

УДК 621.1.01 + 001.6

НАУЧНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.В. Наумов, Ю.Н. Зайчиков, Н.С. Филатов

В статье обобщены и тезисно изложены основные научные предпосылки создания универсального теплового двигателя как основы современного двигателестроения.

Ключевые слова: универсальный тепловой двигатель, паровая машина, расширение жидкости и газов, водяной пар.

Техническая деятельность людей и технические изделия (орудия труда) возникают практически одновременно с появлением Homo sapiens. Тем не менее люди долго не осознавали искусственный характер продуктов, созданных их трудом. Когда древний человек подмечал эффект какого-нибудь своего действия (удара камня, действия рычага, режущие или колющие эффекты), он считал, что обязан этому участию духов или богов. В этом смысле вся древняя техника была магической и сакральной. И позже античное «техне», как уже говорилось, – это еще не техника в нашем понимании, а все то, что сделано руками (и военная техника, и игрушки, и астрономические модели, и изделия ремесленников, и даже произведения художников) [1]. Механическим устройствам для поднятия воды посвящен трактат Абу-ль-Из-за Исмаила аль-Джазари (XII–XIII вв.) «Книга о познании инженерной механики». Такого же рода устройства рассматриваются в трактате Мухаммеда Ибн Али аль-Хурасани [2].

Родоначальником механического естествознания является Г. Галилей, который придерживался причинного объяснения природы, строгой и последовательной трактовки фактов как основной задачи науки. Он говорил, что подлинное объяснение явлений природы должно показать в их основе перемещение частей единой материи, перемещение качественно однородных элементов [3]. Галилей высказал мысль о неуничтожаемости вещества, однородности материи и сведении качественных различий к конфигурации элементов материи.

Разрыв между практическими успехами техники и наукой, который остро ощущался передовыми людьми этого времени, приводил к мысли о том, что успехи науки могут быть достигнуты лишь при разработке и применении новых методов исследования. Эту мысль четко сформулировал в 1620 г. в сочинении «Новый Органон» английский философ Френсис Бэкон, критикуя старую науку за то, что она оперирует только общими положениями [3]. Он указывал на необходимость союза опыта и рассудка, который мог быть осуществлен благодаря переходу от частных фактов к

частным законам, а от них – ко все более и более общим принципам, проверяемым опытом, практикой. Этот индуктивный метод, усвоенный естествоиспытателями, оказался весьма плодотворным. Галилео Галилей, опираясь на опыт флорентийских водопроводчиков, знал, что вода не может быть поднята насосом на высоту более десяти метров. Он считал, что сила «боязни пустоты» – понятие, входившее в физические концепции Аристотеля, – ограничена и не может превышать веса указанного столба воды. Галилей предложил и другой способ определения этой силы: ко дну выточенной трубы плотно пригоняли поршень; показателем силы сопротивления возникновению пустоты служил вес груза, отрывавший поршень от дна.

Ученик Галилея Э. Торричелли, продолжая эти исследования в 1643 г., заменил водяной столб ртутью: в трубе образовалась пустота, и высота ртутного столба оказалась меньше высоты водяного столба примерно в 14 раз. Повторяя свои опыты, Торричелли убедился в том, что высота ртутного столба колебалась в зависимости от весового давления воздуха. Таким образом он пришел к замечательным результатам: доказал возможность получения «пустоты» и существование атмосферного давления.

После открытия атмосферного давления действие всасывающих насосов могло быть объяснено не всасыванием воды разреженным пространством, а нагнетанием в него воды весовым давлением воздуха, действующим на нее в нижнем резервуаре. Величина атмосферного давления определяла высоту подъема воды – теоретически немногим более 10 м, практически же несколько меньшую.

Опыты Торричелли вызвали широкий резонанс. «Пустота» стала предметом глубокого изучения. Результаты исследований известных физиков Паскаля, Мариотта, Бойля, Галлея привели к более полному пониманию природы разрежения и атмосферного давления.

В пятидесятых годах XVII в. Отто фон Герике из Магдебурга изобрел воздушный насос для создания нужного разрежения и с его помощью продемонстрировал силу атмосферного давления. В одном из опытов с помощью разрежения в небольшом сосуде, состоявшем из двух плотно пригнанных полушарий, были созданы такие силы, преодолеть которые не могла восьмерка лошадей, оттягивавшая полушария в разные стороны. Этот опыт обратил внимание ученых и изобретателей XVII в. на «громадную силу» атмосферного давления: 1 кг на 1 см² по сравнению с граммами или десятками граммов усилий, приходящихся на 1 см² поверхности ветровых или водяных колес. Поскольку эта «сила» имела везде, то могло возникнуть предположение о возможности создания атмосферных двигателей, что означало бы освобождение энергетики от местных условий. Задача состояла в создании вакуума или избыточного давления для образования разности энергетических потенциалов давления, дающей возмож-

ность произвести работу. Но для этого требовалась предварительная затрата энергии. В опытах Герике для образования вакуума использовали отсасывающий насос, который приводился в движение двигателем. Для производственных целей необходим был источник энергии, позволявший получить вакуум без затраты механической работы. Ученые обратились к тепловым явлениям.

Давно было известно тепловое расширение твердых тел. В XVII в. было обнаружено расширение при нагревании жидких тел и газов и особое место занимали представления о свойствах водяного пара. Однако эти представления не отличались точностью. Многие ученые даже в XVIII в. считали пар воздухом, выделяющимся из воды при ее нагревании [3].

В XVIII–XIX вв. понимание техники и отношение к ней начинает меняться, не в последнюю очередь потому, что человек не мог уже не замечать ее влияния (не всегда благотворного) на различные стороны своей жизни.

Способность пара производить механическую работу известна человеку издавна. Герои Александрийский применил для движения шара реакцию паровой струи, выпускаемой из резервуара с кипящей водой по специальным трубкам – так почти за две тысячи лет до изобретения паровой машины был создан прообраз турбины. Леонардо да Винчи принадлежит набросок паровой пушки, которая, по его словам, была изобретена Архимедом.

Практическому применению силы пара предшествовали также некоторые исследования свойств водяного пара. Еще в 1550 г, итальянцем Д. Делла Порта был определен удельный объем водяного пара; в 1615 г. французский архитектор Де Ко высказал мысль о возможности подъема воды посредством «действия огня» и т. д. Целеустремленные попытки создать паровой двигатель начались в XVII в [3].

Первая задача состояла в том, чтобы заставить «работать» атмосферу, затратив предварительно работу на получение вакуума. Многие изобретатели приобщились к разработке этой проблемы и независимо друг от друга пришли к правильному решению: получить вакуум конденсацией пара при охлаждении в замкнутом пространстве.

В решении этого вопроса заметную роль сыграли труды физика Дени Панена, француза по происхождению, много лет проработавшего в Англии и Германии. Он оценил важность явления конденсации пара, в 1690 г. впервые правильно описал замкнутый термодинамический цикл и создал устройство, в котором пар образовывался при нагревании воды в цилиндре под поршнем, поднимавшемся вверх под давлением пара; когда поршень достигал наивысшего положения и задерживался специальным упором, цилиндр снимали с огня (или убирали огонь) и поливали сверху холодной водой. В результате пар конденсировался и создавалось «безвоздушное»

пространство. При освобождении поршня от упора он опускался вниз под действием атмосферного давления и поднимал связанный с ним груз.

Успех науки был обусловлен широким развитием эксперимента, применение которого способствовало также зарождению новых форм организации ученых – появлению научных обществ и академий. В Италии научное общество под названием «Флорентийская академия опытов» было сформировано из учеников и последователей Галилея в 1657 г. В Англии в 1662 г. было организационно оформлено Лондонское Королевское общество, ставшее высшим научным учреждением страны [3].

Продолжателем Галилея в механике и последователем Декарта в своих физических воззрениях был Х. Гюйгенс. В 1673 г. вышло второе расширенное издание его сочинения «Маятниковые часы». В этом труде задачу изучения физического маятника Гюйгенс свел к изучению системы математических маятников, т. е. совершил переход от механики точки к механике системы. Гюйгенсу принадлежит доказательство теоремы о центробежной силе, задачи об ударе. В основе механических представлений Гюйгенса лежат два фундаментальных принципа: принцип сохранения энергии и принцип относительности.

Создание классической механики завершил И. Ньютон. В «Математических началах» Ньютон анализирует основные понятия механики: массу, количество движения, силу, пространство и время. Он дал формулировку трех фундаментальных законов движения: закон инерции, закон пропорциональности между силой и ускорением, закон равенства действия и противодействия – и рассмотрел следствия из этих законов.

Научные знания этого периода выводились из представления об абсолютной неизменяемости природы, но они опирались на практический опыт и, в свою очередь, использовались для дальнейшего развития техники. Одновременно и научные исследования стали требовать применения технических средств.

Ф. Энгельс, характеризуя соотношение между теорией и практикой в период зарождения теплоэнергетики, отмечал, что «практика по-своему решила вопрос об отношениях между механическим движением и теплотой...», а дело с теорией в тот период обстояло «довольно печально» [4].

Недостаточные знания о физических свойствах рабочего тела приводили к неверным толкованиям и ошибочным конструктивным решениям. Так, Тривальд заблуждался относительно того, что в воде будто бы содержится неисчислимое количество воздуха, который, по его мнению, и являлся рабочим агентом машины. Это заблуждение привело к тому, что самая большая его машина, построенная для откачивания воды из Даннеморских рудников (Швеция), оказалась неработоспособной из-за заниженного объема парогенератора.

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 спорадически и в целом не решали задачи удовлетворительно, имели низкий КПД и были громоздкими.

Идею создания теплового двигателя, свободного от гидравлического колеса, со всею определенностью высказал и осуществил в своем проекте «огнедействующей машины» русский механик Иван Иванович Ползунов. Он получил техническое образование в горнозаводской школе в Екатеринбурге (ныне Свердловск), а затем прошел практику на заводах Урала и Алтая, занимаясь в свободное время физикой и механикой. Есть основания предполагать, что, работая в Барнауле, Ползунов ознакомился с наиболее фундаментальными для того времени сочинениями Леупольда и Белидора по прикладной механике, а также с книгой «Наставление по рудному делу» И.А. Шлаттера, президента Берг-коллегии, в которой описывались водоподъемные паровые машины.

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].

Универсальный паровой двигатель, пригодный для практической эксплуатации, был создан шотландским изобретателем Джеймсом Уаттом. Уатт близко познакомился со многими учеными, в том числе с физиком Джозефом Влеком, изучавшим скрытую теплоту испарения водяного пара, и Джоном Робисоном – тогда еще студентом, а впоследствии профессором физики. Робисон посоветовал Уатту изучить имевшуюся в то время литературу по механике паровых машин: сочинения Деза-гюлье, Леупольда и Белидора. Уатт проводит опыты над свойствами водяного пара и определяет зависимость температуры насыщенного пара от давления. Построенные им кривые близко совпадают с современными данными. Непосредственно работу над паровыми машинами Уатт начал в 1763 г. с починки модели действующей паронасосной установки Ньюкомена. Однако модель была почти неработоспособной, так как будучи геометрически подобной своему промышленному образцу, она отличалась от него протекающими в ней механическими и тепловыми процессами. Установка требовала боль-

шего непроизводительного расхода пара, а следовательно, и топлива. 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.

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.

Вот как описывал свое изобретение 1782 г. сам Уатт: «Мое второе улучшение паровых, или огневых, машин состоит в использовании упругой силы пара для того, чтобы двигать поршень вверх, а также прижимать его вниз попеременно, создавая вакуум над или под поршнем и одновременно используя действие пара на поршень в том конце или части цилиндра, из которой не происходит выхлопа пара; машина, сконструированная таким образом, может дать двойное количество работы или развить двойную мощность в одно и то же время (с цилиндром равных размеров) по сравнению с машиной, в которой активная сила пара действует на поршень только в одном направлении - либо вверх, либо вниз» [5].

Это была уже непрерывно действующая машина, в которой источником силы служил пар.

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.

Заключение. Развитие теплотехники явилось ярким примером использования практических знаний при все большем привлечении достижений науки. На первом этапе это выразилось в накоплении большого фактического материала по конструированию и эксплуатации паровых машин и в установлении некоторых эмпирических правил и расчетных формул. Следующий шаг состоял в обращении к экспериментальным исследованиям рабочего тела (водяного пара).

Значение новаторов науки и техники в том, что они, действуя в рамках своей страны, раньше других понимали новые технические потребности производства [2]. 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.

Дж. Бернал в книге «Наука в истории общества» упомянул о прикладных науках. «Главное основание для отличия научной стороны общественной деятельности от прочих заключается в том, – писал он, – что она, прежде всего, касается вопроса о том, как сделать вещи, относится к вершине данной массы знаний фактов и действия и вытекает в первую очередь и главным образом из понимания, контроля и преобразования средств производства, т. е. техники, обеспечивающей потребности человека. Основное занятие ученого состоит в том, чтобы найти, как сделать вещь, а дело инженера создать ее» [6].

Библиографический список

1. Философия техники: учебное пособие / И.В. Вишев, Е.В. Гредновская, Л.М. Григорьева, А.А. Дыдров. – Челябинск: Издательский центр, 2014. – 251 с.
2. Виргинский, В. Очерки истории науки и техники с древнейших времен до середины XV века: Кн. для учителя / В. Виргинский, В. Хотеевков. – М.: Просвещение, 1993. – 288 с.
3. Шухардин, С.В. Техника в ее историческом развитии / С.В. Шухардин, Н.К. Ламан, А.С. Федоров. – М.: Наука, 1979. – 416 с.
4. Маркс, К. Сочинения. Т. 20 / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – М.: Государственное издательство политической литературы, 1960. – 431 с.
5. Техника в ее историческом развитии: От появления ручных орудий труда до становления техники машинно-фабричного производства / Отв. ред. С.В. Шухардин и др. – М.: Наука, 1979. – 340 с.
6. Поликарпов, В.С. История науки и техники: учебное пособие / В.С. Поликарпов. – Ростов н/Д.: Издательство «Феникс», 1998. – 352 с.

[К содержанию](#)