Реферат на тему:

"Фундаментальные исследования и научно-технический прогресс (на примере исследований Н.Л.С. Карно)"

СПбГПУ

Свинарев Ф.Б.

группа 1103/1

Оглавление

1. Биография

2. Вклад в развитие науки

3. Практическая польза и применение его достижений в жизни человека

4. Значение фундаментальных исследований в жизни человека

Литература

## 1. Биография

КАРНО, Никола Леонар Сади (Carnot, Nicolas-Léonard Sadi) (01.06.1796, Париж, - 24.08.1832, там же), французский физик и инженер, один из основателей термодинамики. Родился 1 июня 1796 в Париже в семье известного политического деятеля и ученого Л.Н. Карно. Получил прекрасное домашнее воспитание и образование, затем учился в лицее Карла Великого и в Политехнической школе в Париже. По ее окончании в 1814 был направлен в Инженерную школу в Метце. В 1816 получил назначение в инженерные войска и в течение нескольких лет выполнял обязанности военного инженера. Принял участие в конкурсе на замещение вакантной должности в штабе корпуса в Париже. Выиграв конкурс, переехал в столицу. Продолжал учиться, посещал лекции в Сорбонне, Коллеж де Франс, Консерватории искусств и ремесел. В Консерватории Карно познакомился с физиком Н. Клеманом, который занимался исследованием свойств газов. Общение с Клеманом пробудило у Карно интерес к проблемам совершенствования паровых машин. В 1824 он опубликовал сочинение "Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу (Réflexiones sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développe cette puissance)". В ней он ввел в научный обиход множество понятий, использующихся в термодинамике и сейчас: идеальной тепловой машины, идеального цикла, обратимости процесса и т.д. Однако главной заслугой ученого стало выдвижение идей о необходимости перепада температур для создания цикличности действующей тепловой машины и о том, что величина работы определяется только разностью температур нагревателя и холодильника и не зависит от природы рабочего тела, т.е. вещества, работающего в тепловой машине (теорема Карно). Пришел к понятию механического эквивалента теплоты и сформулировал в общем виде закон сохранения энергии. В своих рассуждениях Карно придерживался теории теплорода, однако в дальнейшем, как явствует из его записок, изданных посмертно, он от неё отказался, признав взаимопревращаемость теплоты и механической работы. В 1828 году оставил военную службу. В июне 1832 г. Карно заболел скарлатиной, осложнившейся воспалением мозга, но довольно быстро поправился. В августе того же года он заболел снова, на сей раз холерой, свирепствовавшей в Париже. Некрепкий от природы организм, ослабленный к тому же недавно перенесенным недугом, не выдержал.24 августа 1832 г. в возрасте 36 лет Карно скончался. Болезнь была заразной, и все его вещи и бумаги, которые находились дома, пришлось, по действовавшим тогда предписаниям, сжечь. К счастью, сохранились кое-какие записи, которые вместе с "Размышлениями" и составляют научное наследие выдающегося ученого. С. Карно разделил печальную участь многих исследователей: его работа не была по достоинству оценена при жизни. Достаточно сказать, что видный ученый и популяризатор науки Д.Ф. Араго (1786-1853), перечисляя в своей статье "О старой Политехнический школе" десятки имен известных инженеров, окончивших это заведение, ни словом не обмолвился об авторе "Размышлений". Единственная опубликованная работа Карно была оценена лишь десять лет спустя, когда Б. Клапейрон, повторив рассуждения Карно, изложил ее в математическом виде и ввел графический метод описания цикла Карно. Благодаря этому представления Карно стали известны другим ученым и послужили основой развития классической термодинамики в трудах У. Томсона (Кельвина), Р. Клаузиуса и др.

## 2. Вклад в развитие науки

12 июня 1824 г. в Париже вышла в свет первая и единственная работа 28-летнего военного инженера Сади Карно "Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу (Réflexiones sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développe cette puissance)" - небольшой трактат, объемом всего около четырех печатных листов. Идеи, изложенные в этом сочинении, переросли впоследствии в один из важнейших разделов современной физики и оказали огромное влияние на развитие не только науки и техники, но в определенной мере и философии. В литературе имя С. Карно упоминается столь же часто, как и И. Ньютона, с основами его теории знакомятся еще на школьной скамье. В своем трактате он ввел в научный обиход множество понятий, использующихся в термодинамике и сейчас: идеальной тепловой машины, идеального цикла, обратимости процесса и т.д. Однако главной заслугой ученого стало выдвижение идей о необходимости перепада температур для создания цикличности действующей тепловой машины и о том, что величина работы определяется только разностью температур нагревателя и холодильника и не зависит от природы рабочего тела, т.е. вещества, работающего в тепловой машине (теорема Карно). Пришел к понятию механического эквивалента теплоты и сформулировал в общем виде закон сохранения энергии. В своих рассуждениях Карно придерживался теории теплорода, однако в дальнейшем, как явствует из его записок, изданных посмертно, он от неё отказался, признав взаимопревращаемость теплоты и механической работы. Единственная опубликованная работа Карно была оценена лишь десять лет спустя, когда Б. Клапейрон, повторив рассуждения Карно, изложил ее в математическом виде и ввел графический метод описания цикла Карно. Благодаря этому представления Карно стали известны другим ученым и послужили основой развития классической термодинамики в трудах У. Томсона (Кельвина), Р. Клаузиуса и др.

Идеальных машин в реальной жизни не существует, это всего лишь мысленный конструкт. Каждая из таких гипотетических машин, среди которых двигатель Карно занимает немаловажное место, иллюстрирует какое-нибудь важное теоретическое заключение. Двигатель Карно, лежащий в основе работы идеального теплового двигателя, был придуман французским инженером Сади Карно за двадцать лет до того, как были сформулированы основы термодинамики, однако он иллюстрирует важное следствие из второго начала термодинамики.

Рабочую часть двигателя Карно можно представить себе в виде поршня в заполненном газом цилиндре. Поскольку двигатель Карно - машина чисто теоретическая, то есть идеальная, силы трения между поршнем и цилиндром и тепловые потери считаются равными нулю. Поршень может свободно перемещаться между двумя тепловыми резервуарами - с высокой температурой и с низкой температурой. (Для удобства представим, что горячий тепловой резервуар нагревается посредством сжигания смеси бензина с воздухом, а холодный - остужается водой или воздухом комнатной температуры) В этой тепловой машине происходит следующий идеальный четырехфазный цикл:

1. Сначала цилиндр вступает в контакт с горячим резервуаром, и идеальный газ расширяется при постоянной температуре. На этой фазе газ получает от горячего резервуара некое количество тепла.

2. Затем цилиндр окружается идеальной теплоизоляцией, за счет чего количество тепла, имеющееся у газа, сохраняется, и газ продолжает расширяться, пока его температура не упадет до температуры холодного теплового резервуара.

3. На третьей фазе теплоизоляция снимается, и газ в цилиндре, будучи в контакте с холодным резервуаром, сжимается, отдавая при этом часть тепла холодному резервуару.

4. Когда сжатие достигает определенной точки, цилиндр снова окружается теплоизоляцией, и газ сжимается за счет поднятия поршня до тех пор, пока его температура не сравняется с температурой горячего резервуара. После этого теплоизоляция удаляется и цикл повторяется вновь с первой фазы.

Двигатель Карно имеет много общего с реальными двигателями: он работает по замкнутому циклу (который называется, соответственно, циклом Карно); он получает энергию извне благодаря высокотемпературному процессу (например, при сжигании топлива); часть энергии рассеивается в окружающую среду. При этом производится определенная работа (в случае двигателя Карно - за счет поступательного движения поршня). КПД, или эффективность двигателя Карно определяется как отношение работы, которую он производит, к энергии (в форме тепла), отнятой у горячего резервуара. Нетрудно доказать, что эффективность (E) выражается формулой:

E = 1 - (Tc/Th),

где Тc и Тh - соответственно температура холодного и горячего резервуаров (в кельвинах). Очевидно, что эффективность двигателя Карно меньше 1 (или 100%).

Интересно заметить, что в своей работе Карно основывался на умозрительных (более того, неправильных) заключениях по аналогии. С. Карно воспользовался относящимися к анализу работы машин выводами своего отца Л. Карно, исследуя работу тепловых машин по аналогии с работой водяного двигателя. Л. Карно в сочинении "Опыт о машинах вообще" (1783 г) и в более поздней работе "Основные принципы равновесия и движения" (1803 г), введя понятие работы, исследовал вопрос о том, каково должно быть устройство машины, чтобы при передаче энергии ее частями потеря этой энергии была бы наименьшей. Он установил, что потеря энергии (мы употребляем современную терминологию) при работе машины происходит либо от трения, либо от удара. Для последнего случая Л. Карно доказал теорему о потере живой силы при неупругом ударе, известную в механике под названием теоремы Карно 5. Из этой теоремы следовало, что при конструировании машин нужно добиваться такого положения, чтобы передача движения от одной детали машины к другой происходила "плавно" при равенстве скоростей касаемых частей деталей, т.е. чтобы передача движений осуществлялась без скачка в скоростях.

В водяном двигателе вода, падая с более высокого уровня на более низкий, производит работу. В тепловых машинах, рассуждал Карно по аналогии, теплород "падает" от температуры нагревателя до температуры холодильника, также производя работу. Таким образом, Карно проводил аналогию между массой воды и количеством тепла, с одной стороны, и высотой падения воды и разностью температур - с другой. "Можно с достаточным основанием сравнить движущую силу тепла, - писал Карно, - с силой падающей воды... Движущая сила падающей воды зависит от высоты падения и количества воды, движущая сила тепла также зависит от количества употребленного теплорода и зависит от того, что можно назвать, и мы на самом деле и будем называть высотой его падения, т.е. разностью температур тел, между которыми происходит обмен теплорода". В обычной машине, чтобы получить от нее максимум полезной работы, нужно по возможности исключить трение. Аналогией этому условию в тепловой машине является, очевидно, условие, чтобы все процессы протекали обратимым путем. Рассматривая теперь любую другую тепловую машину с другим рабочим веществом, по также работающую по обратимому циклу, Карно мог легко доказать, что ее "движущая сила" должна быть равна "движущей силе" машины Карно, работающей при тех же температурах нагревателя и холодильника. Для этого ему нужно было соединить эти две обратимых машины и заставить одну работать в прямом направлении, а другую в обратном. В результате одного цикла мы получили бы, что рабочее вещество пришло в первоначальное состояние, теплород, взятый у нагревателя и переданный холодильнику, вернулся бы обратно к нагревателю. И если держаться мнения о невозможности вечного двигателя, то нужно принять, что никакой внешней работы не могло быть произведено, т.е. что "движущая сила тепла не зависит от агентов, взятых для ее развития', ее количество исключительно определяется температурами тел, между которыми в конечном счете производится перенос теплорода"

## 3. Практическая польза и применение его достижений в жизни человека

Великое прозрение Карно состоит в том, что он показал, что ни один тепловой двигатель, работающий при двух заданных температурах, не может быть эффективнее идеального двигателя Карно (это утверждение называют теоремой Карно). В противном случае мы столкнулись бы с нарушением второго начала термодинамики, поскольку такой двигатель отбирал бы тепло от менее нагретого резервуара и передавал бы его более нагретому. (На самом деле, второе начало термодинамики является следствием теоремы Карно) Таким образом, полученное Карно соотношение устанавливает предел эффективности реальных двигателей, работающих в реальном мире. К нему можно приблизиться, но достичь и, тем более превзойти его инженеры не смогут. Так что, чисто гипотетический двигатель Карно играет немаловажную роль в мире реальной, шумной и пахнущей разогретым машинным маслом техники, и это еще один пример прикладного значения чисто теоретических, на первый взгляд, изысканий.

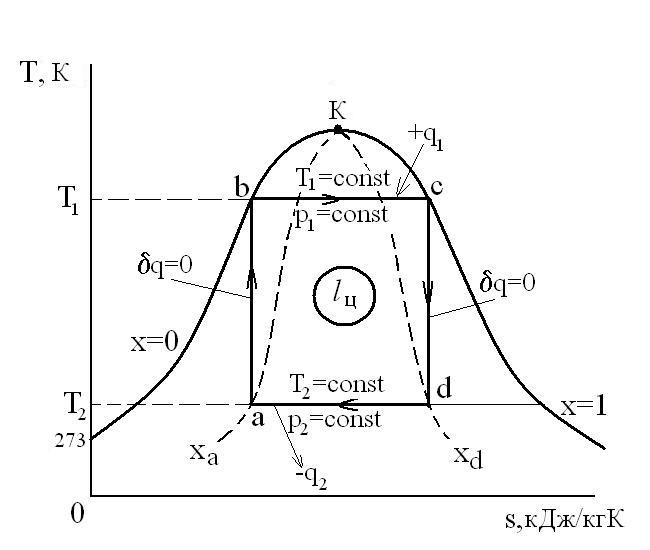
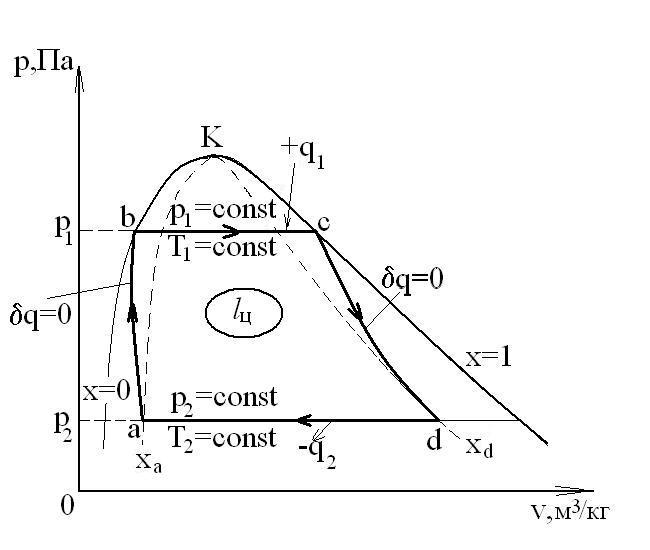
*Цикл Карно в паросиловой установке*

Цикл Карно для насыщенного пара обладает наибольшим термическим кпд и большой результирующей работой (lцк), который равен:

.



Изобразим цикл Карно для насыщенного влажного пара в "p-v" "T-s" координатах:



где ab - адиабатное сжатие в компрессоре; bc -подвод теплоты q1 при Т1=const и р1=const; cd - адиабатное расширение пара на турбине; da -конденсация пара при Т2=const и р2=const (отвод теплота q2).

Недостатками цикла Карно для влажного пара являются следующие недостатки:

В т. d влажный пар имеет большое содержание воды, что приводит к износу лопаток турбины.

Конденсация пара осуществляется не полностью и в т. a влажный пар содержит большое количество сухого насыщенного пара, что требует больших затрат работы на его сжатие в компрессоре и сводит к нулю положительные стороны цикла Карно.

Поэтому практическое применение цикла Карно в паросиловых установках нецелесообразно так же, как и в энергодвигательных установках с идеальным газом, когда результирующая работа цикла весьма мала при приемлемых размерах цилиндров.

## 4. Значение фундаментальных исследований в жизни человека

Огромная значимость научно-технического прогресса (НТП) для экономического роста и для воспроизводства в целом делает вполне естественным глубокий интерес, проявляющийся ко всему, что способно и ускорить, и сделать более продуктивным научный поиск.

Сегодня успех прикладных исследований и разработок в значительно большей степени, чем прежде, становится достижимым, лишь когда под них подведена прочная база фундаментальных знаний. Современный НТП характеризуется использованием в экономике практических результатов научно - технической деятельности, в частности, достижений радиоэлектроники, робототехники, волоконной оптики, компьютерных устройств и технологий и т.п.

Наконец, третью из главных черт нынешнего периода усматривают в постепенном становлении нового научного мышления, в возрастающем признании главной целью развития науки заботы о самом существовании человеческой цивилизации.

Глубокое постижение этой роли науки, зрелость и органическое восприятие подобной ее оценки побуждают выделять для целей научного развития все возрастающие объемы людских, финансовых, материально - технических ресурсов и, вместе с тем, порождает стремление добиваться, чтобы производимые затраты порождали наибольший эффект.

Но что имеют в виду экономисты, когда говорят об эффекте науки, в чем он находит свое выражение, какими величинами его можно измерить? В самом общем виде можно сказать, что научно - исследовательские усилия эффективны тогда, когда они обеспечивают экономический рост, расширение совокупного общественного продукта на все повышающейся качественной основе, когда они порождают возможность радикального накопления научно - технических знаний, образовательного и культурного потенциала общества. Они результативны, когда позволяют реализовать проблемы преодоления относительной ограниченности ресурсов, т.е. реализовать закон возвышения потребностей и дают простор для осуществления конкурентоспособности конечной продукции.

Подобные обобщенные суждения об эффективности науки, безусловно, не лишены известной ценности. Они необходимы для широкомасштабных оценок общих итогов научной деятельности. Однако они не позволяют определить меру ее эффективности, решить проблему, которая составляет предмет неугасающего интереса как специалистов в области экономической теории, так и экономической практики. В настоящее время на острие дискуссии ставится вопрос о том, возможно ли в принципе дать эффективности науки количественное выражение, о том, применимо ли в данном случае традиционное сопоставление затрат и результатов и, если да, то относится ли это ко всему комплексу научной деятельности или только к отдельным частям ее.

Обобщая различные суждения, можно установить наличие достаточного единогласия в том, что, когда речь идет о сфере науки в целом, т.е. об агрегате, охватывающем как фундаментальные и прикладные исследования, так и разработки, нахождение меры эффективности путем сопоставления затрат и результатов сейчас, как и раньше, остается за пределами возможного.

Известный американский экономист, лауреат Нобелевской премии В.В. Леонтьев еще в 1976 году указывал на отсутствие сколько - нибудь приемлемой теории рентабельности научных исследований в целом, что пока все еще не найден бесспорный измеритель для определения уровня, а значит и прироста научно - технического прогресса на макроэкономическом уровне, а выгоды, получаемые обществом в результате научных исследований, вообще не поддаются количественной оценке. Эти положения полностью сохраняют свою силу и в настоящее время.

Найти единый, обобщающий показатель эффективности науки в целом принципиально невозможно потому, что достижения фундаментальных исследований стоимостной оценке не поддаются. Любой научный труд, всякое открытие есть результат всеобщего труда, они обусловлены частично трудом современников, частично использованием того, что создано предшественниками.

Проходят десятки лет, появляются все новые и новые публикации, авторы которых предлагают различные подходы к определению эффекта от затрат на производство знаний, но убеждение в том, что выразить этот эффект количественно, когда речь идет о фронте науки в целом, не представляется возможным это убеждение сохраняется и укрепляется. Одна из иллюстраций тому - материалы слушаний в комиссии по научной политике Комитета по науке палаты представителей Конгресса США, проведенных в 1996 - 1997 гг. В обсуждениях приняли участие видные американские экономисты, такие как Кендрик, Грилихес, Леонтьев и другие, а также представители государственных организаций, причастных к выделению бюджетных средств на научные цели. Главное внимание концентрировалось на проблеме определения прибыльности государственных инвестиций в науку, но попутно затрагивались и вопросы доходности частных инвестиций. Общее мнение свелось к тому, определение прибыльности затрат на исследовательские работы затруднено в силу ряда обстоятельств: взаимосвязь между фундаментальными исследованиями и нововведениями имеет долгосрочный, непредсказуемый и непрямой характер; появление нововведений зависит не только от результатов научного поиска, но и от многих факторов, лежащих вне процесса познания. Попытки связать фундаментальные исследования напрямую количественно с любыми доходами фирм, по мнению предпринимателей, лишены смысла.

То обстоятельство, что количественное определение эффективности научной деятельности, взятой в совокупности всех ее стадий (фундаментальная наука, прикладные исследования, опытно - конструкторские работы), едва ли достижимо, вовсе не означает, что общество индифферентно к проблемам экономической и социальной эффективности научных изысканий, их перспективности, экологической безопасности и т.д.

Если попытаться обобщить практику выработки суждений о степени эффективности фундаментальных наук, господствующую в развитых странах, то выявится, что заключения формируются с опорой на следующие основные критерии:

характер и глубина прорывов к новым вершинам знаний о природе, обществе, человеке с выходом на такие достижения, которые увеличивают научный потенциал страны, создают возможности коренных преобразований производительных сил, находят мировое и национальное признание (Нобелевские и другие престижные премии);

доведение научных изысканий до стадии, делающей доступным эффективное их применение на практике в сфере экономики в целом;

существенный характер заделов, созданных в сфере фундаментальных наук в интересах обеспечения прогресса научных знаний на перспективу в соответствии с собственной логикой развития науки;

интегрированность науки исследуемой страны в мировую науку, возвышение ее статуса в ряду других стран по характеру научных достижений в различных областях, участие в международном разделении научного труда, приобщение к мировому опыту ведения научных исследований, интернационализация научной деятельности, обмен научно - техническими знаниями и опытом;

престижность науки внутри страны, как фактор, побуждающий общество усиливать внимание к ее развитию, стимулирующий правительство к проведению все более масштабной, глубоко проработанной научно - технической политики, к инициированию разработки и осуществлению новых исследовательских программ в различных областях знаний;

обоснованность выбора основных направлений научной деятельности, в частности, с точки зрения решения таких основополагающих задач, как компьютеризация, электронизация, роботизация, биотехнолизация производства и рыночной инфраструктуры, превращение общества в высокоинформатизированный организм, доступность INTERNET;

фундаментальное исследование проблемы улучшения качества жизни, разработка содержания этого показателя в соответствии с уровнем и характером развития общества на современном этапе;

значение, придаваемое в исследовательской работе проблемам достижения экологического здоровья общества, экологической безопасности самих научных поисков;

степень реализации результатов научной деятельности в экономической практике, в том числе рынком, полезности выполненных работ. Мера отсева работ, не удостоенных общественного признания, отвергнутых рынком, ставших предметом естественного отбора и отсева.

В целом надо, по - прежнему, согласится с мнением, что о продуктивности НИОКР целесообразно всего судить не на основе строго регламентированной системы показателей, а по сопоставительным измерителям, отнюдь необязательно связанными между собой строгими взаимозависимостями и другими измерителями, характеризующими финансовую сторону обеспечения научного поиска:

численность занятых в сфере науки и их структурные характеристики;

количество патентов на открытия и изобретения, баланс внешней торговли патентами и лицензиями, число научных публикаций за отдельные периоды, масштабы их цитирования;

характер прорывов в фундаментальных и прикладных исследованиях и их международное признание путем награждения Нобелевскими и другими межнациональными премиями и т.д.

Это лишь небольшая часть возможных измерителей, в действительности их насчитывается значительно больше, и они далеко не одинаковы по своей сопоставительной значимости.

Итак, возможности судить о мере эффективности научной деятельности ограничены, допустимость экстраполяций господствовавших тенденций при составлении прогнозов на будущее невелика. До сих пор еще никому не удалось установить достаточно убедительную количественную зависимость между инвестициями в науку и экономическим ростом, хотя для достижения этой цели прилагались немалые усилия.

Несмотря на это, оценка косвенных экономических выгод от выполнения программы Европейского космического агентства показала, что при учете затрат на исследовательские работы за период с 1984 по 1997 г. и их эффекта для времени с 1984 по 1992 гг. издержки составили 1390 млн. экю, а косвенные прибыли от них - 4014 млн. экю. При этом на технологические выгоды пришлось 996 млн. экю, а остальная сумма на коммерческие, организационные и кадровые выгоды. Технологические преимущества были реализованы спустя шесть лет после начала исследовательских работ.

В экономической литературе можно отметить наличие и такой точки зрения, что вообще нет надобности конструировать какие - то специальные измерители эффекта от НТП. Судить о нем надо по таким обобщающим показателям, как темпы экономического роста, степень конкурентоспособности продукции данной страны на мировых рынках, динамика торгового баланса государства, доля ученных и инженеров в составе рабочей силы и ее изменения во времени, удельный вес затрат на НИОКР в ВНП и т.д.

Слов нет, для формирования какого - то общего суждения об исследуемом предмете подобный подход может сослужить известную службу. Но он совершенно бесплоден, когда решается задача сопоставительного количественного анализа.

Полезными для оценки эффективности научной деятельности могут оказаться библиометрические критерии, такие как частота цитирования научных работ другими авторами, количество опубликованных книг, журнальных статей, других материалов по научной тематике, о чем говорилось выше. На практике отмечается довольно широкое использование библиометрической статистики, и, как полагаем, нет оснований полностью отвергать ее.

Из изложенного видно, что уже практикуются и потенциально могут быть использованы различные подходы к оценке эффективности НТП. Правда, пока они ведут к получению далеко не исчерпывающих результатов. Но и это немаловажно. В целом же перед наукой, как и прежде, продолжает стоять кардинальная задача разработки научного аппарата количественной оценки полезности добываемых знаний.

## Литература

1. Спасский Б.И., Саранов Ц. С.: "К истории открытия теоремы Карно".

2. http://www.jourclub.ru/3/409/2.

3. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. М.: Просвещение, 1982. - 448 с.

4. Радциг А.А., Сади Карно и его "Размышления о движущей силе огня", в кн.: Архив истории науки и техники, в.3, Л., 1934;

5. Большая советская энциклопедия. В 30 тт.

6. La Mer V.С., Some current misinterpretations of N. L. Sadi Carnot"s memoir and cycle, "American Journal of Physics", 1954, v.22, № 1

7. Фрадкин Л.З., Сади Карно. Его жизнь и творчество. К 100-летию со дня смерти.1832-1932 гг., М. - Л., 1932;

8. http://elementy.ru/trefil/21108

9. ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, 1996, том 66, № 6, с.518-529

Список литературы из "К истории открытия теоремы Карно":

1.1 Д. Пой а, Математика и правдоподобные рассуждения, М., ИЛ, 1957, стр.36.

1.2 С. Карно. Размышление о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу, в сб. "Второе начало термодинамики", М. - Л., ОНТИ, 1934, стр. 19.

1.3 L. Саrnоt, Essai sur les machines en general, Paris, 1783.

1.4 L. Garnоt, Principes fondamentaux de l’equilibre et du mouvement, Paris, 1803.

1.5 См., например: Н.Е. Жуковский, Теоретическая механика, 2-е изд., М. - Л., Гостехиздат, 1952.

1.6 И.П. Базаров, Термодинамика, М., Физматгиз, 1961, стр.76-

1.7 G, Zеunеr, Grundlage der mechanischen Warmetheorie, Leipzig, 1868.

1.8 См.: J. Popper, Electrische Kraftubertragung, Wien, 1884; G. H e 1 m, Die Lehre von der Energie, Leipzig, 1887; R. Wronsky, Das Intensitatsgesetz, Frankfurt, 1888; W. Meyerhoffer, Der Energieinhalt, Zs. Phys., 544 (1891).

1.9 E. M а с h, Die Principien der Warmelehre, Wien, 1896;

2. Auflage, Leipzig, 1900.

1.10 E. Mасh, Die Principien der Warmelehre, Leipzig, 1900, стр.331.

1.11 "Макс Планк". Сб. к столетию со дня рождения Макса Планка.М., Изд-во-АН СССР, 1958, стр. 19-20.

1.12 Э. Мах, Познание и заблуждение, М., 1909, стр.232.

1.13 Р. Фейнман Фейнмановские лекции по физике вып.4, гл - 44 - М., "Мир", 1965.

Список литературы на сайте http://www.jourclub.ru/3/409/2:

2.1 Solow R. Technical Change and the Aggregate Production Function || Review of Economics and Statistics 39.1999. P.312.

2.2 Иванова Н. Научные исследования в рыночной экономике. - М.: Экономика, 1998. С.67.

2.3 Глазьев С. Как добиться экономического роста? // Российский экономический журнал. 1999. №7, С.5.

2.4 Фишер П. Промышленный прогресс и прямые иностранные инвестиции // Российский экономический журнал. 1999. №5-6, С.85,87

2.5 Иванова Н. Научные исследования в рыночной экономике. - М.: Экономика. 1998. С.45.

2.6 Н. Грегори Мэнкью. Принципы экономики. - СПб.: ПитерКом. 1999. С.531.

2.7 Онищенко И. Информационная инфраструктура рыночной экономики. - М.: Изд-во института МЭИМО. 1999. С.141