



117296 Москва, Ленинский проспект, 64-А, «Квант»
тел. : [095] 930-56-48
e-mail: bquantum@sovam.com (с пометкой «Квант»).

№ 5 - 1999 г.

Из истории науки

М. Могилевский

***Леонардо да Винчи...
и принцип невозможности
вечного двигателя***

© Квант

*Использование или распространение этого материала
в коммерческих целях
возможно лишь с разрешения редакции*



Образовательный сетевой выпуск
VIVOS VOCO! - ЗОВУ ЖИВЫХ!
<http://www.accessnet.ru/vivovoco>

Рис.1. Различные схемы «вечного колеса»

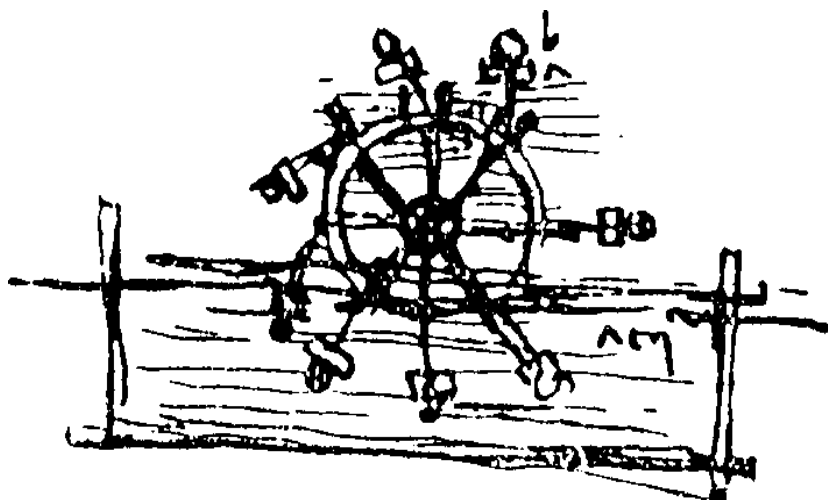


Рис.2. Схема вечного двигателя с дополнительной несимметрией за счет выталкивающей силы

грузами. Леонардо неоднократно бывал в крупнейших университетских центрах Италии – Болонье, Парме, Пизе, Риме, работал в библиотеках, активно общался с коллегами. Не исключено, что он изготавливал и исследовал модели различных известных двигателей. Однако ни один из

них почему-то не работал. *«Препятствия не могут согнуть меня. Любое препятствие вызывает усилие»*, – и Леонардо пошел дальше.

Второй уровень – существенные изменения в схеме колеса. Внутренняя убежденность в возможности разработки конструкции для получения

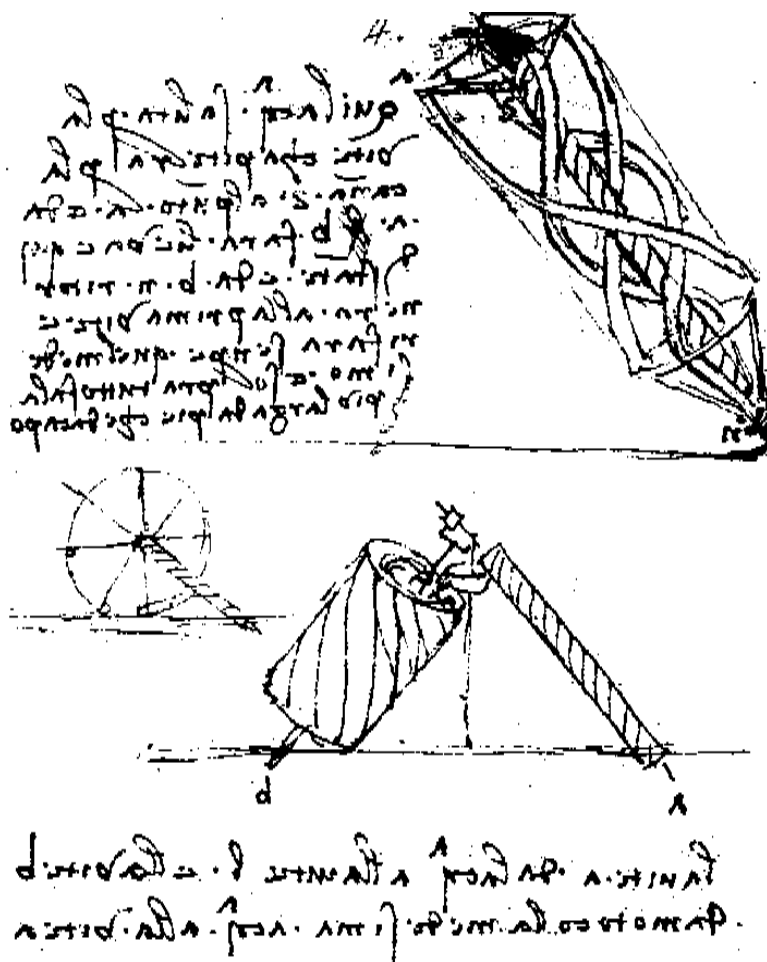


Рис.3. Схемы вечного двигателя на основе винта Архимеда

вечного движения заставила Леонардо да Винчи попытаться добиться положительного результата посредством разумных существенных модификаций известных схем «вечного колеса». «Следы» таких попыток можно найти в его записях, из которых легко понять общую идею – добиться несимметрии вращающего момента с помощью введения дополнительного физического эффекта. Так, в схеме, изображенной на рисунке 2, нижняя часть колеса погружалась в воду, и выталкивающие силы, действующие на полые коробки, должны были бы создать дополнительные усилия, обеспечивающие вращение колеса.

Третий уровень – разработка принципиально новых схем для получения вечного движения. На рисунке 3 показана страница из записной книжки Леонардо, датированной 1487 годом, – здесь предложены модификации вечного двигателя с винтом Архимеда. Предполагалось, что вода будет подниматься первым винтом малого диаметра на некоторую высоту, сливаться в чашу, а затем возвращаться по второму винту (или вращая колесо, как показано на нижней схеме слева) на исходный уровень. Существенной особенностью этих модификаций двигателя является больший радиус возвращающего воду винта (что действительно должно было создать больший вращающий момент, чем на первом колесе, но отнюдь не большую работу за цикл). Комментарий к чертежу – *«вода по винту... возвращается на первый винт и повторяет этот процесс неограниченно долго»* – свидетельствует, что в то время Леонардо не сомневался в возможности осуществления вечного двигателя.

Четвертый уровень – анализ распределения нагрузок в схеме «вечного колеса». Многочисленные неудачи в попытках получения вечного движения, несмотря на различные способы усовершенствования схемы, заставили Леонардо да Винчи остановиться и попытаться найти причину неудач. Трудность решения такой задачи современному читателю станет более ясной, если напомнить, что на рубеже XIV – XV веков еще даже не было таких физических понятий, как работа и энергия. И все же Леонардо смог показать, почему не может работать наиболее популярный вечный двигатель в виде колеса с

несимметричным распределением грузов. В его записных книжках сохранились рисунки, свидетельствующие, что для анализа поведения колеса при повороте Леонардо внимательно изучил, как изменяется причина вращения – несимметрия распределения грузов относительно оси (т.е. вращающий момент) в более простых для анализа системах из небольшого числа грузов для разных вариантов колеса. В таких упрощенных схемах ученый смог заметить, что определяющим является не избыток числа грузов с одной стороны относительно оси, а их расстояние до оси, т.е. положение центра масс.

На рисунке 4 представлен знаменитый чертеж колеса с вычислениями положения центра масс. Здесь показано, что горизонтальная координата центра масс системы грузов совпадает с положением оси (справа от оси центр масс 4 грузов находится на расстоянии 7 интервалов, слева – центр масс 7 грузов на расстоянии 4 интервалов от оси). Следовательно, вместо ожидавшегося *perpetuum mobile* схема представляет собой *perpetuum stabile*.

Пятый уровень – заключение о невозможности вечного двигателя. Итак, Леонардо да Винчи в течение нескольких лет пытался создать непрерывно работающий двигатель, проводя существенные улучшения известных конструкций и изобретая принципиально новые схемы. Затем он детально разобрался во внутренних причинах, запрещающих работу наиболее типичного двигателя в форме колеса с откидывающимися грузами (возможно также и с некоторыми другими схемами с использованием воды). И вот теперь он, не считая более необходимым детально разбираться в причинах, мешающих работе других двигателей, формулирует в жесткой форме заключение о невозможности реализации непрерывного движения в схеме любого типа, т.е. впервые формулирует принцип невозможности создания вечного двигателя:

«Я пришел к выводу о невозможности нахождения непрерывного движения, а также вечного колеса. Поиск конструкции вечного колеса – источника вечного движения – можно назвать одним из наиболее бессмысленных заблуждений человека. В течение веков все, кто имел дело с гидравликой, военными ма-

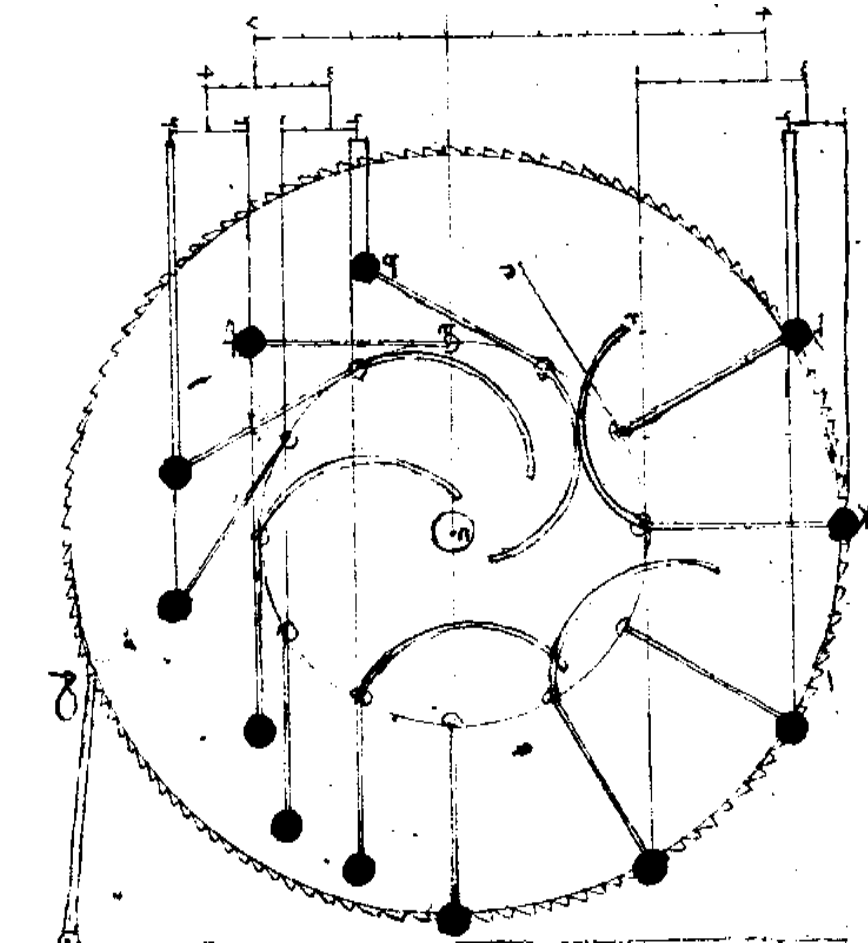


Рис. 4. Расчет положения центра масс колеса с откидывающимися грузами

шинами и прочим, тратили много времени и денег на поиски вечного двигателя. Но со всеми ними случалось то же, что с искателями золота <алхимиками>: всегда находилась какая-либо мелочь, которая мешала успеху. Моя небольшая работа принесет им пользу: им не придется больше спасаться бегством от королей и правителей, не выполнив обещания».

Далее следует довольно пространное упоминание о, по-видимому, хорошо известном в то время скандале, связанном с попыткой построить в Венеции установку, работающую на неподвижной воде. В комментарии по тому же поводу, написанном позднее сбоку мелким почерком, вода названа дословно «спокойной, на уровне моря». В основном тексте и в других местах Леонардо употребляет образный термин «мертвая вода» («*aqua morta*»).

Запись о неработающем двигателе на «мертвой воде» неупомянутой схемы (поскольку теперь уже для Леонардо это не имеет значения) есть

свидетельство его убежденности в общности сделанного вывода.

«Какая-либо мелочь (!)» – этими словами Леонардо да Винчи декларирует, что в любой известной схеме вечного двигателя и в любой схеме, которая может быть предложена в будущем, существуют некоторые внутренние присущие эффекты, накладывающие вето на вечный двигатель. На современном языке физики слова «какая-либо мелочь» могут означать разные виды неучтенных потерь или превращений энергии – таких, как тепловая энергия (нагревание, плавление, испарение), возбуждение механических и электромагнитных волн и т.п. вплоть до излучения нейтрино в ядерных процессах.

Комментарий 1

Как сам Леонардо оценивал значение вывода о невозможности вечного двигателя

Карло Педретти – крупнейший специалист по работам Леонардо да

Винчи – считает, что запись о невозможности построения вечного двигателя, находящаяся в составленном Леонардо Мадридском кодексе¹, датируется 1493 годом. К этому же времени относится заметка из другого сборника, аналогичная по силе утверждения, но с менее общим утверждением об обязательном присутствии эффектов, мешающих успеху:

«Какие бы грузы ни были приложены к колесу, когда они приведут к вращению, вне всякого сомнения центр тяжести окажется ниже оси вращения; и ни в каком инструменте, придуманном человеком для вращения, этот эффект не может быть устранен».

Применял ли Леонардо да Винчи сформулированный им важнейший закон природы – принцип невозможности вечного двигателя – в своих исследованиях? Многочисленные сохранившиеся записи позволяют дать утвердительный ответ:

«Невозможно, чтобы груз, который опускается, мог поднять в течение какого бы то ни было времени другой, ему равный, на ту высоту, с какой он ушел».

«Если колесо движет машину, невозможно ему приводить в движение две, не употребляя вдвое больше времени, то есть сделать столько же в час, сколько делает оно двумя машинами тоже в час. Таким образом, одно колесо может вращать бесконечное число машин, но в течение бесконечно долгого времени они сделают не более, чем одна в час».

Следует отметить также запись Леонардо о создании *работающей модели* вечного двигателя. Вернемся к рисунку 2, на котором показана схема с нижней частью колеса, погруженной в воду. Любопытен комментарий к этому рисунку: *«сделай модель под большим секретом и широко объяви об ее демонстрации»*. В чем же состоит секрет модели? Из последующих пояснений становится ясно, что поскольку *«мертвая вода»* не может заставить машину работать, Леонардо намеревается организовать незаметный поток *«живой воды»* (*«aqua viva»*), который

закрутит колесо. На рисунке показан один из возможных вариантов секретного решения: наличие отверстия в стенке сосуда (справа). Осуществил ли Леонардо да Винчи этот замысел? Видимо, да, поскольку в круг служебных обязанностей Леонардо при княжеском дворе входила организация различных празднеств и развлечений, к тому же это соответствовало бы его репутации талантливого ученого и инженера. Но какова была цель демонстрации? Попытка показать свое всемогущество? Исключено, ему не нужна была мистическая поддержка репутации ученого. Но тогда остается лишь альтернативное объяснение: привлечение внимания к модели работающего вечного двигателя, а затем объяснение секрета и пропаганда крупного научного достижения – вывода о невозможности построения вечного двигателя.

Комментарий 2

Последователи

Из ближайших после Леонардо да Винчи ученых, выступавших против возможности создания вечного двигателя, называют обычно итальянского математика и врача Джероламо Кардано (1516–1576), нидерландского математика и инженера Симона Стевина (1548–1620) и Галилео Галилея (1564–1642). Кардано заявил о невозможности делать часы, которые заводились бы сами собою и сами поднимали бы гири, двигающие механизм. Стевин получил на основании аргумента о невозможности вечного двигателя условие равновесия тел на гладких наклонных плоскостях: тело удерживается в равновесии силой, которая действует в направлении наклонной плоскости и во столько раз меньше его веса, во сколько длина наклонной плоскости больше ее высоты. Галилео заявлял: «Машины не создают силу; они только ее превращают. Кто надеется на противоположное, тот ничего не понимает в механике».

Следует отметить существенное различие между отношением Леонардо да Винчи и его ближайших последователей к обсуждаемой проблеме. Леонардо пытается понять, почему двигатели различных систем не работают, утверждает неотвратимость существования каких-либо

внутренне присущих и мешающих работе эффектов. Кардано, Стевин и Галилей используют принцип невозможности вечного двигателя, уже как твердо установленный закон природы, при анализе частных проблем.

Можно с достаточным основанием говорить о влиянии Леонардо да Винчи по крайней мере в отношении Кардано. Его дядя Фацио Кардано – миланский юрист и естествоиспытатель – был другом Леонардо и, конечно же, был информирован о важнейших результатах ученого. После смерти Леонардо его рукописи по завещанию перешли Франческо Мельци, который в 1523 году вернулся в Милан и посвятил долгие годы (умер Мельци около 1570 г.) систематизации работ учителя и, в частности, подготовил к печати Трактат о живописи. Джероламо Кардано сам мог изучать рукописи Леонардо да Винчи в собрании Мельци, тем более что среди них находились известные трактаты по анатомии и физиологии, представлявшие профессиональный интерес для врача Кардано.

В 1775 году Французская Академия приняла решение не рассматривать предложения вечных двигателей:

«(1) Построение вечного двигателя абсолютно невозможно: (2*) если даже трение и сопротивление среды не уменьшат длительность воздействия действующей силы, она не сможет произвести равный эффект. Причина следующая: если мы хотим получить эффект конечной силы за бесконечное время, эффект должен быть бесконечно мал. Предположим, что тело, которому сообщили движение, при отсутствии трения и сопротивления способно сохранить это движение постоянно; но при этом не идет речь о других телах. Это вечное движение... было бы совершенно бесполезно по отношению к другим объектам, предлагаемым обычно творцами вечного движения... (3*) Такие работы слишком расточительны: они уже разрушили очень много семей. Часты случаи, когда механик, который мог бы занять достойное место, растратил на это свою славу, время и талант».*

Таковы принципы, на которых основано решение Академии: постановляя, что она больше не будет заниматься этими вопросами, Академия

¹ Кодекс (лат. codex) – в Древнем Риме форма книги из скрепленных вместеощенных дощечек или папирусных листов; современная книга сохраняет форму кодекса в виде книжного блока. (Прим. ред.)

заявляет о своем мнении об их бесполезности... (4*) Часто говорят, что, занимаясь химерическими проблемами, люди открывали полезные истины. Такая точка зрения была бы обоснована в те времена, когда метод поиска истины был неизвестен во всех областях. В настоящее время, когда он известен, наиболее верный способ поиска истины — искать ее».

Сравнение этого текста с приведенной выше формулировкой Леонардо принципа невозможности вечного двигателя позволяет отметить поразительную близость между ними по существу и порядку акцентов: сначала дается жесткая формулировка невозможности построения вечного двигателя (1*); затем (2*) — попытка «обоснования» (наличие в любой схеме какой-либо мелочи, т.е. каких-то потерь, — у Леонардо и более ограниченная по существу формулировка Академии, сводящая возможные потери лишь к трению и сопротивлению среды); и наконец, (3*) — тезис о незавидной судьбе изобретателей (не очень обязательный в научном документе) и (4*) — тезис о том, что верный путь поиска истины известен (кажется не очень убедительным).

Такое совпадение едва ли можно считать случайным. Французские академики, несомненно, имели возможность познакомиться с работами Леонардо да Винчи, которые ценились высоко и с начала XVII века уже имелись в крупных и вполне доступных библиотеках. Можно отметить, что через 20 лет после того решения Французской Академии, в 1795 году, когда Наполеон ненадолго стал королем Италии, 12 кодексов Леонардо были вывезены из Милана в Париж и лишь Атлантический кодекс был позднее, в 1815 году, возвращен в Миланскую библиотеку Амброзиана. Что касается Мадридского кодекса, он с начала XVIII века находился в дворцовой библиотеке Испанских королей, затем был утерян в 1830 году, т.е. значительно позже даты заседания Французской Академии, и вновь найден лишь через 135 лет.

По-видимому, именно выпадением из поля зрения ученых Мадридского кодекса, с четкой формулировкой невозможности вечного двигателя, и доступностью лишь кратких заявлений, типа цитированных

выше, объясняется недооценка роли Леонардо да Винчи в обосновании фундаментального закона природы — принципа сохранения энергии.

Комментарий 3

Закон сохранения энергии и его эквивалентность принципу невозможности построения вечного двигателя

Окончательное утверждение закона сохранения энергии в сороковые — семидесятые годы XIX века произошло на основе работ Сади Карно, Роберта Майера, Джеймса Джоуля и Германа Гельмгольца, которые показали связь между различными формами энергии (механической, тепловой, электрической и др.). Закон сохранения энергии формулируется обычно в следующем виде: «Энергия не исчезает и не возникает из ничего. В изолированной системе энергия может переходить из одной формы в другую, но общее количество ее остается постоянным».

Тезис об эквивалентности принципа невозможности вечного двигателя (первого рода) и закона сохранения энергии требует небольшого комментария. Современные учебники представляют, как правило, невозможность вечного двигателя как следствие закона сохранения энергии. Но имеется существенное различие между следствием и эквивалентностью. Да, закон сохранения энергии относится к святыням современной науки, число которых ограничено. Закон сохранения энергии и утверждение Леонардо да Винчи о невозможности построения вечного двигателя не принадлежат к числу обычных законов, полученных из эксперимента, таких, например, как закон Кулона для трения (открытый, кстати, за 30 лет до него Леонардо), закон Ома или закон Бойля — Мариотта. Оба они относятся к разряду *начал*, или *принципов*, т.е. к самым общим законам природы, которые согласуются со всеми имеющимися экспериментальными данными, из которых нет исключений и в которых нет приближенности. Будучи сформулированным на основании ограниченного числа экспериментальных данных, принцип становится эффективным инструментом для новых научных исследований. Принцип невозможности вечного двигателя был положен Майе-

ром и Гельмгольцем в основу анализа различных превращений энергии.

Макс Планк в работе «Принцип сохранения энергии», написанной в 1887 году (отметим, что в то время он назывался еще не законом, а принципом, что, как отмечено выше, более соответствует его происхождению и роли), сделал специальный акцент на эквивалентности принципа невозможности вечного двигателя и принципа сохранения энергии.

В заключение отметим, что в работе над проблемой вечного двигателя проявились основные особенности творческого метода Леонардо да Винчи, позволявшие ему добиваться выдающихся результатов в самых разных областях исследований. Можно выделить несколько наиболее важных моментов:

в происхождении задач — из наблюдений, из потребностей практики (а не только из задачника или от учителя); при этом использовался подход к явлению в целом (*«в природе существует неограниченное множество связей, чего никогда не бывает в эксперименте»*), рассматривалось явление в большом и малом масштабах;

в формулировке проблем — системность, стремление выявить суть явления и причины, обеспечивающие его протекание именно таким образом;

в решении проблем — активный поиск новых подходов, новых методов, логическое выделение составных элементов из изучаемой системы;

в проверке — неоднократный возврат к интересующей проблеме, притом, как правило, с новыми подходами.

Автор выражает глубокую благодарность за помощь в работе Карло Педретти (отделение Истории искусства Калифорнийского Университета, Лос-Анжелес) и сотрудникам Научной библиотеки Кастелло Сфорческо (Милан).