

Определение точных размеров и ориентации Великой Гизехской Пирамиды, Дж.Х.Коул (Determination of the Exact Size and Orientation of the Great Pyramid of Giza. By J. H. COLE)

Перевод – О.Кругляков

В начале апреля 1925 года профессор «Немецкого Института Археологии Египта» Борхардт запросил на время у Египетской Службы Землепользования измерительные приборы, чтобы провести новое точное обследование Великой Пирамиды в Гизе. В результате консультации с Верховным Инспектором Департамента Древностей, мистером Энгельбахом, было решено, что Служба Землепользования проведёт нужные измерения после того, как профессор Борхардт завершит необходимые раскопки и очистку для обнаружения базы Пирамиды со всех четырёх сторон.

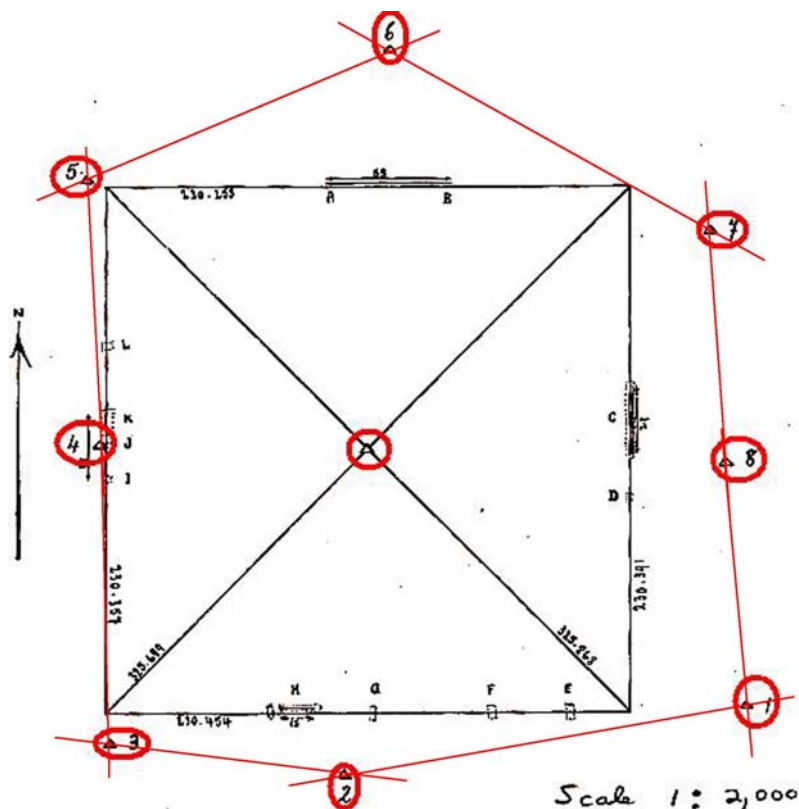
Конструкция Пирамиды снаружи такова: песок пустыни был снят вплоть до твердой скалы, и на ней аккуратно по уровню была уложена вымостка. База Пирамиды (*нижний слой блоков*) была установлена на эту вымостку таким образом, что снаружи остался тротуар примерно в 40 сантиметров от нижнего ребра облицовочных блоков. Однако, эта ширина на четырёх сторонах Пирамиды, в местах, где она могла бы быть измерена, не совсем одинакова: это 38 сантиметров на западной стороне, 42 сантиметра на северной стороне, и 48 сантиметров на восточной. По углам Пирамиды, для размещения фундаментов под этими точками, скала вырезана глубже. Эти прямоугольные в плане углубления названы угловыми гнездами.

Цель нынешнего обследования в том, чтобы определить с максимально возможной точностью размеры, форму и ориентацию оригинальной базы Пирамиды на вымостке.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Вокруг базы Пирамиды в скальном основании были укреплены восемь латунных вешек: по одной у каждого из четырёх углов, и, поскольку оказались, что от одной не видно следующей, то ещё четыре вешки были размещены по одной - примерно у середин сторон так, чтобы каждая была видна со смежных точек каждой из сторон Пирамиды. Вешки были пронумерованы от 1 до 8 по часовой стрелке, начиная с расположенной у юго-восточного угла Пирамиды.



Приближённый эскиз расположения вешек и теодолитных ходов (траверс) по периметру пирамиды.

Положение вешек было определено с помощью высокоточных линейно-угловых обмеров траверс*1. Длины измерялись с помощью сконструированного М.М.Бенуа и Гиалаумом «Base Line Apparatus» инварными*2 24 метровыми проволоками. Все измерения проводились дважды разными проволоками с точностью 1 к 500 000.

Углы*2 измерялись теодолитом Троттона и Симмса*3 методом/способом четырёх приёмов*4.

Верх флагштока*5 на вершине Пирамиды, видный из точек 1, 6 и 7, был включён в круг точек для триангуляции с этих позиций.

Была определена угловая невязка теодолитного хода в 9,6", она была скорректирована добавлением 1,2" к каждому углу хода. С использованием этих уравненных углов были вычислены координаты с окончательными погрешностями в 8мм в северном направлении и 0мм в восточном*6.

Положение вершины флажтока было вычислено по пересечению лучей из точек 6 и 7. Для проверки вычисленного угла был измерен горизонтальный угол от точки 1 через вершину флажтока к точке 2; разница составила 3,0" дуги.

АЗИМУТЫ

Азимут линии 6-7 от Полярной звезды был получен поворотом против часовой стрелки (*один из методов геодезических измерений — метод двух приёмов*). Окончательный азимут получен осреднением значений двух углов (*между приёмами*): по часовой стрелке и против. Чтобы придерживаться реального времени в месте работ использовался хронометр «Zenith». Погрешность часов выявлялась отсчётом по двум вертикальным лимбам для восточного и западного астрономического времени. Широта точки 6 была вычислена по известной геодезической широте Е 1 Великой Пирамиды и расстоянию в северном направлении от Е1 до точки 6.

Азимут линии от точки 7 к точке 6:

119град, 11' 07,1" на восток от истинного севера.

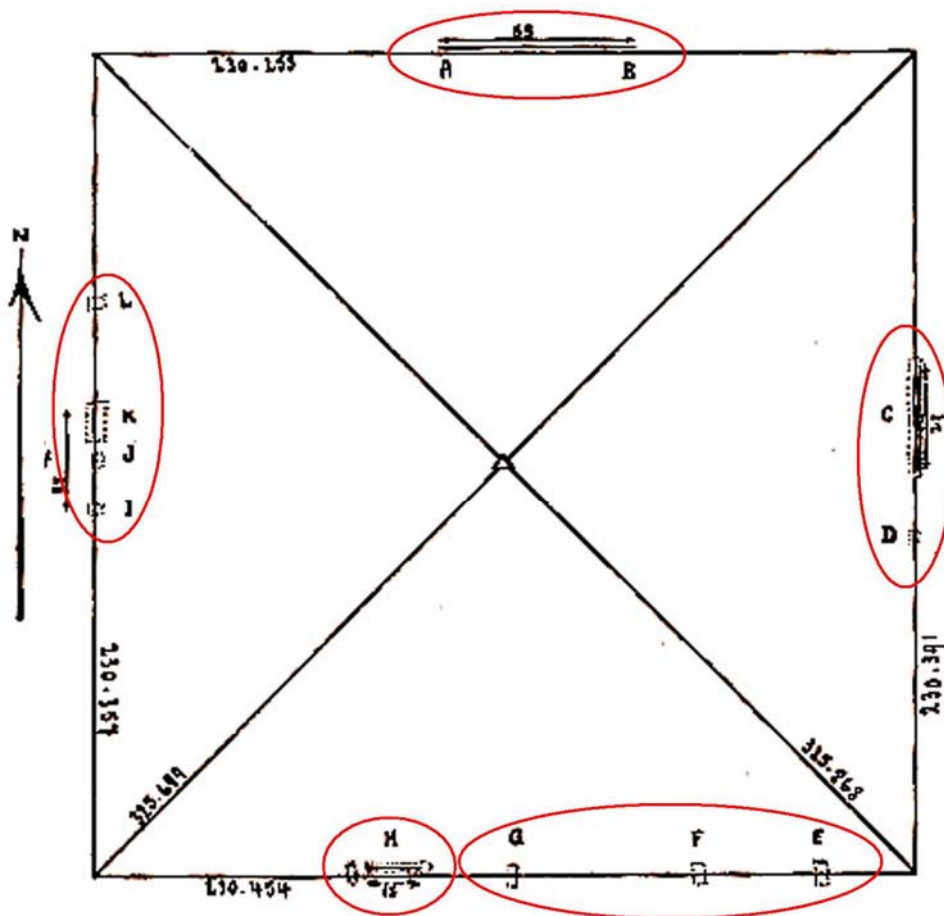
РАСКОПКИ ТРОТУАРА

Северная сторона. Весь тротуар на северной стороне, где он существовал, был очищен и на нём на протяжении 55 метров был обнаружен оригинальный след (*нижнего переднего*) ребра облицовочных блоков. На **20 метрах** (из этих 55-и) блоки облицовки всё ещё оставались на своих местах.

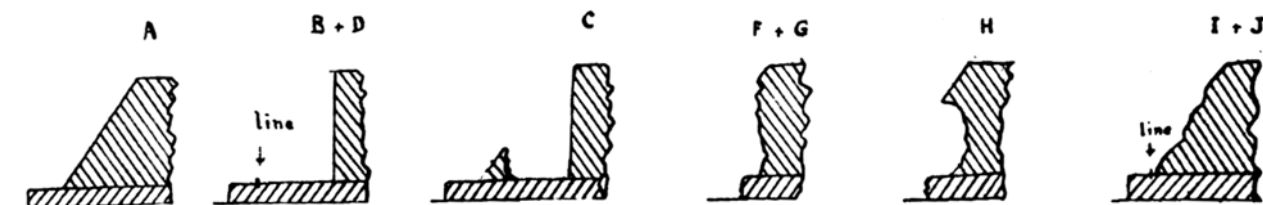
Восточная сторона. Раскоп прошёл вниз до тротуара, и, начиная от центра стороны, протянулся на **30 метров** к северу. При этом обнаружилось нижнее ребро облицовочных блоков, образующее чёткую непрерывную линию почти по всей длине раскопа.

Южная сторона. Вдоль этой стороны в разных местах были сделаны пять раскопов. В четырёх из них было обнаружено, что тротуар и блоки облицовки разрушены. В одном – верхнее ребро облицовочного блока сохранилось, и раскоп продлили вдоль этого ребра, насколько это было возможно, получилось – на 18 метров. Ребро ясно определялось на протяжении **15 метров**.

Западная сторона. Были сделаны четыре раскопа, и тротуар был обнаружен в трёх из них, а в четвёртом он был полностью разрушен. Максимальная длина линии, полученной из трёх раскопов, составила **28 метров**.



Приближённый эскиз расположения раскопов.



Профили облицовочных блоков в раскопах

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЕЙ.

Прежде, чем начать работать с полученными линиями, было решено, что проверкой уровней расположения всех их точек, полезно убедиться, действительно ли линии соответствуют единому уровню тротуара (*m.e.*, *плоским ли и строго горизонтальным он является*). В различных местах на тротуаре, найденных вокруг блока и в отверстиях краской были нанесены метки и линиями точного нивелирования соединены с двумя Precise Bench Marks*7 точными исходными точками, уже имеющимися на Пирамиде.

Описания точек и их уровня относительно MSL Александрии (*нулевой отметки всех высот Египта, находящейся в Александрии*) даны в следующей таблице (*в метрах*):

PRECISE LEVELLING AT GIZA PYRAMID.

B.M.	DESCRIPTION OF POINTS.	VALUE.
<i>North East Corner.</i>		
1	Bottom of N.E. corner-socket	59·6958
2	Rock W. of B.M. 1—foundation of pavement	59·8913
<i>North Side.</i>		
3	Top surface of pavement W. of 2 (beginning of pavement) at B. on diagram	60·4129
4	Top surface of pavement E. of remaining casing-blocks... ..	60·4049
5	Top surface of casing block (near 4)	61·9011
6	Top surface of pavement W. of remaining casing-blocks at A.	60·4115
7	Top surface of casing block (near 6)	61·9077
<i>North West Corner.</i>		
8	Rock E. of N.W. corner socket=foundation of pavement... ..	59·8584
9	Bottom of N.W. corner socket	59·6034
<i>West Side.</i>		
10	Rock in hole L=foundation of pavement	59·8841
11	Top surface of pavement in hole K	60·4129
12	Top surface of casing block in hole K... ..	61·9148
13	Top surface of pavement in hole J	60·4154
<i>South West Corner.</i>		
14	Rock N. of S.W. corner socket=foundation of pavement	59·8798
15	Bottom of S.W. corner socket	59·8485
<i>South Side.</i>		
16	Rock in hole H=top surface of pavement... ..	60·4222
17	Top surface of casing block in hole H	61·9333
18	Top surface of pavement in hole G	60·4229
19	Top surface of pavement in hole F	60·4264
<i>South East Corner.</i>		
20	Bottom of S.E. corner socket	59·3700
21	Rock W. of S.E. corner socket=foundation of pavement	59·8305
<i>East Side.</i>		
22	Top surface of pavement in the southern end of the hole C... ..	60·4193
23	Top surface of pavement in the northern part of the hole C... ..	60·4210

Из таблицы видно, что тротуар является практически плоским, но имеет очень лёгкий уклон, около 15мм, по диагонали, соединяющей северо-западный угол с юго-восточным.

ИЗМЕРЕНИЕ БАЗЫ ПИРАМИДЫ.

Метод обмера истинной базы Пирамиды, т.е., линий, образованных нижним (*передним*) ребром облицовочных блоков на тротуаре был таким: 6-дюймовый*8 теодолит был установлен на дне раскопа максимально близко к линии от рёбер облицовочных блоков всё ещё сохранившейся на тротуаре в глубине раскопа. Положение теодолита было уточнено горизонтальными скользящими движениями головки штатива - треноги, пока метки на самых концах линии на тротуаре не совместились с (*вертикальным*) волоском*9 теодолитного телескопа, покачиваемого относительно его горизонтальной оси. Горизонтальная платформа (*сейчас бы это назвали трегером теодолита*) теодолита была выставлена горизонтально и жёстко зафиксирована.

Затем была установлена метка на дальнем конце линии на земле так, чтоб она тоже совпадала с центральным (*вертикальным*) волоском. Её положение было проверено «переворотом» теодолита (*метод двух приёмов*). Теодолит установили по этой метке, и после проверки того, что вертикальный волосок азимутально зафиксированного прибора точно следует линии, на земле на другом конце в продолжение этой линии была нанесена ещё одна метка. Она тоже была проверена «переворотом» теодолита*10. Линия между этими двумя метками с помощью теодолита была продолжена в обоих направлениях вплоть до пересечения с линиями главных транверс в каждом направлении. В каждой такой точке пересечений на земле были нанесены метки.

Этот метод был использован на всех четырёх сторонах Пирамиды с небольшой модификацией на южной стороне, где только верхнее ребро облицовочных блоков оставалось доступным, а нижнее было полностью разрушено.

Вся работа была повторена два, или три раза *ab initio*; максимальная разница в положении окончательных меток получилась около 3 сантиметров (при продлении короткого участка сохранившихся рёбер на южной стороне). В качестве наиболее приемлемого бралось среднее из полученных для каждой точки положений.

Для оценки малые расстояния между этими метками и транверсными точками измерялись стандартной стальной рулеткой, градуированной в сантиметрах и миллиметрах.

Были определены координаты точек пересечения сторон и главных транверс и составлены уравнения четырёх сторон. Эти уравнения были решены попарно (*как четыре системы уравнений*) относительно координат углов Пирамиды. Исходя из координат углов, были получены длины и азимуты всех четырёх сторон и обеих диагоналей.

Азимуты сторон и диагоналей:

Side.	Length.	True Azimuth.		
	Metres.	°	'	"
North	230·253	89	57	32
South	230·454	89	58	03
East	230·391	359	54	30
West	230·357	359	57	30
N.E.—S.W.	325·699	14	55	45
N.W.—S.E.	325·868	314	57	03

Расположение южной стороны было получено продлением «до полной длины» сохранившегося верхнего ребра облицовочных блоков, которое было сочтено идеально параллельным нижнему ребру при горизонтальном отстоянии от него в 5,5/7 высоты верхнего ребра над тротуаром. Эта высота дана в таблице уровней (*см. выше*): разность между уровнями №17 и №16, она составляет 1,511 метра.

Таким образом, добавленное расстояние: $1,511 * 5,5/7 = 1,187$ метра к югу от линии верха облицовки. Это расстояние добавлено для получения координат юго-восточного и юго-западного углов и, следовательно, истинных длин сторон.

В оправдание использования дроби 5,5/7 мы приводим ссылку на работы В.М.Флиндера *The Pyramids and Temples of Giza*, в которой он приводит угол уклона в 51град, 50' 40" ± 1'05" и Борхардта *Gegen die Zahlenmystik an der grossen Pyramide*; кроме того, была осуществлена и новая проверка измерением наклона существующих блоков облицовки на северной стороне. Она дала приблизительно 1,173 метра горизонтального расстояния при разнице в высоте в 1,496 метра (между точками №4 и №5, *см. таблицу уровней*). Теоретическое горизонтальное расстояние в 1,175 метра – в пределах погрешности измерений.

Осреднённые габариты Пирамиды:

Central Axis.	Length.	Azimuth.		
	Metres.	°	'	"
North to South	230·374	359	56	00
East to West	230·354	89	57	48
General Mean	230·364	—	3	06

Эти результаты полезно сравнить с результатами проф. В.М. Флиндеса Питри, полученными в 1880-1882 годах и опубликованными в *The Pyramids and Temples of Giza*. В этой работе проф. Питри после ряда точных обмеров и определённых предположений получает следующие величины (*Ins.* = дюймы):

Side.	Length Petrie 1880	New Determination 1925.	Difference.
	Ins.	Ins.	Ins.
North	9069·4	9065·1	- 4·3
South	9069·5	9073·0	+ 3·5
East	9067·7	9070·5	+ 2·8
West	9068·6	9069·2	+ 0·6
Mean	9068·8	9069·4	+ 0·6

Из которых мы получаем небольшие различия по центральным осям:

Axis.	Petrie minus Cole.
	Ins.
North to South	+ 1·7
East to West	- 0·4
Mean dimension	+ 0·6

Такое тесное соответствие в размерах говорит о точности работ проф. Флиндеса Питри, определившего данные, на которых он строит свои предположения.

Сопоставление азимутов (**НЕВЕРНО!!! Следует читать последовательно как N S E W**):

Side.	Azimuth Petrie.	Azimuth Cole.	Difference.
N	- 3 20	- 2 28	+ 0 52
E	- 3 11	- 1 57	+ 1 44
S	- 3 57	- 5 30	- 1 33
W	- 3 51	- 2 30	+ 1 24
	- 3 43	- 3 06	+ 37

Эти различия в азимутах можно объяснить тем, что новые исследования велись на реальных направлениях сторон (*Пирамиды*), определённых после раскопок тротуаров, в то время, как исследования профессора Питри относились к гипотетической базе, полученной вычислением «квадрата, проходящего по точкам облицовки, обнаруженной на сторонах и с углами на пересечениях диагоналей угловых гнёзд».

В таблице азимутов, приведённой выше, видно, что самая «несоответствующая» сторона – восточная, азимут которой разнится почти на 3' в сравнении с тремя остальными. (*Вот именно, восточная, E! Место в тексте, указывающее что в таблице ошибка, т.к. в таблице указана южная, S сторона*)

Чтоб разобраться в этом несоответствии нами был сделан дополнительный раскоп на восточной стороне в 23 метрах к югу от прежнего. В этом раскопе были обнаружены тротуар и линию от ребра облицовочных блоков. Эта линия легла точно на искусственную линию продления, подтверждая тем самым её точность.

Профессор Борхардт обнаружил короткую линию на тротуаре, выдающуюся на несколько сантиметров от ребра блока облицовки в середине северной стороны. Эта линия не была ни стыком в тротуаре, ни стыком блоков облицовки. Измерения расстояний от двух северных углов до этой линии дали следующие результаты:

-до северо-восточного угла – 115,161м

-до северо-западного угла – 115,090м

Разница – 71мм.

Таким образом, это, возможно, осевая линия.

МАКСИМАЛЬНЫЕ ОЖИДАЕМЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ НОВЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ

Северная сторона. Продление чёткой и ясно определимой линии длиной в 55 метров. Максимальная ошибка к каждому концу не должна превысить 6 миллиметров.

Восточная сторона. Продление 52-метровой идеально чистой линии. Не похоже, что это приведёт к ошибке большей, чем 6 миллиметров у каждого из концов.

Южная сторона. Продление 15-ти метрового верхнего ребра облицовочных блоков. Выбор этих 15 неизношенных метров даёт для работы вполне определимую линию. А на продлении должна обеспечиваться точность до 1 сантиметра на западном конце и до 3 сантиметров на восточном, к которым следует добавить некую ошибку в вычисленном горизонтальном расстоянии между верхним и нижним внешними рёбрами облицовочных блоков.

Западная сторона. Продление обособленных отрезков на протяжении 28 метров. Тротуар в основном очень изношен, как и облицовочные блоки, которые всё ещё на своих местах. Избранные для работы отрезки, однако, довольно определимы, но есть некоторое сомнение, что они правильны. Окончательные погрешности на обоих концах должны быть менее 3 сантиметров. (*Не парадоксально ли, что именно эта сторона самая «точная» в пирамиде*)

Следует ясно понимать, что эти возможные неточности происходят из-за неуверенности в абсолютном положении линии на тротуаре, поскольку отклонение на 1мм на любом конце линии в раскопе приведёт к отклонению на 5мм и больше на каждом из концов продлённой линии, к которым должна быть добавлена ещё и возможность отклонения от прямой у оригинальной стороны Пирамиды. Проверка (*кривизны*) вдоль 55-метров по северному ребру показала, что она, похоже, неуправляема.

Точки пересечения смежных сторон оказались в угловых гнёздах и были проведены измерения (*расстояний*) от этих точек до внешних краёв гнёзд, где они существовали. Юго-западное гнездо было слишком разрушено, чтоб дать какую-либо информацию.

Для остальных трёх гнёзд измерения показали следующее: (*cms. = сантиметры*)

Socket.	Edge.	Distance.
		cms.
N.E.	} N	85
	} E	85
S.E.	} S	83
	} E	85
N.W.	} N	75
	} W	76

Из результатов измерений мы видим, что углы Пирамиды, полученные из продления сторон, точно падают на диагонали, проведённые из углов (где они могут быть определены) гнёзд, давая, таким образом, дополнительные подтверждения, что размеры и ориентация каждой из сторон, как определено выше, очень близки к истине.

Оригинал публикации:

http://pyramidal-foundational-information.com/file_download/8/Cole+-+Determination+of+the+Exact+Size+and+Orientation+of+the+Great+Pyramid+of+Giza.pdf

и

<http://www.kheraha.co.uk/cole.html>

Примечания и комментарий современного геодезиста, Семёна Д. (Москва, январь 2010 года).

*1 Травесы в английском тексте – вспомогательные теодолитные ходы 1-2, 2-3 и т.д.

*2 Инвар (*от лат. invariabilis — неизменный*) - сплав на основе железа; содержит 36% никеля. Впервые получен во Франции в 1896 Ш. Гильомом. И. имеет малый коэффициент теплового расширения ($1,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ при температуре от — 80 до 100°C). Малое тепловое расширение И. объясняется тем, что магнитострикционное уменьшение объема при нагреве компенсирует тепловое расширение. И. используется для изготовления геодезических проволок и лент, линеек, деталей измерительных и контрольных приборов и др.

*2 Подразумевается углы между точками теодолитного хода

*3 «6 inch Troughton and Simms micrometer theodolite». Сейчас все теодолиты производятся массово и имеют имя фирмы производителя и номер/марку, но в то время это были штучные инструменты, и каждый из них был уникален. Определить точность тех инструментов можно только, обратившись к их производителям, либо где-то искать сведения о них в архивах.

*4 Один из способов измерений в геодезии

*5 Тренога на вершине Пирамиды - геодезический триангуляционный сигнал, так называемая в просторечье — геодезическая ПИРАМИДА. В то время представляла собой деревянную пирамиду с выходящим из неё вверх штоком. Сейчас для постройки геодезических пирамид применяются металлы.

*6 При уравнивании геодезисты используют геодезическую систему координат, отличие от математической в том, что на север откладываются координаты X, а на восток Y. При уравнивании вычисляются невязки, так называемые дельты: дельта x и дельта y). Понятия XY и xy в геодезии различаются! Большими буквами обозначаются координаты, а малыми приращения координат/невязки и т.п.

*7 Precise Bench Marks – метки точного нивелирования. Проложение нивелирного хода с контролем от одной точки к другой. Точки являются геодезическими высотными реперами и это основа всей высотной геодезической сети страны.

*8 Это не точность измерения прибора. Все теодолиты имеют так называемые круги, вертикальный круг и горизонтальный круг. На этих кругах очень точно идёт разметка углов, дополнительную точность дают микрометры (сейчас не применяют этот способ в таком виде) и оптика напротив этих микрометров. Сейчас указывается только точность прибора, а в те времена указывался диаметр (или радиус) горизонтального КРУГА (лимба) теодолита — чем больше диаметр (в разумных пределах), тем выше точность прибора.

*9 Каждый теодолит имеет так называемую сетку. Это параллельные/перпендикулярные очень тонкие линии в центре зрительной трубы. В России их называют нитями.

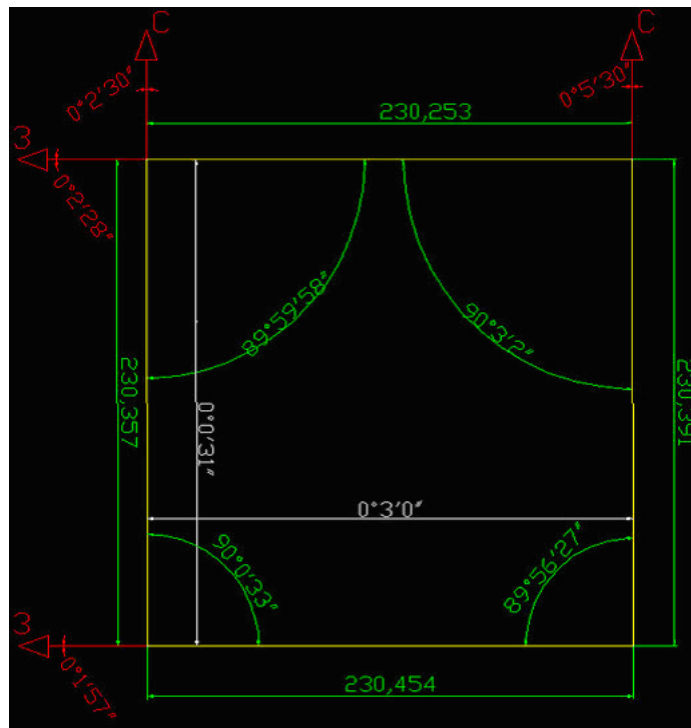
*10 Используют одно из двух: либо метод двух приёмов, либо продление линии за теодолит с помощью переворота зрительной трубы. Без метода двух приёмов продлевать линию переворотом трубы нельзя даже на заведомо исправном приборе. Исключение может быть только в случае если продлеваемая линия во много (минимум 10) раз меньше базовой линии.

...Я нахожу ошибки у них (*Питри и Коула*) и исправляю (если это возможно). У Питри этих ошибок достаточно, и его последователи исправили большинство из них с комментариями. У Коула в данном случае есть ошибка в именовании сторон света в некоторых местах. Они перепутаны (указана одна сторона, а цифра напротив неё совсем от другой стороны и т.п.), в итоге по этим данным невозможно физически построить то, что он измерял. Получается, что он пишет об ошибке параллельности/перпендикулярности такой-то величины, но при этом, если самому посчитать и сравнить таблицы, то получится что либо он совсем не умеет складывать и вычитать углы (итоговые цифры не соответствуют его же расчётам).

Более вероятно, что у Коула ошибки ввели печатники в типографии при наборе. Им было абсолютно безразличны эти N, S, W, E и их комбинации в расчётах и таблицах.

Мой рисунок является работой над ошибками. Учтены все неверные определения сторон света. При этом это никак не затронуло самих цифр в таблицах и измерениях (цифры я тоже проверил).

Прошу внимательнее смотреть на обозначения мер длины. Где-то футы, где-то дюймы (Ins.), где-то метры (Metres), где-то миллиметры, где-то сантиметры (cms.). Вот если всю его работу перевести в одну систему измерений (для меня удобнее метрическая система), то тогда и следует смотреть, что получилось.



ЗЕЛЁНЫМ обозначены длины сторон основания пирамиды в метрах и углы примыкающих сторон
БЕЛЫМ обозначены расхождения противоположных сторон в угловых мерах
КРАСНЫМ обозначен сдвиг сторон относительно фактических сторон света в угловой мере (положение цифр указывает, в какую сторону произведён сдвиг)

...рассмотрим теперь, с какой точностью они могли обозначить границы храма или другого сооружения. Памятником, построенным с самой высокой точностью, является Великая пирамида, и до недавнего времени считалось, ни одна сторона ее основания не отличалась от другой более, чем на 8 дюймов. Иными словами, при длине стороны, равной 9000 дюймов, точность составляет 1 к 5000. Поскольку, проводя измерения стальной лентой, достичь такой точности невозможно, несмотря на вносимые поправки, люди, изучавшие Великую пирамиду, не могли объяснить, каким образом она была достигнута. Однако недавно длина сторон Великой пирамиды была определена Египетской Службой Межевания. Были найдены точки, в которых рёбра блоков облицовки соприкасаются с тротуаром пирамиды, и после нанесения их на план были установлены истинные азимуты каждой из ее сторон.

Результаты измерений показали, что стороны основания пирамиды имеют следующие длины:

Северная 9065,1 дюйма
Восточная 9070,5 дюйма
Южная 9073,0 дюйма
Западная 9069,2 дюйма
В среднем: 9069,45 дюйма

Можно увидеть, что разница между самой длинной и самой короткой стороной составляет 7,9 дюйма, которая обосновывается гораздо проще, чем результат предыдущих измерений. На вопрос, можно ли получить такую точность с помощью измерительной веревки, ответить, не проведя эксперимент лично, нельзя. По мнению автора этой книги, на плоской ровной поверхности - можно. И даже если измерения с помощью веревки не способны обеспечить такую точность, нет никаких причин утверждать, что древние применяли какой-то сложный прибор.

Древний способ прикладывания одного измерительного шеста к концу другого мог бы дать заметно большую точность, чем у Великой Пирамиды. Первоначальная база триангуляции для Английской Службы Межевания в Солсбери была построена с помощью шестов, хотя, конечно, со многими предосторожностями и поправками, которых трудно было бы ожидать от египтян. С современных поправок точность метода измерительных шестов может быть доведена до 1:250 000.

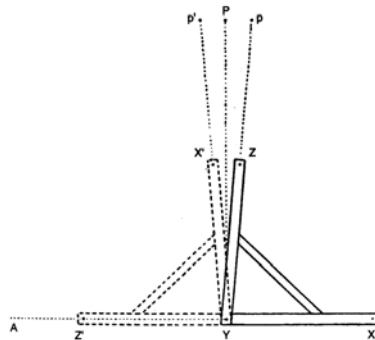
Используя модели двух линеек длиной в локоть из твердого дерева, один из авторов измерил отрезок, в котором они концом к концу укладывались двадцать пять раз, и успешно вернулся вдоль полученной линии к ее началу, не получив никакого расхождения в данных. Однако следует помнить, что нет совершенно никаких доказательств того, что египтяне вели измерения, прикладывая конец одной линейки к началу другой, как было описано выше. Что касается способов получения прямых углов, то мы можем только предполагать, как это делали египтяне. Однако надо отбросить даже намек на то, что в их распоряжении был прибор, вроде теодолита, поскольку для получения огромной точности могли быть сделаны и простые приспособления.

Из результатов недавних исследований, на которые мы уже ссылались, видно, что углы Великой Пирамиды имеют следующее значение:

Северо-восточный $90^\circ + 3'2''$;
Юго-восточный $90^\circ - 3'33''$;
Юго-западный $90^\circ + 0'33''$;
Северо-западный $90^\circ - 0'2''$.

Таким образом, максимальная ошибка при определении прямого угла составляла 3,5 угловой минуты. В Великой Пирамиде квадрат невозможно скорректировать измерением диагоналей, поскольку в тело Пирамиды вдается скала. Это практически исключает и вероятность того, что прямой угол был нанесён с помощью треугольника, стороны которого имеют пропорции, скажем, 3, 4 и 5 или 5, 12 и 13, которые были хорошо известны египтянам.

Построить прямой угол можно было достаточно точно и с помощью чисто визуальных методов, хотя мы не знаем, какое приспособление использовали для этого древние египтяне.



Прибор, изготовленный одним из авторов для определения, какой точности можно достичь визуальными методами, состоит из двух деревянных реек длиной около 2,13 м, скрепленных под углом примерно 90° .

В вершине угла и на концах реек были вставлены шпильки. Способ определения прямого угла по отношению к линии AY заключался в следующем: приспособление, аналогичное изображенному на рисунке, было установлено

таким образом, чтобы шпилька в вершине угла находилась точно в точке Y, а линия XY была продолжена визуально до точки A.

В результате, был получен отрезок AY. Линия YZ была также визуально продолжена, и примерно в 100 ярдах от точки Z был вбит колышек в точке p. Затем приспособление повернули на 90° , так, чтобы линия YZ совпала с линией AY. Линия YX была визуально продолжена, и на таком же расстоянии вбит колышек p'. Затем расстояние между p и p' разделили с помощью биссектрисы (YP), а полученный таким образом прямой угол (AYP) проверили с помощью теодолита. Было обнаружено, что, сколько бы ни проводилось экспериментов, ошибка визуального метода составляет не более 1,5 угловых минут...

...Ориентировка храмов по сторонам света не отличалась особой точностью, однако пирамиды, в особенности Великая, были весьма строго ориентированы на истинный север. Поскольку у нас нет причин полагать, что египтяне ориентировались по Полярной звезде, вполне вероятно, что они использовали для этого звезду, которая видна на небе всего несколько часов, и проводили биссектрису угла между направлениями от наблюдателя на восход и заход этой звезды. Опять же, вполне возможно, что они вели обсервацию по крайним положениям околополярной звезды. Похоже, что подобной обсервацией можно получить ориентацию лучше, чем у Великой Пирамиды, ни восточная, ни и западная стороны которой не сориентированы на истинный север точнее 2,5 угловых минут.

Ориентация сторон пирамиды такова:

западная сторона 2'30" к западу
восточная сторона 5'30" к западу
северная сторона 2'28" к югу от запада
южная сторона 1'57" к югу от запада

Следует отметить, что современная ориентация Великой пирамиды может значительно отличаться от древней, поскольку за последние 5000 лет положение истинного севера, вероятно, изменилось.
