

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Вокруг нас постоянно находится большое количество электрических двигателей. Можно даже сказать, что мы окружены электродвигателями или моторами. Многие из предметов бытовой техники, используемые нами практически каждый день (например, кондиционер или пылесос), работают благодаря электрическим двигателям. Во внешнем мире мы тоже постоянно сталкиваемся с работающими от электродвигателей механизмами, такими как автомобили, лифты и т. д. Кроме того, даже необходимые для жизни вода и газ поставляются в наши дома с помощью насосов и компрессоров, работающих от электрических двигателей. Так что наша современная жизнь просто невозможна без электрических двигателей.

Говорят, что в последнее время около 70% всех производимых в мире электродвигателей выпускаются японскими производителями. Так что можно сказать, Япония – это империя электрических двигателей. А японские технологии в области производства электрических двигателей являются лидирующими в современном мире.

Растёт количество электрических двигателей в мире, и вместе с тем растёт и количество людей, желающих понимать принципы работы и применения электродвигателей. Однако мне часто приходилось слышать от людей, не являющихся техническими специалистами, что книги о электрических двигателях трудны для понимания. Почему это так? Работа электрических двигателей осуществляется благодаря электрическим и магнитным явлениям. Ни того, ни другого мы не можем увидеть глазами. А невидимые глазом явления, как ни объясняй их словами или формулами, всё-таки довольно трудно себе представить. Поэтому, чтобы сделать лёгкими для понимания принципы работы и устройство электрических двигателей, нужны не текст, не формулы, а картинка. Но не одни только картинки, а манга, где рисунки используются для наглядного объяснения. И как раз в этой книге с помощью манги мы расскажем о принципах работы электрических двигателей (небольшие двигатели часто называют моторами). Здесь мы подробно рассмотрим часто использующиеся в современном мире электродвигатели постоянного тока, бесщёточные электродвигатели, а также синхронные и асинхронные электрические двигатели.

Дисциплина, изучающая электрические двигатели, называется «Электрооборудование». Учебники по электрооборудованию довольно сложны даже для студентов-электриков. Эту же книгу мы делали с таким намерением, чтобы она разъясняла основы электрических двигателей языком, понятным широкому кругу людей.

Выпуск манги – это самый настоящий производственный процесс. Этот процесс состоит из переработки текста в сценарий, создания иллюстраций, редактирования и, наконец, печати. И если бы не тщательная работа людей, отвечающих за каждый из этапов, у нас бы не получилось такой замечательной манги. Эта книга – результат командной работы большого количества людей. Мы надеемся, что после ее прочтения вы полюбите электрические двигатели. И для этого совсем не обязательно становиться моторным фанатиком.

# СОДЕРЖАНИЕ

Пролог.

**ГОТОВЬТЕСЬ СЛУШАТЬ, КАКИЕ ДВИГАТЕЛИ КРУТЫЕ! . . . 1**

## **1. ВСЯКИЕ РАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ . . . 9**

1.1. ГДЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ? . . . . . 10

1.2. ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ . . . . . 20

1.3. ЭВОЛЮЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ . . . . . 24

**ДОПОЛНЕНИЕ**

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ XXI ВЕКА . . . . . 33

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ . . . . . 34

## **2. ЧТО ЖЕ ИЗ СЕБЯ ПРЕДСТАВЛЯЕТ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ? . . . . . 37**

2.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ – ЭТО . . . . . 38

2.2. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ . . . . . 43

2.3. ПРИНЦИП ВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ . . . . . 45

2.4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ . . . 53

2.5. МОМЕНТ СИЛЫ . . . . . 56

**ДОПОЛНЕНИЕ**

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ . . . . . 60

ПОЧЕМУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ ВРАЩАЮТСЯ . . . . . 62

ВЫЧИСЛЕНИЕ МОМЕНТА СИЛЫ . . . . . 66

## **3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА . . . . . 69**

3.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМОТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА . . . . . 70

3.2. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОМОТОРА ПОСТОЯННОГО ТОКА . . . . . 75

<b>3.3. УПРАВЛЕНИЕ ВРАЩЕНИЕМ В ЭЛЕКТРОМОТОРАХ</b>	
ПОСТОЯННОГО ТОКА . . . . .	79
<b>ДОПОЛНЕНИЕ</b>	
ПОЧЕМУ ВРАЩАЮТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА? . . .	84
КОНСТАНТА МОМЕНТА СИЛЫ И КОНСТАНТА ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ. . .	86
ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА ЦЕПИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОТОРА ПОСТОЯННОГО	
ТОКА И СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ТАКИМИ ЭЛЕКТРОМОТОРАМИ . . . . .	87
<b>4. БЕСЩЁТОЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОТОРЫ . . .</b>	<b>89</b>
4.1. ЩЁТКИ – ЭТО . . . . .	90
4.2. ПРИНЦИП РАБОТЫ БЕСЩЁТОЧНОГО ЭЛЕКТРОМОТОРА . . . . .	97
4.3. УСТРОЙСТВО БЕСЩЁТОЧНОГО ЭЛЕКТРОМОТОРА . . . . .	103
<b>ДОПОЛНЕНИЕ</b>	
ФУНКЦИЯ ЩЁТОК . . . . .	107
ЗА СЧЁТ ЧЕГО РАБОТАЮТ БЕСЩЁТОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОМОТОРЫ. . . . .	108
ЗАМЕНА ЩЁТОК ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕМ . . . . .	109
ДАТЧИК В БЕСЩЁТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМОТОРАХ . . . . .	110
НАЗВАНИЕ «БЕСЩЁТОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОМОТОРЫ» . . . . .	114
<b>5. СИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ . . . . .</b>	<b>115</b>
5.1. ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК . . . . .	116
5.2. ВРАЩАЮЩЕЕСЯ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ . . . . .	123
5.3. ПРИНЦИП РАБОТЫ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ . . . . .	127
<b>ДОПОЛНЕНИЕ</b>	
ЧТО ТАКОЕ ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК . . . . .	137
ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК И ВРАЩАЮЩЕЕСЯ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ . . . . .	139
ПОЧЕМУ ВРАЩАЕТСЯ СИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ? . . . . .	143
УСТРОЙСТВО СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ . . . . .	145
ИНДУКТИВНОСТЬ . . . . .	147

## **6. АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ . . . . . 149**

6.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ . . . . . 150

6.2. УСТРОЙСТВО АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ. . . . . 158

6.3. ОСОБЕННОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ . . . . . 162

### **ДОПОЛНЕНИЕ**

ПРИНЦИП РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ. . . . . 171

УСТРОЙСТВО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ . . . . . 173

СВОЙСТВА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ . . . . . 173

ИМПЕДАНС. . . . . 175

## **Приложение**

### **ДРУГИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОТОРЫ. . . . . 183**

ШАГОВЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОТОР. . . . . 184

ВЕНТИЛЬНЫЙ РЕАКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОТОР. . . . . 186

ЛИНЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОТОР . . . . . 188

.....

### **ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ. . . . . 189**



**Пролог**

**ГОТОВЬТЕСЬ  
СЛУШАТЬ, КАКИЕ  
ДВИГАТЕЛИ КРУТЫЕ!**



НУ ХОТЬ И ГОДОМ ПОЗЖЕ,  
НО В УНИВЕРСИТЕТ Я ПОСТУПИЛ...

Торговая улица  
«Электрическая»

И В СТОЛИЦУ ПЕРЕБРАЛСЯ,  
ЧТО ПРЕКРАСНО, ВОТ ТОЛЬКО...

...НИЧЕГО У МЕНЯ  
ПОКА НЕТ,

НИ ХОЛОДИЛЬНИКА,  
НИ РИСОВАРКИ...

ХМ...

Электроника  
Сэндо  
и бытовая техника

АГА, ВОТ И МАГАЗИН  
БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ!

Вада Соута





ПРАВАА,  
МАГАЗИНЧИК,  
КАЖЕТСЯ, СОВСЕМ  
СТАРЫЙ...

ЗАТО В ТАКИХ  
МАГАЗИНАХ ОБЫЧНО  
СЛУЖАЩИЕ ДОБРЕЕ...



КАК БЫ ТО НИ БЫЛО,  
ПОПРОБУЮ ЗАЙТИ.  
ДОБРЫЙ ДЕНЬ!



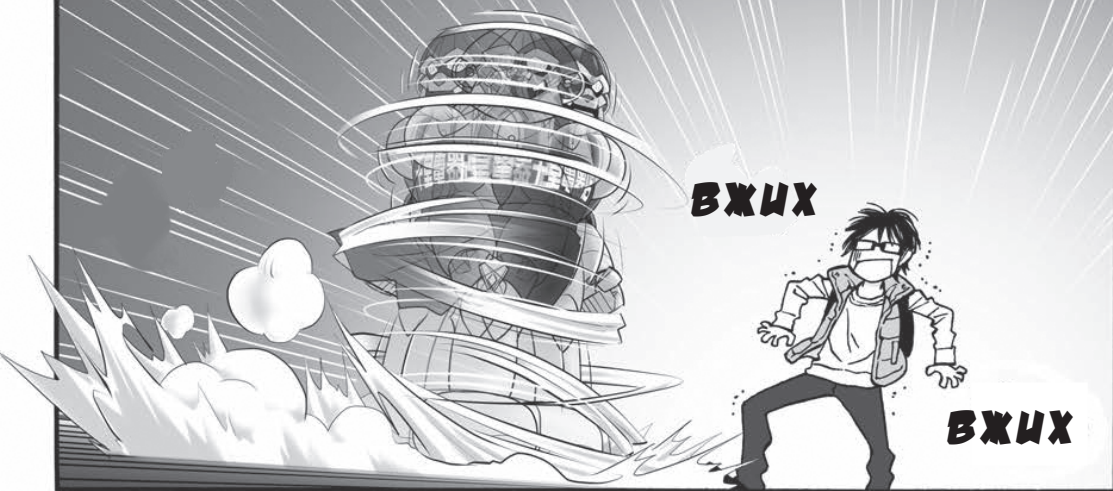
**СКРИП**

!?



ДО-БРО  
ПО-ЖА-ЛО-  
ВАТЬ!!!

ОООЙ!!!



**ВЖИХ**

**ВЖИХ**



**АА!**

**ПРОСТИТЕ..!**



ХА-ХА,  
ИЗВИНИТЕ...



ПОХОЖЕ, ВПЕЧАТЛЕНИЕ ПЕРВОГО  
ПОСЕТИТЕЛЯ ОКАЗАЛОСЬ  
СЛИШКОМ СИЛЬНЫМ.



**!**





СИ-  
СИМПАТИЧ-  
НЫЙ....



КАК ВАМ  
НАШ "АССИСТЕНТ  
НОМЕР 6"?

ОН, ПРАВДА,  
ПОКА ЕЩЁ НА  
ТЕСТИРОВАНИИ...



ОН УЖЕ  
БЕСПРОВОДНОЙ,  
А ГОЛОСОМ МОЖНО  
УПРАВЛЯТЬ  
С ПОМОЩЬЮ ПУЛЬТА.

БОЛЬ-ШО-Е  
СПА-СИ-БО!

УХ ТЫ... ВСЁ-ТАКИ  
В ТОКИО ЗАОРОВО...



А...  
ВЫ НЕ МОГЛИ БЫ  
ВМЕСТО МЕНЯ  
ВЫБРАТЬ БЫТОВУЮ  
ТЕХНИКУ?!



СЕЙЧАС ТАК МНОГО  
ВСЯКИХ ПРИБОРОВ  
И МЕХАНИЗМОВ...  
ЧТО Я НИКАК  
НЕ МОГУ ПОНЯТЬ,  
ЧТО ЖЕ ЛУЧШЕ  
ВЫБРАТЬ...



ЧТО?





ТОГДА  
ДОВЕРЬТЕСЬ  
МНЕ!

ПОТОМУ ЧТО  
ЕСЛИ ГОВОРИТЬ  
ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
ДВИГАТЕЛЯХ...

...ТО ТУТ МНЕ  
РАВНЫХ НЕТ!



ЭЭ...

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
ДВИГАТЕЛИ?!



ДА НЕТ, МНЕ  
НЕ ДВИГАТЕЛИ  
НУЖНЫ, МНЕ БЫ  
БЫТОВУЮ ТЕХНИКУ.

ЧТО ВЫ  
ГОВОРИТЕ?!



ТАК  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
ДВИГАТЕЛИ ЖЕ  
ИСПОЛЬЗУЮТСЯ  
В БОЛЬШЕЙ  
ЧАСТИ ТЕХНИКИ!

И В ЭТОМ "АССИСТЕНТЕ  
НОМЕР 6".

Электроника и  
бытовая техника  
Сэндо

И ВОТ В ТАКОМ  
СОВРЕМЕННОМ  
РОБОТЕ-ПЫЛЕСОСЕ.

И БОЛЕЕ ТОГО,  
В ГИБРИДНЫХ АВТО-  
МОБИЛЯХ И В ПОЕЗДАХ  
НА МАГНИТНОЙ  
ПОДУШКЕ!



ДА, ЕСЛИ  
ПРИСМОТРЕТЬСЯ,  
ВОКРУГ НАС СПЛОШНЫЕ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
ДВИГАТЕЛИ, ИЛИ, ПРОЩЕ  
ГОВОРЯ, МЕХАНИЗМЫ!

Устройство «ассис-  
тента номер 6»

Электрический  
двигатель


ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМ  
УЖЕ БОЛЕЕ СТА ЛЕТ,  
И ОНИ ИСПОЛЗУЮТСЯ  
ПОВСЕМЕСТНО!

СКРЫТЫЕ ОТ ГЛАЗ  
ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ, ОНИ,  
НЕ ПЕРЕСТАВАЯ,  
РАЗВИВАЮТСЯ.

В... В ДВИГАТЕЛЯХ  
ВЫ ПРЯМ ДОКА,  
ДА?

ПОТОМУ ЧТО  
Я - СЭНДО КОЦУРУ -  
"ФАНАТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
ДВИГАТЕЛЕЙ!"


**БУХ!**




С РАННЕГО ДЕТСТВА  
В ЭТОМ МАГАЗИНЕ  
Я ВИДЕЛА ДВИГАТЕЛИ,  
ТРОГАЛА ИХ...

Поможем  
начать  
новую  
жизнь!

...СЛУШАЛА ЗВУК  
РАБОТАЮЩИХ  
МОТОРОВ...



...И УЖ ПО ПОВОДУ  
БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ  
Я ВАМ ВСЁ КАК СЛЕДУЕТ  
ОБЪЯСНЮ.



ТАК ЧТО ГОТОВЬТЕСЬ  
СЛУШАТЬ, КАКИЕ  
ДВИГАТЕЛИ КРУТЫЕ!



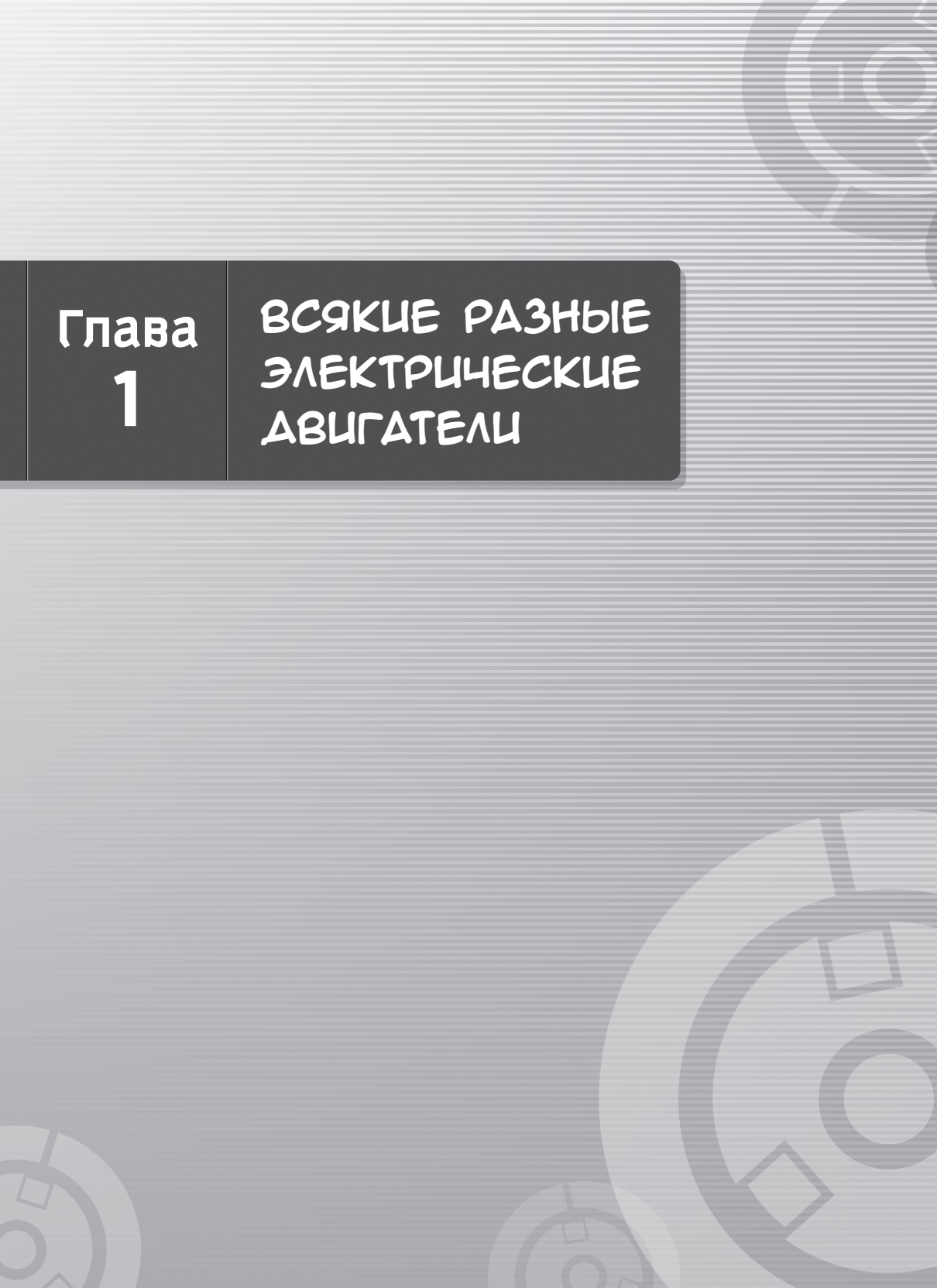
СТУК  
СЕРЦА

!



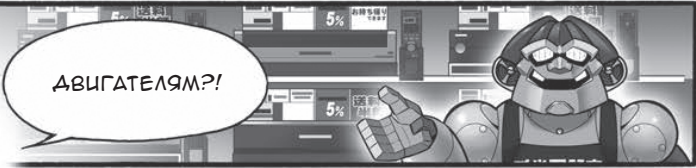
Глава  
1

ВСЯКИЕ РАЗНЫЕ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
ДВИГАТЕЛИ



# 1.1. ГДЕ ИСПОЛЗУЮТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ?

БОЛЬШИНСТВО СОСТАВЛЯЮЩИХ НАШЕЙ СОВРЕМЕННОЙ ЖИЗНИ СУЩЕСТВУЮТ БЛАГОДАРЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДВИГАТЕЛЯМ!



ДВИГАТЕЛЯМ?!



НО ВЕДЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ - ЭТО ТАКОЙ МЕХАНИЗМ, КОТОРЫЙ ВРАЩАЕТСЯ, ЕСЛИ К НЕМУ ПОСТУПАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, ДА?

КАК ЖЕ ТАКОЕ ПРОСТОЕ УСТРОЙСТВО МОЖЕТ ИМЕТЬ ТАКОЕ БОЛЬШОЕ ЗНАЧЕНИЕ?..

НА САМОМ ДЕЛЕ  
ИЗ ПРИМЕРНО ОДНОГО  
ТРИЛЛИОНА КИЛОВАТТ  
ПРОИЗВОДИМОЙ ЗА ГОД  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ...

...БОЛЬШЕ ПОЛОВИНЫ  
ПОТРЕБЛЯЕТСЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ  
ДВИГАТЕЛЯМИ!

БОЛЬШЕ  
ПОЛОВИНЫ!?

ГОВОРЯТ ДАЖЕ, ЧТО ЕСЛИ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ УВЕЛИЧИТЬ  
ВСЕГО НА 1%,...

...ТО ЭТО СДЕЛАЕТ  
НЕНУЖНОЙ РАБОТУ  
ЦЕЛОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.

ОГО... ЗНАЧИТ...

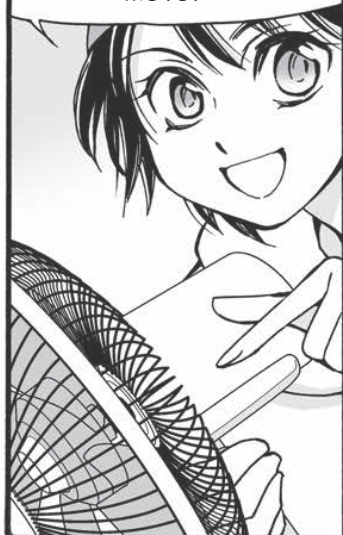
ГОРОДА ВРОДЕ ТОКИО  
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ИСПОЛЬЗУЮТ  
ТАК МНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
ДВИГАТЕЛЕЙ?!

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ  
ОДИНАКОВО ШИРОКО  
ИСПОЛЬЗУЮТ И В ГОРОДАХ,  
И В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ.

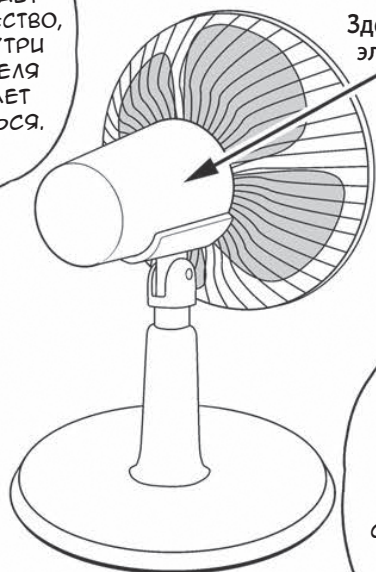
НАПРИМЕР...



ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ,  
ЧТО ВОТ В ЭТОМ МЕСТЕ  
У ФЕНА НАХОДИТСЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ  
МОТОР?



КОГДА  
ПОСТУПАЕТ  
ЭЛЕКТРИЧЕСТВО,  
ВАЛ ВНУТРИ  
ДВИГАТЕЛЯ  
НАЧИНАЕТ  
ВРАЩАТЬСЯ.



Здесь находится  
электрический  
мотор

ВСЛЕД  
ЗА ВАЛОМ  
ДВИГАТЕЛЯ  
НАЧИНАЮТ  
ВРАЩАТЬСЯ И  
СОЕДИНЁННЫЕ  
С НИМ ЛОПАСТИ  
ВЕНТИЛЯТОРА.

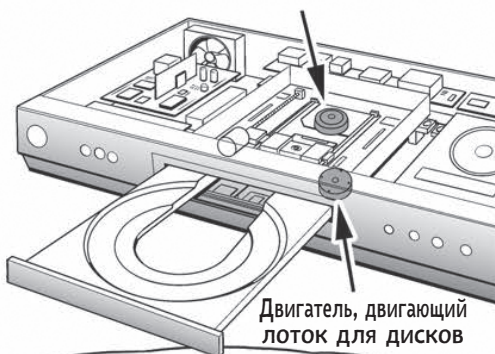
И ВСЕ СТИРАЛЬНЫЕ МАШИНЫ  
ИСПОЛЬЗУЮТ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ,  
ЧТОБЫ ПЕРЕМЕШИВАТЬ ВОДУ  
ДЛЯ СТИРКИ И СУШИТЬ БЕЛЬЁ.



Лопасты,  
которые  
вращают  
воду

Электри-  
ческий  
двигатель

Двигатель для вращения дисков



Двигатель, двигающий  
лоток для дисков

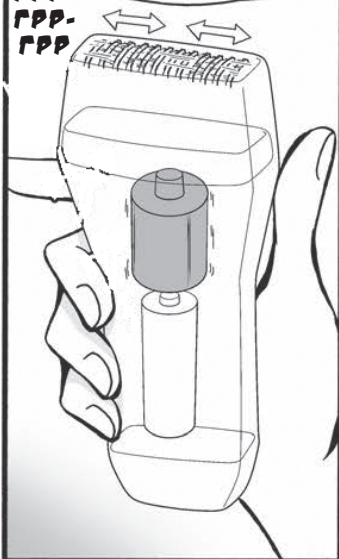
А В ПРОИГРЫВАТЕЛЕ  
ДЛЯ VCD-RAY-ДИСКОВ  
ИСПОЛЬЗУЕТСЯ  
ДАЖЕ НЕСКОЛЬКО  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ.

ОДИН ДВИГАТЕЛЬ ОТВЕЧАЕТ  
ЗА РАБОТУ ЛОТКА ДЛЯ ДИСКОВ,  
А ДРУГОЙ - ЗА ВРАЩЕНИЕ  
ДИСКА ВНУТРИ ПРОИГРЫВАТЕЛЯ.

И ДВИЖЕНИЕ  
ЛЕЗВИЙ  
В БРИТВЕ...

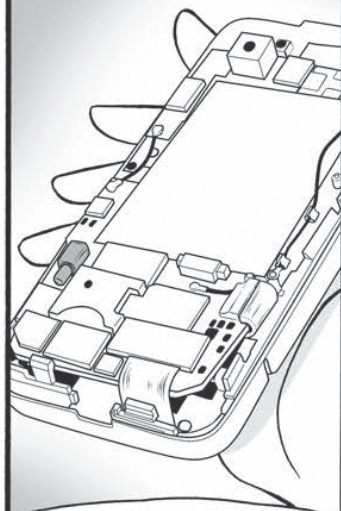
...ТОЖЕ  
ПРОИСХОДИТ  
БЛАГОДАРЯ  
ВСТРОЕННОМУ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ  
МОТОРУ.

ГРР-  
ГРР-  
ГРР



И ГОРЯЧИЙ ВОЗДУХ,  
ДУЮЩИЙ ИЗ ФЕНА,  
ТОЖЕ ПОЛУЧАЕТСЯ  
ПОТОМУ, ЧТО  
НАХОДЯЩИЙСЯ ВНУТРИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОТОР  
ВРАЩАЕТ ВЕНТИЛЯТОР.

А ТАКЖЕ  
ФУНКЦИЯ ВИБРАЦИИ  
В МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНАХ  
И СМАРТФОНАХ...



...ВОЗМОЖНА  
БЛАГОДАРЯ КРОШЕЧНОМУ  
ЭЛЕКТРОМОТОРЧИКУ  
ВНУТРИ, КОТОРЫЙ  
ВЫЗЫВАЕТ КОЛЕБАНИЯ  
МАЛЕНЬКОГО ГРУЗИКА.

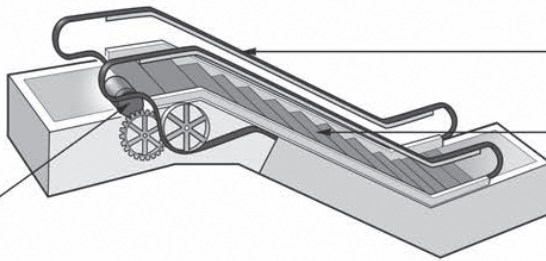
А ТАК КАК УЖЕ У ВСЕХ ЕСТЬ  
МОБИЛЬНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ ИЛИ  
СМАРТФОНЫ, ТО КАЖДЫЙ  
ИЗ НАС ВСЕГДА ИМЕЕТ  
ПРИ СЕБЕ КАК МИНИМУМ ОДИН  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОТОР!

АА-ДАЖЕ ЗАЕБЬ  
ЕСТЬ ДВИГАТЕЛЬ.

И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ  
ПРИНОСЯТ НАМ ПОЛЬЗУ  
ВО МНОГИХ ОБЛАСТЯХ,  
НЕ ТОЛЬКО В БЫТУ!



ПОД ПОВЕРХНОСТЬЮ ЭСКАЛАТОРА ТАКЖЕ ПРЯЧЕТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ.



Движущийся поручень

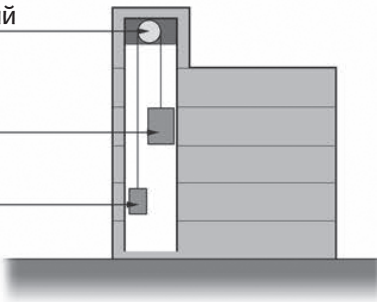
Ступеньки

Электрический двигатель

Электрический двигатель

Кабина

Противовес



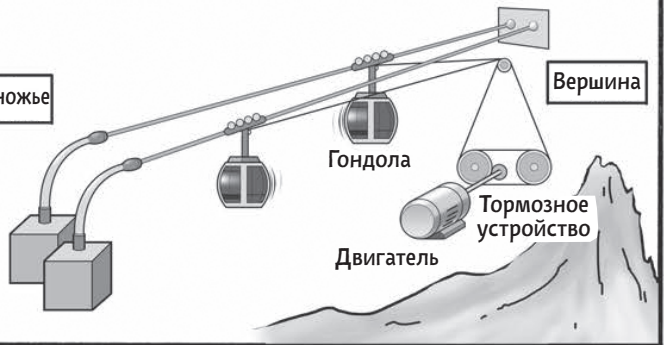
И ЗА ПОДЪЕМ И СПУСК ЛИФТА ОТВЕЧАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ.

А ЕСЛИ ГОВОРИТЬ ОБ УСТРОЙСТВЕ КАНАТНОЙ ДОРОГИ, ТО ЭТО РАСПОЛОЖЕННЫЙ НА ВЕРХНЕЙ СТАНЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ ЗАСТАВЛЯЕТ ДВИГАТЬСЯ КАНАТ.

Подножье

Вершина

Грузы, натягивающие канаты



Гондола

Двигатель

Тормозное устройство

ТАКЖЕ И НАСОС, СНАБЖАЮЩИЙ ВОДОЙ МНОГОЭТАЖНОЕ ЗАДАНИЕ, РАБОТАЕТ БЛАГОДАРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ДВИГАТЕЛЮ!



Водопровод

Водо-приёмник

Водопроводный кран

Насос, приводящийся в движение электрическим двигателем



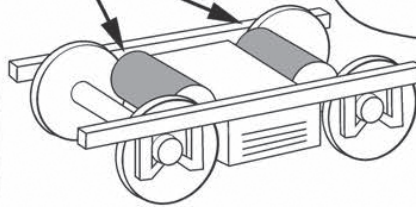
ЗНАЧИТ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ ДАЖЕ ВОДУ ДВИГАЮТ!..



КРОМЕ ТОГО, МНОЖЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ! ТАК, ПОД ПОЛОМ ЭЛЕКТРИЧКИ НАХОДИТСЯ СПЕЦИАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА, К КОТОРОЙ ПРИСОЕДИНЕНЫ КОЛЁСА.



Электрический двигатель

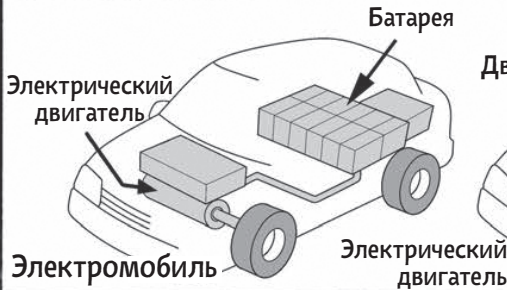


А ВНУТРИ ЭТОЙ ПЛАТФОРМЫ НАХОДЯТСЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, КОТОРЫЕ, ВРАЩАЯСЬ САМИ, ЗАСТАВЛЯЮТ ВРАЩАТЬСЯ И КОЛЁСА.

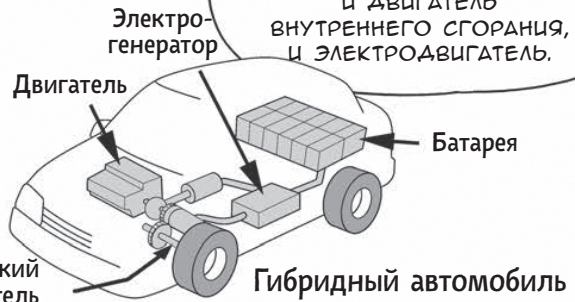
ТАК ВОТ В ЧЁМ ПРИЧИНА ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕК.



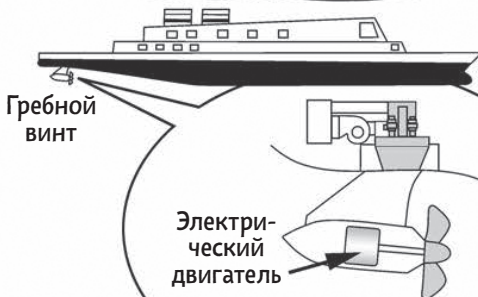
ЭЛЕКТРОМОБИЛИ РАБОТАЮТ ПОЛНОСТЬЮ НА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ.



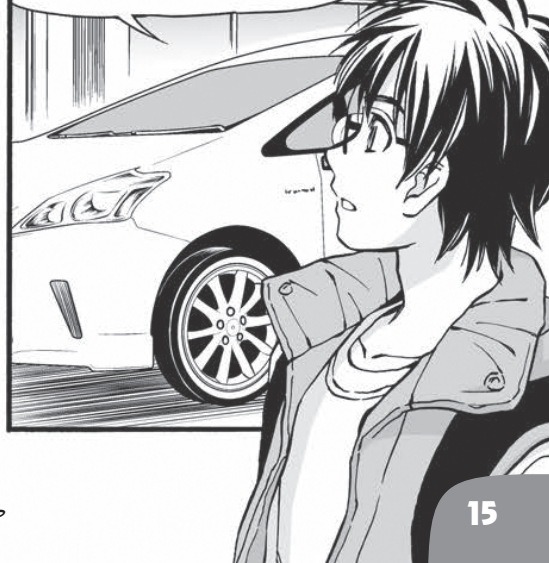
А ГИБРИДНЫЕ АВТОМОБИЛИ ИСПОЛЬЗУЮТ И ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ.



И НА КОРАБЛЯХ НАХОДЯЩИЙСЯ ПОД ДНОМ КОРАБЛЯ ГРЕБНОЙ ВИНТ СНАБЖЁН ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ДВИГАТЕЛЕМ, КОТОРЫЙ ВРАЩАЕТ ЛОПАСТИ И ТЕМ САМЫМ ДВИГАЕТ КОРАБЛЬ ВПЕРЕД И ПОЗВОЛЯЕТ МЕНЯТЬ КУРС.



ВОТ ОНО ЧТО... СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМОБИЛИ ПРИВОДЯТСЯ В ДВИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ...





КСТАТИ, И В ОБЫЧНЫХ АВТОМОБИЛЯХ С ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ТОЖЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ МНОЖЕСТВО ЭЛЕКТРОАВИАТЕЛЕЙ!

ЭЭ... ЭТО ГДЕ ЖЕ?

МИНИМУМ 50 ШТУК...

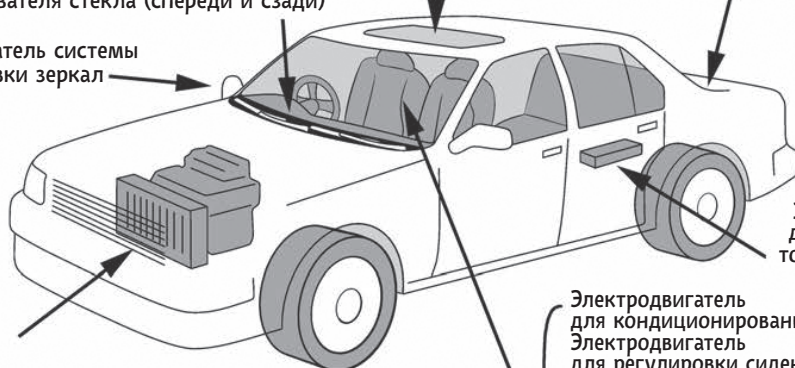
А В АВТОМОБИЛЯХ ВЫСОКОГО КЛАССА ОКОЛО 150!

Электродвигатель системы вентиляции  
Электродвигатель системы открывания багажника  
Электродвигатель антенны  
Электродвигатель для автоматической шторы от солнца

Электродвигатель для дворников (спереди и сзади)  
Насос омывателя стекла (спереди и сзади)

Электродвигатель люка

Электродвигатель системы регулировки зеркал



Электродвигатель топливного насоса

Электродвигатель для радиатора охлаждения  
Электродвигатель для кондиционера  
Электродвигатель клапана холостого хода  
Электродвигатель вентилятора охлаждения  
Электродвигатель водяной помпы  
Электродвигатель вакуумного насоса

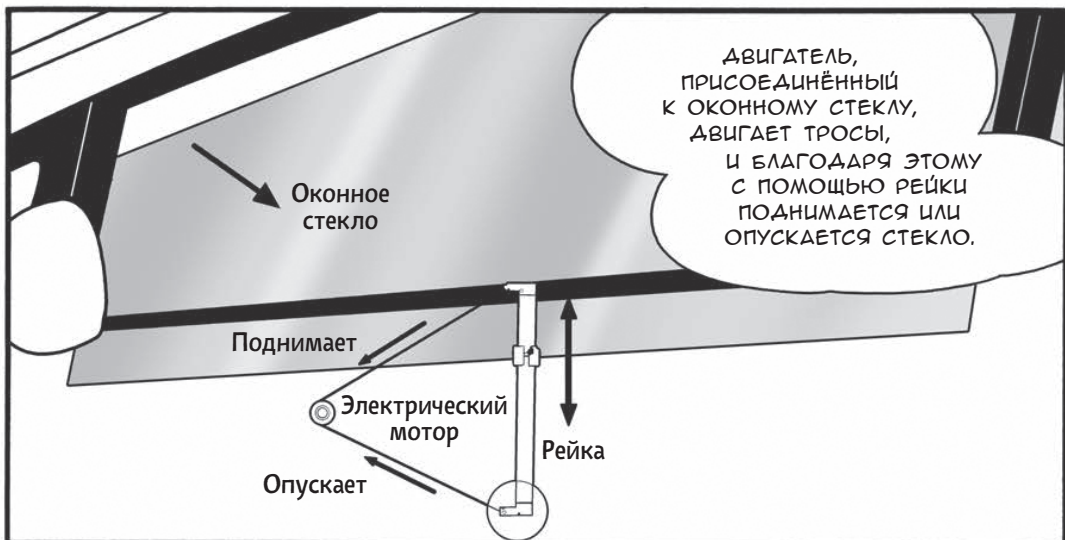
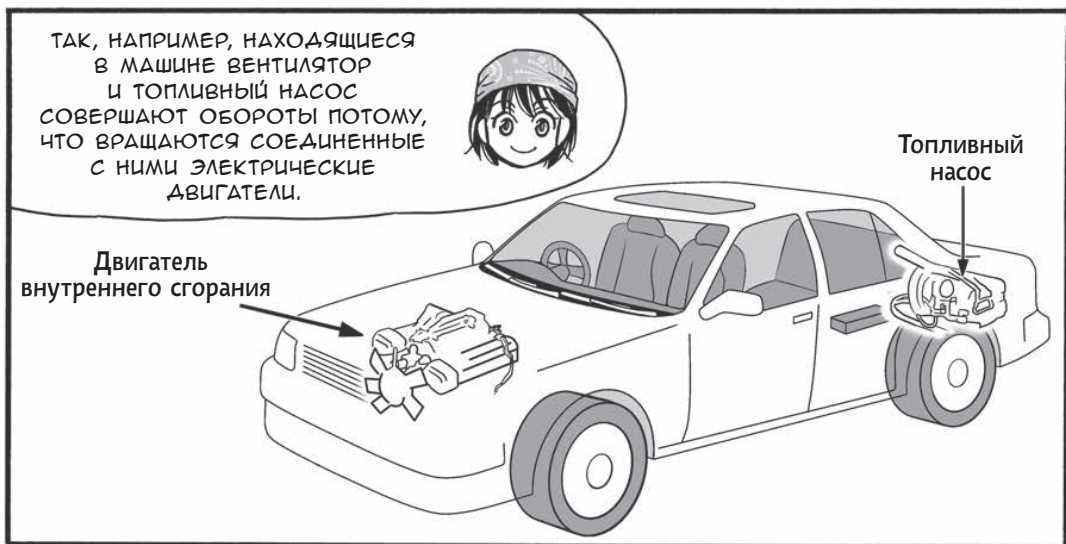
Электродвигатель для кондиционирования салона  
Электродвигатель для регулировки сидений  
Электродвигатель для автоматического стеклоподъемника  
Электродвигатель для электрозамка дверей  
Электродвигатель для регулировки спинки сидений  
Электродвигатель для усилителя руля  
Электродвигатель для круиз-контроля

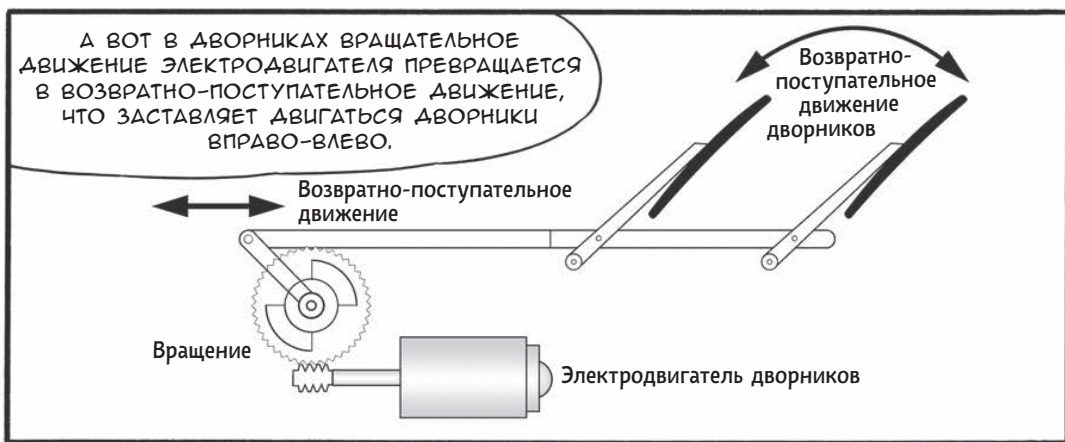
ВОТ ТАКИМ МНОЖЕСТВОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ ОБОРУДОВАН ОБЫЧНЫЙ АВТОМОБИЛЬ.

НИЧЕГО СЕБЕ!?

ПОТОМУ ЧТО В МАШИНЕ ВЕДЬ НЕ ТОЛЬКО КОЛЁСА ВРАЩАЮТСЯ!







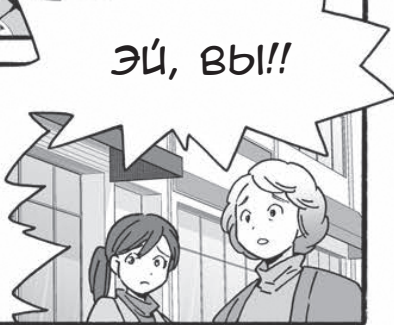
ПОЛУЧАЕТСЯ, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ - НЕ ПРОСТО ВРАЩАЮЩИЕСЯ ШТУКИ.  
Я УЖЕ ПЕРЕСТАЛ ПОНИМАТЬ, ГДЕ ОНИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ, А ГДЕ НЕТ...



ой



КТО ВАМ РАЗРЕШИЛ ПРИБЛИЖАТЬСЯ К МОЕЙ МАШИНЕ?! ЕСЛИ Я ХОТЬ ЦАРАПИНУ ОБНАРУЖУ, ВЫ ПОПАЛИ НА БОЛЬШЕ БАБКИ!!



Эй, вы!!



ЧТО... ЧТО ЖЕ ДЕЛАТЬ?..

ЭТОТ ЧЕЛОВЕК, ПОХОЖЕ, НЕ ШУТИТ..!



**ЗЫРК**

Я НЕ СОБИРАЮСЬ СЛУШАТЬ  
НОТАЦИИ ОТ ТОГО,  
КТО ПРИПАРКОВАЛСЯ  
В НЕПОЛОЖЕННОМ МЕСТЕ!!

ТЫ ТУТ ВСЕМ  
МЕШАЕШЬ! ЧЕГО  
ВСТАЛ ПОСРЕДИ  
ТОРГОВОЙ  
УЛИЦЫ?!

Что  
такое?

Что  
такое?

ПАРКОВКА ТУТ ЗАПРЕЩЕНА!

СЕЙЧАС ЖЕ УЕЗЖАЙ,  
А НЕ ТО Я ВЫЗОВУ  
ПОЛИЦИЮ!

ПО...ПОНЯЛ,  
Я СЕЙЧАС УЕДУ.

Оо...

КАКАЯ КРУТАЯ!...

## 1.2. ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

И БОЛЬШЕ ЗДЕСЬ  
НЕ ПОЯВЛЯЙСЯ!

**ВЖИХ!**

ТЫ, КАК ВСЕГДА,  
МОЛОДЕЦ, КОПРУ.

С НЕДАВНИХ ПОР  
ПОДОБНЫЕ ТИПЫ  
К НАМ ЗАЧАСТИЛИ...  
НО С ТОБОЙ, КОПРУ,  
НАМ БОЯТЬСЯ  
НЕЧЕГО!

НЕТ, НУ ЧТО ВЫ...


Китайская  
медицина

ММ...  
А ЭТО КТО?


ЭТО НАШ ПОСЕТИТЕЛЬ.  
Я ЕМУ РАССКАЗЫВАЛА ПРО  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ,  
А ТУТ ТАКАЯ ИСТОРИЯ...

ПОНЯТНО...






Я ТЕБЕ ПРОЯСНЮ КОЕ-ЧТО. ОНА ТАК ЛЮБЕЗНО ТЕБЕ ВСЁ ОБЪЯСНЯЕТ, ПОТОМУ ЧТО ОНА БЕЗ УМА ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ...




...А НЕ ПОТОМУ, ЧТО ОНА ЗАИНТЕРЕСОВАЛАСЬ ТОБОЙ. Я ЭТО ЗАТЕМ ГОВОРЮ, ЧТОБЫ ТЫ НЕНАРОКОМ НЕ ПОНЯЛ ЕЁ НЕПРАВИЛЬНО.



ЧТО... К ЧЕМУ ЭТИ СЛОВА?..




К ТОМУ, ЧТО УЧИСЬ БЫСТРЕЕ И УХОДИ.




ИТАК, СУЩЕСТВУЮТ РАЗНЫЕ ВИДЫ ДВИГАТЕЛЕЙ. ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАВИСИТ ОТ ТРЕБУЕМОЙ МОЩНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ.



ЧТО?!



НЕ-ЕТ!!!



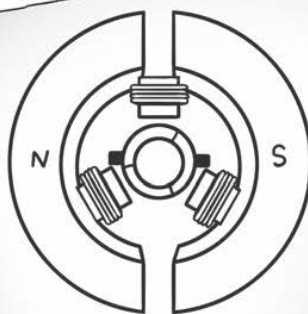
ПРО ДВИГАТЕЛИ РАССКАЗЫВАЮ Я!!!

ДЛЯ НАЧАЛА  
ДОСТАТОЧНО  
ЗАПОМНИТЬ  
ЧЕТЫРЕ ВИДА  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ!



ПЕРВЫЙ - ЭТО  
"ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ  
ПОСТОЯННОГО ТОКА".  
ОН ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕТСЯ  
В МЕХАНИЗМАХ МАЛЫХ  
РАЗМЕРОВ.

НАПРИМЕР, ПОЧТИ ВСЕ  
ИГРУШЕЧНЫЕ МОДЕЛИ  
НА БАТАРЕЙКАХ  
ИСПОЛЬЗУЮТ ЭТОТ  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ.

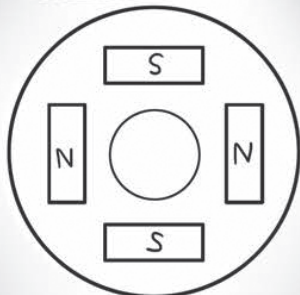


СЛЕДУЮЩИЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ТОЖЕ МАЛОГО  
ФОРМАТА, ЭТО ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ  
В БЫТОВОЙ ТЕХНИКЕ И В КОМПЬЮТЕРАХ  
"БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ".

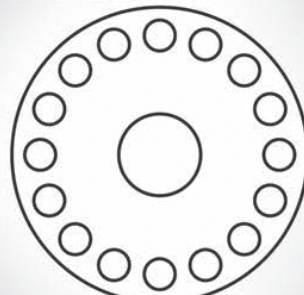




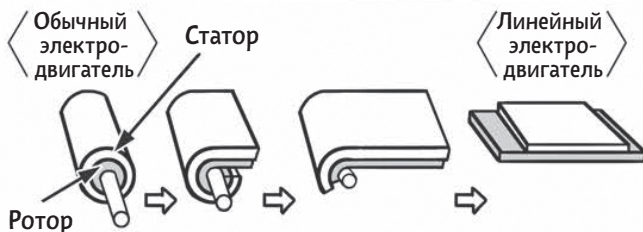
ДАЛЕЕ ИДЁТ "СИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ", В ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ ШИРОКО ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ, НАПРИМЕР В КОНДИЦИОНЕРАХ, ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЯХ И Т. Д.



И НАКОНЕЦ, "АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ", ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ В РАЗНОГО РОДА ВЕНТИЛЯТОРАХ.




КРОМЕ ЭТОГО, КОНЕЧНО, СУЩЕСТВУЮТ ЕЩЁ РАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ, НАПРИМЕР ВЕНТИЛЬНЫЙ РЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ИЛИ ЛИНЕЙНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, НО...



РАЗОБРАВШИСЬ ДЛЯ НАЧАЛА С ЭТИМИ ЧЕТЫРЬМЯ, ТЫ УЖЕ СМОЖЕШЬ ПОНЯТЬ, КАК ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ!


Классификация электродвигателей	Где часто используется	Часто используемый размер
Электродвигатель постоянного тока	Автомобили, аудиосистемы, игрушечные модели	Миниатюрные
Бесколлекторный электродвигатель	Бытовая техника, компьютеры	Маленькие
Синхронный электродвигатель	Кондиционеры, роботы, электрические автомобили	Маленькие, средние
Асинхронный электродвигатель	Насосы, электрички, лифты, вентиляторы	Маленькие, средние, большие

### 1.3. ЭВОЛЮЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ



НАДО ЖЕ...  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
ДВИГАТЕЛИ И ВПРЯМЬ,  
ОКАЗЫВАЕТСЯ,  
УДИВИТЕЛЬНЫЕ.


АГА, ПОЯВИЛСЯ  
ИНТЕРЕС, ДА?!



Я, ВООБЩЕ-ТО,  
ГУМАНИТАРИЙ...

...И В УНИВЕРСИТЕТ  
ПОСТУПИЛ НЕ  
С ПЕРВОГО РАЗА.

АНИМЕ ХОТЬ И ЛЮБЛЮ,  
НО С МЕХАНИЗМАМИ  
ВСЯКИМИ Я НЕ ОЧЕНЬ...



ТАК ЧТО ПРО  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ  
Я НИКОГДА РАНЬШЕ  
И НЕ ЗАДУМЫВАЛСЯ...

СТОИТ ТОЛЬКО НАЧАТЬ,  
И УЖЕ НЕ СМОЖЕШЬ  
ОСТАНОВИТЬСЯ!  
В ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ  
ВСЁ БОЛЬШЕ  
ПОЯВЛЯЕТСЯ НОВЫХ  
НЕВЕРОЯТНЫХ  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.





И ПРОИСХОДИТ ЭТО  
БЛАГОДАРЯ ТРЁМ  
ВАЖНЫМ СОБЫТИЯМ,  
ПРОИЗОШЕДШИМ  
В КОНЦЕ XX ВЕКА.

**ПАПАМ**

ТРЁМ ВАЖНЫМ  
СОБЫТИЯМ?!



ПЕРВОЕ - ЭТО ИЗОБРЕТЕНИЕ  
В 1984 ГОДУ  
НЕОДИМОВОГО МАГНИТА !



ЭТО ПОСТОЯННЫЙ МАГНИТ  
И ОЧЕНЬ МОЩНЫЙ.

БЛАГОДАРЯ ЕМУ  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ  
СТАЛО ВОЗМОЖНО  
УМЕНЬШАТЬ В РАЗМЕРАХ,  
А ТАКЖЕ МЕНЯТЬ  
ИХ ФОРМУ,  
НАПРИМЕР,  
НА ПЛОСКУЮ ИЛИ  
ДЛИННУЮ И УЗКУЮ.



НАДО ЖЕ... ВСЁ БЛАГОДАРЯ  
ЭТОМУ МАГНИТУ?..



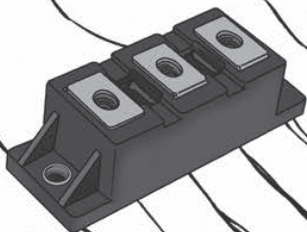
КСТАТИ, ИЗОБРЕЛИ  
НЕОДИМОВЫЙ МАГНИТ  
В ЯПОНИИ.

И ОБЛАСТЬ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
ДВИГАТЕЛЕЙ  
С НЕОДИМОВЫМИ  
МАГНИТАМИ  
ЗНАЧИТЕЛЬНО  
РАСШИРИЛИ  
ТОЖЕ ИМЕННО  
В ЯПОНИИ.



ДА, ЧТО КАСАЕТСЯ  
ТЕХНОЛОГИЙ, ЯПОНИЯ  
ВСЁ-ТАКИ МОЛОДЕЦ.

ВТОРОЕ ВАЖНОЕ  
СОБЫТИЕ - ЭТО...



...ПОЯВЛЕНИЕ БИПОЛЯРНЫХ  
ТРАНЗИСТОРОВ С ИЗОЛИРОВАННЫМ  
ЗАТВОРОМ (IGBT).

БЛАГОДАРЯ ЭТИМ НОВЫМ  
ПОЛУПРОВОДНИКАМ СТАЛО  
ВОЗМОЖНО СВОБОДНО  
УПРАВЛЯТЬ ТОКОМ  
В ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ.



ВЫ И В САМОМ ДЕЛЕ ФАНАТ  
ДВИГАТЕЛЕЙ! ДАЖЕ ТАКАЯ  
ШТУКА У ВАС ЕСТЬ.

А ТРЕТЬЕ ВАЖНОЕ СОБЫТИЕ -  
ЭТО РАЗВИТИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ  
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ.



ДА И  
ОПЕРАЦИОННЫЕ  
СИСТЕМЫ ТОЖЕ  
ПОСТОЯННО  
ОБНОВЛЯЮТСЯ.



ТАКИМ ОБРАЗОМ,  
ИЗ-ЗА ЭТИХ ТРЁХ ВАЖНЫХ  
СОБЫТИЙ, ИЛИ, ДРУГИМИ  
СЛОВАМИ, БЛАГОДАРЯ  
РАЗВИТИЮ ТЕХНОЛОГИЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ  
К XXI ВЕКУ  
ЭВОЛЮЦИОНИРОВАЛИ!



РАССМОТРИМ ЭВОЛЮЦИЮ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ  
НА КАКОМ-НИБУДЬ ПРИМЕРЕ.



ВОТ,  
НАПРИМЕР,  
ЛИФТ БЕЗ  
МАШИННОГО  
ОТДЕЛЕНИЯ!



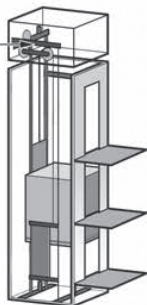
В МЕТРО С НЕДАВНИХ ПОР  
ПОЯВИЛОСЬ МНОЖЕСТВО  
ЛИФТОВ, ВЕДУЩИХ ОТ  
ТУРНИКЕТОВ ПРЯМО НА  
ПЛАТФОРМУ, ТАК?



ЭТО ТОЖЕ  
СТАЛО ВОЗМОЖНЫМ  
БЛАГОДАРЯ ЭВОЛЮЦИИ  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.



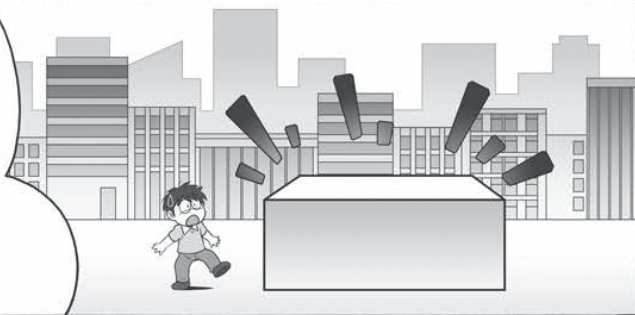
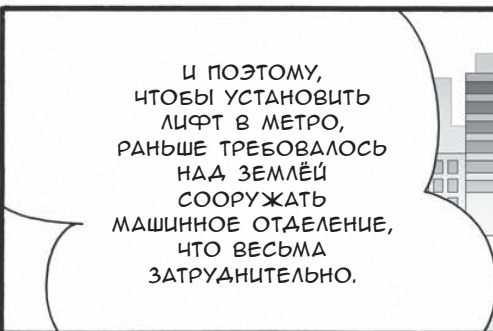
Машинное  
отделение



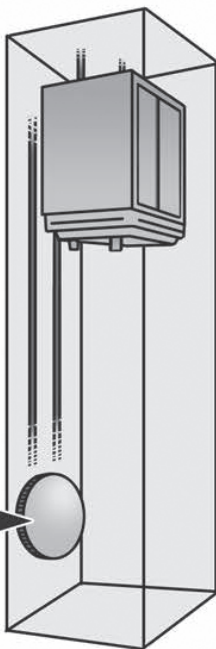
ОБЫЧНО В ВЕРХНЕЙ  
ЧАСТИ ЛИФТА НАХОДИТСЯ  
МАШИННОЕ ОТДЕЛЕНИЕ,  
ГДЕ И УСТАНАВЛИВАЮТСЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ  
И РЕДУКТОР.



И ПОЭТОМУ,  
ЧТОБЫ УСТАНОВИТЬ  
ЛИФТ В МЕТРО,  
РАНЬШЕ ТРЕБОВАЛОСЬ  
НАД ЗЕМЛЁЙ  
СООРУЖАТЬ  
МАШИННОЕ ОТДЕЛЕНИЕ,  
ЧТО ВЕСЬМА  
ЗАТРУДНИТЕЛЬНО.



НО БЛАГОДАРЯ  
ПОЯВЛЕНИЮ  
НЕОДИМОВЫХ  
МАГНИТОВ СТАЛО  
ВОЗМОЖНО ДЕЛАТЬ  
ПЛОСКИЕ  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ,  
КОТОРЫЕ МОЖНО  
РАЗМЕЩАТЬ ПРЯМО  
В ШАХТЕ ЛИФТА.



Плоский  
электродвигатель

А РЕГУЛИРОВАТЬ  
СКОРОСТЬ  
ДВИЖЕНИЯ ЛИФТА  
ТЕПЕРЬ  
ВОЗМОЖНО  
С ПОМОЩЬЮ  
КОМПЬЮТЕРОВ,  
И РЕДУКТОРЫ  
БОЛЬШЕ  
НЕ НУЖНЫ.

ТАКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ  
ДВИЖЕНИЕМ БЕЗ РЕДУКТОРА  
НАЗЫВАЕТСЯ "ПРЯМЫМ ПРИВОДОМ".

ТАК, БЛАГОДАРЯ РАЗВИТИЮ  
ТЕХНОЛОГИЙ...



...СТАЛО ВОЗМОЖНЫМ  
СОЗДАНИЕ ЛИФТОВ БЕЗ  
МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ.



НАДО ЖЕ...  
ЭВОЛЮЦИЮ ТЕХНОЛОГИЙ, ЗНАЧИТ,  
И В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ  
МОЖНО УВИДЕТЬ.

ИЛИ ВОТ, НАПРИМЕР,  
СТИРАЛЬНЫЕ МАШИНЫ.  
РАНЬШЕ СТИРАЛЬНЫЕ  
МАШИНЫ С БАРАБАНОМ  
МОЖНО БЫЛО УВИДЕТЬ  
ТОЛЬКО В ПРАЧЕЧНЫХ.

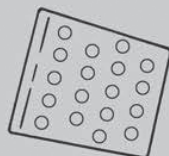


ЭТО ПОТОМУ, ЧТО  
С ПРЕЖНИМИ  
ТРАДИЦИОННЫМИ  
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ...

**БАЦ-БАЦ**

Не влезаю!

Стиральная машина  
с барабаном



...ТАКИЕ МАШИНЫ  
НЕ ПОМЕЩАЛИСЬ  
В СТАНДАРТНУЮ  
ЯПОНСКУЮ КВАРТИРУ.

ОДНАКО БЛАГОДАРЯ  
НЕОДИМОВЫМ МАГНИТАМ  
ПОЯВИЛИСЬ БОЛЕЕ  
КОМПАКТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ,  
И СТАЛО ВОЗМОЖНО  
ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПРЯМОЙ  
ПРИВОД.



ТАКИМ ОБРАЗОМ, БЫЛИ  
СОЗДАНЫ СТИРАЛЬНЫЕ МАШИНЫ  
С БАРАБАНАМИ, КОТОРЫЕ  
МОЖНО ЛЕГКО ИСПОЛЬЗОВАТЬ  
В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ.

ТЫ ТАК  
РАССКАЗЫВАЕШЬ,  
ЧТО МНЕ ПРЯМО  
ЗАХОТЕЛОСЬ  
ПОМЕНИТЬ СВОЮ  
МАШИНУ НА ТУ, ЧТО  
С ПРЯМЫМ ПРИВОДОМ.

НАДО ЖЕ!

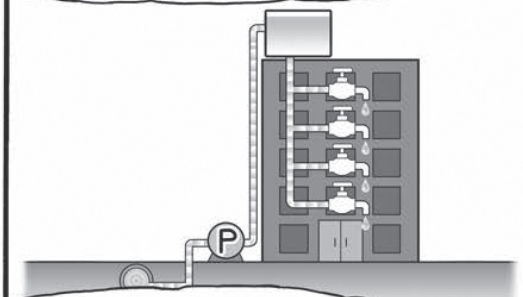




И ТО, ЧТО НА КРЫШАХ  
СОВРЕМЕННЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ  
ЗДАНИЙ БОЛЬШЕ НЕТ БАКОВ С  
ВОДОЙ, - ТОЖЕ ЗАСЛУГА НОВЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ.



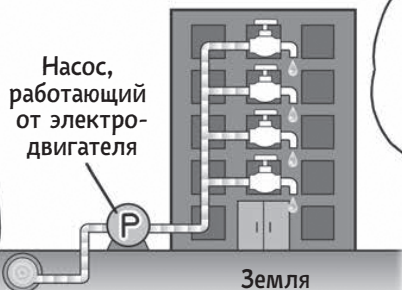
РАНЬШЕ ВОДА ЗАКАЧИВАЛАСЬ  
В ВОДЯНОЙ БАК, УСТАНОВЛЕННЫЙ  
НА КРЫШЕ ДОМА...



...А ЗАТЕМ, БЛАГОДАРЯ  
ДАВЛЕНИЮ ИЗ-ЗА РАЗНИЦЫ  
В УРОВНЯХ, ВОДА ПОСТУПАЛА  
ПО ВОДОПРОВОДНЫМ ТРУБАМ.

СОВРЕМЕННЫЕ ЖЕ НАСОСЫ  
РАБОТАЮТ ПОСТОЯННО  
И НАПРЯМУЮ ПОВЫШАЮТ  
ДАВЛЕНИЕ В ТРУБАХ,  
И ЭТО ДАВЛЕНИЕ  
МОЖНО РЕГУЛИРОВАТЬ  
И ПОДДЕРЖИВАТЬ  
НА НЕОБХОДИМОМ УРОВНЕ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ  
КОЛИЧЕСТВА  
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.

Насос,  
работающий  
от электро-  
двигателя



Земля

ТАК ВОТ  
ПОЧЕМУ СТАЛИ  
НЕ НУЖНЫ  
ВОДЯНЫЕ  
БАКИ!



А ЕЩЁ ТО, ЧТО В ГАЗЕТАХ СТАЛО  
ВОЗМОЖНЫМ ИСПОЛЬЗОВАТЬ БОЛЬШЕ  
ЦВЕТОВ ПРИ ПЕЧАТЕ, ТОЖЕ ПРОИЗОШЛО  
БЛАГОДАРЯ НОВЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМ!

НЕ МОЖЕТ БЫТЬ?!



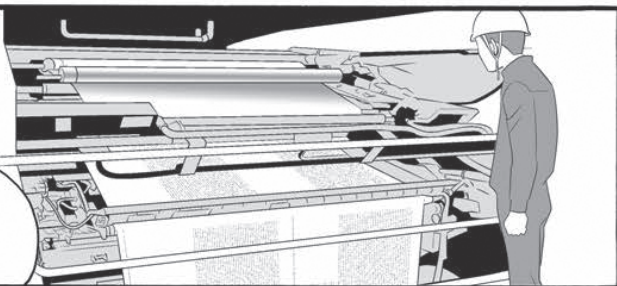
ГАЗЕТЫ ИСПОЛЬЗУЮТ ТАК НАЗЫВАЕМУЮ  
"РОТАЦИОННУЮ ПЕЧАТНУЮ МАШИНУ",  
В КОТОРОЙ ЗАДЕЙСТВОВАНО  
БОЛЕЕ 50 ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ!

ТАКАЯ МАШИНА ПЕЧАТАЕТ  
СО СКОРОСТЬЮ  
ДО 10 000 ЛИСТОВ В МИНУТУ.



НО ДЛЯ ЦВЕТНОЙ ПЕЧАТИ,  
КРОМЕ ЧЁРНЫХ ЧЕРНИЛ,  
НУЖНЫ ЕЩЁ ГОЛУБИЕ,  
ПУРПУРНЫЕ И ЖЁЛТЫЕ.

И ВСЕ ИХ НУЖНО  
ЗАФИКСИРОВАТЬ  
В ОПРЕДЕЛЕННОМ  
ПОЛОЖЕНИИ.



ПОЭТОМУ РАНЬШЕ, ЧТОБЫ  
ПРИ ЦВЕТНОЙ ПЕЧАТИ  
ИЗБЕЖАТЬ СМЕШЕНИЯ ЦВЕТОВ,  
НУЖНО БЫЛО ПЕЧАТАТЬ  
ОЧЕНЬ МЕДЛЕННО.

И ПОЭТОМУ ДЕЛАЛИ ЭТО  
РАЗ В НЕДЕЛЮ ТОЛЬКО  
ДЛЯ ВОСКРЕСНЫХ  
ВЫПУСКОВ.



НО С УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ  
УПРАВЛЕНИЕ РОТАЦИОННЫМИ ПЕЧАТНЫМИ МАШИНАМИ  
СТАЛО ОЧЕНЬ ТОЧНЫМ, И ПОЭТОМУ СЕЙЧАС СТАЛО  
ВОЗМОЖНЫМ КАЖДЫЙ ДЕНЬ ПЕЧАТАТЬ ЦВЕТНЫЕ ВЫПУСКИ!

НАДО ЖЕ, КАКИЕ  
ЭТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
ДВИГАТЕЛИ!  
И В БЫТУ,  
И В ВОДОПРОВОДЕ,  
И В ГАЗЕТАХ...



Ап!



СКАЖИТЕ, ДА?!!

БУДЕТЕ ДАЛЬШЕ  
СЛУШАТЬ?  
ПРО ДВИГАТЕЛИ.



оу!

ТОЛЬКО МЕШАЕТЕ РАБОТАТЬ!

Эй, вы!  
Если ничего  
не покупаете,  
то и нечего  
тут торчать!

ГРРР

НО...

ПАПА...

...СОВСЕМ...

...НЕ ПОХОЖИ!!

ХМ?!



# ДОПОЛНЕНИЕ



## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ XXI ВЕКА

Можно сказать, что развитие нашей цивилизации – это накопление способов использования энергии. Началось всё с использования энергии открытого огня, затем, благодаря изобретению колеса, люди научились перемещать большие и тяжёлые предметы. Уже в Новое время был изобретён паровой двигатель, что привело к промышленной революции. А после был изобретён электрический генератор, позволяющий преобразовывать энергию природных ресурсов (нефти, каменного угля, воды и т. д.) в электрическую энергию.

И таким образом наша современная жизнь оказалась в очень большой степени зависима от электрической энергии. Кроме того, как было показано на странице 10, бóльшая часть вырабатываемой электрической энергии потребляется электрическими двигателями.

Около полувека тому назад, в 60-е годы прошлого столетия, было три предмета, которые называли «домашними сокровищами», потому что каждая семья мечтала их иметь. Это автоматическая стиральная машина, холодильник и чёрно-белый телевизор. В двух из них находятся электрические двигатели. Таким образом, если в доме было два электродвигателя, то можно сказать, что данная семья жила современно и с комфортом. Затем в нашу жизнь проникли вентиляторы, проигрыватели и прочая техника, и число электродвигателей возросло в каждом доме. В настоящее время уже не понятно, сколько электрических двигателей вокруг нас, где они находятся и как используются. Мы живём, не осознавая роли электродвигателей в нашей современной жизни. И дома, и на работе, и на улице используется большое количество электрических двигателей. Однако мы не замечаем их существования, потому что большинство из них скрыто внутри приборов и предметов.

В таких бытовых приборах, как вентилятор или стиральная машина, где присутствуют видимые вращающиеся элементы, наличие электродвигателей очевидно. Однако и в таких постоянно используемых предметах, как мобильный телефон, тоже находятся электродвигатели. Телефон вибрирует благодаря скрытому внутри маленькому, примерно 2 мм диаметром, электродвигателю. Другими словами, в современном мире мы всегда имеем при себе как минимум один электрический двигатель.

Также и транспортные средства в современном мире всё чаще работают не на двигателях внутреннего сгорания, а на электрических двигателях. Все уже знают про электрические поезда и электромобили, но оказывается, есть уже и корабли, работающие на электрических двигателях. Кроме того, и в обычных автомобилях на двигателях внутреннего сгорания используется более 100 электродвигателей. Если выйти в город, тоже можно увидеть в работе множество электрических двигателей. Так, например, эскалаторы и лифты работают от электродвигателей. Кроме того, и водоснабжение в современном здании осуществляется благодаря насосу, работающему от электродвигателя. Именно поэтому при отключении электричества прекращается водоснабжение, так как электродвигатель перестаёт работать.

На самом деле такой рост использования электрических двигателей произошёл сравнительно недавно. Прямо накануне наступления XXI века электродвигатели подверглись нескольким значительным изменениям. Это: 1) изобретение мощного неодимового магнита; 2) развитие компьютеров; 3) изобретение регулирующих ток полупроводников (IGBT).

Неодимовые магниты состоят из сплава неодима, железа и бора (Nd-Fe-B). Они в 10 раз мощнее, чем самые популярные до их появления ферриты. Благодаря неодимовым магнитам стало возможным делать электродвигатели маленьких размеров, что, в свою очередь, облегчило использование электродвигателей в приборах. А быстрый прогресс информационных технологий привёл к тому, что и компьютерные технологии, регулирующие работу электрических двигателей, тоже значительно усовершенствовались. А IGBT<sup>1</sup> и компьютерные технологии в совокупности привели к прорыву в силовой электронике и сделали возможным свободное регулирование работы электрических двигателей.

Чтобы привести электрический двигатель в движение, нужен электрический ток. Электрический двигатель был изобретён в XVIII веке, когда единственным источником электрического тока были аккумуляторы, производившие только постоянный ток. И соответственно, все электрические двигатели тогда были электродвигателями постоянного тока. Позднее были изобретены генераторы переменного тока, и вслед за ними появились и электродвигатели переменного тока. Поэтому прежде всего электрические двигатели подразделяют на две категории в зависимости от используемого источника электроэнергии: на электродвигатели постоянного тока и электродвигатели переменного тока.



## КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В этой книге мы рассмотрим 4 вида электрических двигателей: электродвигатели постоянного тока, бесколлекторные электродвигатели, синхронные электродвигатели и асинхронные электродвигатели. В табл. 1.1 представлена классификация электрических двигателей, где рассматриваемые в данной книге 4 вида электрических двигателей подразделяются на более мелкие категории.

Среди электрических двигателей постоянного тока есть такие, в которых не используется магнит, а используется катушка (обмотка). Такая катушка используется в качестве электромагнита.

Аналогично и среди синхронных электродвигателей есть такие, в которых вместо магнита используется катушка. Но, кроме того, существуют и такие синхронные электродвигатели, в роторах которых не используется ни магнит, ни катушка, они называются «реактивными синхронными электродвигателями». И среди асинхронных электрических двигателей существуют асинхронные электродвигатели с обмоткой.

Кроме того, существуют и такие разные по принципам вращения и структуре электрические двигатели, как шаговый электродвигатель и линейный электродвигатель. Другими словами, существует очень много видов электрических двигателей.

---

<sup>1</sup> IGBT означает биполярный транзистор с изолированным затвором (Insulated Gate Bipolar Transistor). Это часто используемый полупроводник, так как с его помощью можно регулировать электрический ток.



**ТАБЛИЦА 1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Электрические двигатели, рассматриваемые в этой книге	Подгруппы	Названия	
Электро-двигатель постоянного тока	Виды статоров	Электродвигатель постоянного тока на постоянных магнитах	
		С катушкой (обмоткой)	С последовательным включением обмоток
			С параллельным включением обмоток
			Со смешанным включением обмоток
Синхронный электро-двигатель	Виды роторов	С поверхностными постоянными магнитами (SPM)	
С внутренними постоянными магнитами (IPM)			
Электродвигатель с фазным ротором			
Реактивные синхронные электродвигатели			
Асинхронный электро-двигатель		Электродвигатель с короткозамкнутым ротором	
Асинхронный электродвигатель с фазным ротором			
Бесколлекторный электродвигатель		Бесколлекторный электродвигатель	
	Электрические двигатели с иными принципами вращения и структурой	Шаговый электродвигатель	
Вентильный реактивный электродвигатель (SRM)			
Линейный электродвигатель			

Электрические двигатели, упомянутые в выделенных тёмным фоном ячейках, будут рассмотрены в этой книге.