



АЛЕКСАНДР МИКЕРОВ,
д. т. н., проф. каф.
систем автоматического управления
СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Данный материал открывает цикл статей, посвященных истории автоматического управления техническими системами. Представлены ранние автоматы для торговли, богослужения и более совершенные механизмы (андроиды) средневековья, а также устройства с обратной связью: часы Ктезибия, регуляторы температуры (Дреббеля) и давления (Папена), ветряк Эдмунда Ли. Анализируются основные особенности этапа.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ОТ ДРЕВНЕГО МИРА ДО НАЧАЛА ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

На самой заре своего развития человек пытался использовать различные приспособления, действующие без его участия, то есть самостоятельно. Древнегреческое слово «автоматика» и обозначает «самодействие». Такие самодействующие машины в виде ловушек и капканов широко использовались, к примеру, на охоте. Описание многих интересных автоматов оставил нам смотритель библиотеки знаменитого Александрийского маяка Герон Александрийский (*Ἦρων ὁ Ἀλεξανδρεὺς*) в книге «Пневматика», написанной в I в. н. э. В ней показаны известные автоматы Древнего Египта, начиная со II в. до н. э., в том числе для

продажи воды или вина, открывания дверей храма, зажигания священного огня и т. д. [1].

На рис. 1 показано устройство автомата для продажи святой воды. Вода из резервуара 1 отпускается при открытии клапана 2 рычагом 3, на который опускается монета 4.

Более сложный механизм приводил в движение двери храма (рис. 2).

Двери 1 раздвигаются двумя воротами 2, поворот которых осуществляется грузом 3 и бадьей с водой 4. Наполнение бадьи начинается при разжигании священного огня 5, металлическая чаша которого через стержень

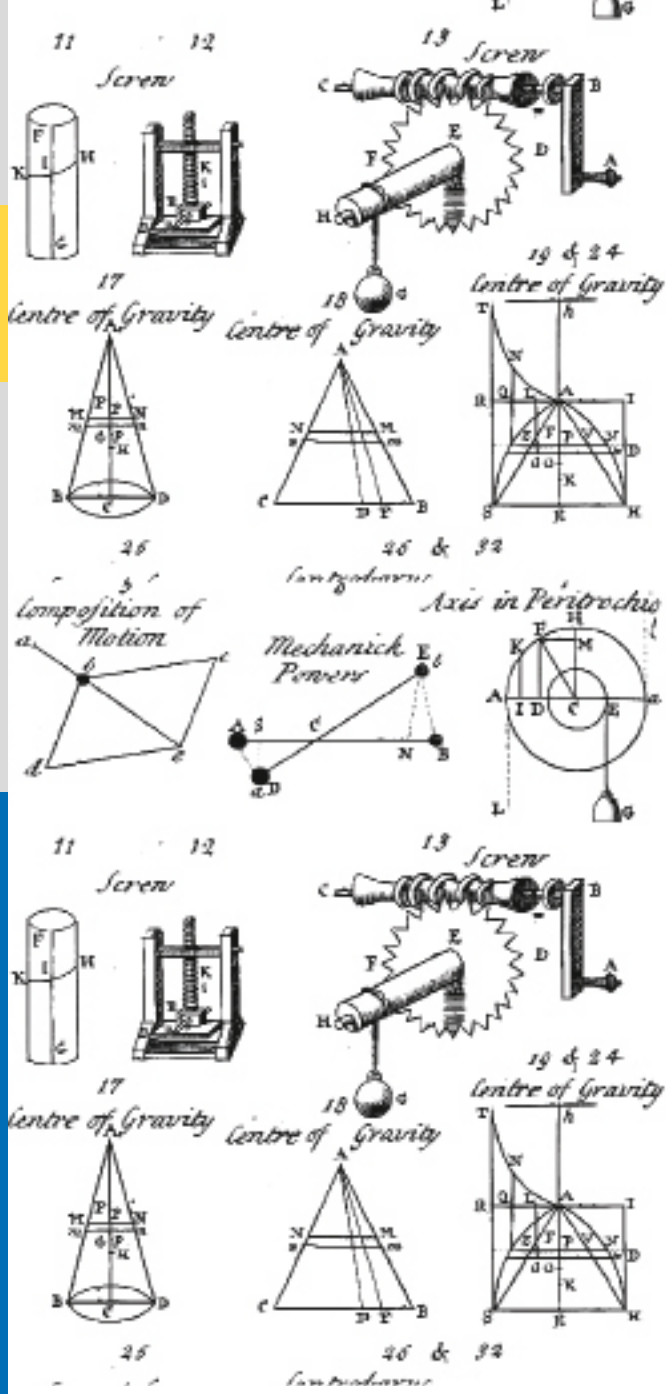
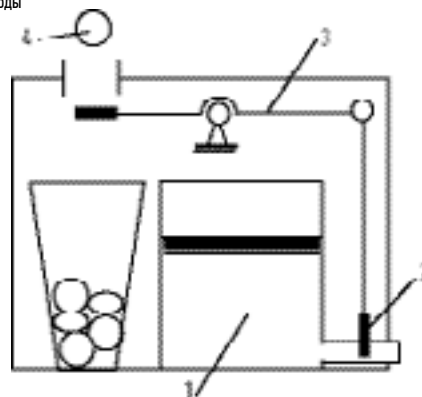


РИС. 1. Автомат для продажи святой воды



нагревает воду в баке 6. При этом образуется пар, вытесняющий воду из бака 6 в бадью 4. После того как огонь гаснет, вода из бадьи всасывается обратно в бак и двери закрываются.

С изобретением Христианом Гюйгенсом (Christiaan Huygens) в 1673 г. часового механизма с маятником большой популярностью стали пользоваться диковинные механические игрушки, имитирующие внешний облик и поведение животных и человека («автоматоны» или «андроиды»). Примером может послужить утка, принимающая пищу (рис. 3), созданная механиком Жаком де Вокансоном (Jacques de Vaucanson) в 1739 г. [2]. Сохранился также железный рыцарь Леонардо да Винчи (Leonardo di ser Piero da Vinci), двигающий головой и руками.

Особенность всех этих механических автоматов в том, что они работают по жесткому алгоритму или программе. Первым примером применения обратной связи в автоматических устройствах является поплавковый регулятор уровня, известный уже во II в. до н. э., который до сих пор исправно действует, например в нашем бытовом оборудовании [3].

Поплавковый регулятор был применен в водяных часах Александрийского ученого Ктезибия (Κτησιβίος), построенных в II веке до н. э. [4, 5]. Рис. 4а иллюстрирует их принцип действия, а рис. 4б — внешний вид.

Вода из верхнего резервуара через сопло 1, прикрываемое поплавком 2, поступает в резервуар 3, откуда и вытекает через мерное отверстие 4 в накопитель (нижний бак) 5. По мере наполнения накопителя поплавок 6 поднимает указатель, отмечающий время, по циферблату 7.

В данном случае использовано два автоматических устройства:

- поплавковый регулятор уровня воды в баке;
- водяной интегратор, отмеряющий уровень воды в накопителе, пропорциональный времени.

Поплавковый регулятор уровня обеспечивает постоянный напор воды в баке 3, а следовательно, и стабильную скорость подъема воды в накопителе, реализуя важнейший принцип регулирования — обратную связь. В данном случае поплавок соединяет функции чувствительного (измерительного) элемента и исполнительного механизма.

Фактически часы Ктезибия имели более сложное устройство. Дело в том, что в Древнем Риме сутки имели

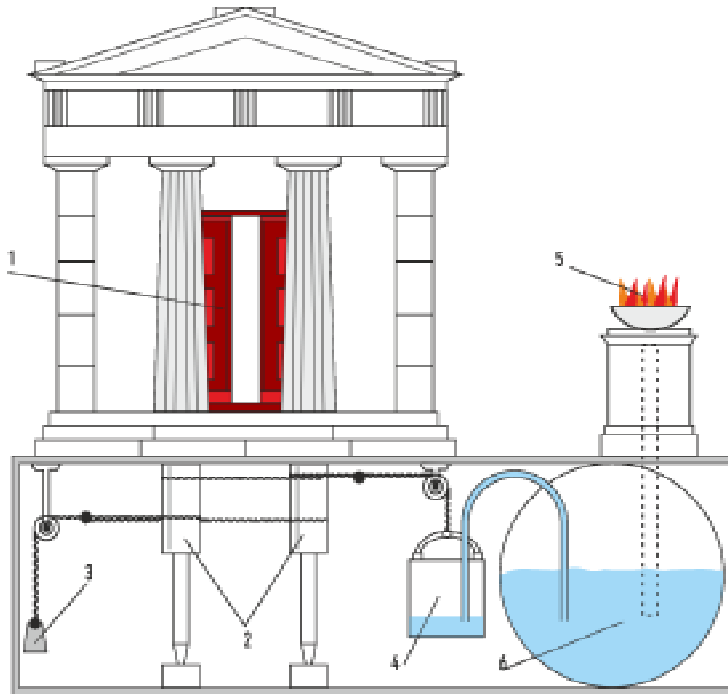


РИС. 2. Автомат для открывания дверей храма

12 дневных и 12 ночных часов, продолжительность которых была разная, так как определялась длиной светового дня, зависящей от времени года. Поэтому в этих часах циферблат был нанесен на вращающийся барабан 8 (рис. 4б), поворачивающийся на один оборот в год с помощью не показанного на рисунке дополнительного водяного механизма в основании. Часы Ктезибия были единственной альтернативой солнечным или песочным часам вплоть до XIV в., когда



РИС. 3. Автомат Вокансона

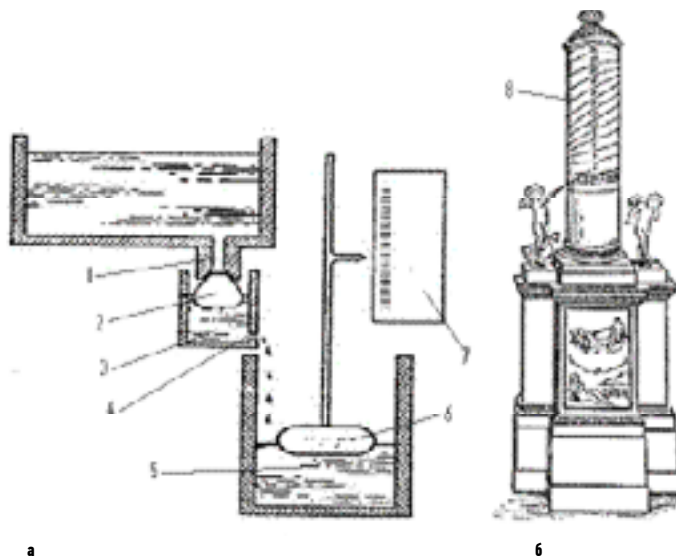


РИС. 4. Водяные часы Ктезибия: а) принцип действия; б) внешний вид

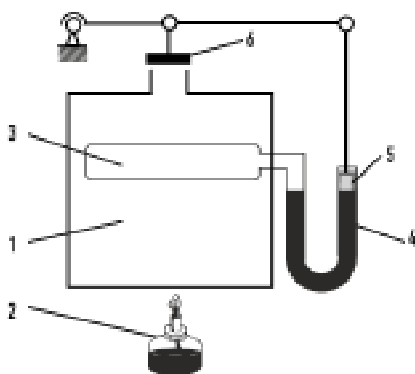


РИС. 5. Термостат Дреббеля

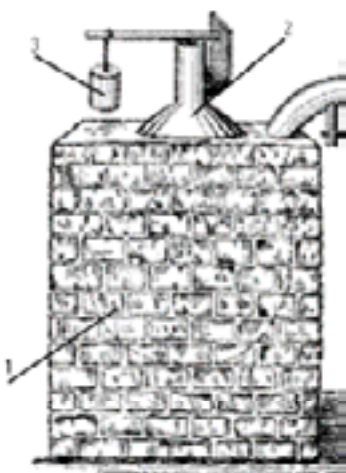


РИС. 6. Паровой котел с клапаном Папена

им на смену пришли механические часы без маятника, а затем, с XVII в., и с маятником.

После падения Западной Римской империи развитие науки и техники в Европе приостановилось, и только на Арабском Востоке известно применение поплавковых регуляторов и водяных часов в VIII—XII вв. [3, 6].

Начиная с XVII в., в связи с развитием техники, в Европе появля-

ются новые регуляторы с обратной связью:

- регулятор температуры Дреббеля;
- регулятор давления Папена;
- регуляторы ветряных и водяных мельниц.

Знаменитый голландский ученый Корнелиус Дреббель (Cornelius Jacobszoon Drebbel) изобрел в начале XVII в. инкубатор для цыплят, который оснастил ртутным термостатом. Его чертежи не сохранились, однако по описаниям можно составить следующее представление об устройстве (рис. 5) [3, 4, 6].

Внутри камеры инкубатора 1, нагреваемой, например, спиртовкой 2, размещен чувствительный элемент — сосуд со спиртом 3, соединенный с U-образной трубкой 4, заполненной ртутью и закрытой поршнем 5, воздействующим на рычаг клапана 6 вентиляционного отверстия. Таким образом, перегрев камеры приводит к расширению спирта и открытию вентиляции. Регулятор был снабжен винтовым устройством выставки температуры. В данном случае чувствительный элемент и исполнительный механизм с U-образной трубкой и поршнем разделены, однако усилие на поршне создается, в конечном счете, чувствительным элементом.

Дреббель известен также как создатель одной из первых подводных лодок и изобретатель мощного микроскопа. Совершенствование термостатов инкубаторов продолжил французский ученый Рене-Антуан Реомюр (René Antoine de Réaumur), предложивший также температурную «шкалу Реомюра» [7].

В 1707 г. французский физик и математик Дени Папен (Denis Papin), ассистент Гюйгенса, построил одну из первых паровых машин, паровой котел 1 которой, показанный

на рис. 6, был оснащен предохранительным клапаном 2 с грузом 3 [3]. Регулируя положения груза, можно было задавать предельное давление сброса пара из котла. До сих пор все паровые котлы оснащаются подобными клапанами.

Более совершенным автоматическим устройством был механизм разворота ветряной мельницы. В Средние века такие мельницы широко распространились по всей Европе. Башня ветряной мельницы сначала была неподвижной, затем ее стали разворачивать по ветру и, наконец, были созданы башни с ветровым колесом на поворотной крыше. Сейчас ветровые колеса ветрогенераторов поворачиваются вертикальными рулями на хвосте, но в Средние века несовершенство опор требовало настолько больших усилий, что плоскости на хвосте не могли с этим справиться, поэтому разворот крыши выполнялся обычно вручную.

В ветряке английского кузнеца Эдмунда Ли (Edmund Li), первый патент на который был получен в 1745 г., для разворота крыши использовано дополнительное ветровое колесо [3, 6, 8]. Принцип действия механизма показан на рис. 7а, где: 1 — основное рабочее ветряное колесо мельницы; 2 — дополнительное ветряное колесо, ось вращения которого перпендикулярна оси рабочего колеса; 3 — неподвижная азимутальная шестерня, установленная на башне; 4 — червячный редуктор привода. Оба ветряных колеса установлены на вращающейся крыше. Когда направление ветра не совпадает с осью вращения рабочего колеса 1, дополнительное ветряное колесо 2 через редуктор 4 поворачивает всю крышу до такого положения, когда плоскость дополнительного колеса будет совпадать с направлением ветра, и поворот крыши прекратится.

На рис. 7б показан современный вид голландской мельницы с таким механизмом разворота [8].

Нетрудно заметить, что дополнительное ветряное колесо является одним из первых примеров сервомотора, скорость вращения которого увеличивается с увеличением угла рассогласования между направлением ветра и осью рабочего ветряного колеса. Дополнительное ветряное колесо играет также роль чувствительного элемента и источника энергии регулятора.

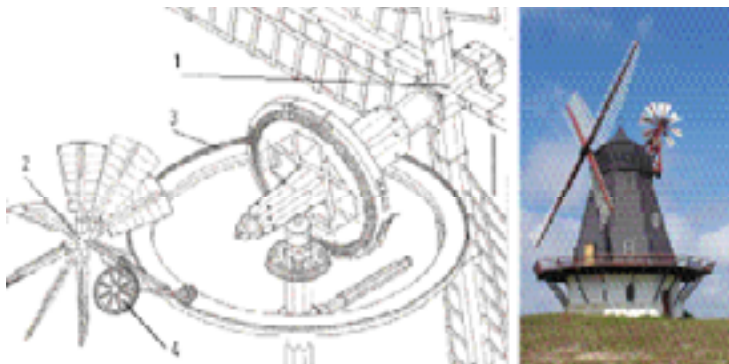


РИС. 7. Ветряк Эдмунда Ли

Таким образом, ранний этап развития автоматизации вплоть до широкого внедрения паровых машин отличается следующими особенностями:

- Первые самодействующие устройства (автоматы), появившиеся задолго до новой эры, как правило, работали по жесткому алгоритму и использовались не для утилитарных или производственных целей, а для богослужения или развлечений.
- Изобретение в конце XVII в. часового механизма привело к созданию весьма совершенных программируемых механических автоматов-игрушек (андроидов), имитирующих внешние черты и поведение животных или человека.
- Первым автоматическим устройством с обратной связью был поплавковый регулятор уровня, примененный в водяных часах Ктезибия (II в. до н. э.), в котором чувствительный элемент был совмещен с исполни-

тельным механизмом в форме поплавка.

- Развитие промышленности привело к созданию более совершенных регуляторов с обратной связью: температуры (Дреббеля), давления (Папена), ветряной мельницы (Эдмунда Ли). Во всех случаях энергия, необходимая для работы регулятора, вырабатывалась самим чувствительным элементом, который в регуляторе Дреббеля был отделен от исполнительного механизма.
- Во всех регуляторах этого периода проблема устойчивости замкнутой системы, по существу, не возникала вследствие их низкой точности и малого быстродействия. Как следствие, не было ни специальной науки, ни отдельной отрасли производства автоматических устройств. Тем не менее для изготовления и подбора параметров таких регуляторов требовались весьма умелые механики. Первые регуляторы не нашли широкого распространения, поскольку с задачами, которые они решали, легко справлялся и человек, труд

которого был дешев, что делало применение сложных автоматических механизмов нерентабельным. Дальнейшее развитие регуляторы получили в XVIII в. в связи с началом широкого применения паровых машин, стабильная работа которых без регуляторов практически невозможна. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Чудесные изобретения Герона Александрийского. http://nrm.me/blogs/bear12345/chudesnye_izobreteniya_gerona_aleksandriyskogo/
2. Автоматон. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматон>
3. Lewis F. L. History of feedback control. http://userspages.uob.edu.bh/ebrgallaf/history_of_feedback_control.pdf
4. Спасский Б. И. История физики. М.: Высшая школа. 1977.
5. History of Control Systems. http://ifac-mmm-tc.postech.ac.kr/artmind/library/download.php?db=class_eece322&no=2&s_id=0
6. Bissell C.C. History of Automatic Control. http://siamun.weebly.com/uploads/4/1/7/3/4/173241/history_of_automatic_control.pdf
7. Bennet Stuart. A brief history of automatic control. <http://userspages.uob.edu.bh/ebrgallaf/00506394.pdf>
8. Windmill fantail. http://en.wikipedia.org/wiki/Windmill_fantail

**6-я Выставка
ОХРАНА. БЕЗОПАСНОСТЬ.
ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА**





**2 - 4
сентября 2014**

КРАСНОДАР
ул. Зиповская, 5

Одновременно с выставками:



Развитие инфраструктуры
Юга России



Нефть и газ
Юга России

Организатор:



ИТЕ



ЮФУ

T +7 (861) 200-12-34, 200-12-29
F +7 (861) 200-12-54
E sips@krsnodarexpo.ru

Реклама

www.SIPS-EXPO.ru