

Радциг Александр Александрович

История теплотехники

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 93
ББК 63.3
А46

А46 **Александр Александрович Р.**
История теплотехники / Радциг Александр Александрович – М.: Книга по Требованию,
2025. – 430 с.

ISBN 978-5-519-80235-2

ISBN 978-5-519-80235-2

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2025
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2025

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

в области водного транспорта нас интересовало развитие судовых машин и котлов, а не судостроения вообще; в области железнодорожного транспорта мы говорим только о создании и развитии паровоза, как тепловой машины, а не железных дорог и т. д.

В настоящем сочинении автору-технику естественно было уделять преимущественное внимание проблемам собственно технического порядка; однако, там, где это возможно, он пытался показать зависимость развития данной отрасли техники от общих социально-экономических моментов.

Порядок изложения принят у нас хронологический: история теплотехники разделена на четыре больших периода: первый обнимает самые ранние попытки создания тепловых двигателей, но главным образом касается развития теплотехники в XVII и XVIII вв. Второй период заключает в себе первую половину XIX столетия. Третий начинается со второй половины XIX столетия и доходит до эпохи мировой войны, и наконец, четвертый период обнимает послевоенное развитие теплотехники. Конечно, вполне строго провести хронологическую последовательность в расположении материала было невозможно: так, создание термодинамики нами отнесено к третьему периоду, хотя первые термодинамические работы С. Карно, Р. Майера, Джоуля и даже Г. Гельмгольца появились раньше. Точно так же история газовых двигателей и паровых турбин включена в третий период, хотя самые ранние попытки устройства двигателей внутреннего сгорания относятся к XVII столетию, а Геронов шар, являющийся прототипом реактивной турбины, был создан даже за сто лет до начала нашей эры.

Для соблюдения логической последовательности такие отступления приходилось делать и в других местах.

Исследование наше начинается с характеристики производственных и технических проблем XVII и начала XVIII вв. Эта характеристика необходима для уяснения направления, в котором шли первые попытки создания паровых двигателей в XVII и начале XVIII вв. Труды этих первых изобретателей привлекали особое внимание ранних историков паровой машины и вызывали часто страстную полемику по вопросу о «первом» изобретателе паровой машины. Эта точка зрения уже давно оставлена даже буржуазными историками.¹ Марке совершенно правильно указывает, что невозможность связать изобретение с определенным именем относится и ко всем изобретениям XVIII в.² История теплотехники показывает, что даже позднейшие крупные изобретения в области двигателей и их приложений (паровые турбины, двигатели внутреннего сгорания, пароходы, паровозы) не могут быть приписаны одному лицу, а являются

¹ Например, С. Matschoss. Die Entwicklung der Dampfmaschine, т. I, стр. 281. Та же мысль высказывается Смайлсом («Биографии промышленных деятелей», стр. 146—160). Последний приводит между прочим мнение Роберта Стефенсона (сына «изобретателя» паровоза): нельзя приписывать изобретение паровоза одному лицу, оно «создано целым поколением механиков и инженеров».

² «Критическая история технологии вообще показала бы, как мало любое из изобретений XVIII столетия принадлежит одному лицу». К. Маркс. Капитал, т. I, стр. 256.

результатом усилий многих изобретателей, часто принадлежащих к ряду поколений.

История раннего развития паротехники является наилучше изученной. Марксом выяснена также связь этих изобретений (особенно — машины Уатта) с экономической жизнью того периода и определена завершающая роль машины Уатта в истории промышленного переворота.

История паротехники первой половины XIX в. заключается, главным образом, в изложении разного рода видоизменений в типе паровых машин, созданном Уаттом (машинны более высокого давления, усовершенствованные парораспределения и регулирования, машины двойного расширения). В нее входит также описание развития специальных типов паровых машин: машин паровых, паровозных, прокатных, паровых молотов, паровых насосов, машин воздухоудных и подъемных.

Конец 40-х годов и начало 50-х годов XIX столетия (период, с которого начинается новый отдел предлагаемого труда) характеризуется двумя крупными явлениями: созданием в Америке нового типа машины Корлисса и началом планомерного опытного изучения действия паровой машины. Это изучение сделалось возможным благодаря созданным к тому же времени основам термодинамики и точному изучению свойств водяного пара, произведенному в особенности Реньо. Широко поставленные опыты над паровыми машинами производятся одновременно в Англии (Кларк), Соединенных Штатах (Ишервуд) и Франции (Гирн). Особое значение имели опыты последнего, приведшие к установлению так называемой «экспериментальной» теории паровой машины. Эта теория выяснила значение таких условий работы паровой машины, как применение паровой рубашки, перегретого пара, расширения во многих цилиндрах. Эти усовершенствования определили в сущности весь дальнейший прогресс паровой машины в термодинамическом отношении. Особого рассмотрения потребовало введение в широких размерах клапанных парораспределений (Броун — 1867 г., Зульцер — 1873 г.).

Вторая половина 80-х годов и начало 90-х годов характеризуются уже растущим влиянием электротехники: для обслуживания возникающих электрических станций понадобились машины гораздо более мощные, более экономичные и лучше регулируемые, чем применявшиеся до того времени.

Поэтому последнее десятилетие XIX в. является периодом самого блестящего развития паровых машин, которое, однако, все же не могло устранить всех противоречий между конструкцией паровых машин и требованиями электротехники. Эти противоречия были отчасти устранены паровой турбиной, развитию которой посвящен особый отдел настоящей книги. Развитие паровых двигателей сопровождалось изменением требований к паровым котлам; процесс развития последних рассматривается параллельно с процессом развития паровых машин.

Рассмотрение истории теплотехники в XIX в. заканчивается главами, посвященными возникновению и развитию двигателей внутреннего

сгорания. Возникновение этих двигателей было, главным образом, обязано стремлению дать двигатель, доступный мелкой промышленности, для которой мало годились установки с паровыми машинами. Долгое время двигатель этот сохранял характер мелкого двигателя и только к концу 90-х годов, с применением газов доменных печей, двигатели внутреннего сгорания стали обслуживать крупную промышленность. Двигатель Дизеля, появившийся в конце 90-х годов, прошел ту же эволюцию, но только гораздо быстрее. Настоящее развитие двигателя Дизеля, как и паровых турбин, относится уже к XX в. История развития двигателей Дизеля, паровых турбин и паровых котлов составляет содержание глав, посвященных XX в. В указанных главах могли быть отмечены только основные тенденции в развитии соответствующих областей теплотехники, так как материал по этим отделам слишком обширен и изложение его дается в специальных сочинениях.

Таково вкратце содержание книги. Являясь одним из первых опытов на русском языке исторического обзора крупной области техники, книга эта, несомненно, включает ряд недостатков, относящихся как к существу излагаемого материала, так и к методологии исследования. Выяснение этих недостатков (желательное и полезное для автора настоящей книги) может принести и общую пользу, содействуя созданию общих норм для разработки сочинений по истории техники.

Рукопись настоящей книги была тщательно просмотрена П. П. Забалинским, внесшим в нее ряд чрезвычайно ценных исправлений и дополнений. Большое содействие в наведении литературных справок и собирании материалов для книги оказали также и другие сотрудники Института истории науки и техники, а также библиотекари Ленинградского индустриального института Л. А. Матвеева, Е. С. Мальметрем и М. Т. Ренне. Всем этим лицам я позволяю себе выразить здесь свою благодарность.

Проф. А. Радциг

ПЕРВЫЙ ПЕРИОД

**ПРОБЛЕМА ТЕПЛОТЕХНИКИ
В XVII И XVIII СТОЛЕТИЯХ**

Г л а в а I

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В XVII И НАЧАЛЕ XVIII СТОЛЕТИЙ

Текстильная промышленность в Англии в XVII веке

Чтобы понять ход развития паровой машины в XVII и в начале XVIII вв., необходимо познакомиться с общим состоянием техники в этом периоде в областях, которые были связаны с позднейшими проблемами теплотехники. При этом можно преимущественно говорить об Англии, так как изобретения XVII и XVIII вв. в области паротехники сделаны были главным образом в Англии и связаны с нуждами промышленности в этой стране.

Крупную роль в хозяйственной жизни Англии в XVII в. играла шерстяная промышленность; благодаря хорошим пастбищам и развитию овцеводства, Англия с давних времен была страной, производящей большое количество шерстяных тканей, которые не только удовлетворяли потребности внутри страны, но и являлись важнейшим предметом вывоза. До половины XVIII столетия эта промышленность представляла собой главную промышленность Англии. Однако, производство шерстяных материй, крупное по общему количеству вырабатываемых товаров, было распределено среди большого числа мелких кустарей и носило в общем характер ручного домашнего производства. Только некоторые операции, например, валяние и ворсование сукна, делались на механизированных предприятиях: для этой цели служили небольшие водяные мельницы, куда окрестные ткачи возили куски своего сукна. Элементы капитализма проникали в шерстяную промышленность прежде всего в лице скупщиков сукна, производимого на дому. Позже эти скупщики, наряду с продолжением операций по скупке сукна, начинают основывать собственные небольшие мастерские с 10—12 станками (вместо 3—4 у кустаря-производителя).

Производство хлопчатобумажных тканей (сыгравшее крупную и даже решающую роль в промышленном перевороте в Англии во второй половине XVIII в.) в XVII в. было только в зародыше: в Англию ввозились готовые хлопчатобумажные материи из Индии. Небольшое количество импортного хлопка около середины XVII столетия начали перерабатывать в Англии тоже кустарным образом. Но производство это

в рассматриваемую эпоху не приобрело большого значения и вызывало сильное неудовольствие со стороны ремесленников и предпринимателей, занятых в шерстяной промышленности. Последние добились в 1700 г. в парламенте акта, запрещающего ввоз хлопчатобумажных изделий из Индии, Персии и Китая, а в 1719 г. — полного запрещения продавать или покупать эти ткани, носить или хранить их у себя.

Таким образом, вся текстильная промышленность вообще в XVII в. стояла на невысоком уровне техники и не предъявляла каких-либо особых требований к получению двигательной силы, вполне обходясь силой животных и воды.

Машины для получения силы от движения животных были к тому времени хорошо разработаны. Они описаны, например, в известном сочинении Леупольда, вышедшем в начале XVIII в.¹ Применялись они, конечно, не только в текстильной, но и в других отраслях промышленности, тоже не носивших характера крупного производства.

Железоделательная и каменноугольная промышленность

Другой отраслью промышленности, тоже сыгравшей большую роль в позднейшем развитии паротехники, была металлургия (особенно металлургия железа) и, вообще, горное дело.

Добывание чугуна из руд в небольших доменных печах и переработка его в ковкое железо и сталь при помощи кричного способа, а также изготовление металлических изделий, с древних времен были распространены в Англии.

При этом самая добыча руд производилась во многих ее районах.

Для всех металлургических операций применялся древесный уголь, и это повлекло за собой крайне быстрое уничтожение лесов. Но леса составляли крупную часть национального богатства Англии, так как были необходимы прежде всего как источник основного материала для судостроения — судового леса. Поэтому уже в начале XVII столетия начинаются нападки на железнделательную промышленность как вредную для интересов судостроения. Действительно, при тогдашнем состоянии металлургической техники, потребность в дровах была чрезвычайно велика: для получения одной тонны железа в брусках необходимо было сжечь около 40 м³ дров, для выделки же одной тонны полосового железа нужно было 70 м³ дров. Операции, требовавшие затраты механической энергии (ковка и раздувание мехов), производились обыкновенно посредством водяных колес или (для горнов малых размеров) лошадиных приводов. Истребление лесов шло так быстро, что вызвало ряд правительственных мер для ограничения производства железа. Под влиянием этих обстоятельств, к концу XVII столетия добыча железа в Англии стала сильнейшим образом сокращаться. Железо приходилось ввозить из-за границы (из Швеции, Испании и Германии, а позже — из России). Необходимость ввоза этого важного

¹ Leupold. Theatrum Machinarum, стр. 266 и след. Leipzig, 1724 г. Они описаны также в более ранних сочинениях по гидравлическим двигателям, о которых мы говорим дальше.

материала из-за границы вызывала большие опасения и с точки зрения государственной обороны; затруднения с получением железа обусловили также большие трудности в металлообрабатывающей промышленности (которая достигла высокого развития в Шеффилде, Бирмингеме и других городах). Острая потребность в железе вызвала деятельность ряда изобретателей, предлагавших прежде всего замену в доменном производстве древесного угля каменным.

Каменный уголь добывался в Англии тоже с давнего времени. Сведения о нем встречаются еще в англо-саксонской хронике 832 г. Но в течение многих веков он применялся почти исключительно для отопления домов и для некоторых промышленных операций (на стеклянных и кирпичных заводах, в пивоваренных, винокуренных и т. п. предприятиях). Каменный уголь применялся также при обработке металлов, но только при ковке. Применение же каменного угля в доменном процессе вызывало большие технические затруднения: серные соединения, находящиеся в каменном угле, переходили в железо и чрезвычайно ухудшали его качество; были и другие затруднения для применения каменного угля при добывании железа, например, свойство каменного угля спекаться. Поэтому только острота положения с добычей железа из руд вызвала ряд предложений о применении каменного угля для этой цели, которые тянутся через все XVII столетие; мы встречаем ряд попыток в этом направлении: Симона Стертеванта (1612 г.), Дода Доддея, первые опыты которого были сделаны в 1619 г.; всю позднейшую долгую жизнь, полную политической борьбы,¹ он в значительной степени посвятил осуществлению своего изобретения. Но, отчасти в связи с неуспехом в политической деятельности, отчасти вследствие недостаточной разработки его изобретения, предложения Доддея успеха не имели. Подробностей о техническом выполнении предложенного Доддеем процесса выплавки чугуна из железной руды при помощи каменного угля до нас не дошло; повидимому, он применял не просто каменный уголь, а сначала перерабатывал его в кокс.

Последняя в XVII в. попытка применения каменного угля к получению железа принадлежит немцу Блауенштейну (по-английски Блустон), построившему для этой цели в 1667 г. специальную доменную печь; он применял не кокс, а каменный уголь, и это повлекло за собой неудачу его способа. На этом кончились попытки XVII в. над применением каменного угля к выплавке чугуна из руд. Они не привели к увеличению спроса на каменный уголь и на железо. Копи железные были неглубоки и немногочисленны, угольные копи — тоже (до 15 фут. — 4,5 м) и только в медных копиях в Корнваллесе глубина была значительно больше (доходила до 400 фут.). При этих условиях металлургическая промышленность предъявляла спрос только на насосы для откачивания воды, преимущественно с небольшой глубиной.

¹ В эпоху Кромвеля он был сторонником Карла I и принимал деятельное участие в гражданской войне, поведшей к гибели этого короля. История жизни Доддея и его участия в борьбе за короля подробно рассказана у Смайльса в «Биографии промышленных деятелей», гл. III, СПб., 1903.

Гидравлические сооружения

Третьей областью, создавшей спрос на машинное оборудование, была гидравлика вообще и в частности — водоподъемные сооружения разного рода. Эта отрасль техники была притом развита не только в Англии, но и во Франции, в Италии и в Германии. Первые крупные гидротехнические сооружения получили развитие именно в Италии в XVI в.

Во Франции постройка каналов особенно развивалась в царствование Людовика XIV; так, при Кольбере итальянским инженером Андреоси был составлен и частью осуществлен широкий план развития и расширения системы каналов во Франции: Лангедокский канал должен был соединить Атлантический океан с Средиземным морем, кроме того предполагалось расширение и углубление Сены, с одной стороны, для связи Парижа с океаном через Гавр, с другой стороны, Париж через Марну и систему каналов связывался с Рейном и Шельдой. Кроме каналов во Франции строились огромные водопроводные сооружения, из которых самое знаменитое — водоподъемная станция в Марли, построенная для снабжения водой версальских фонтанов. Эта установка является совершенно исключительной по тогдашнему масштабу, и она очень характерна как иллюстрация состояния тогдашней техники гидравлических двигателей и водяных насосов. Эта установка вызывала справедливое удивление современников и, вместе с прочими «чудесами» Версаля, имела целью вызвать именно впечатление несравненного могущества французского короля. Устройство это, построенное около 1682 г. под руководством «кавалера» Арнольда де-Вилля (de Villes), а фактически исполненное мастером из Льсжа Реннекеном Салемом (Rennequin Salem, 1645—1708), должно было подавать воду из Сены на высоту 162 м над уровнем реки, а оттуда направлять в громадные резервуары Марли и Лувсекенна, находящиеся на 37 м над уровнем Версаля.¹

Количество подаваемой воды менялось с годами и сильно упало с ухудшением состояния установки в XVIII в. Для первых лет работы установки (1685—1718 гг.) можно принять средний расход в 3 200 м³ в сутки; максимальный расход мог доходить до 5 000 м³ в сутки. Длина линии подачи составляла около 1 300 м. Насосы располагались в 3 ряда, один над другим. Теоретическая мощность установки при максимальном расходе будет

$$\frac{5000 \cdot 1000 \cdot 162}{24 \cdot 3600 \cdot 75} = 125 \text{ л. с.}$$

Для получения этой, по современному масштабу, ничтожной мощности понадобилась установка в Сене 14 нижне-подливных колес, каждое по 12 м в диаметре. Эти 14 колес приводили в действие непосредственно

¹ Описание устройства Марли имеются во многих сочинениях XVII в. (у Леупольда, Белидора), но особенно подробное описание дано в статьях Л. А. Барбе (L. A. Barbet) *Eaux de Versailles* (*Revue de mécanique*, январь, март, май, июнь, сентябрь, октябрь 1906 г.). В этой статье изложена и вся дальнейшая история переустройства версальского водоснабжения до новейшего времени.