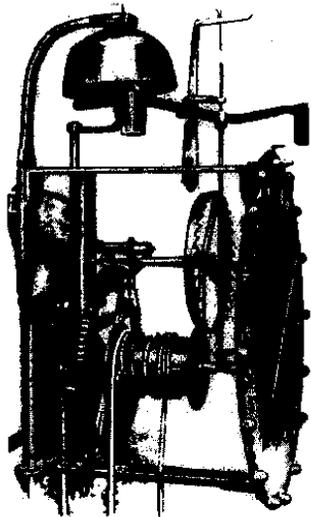


МЕХАНИЧЕСКИЕ ЧАСЫ

Создание механических часов имело огромное значение для истории техники. Дело даже не столько в том, что люди получили в свое распоряжение удобный прибор для измерения времени. Влияние этого изобретения было несравненно шире. Часы стали первым автоматом, созданным для практических целей и получившим повсеместное распространение. Целых три столетия они оставались самым сложным техническим устройством и, наподобие магнита, притягивали к себе творческую мысль механиков. Не было другой такой области техники, где было бы приложено столько гениальной изобретательности, знания и остроумия, как при создании и усовершенствовании часового механизма. Поэтому не будет большим преувеличением сказать, что XIV—XVII века в истории техники прошли под знаком часов. Для самой техники и ее творцов это было время возмужания. По сравнению с прежними примитивными устройствами часы стали как бы большим качественным шагом вперед. Создание их требовало сложных расчетов и кропотливого труда, особых инструментов и новых материалов, они давали прекрасную возможность для соединения науки и практики. Многие конструкторские идеи, получившие потом распространение в других отраслях техники, были поначалу опробованы в часах, а для многих механизмов, созданных в последующие времена, часы послужили образцом. Они явились как бы опытной моделью всего механического искусства вообще. Трудно назвать еще

какое-либо устройство, давшее столь богатое поле для работы человеческой мысли. Различные устройства для измерения времени создавались уже в глубокой древности. Непосредственными предшественниками механических часов, подготовившими их изобретение, были водяные часы. В сложных водяных часах уже использовались циферблат с перемещающейся по нему стрелкой, груз в качестве движущей силы, колесные передачи, механизм боя и марионетки, разыгрывавшие различные сцены. Так, например, настоящим техническим шедевром своего времени были водяные часы, подаренные Карлу Великому халифом Гаруном-аль-Рашидом. Богато украшенные, они имели часовой циферблат и каждый час провозглашали звуковым ударом металлического шара, который выскакивал на декоратив-



Железные настенные балансовые часы с боем XIV-XV вв.

ную решетку. В полдень у этих часов открывались ворота и из них выезжали рыцари. В средневековых хрониках есть много упоминаний и о других остроумных конструкциях водяных часов. Однако подлинный переворот в технике и хронометрии произошел, как уже говорилось, только после появления колесных механических часов.

Первые упоминания о башенных колесных часах в Европе приходятся на границу XIII и XIV веков. Могли ли такие часы появиться раньше? Чтобы ответить на этот вопрос, посмотрим, из каких основных компонентов состоит часовая механизм. Таких главных узлов можно выделить шесть: 1) двигатель; 2) передаточный механизм из зубчатых колес; 3) регулятор, создающий равномерное движение; 4) распределитель, или спуск; 5) стрелочный механизм и 6) механизм перевода и заводки часов.

Первые часовые механизмы приводились в движение энергией опускающегося груза. Приводной механизм состоял из гладкого деревянного вала и намотанного на него пенькового каната с каменной, а позднее металлической гирей на конце. Благодаря силе тяжести гири, канат начинал разматываться и вращал вал. На вал было насажено большое или главное зубчатое колесо, находившееся в сцеплении с зубчатыми колесами передаточного механизма. Таким образом, вращение от вала передавалось механизму часов.

Уже прежде мы упоминали, что период вращения колес в зубчатой передаче зависит от отношения диаметров входящих в нее колес (или, что то же самое, отношения числа зубьев). Подбирая колеса с разным количеством зубьев, несложно добиться, например, чтобы одно из них совершало оборот ровно за 12 часов. Если насадить на вал этого колеса стрелку, то она будет совершать полный оборот за то же время. Понятно, что так же можно подобрать колеса, делающие полный оборот за минуту или за час; с ними можно соединить секундную и минутные стрелки. Но такие часы появились значительно позже — только в XVIII веке, а до этого использовалась единственная часовая стрелка. Назначение передаточного механизма в таких часах состояло в том, чтобы передать и преобразовать соответствующим образом движение от главного зубчатого колеса к часовому колесу.

Однако, чтобы часы могли служить для измерения времени, стрелка должна совершать свои обороты с одной и той же периодичностью. Между тем груз, как это всем хорошо известно, движется под действием сил притяжения с ускорением. Если бы гиря опускалась свободно, то вал вращался бы ускоренно, соответственно стрелка делала бы каждый следующий оборот за более короткое время, чем предыдущий. Столкнувшись с этой проблемой, средневековые механики (хотя они и не имели понятия об ускорении) сообразили, что ход часов не может зависеть только от движения груза. Механизм необходимо было дополнить еще одним устройством. Это устройство должно было обладать собственным, независимым «чувством времени» и в соответствии с этим управлять движением всего механизма. Так родилась идея регулятора.

Если современного человека спросить, какое простейшее приспособление целесообразнее всего использовать в качестве регулятора, он, скорее всего, назовет маятник. Действительно, маятник лучше всего удовлетворяет поставленным условиям. В этом можно убедиться, сделав простой опыт. Если шарик, привязанный к достаточно длинной нити, отклонить на небольшой угол и отпустить, он начнет колебаться. Вооружившись секундомером, можно посчитать, сколько колебаний совершит маятник, к примеру, за каждые пятнадцать секунд. Продолжая наблюдения в течение полутора-двух минут, легко заметить, что все измерения совпадают. Из-за трения о воздух размах колебаний шарика будет постепенно уменьшаться, но (и это очень важно!) длительность колебания будет при этом оставаться неизменной. Другими словами, маятник обладает прекрасным «чувством времени». Однако очень долго эти замечательные свойства маятника были неизвестны механикам, и маятниковые часы появились только во второй половине XVII века. В первых механических часах регулятором служило коромысло (билянец). Коромысло с древних времен применялось в таком широко распространенном устройстве, как весы. Если на каждое плечо таких коромысловых весов поместить равные грузы, а потом вывести весы из состояния равновесия, коромысло будет совершать достаточно равные колебания наподобие маятника. Хотя эта колебательная система уступает во многих отношениях маятнику, она вполне может использоваться в часах. Но любой регулятор, если постоянно не поддерживать его колебания, рано или поздно остановится. Для того чтобы часы работали, необходимо, чтобы часть двигательной энергии от главного колеса постоянно поступало к маятнику или билянцу. Эту задачу в часах выполняет устройство, которое называется распределителем, или спуском.

Спуск всегда был и остается самым сложным узлом в механических часах. Через него осуществляется связь между регулятором и передаточным механизмом. С одной стороны, спуск передает толчки от двигателя к регулятору, необходимые для поддержания колебаний последнего, а с другой стороны, подчиняет движение передаточного механизма (а следовательно, и действие двигателя) закономерности движения регулятора. Правильный ход часов зависит главным образом от спуска. Именно над его конструкцией больше всего ломали голову изобретатели. Самый первый спуск представлял собой шпindel с палетами, поэтому его называют шпindelным. О принципах его действия будет подробно рассказано ниже.

В первых часах не было специального механизма заводки. Вследствие этого подготовка часов к работе требовала очень больших усилий. Мало того, что по несколько раз в день приходилось поднимать на значительную высоту очень тяжелую гирию, надо было еще и преодолевать огромное сопротивление всех зубчатых колес передаточного механизма. (Понятно, что главное колесо, если оно жестко сидит на валу двигателя, при подъеме гири будет вращаться вместе с валом, а с ним будут вращаться и остальные колеса.) Поэтому уже во второй половине XIV века главное колесо стали крепить таким образом,

что при обратном вращении вала (против часовой стрелки) оно оставалось неподвижным.

Из шести описанных нами главных узлов часового механизма большая часть по отдельности уже использовалась в античности. Новыми были только два изобретения: идея подвешивать груз в качестве двигателя для часов и идея использовать шпиндель в качестве спуска. Любопытно, что обе эти технические находки средневековая легенда приписывает одному человеку — ученому монаху Герберту, который позже сделался римским папой под именем Сильвестра II. Известно, что Герберт всю жизнь очень интересовался часами и в 996 году собрал первые в истории башенные часы для города Магдебурга. Так как эти часы не сохранились, по сей день остается открытым вопрос — какой принцип действия они имели. Большинство современных исследователей уверены, что они были водяными. В пользу этого говорит также то обстоятельство, что следующие башенные часы, которые с большим или меньшим основанием можно считать механическими, появились в Европе только через триста лет. Однако, с другой стороны, если Герберт действительно был такой хороший механик, как о нем пишут, если он действительно изобрел шпиндельный спуск и если он действительно много думал над схемой механических часов, совершенно не понятно, что могло помешать ему собрать такие часы, поскольку он имел для этого все необходимое.

Но, как бы то ни было, эра механических часов началась в Европе только в конце XIII века. В 1288 году башенные часы были установлены в Вестминстерском аббатстве в Англии. В 1292 году часами обзавелся храм в Кентерберии. В 1300 году встречается сообщение о том, что башенные часы сооружены во Флоренции (упоминание об этих часах сохранилось в «Божественной комедии» Данте). В 1314 году часы были уже во французских Каннах. Ни один из этих ранних механизмов не сохранился до наших дней, имена их создателей тоже неизвестны. Однако мы можем достаточно точно представить себе их устройство. Самый простой часовой механизм (если не брать во внимание механизм боя) может включать в себя всего три зубчатых колеса.

Очевидно, что все упомянутые выше часы представляли собой пример простого трехколесного механизма с однострелочным циферблатом.

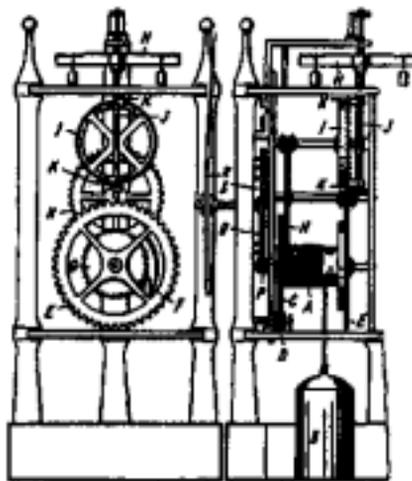
От главного колеса, посаженного на вал двигателя, движение передавалось на маленькую шестерню, находившуюся на одной оси с коронным (или ходовым) колесом, которое было снабжено зубцами, имеющими форму зубьев пилы и расположенных перпендикулярно оси колеса. Это колесо было неотъемлемой частью спускового устройства, или шпиндельного спуска,



Шпиндельный спуск E и регулятор в виде коромысла L с грузами B и B1 на горизонтальном коронном колесе C

имевшего своей задачей регулирование скорости движения зубчатой передачи. Коронное колесо, получая энергию от зубчатой передачи, затрачивало ее на вращение шпинделя, с которым оно находилось в постоянной связи. Шпиндель был снабжен двумя налетами, размещенными на нем против нижнего и верхнего зуба коронного колеса. Палеты по отношению друг к другу располагались под углом 90 градусов и поочередно зацепляли зубцы коронного колеса, вызывая вращение шпинделя с налетами то в одну, то в другую сторону. Когда, например, выступающий зуб колеса сталкивался с нижней палетой и ударялся о нее, это приводило к вращению шпинделя на его оси и, следовательно, к тому, что верхняя налета через некоторое время входила в промежуток между зубьями, находящимися в верхней части колеса. Давление, оказываемое верхним зубом, изменяло вращение шпинделя на обратное. Зуб ходового колеса при каждом таком повороте шпинделя освобождался. Но колесо сразу попадало в контакт с другой палетой, и так весь процесс повторялся снова. При каждом повороте шпинделя колесо успевало повернуться только на один зубец. Скорость поворота шпинделя определялась регулятором, который представлял собой, как уже говорилось, коромысло с передвигающимися по нему грузами. Если грузы перемещали ближе к оси, шпиндель начинал поворачиваться быстрее, и часы ускоряли свой ход. Если грузы перемещали ближе к краю — ход часов замедлялся.

Такой была концепция ранних механических часов. Но уже очень скоро устройство их заметно усложнилось. Прежде всего, увеличилось число колес передаточного механизма. Вызвано это было тем, что при значительной разнице в числе зубьев между ведущим и ведомым колесами получались очень большие передаточные отношения, механизм испытывал сильную нагрузку и быстро изнашивался. Груз в таких часах опускался очень быстро и его приходилось поднимать по пять-шесть раз в сутки. К тому же для создания больших передаточных отношений требовались колеса слишком большого диаметра, что увеличивало габариты часов. Поэтому стали вводить промежуточные колеса, в задачу которых входило плавно увеличивать передаточные отношения.



Посмотрим, например, на устройство часов де Вика, установленных в 1370 году в королевском дворце в Париже. Вокруг деревянного вала А, диаметром около 30 см, был намотан канат с гирей В на конце. Гиря весом около 500 фунтов (200 кг) падала с высоты 10 м в течение 24 часов.

Гири большого веса требовались в связи со значительным трением в колесном зацеплении и наличием тяжеловесного регулятора-билянца. Все детали часов изготавливались кузнецами на наковальне. На валу А располагалось главное колесо Е, которое передавало вращение остальным колесам механизма. Для облегчения заводки оно соединялось с валом не жестко, а посредством собачки Р и храпового колеса О. Таким образом, вращаясь по часовой стрелке, вал приводил в движение колесо Е, а вращаясь против часовой стрелки, оставлял его свободным. Для заводки часов служило зубчатое колесо С, сцепленное с шестерней О. Оно облегчало поворот рукоятки.

Большое колесо приводило в движение шестерню, сидящую на оси, где находилось второе колесо — Н, а это последнее приводило в движение шестерню, находящуюся на оси, где сидело третье, или ходовое, колесо I. Шпindelный спуск З с коромыслом N и налетами К действовал здесь так же, как описанный выше.

Башенные часы были довольно капризным механизмом, требующим постоянного наблюдения. В течение дня несколько раз приходилось поднимать груз. Ход часов зависел от силы трения, поэтому они нуждались в постоянной смазке. Погрешность их суточного хода по современным меркам была очень велика. Но, несмотря на это, они долгое время оставались самым точным и распространенным прибором для измерения времени. С каждым десятилетием механизм часов усложнялся. С часами стали связывать множество других приспособлений, выполнявших самые разные функции. В конце концов, башенные часы превратились в сложное устройство со многими стрелками, автоматическими подвижными фигурами, разнообразной системой боя и великолепными украшениями. Это были шедевры техники и искусства одновременно. Например, известному мастеру Джунелло Турриано потребовалось 1800 колес для создания башенных часов, которые воспроизводили дневное движение Сатурна, часы дня, годичное движение Солнца, движение Луны, а также всех планет в соответствии с птолемеевской системой мироздания. В других часах марионетки разыгрывали настоящие театральные представления. Так, в Пражских башенных часах (сооруженных в 1402 году) перед боем раскрывались два оконца над циферблатом и из них выходило 12 апостолов. Страшная фигура Смерти, стоявшая на правой стороне циферблата, при каждом бое часов поворачивала косу, а затем песочные часы, напоминая о конце жизни. Человек, стоявший рядом, кивал головой, как бы подчеркивая роковую неизбежность. На другой стороне циферблата находились еще две фигуры. Одна изображала человека с кошельком в руках; каждый час он звенел лежавшими там монетами, показывая, что время — деньги. Другая фигура изображала путника, мерно ударявшего посохом в землю. Она показывала, как с течением времени движется по жизненной дороге человек, или суетность жизни. После боя часов появлялся петух и три раза кричал. Последним в оконце появлялся Христос и благословлял всех стоявших внизу зрителей. Создание таких автоматов требовало особых программных устройств. Их приводил в движение большой диск, управляемый часовым меха-

низмом. Все подвижные части фигур имели свои рычаги. Во время вращения круга они то поднимались, то опускались, когда рычаги попадали в особые вырезы и зубцы вращающегося диска. Помимо этого башенные часы имели отдельный механизм для боя (многие часы по-разному отбивали четверть часа, час, полдень и полночь), приводимый в движение собственной гирей, и четыре циферблата (на каждой стороне башни). Ко второй половине XV века относятся самые первые упоминания об изготовлении часов с пружинным двигателем, который открыл путь к созданию миниатюрных часов. Источником движущей энергии в пружинных часах служила заведенная и стремящаяся развернуться пружина, которая представляла собой эластичную, тщательно образом закаленную стальную ленту, свернутую вокруг вала внутри барабана. Внешний конец пружины закреплялся за крючок в стенке барабана, внутренний — соединялся с валом барабана. Стремясь развернуться, пружина приводила во вращение барабан и связанное с ним зубчатое колесо, которое в свою очередь передавало это движение системе зубчатых колес до регулятора включительно. Конструируя такие часы, мастера должны были решить несколько сложных технических задач. Главная из них касалась работы самого двигателя. Ведь для правильного хода часов пружина должна на протяжении длительного времени воздействовать на колесный механизм с одной и той же силой. Для этого необходимо заставить ее разворачиваться медленно и равномерно. Толчком к созданию пружинных часов послужило изобретение запора, не позволявшего пружине распрямляться сразу. Он представлял собой маленькую щеколду, помещавшуюся в зубья колес и позволявшую пружине раскручиваться только так, что одновременно поворачивался весь ее корпус, а вместе с ним — колеса часового механизма. Так как пружина имеет неодинаковую силу упругости на разных стадиях своего разворачивания, первым часовщикам приходилось прибегать к различным хитроумным ухищрениям, чтобы сделать ее ход более равномерным. Позже, когда научились изготавливать высококачественную сталь для часовых пружин, в них отпала необходимость. (Сейчас в недорогих часах пружину просто делают достаточно длинной, рассчитанной примерно на 30—36 часов работы, но при этом рекомендуют заводить часы раз в сутки в одно и то же время. Специальное приспособление мешает пружине при заводе свернуться до конца. В результате ход пружины используется только в средней части, когда сила ее упругости более равномерна.)

Самые значительные усовершенствования в механизм часов были внесены во второй половине XVII века знаменитым голландским физиком Гюйгенсом, создавшим новые регуляторы как для пружинных, так и для гиревых часов. Использувавшееся до этого в течение нескольких веков коромысло имело много недостатков. Его даже трудно назвать регулятором в собственном смысле этого слова. Ведь регулятор должен быть способен к самостоятельным колебаниям с собственной частотой. Коромысло же было, вообще говоря, только маховиком. Множество посторонних факторов влияло на его

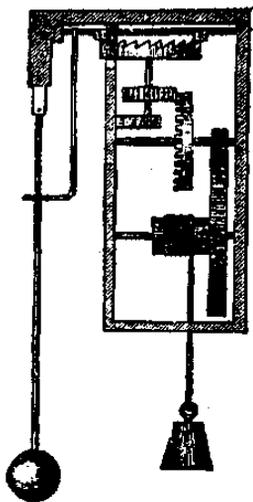
работу, что отражалось на точности хода часов. Механизм стал гораздо совершеннее, когда в качестве регулятора начали использовать маятник.

Впервые мысль применить маятник в простейших приборах для измерения времени пришла великому итальянскому ученому Галилео Галилею. Сохранилось предание, что в 1583 году девятнадцатилетний Галилей, находясь в Пизанском соборе, обратил внимание на раскачивание люстры. Он заметил, отсчитывая удары пульса, что время одного колебания люстры остается постоянным, хотя размах делается все меньше и меньше. Позже, приступив к серьезному изучению маятников, Галилей установил, что при малом размахе (амплитуде) раскачивания (всего несколько градусов) период колебания маятника зависит только от его длины и имеет постоянную длительность. Такие колебания стали называть изохронными. Очень важно, что при изохронных колебаниях период колебания маятника не зависит от его массы. Благодаря этому свойству маятник оказался очень удобным прибором для измерения небольших отрезков времени. На его основе Галилей разработал несколько простых счетчиков, которые использовал при проведении своих экспериментов. Но из-за постепенного затухания колебаний маятник не мог служить для измерения длительных промежутков времени.

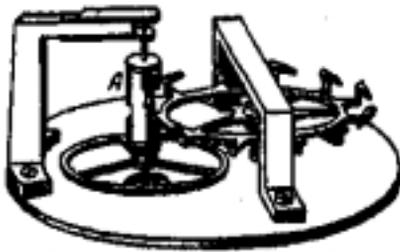
Создание маятниковых часов состояло в соединении маятника с устройством для поддержания его колебаний и их отсчета. В конце жизни Галилей стал конструировать такие часы, но дальше разработок дело не пошло. Первые маятниковые часы были созданы уже после смерти великого ученого его сыном. Однако устройство этих часов держалось в строгом секрете, поэтому они не оказали никакого влияния на развитие техники. Независимо от Галилея в 1657 году механические часы с маятником собрал Гюйгенс.

При замене коромысла на маятник первые конструкторы столкнулись со сложной проблемой: как уже говорилось, маятник создает изохронные колебания только при малой амплитуде, между тем шпindelный спуск требовал большого размаха. В первых часах Гюйгенса размах маятника достигал 40—50 градусов, что неблагоприятно сказывалось на точности хода. Чтобы компенсировать этот недостаток, Гюйгенсу пришлось проявить чудеса изобретательности. В конце концов он создал особый маятник, который в ходе качания изменял свою длину и колебался по циклоидной кривой. Часы Гюйгенса обладали несравнимо большей точностью, чем часы с коромыслом. Их суточная погрешность не превышала 10 секунд (в часах с коромысловым регулятором погрешность колебалась от 15 до 60 минут).

Около 1676 года английский часовщик



Часы Гюйгенса с маятниковым регулятором и шпindelным спуском



Цилиндрический спуск пружинных часов

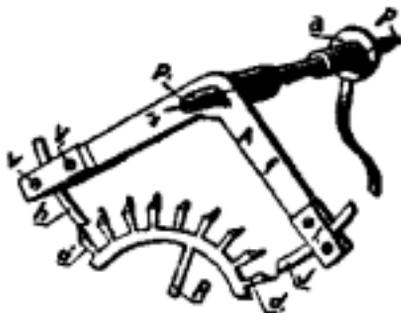
бания маятника. При каждом колебании колесо успевало повернуться на один зуб. Благодаря такому спусковому механизму маятник получал периодические толчки, которые не давали ему остановиться. Толчок происходил всякий раз, когда ходовое колесо, освободившись от одного из зубьев якоря, ударялось с определенной силой о другой зуб. Этот толчок передавался от якоря к маятнику.

Маятниковый регулятор Гюйгенса произвел подлинный переворот в технике часового дела. Позже Гюйгенс немало потрудился над усовершенствованием карманных пружинных часов. Главная проблема, которая стояла в то время перед часовщиками, заключалась в создании собственного регулятора для карманных часов. Если и в стационарных башенных часах коромысло считалось недостаточно подходящим, то что можно было сказать про карманные часы, которые постоянно находились в движении, покачивались, тряслись и меняли свое положение? Все эти колебания оказывали воздействие на ход часов. В XVI веке часовщики стали заменять двуплечный билянец в виде коромысла круглым колесиком-маховиком. Это улучшило работу часов, но она осталась неудовлетворительной. Важное усовершенствование регулятора произошло в 1674 году, когда Гюйгенс присоединил к колесику-маховику спиральную пружинку — волосок. Теперь при отклонении колесика от нейтрального положения волосок воздействовал на него и старался воз-

Клемент изобрел якорно-анкерный спуск, который очень удачно подходил к маятниковым часам, имевшим небольшую амплитуду колебания.

В этой конструкции спуска на ось маятника насаживался якорь с палетами. Раскачиваясь вместе с маятником, палеты попеременно внедрялись в ходовое колесо, подчиняя его вращение периоду коле-

вратить на место. Однако массивное колесико проскакивало через точку равновесия и раскручивалось в другую сторону до тех пор, пока волосок снова не возвращал его назад. Таким образом был создан первый балансовый регулятор или балансир со свойствами, подобными свойствам маятника. Выведенное из состояния равновесия, колесико балансира начинало совершать колебательные движения вокруг своей оси. Ба-



Якорно-анкерный спуск

лансир имел постоянный период колебания но в отличие от маятника мог работать в любом положении, что очень важно для карманных и ручных часов. Усовершенствование Гюйгенса произвело среди пружинных часов такой же переворот, как введение маятника в стационарные настенные часы.

Новый регулятор потребовал новой конструкции спуска. В последующие десятилетия разные часовщики разработали несколько остроумных спусковых устройств. Наиболее простой цилиндрический спуск для пружинных часов был изобретен в 1695 году Томасом Томпионом. Спусковое колесо Томпиона было снабжено 15-ю особой формы зубьями «на ножках». Сам цилиндр представлял собой полую трубку, верхний и нижний концы которой были плотно забиты двумя тампонами. На нижнем тампоне был насажен балансир с волоском. При колебании балансира вправо и влево в соответствующую сторону вращался и цилиндр. На цилиндре находился вырез в 150 градусов, проходящий на уровне зубцов спускового колеса. Когда колесо двигалось, его зубья попеременно одно за другим входили в вырез цилиндра. Благодаря этому изохронное движение цилиндра передавалось спусковому колесу и через него — всему механизму, а балансир получал импульсы, поддерживающие его колебания.

Источник: Рыжков К.В. 100 великих изобретений. — М.: Вече, 1999. — 528с. — (100 великих).