

ВОДЯНЫЕ ЧАСЫ

Солнечные часы с передвижным по высоте «полюсом», компасом и шкалами с минутным делением были простым и надежным указателем солнечного времени, но страдали и некоторыми серьезными недостатками. Их работа была связана с солнечной погодой и с ограниченным периодом работы – между восходом и заходом Солнца. Нет сомнений, что это было одной из причин того, что уже древние культурные народы стали изыскивать иные пути измерения времени, не связанные с наблюдением небесных тел. Поэтому новые приборы для измерения времени принципиально отличались от солнечных часов. В то время как единица времени по солнечным часам выводилась из вращения Земли и ее движения вокруг Солнца, а для звездных – из видимого движения звезд, для хронометрических приборов (жидкостных, песочных, воздушных, огневых и др.) надо было создать искусственный эталон единицы времени, например, в виде интервала времени, необходимого для вытекания или сгорания определенного количества вещества в хронометрическом устройстве.

Подобно солнечным часам, и эта группа простейших часов прошла долгий путь развития, сопровождавшийся возникновением интересных принципов действия и конструктивных элементов. Некоторые из них, например зубчатые передачи, ролики, цепные подвески и гири, нашли применение в последующей эре хронометрии – эре механических часов. Это относится главным образом к водяным часам, которые после солнечных часов занимали второе место по количеству и были самыми важными в этой группе простейших часов.

В литературе часто говорится о водяных часах как о «клепсидрах». Это наименование происходит от сочетания двух греческих слов *klepto* – брать и *udor* – вода. Судя по греческому наименованию этих часов, можно было бы ошибочно считать, что именно Греция является колыбелью водяных часов. Однако дело обстоит вовсе не так. В значительно более примитивном виде водяные часы были известны уже египтянам и некоторым культурным народам Дальнего Востока. Греческое происхождение наименования водяных часов свидетельствует о том, что в Древней Греции они как бы «обжились», стали считаться сугубо греческим предметом и что именно греки сделали многое для совершенствования этих часов.

Представляется, что простейшими водяными часами были китайские и индийские часы этого рода. Они имели форму полусферической чаши с небольшим отверстием в дне, через которое медленно вытекала вода. Эти водяные часы, способные измерять продолжительность интервалов времени между моментом помещения чаши на водную поверхность и ее погружением в воду, были, собственно говоря, аналогией одного типа песочных часов, о которых мы упомянем ниже. В Индии водяные часы под названием «яла-янтра» были известны по меньшей мере за 300 лет до нашей эры. Это были преимуще-

щественно часы «истечения» с небольшим отверстием в дне. Сначала при восходе Солнца заполняли эти часы водой, которая затем вытекала, так что до вечера процесс заполнения и истечения воды повторялся пять-шесть раз. Первыми, кто пользовался водяными часами, были египтяне, и у них сохранились, по всей вероятности, самые старые водяные часы в мире. Это были часы «истечения», относящиеся к эпохе владычества Аменхотепа III (1414...1375 гг. до н.э.), хранящиеся в музейных коллекциях в Каире. Они были обнаружены в 1940 г. в храме Аммона в восточных Фебах. На внутренней поверхности их алебастрового корпуса наколами обозначено 12 часовых шкал для измерения времени в соответствующих месяцах. Сосуд заполняли до самого верха водой, которая затем вытекала через небольшое придонное отверстие.

Египтянам были известны разновидности таких часов с поступлением и с вытеканием воды. Об этом сохранились довольно детальные сообщения в обнаруженных папирусах. В них имеются и данные о шкалах, выгравированных на корпусах таких часов. Основной единицей для шкал была мера в палец (палец равен $1/4$ ладони или $1/28$ локтя, т.е. 18,75 мм). Шкала обычно имела 12 пальцев. Отсюда можно сравнительно легко судить об общем размере таких часов. Египетские «приточные» водяные часы были несколько сложнее аналогичных часов восточного происхождения. Обычно они имели форму цилиндра с 12-часовой шкалой на внутренней поверхности. Часовой сосуд заполнялся водой, поступающей по каплям из специального сопла. Некоторые подобные часы имели поплавки, который после повышения уровня воды до определенной степени открывал выпускной кран. У большинства античных культур длина дневных и ночных часов изменялась в зависимости от сезонов года. Напомним, что вавилоняне делили день на 12 часов, и длина этих часов зависела от времени между восходом и заходом Солнца. Измерение часов неодинаковой длины с помощью часов «втечения» или «истечения» было довольно трудным делом. Эти часы должны были иметь много шкал или специальные устройства для регулирования поступления или истечения воды. Один из таких возможных способов несколько лет назад описал в своей книге «Histoire de l'astronomie moderne» («История современной астрономии») Бэйлли. Основой этого способа было использование конического корректирующего элемента, задвигаемого в полость конического конуса «часов истечения». Изменением положения корректировочного элемента изменяли уровень воды в полости, а этим – и скорости течения жидкости и понижения уровня жидкости на часовой шкале.

Арабские, индийские и китайские водяные часы, созданные до нашей эры, были весьма примитивны. И все же древние египетские астрономы сумели с помощью таких часов измерить с приемлемой точностью диаметр Солнца. Их измерение исходило из простого метода – сравнения количества воды, истекшей из водяных часов за период одного оборота Земли, с водой, истекшей за время прохождения кажущегося диаметра Солнца через горизонт. Для полноты нужно добавить, что указанный метод приемлем лишь в

тех местах, где Солнце заходит перпендикулярно горизонту, что относится к территории Египта, находящейся к югу от тропика Рака, но не относится к европейским странам.

Наличие водяных часов, не связанное с египетским влиянием, известно и у других древних культур. Примерно около 650 г. до н.э. ассирийцы строили конические водяные часы с круглыми концентрическими временными шкалами, с диапазоном от 2 до 24 ч. Эмпедокл из Акраганта упомянул примерно в 450 г. до н.э. о водяных часах, предназначенных для измерения времени, представляемого ораторам во время судебных процессов. Водяные часы древних ораторов были, по существу, большими амфорами, внутренняя поверхность которых имела форму, образованную вращением параболы или эллипсоида. В такой амфоре высотой около 1 м и шириной несколько более 40 см находилось при ее заполнении около 1 гл воды. При диаметре отверстия истечения в 1,4 мм требовалось почти 10 ч на полное опорожнение сосуда. Время, истекшее после начала истечения воды, указывалось на шкале, имевшейся на поплавке. Поплавок опускался в амфоре равномерно, поскольку уменьшение скорости истечения компенсировалось уменьшающимся внутренним диаметром сосуда.

Роль водяных часов бывала различной. Военный историк Айнаяс, писавший около 360 г. до н.э., упоминает о том, что с помощью водяных часов измерялась продолжительность ночных дозоров.

Простая форма первых водяных часов постепенно обогащалась новыми элементами. То, что «клепсидра» не зависела от света Солнца, сделало из водяных часов прибор, пригодный для непрерывного измерения времени и днем, и ночью. Отсюда вытекали и различные стремления к изобретению остроумных гидравлично-пневматических механизмов для звуковой сигнализации о времени, для освещения часов ночью и т.д. Такие элементы можно найти у целого ряда водяных часов арабского происхождения, о проникновении которых в Китай есть упоминание уже от 202 г. до н.э. в труде Чау-ли.

Самая интересная эра водяных часов связана с Грецией, куда они попали сравнительно поздно, лишь около 400 г. до н.э., и это произошло, по всей вероятности, благодаря Платону. Поистине легендарной фигурой в области изготовления «клепсидр» стал известный греческий механик Ктезибий Александрийский, живший примерно 150 лет до н.э. Тогда в Греции измеряли время планетными часами (день и ночь имели одинаковое количество часов, длина которых измерялась применительно к сезону года). Римский архитектор Витрувий даже называет Ктезибия в своей девятой книге об архитектуре изобретателем водяных часов. Хотя это утверждение неправильно, все же нельзя отрицать, что Ктезибию принадлежит решающая роль в техническом усовершенствовании водяных часов.

Сохранились сообщения о двух приборах – часах Ктезибия, которые ввиду своих особых достоинств заслуживают хотя бы краткого описания. В часах, приводимых водяным колесом, Ктезибий осуществил идею передачи сил и движения зубчатым механизмом, проект которого еще в IV в. до н.э.

теоретически наметил Аристотель, но практически использовал лишь Ктезибий. Зубчатая передача соединяла ведущий механизм со шкалой времени, расположенной на цилиндрической поверхности поворотной колонны и разделенной вертикальными прямыми на четыре основных поля. Система из 24 наклонных линий образовывала, собственно говоря, часовую шкалу для измерения планетных часов. Колонна со шкалой, приводимая водяным колесом, вращаясь вокруг своей оси, совершала один оборот в год. Поэтому и камеры водяного колеса в нижней части часов заполнялись водой медленно, причем вода подавалась в небольшом количестве по особому трубопроводу. Статуетка со стрелкой двигалась с помощью специального поплавкового механизма, управляемого другой статуеткой, находящейся на другой стороне часов. Слезы – водяные капли, – капающие из глаз статуетки, накапливались в сборники-подставки, откуда через трубопровод текли в поплавковую камеру стрелочного механизма. Кроме того, эти часы имели еще специальное устройство, которое через определенные интервалы выбрасывало на чашку мелкие камешки (это было звуковой сигнализацией ночных часов).

Вторые часы Ктезибия усовершенствованы. Они отличаются от первых тем, что их стрелка в верхней части с циферблатом управлялась поплавком, подвешенным на цепи, накрученной вокруг вала стрелочного указателя. Лунный календарь с зодиаком в нижней части часов тоже приводился в движение водяным колесом, камеры которого были закреплены непосредственно на задней стороне зодиаковой плиты.

На аналогичном принципе построил намного позднее свои часы Оронтий Финаэус. Схема этих часов сохранилась в сочинении «*De solaribus horologiis*», изданном в Париже в 1560 г.

Введение водяных часов в Риме тесно связано с цензором П. Корнелием Сципионом Назикой, который в 172 г. до н.э. первым ознакомил римлян с этим видом часов. То, что здесь водяные часы быстро привились, подтверждается находкой римских водяных часов с календарем, обнаруженных при раскопках в Зальцбурге и у Цайнота. И Витрувий описал примерно в 24 г. до н.э. водяные часы с поплавком, у которых движение поплавка переносилось цепью на циферблатный круг с неподвижной стрелкой.

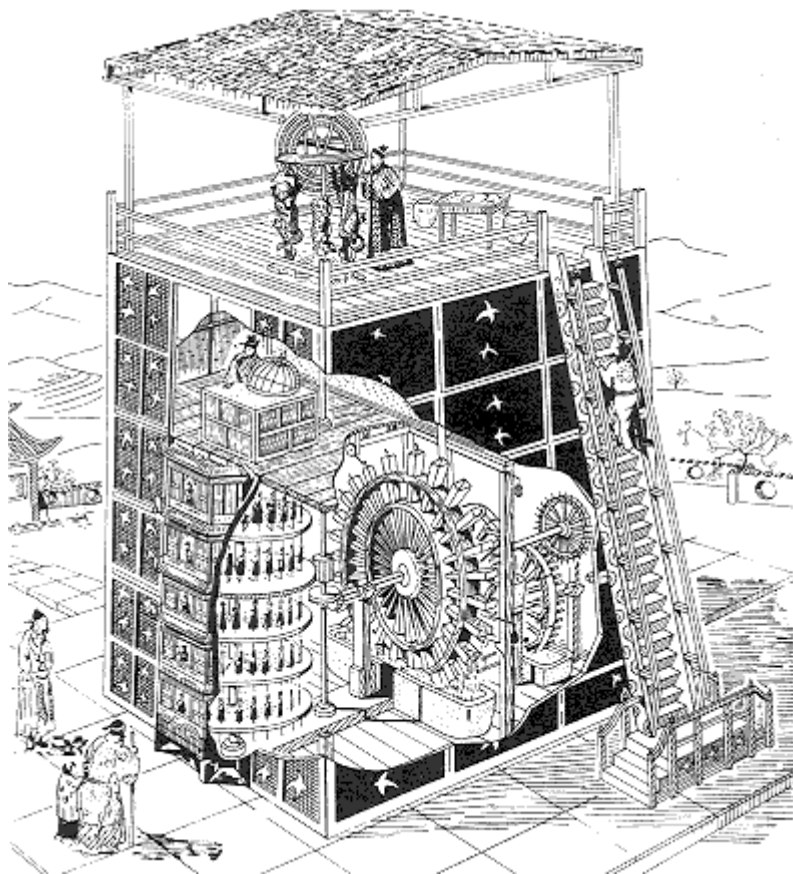
Башня ветров в римской агоре (место собраний, площадь) в Афинах, построенная македонским геометром Андроником Кирргестом примерно в 75 г. до н.э., является одним из небольших античных сооружений, сохранившихся неповрежденными, хотя их внутреннее оборудование, естественно, не сохранилось. В детальном исследовании остатков каналов в полах и в стенах, выполненном в 1965 г. Нобелем и Прицом, было реконструировано внутреннее устройство здания, центром которого были водяные часы с поворотным краном, снабженным звездной картой и «солнцем». Весь этот комплекс приводился в движение водяным механизмом. Клепсидры в сочетании с астрономической частью, дополненной комплексом из девяти солнечных часов, сначала создавали впечатление, что речь идет о сооружении, которое когда-то выполняло роль общественных часов у входа на базарную площадь. Однако

позднейшие исследования обнаружили еще другие важные задачи этого объекта. Башня ветров должна была демонстрировать принцип четырех основных стихий, на которых были построены основы античной науки.

В отличие от солнечных часов характер водяных часов позволял широко развивать некоторые их механические элементы. В руках опытных и одаренных воображением мастеров возникли выдающиеся произведения, отличающиеся высокой художественной ценностью и оригинальной функциональностью. К таким произведениям бесспорно относятся бронзовые водяные часы, изготовленные в период 799...807 гг., которые Гарун-аль-Рашид послал в подарок Карлу Великому. Эти часы с богатыми орнаментальными украшениями имели часовой циферблат и каждый час провозглашали звуковым ударом металлического шара, который выскакивал из часов на декоративную решетку. В полдень у этих часов открывались ворота и из них выезжали рыцари. Этот необычный элемент говорит о том, что тогда была развита техника автоматических движущихся фигур, с которой мы в широком масштабе встречаемся в Европе лишь немного позднее – в период готики, а затем снова в XVIII в. во времена короля автоматических механизмов и движущихся фигур-автоматов француза Вокансона.

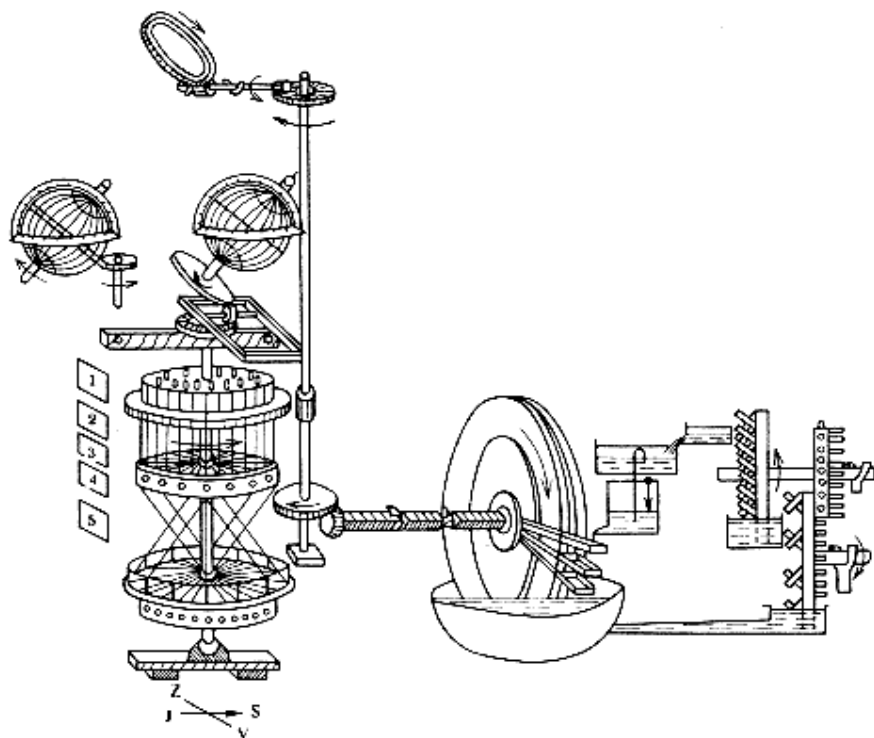
Упомянутый дорогой подарок калифа не был в истории водяных часов единственным. Значительно раньше, еще в 490 г., король западных готов Теодерик выбрал именно водяные часы для подарка королю Гундебальду в Бургундии. Подобная идея пришла в голову в середине VIII в. папе Павлу I, подарившему французскому королю Пипину Короткому художественно украшенные водяные часы. В 1232 г. император Фридрих II получил в подарок от султана Саладина из Багдада большие астрономические водяные часы. Многочисленные упоминания о водяных часах и их популярности в средневековых королевских дворцах встречаются и в письмах различных правителей. Из них мы узнаем, например, что Альфонс X пользовался при своих астрономических исследованиях не только свечечными и ртутными часами, но и водяными часами.

Очень старую традицию водяные часы имели в Китае. Сооружением таких часов здесь начали заниматься примерно в то же время, когда в Греции Герон изобретал свои гидравлические и пневматические механизмы. Тогда Чанг Хенг построил небесный глобус, приводимый в движение силой воды. Значительно более сложным часовым прибором с водяным приводным механизмом, изобретенным уже в христианскую эру около 725 г., являются водяные часы И-Хсинга. Верхом совершенства несомненно был проект больших пагодных астрономических водяных часов, разработанный в 1090 г. и осуществленный Су-Сунгом с сотрудниками в Кай фенге в провинции Хонан – в тогдашней столице китайской империи. Эти часы имели сигнальное устройство времени, похожее на то, которое имелось у водяных часов Ктезибия. Астрономическая часть часов Су-Сунга имела форму армиллярной сферы и небесного глобуса. Внешний вид и общая схема этих часов видны на реконструкции, выполненной Христиансенем и приведенной на рисунке.



Реконструкция пагодных астрономических часов, XI в.

Особенностью этих часов является большое водяное колесо с замкнутым кругооборотом воды, приводящее в движение часы в целом и являющееся некоторой аналогией механического спуска, появившегося позднее в Европе у первых механических часов. Существуют пока еще неподтвержденные предположения о какой-то связи водяного «спускового» механизма Су-Сунга со спусковым механизмом механических часов. Во всяком случае многие считают, что принцип регулятора хода пагодных астрономических часов Су-Сунга является важным соединительным звеном между водяными и механическими хронометрическими приборами.



Реконструкция пагодных астрономических часов, XI в.

Средневековый арабский инженер Аль-Язари написал в 1206 г. книгу, в которой он, помимо описания различных механизмов, уделил существенную часть водяным часам для измерения текущего солнечного времени и других постоянных интервалов времени. В шести из десяти глав книги он детально описывает водяные часы с различными фигурными элементами, а в остальных главах он знакомит читателей с некоторыми видами огневых свечных часов. Книга Аль-Язари является свидетельством высокого уровня средневековой механики на Ближнем Востоке. Необычайное исполнение этих часов и их остроумная конструкция заслуживают того, чтобы мы описали хотя бы один из хронометрических приборов Аль-Язари – водяные часы с флейтовым сигнальным устройством для измерения постоянных интервалов времени.

Как и Су-Сунг, Аль-Язари исходит из фигурального изображения времени в отличие от конструкторов последующих периодов, которые перешли на «цифровые» индикаторы. Указательный механизм водяных часов Аль-Язари представляет собой скульптурные изображения четырех павлинов – павлин, два молодых павлина и над ними пава. Эта фигурная часть дополняется сверху 15 стеклянными шарами в полукруглом междукружье. Во время рассвета пава занимает положение, указанное на рисунке, а затем она медленно пово-

рывается клювом и движется до тех пор, пока не доходит до противоположного положения. Это движение она совершает за полчаса. Специальный механизм, управляющий движением стеклянных шариков, поворачивает первый из них так, чтобы стала видной красная половина его поверхности. В этот момент оба павлина под павой начинают двигаться, издают громкий свист, после чего находящийся внизу павлин начинает медленно поворачиваться и раскрывает веер своего пестрого хвоста. Затем павая снова возвращается в свое первоначальное положение. Этот процесс повторяется каждые полчаса до захода солнца, а количество стеклянных шаров с виднеющейся красной поверхностью указывает количество прошедших за это время полу-часов. Для различения ночных и дневных часов служил источник света, который ночью освещал стеклянные шары.

В следующей части этого же рисунка приведена схема ведущего водяного механизма, управляющего движением павлина. Вода здесь вытекает из бака в сосуд, закрепленный в подвеске так, чтобы после его наполнения он в определенный момент опрокинулся, причем его содержимое переливалось бы в нижнюю ванну и текло бы оттуда на лопасти водяного колеса. Водяное колесо приводит в движение передаточный механизм, соединенный с павлином. Другая схема изображает звуковой механизм флейты и приводное устройство молодых павлинов. Водяное колесо, приведенное в регулярное движение, отклоняет с помощью тяг павлинов от их первоначальных положений, а вода, вытекающая из ванны под водяным колесом в нижний бак, выжимает из него воздух на язычок флейты.

В действительности механизм этих часов Аль-Язари был намного сложнее. Приведенное описание работы некоторых его частей дает представление об остроумии авторов и сложности приборов, которые арабский мир знал намного раньше, чем подобные элементы появились в Европе.

Эпоха Возрождения, которая сопровождалась возвратом к античному искусству, античной философии и науке, воскресила и интерес к механике, построенной на основе достижений Архимеда, Ктезибия и Герона. Составной частью этого наследия античной механики были и водяные часы, которые в конце средних веков были в монастырях незаменимы для определения времени богослужений, трапез, а также для сложных астрономических наблюдений (рис. 6). Растущий интерес к механике и механизмам отразился также в сочинениях ученых того времени, в эскизах Леонардо да Винчи, в знаменитом произведении Каспара Шотта «*Technica curiosa*», в трудах Кирхера и т.д. Мы можем найти в них анализ различных принципов водяных часов, что свидетельствует о том большом интересе, который в ту пору вызывали такие часы.

Оригинальная конструкция водяных часов описана Соломоном де Каусом. Это водяные часы барабанного типа, главными частями которых являются замкнутый металлический барабан с лучеобразно расположенными неподвижными перемычками. Барабан частично заполнен водой. Через небольшие отверстия в перемычках у внешнего контура вода течет из верхних

камер вниз. Ее вес компенсирует вес барабана, висящего на двух струнах, наматывающихся на концы его оси. Результатом взаимодействия сил является медленное отматывание струн и опускание барабана. Ось барабана или связанный с ним специальный стрелочный индикатор указывают время на вертикальной боковой шкале. Описываемые Соломоном часы имели к тому же сигнальное устройство. Известный экспериментатор Гаспар Шотт описал аналогичные часы, в которых вода заменена тонким песком. Принципа, описанного Соломоном, придерживался и доминиканец Архангеле Мария Ради, который, будучи соучастником работ Шотта, детально описал в 1665 г. устройство и работу водяных барабанных часов.

Идеей использования воды для управления движением регуляторов колесных часов занимался в первой половине XVII в. француз Клод Перро. Значительно позднее, в 60-х годах XIX в., эту идею снова развил и разработал итальянец Эмбриако из Рима.

Водяные часы были важной вехой в историческом развитии хронометрических приборов. Выражение «*aquam perdo*» (теряю воду), которое было крылатым в эпоху Цицерона, подтверждает, какую важную роль играли водяные часы при ораторских выступлениях, судебных заседаниях и в общественной жизни вообще. Исключительно большая заслуга греков в совершенствовании этих часов удивительно контрастирует с пассивным отношением к этим техническим новинкам со стороны римлян, которые ознакомились с первыми водяными часами лишь по сообщениям Плиния, в 172 г. до н.э.

Источник: С. Михаль. «Часы. От гномона до атомных часов». Перевод с чешского Р.Е. Мельцера. – М.: Знание, 1983.