первая. Мистические теории	136
А. Библейские теории	136
Б. Теософские теории	149
Глава вторая. Научные теории	156
А. Астрономические теории	156
Б. Математические теории	175
Часть четвертая. Наука строителей пирамид	182
Глава первая. Технические знания. Сооружение пирамид	182
Глава вторая. Научные знания. Геометрия пирамид	208

Жан-Филипп Лауэр

ЗАГАДКИ ЕГИПЕТСКИХ ПИРАМИД

*Утверждено к печати Секцией восточной литературы РИСО
Академии наук СССР*

Редактор Т. Г. Максимова
Художник И. Р. Корф
Художественный редактор И. Р. Бескин
Технический редактор Э. Ш. Язловская
Корректоры В. С. Имядзе и Г. В. Стругова

Сдано в набор 31/VII 1965 г. Подписано к печати 23/III 1966 г.
Формат 84×108¹/₃₂. Печ. л. 7,0+0,375 вкл. Усл. печ. л. 12,39. Уч.-изд. л. 13,25
Тираж 15000 экз. Изд. № 563. Зак. № 3454. Св. темплан 1965 г., № 1054
Цена 72 коп.

Главная редакция восточной литературы издательства «Наука»
Москва, Центр, Армянский пер., 2

2-я типография издательства «Наука». Москва, Шубинский пер., 10