

УДК 621.1+ 001.891.55

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ДВИГАТЕЛЯ**

*Н.А. Карнов, А.В. Наумов, А.С. Самойлов*

В статье кратко изложены основные практические предпосылки создания универсального теплового двигателя – как основы современного двигателестроения.

Ключевые слова: универсальный тепловой двигатель, паровая машина, конструкция, изобретение, патент.

Мы живем в техническом и рационалистическом мире [1]. Современный человек с рождения попадает в мир техники, его окружают машины, приборы, механизмы. Часто он даже не замечает, что техника рядом с ним, всегда готова к его услугам. А ведь многие выдающиеся достижения техники, которые современное поколение воспринимает как обыденный факт повседневной жизни, для людей даже недавнего прошлого представились бы настоящим чудом. Современные достижения науки и техники стали возможны благодаря творчеству и созидательной деятельности многих поколений людей.

В период становления капиталистической мануфактуры назрела настоятельная потребность в мощном двигателе для приведения в действие машин [2]. Энергетической основой капиталистической мануфактуры стало водяное колесо, нашедшее применение еще до нашей эры. Оно вполне оправдывало свое назначение, пока работало лишь на мельничные поставы, и потребность в энергии сочеталась с возможностями ее получения. Само водяное колесо создавало предпосылки для обслуживания все более трудоемких и разнообразных процессов и для увеличения размеров всего комплекса машин на заводах и шахтах XVI–XVIII вв.: молотов, воротов, «бревнотасок», дробилок, воздуходувных мехов, а также расточных и сверлильных станков (при изготовлении пушек), лесопильных рам, токарных станков с ручным суппортом и т. п. При таком разнообразном использовании водяного двигателя, универсального по техническому применению, обнаружился его главный недостаток – привязанность к естественным водным потокам.

Затруднения прежде всего начались в металлургии и горном деле. Металлургические заводы и шахты возникали в местах залегания руды и угля, и зависимость от водной энергии стесняла развивающиеся отрасли промышленности. Для выплавки металла, например, уже было недостаточно ручного воздуходувного меха, для снабжения воздухом кузнечных горнов и передельных печей и домен понадобилась громоздкая машина, требую-

шая для привода мощного двигателя. Потребность в таком двигателе остро ощущалась и при устройстве водоснабжения быстро растущих городов, и при откачке воды из шахт. В Англии, например, в 1700 г. глубина горизонта разрабатываемых угольных пластов достигала 120 м, а к 1750 г. она снизилась еще на 60 м. Чем глубже опускались шахты, тем настоятельнее возникала нужда в средствах удаления грунтовых вод. В 1702 г. владелец одной английской шахты для приведения в действие насосов держал до 500 лошадей.

Именно необходимость в создании насосов для откачки воды из шахт дала главный толчок к поискам нового двигателя. Первая практически действующая водоподъемная паровая установка была создана английским инженером, капитаном саперных войск Томасом Севери. Описание опубликовано в 1696 г., в 1698 г. взят патент. В водоподъемнике Севери в паровой котел через кран подавалась вода; пар из котла через открытый кран поступал в камеру насоса и вытеснял из нее воду через нагнетательный клапан при закрытом всасывающем клапане в верхний резервуар. Затем кран закрывали, а камеру поливали холодной водой. Пар в камере конденсировался, давление снижалось, и через всасывающий клапан вода поступала в камеру. Затем цикл повторялся.

Машина Севери – собственно, еще не машина. В ней не было движущихся частей, кроме клапанов. Это был паровой насос (точнее, камерный нагнетательно-всасывающий насос) единственного назначения: поднимать воду. Однако Севери предвидел возможность замены ветрового и водяного колеса паровым насосом в «производстве движущей силы для фабрик всех видов» [3]. Таким образом, потребность в универсальном двигателе ощущалась значительно раньше, чем сложились специфические условия начала промышленной революции в 80-х годах XVIII в. Изобретатели понимали, как можно применить для работы силу пара, создавая разрежение и используя способность к расширению. Однако в этих конструкциях не доставало цилиндра с поршнем – деталей, необходимых в паровой машине и выполненных впервые в модели Папена.

Сама идея цилиндра и поршня в тепловом двигателе была не новой и воплотилась в конструктивную форму еще в 1673 г. в пороховой машине Гюйгенса – двигателе внутреннего сгорания, в котором газы при взрыве пороха толкали поршень вверх, а атмосферное давление возвращало его обратно. Папен продолжал развивать свой замысел создать паровую машину и в 1707 г. описал конструкцию, в которой паровой котел и цилиндр с поршнем были отделены один от другого – использован опыт машины Севери [3]. Работала эта конструкция следующим образом: пар давил на поршень сверху, поршень опускался и вытеснял находившуюся под ним воду в резервуар с отводной трубкой. По достижении поршнем наинизшего положения цилиндр отключался от котла, и в его верхней части откры-

вался кран, с помощью которого цилиндр сообщался с атмосферой. В этот момент вода из резервуара, уровень которой был выше наивысшего положения поршня, открывала клапан в сторону цилиндра и, поднимая поршень, возвращала его в исходное положение. Папен осуществил в этом устройстве принцип машины высокого давления.

Более практичной, чем машина Севери, оказалась конструкция английского изобретателя Томаса Ньюкомена, кузнеца по профессии. Он приступил к постройке своей машины в 1705–1706 гг. в сотрудничестве со стеклоделом Джоном Коули [3]. Принцип действия пароатмосферной поршневой машины Ньюкомена заключался в следующем: внутри цилиндра двигался поршень, связанный с одним концом балансира. Другой конец балансира соединялся со штангами водоотливного насоса. Пар поступал в цилиндр из котла при открытом кране и поднимал поршень, который уравновешивался весом насосной штанги и добавочного груза. При достижении поршнем верхнего положения кран закрывался. Пар конденсировался вначале благодаря охлаждению цилиндра водой извне, а в более поздних образцах вследствие впрыскивания в цилиндр холодной воды из резервуара через кран. Движение поршня вниз обеспечивалось атмосферным давлением; при этом поднимались насосные штанги, и вода откачивалась. Охлаждающая вода и сконденсировавшийся пар удалялись из цилиндра по трубе – излишний пар выпускался из котла через предохранительный клапан. Затем цилиндр с котлом снова сообщались, и пар помогал противовесу вернуть поршень в исходное положение. В этой конструкции паровой двигатель был органически соединен с насосом.

Первая машина Ньюкомена была построена и пущена в работу по откачке воды из рудника в 1712 г. Ее мощность составляла 8 л.с., она обеспечивала подъем воды с глубины 80 м. Так как рабочий цилиндр оставался одновременно и конденсатором, т. е. нагрев и охлаждение цилиндра чередовались, то для работы паросиловой установки Ньюкомена все еще требовалось чрезвычайно большое количество топлива: около 25 кг угля в час на 1 л.с. И тем не менее это был настоящий успех: новая машина позволяла разрабатывать копи на глубину вдвое большую, чем раньше [3].

В дальнейшем конструкция совершенствовалась: ручное открывание и закрывание кранов было заменено автоматическим. В 1718 г. англичанин Генри Бейтон построил машину с автоматическим регулированием и предохранительным клапаном для котла. Важные усовершенствования в пароатмосферную машину в начале 70-х годов XVIII в. внес инженер Джон Смитон, рассчитав правильное соотношение между размерами частей машины, а также создав более целесообразную форму ее деталей.

В начале XVIII в. задача создания универсального двигателя еще не созрела, но мысль о таком двигателе уже проявлялась в ряде конкретных предложений. Наиболее рациональное из них представлялось тогда в объ-

единении положительных особенностей водяного колеса и паровой машины. В таких комбинированных теплогидравлических установках паровой насос подавал воду на водяное колесо, которое могло быть использовано для непрерывной отдачи работы в форме вращательного движения. Водяное колесо играло роль передаточного механизма. Подобные установки были запатентованы еще в начале XVIII в., но преимущественное распространение получили в середине и в конце столетия и действовали даже в начале XIX в., когда нужда в универсальном двигателе проявилась особенно остро.

В разработку новых методов конструирования водяного колеса заметный вклад сделал Джон Смитон, один из выдающихся инженеров своего времени. В 1752–1753 гг. он создал лабораторные модели водяных колес и, исследовав зависимость их мощности от формы и пропорций деталей, сильно изменил конструкцию и добился значительного повышения коэффициента полезного действия. К концу столетия простое водяное колесо прошло весь путь своего развития. Само собою разумеется, что оно находило преимущественное применение в гидросиловых, а не в комбинированных теплогидравлических установках, которые возникали sporadически и в целом не решали задачи удовлетворительно, имели низкий КПД и были громоздкими [3].

Идею создания теплового двигателя, свободного от гидравлического колеса, со всею определенностью высказал и осуществил в своем проекте «огнедействующей машины» русский механик Иван Иванович Ползунов. В 1763 г. Ползунов, будучи тогда шихтмейстером Колывано-Воскресенских заводов, представил расчеты и детальный проект парового двигателя (мощностью 1,8 л. с.), в котором предлагал «сложением огненной машины водяное руководство пресечь» и создать двигатель, который мог бы «по воле нашей, что будет потребно, исправлять» [3]. Машина Ползунова отличалась от известных в его время паровых двигателей прежде всего тем, что предназначалась не исключительно для подъема воды, а для привода заводских машин – воздуходушных мехов, и кроме того, в отличие от Ньюкоменовского насоса, в котором рабочий ход сменялся холостым, представляла собой машину непрерывного действия. Непрерывность передачи работы достигалась применением двух цилиндров вместо одного: поршни цилиндров двигались навстречу один другому и действовали попеременно на общий вал, т. е. Ползунов предложил и осуществил метод суммирования, нашедший позднее самое широкое распространение в тепловых поршневых двигателях.

По проекту Ползунова пар из котла подавался в один из двух цилиндров и поднимал поршень до крайнего верхнего положения, после чего из резервуара в цилиндр впрыскивалась холодная вода, что приводило к конденсации пара. Под давлением атмосферы на поршень он опускался, в то

время как в другом цилиндре в результате давления пара поршень поднимался. С помощью специального устройства осуществлялись автоматический выпуск пара из котла в цилиндры и автоматическое поступление холодной воды. Система шкивов передавала движение от поршней насосам, нагнетавшим воду в резервуар, и воздуходувным мехам.

Интересны и оригинальны были разработанные Ползуновым новые детали и устройства, в том числе сконструированный им регулятор прямого действия для поддержания постоянного уровня воды в котле.

Бурное развитие основных видов промышленности в Англии в первой половине XVIII в. и массовое внедрение в производство рабочих машин, ознаменовавшее собой начало промышленной революции, сделало необходимой революцию в паровой машине. Эта революция означала переход от двигателя частного назначения к универсальному двигателю – основе энергетической базы крупной фабричной промышленности.

Универсальный паровой двигатель, пригодный для практической эксплуатации, был создан шотландским изобретателем Джеймсом Уаттом. Непосредственно работу над паровыми машинами Уатт начал в 1763 г. с починки модели действующей паронасосной установки Ньюкомена. После пяти лет упорной работы над моделью Уатт сделал громадный шаг в деле совершенствования паровых двигателей и повышения их экономичности. Первоначально он пришел к выводу, что хорошая работа пароатмосферной машины зависит от выполнения двух условий: во-первых, получения сильного разрежения под поршнем за счет более полной конденсации пара (для этого нужно было как можно больше охладить цилиндр); во-вторых, поддержания цилиндра в горячем состоянии, чтобы избежать непроизводительных потерь пара при выпуске его из парового котла. Выполнение этих условий одновременно в одном цилиндре технически невозможно, и Уатт дал новое решение: заключить цилиндр в паровую рубашку, поддерживая его постоянно в нагретом состоянии, а конденсацию пара осуществлять в отдельном конденсаторе, снабженном насосом для откачивания конденсата и воздуха. В 1765 г. была построена модель нового двигателя, но только в 1769 г. удалось добиться его работы по полному циклу.

Во время своих экспериментальных работ над моделью Уатт вместе с владельцем Карронского завода Ребека подал заявление о выдаче патента на «способы уменьшения потреблений пара и вследствие этого – топлива в огневых машинах». Кроме указанных принципиальных нововведений в двигателе, Уатт запатентовал также применение избыточного давления пара с выхлопом в атмосферу – в случаях недостатка воды для конденсации пара; применение «коловратных» машин с однонаправленно вращающимся поршнем; наконец, работу с неполной конденсацией, т. е. с ухудшенным вакуумом. В последнем пункте патента предусматривалась также конструкция уплотнения поршня.

Усовершенствования Уатта содержали реальную возможность снизить расход пара и топлива более чем в два раза – это был огромный успех на пути создания экономичного теплового двигателя. Однако первая попытка в 1769 г. построить насосную паровую установку с отдельным конденсатором на Карронском заводе успеха не имела – не удалось обеспечить достаточной точности обработки и плотности соединений. Изготовление таких крупных машин стоило больших средств, которыми Уатт не располагал, а Джон Ребек к тому времени обанкротился.

Первая машина с отдельным конденсатором была создана в 1774 г. Интересной представляется конструкция 1777 г., получившая название «Вельзевул», в которой Уатт применил отсечку и расширение пара с целью увеличения экономичности.

К 1780 г. получил распространение тип машин Уатта простого действия, служивших для откачивания воды. Самым надежным потребителем двигателя стали рудники Корнуэлла: в 1778 г. в этом графстве насчитывалось свыше 70 установок Ньюкомена, а в 1790 г. все они, кроме одной, были заменены машинами Болтона-Уатта. Большое их число изготовлялось также для медных рудников в Корнваллисе.

Успех новых двигателей объяснялся тем, что их применение значительно удешевило получение механической энергии.

В 1778 г. Уатт по предложению своего компаньона Болтона приступил к усовершенствованию парового двигателя. Он детально исследовал процесс расширения пара в цилиндре, сконструировав для этой цели специальный индикатор - прибор, измеряющий давление пара в процессе расширения. Определив практически выгодную степень расширения пара для превращения тепла в работу. Уатт предложил в 1782 г. паровой двигатель с расширением и получил на него английский патент. Придя к мысли использовать вторую половину цилиндра, он создал так называемый двигатель двойного действия, в котором был существенно снижен удельный расход пара [3]. Это была уже непрерывно действующая машина, в которой источником силы служил пар.

Уатту пришлось также решить задачу преобразования возвратно-поступательного движения во вращательное; он запатентовал пять устройств, с помощью которых была решена эта задача, в их числе нашедшая применение планетарная передача. Одновременно Уатт предложил серию устройств, предназначенных для компенсации неравномерной отдачи работы, вызванной расширением пара.

Патентом Уатта 1782 г. были закреплены многие усовершенствования, которые, казалось бы, окончательно сформировали паровую машину как универсальный двигатель. И тем не менее это было не все. То, что новый двигатель является действительно универсальным, Уатт понял позже,

о чем свидетельствует его патент 1784 г. Именно на этот патент ссылается К. Маркс, вводя в научный обиход определение «универсальный двигатель».

Все предложенные усовершенствования, большинство которых закреплялось патентом 1784 г., позволили Уатту в ближайшие годы выработать тип машины двойного действия с непрерывным вращательным движением, который в течение долгого времени оставался неизменным и подвергался лишь частичным доработкам.

Изобретение Уаттом двигателя двойного действия с непрерывным вращением содействовало чрезвычайно быстрому распространению паровых машин. К концу XVIII в. применение паровых машин не ограничивалось Англией и Шотландией – они поставлялись заводом Болтона и Уатта в Ирландию, Францию, Испанию. Почти в течение всего XIX в. паровая машина занимала господствующее положение в энергетике крупной промышленности и транспорта. В результате постепенных усовершенствований, сделанных многими изобретателями и конструкторами, ее мощность выросла с 20–30 л.с. в 1830 г. до 1000 л.с. к 1870 г., а коэффициент полезного действия удвоился (с 5 до 10 %) за тот же срок. Для такого успеха потребовалась мобилизация всех практических и научных знаний.

Техническая эволюция паровой машины была связана теснейшим образом с успехами индустриального машиностроения. В частности, получение высокого давления было немыслимо без качественного перелома в технике металлообработки. Лишь повышая точность изготовления деталей, можно было преодолеть утечку пара. До создания теплового двигателя вся энергетическая техника была замкнута рамками только одной механической формой движения. В гидравлических и ветряных двигателях, использовавших природную кинетическую энергию, существо процессов заключалось в трансформации механических перемещений. В паровой машине энергетические функции не ограничиваются трансформацией направления и скорости сил, но включают еще и превращение теплоты в механическое движение.

Изобретение Уатта как бы венчало многовековую работу ученых, инженеров и механиков разных стран, приобщившихся так или иначе к решению задачи использования силы пара. Шаг за шагом, под влиянием практических потребностей, а иногда стимулируемые логикой развития самого научного знания, часто интуитивно, подходили они к освоению нового вида энергии. «Паровая машина была первым действительно интернациональным изобретением...» [4]. При этом интернациональный характер проявился не только в самом постепенном процессе изобретательства, но и в особенности в повсеместном признании этого изобретения и распространении его по всему земному шару.

**Заключение.** Значение новаторов науки и техники в том, что они, действуя в рамках своей страны, раньше других понимали новые технические

потребности производства [5]. Каждое значительное техническое нововведение или научное открытие, как правило, является результатом творчества многих изобретателей разных стран. Но это отнюдь не уменьшает личных заслуг тех изобретателей и ученых, которые играли решающую роль в осуществлении конкретного технического или научного достижения. Опираясь на опыт своих предшественников, они давали решения, которые наиболее полно и правильно отвечали поставленной задаче и открывали перспективы научно-технического развития.

Развитие технических знаний необходимо брать в единстве с прогрессом естественнонаучных знаний [6]. Научные изыскания и практические наработки при создании универсального теплового двигателя оказали громадное влияние не только на становление новой промышленной техники и научного знания, но в целом на развитие человеческого общества, на развитие общественных отношений. Энгельс писал: «Люди, которые в XVII и XVIII веках работали над созданием паровой машины, не подозревали, что они создают орудие, которое в большей мере, чем что-либо другое, будет революционизировать общественные отношения во всем мире и которое, особенно в Европе, путем концентрации богатств в руках меньшинства и пролетаризации огромного большинства, сначала доставит буржуазии социальное и политическое господство, а затем вызовет классовую борьбу между буржуазией и пролетариатом, борьбу, которая может закончиться только низвержением буржуазии и уничтожением всех классовых противоположностей».

#### Библиографический список

1. Эллюль, Ж. Другая революция / Ж. Эллюль // Новая технократическая волна на Западе. – М., 1986. – С. 147–152. – URL: <http://filosof.historic.ru/books/item/f00/s00/z0000949/st000.shtml> (дата обращения: 28.02.19).
2. Маркс, К. Сочинения. Т. 23 / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – М.: Государственное издательство политической литературы, 1960. – С. 360–361.
3. Шухардин, С.В. Техника в ее историческом развитии / С.В. Шухардин, Н.К. Ламан, А.С. Федоров. – М.: Наука, 1979. – С. 416.
4. Маркс, К. Сочинения. Т. 20 / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – М.: Государственное издательство политической литературы, 1960. – С. 431.
5. Виргинский, В.С. Очерки истории науки и техники с древнейших времен до середины XV века: Кн. для учителя / В.С. Виргинский, В.У. Хотеевков. – М.: Просвещение, 1993. – 288 с.
6. Поликарпов, В.С. История науки и техники (учебное пособие) / В.С. Поликарпов. – Ростов н/Д.: Издательство «Феникс», 1998. – 352 с.

[К содержанию](#)