



КОЛЕСО И РЫЧАГ В ТЕХНИКЕ*

Н. Б. Ковылов

Саратовский государственный университет

Статья посвящена описанию разнообразных функций колеса в машинах и механизмах. Уточняются некоторые аспекты решения задач по механике.

Ключевые слова: Трение, двигатель, движитель, момент вращения, рычаг, механическая передача.

Постановка задачи. В своей книге «Путь стрельца» я попытался посмотреть на некоторые физические явления с несколько иных точек зрения, чем в школьных учебниках физики [1]. В настоящем материале рассматриваются древнейшие механизмы человечества: колесо и рычаг. Кажется, про эти приспособления всё давно известно, но, как бывает в подобных случаях, многие факты исчезают из памяти, а новые технические решения наталкиваются на забытые мелочи, порождающие новые проблемы.

Итак, колесо. Говорят, что в живой природе колеса мы не увидим. Наверное, так. Но возникло оно из ствола дерева, бревна, которое можно было перекатывать по достаточно ровной поверхности, а не таскать на себе к своему жилищу. Потом выяснилось, что это бревно можно нагрузить, например, большим валуном и ускорить с его помощью расчистку поля для посева. Облегчив себе труд, человек начал «эволюцию» этих «кругляшек», в результате которой функции колеса существенно расширились (рис. 1).

Ну, а причем здесь рычаг – этот волшебный механизм, который способен прибавить силы там, где этой силы не хватает? Попробуем взглянуть на оба эти механизма одновременно.

Колесо как средство передвижения

Все колёсные транспортные средства имеют общую особенность: они опираются на ту или иную дорогу и имеют ось вращения. А теперь представим себе, что колесо как круг (геометрическая фигура) есть геометрическое место его диаметров и только один из них имеет общую точку с опорой – дорогой, по которой это колесо

*Статья написана по материалам лекции, прочитанной на областной Школе для одарённых детей. Саратов, 08.11.2014.

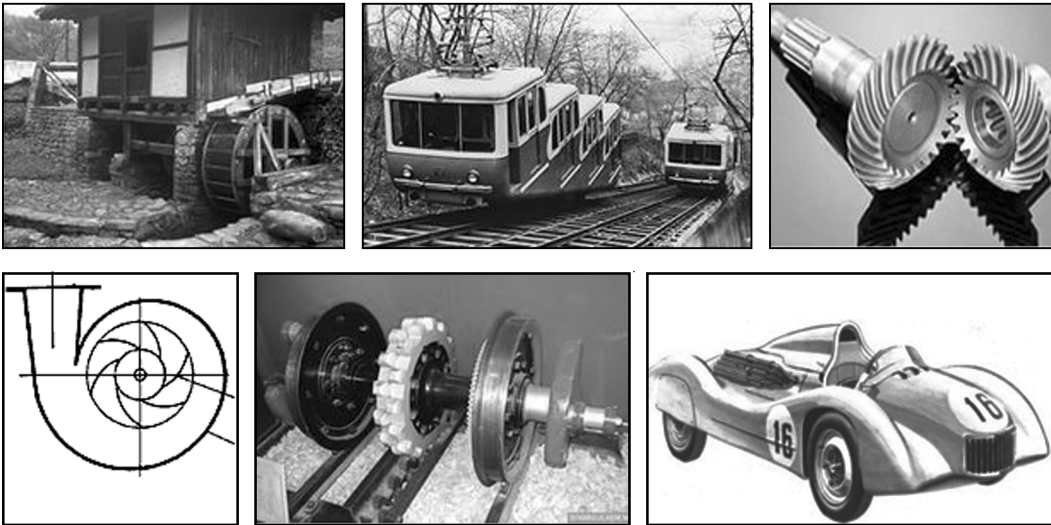


Рис. 1. Функции колеса весьма разнообразны

катится (рис. 2). Вот вам и рычаг. Пользуясь знаниями, полученными из учебника физики, можно сделать вывод, что при качении идеально круглого колеса по ровной горизонтальной дороге потери энергии на трение отсутствуют, хотя сами силы трения существуют и обеспечивают качение.

Это говорит о том, что при рассмотрении процессов, в которых участвует качение, следует приписывать потери энергии *не силам трения, а силам сопротивления качению* [2].

В самодвижущемся транспорте колесо выполняет одну из двух функций: преобразование прилагаемого к оси колеса момента в силу тяги либо преобразование приложенной к оси силы тяги в поступательное движение. Здесь пригодится теорема моментов, которая и устанавливает связь колеса с рычагом-диаметром. Физический смысл этой связи состоит в переходе части энергии вращательного движения в энергию поступательного и наоборот. Эти и другие функции колеса удобно рассмотреть на кинематической схеме, например, автомобиля (рис. 3).

Ведомое колесо служит для снижения сопротивления движению. К оси этого колеса приложена сила в направ-

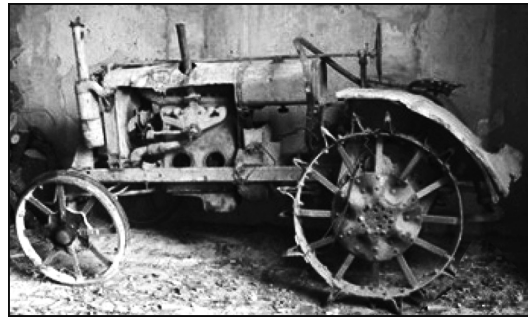


Рис. 2. Колесо как сумма рычагов

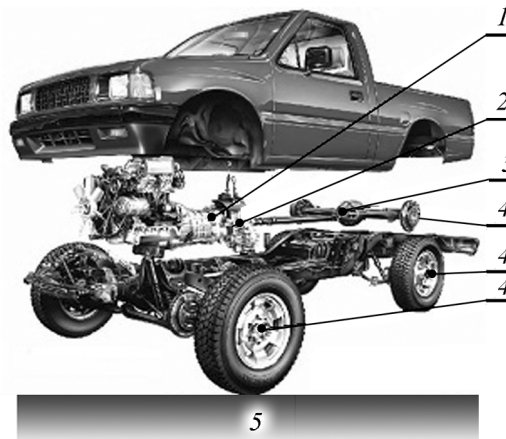


Рис. 3. Взаимодействие агрегатов в механизме. 1-двигатель внутреннего сгорания, 2-коробка перемены передач, 3- передача крутящего момента на колёса, 4 - оси вращения, 5 - сцепление с дорожным покрытием

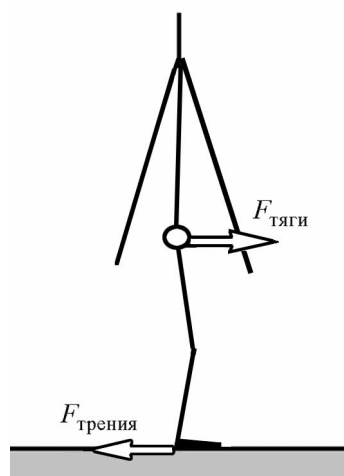


Рис. 4. Моменты сил при ходьбе

ус колеса, опирающийся в данный момент времени на дорогу, преобразует момент в силу, направленную против движения. Если скольжение отсутствует, то точка опоры остаётся на месте, зато смещается в направлении движения ось колеса, а через элементы подвески – и весь автомобиль.

Теперь очевидна разница между понятиями «двигатель» как источник механической энергии и «двигатель» как средство преобразования её в энергию движения.

Кстати, в нулевом приближении нога человека при осторожной ходьбе тоже может интерпретироваться как рычаг с осью (в тазобедренном суставе), опирающийся на землю (рис. 4). Момент вращения при ходьбе создаётся мышцами, хотя ходьба – гораздо более сложный динамический процесс, управляемый многими факторами. Желая углубить свои знания в области спортивной сложной динамики рекомендую интересную статью в № 4 журнала «Известия вузов. ПНД» [3]. В ней раскрыты большие возможности исследования сложнейших динамических систем на современной основе. Возможно, скоро мы станем свидетелями бездопингового спорта, когда всё будет решать техника спортивных упражнений.

Вернёмся к автомобилю. А что, разве многочисленные шестеренки в узлах автомобиля – не колёса? Только функция этих колёс другая: преобразование угловых скоростей вращения валов.

А если вместо твердой дороги – поверхность водоёма? И здесь колесо приобрело роль двигателя. Сейчас не встретить на реке колесный пароход, и паровые машины ушли в прошлое, а в роли двигателей выступают гребные винты, иногда пропеллеры и все чаще – водометы. А ранее колесо на судне было оснащено гребными лопастями, и тяговое усилие от него порождалось как трением увлекаемых им масс воды о неподвижные массы воды (похоже на наземный транспорт), так и реактивными силами отбрасываемых масс (рис. 5).

Законы механики благодаря принципу относительности движения предсказали колесу обратимые функции: ведомое колесо запасает кинетическую энергию при движении (роль двигателя), а ведущее колесо отдает энергию. Гребное колесо с парохода можно установить в потоке движущейся воды, а с осью его связать мельничные диски – вот вам и бесплатный помол зерна. Обратимость? Конечно. Конструкция колеса водяной мельницы постепенно сильно изменилась, превратившись и в ротор паровой турбины, и в ротор гидрогенератора, а также в элементы самых разных на-

лении движения через раму, элементы подвески, рычаги и рессоры. В возникновении сопротивления движению сила трения колеса о дорогу участия не принимает, зато деформация колеса, прогиб дорожного покрытия, слой грязи или снега, наконец, аэродинамическое сопротивление воздушного потока – вот главные виновники повышения расхода бензина.

Ведущее колесо служит *двигателем* в самоходном наземном транспорте. Здесь вращательный момент через элементы трансмиссии (сцепление, коробку передач и др.) передаётся от двигателя на ось ведущего колеса. Ради-



Рис. 5. Гребное колесо – весло или ракета?

сосов. Ведь, если поместить это же колесо в специально сконструированный корпус и хорошенько раскрутить, получится центробежный насос (рис. 6)!

Всем известно, что возвратно-поступательное движение поршня в цилиндре паровой машины или двигателя внутреннего сгорания – процесс очень неравномерный, а транспорт должен двигаться плавно. Вот и здесь пригодился такой важный параметр колеса, как момент инерции. Обладание этим важным свойством превращает колесо в аккумулятор кинетической энергии – маховик (рис. 7). Такой аккумулятор

с легкостью накапливает энергию и так же легко её отдаёт. Известны конструкции гироавтомобилей, которые не получили широкого распространения, но интересны с точки зрения экологической безопасности.

Важные выводы следуют из перечисленных фактов.

Единство двух видов механического движения позволило в процессе техногенной деятельности человека создать огромное количество комбинаций из преобразователей движения и накопителей энергии на основе разновидностей гладких и зубчатых колёс, воплощенных в транспортные средства, технологическое оборудование, электростанции, грузоподъемное оборудование и многое другое, без чего современная жизнь уже неммыслима.

Но есть одна функция колеса, которая не вписывается в описанные примеры потому, что она основана ис-

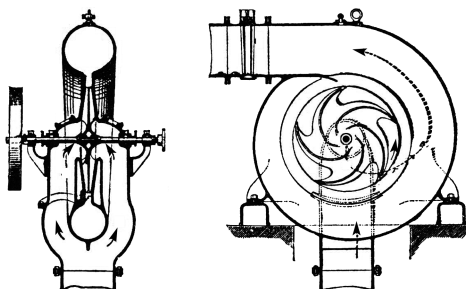


Рис. 6. Колесо водяной мельницы превратилось в насос



Рис. 7. Механический аккумулятор энергии

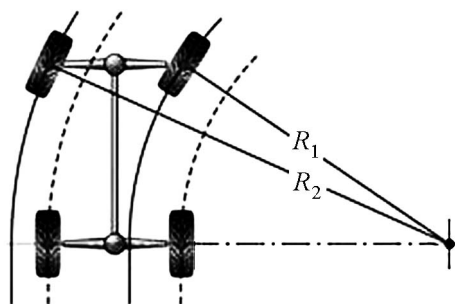


Рис. 8. Зачем автомобилю «схождение» колёс? С собой концентрические окружности с общим центром, в котором пересекаются продолжения осей всех колёс. Нетрудно убедиться, что для выполнения этого условия передние колеса должны поворачиваться на разные углы. Это и есть «схождение». Ну, а развал обеспечивает регулирование площади опоры колеса в зависимости от загрузки машины и создает равномерный износ шины по ширине.

Ещё один важный пример. Привлекая воображение, можно представить качение колеса по дороге как наматывание дороги на колесо, если нет проскальзывания. А вот идея свернуть отрезок дороги в замкнутую ленту и надеть эту ленту на передние и задние колеса создает новую картину движения: колёса катятся по ленте (гусенице), а сама гусеница ползёт по дороге. Площадь соприкосновения с дорогой резко возрастает, и риск перехода колеса в режим скольжения снижается. Значит, появляется возможность получить огромные тяговые усилия с помощью гусеничного механизма. Заодно давление на дорогу становится малым, и можно ездить по болотам. Так мы пришли к тягачам, вездеходам и боевым машинам.

Кстати, всё вышесказанное призывает к осторожному использованию «нулевых» моделей движения с трением во многих задачах для школьников, в которых предполагается использование сил трения колес о дорогу взамен сил сопротивления качению (движению), иначе у учащихся может возникнуть превратное представление о физике процессов в этой области знаний.

Библиографический список

1. Ковылов Н.Б. Путь стрелца. Саратов: ООО ИЦ «Наука», 2011.
2. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. М.: «Высшая школа», 1976. С. 332.
3. Кузнецов А.П., Селиверстова Е.С., Трубецков Д.И., Тюрюкина Л.В. Феномен уравнения ван дер Поля // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2014. Т. 22, № 4. С. 3.

Поступила в редакцию 12.12.2014

WHEEL AND LEVER IN ENGINEERING

N. B. Kovylov

Saratov State University

The article describes various functions of wheels in machines and mechanisms. It clarifies some aspects of the tasks solutions in mechanics.

Keywords: Friction, engine, torque, lever, mechanical transmission.