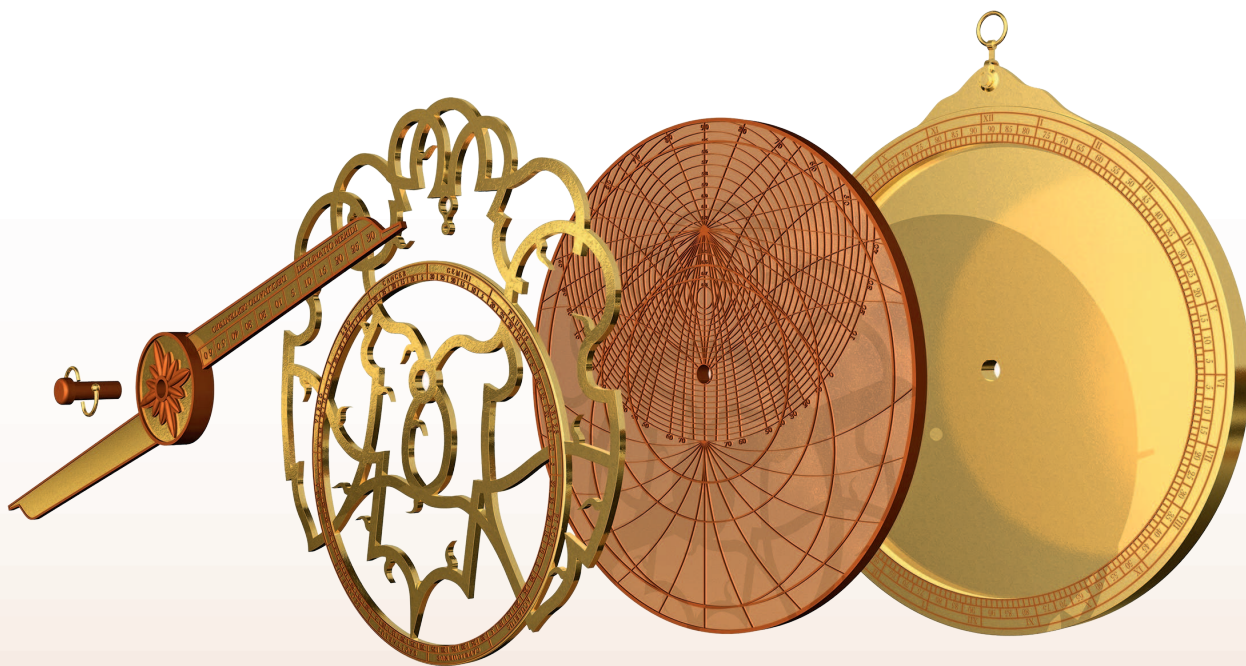


ЭНЦИКЛОПЕДИИ  
ASTAR Wonder  
С ДОПОЛНЕННОЙ  
РЕАЛЬНОСТЬЮ

ЛИКСО ВЯЧЕСЛАВ ВЛАДИМИРОВИЧ

# КАК ЭТО РАБОТАЕТ

250 УСТРОЙСТВ И МЕХАНИЗМОВ



*Аванта*

УДК 62(03)  
ББК 30я2  
Л56

*Серия «Энциклопедии ASTAR Wonder с дополненной реальностью» основана в 2024 году*

**Ликсо, Вячеслав Владимирович.**

Л56 Как это работает. 250 устройств и механизмов / В. В. Ликсо. — Москва : Издательство АСТ, 2025. — 159, [1] с. : ил. — (Энциклопедии ASTAR Wonder с дополненной реальностью).  
ISBN 978-5-17-168172-2.

Эта книга раскрывает секреты работы множества устройств, сконструированных человеком на протяжении тысячелетий: от простых механизмов, таких как винт и колесо, замок и велосипед, до настоящих технологических чудес вроде смартфонов и ракетных двигателей. Каждая страница знакомит с детальным исследованием принципов их действия, и что очень важно — все эти выдающиеся изобретения объединяются в группы согласно законам физики, лежащим в основе их конструкции. Таким образом, даже не очень хорошо подкованному в техническом плане читателю легко будет проследить, как базовые природные силы — тяжести, трения, инерции, упругости, давления и другие — заставляют работать современные машины, приборы и аппараты. Показывая глубинную суть окружающих нас вещей, книга дает ответ на один из главных вопросов: как всё устроено?

Красочные иллюстрации, понятные схемы и исчерпывающие пояснения делают сложные инженерные концепции доступными даже для детей и подростков. Со страниц книги они узнают, как устроены бытовая техника и электроника, строительные инструменты и энергетические установки, автомобили, самолеты, космические станции и многое-многое другое. Но и это еще не все: с помощью бесплатного приложения на смартфоне или планшете изучаемые объекты можно оживить! Теперь статичные изображения превращаются на экране в 4D-модели, которые можно передвигать и вращать, наблюдая за их работой в реальном времени. Кроме того, это увлекательное действо сопровождается познавательной информацией, которую можно прослушать в звуковом формате.

Данное издание не только удовлетворит детское любопытство, но и подтолкнет к более близкому знакомству с техническими науками, что в наше время особенно важно.

Для среднего и старшего школьного возраста.

**УДК 62(03)  
ББК 30я2**

**ISBN 978-5-17-168172-2**

© Оформление, иллюстрации. ООО «Интеджер», 2024  
© ООО «Издательство АСТ», 2025  
В оформлении использованы материалы, предоставленные  
Фотобанком Shutterstock, Inc., Shutterstock.com  
В оформлении использованы материалы, предоставленные  
Фотобанком Dreamstime, Inc., Dreamstime.com

# Содержание

## СИЛА ТРЕНИЯ ..... 4

- Сила трения: почему предметы не скользят? ..... 4
- 4D Дискотый, барабанный и клещевой тормоза ..... 6
- Шлифовальные инструменты ..... 8
- Подземный тоннелепроходческий комплекс ..... 10

## КОЛЕСА ..... 12

- Колесо: уменьшаем силу трения  
и ускоряем движение ..... 12
- 4D Прядильное колесо, прялки  
и прядильные станки ..... 14
- 4D Подшипники: устройства против силы трения ..... 16
- Ступальное колесо — герой стройки и... битвы ..... 18

## СИЛА ТЯЖЕСТИ ..... 20

- 4D Сила тяжести: почему мы не улетаем в космос? ..... 20
- Лифты и катки: сила тяжести в действии ..... 22

## СИЛА ИНЕРЦИИ ..... 24

- 4D Сила инерции — почему все продолжает  
двигаться само по себе? ..... 24

## ЛЕБЕДКИ, РЫЧАГИ И БЛОКИ ..... 26

- Ручная лебедка / ворот: «мускулы»  
для тяжестей ..... 26
- Мосты: подъемные и разводные ..... 28
- Кабестан и гелеполис ..... 30
- 4D Полиспаст — как превратить в силача  
кого угодно? ..... 32
- Такелаж корабельный — помощник  
в управлении кораблем ..... 34

## РЫЧАГИ ..... 36

- Рычаг — простой помощник с большой силой ..... 36
- Как строили древнеегипетские пирамиды? ..... 38
- 4D Рычаги в повседневной жизни ..... 40
- Замок, подъемный кран и самосвал —  
рычажные механизмы ..... 42
- Бульдозер, харвестер и погрузчик ..... 44

## СИЛА УПРУГОСТИ ..... 46

- 4D Упругость: сила, которая всегда возвращается ..... 46
- 4D Рогатка, лук и арбалет ..... 48
- 4D Метательные машины древности ..... 50

## ВИНТЫ ..... 52

- Винт: кручение и движение вперед ..... 52
- Прессы: винтовая передача творит чудеса ..... 54
- 4D Винт: от архимедова до корабельного ..... 56

## ШЕСТЕРНИ И ПЕРЕДАЧИ ..... 58

- 4D Шестерни и передачи — как усилить  
маленькое колесо? ..... 58
- 4D Часы: счетчики времени ..... 60
- Коробка передач автомобиля: магия скорости  
и шестеренок ..... 62

## СИЛА ТЕЧЕНИЯ И ВЫТАЛКИВАЮЩАЯ

## СИЛА ВОДЫ ..... 64

- Водяная магия: как течение и давление  
превращаются в энергию ..... 64
- 4D Водяное колесо и гидравлические механизмы ..... 66
- Нория, сакия и акведук ..... 68
- 4D Насосы: устройства, которые двигают  
жидкости ..... 70

Как работает водяная мельница? ..... 72

Почему корабль не тонет: изучаем  
закон Архимеда ..... 74

Ракетный корабль: ракеты вместо пушек ..... 76

4D Авианосец: плавучий аэропорт ..... 78

Транспортные корабли: плавающие  
«грузовики» ..... 80

Корабли на воздушной подушке,  
на подводных крыльях и катамараны ..... 82

Физические секреты санузлов  
и ванных комнат ..... 84

4D Гидротурбина: электроэнергия из воды ..... 86

Подводные лодки: железные «рыбы» ..... 88

## СИЛА ВЕТРА И СИЛА ВОЗДУШНОГО ДАВЛЕНИЯ ..... 90

Сила ветра и атмосферное давление ..... 90

Парус и ветряная мельница: «ловцы ветра» ..... 92

4D Ветрогенераторы и ветровые электростанции ..... 94

Почему и как летает самолет? ..... 96

Пожарные и транспортные самолеты ..... 98

Самолеты с вертикальным взлетом ..... 100

Парашют и катапультируемое кресло ..... 102

4D Вертолеты: металлические стрекозы ..... 104

## ОПТИКА ..... 106

Линза: что умеет волшебное стекло? ..... 106

4D Астролябия и секстант — космическая оптика ..... 108

4D Фотоаппарат и кинокамера ..... 110

Телескопы и обсерватории ..... 112

## ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ..... 114

Батарейки: «хранилища» электроэнергии ..... 114

4D Генераторы: как создать электроэнергию? ..... 116

4D Лампочки: потребители электроэнергии ..... 118

Телевидение: волшебные панели ..... 120

Электромотор: загадочный «волчок» ..... 122

Электроинструменты: герои мастерских ..... 124

Кухонные «электроинструменты» ..... 126

Утюги и гладильные машины ..... 128

Охотник за грязью ..... 130

4D Посудомоечная и стиральная машины ..... 132

Смартфон, мобильник и сотовая связь ..... 134

4D Солнечные панели и солнечные  
электростанции ..... 136

## ТЕПЛОТЕХНИКА И ТЕПЛОВЫЕ УСТРОЙСТВА ..... 138

4D Паровой двигатель: энергия пара ..... 138

Металлургический горн и доменная печь ..... 140

4D Двигатель внутреннего сгорания ..... 142

4D Мотор поршневой и реактивный ..... 144

Гибридный двигатель: на топливе  
и электричестве ..... 146

Холодильник и кондиционер ..... 148

Парогенераторы и теплоэлектростанции ..... 150

Газотурбина и газотеплоэлектростанция ..... 152

4D Атомный реактор и атомная электростанция ..... 154

Ракетный двигатель ..... 156

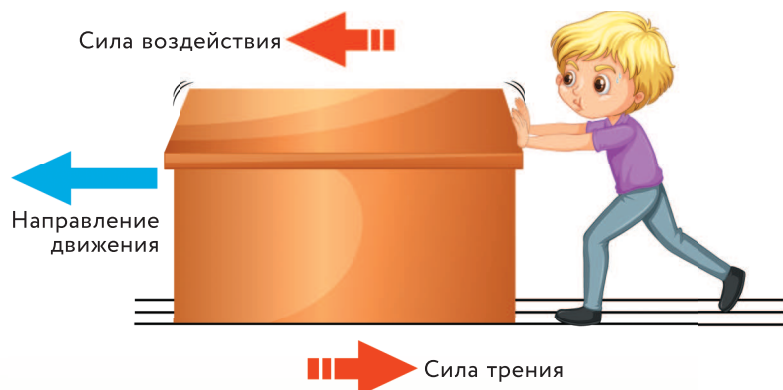
4D «Восток», «Кедр», «Заря» и «Весна» ..... 158

# Сила трения: почему предметы не скользят?

Сила трения обладает удивительной «магией» — она не дает нашей планете превратиться в гигантский каток. Например, когда ты идешь по полу, подошвы твоей обуви «цепляются» за его поверхность. Но если бы не было силы трения, ты просто скользил бы! Все вокруг ходили бы, как по льду, постоянно падая и сталкиваясь друг с другом. И это только один из примеров практической пользы силы трения для всех обитателей Земли.

## КАК РАБОТАЕТ СИЛА ТРЕНИЯ?

Допустим, ты хочешь передвинуть по полу коробку от телевизора, в которой уютно устроился кот, прикладываешь к ней определенную силу, но коробка не сразу сдвигается с места. Почему? Правильно: виновато трение! Когда поверхности коробки и пола трутся друг о друга, возникает сила трения. Она создает сопротивление, направленное в противоположную от твоего усилия сторону.

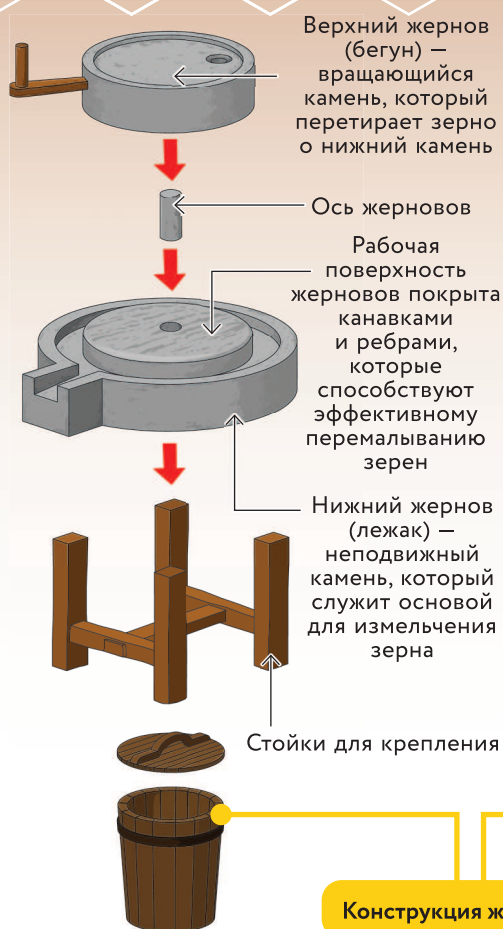


## РУЧНАЯ КОФЕМОЛКА

Представь себе прибор, который может превратить ароматные кофейные зерна в мелкий порошок, это и есть кофемолка! Кофе сперва выращивают, затем собирают и перерабатывают (обжаривают). Прежде чем приступить к приготовлению кофе, зерна необходимо измельчить, то есть перемолоть. Внутри кофемолки находятся жернова. Когда любитель этого напитка крутит ручку кофемолки, жернова начинают быстро вращаться. Сила трения, возникающая между жерновами, позволяет им перемалывать зерна. Тот же принцип используется и в мельницах.



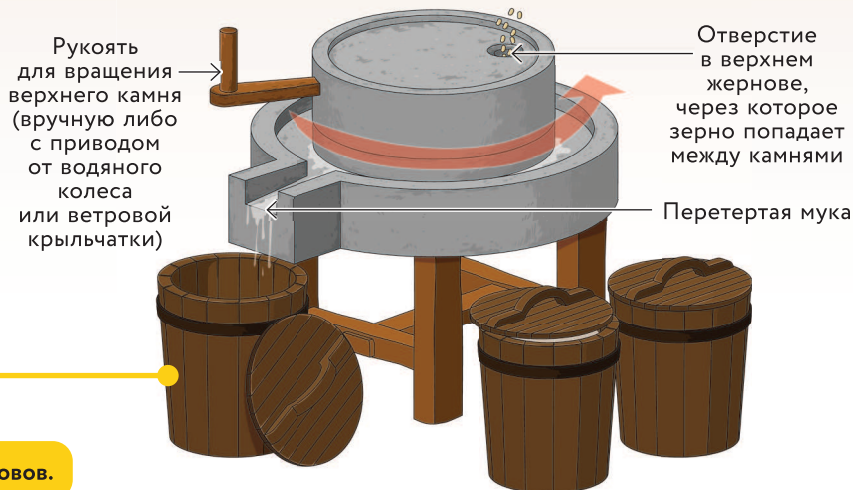




Конструкция жерновов.

## ЖЕРНОВА

Человек изобрел множество механизмов, в основе работы которых лежит сила трения. Некоторые из них были придуманы и сконструированы очень давно. Например, жернова — настоящие «супергерои» древности. Без них не было бы хлеба — основного продукта питания в те времена. Представь себе два огромных тяжелых камня. Один из них лежит неподвижно, а другой крутится над ним, и возникающая между ними сила трения перемалывает зерно, превращая его в муку. В этом есть что-то волшебное, не правда ли?



## ТОЧИЛЬНЫЙ КАМЕНЬ С НОЖНЫМ ПЕДАЛЬНЫМ ПРИВОДОМ

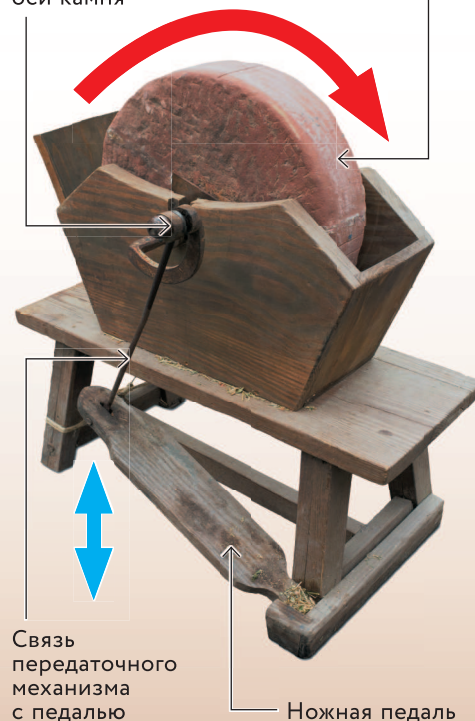
Много тысяч лет назад люди изобрели особое приспособление для заточки металлических инструментов — механический точильный камень. Как он работал? Все просто: точильщик нажимал ногой на педаль, а она в свою очередь через специальный передаточный механизм вращала большой круглый точильный камень, покрытый трещинами и бугорками, которые увеличивают силу трения. Когда к такому крутящемуся камню прижимали нож или топор, он начинал стачивать металл, делая инструмент острым.



Как видим, наряду с полезными свойствами силы трения существуют и непреодолимые неудобства, которые она создает. Из-за нее трудно перемещать крупные и тяжелые грузы, быстро изнашиваются трущиеся поверхности. Кстати, она виновна и в том, что вечный двигатель до сих пор остается лишь мечтой изобретателей: из-за трения любое движение рано или поздно останавливается, требуя постоянного стороннего воздействия.

Вращающийся точильный камень

Передаточный механизм превращает силу нажатия педали (вверх-вниз) во вращательное движение оси камня



# Дисковый, барабанный и клещевой тормоза

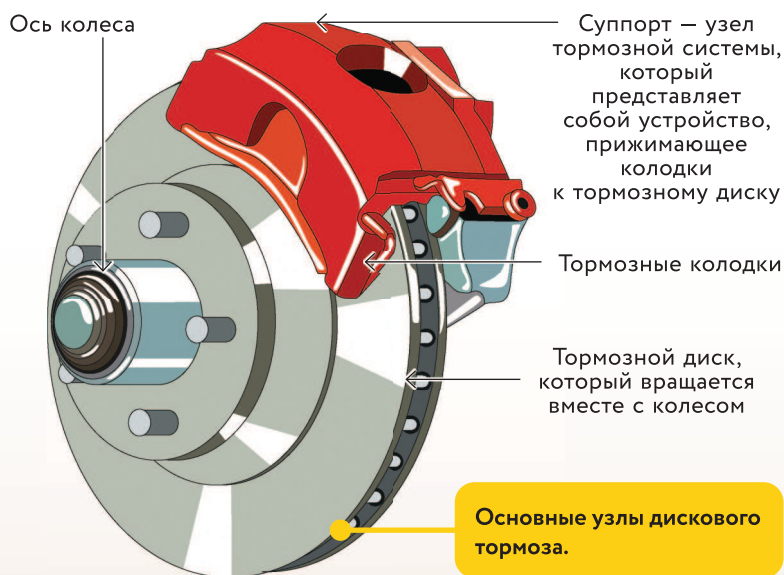
4D



Тормоза являются очень важной частью любого транспортного средства. Моторы приводят машины в движение, а тормоза заставляют их останавливаться. Если вдруг тормоза перестанут работать, может произойти авария! Существует множество типов тормозов, но принцип их работы одинаков для всех и основан на силе трения. Чем она сильнее, тем быстрее останавливается машина или велосипед. Это значит, что хорошие тормоза должны быть мощными.

## ДИСКОВЫЙ ТОРМОЗ

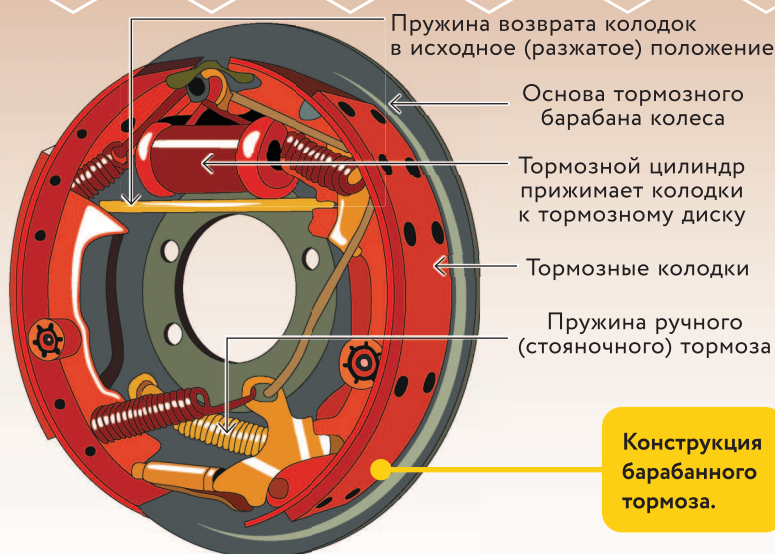
Дисковый тормоз работает так. На оси колеса неподвижно крепится круглый тормозной диск, который вращается вместе с ним. Когда необходимо остановиться, специальные тормозные колодки сжимают вращающийся диск, как будто пытаются «поймать» его. В результате транспортное средство замедляется или останавливается. Все это происходит благодаря трению. Быстро, четко и, главное, безопасно! Такой тормоз обычно можно увидеть на спортивных велосипедах и в автомобилях. Он очень эффективен даже в дождливую погоду, ведь диск почти не боится воды и грязи!



**Тормозные диски и тормозные барабаны колес выполняются из жаропрочного сплава, а тормозные колодки — из специального материала, обеспечивающего хорошее сцепление с тормозными дисками и барабанами. Все эти сплавы и материалы выдерживают высокие температуры, возникающие при трении колодок о тормозной диск / барабан.**

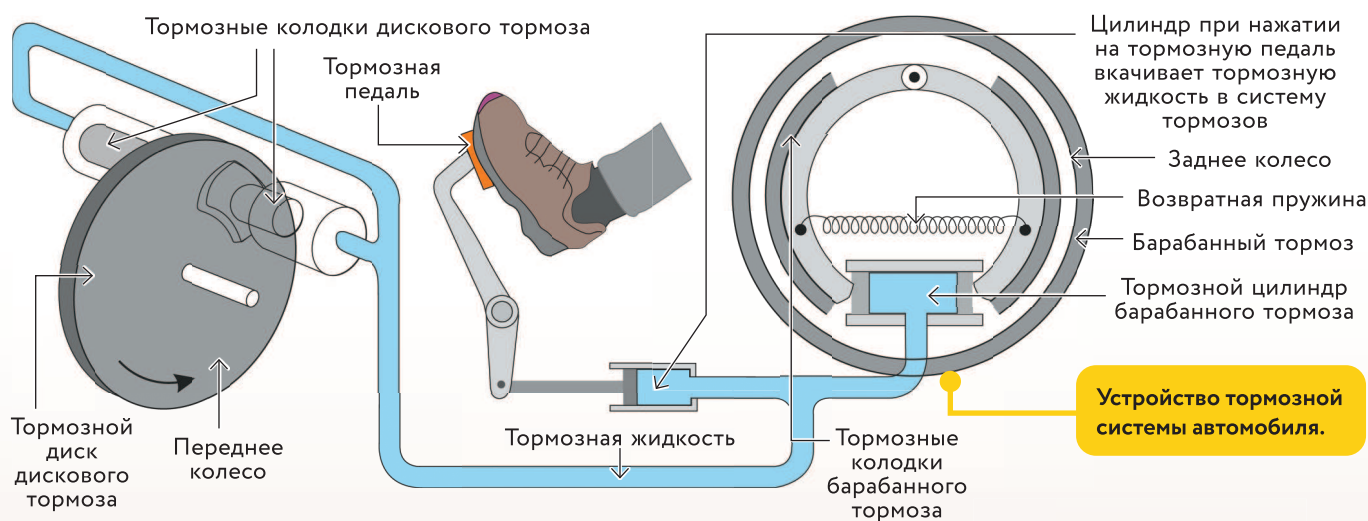
## БАРАБАННЫЙ ТОРМОЗ

Барabanные тормоза устанавливают внутри колеса. Они не такие мощные, как дисковые, зато долго не изнашиваются и хороши для автомобилей, которые не разгоняются до скоростей гоночных болидов. Барабанный тормоз так же, как и дисковый, вращается вместе с колесом. Внутри него находятся тормозные колодки, которые при торможении раздвигаются и прижимаются к стенкам барабана. Возникает мощная сила трения, и транспорт останавливается.



## ТОРМОЗНАЯ СИСТЕМА АВТОМОБИЛЯ

Каждый автомобиль оборудован рабочей и стояночной тормозными системами. Рабочая тормозная система (ножной тормозной механизм) необходима для регулирования скорости движения и остановки автомобиля. Стояночная тормозная система (ручной тормозной механизм) служит для удержания машины в неподвижном состоянии. Для рабочей тормозной системы применяется гидравлический привод, а для стояночной — механический. Барабанные тормоза в автомобилях обычно устанавливают на задние колеса (они же оборудуются стояночным тормозом), а на передние — дисковые, так как они более мощные.



## КЛЕЩЕВОЙ ТОРМОЗ: СИЛА ДВУХ РУК

Клещевой тормоз работает по тому же принципу, что и клешни ракообразных, и применяется чаще всего на велосипедах. Все начинается с тормозных рукояток, установленных на руле двухколесника. При нажатии на них усилие передается с помощью тросов на две колодки, расположенные по обе стороны обода колеса. Эти колодки прижимаются к ободу и с помощью силы трения зажимают его. Чем сильнее ты сожмешь рукоятки на руле, тем крепче прижмутся колодки и тем быстрее остановится велосипед. А когда отпустишь рычаги, тормоза разожмутся автоматически.





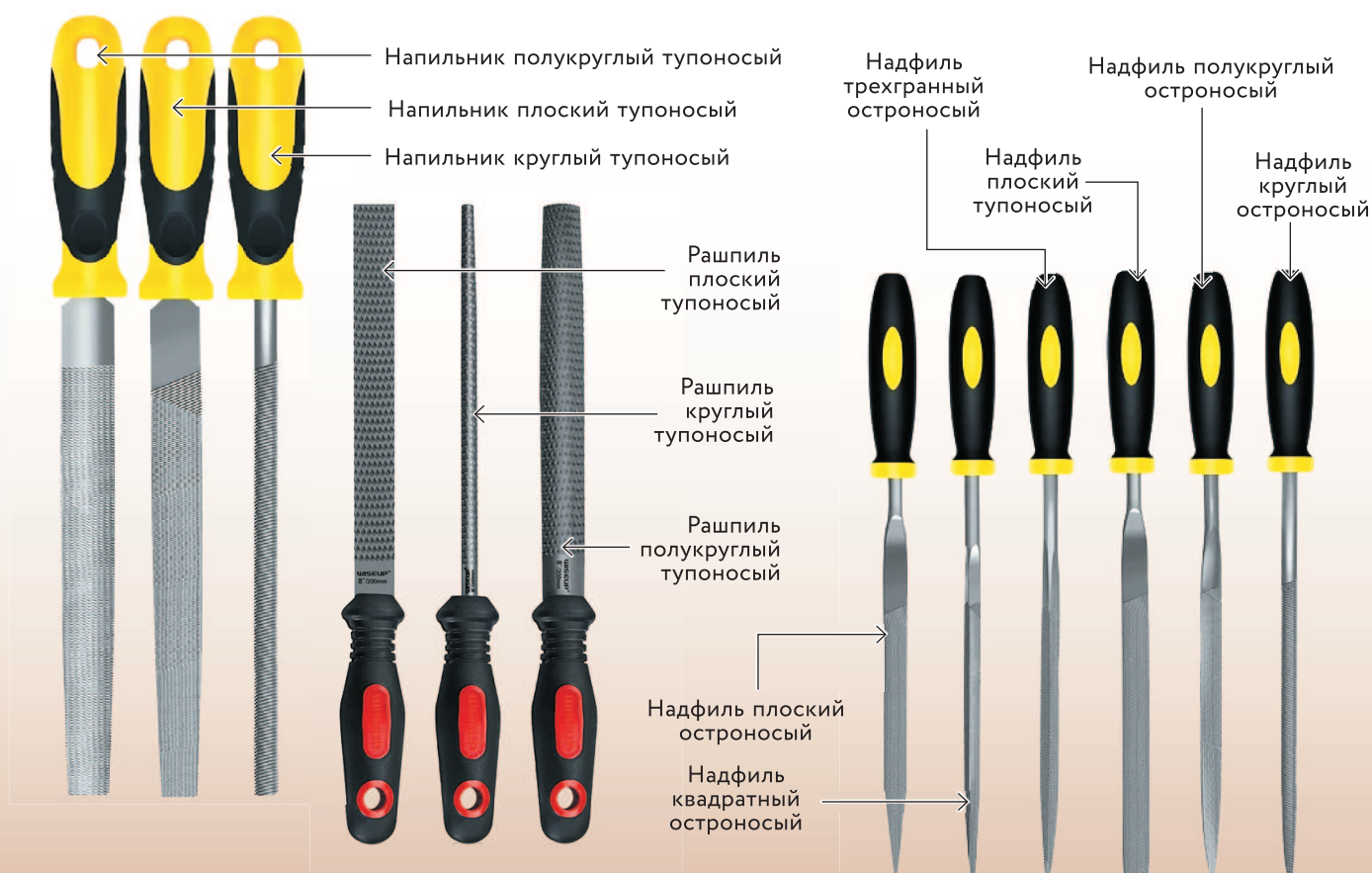
# Шлифовальные инструменты

Когда неровную или шероховатую поверхность нужно сделать гладкой и аккуратной, на помощь приходят шлифовальные инструменты, принцип работы которых основан на силе трения. Они работают как настоящие скульпторы: постепенно убирают лишнее, чтобы в результате все стало ровным и красивым. Для шлифовки используются абразивные материалы — очень твердые и грубые вещества, которые при трении о поверхность стирают с нее неровности. Абразивы бывают разными: это и наждачная бумага, и шлифовальные круги, и пасты, и порошки.



## ШЛИФОВАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ «НА МУСКУЛЬНОЙ СИЛЕ»

- **Напильник** — длинная металлическая «терка» с рукояткой. Он помогает сглаживать и обтачивать древесину и даже металл. Когда ты водишь напильником туда-сюда, его острые зубчики срезают маленькие кусочки материала, словно ты строгаешь кусок дерева острым ножом. Чем крупнее зубцы, тем больше снимается материала с обрабатываемой заготовки. Его можно сравнить с грубой кистью художника.

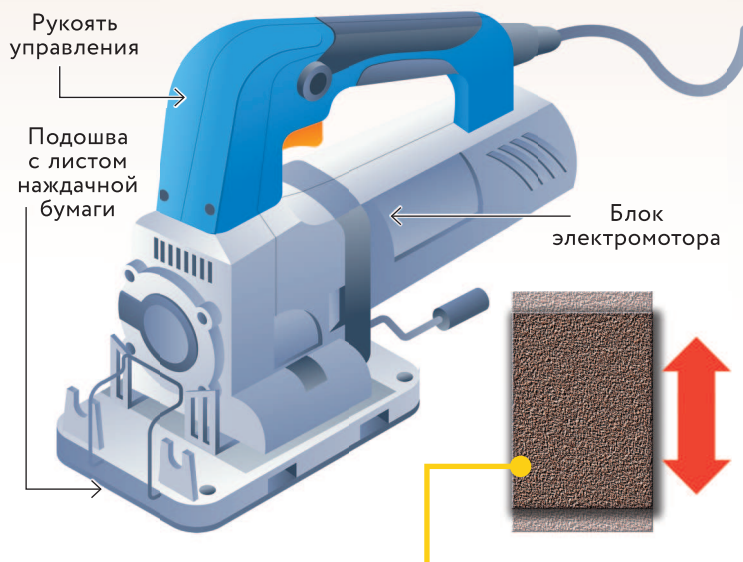




- **Рашпиль** похож на напильник, но он гораздо «круче и сильнее», ведь его главная задача — быстро обрабатывать мягкие материалы, такие как дерево или пластик. Главное отличие рашпиля от напильника в том, что у него зубчики крупные и острые, как у настоящей пилы. Напильник выполняет работу аккуратно и медленно, а вот рашпиль — это настоящий «скоростной мастер», который быстро срезает крупные куски материала.
- **Надфиль** намного тоньше напильника, его предназначение — работа с мелкими деталями. Когда тебе нужно что-то подправить в труднодоступных местах с ювелирной точностью, надфиль справится на ура! Надфили используют ювелиры и мастера, когда важно уделять внимание мелочам.

## ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНАЯ МАШИНА

Особое место в арсенале современного плотника занимают шлифовальные машины. Шлифовальный электроинструмент вращает шлифовальный круг или ленту с высокой скоростью, как если бы мастер использовал обычный напильник, но в сто раз быстрее! Рабочим узлом плоскошлифовальной машины является прямоугольная подошва, на которой закрепляется лист наждачной бумаги. Шлифование осуществляется путем движения подошвы вперед-назад с высокой скоростью — примерно 100–300 колебаний в секунду.

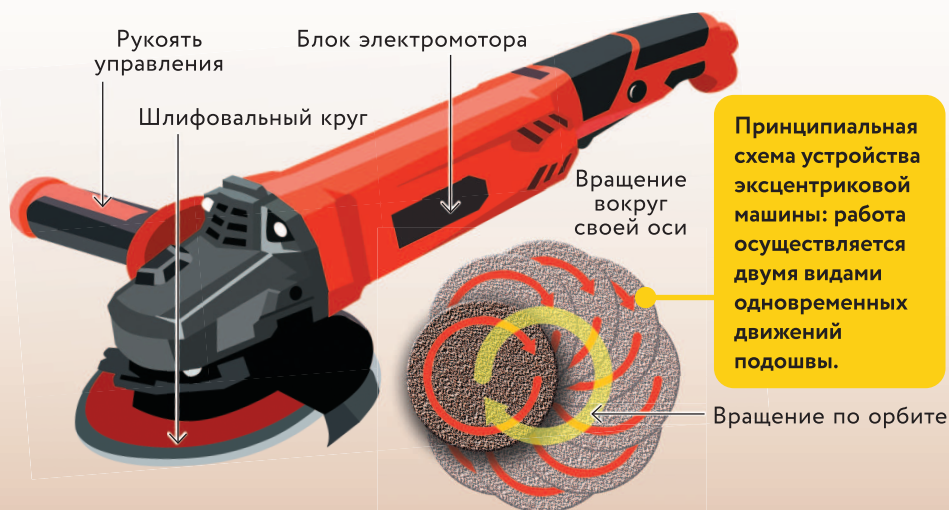


**Многие современные виды шлифовальных машин имеют функцию сбора пыли в специальные резервуары — пылесборники, иногда к ним подключают строительный пылесос. Это делает работу мастеров комфортной и «чистой», им не приходится вдыхать строительную пыль.**

Принцип работы плоскошлифовальной машины — шлифование поверхностей быстрыми движениями наждачной плоскости вперед-назад.

## ОРБИТАЛЬНАЯ ШЛИФОВАЛЬНАЯ МАШИНА

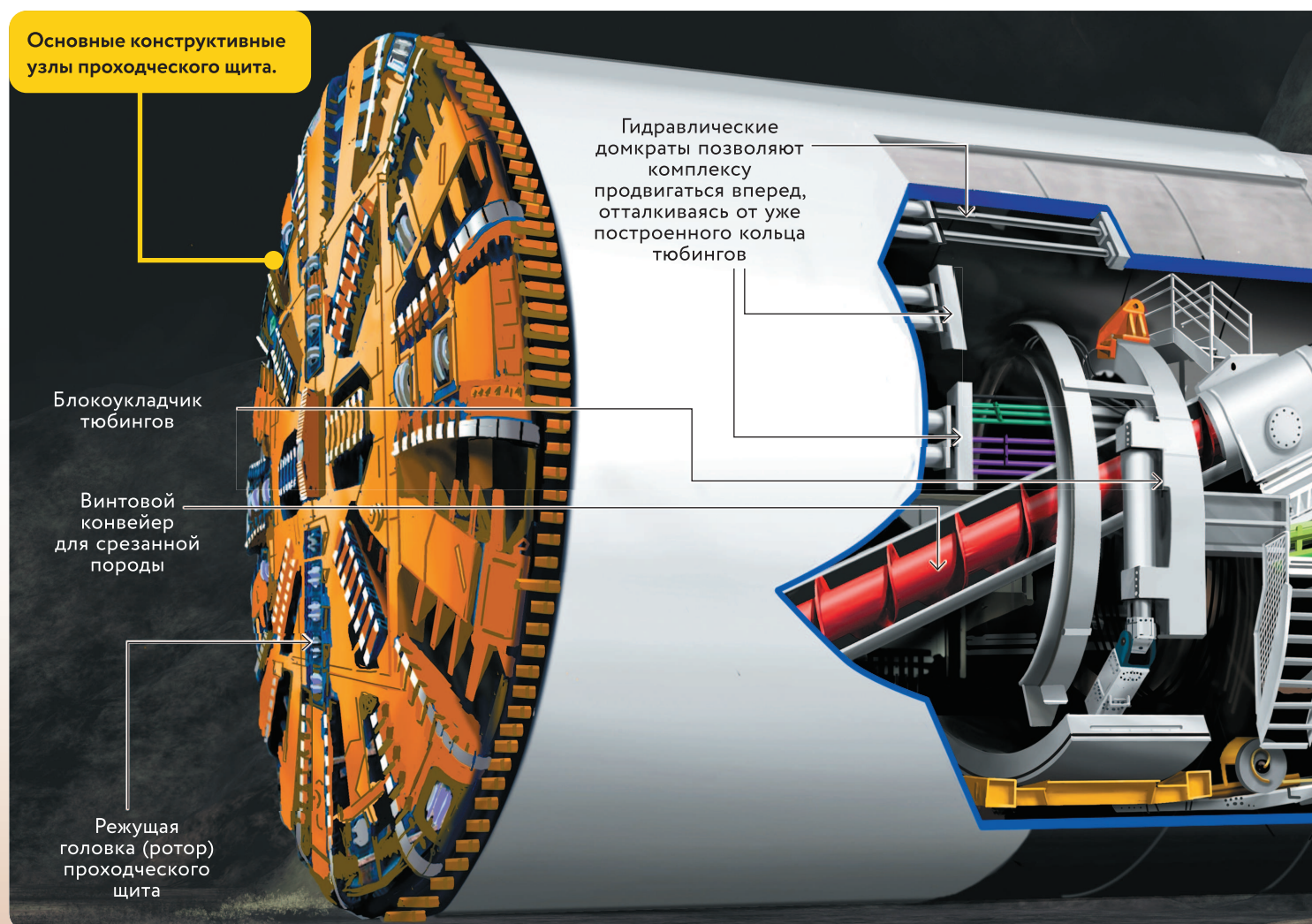
Еще одним видом шлифовального электроинструмента является эксцентриковая шлифовальная машина, другое ее название — орбитальная шлифмашина. Рабочим узлом этого инструмента является круглая подошва, на которой закрепляется шлифовальный круг. В отличие от плоскошлифовальной машины, подошва этого аппарата движется по довольно сложной круговой траектории.



Принципиальная схема устройства эксцентриковой машины: работа осуществляется двумя видами одновременных движений подошвы.

# Подземный тоннеле- проходческий комплекс

Тоннели — один из видов подземных сооружений в виде длинных коридоров, по которым пролегают транспортные пути. Инженеры прокладывают их в горах, когда строят дороги. Иногда проще пробить прямой тоннель сквозь гору, чем проектировать и возводить объездной путь. Кроме того, тоннели являются основной составной частью метрополитена. В старину словом «тоннель» французы называли бочку. И действительно, тоннели похожи на вереницу огромных бочек без крышек и дна, уложенных одна за другой.





## ПОДЗЕМНЫЙ «КРОТ» И ЕГО РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

При прокладывании подземного тоннеля или шахты не обойтись без специальной техники, которую называют тоннелепроходческим комплексом, или же проходческим щитом. Основу этой огромной машины составляет вращающийся резак, который «вгрызается» в землю или горную породу. Его еще называют режущей головкой. От диаметра этого резака напрямую зависит диаметр тоннеля. Головка проходческого комплекса — это огромный вращающийся вокруг своей оси диск, расположенный вертикально. Поверхность этого диска оснащена множеством «зубов», выполненных из самых прочных материалов, доступных человеку. Предназначение этой «терки», ни много ни мало, — крошить скалы и перемалывать камни. И использует она для резки породы силу трения.

## ЧТО ПОЗАДИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА?

После измельчения порода подается на конвейер, грузится в вагонетки и вывозится по уже проложенному тоннелю. Резак продвигается вперед при помощи мощных гидравлических домкратов. Заднюю часть комплекса составляет оборудование, которое сразу же, в процессе прокладки тоннеля, укрепляет его стены и потолок железобетонными щитами — тюбингами.



**При прокладке тоннеля его стены сразу же укрепляют тюбингами — блоками постоянной тоннельной обшивки, то есть строительство тоннеля кроме «прогрызания» горной или подземной породы предполагает еще и укладку тюбингов. Поэтому тоннелепроходческий комплекс иногда даже называют тюбингоукладчиком.**



# Колесо: уменьшаем силу трения и ускоряем движение

Этот простой с виду круглый предмет буквально перевернул наш мир. Колесо, изобретенное в глубокой древности, стало тем самым «магическим кругом», который позволил нам передвигаться быстрее и перевозить больше. А все благодаря тому, что колесо значительно уменьшает силу трения. Так что в следующий раз, когда будешь кататься на велосипеде или ехать в машине, подумай о том, что это стало возможным благодаря колесу — одному из самых гениальных изобретений человечества.

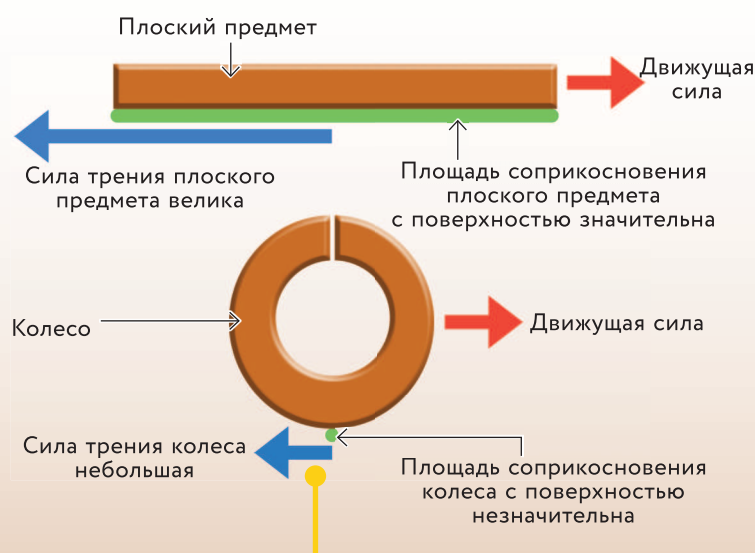


**Великим открытием также является изобретение спиц.**  
До их появления колеса были цельнодеревянными. Считается, что колеса со спицами были придуманы в нынешней Турции.

Благодаря спицам колеса стали значительно легче и, следовательно, быстрее.

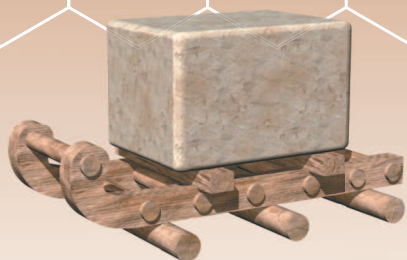
## КАК КОЛЕСО РАБОТАЕТ?

Теперь давай посмотрим на принцип работы колеса с научной точки зрения. Почему оно вообще катится? Все дело в форме этого предмета. Во-первых, у колеса нет углов — и это необычайно важно. Округлый предмет катится плавно по ровной поверхности. Во-вторых, колесо имеет меньшую площадь соприкосновения с опорой по сравнению с плоским предметом. А значит, сила трения между ним и опорой значительно меньше, следовательно, колесо катится несравнимо быстрее.



Силы, действующие на плоский предмет (вверху) и на колесо.





## КАК ВСЕ НАЧАЛОСЬ?

Итак, начнем с того, что жизнь людей до изобретения колеса была, скажем так, довольно медленной. Наши далекие предки тащили грузы на себе, использовали сани, волокуши и другие способы перемещения тяжелых предметов. Но однажды, около 5000 лет назад, кто-то (до сих пор неизвестно, кто именно) сконструировал круглый объект, способный катиться. Сначала это были грубые деревянные диски, возможно, бревна, которые уже решали главную задачу: они катились! Установив на них опору (плоскую доску, короб для песка, сани), а на опору водрузив груз, можно было с легкостью его передвигать. Для своего времени это было сродни волшебству!

## КОЛЕСО В ДРЕВНЕМ МИРЕ

После изобретения колеса началась настоящая революция во всех сферах жизни. Люди вдруг осознали, что с помощью круглых предметов можно перемещать тяжелые вещи гораздо быстрее и легче, чем другими способами. Многие виды деятельности, от строительства до торговли, стало намного проще осуществлять. Сперва в Древнем Египте и Месопотамии, а затем и во всем мире появились повозки — первые транспортные средства. С их помощью стало проще перевозить товары, строить дома и даже отправляться в дальние путешествия.

## СОВРЕМЕННЫЕ КОЛЕСА

А теперь перенесемся в наши дни. Колеса повсюду! Без них не было бы автомобилей, велосипедов, поездов и даже самолетов (да-да, у них тоже есть колеса). Наш мир, образно говоря, вертится вокруг колеса. Современные колеса стали намного сложнее по конструкции. Теперь у них есть резиновые шины, которые лучше сцепляются с поверхностью дороги. Кроме того, они оборудованы специальными механизмами, например дисковыми тормозами для безопасной остановки. Но суть остается прежней: колесо — это круглый предмет, который позволяет нам передвигаться.



# Прядильное колесо, прялки и прядильные станки

4D

И вновь вездесущее колесо! В Древнем Риме, где прялка и была изобретена, ее называли *colus* — именно от этого латинского слова произошло русское «колесо». История пряжи (сырья для производства одежды) начинается с ручного веретена — катушки, на которую наматывали нить, скрученную пальцами из пряжи. В таком виде прялка просуществовала тысячелетия, и процесс прядения нити был весьма трудоемким и сложным. Прядильщица должна была выполнять ряд однообразных движений: вытягивать пряжу, скручивать нить и наматывать ее на веретено. Производительность была низкой, а руки быстро уставали. И тут появилось прядильное колесо.



## САМОПРЯЛКА-ЛЕЖАК

Важнейшим этапом в истории прялок стало изобретение в начале XIV столетия, скорее всего, в Германии, самопрялки с ножным приводом, с помощью которого эта машина и приводилась в действие. При этом обе руки освобождались для работы. Самопрялка с горизонтальным расположением колеса по отношению к веретену на Руси называлась самопрялкой-лежаком.

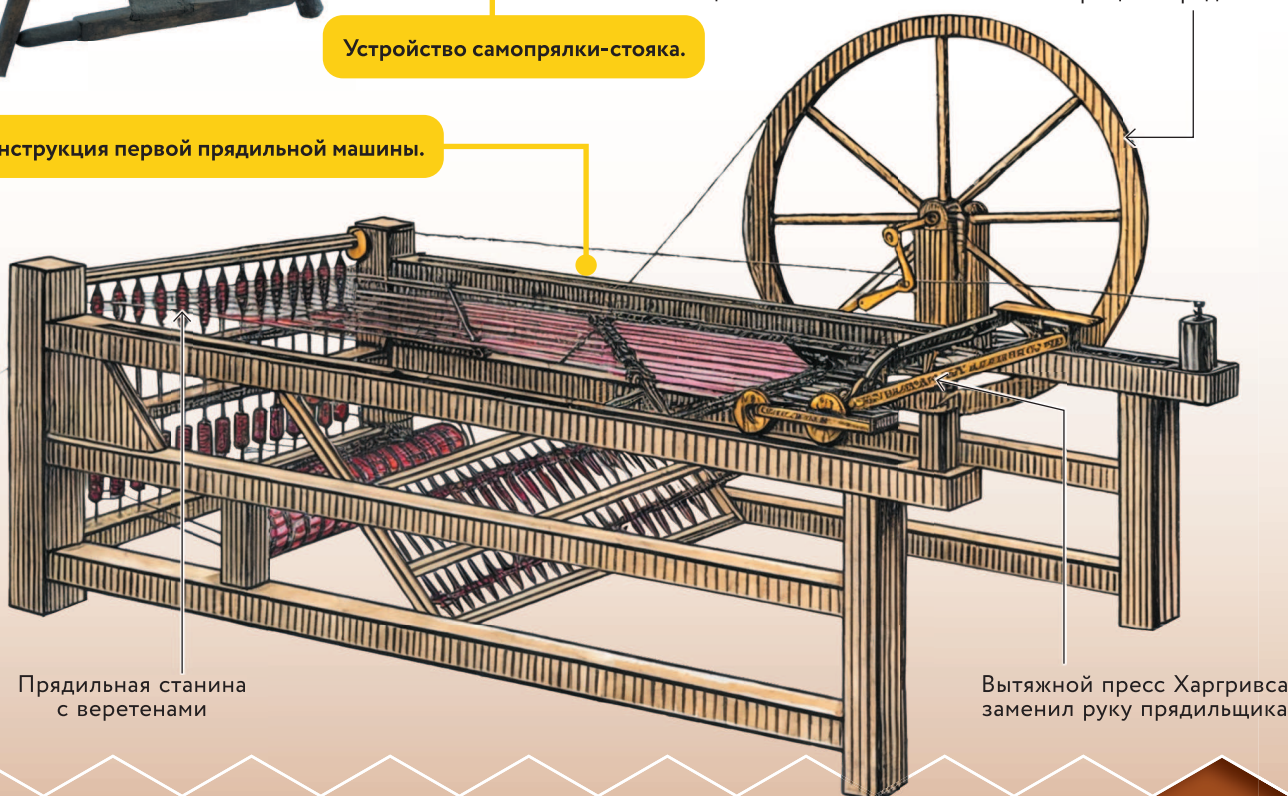


## САМОПРЯЛКА-СТОЯК

Примерно в XV столетии к прялке добавили рогульку (головку U-образной формы с крючками вдоль лапок), что обеспечило полную автоматизацию процесса прядения, который уже не надо было прерывать для намотки нити. Самопрялкой-стояком на Руси называлась прялка с вертикальным расположением колеса относительно веретена.



Конструкция первой прядильной машины.



Существует легенда о том, что на мысль об изобретении машины с несколькими вертикальными веретенами Харгривса натолкнул такой случай. Однажды его маленькая дочь будто бы нечаянно опрокинула работавшую прялку, однако ее колесо продолжало вращаться, а веретено продолжало прясть пряжу, хотя и находилось в вертикальном, а не горизонтальном положении.

## «ДЖЕННИ»: МАШИНА ДЛЯ МАССОВОГО ПРЯДЕНИЯ

Изобретенная в 1764–1765 гг. британским инженером Джеймсом Харгривсом многоверетенная прядильная машина «Дженни» стала одним из важнейших промышленных устройств эпохи начала промышленной революции. «Дженни» автоматизировала процесс производства тканей. Рабочий служил «двигателем» и мог работать с восемью и более катушками одновременно. По мере развития технологий их число выросло до 120.

Колесо ручного вращения, обеспечивавшее общий циклический и автоматический процесс прядения