**Из истории техники: накануне реальной истории**

Сергей Валянский, Дмитрий Калюжный

**Измерительные приборы и машины**

В Египте, в связи со строительством оросительных систем, начинают использовать некоторые землемерные инструменты и такие приспособления, как измерительный шест, отвес, маркет (уровень с отвесом), нивелирование с помощью воды, бей (визирная дощечка). В этот период развивается и измерение затопленных площадей, заложившее начало геометрии. Для строительства крупных объектов, какими являлись пирамиды, храмы, дамбы, каналы, нужны были рабочие чертежи, эскизы.

Пожалуй, первой машиной в современном понимании следует назвать водяную мельницу, то есть не что иное, как преобразователь энергии водяного потока в энергию вращения. Это простейшее устройство состоит из основного колеса, двух цевочных колес и рабочего органа — двух жерновов, неподвижного и подвижного. Первые мельницы появились на горных речках и быстро распространились повсюду, где можно было создать перепад воды.

Изобретение мельниц было выдающимся событием: появился новый движитель. К использованию энергии человека и животного добавилась энергия воды. Одновременно с изобретением мельниц появились и зачатки научных знаний.

Другими областями человеческой деятельности, в результате которой возникли машины, были строительство и водоснабжение. Появляются устройства для подъема и перемещения тяжестей, принцип работы которых сохранился и в современных грузоподъемных механизмах.

Создание систем регулируемого орошения позволило резко повысить урожайность. Во всех сферах своей деятельности люди смогли производить гораздо больше, чем прежде, потому что у них были более совершенные орудия и способы труда.

**Пирамиды Египта**

Самым важным из всех достижений в металлургии доисторического периода была разработка управляемого процесса выплавки бронзы. Как известно, первые опыты с плавкой медных руд давали медь с различными примесями, то есть различные бронзы. Наилучшим оказался сплав меди с оловом, прежде случайно получавшийся из руд, содержавших оба эти метала. Разгадка тайны этого сплава привела к коренному улучшению качества изделий из металла. Появилась возможность делать более твердые, сложные по форме и более долговечные изделия.

Кузнецы Египта изготовляли топоры, тесла, стамески, долота, сверла, ножи, пилы, гвозди, скобы, иглы, бритвы, пинцеты; плотники — челны, мебель и уже употребляли шестислойную фанеру. Об этом можно судить по находкам из египетских захоронений. Правда, неизвестно, к какому времени их следует отнести; и то же самое можно сказать о здешних пирамидах, «первом чуде света».

Время их строительства невозможно определить, исходя из технических возможностей той или иной эпохи. Выполненная строителями работа даже для технологий XVII века была бы архисложной. Здесь — загадка на загадке: не только время построения, но и назначение пирамид загадочно. В современной египтологии существует несколько версий, для чего их строили. Это или памятник утверждения власти и силы, или заупокойный ансамбль, или ритуальный комплекс, а может быть — место хранения ценностей (материальных и информационных), и т.д.

Большая пирамида Хеопса была построена примерно из двух миллионов трехсот тысяч каменных глыб общим весом 5.75 млн. т. Средний вес глыбы составляет 2.5 т, а максимальный достигает 15 т (в то же время для других целей египтяне вырубали из скалы, обрабатывали и перевозили глыбы весом до 200 тонн). Пользуясь лишь такими простыми средствами как полозья, катки, продольные брусья, канаты и рычаги, надо было перетащить эти глыбы от карьеров к берегу Нила, где их грузили на барки, перевозили по реке и поднимали на 30 м, до уровня строительной площадки.

Согласно преданию, которое Геродот передал со слов местного жреца, доставкой этих глыб к строительной площадке занимались по три месяца ежегодно в течение 20 лет сто тысяч рабочих. Число рабочих на строительной площадке составляло четыре тысячи человек, и неизвестно, сколько еще работало в карьерах и на перевозке.

Бронзовым инструментом можно было дробить только мягкие скальные породы. Твердые породы разбивали сильными ударами шаров долерита (твердый нехрупкий камень). Ремесленники откалывали таким образом от всей скалы в карьере глыбу нужных размеров: решение этой задачи требовало немало сноровки, так как чересчур сильный или слишком слабый удар не дал бы нужного результата. Для откалывания каменных глыб употреблялись также металлические и деревянные клинья; для увеличения последних в объеме мастеровые пропитывали их водой.

По существу, это было использованием технических приемов, применявшихся на медных рудниках. Нужная форма придавалась блокам — сперва сильными ударами шаров из долерита или остроконечными молотками и кирками, а на последней стадии обработки — пилами и трубчатыми сверлами (приводимыми в движение, повидимому, смычковой дрелью), а также абразивными материалами.

Но выполнить столь большой объем работы, даже с помощью используемого инструмента, за указанное время было невозможно. Как же все-таки строили пирамиды? С момента, когда они попали в сферу внимания ученых, и до наших дней многие искали ответ на этот вопрос, поскольку строители пирамид не оставили никаких разъяснений на этот счет.

Первым среди таких искателей был неутомимый греческий путешественник и историк Геродот, который, как полагают, еще в середине V века до н.э. посетил Египет и предположил, что пирамиды строились с помощью деревянных машин, поднимавших блоки с уступа на уступ. Как выглядели эти машины, было неизвестно, по-видимому, и ему самому. Четыреста лет спустя Диодор Сицилийский предполагал, что подъем каменных блоков осуществляли по земляным насыпям. Затем почти 1800 лет никто этим вопросом не занимался, а потом интерес вспыхнул вновь.

Около 1719 г. француз Поль Люка утверждал, что пирамиды облицованы цементом, а не камнем. Англичанин Р. Покок в 1745 г. высказал предположение о пирамидах как об облицованных каменными плитами горах. Уже в наше время, всего несколько лет назад, инженер-химик Джозеф Давидович возродил гипотезу о цементной облицовке, приведя в ее подтверждение результаты научных исследований. Но вот американский инженер Буш снова вернулся к камню, однако высказал мнение, что каменные блоки оснащались с двух сторон сегментами и таким образом превращались из прямоугольных в цилиндрические. Буш успешно испытал свой способ, вкатывая почти трехтонный цилиндр по наклонной плоскости усилиями четырех человек. Есть весьма серьезная версия, что блоки не цельнокаменные, а изготовлены из каменно-бетонной смеси.

И.В. Давиденко высказал такое мнение:

«Я стал причастен к мнению Джозефа Давидовича, утверждавшего, что пирамиды Хеопса сделаны из геополимерного бетона, а не выпилены из маккотанского известняка. Для доказательства этого я взял кусок, привезенный мне хорошим знакомым, и выковырял из этого так называемого известняка два прекрасно скатанных кварцевых зерна. В каком известняке вы найдете внутри такое скатанное зерно? Почему во всех этих блоках вообще нет слоистости, которая им присуща? Почему там нет иглокожих? Маккотанские известняки и знамениты тем, что в них обильная фауна иглокожих, то есть морских ежей. Где они? Их нет.

К чему я привожу все эти примеры: если мы хотим заниматься историей, необходимо отслеживать материальные источники — не только те, о которых нам говорят, но и те, которые есть, но которые мы не видим.

Я мог бы приводить множество таких примеров, но все почему-то заинтересовались пирамидой Хеопса: она такая большая, состоит из блоков по несколько тонн. Но рядом со сфинксом стоят два храма — Храм сфинкса и Храм пирамид, где поставлены друг на друга блоки по 200 тонн, и это никого не удивляет. Почему не удивляет? Они тоже бетонные, они никакие не выпиленные, попробуйте сорвать с основания блок 9 на 3 метра, получится ли это?»

Вот и все из известных на сегодня способов. Причем любой из них вызывает сомнение еще по одной причине. Геродот пишет о ста тысячах человек, работавших в течение 20 лет на пирамиде Хеопса. Как же они размещались на площадке всего в 5 гектаров? Ведь на насыпи и на самой площадке одновременно должно было находиться много людей, тянувших волокуши с блоками. Об этом говорят и данные эксперимента, проведенного в 1954 г. британскими археологами в Стоунхендже (Англия). Они воспроизвели перевозку полуторатонных каменных блоков. Простейшие деревянные салазки с привязанным к ним каменным блоком 32 молодых крепких парня едва тащили вверх по наклонной плоскости с уклоном 4°.

В 1978 г. группа японских энтузиастов пыталась построить всего лишь 11-метровую пирамиду, используя наклонную насыпь и волокуши для подъема каменных блоков, но потерпела неудачу. Насыпь оказалась слишком крутой, чтобы втаскивать по ней волокуши с грузом, и достраивать пирамиду пришлось современной технике.

Пирамиду Хеопса по «историческим» данным строили тридцать лет (примерно десять тысяч дней), и было уложено, как уже сказано, два миллиона триста тысяч блоков. Делим это количество на десять тысяч, получаем 230 блоков в день. В среднем в году световой день равен 12 часам. Делим 230 на 12. Получаем примерно 19.1 блока в час. Это значит, что блоки нужно подавать на площадку каждые 3.1 минуты, чтобы за час набрать 19.1 (а между прочим, .каменоломни не находились рядом).

Сколько нужно одновременно обрабатывать блоков, чтобы на выходе из каменоломен в день было 230? Сколько нужно для этого работников? Чем обрабатывали? Сколько блоков должно находиться в дороге, чтобы к пирамиде подавить через каждые 3.1 минуты? Сколько для этого нужно народу? Сколько нужно километров веревок? Волоком тянуть блоки невозможно (застрянут в песке), нужны какие-то катки. Сколько для этого нужно бревен, и где их брали?

Каким образом блоки переправляли через Нил? Как грузили на лодки (баржи, паромы или плоты)? Чем кормили громадную армию работников? Как осуществляли постоянные специальные поставки продовольствия?

Вопросов больше, чем ответов.

Ни одна из сторон пирамиды Хуфу не отличается от других по длине более, чем на 20 см. Вся структура в целом полностью сориентирована по компасу. Между тем единственными доступными геодезическими средствами измерения в те времена, к которым относят строительство, могли быть визирование звезд, мерные рейки, возможно, отвесы и вода для нивелирования.

Метод нивелирования, предположительно получивший развитие из опыта нивелирования ирригационных каналов, состоял в прорытии вокруг строящейся пирамиды небольшого рва, заполняемого затем водой для того, чтобы отсчитывать от него требующийся уровень. И несмотря на то, что эти измерительные средства были столь примитивны, наибольшая и наименьшая из граней (высотой около 249 м.) отличались друг от друга столь незначительно!

Наибольшее отклонение угла между смежными сторонами основания от прямого угла составляет около одной двадцатой градуса, а максимальное отклонение отдельных частей основания от среднего уровня было равно 1.25 см. Вероятно, египтяне использовали неожиданное техническое решение, не получившее развития в дальнейшем, а потому забытое.

А.Ф. Сайфутдинов в статье «Замки на песке» задался вопросом, как добивались полного заполнения пустот и выравнивания поверхности. Идеальный случай — когда поверхность сердцевины, на которую будут укладываться блоки для ребер пирамиды, сама становится ровной по всей длине и совершенно точно принимает необходимый угол наклона ребра! Как этого добиться, используя доступные древним египтянам ресурсы? При помощи песка, которого египтяне имели сколько угодно! Автор статьи пишет:

«Если попробовать насыпать песчаный холмик, то окажется, что угол наклона его поверхности будет везде одинаков. Этот угол называется углом естественного откоса. Такое свойство присуще любому сыпучему телу. А кто, как не египтяне, живущие в окружении пустынь, могли лучше знать свойства песка?!

Песок прекрасно заменяет угломер: если поверх сердцевины насыпать слой песка, то по всей длине откоса получится ровная поверхность с ПОСТОЯННЫМ УГЛОМ НАКЛОНА.

Из любого строительного справочника известно, что угол естественного откоса песка находится в пределах 40-45° в зависимости от размеров песчинок, влажности и примесей. Угол наклона ребер пирамиды Хусру составляет 42°, пирамиды Хасрры — чуть больше 42°. То есть он попадает в эти пределы! Вполне возможно, что угол естественного откоса песка, которым пользовались древнеегипетские строители, был равен именно 42°. Судя по такому углу откоса, это мог быть мелкий песок, возможно, с некоторыми примесями, например с илом.

А как быть с углом наклона граней пирамиды? Если строители обеспечивали с помощью песка правильный наклон ребер, то это автоматически определяло угол наклона граней. Несложные расчеты показывают, что для пирамиды Хусру угол наклона ребер в 42° обеспечивает наклон граней под углом в 51° 52'. Для пирамиды Хасрры при угле наклона в 42°29' наклон граней составит 52°20'. Именно такие угловые размеры и имеют эти пирамиды в действительности».

**Железный век**

Считается, что не было никаких крупных изобретений (да и число второстепенных невелико) до наступления века железа, коренным образом изменившего условия жизни. А пока он не наступил во всей красе, в ход шли порой бронзовые лезвия мотыг и лемехов. В варварской Европе было обычным использование бронзы для тяжелых и грубых работ. Рабочие медных рудников в Австрийских Альпах пользовались кувалдами и зубилами с насадками из бронзы.

Но бронза, редкий и дорогой материал, мало расширила власть человека над природой. В больших количествах из нее никогда не делали земледельческих орудий, вследствие чего земледелие оставалось почти на том же уровне, что и до появления бронзы. А значит, условия жизни в целом почти не изменялись, и прибавочный сельскохозяйственный продукт продолжал быть настолько мизерным, что ремеслом могла заняться лишь ничтожная прослойка.

Поэтому из бронзы, помимо оружия, изготовляли еще преимущественно лишь средства труда для немногочисленных ремесленников, с помощью которых те производили предметы роскоши для небольшого класса знати. В целом же производство оставалось на уровне каменного века. Даже крупные ирригационные сооружения в Египте строились в большинстве случаев каменными и деревянными орудиями. Власть государства не могла быть сильной, поскольку не было средств, — их не с кого было собирать в больших количествах.

И это — канун железного века!

Легко понять, что если бы в Египте небольшие группы людей не начали в неизвестные времена сажать зерно в землю, а продолжали питаться дикорастущими финиками, то до сих пор по нашей планете бродили бы дикие племена, питаясь «дарами природы».

А с появлением земледелия развитие в одних областях жизни подстегивало прогресс в других, и очередной скачок в технологиях несомненно был связан с использованием железа. Но выплавка железа из руд и производство из него средств труда оказались весьма сложным делом. Ведь вся история металлургии — это, по сути, история получения все более высокой температуры. Скажем прямо, в первых примитивных печах вообще нельзя было достичь такого нагрева, чтобы расплавить металл.

А когда научились строить подходящие печи, стали получать металл в виде мельчайших затвердевших комочков (крица), затерянных в массе шлака. Эту смесь приходилось повторно нагревать и многократно проковывать, чтобы удалить шлак и получить из разрозненных капелек сплошной кусок железа. И для того времени это была сложная технология: Овладев ею, человек получил большую выгоду. Более высокая прочность железа по сравнению с бронзой, общедоступность железных руд и, наконец, более дешевый процесс производства окончательно вытеснили бронзу. Повсеместная распространенность железа в природе позволила выплавлять и использовать его на месте, без дальних перевозок и торгового обмена.

Дешевое железо в корне изменило образ жизни. Земледелец получил, наконец, металлические орудия, повысившие производительность труда при обработке земли. С железным топором оказалась возможной расчистка под посевы больших лесных массивов. Ведь чтобы срубить дерево каменным топором, требовался не один день работы, а теперь речь шла о часах, а иногда и о минутах!

Очень быстро появился самый разнообразный железный инвентарь для сельского работника, в том числе лопаты, заступы, вилы, кирки, мотыги, косы и секачи, ножницы для стрижки овец (до этого шерсть просто выщипывали). Ими стали пользоваться также для стрижки волос и разрезания тканей. Значительный рост производительных сил в земледелии приумножил прибавочный продукт, что позволило увеличить прослойку специалистовремесленников. Продукция,производимая ремесленниками, стала достоянием широких слоев общества, а не только избранной кучки знати. И кстати, начался количественный рост и знати тоже.

Появились машины для производства муки, оливкового масла, вина. До этого вино давили только для домашнего потребления и сок из винограда выжимали в мешках, скручивавшихся с концов, теперь же изобрели специальные прессы. Первым был так называемый балочный пресс.

А вот более сложный винтовой пресс появился гораздо позже, хотя официальная история и относит его ко второму или первому столетию до нашей эры. Вообще изобретение винта приписывают Архитасу из Таранто (примерно 400 год до н.э.), но проблема в том, что сама винтовая пара — очень сложное устройство. Если ход резьбы у винта не совпадает с ходом резьбы гайки, эта пара не будет работать. А как же в те времена можно было сделать их одинаковыми? Нужен был как минимум токарный станок.

С появлением железа и ремесленник получил более разнообразные орудия труда, и притом орудия лучшего качества. Плотники стали пользоваться лесопильной рамой, лучковой и двуручной пилой. Более того, различных инструментов из железа стало много больше, чем прежде из бронзы и камня. Появились бурав и рубанок. Употреблялись ручные сверла и дрели, которые приводили в движение скрученной тетивой лука. Кузнецы работали с клещами, тисками, зубилом, сверлами и более совершенными кузнечными мехами. Теперь у них имелись специальные молоты нескольких видов, чего не было у их предшественников.

Блок был изобретен, по-видимому, в начальный период железного века. Это очень нужное приспособление, казалось бы, легко могли изобрести много раньше люди, знакомые с колесом. Однако, по имеющимся довольно достоверным данным, известно, что египтяне бронзового века не поднимали паруса с помощью блока и определенно не пользовались им на крупных строительных работах. Первое, как полагают, изображение блока имеется на барельефе в Ассирии, который датируют VIII веком до н.э., но сама хронология Ассирии вызывает много вопросов, так что мы пока не будем спешить с расстановкой дат. Возможно, блок, хоть он и простейший из механизмов, не мог быть изготовлен рано и достаточно дешевым способом, пока не появилось железо.

Появление блока вызвало коренной переворот в строительстве. Он позволил поднимать и укладывать на место камни гораздо производительнее, чем в бронзовом веке, когда их поднимали по земляной наклонной плоскости с последующим сбрасыванием на нужное место. Блок быстро превратился в элементарный подъемник; также вошли в обиход двуноги с талями.

Считается, что на Апеннинском полуострове было сделано очень важное открытие — пуццолановый («путеоланский») раствор, изготовлявшийся из измельченной породы вулканического происхождения. Вскоре на этом растворе стал изготовляться римский бетон. Мелкий каменный щебень, битый кирпич чередовался ровными слоями с цементным раствором, образуя несокрушимую бетонную кладку, не уступавшую по прочности каменным блокам. Здесь нужно отметить, что применение вулканических пород позволило итальянцам обойтись без прокаливания сырья, поскольку в то время не было возможности достигать необходимых температур. Без вулкана никакого цемента они бы не изобрели.

При строительстве пользовались в основном ручными орудиями: коленчатыми и простыми рычагами для установки каменных плит, молотками для забивания скоб, лопатками для нанесения раствора и дощечками с рукояткой для его выравнивания. Проверочный инструмент состоял из циркуля, отвеса, наугольника, рейки и шнура. Был также известен уровень в виде открытого желобка, наполненного доверху водой.

Развитие производства стимулировало торговлю, а эта последняя в свою очередь требовала изменить характер производства. На первых порах товары даже на внешний рынок производила горстка самостоятельных ремесленников. Потом стало ясным, что производство товаров на рынок эффективно при концентрации производительных сил в крупных мастерских, где каждый работник специализируется на одной операции, а все вместе заняты массовым производством товаров. Наконец, всем стала ясна полезность механизмов.

Но история механизмов — отдельная тема и заслуживает отдельного рассказа.