

ЭНЕРГЕТИКА

Мощность и энергия	10
Водоснабжение	12
Нефтепереработка	14
Генераторы	16
Моторы	18
Электростанции	20
Электроснабжение	22
Атомная энергетика	24
Ветроэнергетика	26
Гидро- и геотермальная энергетика	28
Солнечная и биоэнергия	30
Батареи и аккумуляторы	32
Топливные элементы	34

ТРАНСПОРТ

Механизмы движения	38
Велосипеды	40
Двигатель внутреннего сгорания	42
Как работает автомобиль	44
Электрокары и гибриды	46
Радары	48
Камера контроля скорости	50
Поезда	52
Парусные суда	54
Теплоходы	56
Подлодки	58
Реактивные двигатели	60
Самолеты	62
Вертолеты	64
Дроны	66
Космические зонды	68

МАТЕРИАЛЫ

И СТРОИ-

ТЕЛЬСТВО

Металлы	72
Обработка металлов	74
Бетон	76
Пластики	78
Композиты	80
Переработка отходов	82
Нанотехнологии	84
3D-печать	86
Арки и купола	88
Бурение	90
Земляные работы	92
Мосты	94
Тоннели	96
Небоскребы	98
Лифты	100
Подъемные краны	102

ТЕХНОЛОГИИ

ДЛЯ ДОМА

Коммунальные услуги	106
Отопление	108
Микроволновые печи	110
Чайники и гостеры	112
Посудомоечные машины	114
Охлаждение	116
Пылесосы	118
Туалет	120
Замки	122
Охранные системы	124
Ткани	126
Шитье	128
Стиральные машины	130
«Умный» дом	132

ЗВУК И ИЗОБРАЖЕНИЕ

Волны	136
Микрофоны и динамики	138
Цифровой звук	140
Телескопы и бинокли	142
Электрическое освещение	144
Лазеры	146
Голограммы	148
Проектор	150
Цифровые камеры	152
Принтеры и сканеры	154

КОМПЬЮТЕРНЫЕ

ТЕХНОЛОГИИ

Цифровой мир	158
Цифровая электроника	160
Компьютеры	162
Как работает компьютер	164
Клавиатура и мышь	166
Программное обеспечение	168
Искусственный интеллект	170
Как устроены роботы	172
Что умеют роботы	174
Виртуальная реальность	176

ТЕХНОЛОГИИ

КОММУНИКАЦИИ

Радиосигналы	180
Радиоприемники	182
Телефоны	184
Телекоммуникационные сети	186
Телевизионное вещание	188
Телевизоры	190
Спутники	192
Спутниковая навигация	194
Интернет	196
Всемирная паутина	198
Электронная почта	200
Wi-Fi	202
Мобильные устройства	204
Смартфоны	206
Электронная бумага	208

СЕЛЬСКОЕ

ХОЗЯЙСТВО

И ПРОДУКТЫ

Выращивание сельхозкультур	212
Животноводство	214
Комбайны	216
Земледелие без почвы	218
Точное земледелие	220
Сортировка и упаковка	222
Консервирование	224
Пищевая промышленность	226
Генетическая модификация	228

МЕДИЦИНСКИЕ

ТЕХНОЛОГИИ

Кардиостимуляторы	232
Рентгенография	234
МРТ-сканирование	236
Эндоскопическая хирургия	238
Протезирование	240
Импланты головного мозга	242
Генетические исследования	244
Репродуктивные технологии	247
Предметный указатель	248
Благодарности	256

ЭНЕРГЕТИКА

Мощность и энергия

Энергия лежит в основе всех явлений — от небольшого электрического импульса до крупного взрыва. Мощность — скорость, с которой энергия переходит в ту или иную форму. Энергию измеряют в джоулях (Дж), а мощность — в ваттах (Вт).

Измерение мощности

Мощность можно измерить, разделив значение использованной энергии на затраченное время. Чем больше энергии израсходовано за определенный промежуток времени, тем выше мощность. Так, электрический нагреватель мощностью 1800 Вт выделит в три раза больше тепла, чем нагреватель мощностью 600 Вт за тот же промежуток времени.

Производство и потребление энергии

Измерение мощности во многом зависит от объекта или выполняемой им работы. Для одних приборов мощность будут рассчитывать по произведенной энергии, а для других — по потребленной.

ЧТО ТАКОЕ КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ?

Крутящий момент — это произведение силы на «плечо» (расстояние от точки приложения силы до оси вращения). Обычно используется для характеристики тяговой силы двигателя.

ПОКАЗАТЕЛИ МОЩНОСТИ

Мощность измеряют различными способами для любых объектов: двигателей, электроприборов и даже людей.

Ватт (Вт)

1 Вт равен 1 Дж энергии, затраченному за секунду работы. Преобразование лампочкой электрической энергии в свет и тепло измеряется в ваттах. Чем их больше, тем выше будет мощность.

Киловатт (кВт) и мегаватт (МВт)

1 кВт равен 1000 Вт. Этот показатель используется при измерении мощности двигателей и крупных электроприборов. В 1 МВт содержится 1 000 000 Вт. Такими мощностями могут оперировать только электростанции, авианосцы и ускорители частиц во время научных экспериментов.

Киловатт-час (кВт·ч)

1 кВт·ч равен 3,6 млн Дж или 1000 Вт энергии, вырабатываемых или потребляемых за час. Эта единица используется для измерения расхода энергии в домохозяйстве.

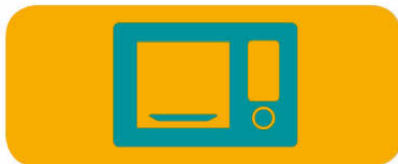
Лошадиная сила (л. с.)

Мощность двигателя автомобиля обычно измеряется в лошадиных силах. Одна лошадиная сила содержит в себе 735,5 Вт. Тормозная мощность определяет потерю мощности двигателя от трения с поверхностью.



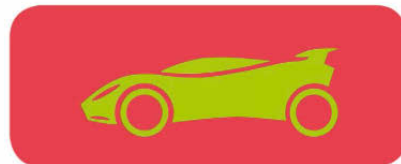
Атомная электростанция: 1000 МВт

Как и у других электростанций, у атомной мощность будет измеряться исходя из количества производимой энергии при нормальной работе.



Микроволновая печь: 1000 Вт

Максимальная мощность микроволновой печи может достигать 1000 Вт, но обычно она эксплуатируется при меньшей мощности.



Бензиновый суперкар: 1500 л. с.

Двигатели таких суперкаров, как Bugatti Chiron, могут достигать мощности около 1500 л. с.



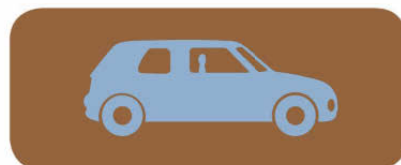
Ветрогенератор: 3,5 МВт

При оптимальной работе ветряная турбина может производить 3,5 МВт. Этого достаточно, чтобы обеспечить электричеством 1000 частных домов.



ЖК-телевизор: 60 Вт

ЖК-телевизор потребляет меньше энергии, чем микроволновка, но работает чаще и дольше, так что годовое потребление у них будет примерно одинаковым (около 54 кВт·ч).



Электрокар: 150 л. с.

Мощность электрического двигателя в разы меньше бензинового, однако он может обеспечивать больший крутящий момент на низких скоростях.



Преобразование энергии

Закон сохранения энергии гласит, что энергия не исчезает и не теряется, а лишь переходит в другую форму. Электроэнергия удобна тем, что ее относительно легко преобразовать в другие виды энергии: звуковую, тепловую (термальную), световую (лучевую) или, в случае с двигателем, энергию движения (кинетическую).

Химическая энергия

Эта энергия заключена в атомных связях химических соединений, включая продукты питания, батареи и топливо. Она выделяется во время химических реакций при разрыве атомной связи. Например, при сжигании угля заключенная в нем энергия преобразуется в свет и тепло.

Кинетическая энергия

Кинетическая энергия — это энергия, которой обладает движущийся объект, например лыжник, мчащийся с горы. Кинетическая энергия также включает в себя энергию вращения и колебания. Ее величина зависит от массы объекта и скорости его движения.

Механическая энергия

Представляет собой сумму кинетической и потенциальной энергии объекта. Потенциальная энергия меняется при изменении положения объекта. Например, потенциальная энергия сжатой пружины высвобождается при возвращении пружины в исходное положение.

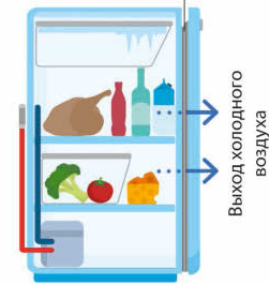
Тепловая энергия

Тепловая энергия вырабатывается в результате колебательного движения атомов в веществе. Нагревание — это передача тепловой энергии от источника к объекту, например от газовой плиты к чайнику.

ПОТЕРЯ ЭНЕРГИИ

Прибор не всегда использует для нашей цели всю потребляемую энергию. Например, лампа накаливания преобразует в свет лишь часть электрической энергии, а остальное расходуется на тепло. Если машина неисправна (скажем, дверца холодильника прилегает неплотно и выпускает холодный воздух), энергия тоже тратится напрасно.

Неисправная дверца



Преобразование солнечной энергии

Солнечная батарея содержит ряд фотоэлектрических элементов (см. с. 30). С их помощью солнечная энергия преобразуется в электрическую.



Ископаемое топливо

Около миллиарда автомобилей и других механизмов по всему миру работают на ископаемом топливе, произведенном из окаменелых останков живших некогда существ. Эти виды топлива (нефть, уголь и природный газ) являются невозобновляемыми, их запасы ограничены. При их сжигании выделяется тепловая энергия и происходит выброс парниковых газов.

ОКОЛО 40%
МИРОВОГО ВЫБРОСА
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ
ПРИХОДИТСЯ НА КИТАЙ И США



Водоснабжение

Наличие пресной питьевой воды во многих странах мира принимается как должное. Однако прежде чем достигнуть крана, вода проходит несколько этапов очистки, чтобы стать пригодной для потребления.

1 Источник воды
Очистка воды начинается с фильтрации. Фильтры очищают воду от рыб и других обитателей водоемов, а также от мусора, песка и листьев, чтобы они не попали в систему водочистки.

Процесс очистки воды

Источниками пресной воды служат реки, озера и подземные воды. В регионах, где не хватает пресной воды, опреснительные установки удаляют соль из морской воды. Вне зависимости от источника, вода очищается от способных вызвать заболевания микроорганизмов, вредных элементов и нежелательных привкусов и запахов. Только после этого вода пригодна к употреблению. Качество воды тщательно проверяется на каждом этапе очистки.



2 Коагуляция
На этом этапе вода быстро перемешивается с сульфатом аммония (коагулянт), чтобы собрать вместе оставшиеся в воде частицы.

3 Флокуляция
Повороты лопастей заставляют мелкие частицы, находящиеся в воде, слипаться в более крупные. Вместе с осадком и бактериями они оседают на дне флокуляционного бассейна, после чего очищенная вода подвергается дальнейшей обработке.

ФТОРИРОВАНИЕ

Иногда в воду добавляют фтор, который способствует восстановлению минерального состава зубной эмали. Но следует помнить, что чрезмерное употребление фтора, наоборот, может вызвать у детей разрушение эмали и плохо повлиять на цвет зубов.



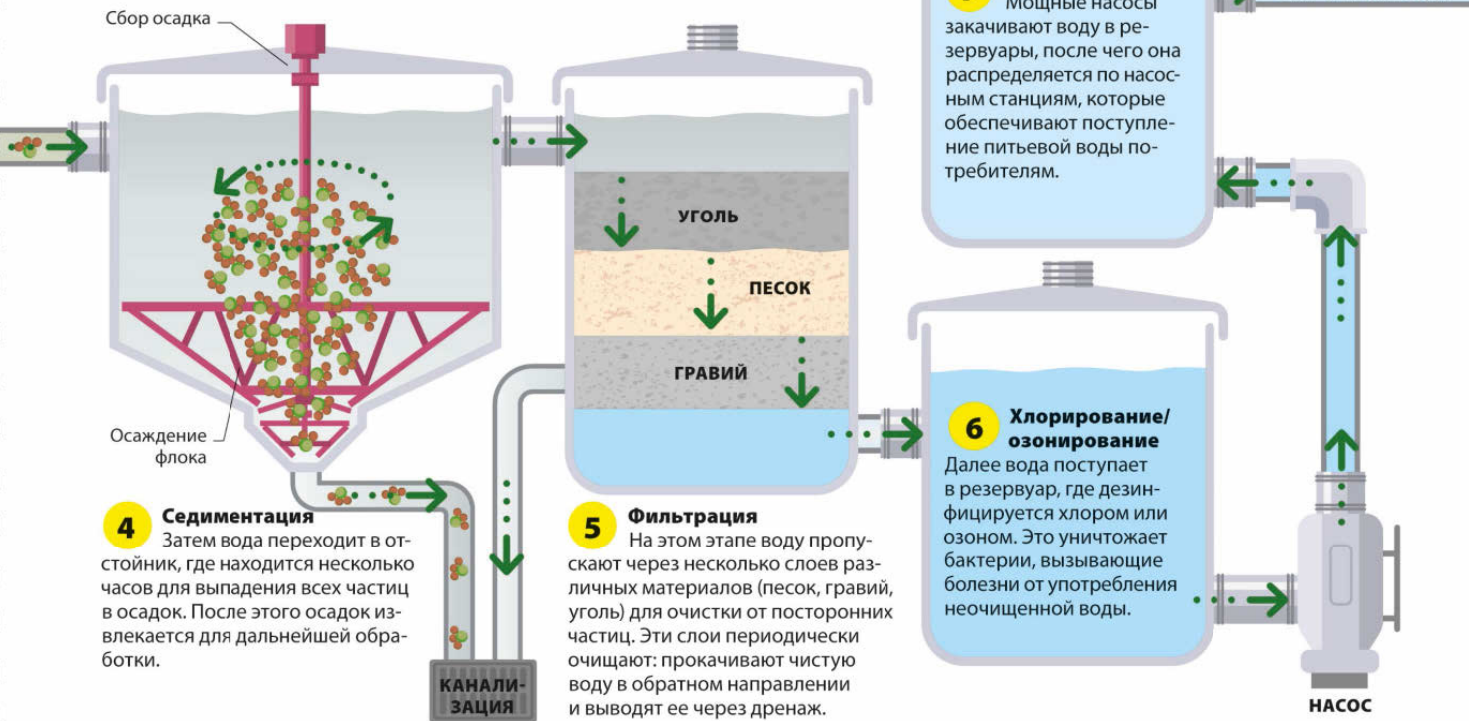
Очистка сточных вод

Сточные воды сливают из жилых домов и других объектов в канализацию. По канализационным трубам вода направляется на очистные станции, где ее фильтруют от посторонних частиц и примесей. Вода проходит несколько этапов очистки, благодаря чему в ней уменьшается содержание фосфора и азота, а также из нее удаляются отходы и вредные микроорганизмы.

1 Первичная очистка
В отстойнике отходы человеческой жизнедеятельности оседают на дно и их откачивают при помощи насоса в очистную установку. С поверхности воды удаляют жир и другие загрязнения.



ОКОЛО 844 МЛН ЧЕЛОВЕК
НЕ ИМЕЮТ ДОСТУПА
К ОЧИЩЕННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ



ЧТО ТАКОЕ
ЖЕСТКАЯ ВОДА?

Во время дождя из почвы и горных пород вымываются соединения кальция и магния, делая воду жесткой. В такой воде плохо вспенивается мыло.

Нефтепереработка

Сырую нефть извлекают из источников в земной коре и по нефтепроводам переправляют на нефтеперерабатывающие предприятия. Нефть состоит из соединений углерода и имеет много применений.

Фракционная перегонка

Углеводороды, из которых состоит сырая нефть, имеют разные температуры кипения. Именно поэтому при нагреве в ректификационной колонне нефть можно разделить на составные части — фракции. Вещества с более низкими температурами кипения собираются на более высоких уровнях башни. Каждая фракция оседает в тарелках, расположенных на определенной высоте.

5 Сбор в резервуары

Часть нефтяного пара охлаждается и конденсируется в жидкие фракции, которые собираются в тарелки на каждом уровне колонны для дальнейшего использования.

По трубе нисходящего канала жидкие фракции направляются вниз из одной тарелки в другую

4 Подъем газообразных фракций

Фракции с низкой температурой кипения продолжают подниматься по колонне, проходя через отверстия в тарелках.

Газообразные фракции поднимаются через отверстия в тарелках

3 Дистилляция

На определенной высоте и температуре кипения жидкая фракция отделяется от остальной пары, который поднимается дальше по колонне.

КОЛПАЧОК

Пар поднимается по колонне

Жидкие фракции собираются в тарелках

КОЛПАЧОКОВАЯ ТАРЕЛКА

Небольшие подвижные колпачки над отверстиями в тарелках позволяют пару подниматься и не дают жидким фракциям нефти стекать вниз.



Сжиженный нефтяной газ

Легкие углеводороды, такие как пропан и бутан, остаются в газообразном виде. Их закачивают в баллоны и используют для отопления помещений и приготовления пищи.



Легкая нефть

Эта фракция используется для получения этилена, который применяется для изготовления полиэтилена и других пластмасс.



Прямойгонный бензин

Это бензин, произведенный без дальнейшей химической обработки. В него перерабатывают около половины нефтяного сырья.



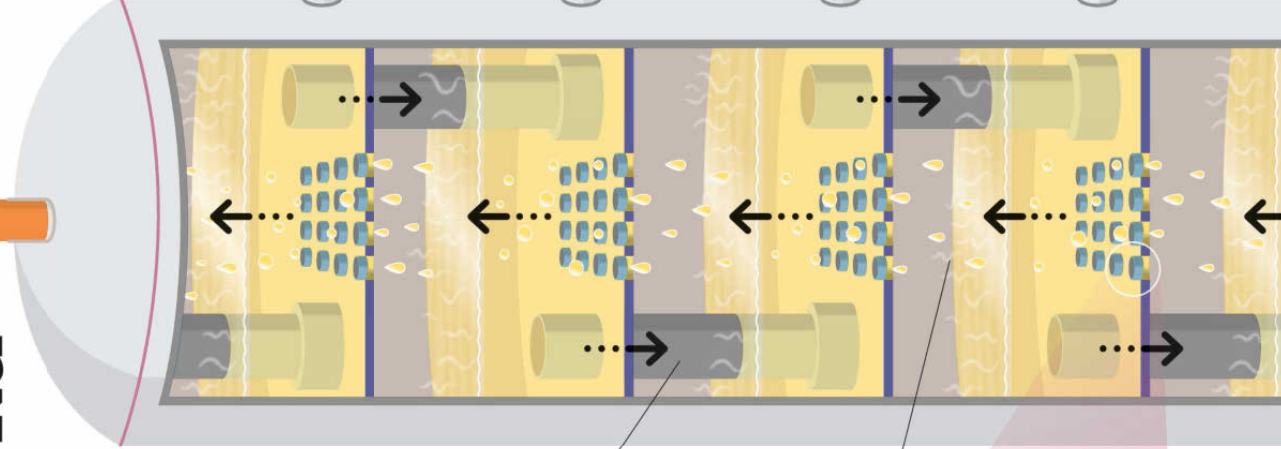
Тяжелая нефть

Эта фракция подвергается дальнейшей обработке, например путем крекинга (см. ниже), для получения бензина и других нефтепродуктов.



Керосин

Его используют в качестве нагревательного топлива. После дополнительной обработки из него можно получить топливо для реактивных двигателей.





НЕФТЕПЕРЕРА- БАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД JAMNAGAR

В ИНДИИ — ОДИН
ИЗ КРУПНЕЙШИХ В МИРЕ.
ОН ПРОИЗВОДИТ
ДО 1,24 МЛН БАРРЕЛЕЙ
НЕФТИ В ДЕНЬ

1 Сырая нефть подвергается очистке и поступает в печь

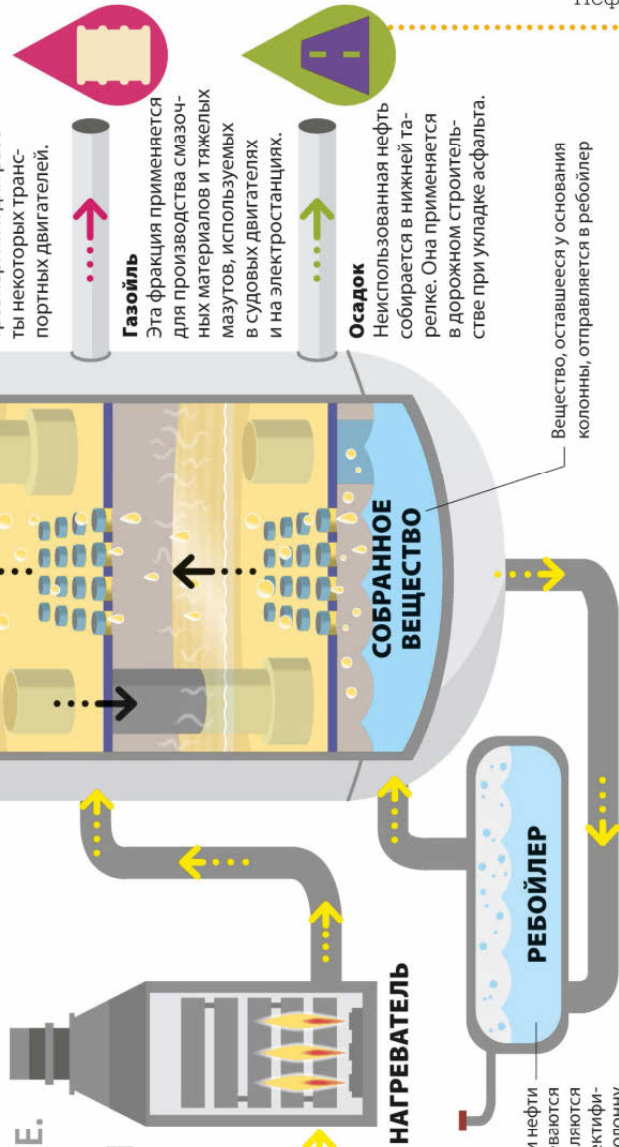
Избавленная от солей и других примесей сырая нефть отправляется в дистиляционную печь, где нагревается с помощью пара до 400 °С.

Ректификационная колонна

Ректификационная колонна представляет собой вертикальную емкость, разделенную на горизонтальные секции с тарелками, в которых собираются разные фракции нефти.

2 Жидкие фракции поступают в колонну

Разогретое сырье поступает в ректификационную колонну. Его основная масса поднимается в виде газа, а более тяжелые фракции остаются жидкими.

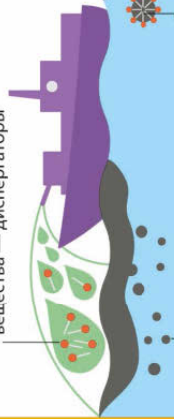


Обработка нефтяных фракций

Фракции сырой нефти, имеющие более низкие температуры кипения, огнеопасны и горят чистым пламенем. По этой причине они используются более высоким спросом, чем тяжелые фракции. Чтобы удовлетворить спрос, тяжелые фракции, состоящие из длинных цепочек молекул, преобразуют в полезные и ценные продукты с помощью крекинга. В ходе этого процесса молекулы разрушаются путем нагревания или под воздействием катализатора, например оксида кремния или оксида алюминия.

УСТРАНЕНИЕ НЕФТЯНЫХ ПЯТЕН

По воде расплываются химические вещества — диспергаторы



Растворители в составе диспергатора проникают в нефтяное пятно и готовят его к воздействию поверхностно-активных компонентов

Аварии на танкерах и утечки из нефтепроводов могут привести к выбросу сырой нефти в окружающую среду. Это наносит катастрофический ущерб экосистемам. Для очистки водоема обычно применяются плавающие барьеры и химическая обработка.



Мелкие капельки рассеиваются и впоследствии разлагаются микроорганизмами, например бактериями

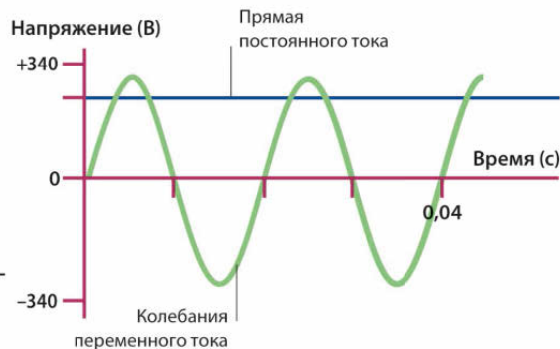
ПАВ снижают поверхностное натяжение пятна, позволяя мелким каплям отрываться от него

Генераторы

Электрогенераторы работают по принципу электромагнитной индукции. Когда катушка движется между двумя полюсами магнита, в ней вырабатывается электричество.

Постоянный и переменный ток

Генераторы производят постоянное или переменное напряжение, которое порождает постоянный или переменный электрический ток. Постоянный ток движется в одном направлении по электрической цепи. Переменный ток меняет направление множество раз в секунду. Напряжение можно изменять с помощью трансформатора. При увеличении напряжения ток и потери электроэнергии в проводах уменьшаются, в результате ток можно передавать на большое расстояние. Поэтому в электрооборудовании в основном используется переменный ток.



Переменное напряжение

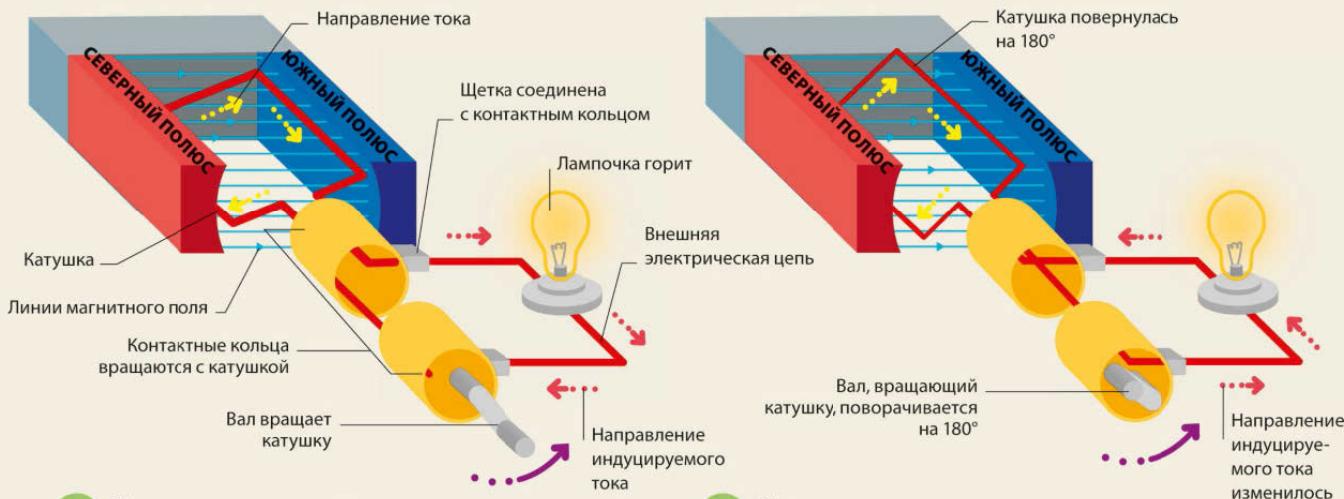
Напряжение переменного тока все время меняется, а напряжение постоянного — нет. Напряжение переменного тока должно быть выше, чем у постоянного, чтобы передавать такое же количество энергии за то же время.

Обозначения

- Переменный ток
- Постоянный ток

Генераторы переменного тока

Катушка генератора переменного тока соединена с электрической цепью с помощью контактных колец и щеток. Щетки непрерывно контактируют с цепью, проводя ток между вращающимся контактным кольцом и неподвижными проводами, подсоединенными к щеткам. При полном обороте катушки направление тока в генераторе меняется дважды.



1 Начало вращения катушки

Вал этого экспериментального генератора переменного тока приводится в движение при вращении рукоятки. Катушка вращается в магнитном поле между северным и южным полюсами магнита. Пока катушка проходит через магнитное поле, ток движется в одном направлении и достигает максимальной мощности, когда катушка находится в горизонтальном положении.

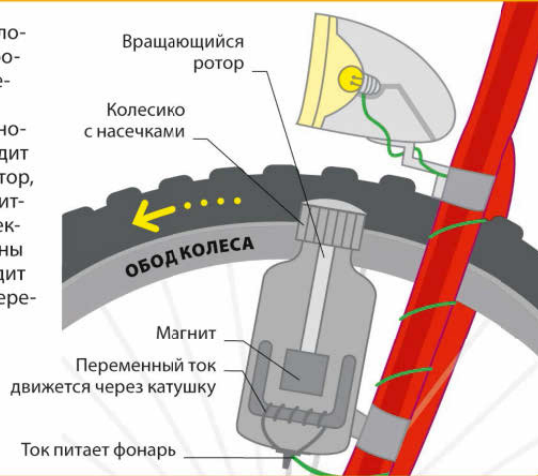
2 Изменение направления тока

При следующем повороте катушки в магнитном поле на 180° точки, которые первоначально были обращены вверх, оказались внизу. Положение катушки относительно северного и южного полюсов изменилось. Меняется также полярность напряжения на катушке и направление индуцированного электрического тока. Ток реверсирует каждые пол-оборота, проходя через контактные кольца и щетки во внешнюю электрическую сеть.



ВЕЛОГЕНЕРАТОР (ДИНАМО-МАШИНА)

Динамо-машина питает велосипедные фонари. Она работает за счет вращения колесика с насечками, которое касается обода велосипедного колеса. Колесико приводит в движение небольшой ротор, который вращается в магнитном поле, создаваемом электромагнитом. По мере смены полюсов магнита происходит изменение направления переменного тока в катушке.

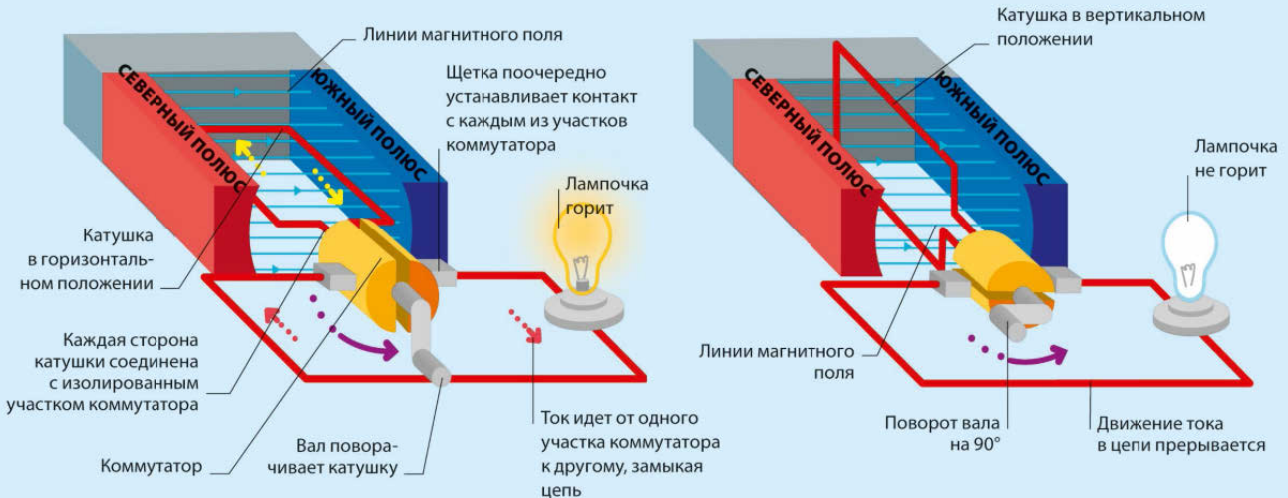


ЧТО ТАКОЕ ЧАСТОТА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА?

Это частота, с которой переменный ток меняет свое направление. Она измеряется в герцах (Гц). Один Гц — это одно изменение в секунду. В США вырабатывают электричество частотой 60 Гц, в Европе и России — 50 Гц.

Генератор постоянного тока

В генераторах постоянного тока используется устройство под названием коммутатор. Оно преобразует переменный ток в постоянный. Коммутатор разделен на два изолированных друг от друга участка. Он поддерживает ток, протекающий в одном направлении к выходной цепи, и меняет полярность в тот момент, когда меняется направление переменного тока.



1 Смена соединения

В горизонтальном положении катушки ток проходит от одного участка коммутатора к другому, а затем обратно к катушке, замыкая цепь. При каждом полуобороте катушки щетка разрывает контакт с первым сегментом и устанавливает его со вторым на противоположном конце цепи. Ток идет в одном и том же направлении при каждом повороте катушки на 180°.

2 Переменный ток

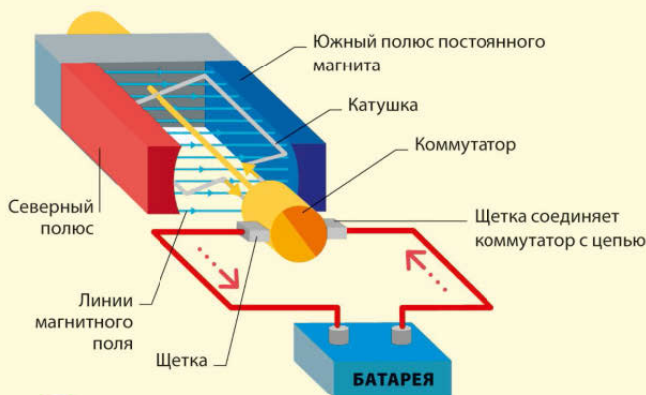
Когда катушка расположена вертикально и лишь частично находится в магнитном поле, ток не генерируется. Это значит, что постоянный электрический ток вырабатывается импульсами, а не сплошным потоком. На практике эта проблема решается за счет генераторов с несколькими катушками (одна из них всегда будет горизонтальна) и дополнительными коммутаторами.

Универсальные моторы

В универсальном электромоторе вместо постоянного магнита используют электромагнит, обмотанный проводом, через который проходит ток. Образуется магнитное поле, внутри которого вращается катушка — якорь. Якорь и его обмотка должны быть соединены последовательно. В этом случае универсальный мотор может работать как на постоянном, так и на переменном токе.

Моторы

Электромоторы используют индукцию, силу притяжения и отталкивания между электрическим током и магнитным полем для создания вращательного движения. Они различаются по размеру — от микроскопических, расположенных внутри современных гаджетов, до гигантских электростанций, обеспечивающих энергией крупные суда.



1 Ток в катушке

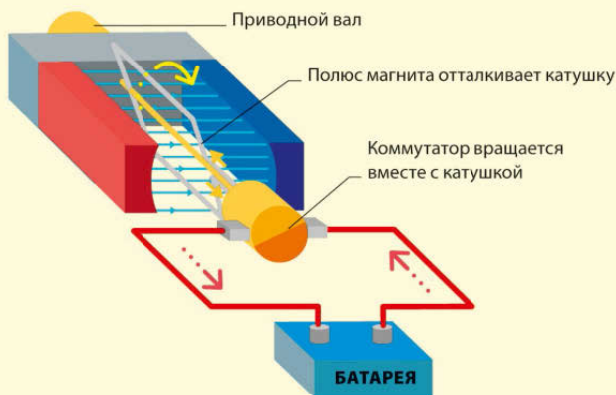
Ток циркулирует в проволочной катушке, расположенной между полюсами постоянного магнита. Катушка превращается в электромагнит.

Как устроена дрель

Большинство электродрелей приводится в действие моторами, которые позволяют регулировать скорость вращения. Часто для этого используются схемы на полупроводниковых приборах.



ЭЛЕКТРОМОТОРЫ ПОТРЕБЛЯЮТ ОКОЛО 45% ВСЕЙ ПРОИЗВОДИМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



2 Поворот катушки

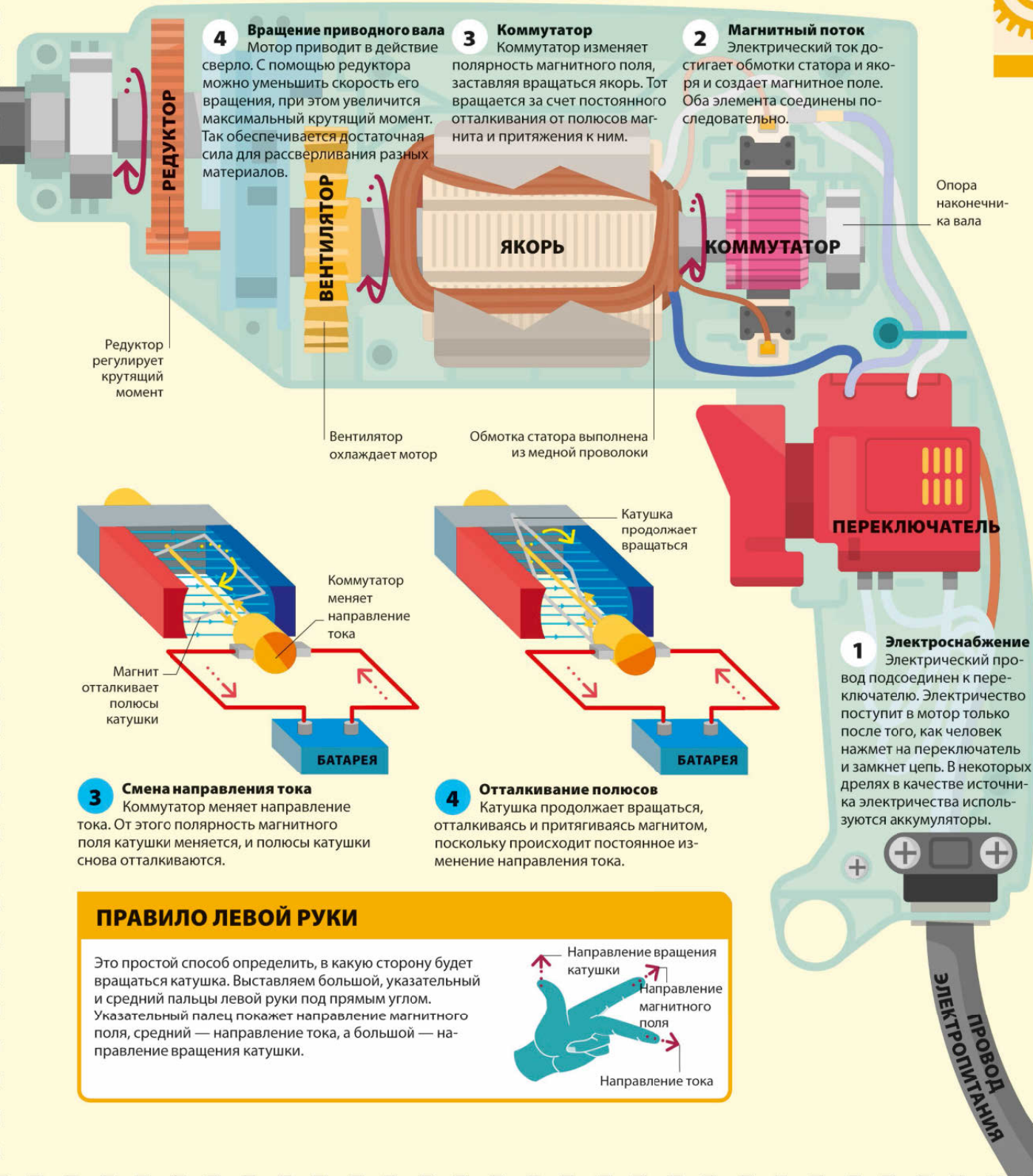
Катушка поворачивается, отталкиваясь от полюсов магнита. Каждые четверть оборота разноименные полюсы притягивают ее, заставляя делать половину оборота.

Как работает электромотор?

В большинстве моторов катушка проходит через магнитное поле, создаваемое постоянным магнитом. Циркулируя по катушке, ток превращает ее в электромагнит с двумя полюсами. Катушка поворачивается, чтобы выровняться относительно полюсов постоянного магнита. Коммутатор меняет направление тока каждые пол-оборота, чтобы сменить полюсы катушки и поддержать ее вращение. Катушка соединена с приводным валом, передающим энергию другим компонентам.

КАК БЫСТРО ВРАЩАЕТСЯ РОТОР МОТОРА?

Скорость вращения обычного мотора на постоянном токе достигает 25 тыс. оборотов в минуту (об./мин.).



4 Вращение приводного вала
Мотор приводит в действие сверло. С помощью редуктора можно уменьшить скорость его вращения, при этом увеличится максимальный крутящий момент. Так обеспечивается достаточная сила для рассверливания разных материалов.

3 Коммутатор
Коммутатор изменяет полярность магнитного поля, заставляя вращаться якорь. Тот вращается за счет постоянного отталкивания от полюсов магнита и притяжения к ним.

2 Магнитный поток
Электрический ток достигает обмотки статора и якоря и создает магнитное поле. Оба элемента соединены последовательно.

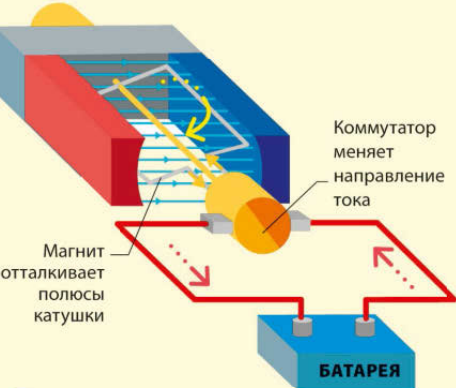
Опора наконечника вала

Редуктор регулирует крутящий момент

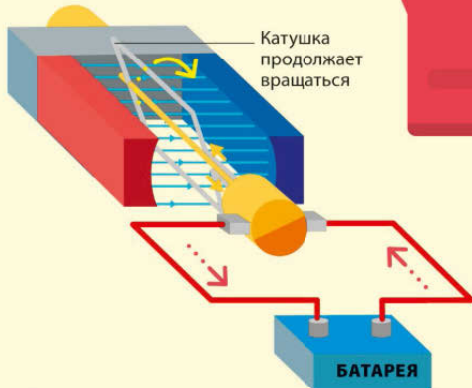
Вентилятор охлаждает мотор

Обмотка статора выполнена из медной проволоки

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ



3 Смена направления тока
Коммутатор меняет направление тока. От этого полярность магнитного поля катушки меняется, и полюсы катушки снова отталкиваются.



4 Отталкивание полюсов
Катушка продолжает вращаться, отталкиваясь и притягиваясь магнитом, поскольку происходит постоянное изменение направления тока.

1 Электроснабжение
Электрический провод подсоединен к переключателю. Электричество поступит в мотор только после того, как человек нажмет на переключатель и замкнет цепь. В некоторых дрелях в качестве источника электричества используются аккумуляторы.

ПРАВИЛО ЛЕВОЙ РУКИ

Это простой способ определить, в какую сторону будет вращаться катушка. Выставляем большой, указательный и средний пальцы левой руки под прямым углом. Указательный палец покажет направление магнитного поля, средний — направление тока, а большой — направление вращения катушки.



ПРОВОД ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Электростанции

Электричество — универсальный источник энергии. Его легко передавать на большие расстояния, и у него множество применений. Около 40% электроэнергии вырабатывается электростанциями, работающими на угле, около 20% — на природном газе.

Как работает электростанция?

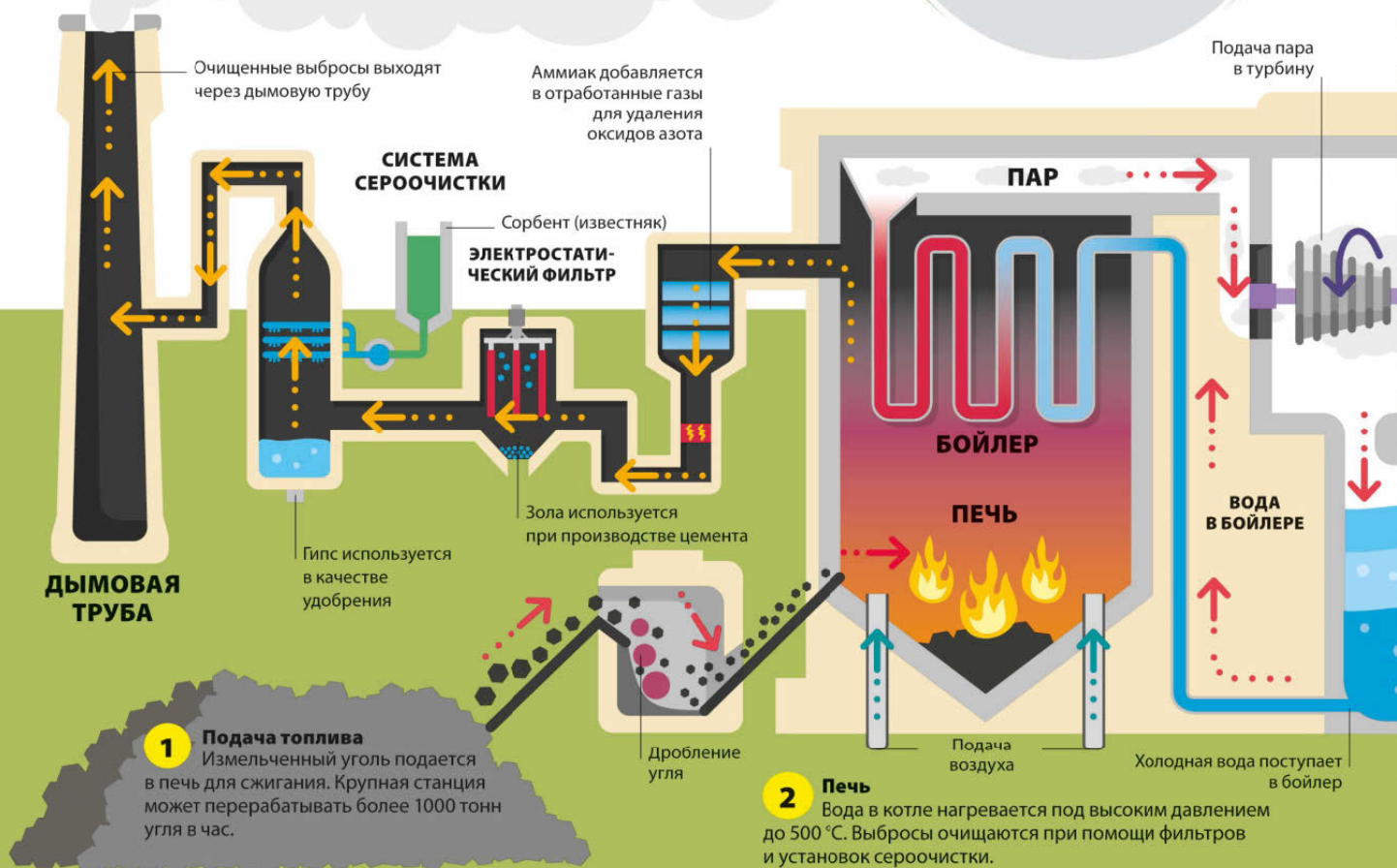
В стандартной угольной электростанции печь нагревает воду для появления пара. Пар вращает турбину, а та в свою очередь — электрогенераторы. Крупная электростанция может иметь мощность 2000 МВт. Использованный пар охлаждается, конденсируется в воду и используется повторно. Газовые выбросы очищаются, а несгоревшие примеси к топливу идут на производство шлакоблоков.



ОКОЛО 66%
ЭЛЕКТРИЧЕСТВА
В МИРЕ ПРОИЗВОДИТСЯ ПУТЕМ СЖИГАНИЯ
ИСКОПАЕМОГО ТОПЛИВА

СНИЖАЕТСЯ ЛИ ПОТРЕБЛЕНИЕ УГЛЯ?

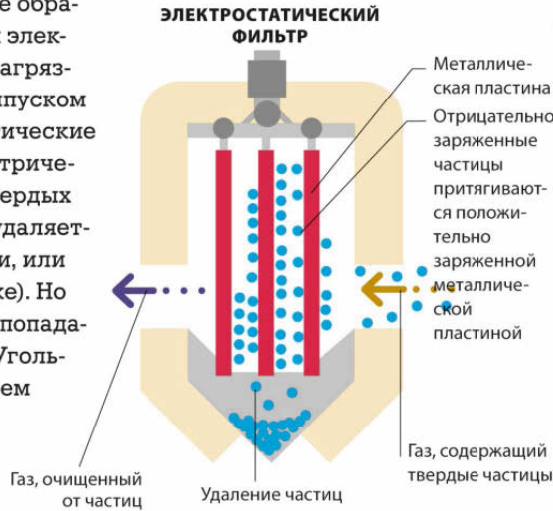
Наоборот, использование угля в последние десятилетия резко возросло. С 1970-х годов ежегодное потребление угля увеличилось более чем на 200%.





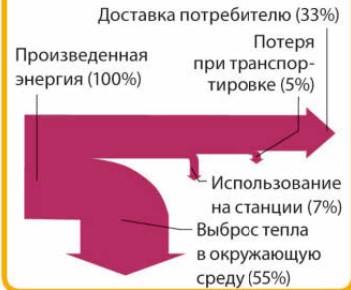
Очистка выбросов

Газовые выбросы, которые образуются в процессе работы электростанций, очищают от загрязняющих веществ перед выпуском в атмосферу. Электростатические фильтры используют электрическое поле для удаления твердых частиц, а более 95% серы удаляется системами сероочистки, или десульфуризации (см. ниже). Но вредные вещества все же попадают в окружающую среду. Угольные электростанции во всем мире в год выбрасывают около 30 млн тонн диоксида серы.



ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Только треть всей производимой энергии достигает потребителя. Потеря на электростанции составляет около 60%.



3 Турбина

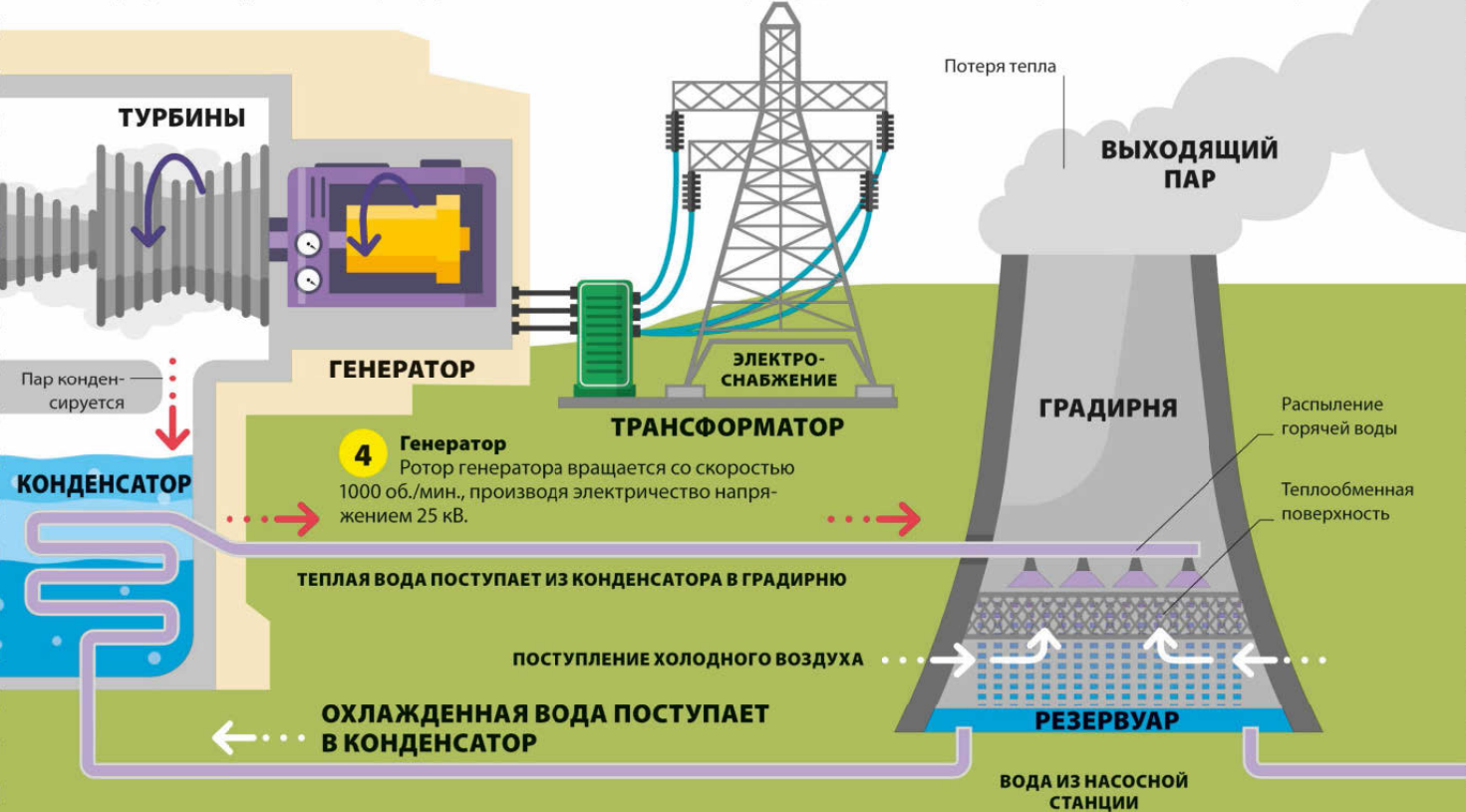
Пар под высоким давлением проходит через турбину с большой скоростью. Приводной вал передает вращательное движение генератору.

5 Электроснабжение

Повышающий трансформатор увеличивает напряжение, что позволяет уменьшить ток и потери электроэнергии при движении по линиям электропередачи.

6 Градирня

Пар охлаждается в конденсаторе, а затем отправляется в градирню, откуда вода отводится для повторного использования. При этом часть пара и тепла теряется.

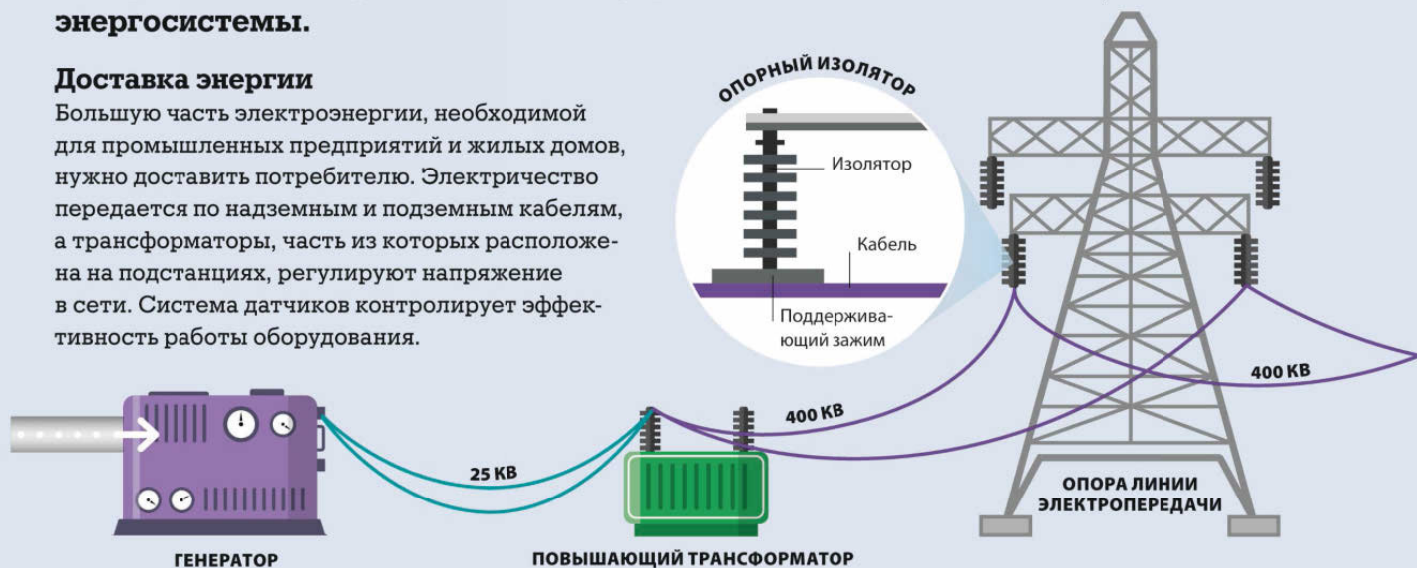


Электроснабжение

Крупные электростанции производят основную часть всей электроэнергии (см. с. 20–21), после чего она используется для снабжения домов, заводов и других объектов. Транспортировка электричества на большие расстояния осуществляется внутри единой энергосистемы.

Доставка энергии

Большую часть электроэнергии, необходимой для промышленных предприятий и жилых домов, нужно доставить потребителю. Электричество передается по надземным и подземным кабелям, а трансформаторы, часть из которых расположены на подстанциях, регулируют напряжение в сети. Система датчиков контролирует эффективность работы оборудования.



Опора линии электропередачи

Опора представляет собой высокую башню из стали и алюминия, выполненную в виде решетчатого или трубчатого каркаса. Опоры удерживают провода на безопасном расстоянии от земли. Изоляторы отделяют заземленную опору от проводов с высоким напряжением.

1 Электростанция

На электростанции генератор преобразует кинетическую энергию в электрическую. Напряжение подаваемого переменного тока (см. с. 16) составляет примерно 25 кВ.

2 Сетевая подстанция

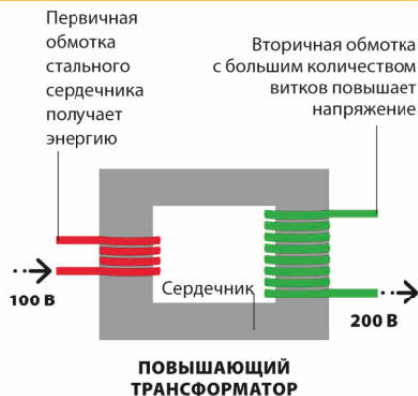
Трансформаторы этой подстанции увеличивают напряжение тока до 400 кВ. Чем выше напряжение, тем меньше энергии теряется из-за сопротивления проводов при прохождении электричества по линии электропередачи.

3 Высоковольтная опора

Опоры линии электропередачи делают из стали и алюминия. Между опорой и проводами установлены стеклянные или керамические изоляторы. Это необходимо, чтобы электричество не уходило по металлическому столбу в землю.

ТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформатор изменяет напряжение за счет явления электромагнитной индукции. Сначала переменный ток проходит через первичную обмотку вокруг стального сердечника трансформатора. При этом создается магнитное поле, которое индуцирует напряжение во вторичной обмотке. Повышение или понижение уровня напряжения зависит от количества витков обмотки. Если вторичная обмотка содержит больше витков, напряжение повышается. И наоборот, напряжение будет понижаться, если в первичной обмотке трансформатора больше витков.

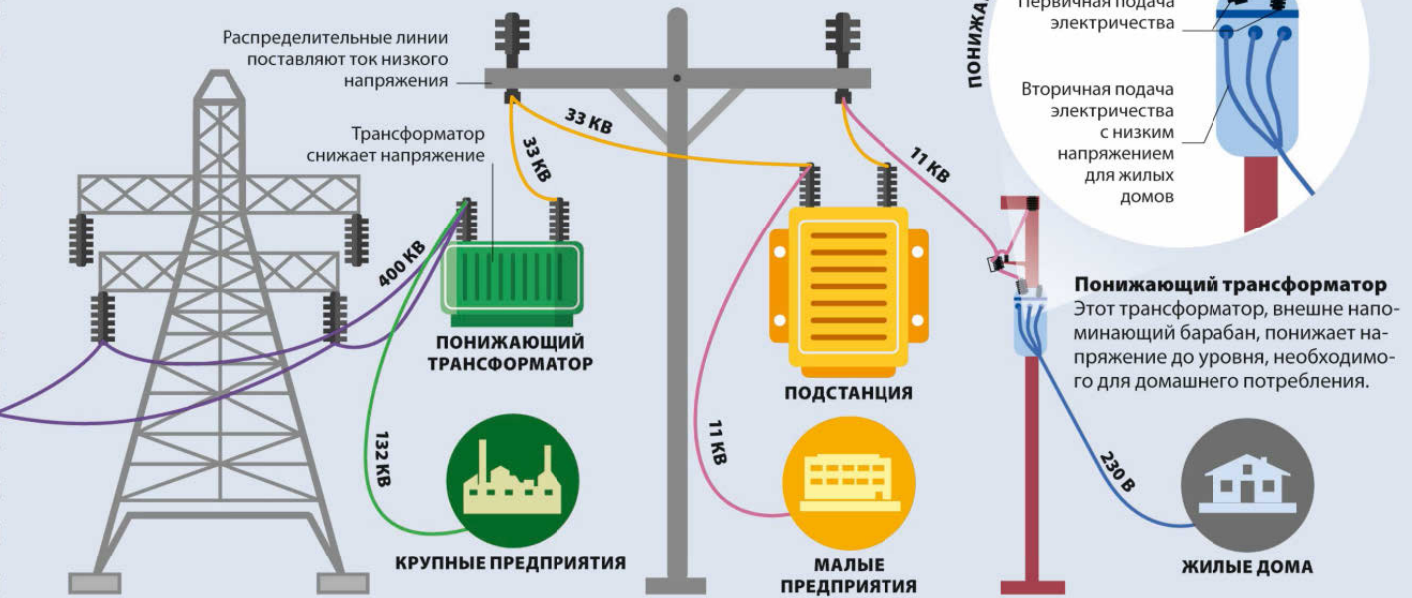


ПОЧЕМУ ПТИЦЫ МОГУТ СИДЕТЬ НА ПРОВОДАХ?

Электричество всегда течет по пути наименьшего сопротивления. Птицы хуже проводят электричество, чем провода, поэтому оно продолжает идти по линии электропередачи, минуя пернатых.



ОДНА ИЗ САМЫХ ВЫСОКИХ ОПОР ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ РАСПОЛОЖЕНА В КИТАЕ. ЕЕ ВЫСОТА СОСТАВЛЯЕТ 370 М



4 Поставка предприятиям

Одни предприятия могут принимать энергию непосредственно от высоковольтных линий электропередачи. На других заводах устанавливается трансформатор для понижения напряжения примерно до 132 кВ.

5 Распределительная подстанция

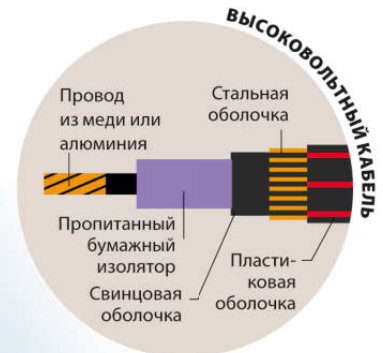
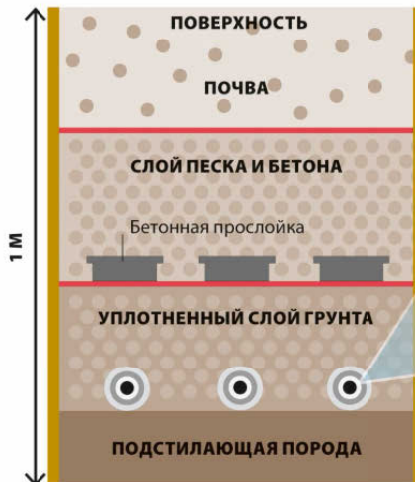
Подстанция включает в себя несколько трансформаторов, снижающих напряжение до гораздо более низкого уровня. Отсюда электричество поступает малым предприятиям и другим коммерческим потребителям.

6 Снабжение домохозяйств

Сеть электропередачи обеспечивает энергией жилые дома. Окончательное снижение напряжения происходит в трансформаторе перед подачей в электросчетчик дома.

Подземные электрические кабели

Чтобы сохранить пейзаж, линии электропередачи иногда прокладывают под землей. Такие линии требуют нескольких слоев защиты и изоляции. Кабели укладываются в траншеи. В местах соединения кабелей устанавливается дополнительная защита. Кабели также могут быть защищены слоем бетона.



Грунтовой кабель

Это специальный кабель, защищенный от воздействия почвы и влаги. Высоковольтный провод укрыт под четырьмя наружными слоями. Обычно такой кабель укладывают в траншеях глубиной около 1 м.

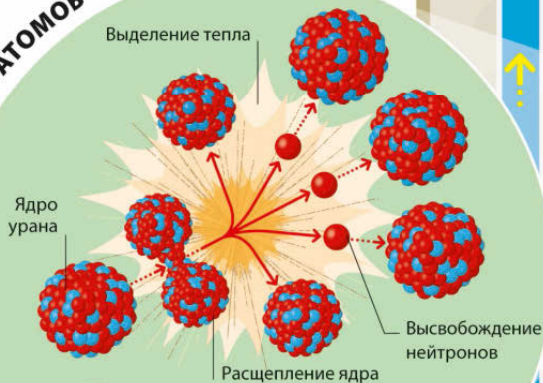
Атомная энергетика

Ядерная энергия высвобождается, когда ядра атомов либо расщепляются (ядерное деление), либо соединяются вместе (ядерный синтез). Атомные электростанции преобразуют атомную энергию в электрическую.

Расщепление атомов

Для получения энергии на атомных электростанциях используют радиоактивные элементы, например уран. При расщеплении атомов выделяется колоссальное количество тепловой энергии, которая приводит в движение паровые турбины, а те свою очередь — электрогенераторы. Выброс парниковых газов оказывается ниже, чем при сгорании природного топлива.

РАСЩЕПЛЕНИЕ АТОМОВ



2 Цепная реакция

Нестабильное ядро урана разрушается, выделяя тепло и высвобождая нейтроны. Они сталкиваются с другими ядрами, создавая цепную реакцию. При этом высвобождается колоссальное количество энергии.

Как устроен ядерный реактор

Ядерное деление происходит в реакторе, заключенном в прочный железобетонный корпус, который препятствует распространению радиации.

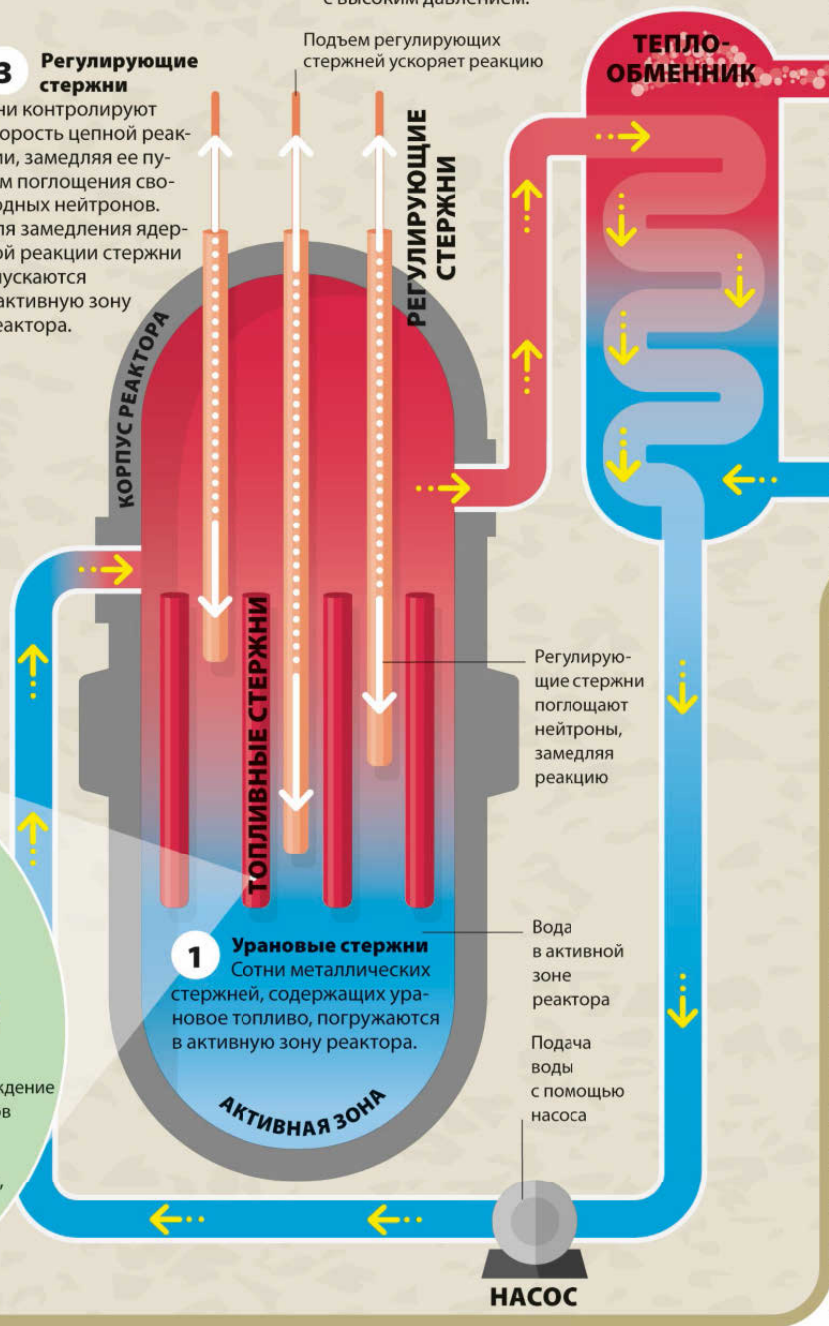
3 Регулирующие стержни

Они контролируют скорость цепной реакции, замедляя ее путем поглощения свободных нейтронов. Для замедления ядерной реакции стержни опускаются в активную зону реактора.

4 Выделение пара

Нагретая в активной зоне реактора вода поступает в теплообменник, отдавая свою энергию в замкнутую систему трубопроводов, по которым циркулирует холодная вода. Холодная вода преобразуется в пар с высоким давлением.

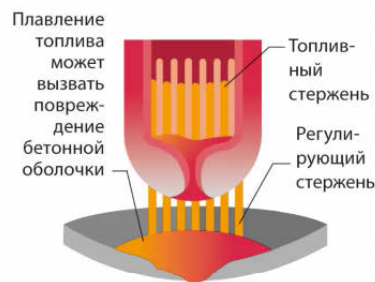
Подъем регулирующих стержней ускоряет реакцию





УТЕЧКА РАДИОНУКЛИДОВ

Сбой в системе охлаждения реактора может привести к перегреву топливных стержней. В этом случае стержни могут расплавиться и прожечь защитную оболочку, что приведет к выбросу радиации в окружающую среду. В 2011 году в результате землетрясения и цунами три реактора японской АЭС «Фукусима-дайити» частично были разрушены.



5 Запуск турбины

Турбина вращается под действием пара, выходящего под высоким давлением из теплообменника. Скорость вращения составляет примерно 1800–3600 об./мин.

6 Энергоснабжение

Турбина приводит в действие генератор, создающий электроэнергию. Трансформатор повышает напряжение, прежде чем ток будет направлен в локальную или региональную электросеть.



Атомная электростанция

Атомная электростанция состоит из ядерного реактора, паровых турбин и генератора, соединенных многочисленными системами контроля и безопасности.

1 Топливные стержни

Использованные стержни еще долго излучают огромное количество тепла и радиации. Их охлаждение занимает несколько лет.



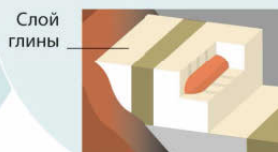
2 Утилизация

Радиоактивные отходы смешивают с расплавленным стеклом и помещают в специальные капсулы.



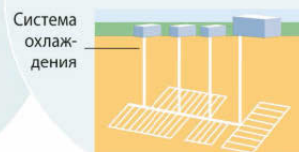
3 Глиняная изоляция

Капсулы окружают толстым слоем водоупорной глины, которая служит дополнительным барьером.



4 Захоронение отходов

Место захоронения находится на глубине 500–1000 м под землей и тщательно охраняется.



Захоронение радиоактивных отходов

Использованные стержни удаляются из реактора раз в несколько лет, но еще долго излучают радиацию. Их следует хранить особым образом. Большинство стержней первые несколько лет хранятся в бассейнах с холодной водой, а после изолируются бетоном. Несколько стран представили проекты по захоронению отходов глубоко под землей, но пока ни один из них не был реализован.

Подземное хранение

Сегодня радиоактивные отходы утилизируют при помощи технологии остекловывания с последующим захоронением в скважинах, причем температура отходов контролируется.



АТОМНАЯ СТАНЦИЯ
МОЩНОСТЬЮ 1000 МВт
ПЕРЕРАБАТЫВАЕТ ОКОЛО
27 ТОНН ТОПЛИВА В ГОД

НАПРАВЛЕНИЕ
ВЕТРА

1 Лопасти турбины
Поток ветра давит
на лопасти. Винт вращает-
ся и приводит в движение
главный вал. Разворот ло-
пастей турбины можно ре-
гулировать, чтобы менять
скорость вращения винта.

НАПРАВЛЕНИЕ
ВЕТРА

Лопасти могут
поворачиваться
вокруг своей оси

Ротор и приводной вал
вращаются по часовой
стрелке

2 Редуктор
Это самый дорогостоящий компонент
ветряной турбины. Благодаря ему скорость
вращения вала турбины возрастает с 15–40 до
1000–1800 об./мин. Этой скорости достаточно
для нормальной работы генератора.

ГОНДОЛА

Анемометр измеряет
скорость ветра

При слишком
сильном ветре
тормоз замедляет
или останавливает
лопасти

Поворотный механизм
башни всегда
разворачивает ось винта
по направлению к ветру

ЛОПАСТИ

Как работает турбина?

Лопасти турбины преобразуют
энергию ветра в механическую силу,
которая приводит в действие главный
вал генератора ветряной турбины. Ре-
дуктор и генератор находятся в корпусе
гондолы. Ветряные турбины могут работать
круглые сутки без остановок — им нужен толь-
ко ветер. Они не загрязняют атмосферу вред-
ными выбросами. Часто сеть турбин объедине-
на в большие ветряные электростанции.

Контроллер
собирает данные
о скорости ветра
и передает оператору
по линии связи

КОНТРОЛЛЕР

ГЕНЕРАТОР

Флюгер
определяет
направление
ветра

3 Генератор
Он расположен рядом
с редуктором и служит для пре-
образования механической
энергии вращения вала в элек-
трическую.

Ветроэнергетика

Веками люди использовали силу ветра для движения парусных судов и работы ветряных мельниц. Современные ветряные турбины используют возобновляемый источник энергии, превращая кинетическую энергию ветра в электрическую без сжигания ископаемого топлива и выброса парниковых газов.

ОДИН ВЕТРОГЕНЕРАТОР МОЖЕТ ОБЕСПЕЧИВАТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ БОЛЕЕ 1000 ЖИЛЫХ ДОМОВ

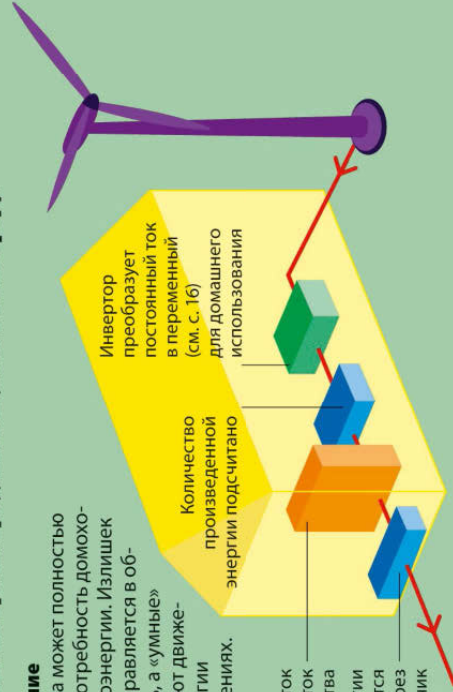
Малые энергоустановки

В некоторых зданиях для производства энергии используют отдельно стоящие или установленные на крыше компактные ветрогенераторы, часто в сочетании с другими возобновляемыми источниками энергии, например солнечными батареями. Это помогает снизить зависимость от крупных электростанций и уменьшает выбросы вредных веществ в атмосферу.

Самообеспечение

Ветряная турбина может полностью удовлетворить потребность домохозяйства в электроэнергии. Излишек энергии перенаправляется в общую электросеть, а «умные» счетчики отмечают движение электроэнергии в обоих направлениях.

Электрический ток контролирует поток электричества. Излишек энергии направляется в электросеть через «умный» счетчик



4 Электрический ток

Вырабатываемый генератором электрический ток проходит по одному или нескольким силовым кабелям внутри башни турбины.

5 Повышение напряжения

Повышающий трансформатор увеличивает напряжение электрического тока. Теперь его можно использовать на месте либо отправить потребителям по проводам электросети.

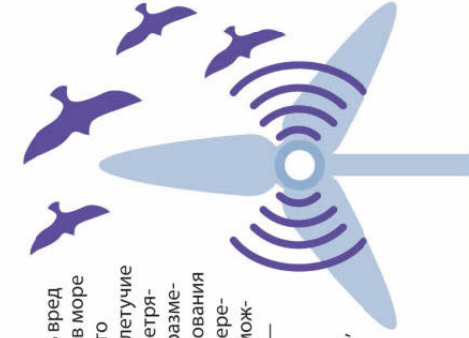
КАБЕЛЬ

БАШНЯ

ПОВЫШАЮЩИЙ
ТРАНСФОРМАТОР

ВЛИЯНИЕ НА ЭКОСИСТЕМУ

Строительство ветряных турбин может причинить вред некоторым экосистемам в море и на суше, но больше всего от них страдают птицы и летучие мыши. Именно поэтому ветряные турбины стараются размещать вдали от мест гнездования и маршрутов миграции перелетных птиц. Другое возможное решение проблемы — устанавливать рядом с ветряными турбинами акустические устройства, которые отпугивают птиц и летучих мышей громкими звуками.



Гидро- и геотермальная энергетика

Энергию движения воды и тепла земной коры также можно использовать для производства электричества. Это стабильные и экологически чистые источники энергии, но они требуют крупных инвестиций в инфраструктуру.

Энергия приливов

Гидроэнергетика использует кинетическую энергию морских течений и приливов, переводя ее в электроэнергию при помощи турбин. Как и в случае с ветрогенераторами, это могут быть отдельно стоящие гидротурбины, а могут быть крупные гидроэлектростанции с плотинами. Обычно их строят в устьях рек или заливах.



Гидроэнергетика

Чтобы привести турбины в движение, гидроэлектростанции (ГЭС) используют энергию водного потока, падающего с высоты или быстро текущего по руслу. Затем генератор переводит механическую энергию вращения лопастей в электрическую.

- 2 Выработка энергии**
Вода с большой скоростью проходит через турбину, вращая ее лопасти. Турбина вращает вал генератора, который производит электрический ток.





ОПАСНОСТЬ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

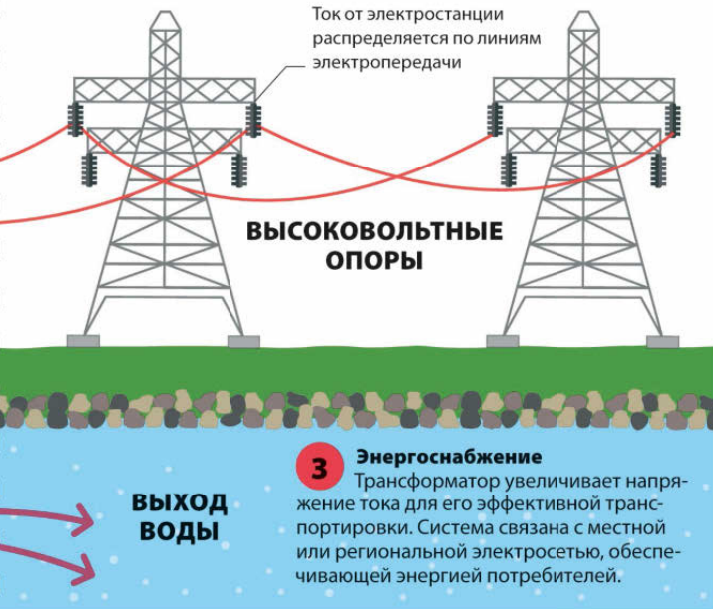
Некоторые геотермальные станции закачивают в земную кору воду под высоким давлением для создания разрывов в породе. Благодаря этому жидкость перемещается по большей территории и увеличивается площадь теплообмена. Однако были случаи, когда этот метод становился причиной неконтролируемой сейсмической активности. В 2006 году геотермальная станция в Базеле (Швейцария) стала причиной возникновения небольшого землетрясения магнитудой 3,4. Одиннадцать лет спустя от землетрясения магнитудой 5,4 в Пхенчхане (Южная Корея) пострадало 82 человека. Исследования показали, что причиной могла стать работа местной геотермальной станции.

ПЛОТИНА ИТАЙПУ НА ГРАНИЦЕ ПАРАГВАЯ И БРАЗИЛИИ НА 76% ОБЕСПЕЧИВАЕТ ПОТРЕБНОСТИ ПАРАГВАЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



Постоянный поток

Для постоянной выработки энергии ГЭС необходим непрерывный сильный поток воды. Во время низкого спроса на электроэнергию некоторые гидроэлектростанции тратят излишки энергии на то, чтобы закачать выпущенную воду обратно в водохранилище.



Геотермальная энергия

Тепло от горячих подземных пород можно применять разными способами. Первый вариант — использовать подземные воды напрямую, второй — перекачивать их через геотермальную установку для преобразования энергии тепла в электричество. У таких электростанций выбросы существенно ниже, чем у тепловых электростанций, работающих на угле.

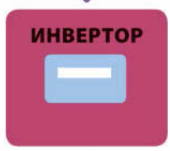
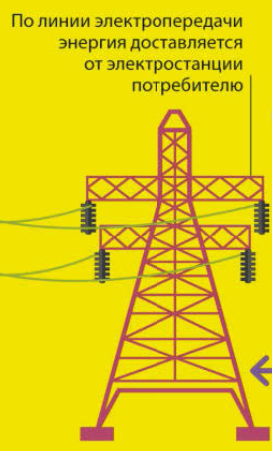




1 Использование солнечной энергии
 Солнечный свет состоит из фотонов. Попадая на фотоэлектрические элементы солнечной панели, они передают энергию электронам, которые затем проходят через внешнюю цепь, преобразуя энергию в электрический ток.

Солнечная энергия
 Энергию солнечного света можно использовать несколькими способами. С помощью солнечных коллекторов нагревается вода в трубах. Фотоэлектрические панели из легированного кремния, проводящего электричество, преобразуют энергию Солнца в электрический ток (см. слева). Это возобновляемая энергия, полученная без вредных выбросов. Подсчитано, что использование фотоэлектрической системы существенно снижает выброс парниковых газов.

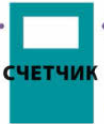
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ
СОЛНЕЧНАЯ ПАНЕЛЬ



2 Преобразование тока
 Инвертор преобразует постоянный ток в переменный, который можно использовать в жилых домах и местных энергосистемах.

3 Распределение энергии
 Электричество распределяется от щитка по всему дому. Если энергии солнечной батареи не хватает, можно восполнить недостаток электроэнергии из местной сети.

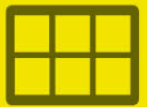
ЩИТОК



4 Сбор данных
 «Умный» счетчик измеряет количество как произведенной, так и потребленной энергии.



5 Электросеть
 Избыточная электроэнергия, выработанная солнечными батареями, направляется в общую сеть.



САМЫЕ КРУПНЫЕ В МИРЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ РАСПОЛОЖЕНЫ В ИНДИИ, КИТАЕ, ОАЭ И США

Солнечная и биоэнергия

Есть много сфер применения солнечной энергии — от нагрева воды до выработки электричества с помощью солнечных батарей. Биомасса — органическое вещество, продукт жизнедеятельности растений и животных — еще один ценный источник энергии.



Сточные воды

Сточный осадок перерабатывается анаэробными, то есть не потребляющими кислорода, бактериями. В процессе выделяются метан и другие газы, которые можно очистить и использовать в качестве топлива.



Промышленные отходы

Некоторые отходы промышленного производства, в частности переработки древесины и бумаги, богаты органическими веществами и могут использоваться в качестве топлива для электрогенераторов.



Сельское хозяйство

Такие культуры, как рапс, сахарный тростник, свекла и некоторые другие, можно специально выращивать для переработки в биотопливо. Обычно под них отводят участки с низкой сельскохозяйственной ценностью.



Лесное хозяйство

Древесина — один из древнейших видов топлива, который тысячи лет приносит людям свет и тепло. Бревна, щепки и опилки — источник более трети всей получаемой человеком биоэнергии.



Отходы животноводства

Останки животных могут использоваться как биомасса, а навоз — для производства богатого метаном биогаза.



Бытовые отходы

Часть бытовых отходов сжигается для производства тепла и электроэнергии. Дополнительный плюс этого метода в том, что потребуются меньше места для свалок.

Биоэнергия

Биоэнергия добывается путем сжигания биомассы (органического вещества, включая отходы переработки растений) на электростанциях или путем преобразования побочных продуктов в биотопливо. Биомасса — возобновляемый источник энергии, так как собранный урожай или деревья можно вырастить заново. Но повсеместно использовать биоэнергию проблематично, поскольку для этого нужны большие участки пахотных земель, которые сейчас используются для производства продуктов питания.

ЭТАНОЛЬНОЕ ТОПЛИВО

Этанол — это спирт, который производят из сахаров, содержащихся в сельскохозяйственных культурах, включая сахарный тростник, кукурузу и сорго. В Бразилии — мировом лидере по производству этанольного биотоплива — более 80% новых автомобилей и почти половина всех мотоциклов работают на этаноле или на смешанном бензиново-этанольном топливе.



Батареи и аккумуляторы

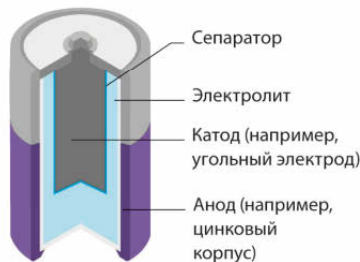
Батарея и аккумулятор — портативные накопители химической энергии, которую можно преобразовать в электрическую. Батареи одноразовые, а аккумуляторы можно перезаряжать.

ОТРАБОТАННЫЕ БАТАРЕИ СОДЕРЖАТ ЦИНК И МАГНИЙ. ЭТИ ЭЛЕМЕНТЫ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ КАК УДОБРЕНИЕ ДЛЯ КУКУРУЗЫ



Как работает батарея?

В батарее происходят химические реакции, в результате которых высвобождаются электроны из атомов металла. Отрицательные ионы переносят электроны через электролит. При замыкании цепи электроны возвращаются к катоду в виде электрического тока. Это преобразование химической энергии в электрическую энергию называется разрядом.



Что внутри батареи

Батарея состоит из положительно заряженного электрода (катода) и отрицательно заряженного электрода (анода), разделенных электролитом — проводящим электричество веществом.

4 Возврат электронов

Электроны возвращаются в батарею через катод. Батарея работает до тех пор, пока запас химических веществ не будет исчерпан.

3 Поток электронов

Электроны проходят от анода к катоду по внешней цепи, создавая электрический ток. Его можно использовать для питания электрического устройства.

Лампочка, подключенная к цепи, загорается

1 Химическая реакция

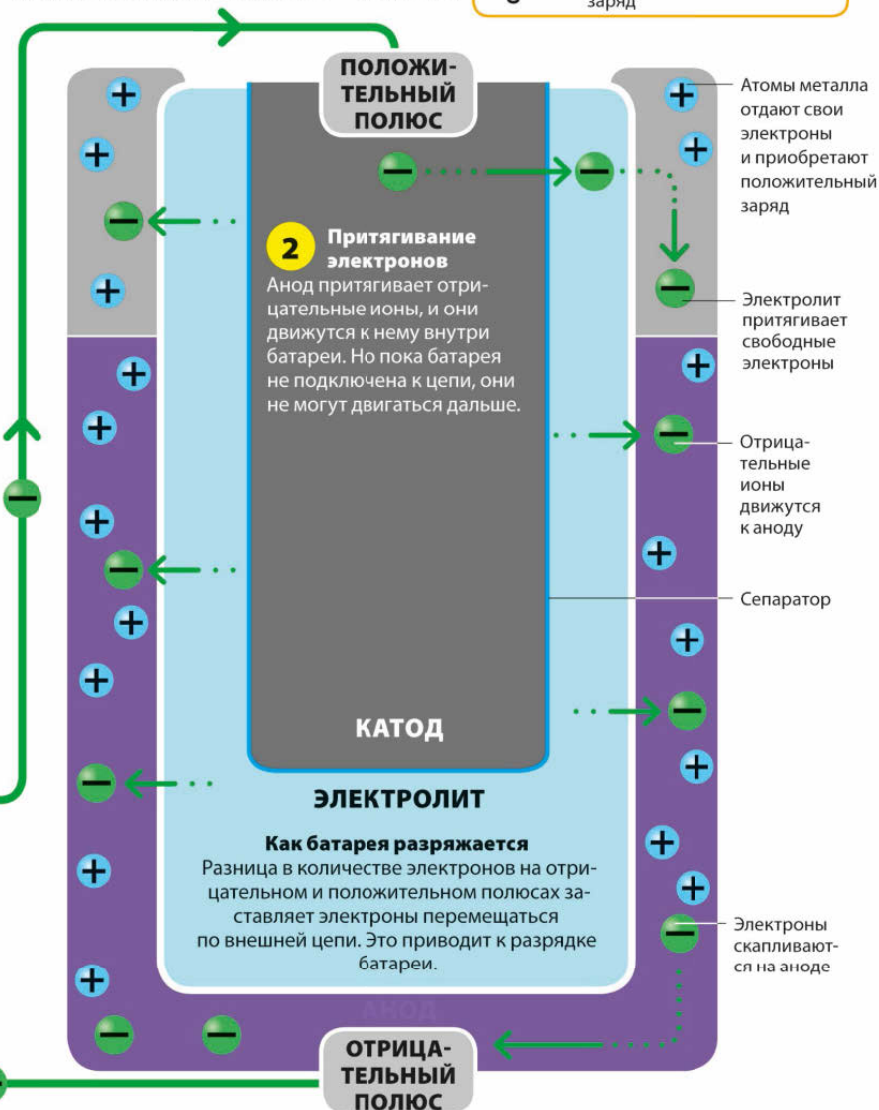
Когда батарея подключена к электрической цепи, из атомов металла в ней путем химической реакции высвобождаются электроны. Их притягивает химическое вещество — электролит.

2 Притягивание электронов

Анод притягивает отрицательные ионы, и они движутся к нему внутри батареи. Но пока батарея не подключена к цепи, они не могут двигаться дальше.

Как батарея разряжается

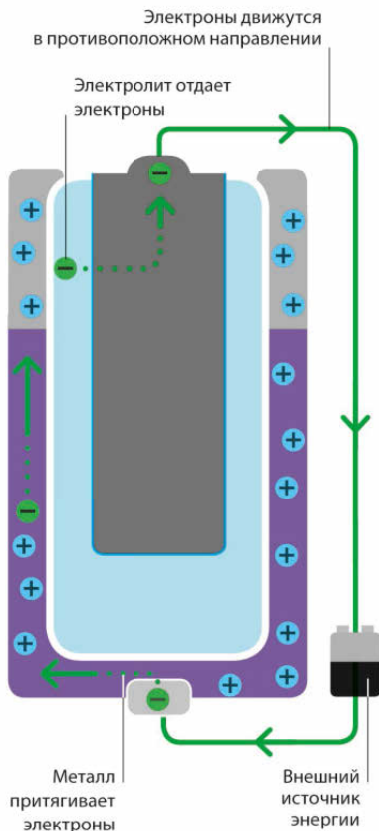
Разница в количестве электронов на отрицательном и положительном полюсах заставляет электроны перемещаться по внешней цепи. Это приводит к разрядке батареи.





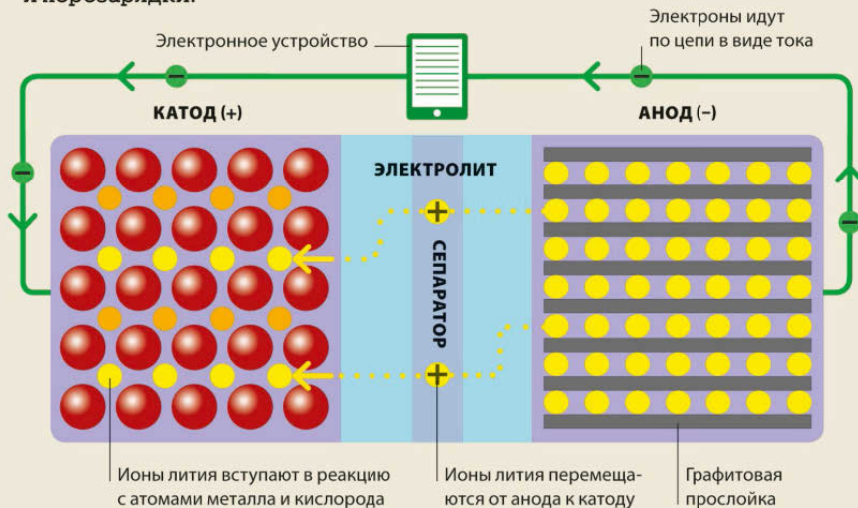
Как заряжается аккумулятор

Когда аккумулятор подключен к зарядному устройству, через него пропускается ток в противоположном направлении. Это возвращает электроны в первоначальное положение. В результате аккумулятор заряжается.



Литий-ионные аккумуляторы

Такие аккумуляторы используются в смартфонах и других устройствах и машинах, включая электромобили. Высокоактивный металл литий заключает в себе большое количество энергии. Небольшая масса и высокая энергоемкость лития — удачное сочетание для мощного аккумулятора. Он выдерживает сотни циклов разряда и перезарядки.



Как работает литий-ионный аккумулятор?

Во время разрядки ионы лития движутся к катоду через электролит, а свободные электроны — через внешнюю цепь, вырабатывая энергию. Во время зарядки батареи ионы и электроны движутся в обратную сторону.

Обозначения

- Металл
- Кислород
- Литий

КАКОЙ АККУМУЛЯТОР САМЫЙ МОЩНЫЙ В МИРЕ?

Гигантский литий-ионный аккумулятор Tesla, расположенный в Южной Австралии, занимает целый гектар. Он может выдавать мощность 129 МВт в течение часа (см. с. 10).

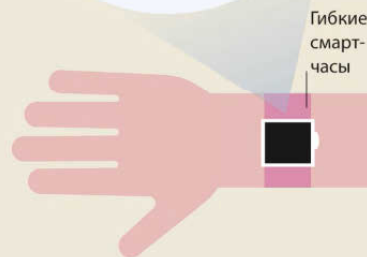
Батареи будущего

Множество научных исследований направлено на разработку новых батарей. Одна из новинок — батарея, работающая на более дешевом щелочном металле, например натрия. Некоторые типы батарей быстрее заряжаются — это особенно удобно для применения в транспорте. Новые батареи могут быть плоскими и гибкими.



Суперконденсатор

Иногда для хранения электрической энергии можно использовать так называемые «суперконденсаторы», или «ионисторы». В них заряд накапливается в виде слоя ионов.



Топливные элементы

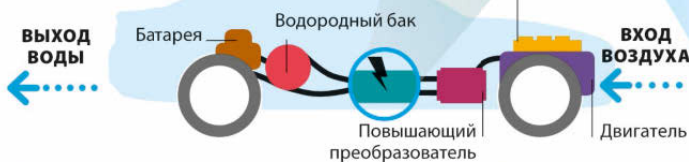
Топливные элементы вырабатывают электричество в результате химической реакции взаимодействия топлива и кислорода. Водородные топливные элементы применяют на транспорте и в электронных устройствах.

Как работает топливный элемент

Топливный элемент производит электрический ток, который может питать двигатели и электронные устройства. Водородные топливные элементы производят электричество без сжигания топлива и образования опасных выбросов. Единственный побочный продукт их работы — вода. Сегодня на кислороде из воздуха и водороде во внутреннем баке электромобиль может проехать до 480 км.

Автомобиль на водородном двигателе

Топливные элементы вырабатывают электричество, постоянное напряжение которого повышается полупроводниковым преобразователем перед подачей в двигатель.

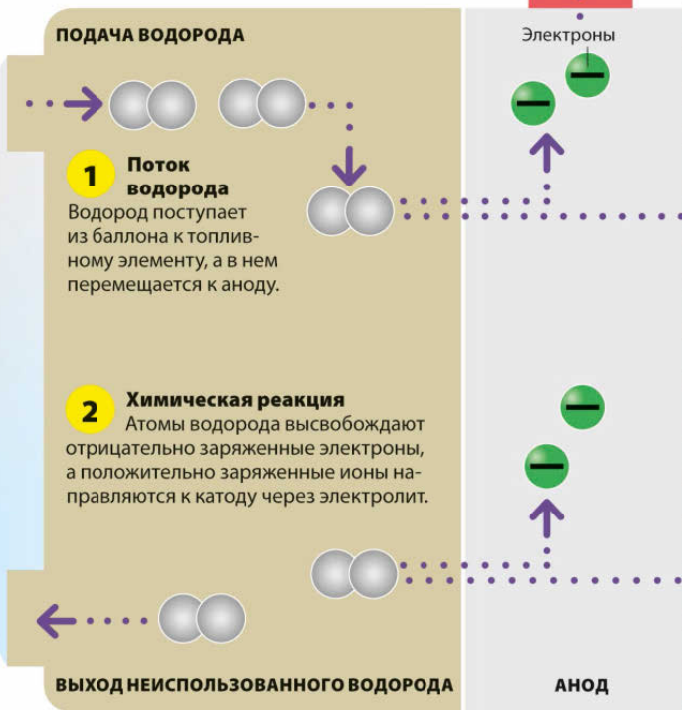


ЯЧЕЙКА ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Блок питания направляет электричество из батареи в двигатель

Как устроен топливный элемент

По своему устройству топливный элемент похож на батарею (см. с. 32–33). Поток электронов движется от анода к катоду и создает электрический ток, который питает автомобиль.



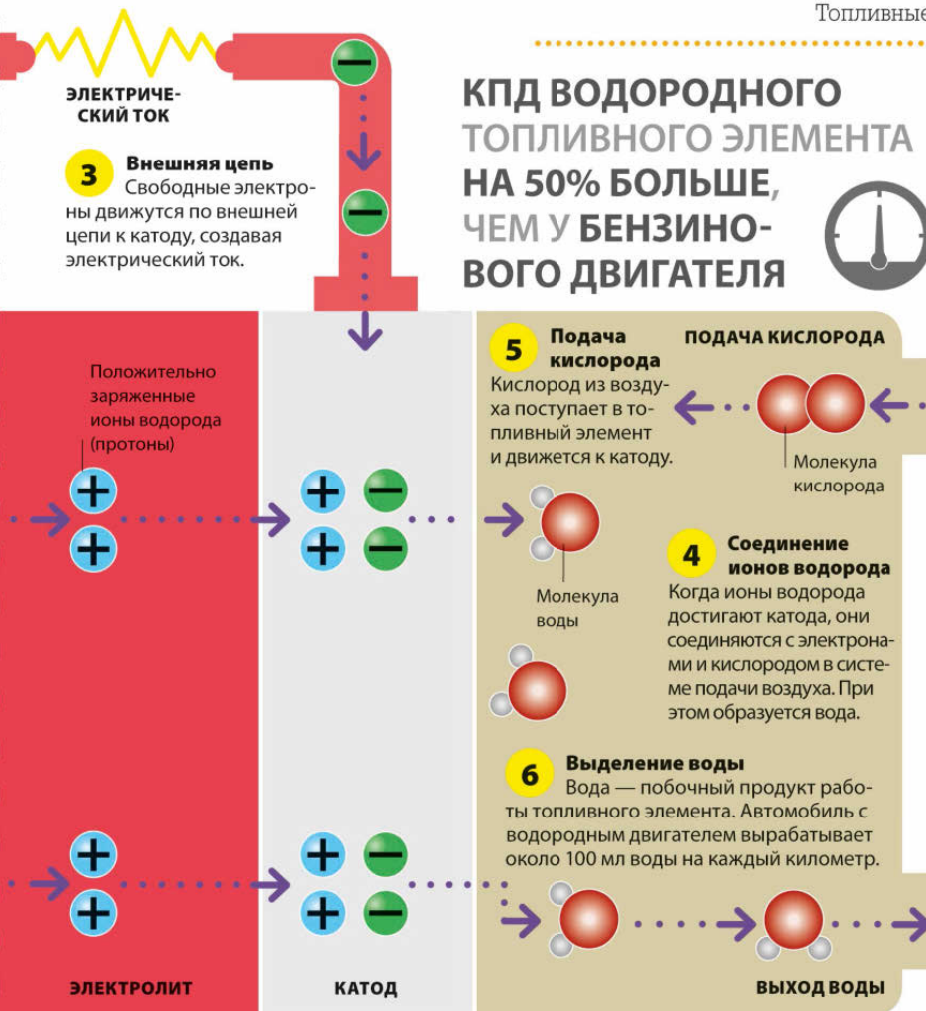
Источники водорода

Большая часть водорода производится из ископаемых видов топлива, например природного газа. Самый распространенный метод получения водорода — паровой риформинг метана. Однако в ходе этого процесса идет выброс углекислого газа. Другой подходящий метод — электролиз. Он не дает вредных выбросов, но требует огромных ресурсов.

Паровой риформинг метана

Метан и пар вступают в реакцию с образованием газов, которые направляются в реактор конверсии. На выходе получаются водород и углекислый газ. После очистки образуется чистый водород.





ПРИМЕНЕНИЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

У этой технологической новинки много потенциальных применений. Уже сейчас она широко используется в космосе и на Земле. К тому же она не дает вредных выбросов.



Транспорт

На топливных элементах уже работает огромное количество экологически чистых автобусов, погрузчиков, трамваев и автомобилей.



Военная техника

Топливные элементы питают электронные устройства, которыми пользуются военнослужащие, и беспилотники.



Портативные устройства

Возможно, в будущем топливные элементы смогут питать планшеты, смартфоны и другие гаджеты.



Космос

Топливные элементы — источник энергии для космических аппаратов. К тому же в процессе работы они производят пресную воду.



Авиация

Экспериментальные самолеты работают на топливных элементах, но в крупных авиалайнерах это резервный источник энергии.

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КОСМОСЕ

Топливные элементы впервые были использованы во время космической миссии «Джемини» в 1965–1966 годах. Кроме того, три водородных элемента, размещенных в служебном модуле, обеспечивали электроэнергией корабль пилотируемой миссии «Аполлон» при посадке на Луну (1969–1972 годы). Каждый элемент состоял из 31 последовательно соединенной ячейки. Топливные элементы «Аполлона» оказались весьма эффективными. Они генерировали мощность до 2,3 кВт и, занимая минимум пространства, оказались гораздо продуктивнее солнечных батарей.

Топливные элементы размещались в служебном модуле



СЛУЖЕБНЫЙ МОДУЛЬ КОРАБЛЯ «АПОЛЛОН»

ТАК ЛИ БЕЗОПАСЕН ВОДОРОД?

Конечно, существуют риски относительно водорода, ведь он чрезвычайно огнеопасен. Однако соблюдение мер безопасности на производстве и при эксплуатации, а также ударопрочные корпуса элементов сводят их к минимуму.