

довольно мощные электромагниты, способные поднимать большие грузы. Так, например, электромагнит американского физика Генри, сконструированный им в 1832 г., имел подъемную силу, равную двум тоннам. Во-вторых, это открытие термоэлектричества, которое было сделано немецким физиком Зеебеком в 1821 г..

ГЛАВА XI

ИСТОРИЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ

§ 44. ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОНЯТИЯ РАБОТЫ

Понятие работы возникает первоначально в технике как характеристика работоспособности водоподъемных машин, а затем проникает и в механику. Уже в XVIII в. в качестве такой оценки применяют величину, равную количеству воды, которая поднимается на определенную высоту за определенный промежуток времени. Так, например, в руководстве по горному делу Шлаттера, вышедшем в России в 1760 г., используется понятие мощности. Описав водоподъемную паровую машину Ньюкомена, автор пишет:

«Когда оная машина исправно учреждена, то каждый час вышиной на сорок шесть сажен пятьсот восемьдесят ведер воды поднимает»¹⁾.

О работе как о величине, характеризующей действие машины, говорится в механике Котельникова, опубликованной в России в 1774 г. Автор пишет:

«Действие махины, или действующия посредством ея силы, равно тягости, умноженной на перейденный ею путь»²⁾.

В 1783 г. французский инженер, ученый и видный деятель французской революции Лазарь Карно издал сочинение «Опыт о машинах вообще», в котором было введено понятие работы (*Moment d'activité*).

«Если сила P — писал Карно, — движется со скоростью u , и угол, образованный u и P будет ξ то величина $P \cos \xi dt$ где dt — элемент времени, будет названа моментом деятельности (*moment d'activité*) произведенным силой P в течение времени dt »³⁾.

В последующей работе «Основные принципы равновесия и движения» (1803) Карно называет этой величиной просто произведе-

¹⁾ Шлаттер П. Обстоятельное наставление рудному делу. СПб., 1760, с. 168.

²⁾ Котельников С. Книга, содержащая в себе учения о равновесии и движении тел. СПб., 1774, с. 10.

³⁾ Сагпорт L. Essai sur les machines en général, nouvelle édition, a Dijon, 1786, p. 65.

ние силы на путь и на косинус угла между ними¹⁾. Карно показал, что введенная им величина связана с «живой силой» тела так, что изменение последней равно совершенной работе. Эта величина, считал Карно, является очень важной в теории машин и механизмов:

«...величина, которую я назвал моментом деятельности, играет большую роль в теории движущихся машин; эта та величина, которую максимально берегут, чтобы извлечь из действующей силы весь эффект, на который она способна»²⁾.

Карно исследовал также вопрос о потере «живой силы» при передаче энергии в механизмах. Он установил, что это имеет место при трении или ударе. Карно доказал теорему о потере «живой силы» при неупругом ударе, известную в механике как теорема Карно. Из этой теоремы следует, что нужно избегать конструкций, в которых изменение скорости деталей при передаче движения происходит скачком.

Понятие работы начинают употреблять все чаще и чаще, появляется и сам термин «работа». Этот термин уже используют французский ученый Понссле, затем Кориолис. Теорема «живых сил» формулируется как теорема, утверждающая, что изменение «живой силы» равно совершенной работе. Понятие работы и соответствующая теорема «живых сил» проникают и в труды по теоретической механике, однако они рассматриваются как предметы прикладной механики. Так, например, в лекциях немецкого математика К. Якоби по теоретической механике, прочитанных им в 1842—1843 гг., хотя и упоминается об этой теореме, но автор относит ее к машиноведению. Он пишет:

«Происхождение выражения «живая сила» объясняется тем значением, которое этот принцип имеет в машиноведении, основой которого он стал со времени Карно. В этой дисциплине установлено, что половина живой силы, т. е. $\frac{1}{2}(\sum m_i v_i^2)$, равна работе машин или, как выражаются в этих практических вещах, $\frac{1}{2}(\sum m_i v_i^2)$, есть то, что оплачивается в машине»³⁾.

Таким образом, к началу 40-х годов XIX в. в механике сложилось понятие работы, правда, нужно отметить, что термин «работа» еще не получил всеобщего распространения; наряду с ним использовали термин «механический эффект» и т. п. Понятие работы получило распространение пока еще главным образом в рамках прикладной механики. В аналитической механике это понятие употребляли редко.

Следует отметить, что с установлением понятия работы получает конкретное выражение в рамках механики и общий принцип невозможности вечного двигателя, принцип, который уже давно признавали большинство ученых. Однако хотя многие ученые рассматри-

¹⁾ Carnot L. Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement. Paris, 1803, p. 38—39.

²⁾ Там же, p. 257.

³⁾ Якоби К. Лекции по динамике. Л.—М., ОНТИ, 1936, с. 20.



Сади Карно

вали этот принцип как всеобщий, тем не менее его конкретный смысл и характер применимости к немеханическим процессам оставался пока еще не вполне ясным и требовал анализа и изучения.

§ 45. НАЧАЛО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ТЕПЛОТЫ И РАБОТЫ

Все более и более широкое применение парового двигателя делает актуальным исследование процессов превращений теплоты в работу. Впервые изучением этого вопроса занялся французский инженер Сади Карно (1793—1832), сын Лазаря Карно, о работах которого упоминалось выше. В 1824 г. он опубликовал работу «Размышление о движущей силе огня» в которой изложил свои исследования по данному вопросу.

Он отмечал, что паровые машины получают все большее и большее распространение и «по-видимому, им суждено сделать большой переворот в цивилизованном мире»¹⁾. В связи с этим, полагает он, возникла необходимость создания теории этих машин. Первым эта теория должна решить вопрос о том, «ограничена или бесконечна движущая сила тепла, существует ли определенная граница для возможных улучшений, граница, которую природа вещей мешает перешагнуть каким бы то ни было способом, — или, напротив, возможны безграничные улучшения?»²⁾.

С. Карно, как и большинство его современников, придерживался в период написания данной работы теории теплорода. Поэтому и к анализу работы паровой и вообще тепловой машины он подходит с позиции этой теории.

Карно полагает, что для работы тепловой машины необходимы нагреватель и холодильник и что при ее работе происходит переход теплорода от нагревателя к холодильнику. При этом от нагревателя теплород берется при высокой температуре, а передается холодильнику при более низкой. При этом общее количество теплорода сохраняется. Он даже специально пишет:

¹⁾ Карно С. Размышление о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу. — В кн.: Второе начало термодинамики. М. — Л., Гостехиздат, 1934, с. 17.

²⁾ Там же, с. 19.