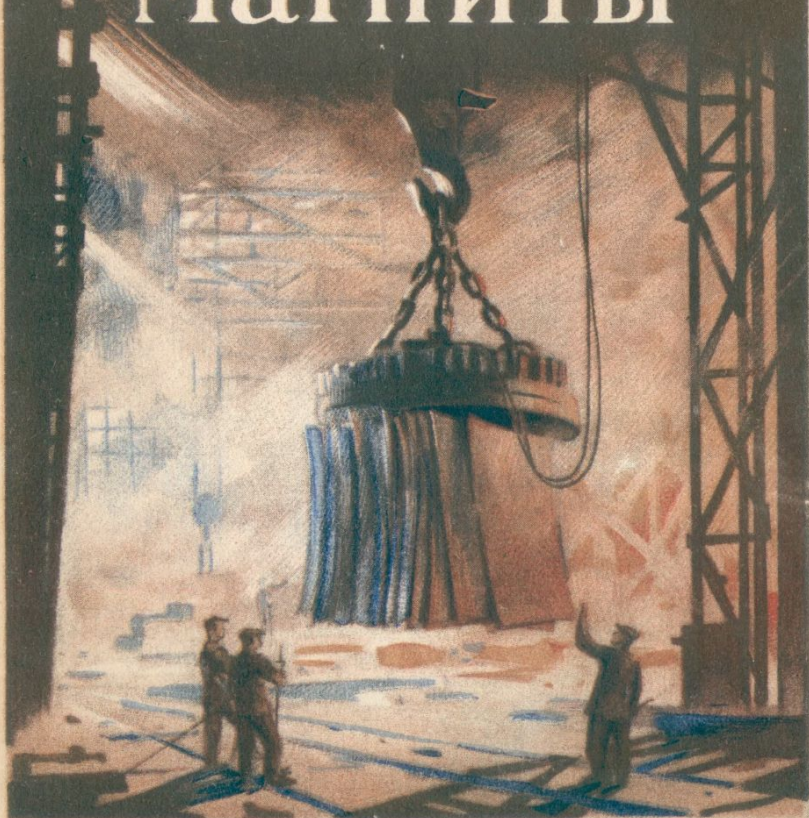


НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ  
БИБЛИОТЕКА



В. Д. ОХОТНИКОВ

# Магниты



**В. Д. ОХОТНИКОВ**

Заслуженный деятель науки и техники

# МАГНИТЫ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
МОСКВА 1949 ЛЕНИНГРАД

## ОГЛАВЛЕНИЕ

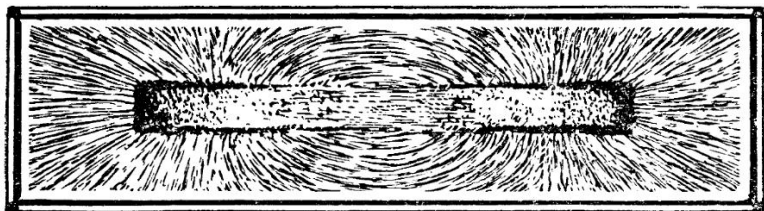
Введение . . . . .	3
1. О магните и электричестве . . . . .	3
2. Знакомство с магнитом продолжается . . . . .	8
3. «Магнитные щупальцы» . . . . .	13
4. Магниты на электростанциях . . . . .	15
5. Электромагнитные двигатели . . . . .	17
6. Электромагнитные преобразователи тока . . . . .	19
7. Электромагнит помогает связи . . . . .	22
8. Магнитная разведка . . . . .	25
9. Современный постоянный магнит . . . . .	27
10. Электромагнитный нагрев . . . . .	28
11. Магниты на войне . . . . .	31
Заключение . . . . .	32

Редактор *В. А. Мезенцев.*

Техн. редактор *Р. П. Остроумова.*

Подписано к печати I/VI 1949 г. 2,0 печ. л. 1,93 уч.-изд. л. 39 000 тип.  
зн. в печ. листе. А 04378. Тираж 200 000 экз. Цена книги 60 к.  
Заказ № 1582.

3-я тип. «Красный пролетарий» Главполиграфиздата при Совете Министров  
СССР. Москва, Краснопролетарская, 16.



## ВВЕДЕНИЕ

**М**ногие миллионы электромагнитов и магнитов больших и маленьких служат нашему народному хозяйству.

Они поднимают тяжести и приводят в движение электромоторы прокатных станов, электропоездов, вентиляторов; с их помощью рождается звук в телефонах и громкоговорителях; они заставляют звонить электрические звонки и помогают при розыске вражеских мин. С помощью электромагнитов вырабатывается электроэнергия на электрических станциях. Магниты порождают искру, необходимую для работы автомобильного или самолётного мотора.

О свойствах магнита и электромагнита, о магнитных явлениях и их многообразном применении в современной технике рассказывается в этой маленькой книге.

### 1. О МАГНИТЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСТВЕ

**Е**щё в глубокой древности человеку был известен камень, обладающий необыкновенными свойствами. Он притягивал к себе железные предметы и держал их неопределённо долгое время, словно они были к нему приклеены.

Этот камень — одна из разновидностей железной руды — магнитный железняк — был назван магнитом.

Значительно позже было обнаружено ещё одно замечательное свойство магнита. Оказалось, что если им натереть какой-либо стальной предмет, например нож, то последний также начинает притягивать к себе железные предметы — становится магнитом. С тех пор появился

«искусственный» магнит — кусок стали, натёртый «естественным» магнитом — магнитным железняком.

Первое практическое применение магнит нашёл в виде кусочка намагниченной стали, плавающего на пробке

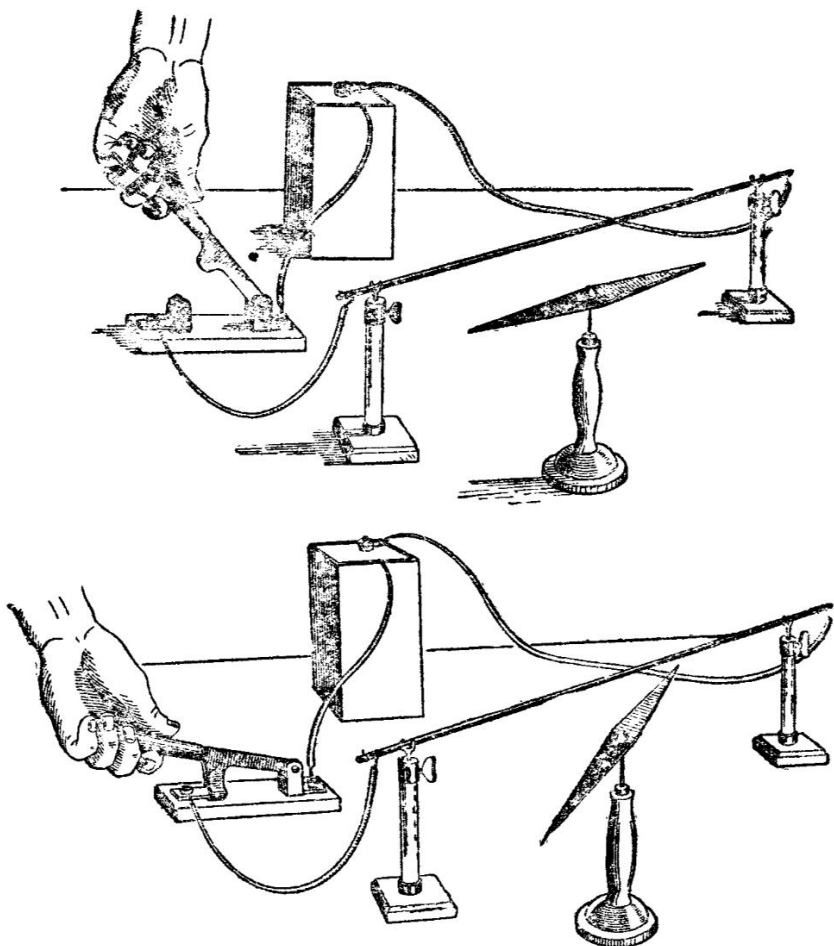


Рис. 1. Электрический ток отклоняет магнитную стрелку.

в воде или масле. В этом случае одним концом магнит всегда указывает на север, а другим—на юг. Это был первый компас, применённый мореплавателями.

Так же давно, за несколько веков до нашей эры, людям было известно, что смолистое вещество — янтарь, если его натереть шерстью, получает на некоторое время способность притягивать лёгкие предметы: обрывки бумаги, кусочки нитки, пушинки.

Это явление было названо электрическим («электрон» — по-гречески означает «янтарь»).

Позднее было замечено, что «наэлектризовываться» трением может не только янтарь, но и другие вещества: стекло, сургучная палочка и др.

Долгое время люди не видели никакой связи между двумя необычными явлениями природы — магнетизмом и электричеством. Общим казался лишь внешний признак — свойство притягивать: магнит притягивал железо, а натёртая шерстью стеклянная палочка — кусочки бумаги. Правда, магнит действовал постоянно, а наэлектризованный предмет терял свои свойства через некоторое время, но и то и другое «притягивало».

Но вот, в конце XVII века было замечено, что молния — явление электрическое, — ударившая вблизи стальных предметов, может их намагнитить. Так, например, однажды стальные ножи, лежавшие в деревянном ящике, оказались, к несказанному удивлению хозяина, намагниченными после того, как молния попала в ящик и разбила его.

Со временем похожих случаев наблюдалось всё больше и больше. Однако это ещё не давало основания думать, что между электричеством и магнетизмом существует прочная связь. Такая связь была установлена лишь около 130 лет назад. Тогда было замечено, что магнитная стрелка компаса отклоняется, как только рядом с ней располагался проводник, по которому протекал электрический ток (рис. 1).

Почти в то же время учёные обнаружили другое, не менее поразительное явление. Оказалось, что проволока, по которой протекает электрический ток, в состоянии притягивать к себе мелкие железные опилки (рис. 2). Стоило, однако, прекратить ток в проволоке, как опилки немедленно осыпались, и проводник терял свои магнитные свойства.

Наконец, было обнаружено и ещё одно свойство электрического тока, окончательно утвердившее связь между электричеством и магнетизмом. Оказалось, что стальная игла, помещённая в середину проволоочной

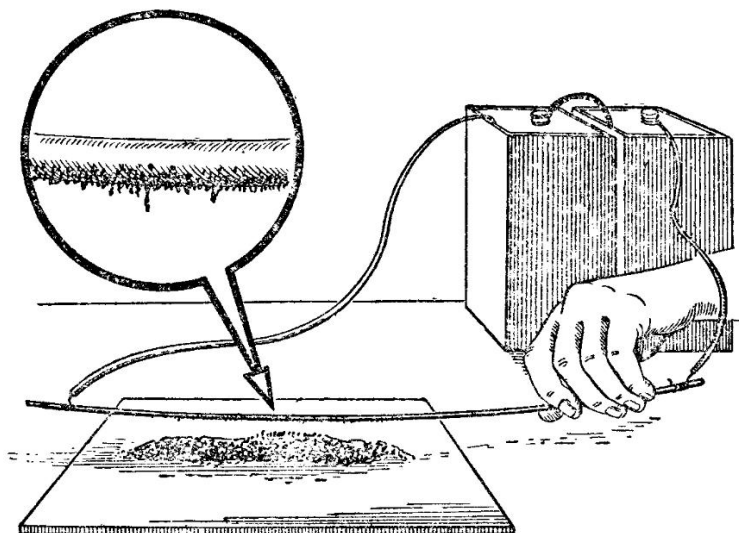


Рис. 2. К медной проволоке, через которую течёт электрический ток, притягиваются железные опилки.

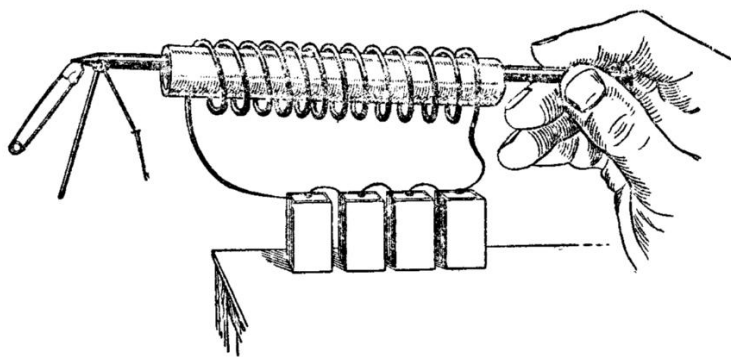


Рис. 3. Если в середину проволочной катушки, через которую проходит электрический ток, вставить стальную иглу, она намагничивается. Если иглу заменить стержнем из мягкого железа, он приобретает магнитные свойства лишь на время, пока по катушке идёт электрический ток.

катушки, через которую проходит электрический ток (такая катушка называется **с о л е н о и д о м**), намагничивается так же, как будто её натёрли естественным магнитом.

Из опыта со стальной иглой и родился э л е к т р о м а г н и т. Помещая в середину проволочной катушки

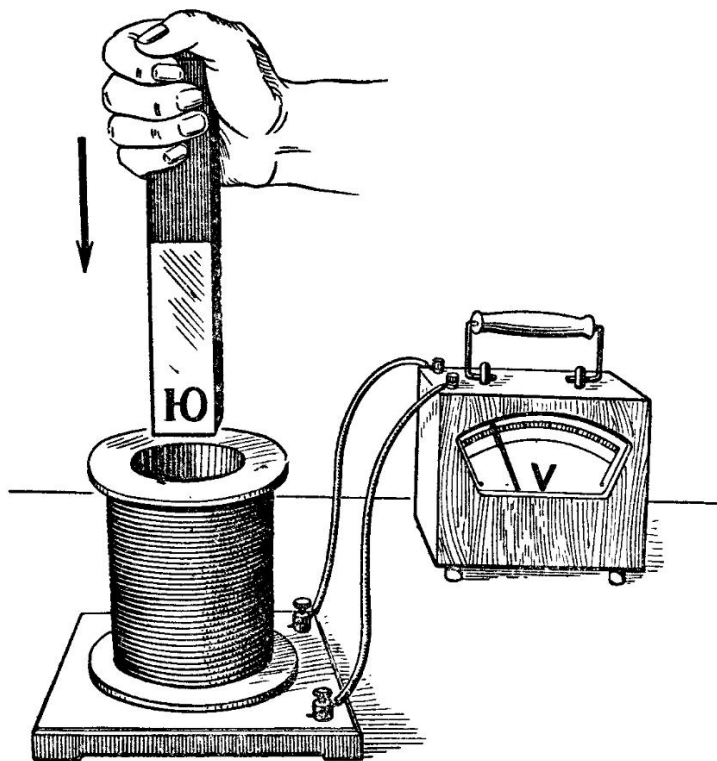


Рис. 4. Под влиянием движущегося магнита в проволочной катушке возникает электрический ток.

вместо иглы стержень из мягкого железа, учёные убедились, что при пропускании тока через катушку железо приобретает свойство магнита (рис. 3), а после прекращения тока теряет это свойство. При этом было замечено, что чем больше витков проволоки в соленоиде, тем сильнее электромагнит.



Сначала электромагнит многим казался лишь забавным физическим прибором. Люди не подозревали, что в недалёком будущем он найдёт самое широкое применение, будет служить основой для многих аппаратов и машин.

После того как было установлено, что электрический ток придаёт проводнику магнитные свойства, учёные задались вопросом: а не существует ли обратной связи между электричеством и магнетизмом? Не вызовет ли, например, сильный магнит, помещённый внутрь проволочной катушки, электрический ток в этой катушке? Ответ был вскоре найден. Было обнаружено, что электрический ток в проволочной катушке действительно возникает под действием магнита, но только движущегося: ток возникает в тот момент, когда магнит вставляется или вынимается из катушки (рис. 4), а также тогда, когда приближается или удаляется от неё.

Это явление находит своё объяснение в законе сохранения энергии. В самом деле, если бы электрический ток возникал в проводнике под действием неподвижного магнита, то это полностью противоречило бы закону сохранения энергии. Согласно этому закону для получения электрического тока необходимо затратить другую энергию, которая превращалась бы в электрическую. При получении электрического тока с помощью магнита в электрическую энергию и превращается энергия, затрачиваемая на передвижение магнита.

## 2. ЗНАКОМСТВО С МАГНИТОМ ПРОДОЛЖАЕТСЯ

Ещё в середине XIII века пытливые наблюдатели заметили, что магнитные стрелки компаса взаимодействуют между собой: концы, указывающие одно и то же направление, отталкиваются; указывающие разное — притягиваются.

Этот факт помог учёным объяснить действие компаса. Было высказано предположение, что земной шар представляет собой огромный магнит, и концы компасных стрелок упорно поворачиваются в нужном направлении, потому, что они отталкиваются от одного магнитного полюса Земли и притягиваются к другому. Это предположение оказалось верным.

В изучении магнитных явлений сильно помогли мелкие железные опилки, прилипающие к магниту любой силы. Прежде всего было замечено, что больше всего опилок прилипает к двум определённым местам магнита или, как их стали называть, — п о л ю с а м магнита.

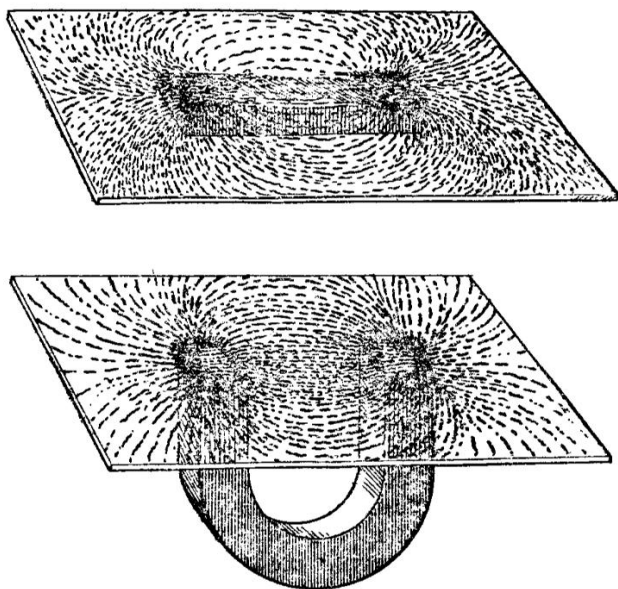


Рис. 5. Железные опилки показывают расположение магнитных силовых линий в пространстве вокруг магнита.

Выяснилось, что любой магнит всегда имеет, по меньшей мере, два полюса, из которых один стали называть с е в е р н ы м (С), а другой — ю ж н ы м (Ю). У магнита, имеющего вид полоски, его полюсы чаще всего располагаются на концах полоски.

Особенно яркая картина предстала перед глазами наблюдателей, когда они догадались посыпать железные опилки на стекло или бумагу, под которой лежал магнит (рис. 5). Густо расположились опилки у полюсов магнита. Затем в виде тонких линий — сцепившихся между собой частиц железа — они потянулись от одного полюса к другому.

О чём говорили эти линии?

Дальнейшее изучение магнитных явлений показало, что в пространстве вокруг магнита действуют особые, магнитные силы, или, как говорят, магнитное поле\*). Направление и интенсивность магнитных сил и показывают железные опилки, расположенные над магнитом.

С опыты с опилками научили многому. Вот к полюсу магнита приближается кусочек железа. Если при этом бумагу, на которой лежат опилки, немного потрясти, рисунок из опилок начинает меняться. Становятся как бы видимыми магнитные линии; они идут от полюса магнита к куску железа и становятся всё гуще и гуще по мере приближения железа к полюсу. Одновременно с этим возрастает и сила, с которой магнит тянет к себе кусочек железа.

На каком конце железного бруска электромагнита образуется при прохождении тока через катушку северный полюс, а на каком южный? Это легко определить по направлению электрического тока в катушке. Известно, что ток (поток отрицательных зарядов) течёт от отрицательного полюса источника к положительному. Зная это и глядя на катушку электромагнита, можно представить, в каком направлении пойдёт ток в витках электромагнита. У того конца электромагнита, где ток будет совершать круговое движение по направлению движения часовой стрелки, образуется северный полюс; у другого конца бруска, где движение тока будет противоположно движению часовой стрелки, — южный. Если переменить направление тока в обмотке электромагнита, то переменятся и его полюсы.

Далее, было замечено, что как постоянный магнит, так и электромагнит притягивают значительно сильнее, если они имеют форму не прямого бруска, а согнуты так, что их разноимённые полюсы близки друг к другу. В этом случае притягивает не один полюс, а два, и кроме того, магнитные силовые линии меньше рассеиваются в пространстве — они оказываются сосредоточенными между полюсами.

---

\*) Подробнее о магнитном поле рассказывается в брошюре серии «Научно-популярная библиотека» Гостехиздата: Э. И. Андринович «Электрический ток».

Когда притягиваемый железный предмет прилипает к обоим полюсам, подковообразный магнит почти перестаёт рассеивать в пространстве силовые линии. Это легко увидеть при помощи тех же опилок на бумаге. Магнитные силовые линии, ранее тянувшиеся от одного полюса к другому, теперь проходят через притянутый железный предмет, словно им легче проходить через железо, чем через воздух. Исследования показали, что это действительно так. Появилось новое понятие — магнитная проницаемость, которым обозначается величина, указывающая, во сколько раз магнитным линиям легче проходить через какое-либо вещество, чем через воздух.

Самая большая магнитная проницаемость оказалась у железа и у некоторых его сплавов.

Этим и объясняется, что из металлов именно железо лучше всего притягивается магнитом. С меньшей магнитной проницаемостью оказался другой металл — никель. И он хуже притягивается магнитом.

Было обнаружено, что и некоторые другие вещества обладают магнитной проницаемостью, большей, чем воздух, и, следовательно, притягиваются магнитами. Но магнитные свойства этих веществ выражены очень слабо. Поэтому все электротехнические приборы и машины, в которых так или иначе работают электромагниты, по сию пору не могут обойтись без железа или без специальных сплавов, в которые входит железо.

Естественно, что исследованию железа и его магнитных свойств почти с самого зарождения электротехники было уделено огромное внимание. Однако настоящие, строго научные расчёты в этой области стали возможны лишь после замечательных исследований русского учёного Александра Григорьевича Столетова, произведённых в 1872 году. Он нашёл, что магнитная проницаемость какого-либо куска железа — величина не постоянная; она меняется от степени намагничивания этого куска. Способ испытания магнитных свойств железа, предложенный Столетовым, имеет большую ценность; по сию пору он применяется учёными и инженерами.

Более глубокие исследования природы магнитных явлений стали возможны лишь после развития учения о строении вещества.

Каково же современное представление о магнетизме?

Теперь мы знаем, что любой химический элемент состоит из а т о м о в — необычайно маленьких сложных частичек. В центре атома находится я д р о, заряженное положительным электричеством. Вокруг него вращаются э л е к т р о н ы, частицы, несущие в себе отрицательный электрический заряд. Число электронов неодинаково у атомов различных химических элементов. Например, у атома водорода вокруг ядра вращается всего один электрон, а у атома урана — девяносто два.

Путём внимательных наблюдений за различными электрическими явлениями учёные пришли к выводу, что электрический ток в проводнике есть не что иное, как п е р е м е щ е н и е э л е к т р о н о в.

Теперь вспомним, что вокруг проводника, в котором протекает электрический ток, то-есть перемещаются электроны, всегда возникает магнитное поле. Из этого следует, что магнитное поле всегда появляется там, где существует движение электронов, иными словами, с у щ е с т в о в а н и е м а г н и т н о г о п о л я е с т ь с л е д с т в и е д в и ж е н и я э л е к т р о н о в.

Возникает вопрос: в любом веществе электроны постоянно вращаются вокруг своих атомных ядер; почему же в таком случае не всякое вещество образует вокруг себя магнитное поле? Современная наука даёт на это следующий ответ. Каждый электрон не только обладает электрическим зарядом; он обладает и свойствами магнита, является маленьким элементарным магнетиком. Таким образом создаваемое электронами магнитное поле при их движении вокруг ядра складывается с их собственным магнитным полем. При этом у большинства атомов магнитные поля, складываясь, нацело уничтожают, погашают друг друга. И только у немногих атомов — железа, никеля, кобальта и в гораздо меньшей степени у других, магнитные поля оказываются неуравновешенными, и атомы представляют собой крошечные магнетики. Эти вещества носят название ф е р р о м а г н и т н ы х («феррум» значит железо). Если атомы ферромагнитных веществ расположены беспорядочно, то магнитные поля разных атомов, направленные в разные стороны, в конечном итоге уничтожают друг друга. Но если их повернуть так, чтобы магнитные поля складывались, — а именно это мы и делаем при намагничивании — магнитные поля будут уже не погашаться, а складываться

друг с другом. Всё тело (кусочек железа) будет создавать вокруг себя магнитное поле, становиться магнитом.

Точно так же в случае, когда электроны перемещаются в одном направлении, что, например, имеет место при электрическом токе в проводнике, магнитное поле отдельных электронов складывается в общее магнитное поле.

В свою очередь электроны, попавшие во внешнее магнитное поле, всегда подвергаются воздействию последнего. Это позволяет управлять движением электронов с помощью магнитного поля.

Всё сказанное выше является лишь приближённой и очень упрощённой схемой. В действительности атомные явления, происходящие в проводниках и магнитных материалах, более сложны.

Наука о магнитах и магнитных явлениях — **магнитология** — очень важна для современной электротехники. Большой вклад в дело развития этой науки сделал советский учёный — магнитолог действительный член Академии Наук БССР, лауреат Сталинской премии Николай Сергеевич Акулов, открывший важный закон, известный во всём мире как «закон Акулова». Этот закон позволяет заранее установить, как при намагничивании изменяются такие важные свойства металлов, как электропроводность, теплопроводность и пр.

\* \* \*

Целые поколения учёных работали над тем, чтобы проникнуть в тайну магнитных явлений и поставить эти явления на службу человечеству. В наше время миллионы самых разнообразных магнитов и электромагнитов работают на благо народного хозяйства в разнообразнейших электрических машинах и аппаратах.

Они освобождают людей от тяжёлого физического труда, а подчас являются незаменимыми слугами.

Посмотрим, где и как работают эти замечательные помощники человека.

### 3. «МАГНИТНЫЕ ЩУПАЛЬЦЫ»

**П**о заводскому цеху медленно передвигается свисающий с потолка толстый трос. На конце троса висит массивный цилиндрический предмет. Вот он спускается к огромной стальной болванке и соприкасается с ней.

В тот же момент рабочий включает электрический рубильник, и цилиндрический предмет вновь начинает подниматься вверх, унося с собой тысячепудовую стальную отливку.

Это — электромагнитный подъёмный кран.

Мы не видим ни крючков, ни канатов, на которых бы держалась стальная болванка, только что лежавшая на полу.

Что же её держит?

Магнитные силовые линии. Они, как невидимые щупальцы, оплели отливку и притянули её к цилиндрическому предмету — электромагниту.

Сколько труда нужно было бы затратить, чтобы подвести под тяжёлую болванку тросы. Да и не всякую деталь удобно привязать тросами, а магнитные силовые линии крепко притянули болванку к электромагниту и будут держать до тех пор, пока кран не перенесёт её в нужное место. Рабочий без всякого усилия выключит рубильником электрический ток, вслед за этим моментально исчезнет магнитное поле, и болванка окажется освобождённой.

А вот ещё пример.

Взад и вперёд движется супорт строгального станка. На нём лежит обрабатываемый резцом железный предмет. Рабочий останавливает станок, нажимает маленькую кнопку и легко снимает с супорта обрабатываемую деталь.

Как же она держалась? Почему рабочему не пришлось её освобождать, отвинчивая тиски или другие приспособления?

Объяснение простое. Супорт снабжён электромагнитом. Магнитные силовые линии прочно держали деталь, словно в тисках. Нажав кнопку, рабочий выключил ток, и деталь оказалась свободной.

Мельница. Быстро струятся по жёлобу золотистые зёрна. Они должны поступить в размол. А что, если вместе с зерном случайно попадёт гвоздь или кусочек железа? Ведь это может испортить мельничную машину. И вот, чтобы этого не случилось, на страже стоит сильный магнит. Он «хватает» железные предметы и цепко держит их, не пуская в машину.

Подобных примеров применения магнитов и электромагнитов в технике очень много. Мы привели лишь самые простые.

#### 4. МАГНИТЫ НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

**Б**ак получать электрическую энергию в больших количествах? Люди научились это делать лишь тогда, когда применили для этой цели магниты и магнитные явления.

Заглянем на современную электростанцию.

Мерно гудит турбина — механический двигатель, приводящий в движение машину, производящую электриче-

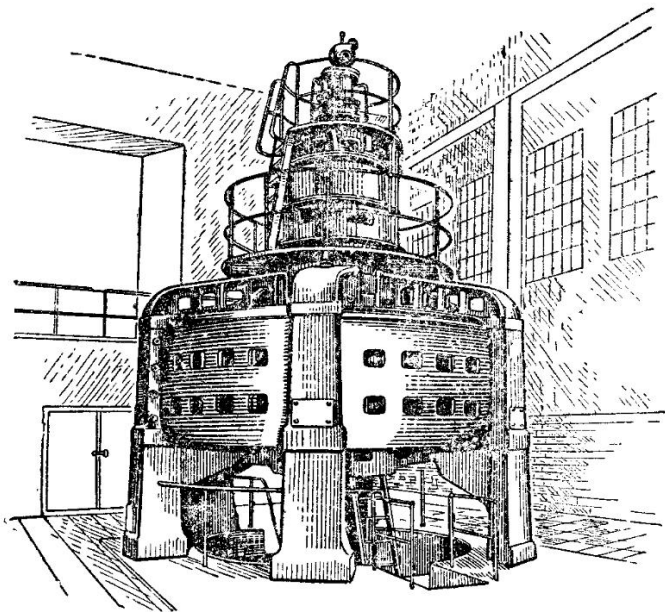


Рис. 6. Современный мощный генератор электрического тока.

ский ток, — генератор (рис. 6). Пар или вода ударяют по лопастям специального колеса турбины и вращают его с большой скоростью. Вращение передаётся на ось генератора электрического тока.

Как же устроен генератор, способный преобразовывать механическую энергию вращения в электрическую?

Оказывается, главную роль в нём играет магнитное поле.

Быстро вращаются вместе с валом машины мощные электромагниты. Их магнитные силовые линии пересекают с большой скоростью укреплённые рядом проволо-



ные катушки (рис. 7). В катушках возникает электрический ток.

Электрические генераторы создавались и совершенствовались постепенно. Над этим трудились целые поко-

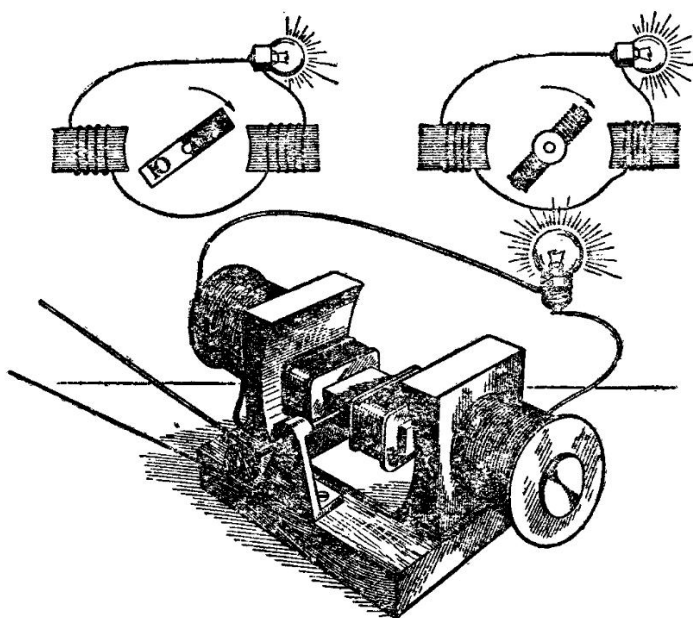


Рис. 7. Простейшая схема работы генератора электрического тока. Магнит или электромагнит, вращаясь, проходит мимо проволочных катушек; в катушках возникает электрический ток.

ления учёных и изобретателей. Среди них ведущая роль принадлежит нашим соотечественникам.

Как уже говорилось, А. Г. Столетов нашёл метод измерения намагничивания железа, а без этого невозможно сконструировать хорошо работающий электрический генератор. Метод Столетова применяется теперь во всех научных лабораториях мира.

Русский электротехник прошлого века Павел Николаевич Яблочков первый построил якорь — вращающуюся деталь генератора — барабанного типа. Барабанный якорь Яблочкова — важнейшая часть генератора; он является сердцем всех современных электрических генераторов

постоянного тока. Интересно отметить, что в своё время это замечательное изобретение было украдено немецким инженером Гефнер Альтенеком и выдано за своё. Только в наше время удалось разоблачить это воровство и восстановить историческую правду. Многие сделали для усовершенствования первых динамомашин — генераторов постоянного тока — русские инженеры Д. Лачинов и А. Полешко.

В современной практике применяются два рода электрического тока: переменный и постоянный. Переменный ток отличается от постоянного тем, что меняет своё направление в проводнике много раз в секунду.

Иногда удобно применять только постоянный ток. Но в большинстве случаев по ряду причин применяется переменный ток.

Русские инженеры-электрики были пионерами в деле создания электрических генераторов, производящих переменный ток. Среди них тот же П. Н. Яблочков первым в мире построил практически работающий генератор переменного тока — альтернатор.

Михаил Осипович Доливо-Добровольский изобрёл в 1890 году новую форму переменного тока — так называемый трёхфазный ток. Появление электрических генераторов трёхфазного тока произвело целую революцию в электроэнергетике.

Огромного размера достигла электрификация в нашей стране. С каждым годом растёт число мощных электростанций — огромных фабрик электрической энергии; с каждым месяцем вырастают сотни новых колхозных электростанций. И в любой из них, и в большой и в маленькой, незримое магнитное поле превращает механическую энергию в энергию электрическую.

## 5. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Летом 1838 года в Петербурге, по многоводной реке Неве, прошла первая в мире электрическая моторная лодка (рис. 8); она была снабжена электромотором, построенным петербургским академиком Борисом Семёновичем Якоби.

Попытки построить электромотор — двигатель, в котором электрическая энергия превращалась бы в механическую энергию вращения, — были и раньше. Но все эти попытки терпели неудачу.

Изобретателям первых электрических двигателей казалось, что стоит лишь взять за образец существовавшую в то время паровую машину, поставить вместо парового цилиндра большой электромагнит, а вместо поршня — железный якорь, как сразу получится электрический двигатель. Б. С. Якоби первый понял, что проблему преобразования электрической энергии в механическую надо решать

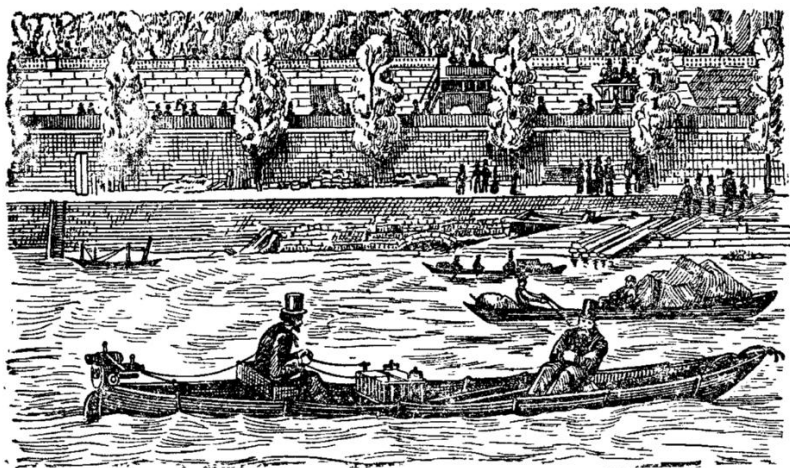


Рис. 8. Первая электрическая моторная лодка на реке Неве (1838 год).

иначе, не пользуясь кривошипом и шатуном, без которых не могла обходиться паровая машина. Он установил электромагниты на вращающейся оси и таким образом, путём поочерёдного притяжения этих электромагнитов, смог превратить электрическую энергию непосредственно в энергию механического вращения. На этом принципе и работают с тех пор все существующие в мире электрические двигатели.

Интересно отметить, что электромотор Якоби обладал «обратимостью»: он не только преобразовывал электрическую энергию в механическую, но и наоборот — при вращении своего вала мог вырабатывать электрическую энергию, то-есть служить электрическим генератором.

Вначале электродвигатели совершенствовались очень медленно. В то время ещё не было электростанций, произ-

водящих электроэнергию в большом количестве. Первый электродвигатель Якоби, например, работал от батареи гальванических элементов. Зато с появлением мощных преобразователей механической энергии в электрическую — динамомашии и альтернаторов, — стали быстро совершенствоваться и преобразователи электрической энергии в механическую — электродвигатели. Большого совершенства достигли электромоторы особенно после того, как в них стали применяться якоря барабанного типа, придуманные уже упоминавшимся русским изобретателем П. Н. Яблочковым.

Однако вначале совершенствовались только электродвигатели постоянного тока. Построить экономно работающий двигатель переменного тока долго никому не удавалось. Это обстоятельство сильно мешало распространению переменного тока, удобного для передачи на дальние расстояния. М. О. Доливо-Добровольский, изобретатель трёхфазного переменного тока, разрешил эту задачу. Изобретённый им электродвигатель трёхфазного тока оказался проще и экономичнее существовавших в это время двигателей постоянного тока.

подавляющее большинство современных электродвигателей в мире — это трёхфазные двигатели Доливо-Добровольского.

Несметная армия электромоторов, начиная от огромных, приводящих в движение блюминги, и кончая маленькими — для швейных машин, работает сейчас в самых различных областях промышленности. И в любом из них электрический ток, проходя через проволочные обмотки, порождает магнитное поле, которое силой притяжения или отталкивания заставляет вращаться якорь машины.

## 6. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТОКА

**М**ногим знакома по внешнему виду трансформаторная будка. Внутри неё работает трансформатор (рис. 9) — устройство для преобразования электрического переменного тока высокого напряжения в ток низкого напряжения, и наоборот\*).

\*) О том, что такое напряжение электрического тока, см. брошюру в серии «Научно-популярная библиотека» Гостехиздата: Э. И. Адирович «Электрический ток».

Зачем это необходимо?

Чем выше напряжение электрического тока, тем он лучше, с меньшими потерями, преодолевает большие расстояния. Поэтому перед тем, как пускать электрический

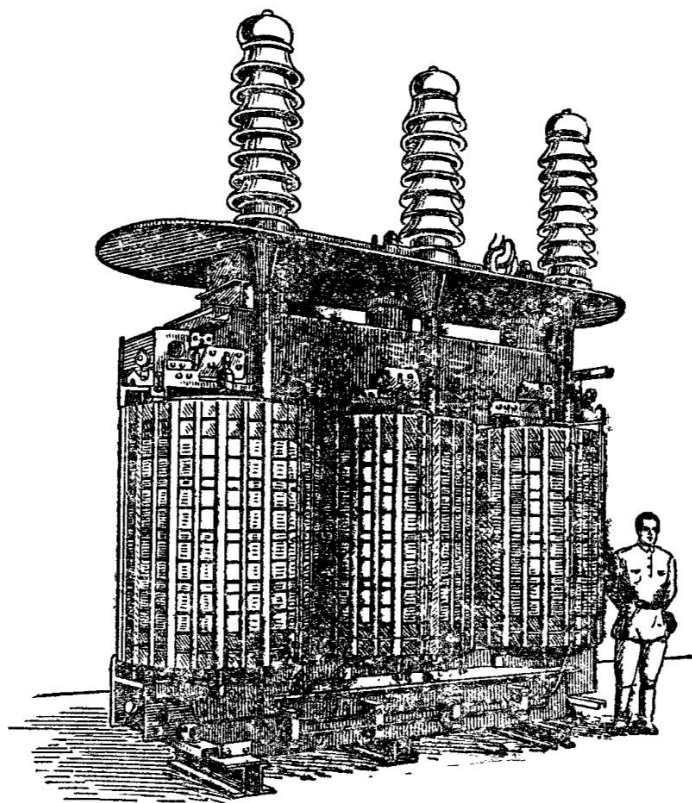


Рис. 9. Внешний вид большого современного трансформатора.

ток в линию дальней передачи, его напряжение всегда сильно повышают, а на месте потребления снова понижают, так как высокое напряжение опасно для жизни людей. Это и осуществляется с помощью трансформатора.

Трансформатор можно считать одним из самых простых электрических приборов. В нём нет движущихся или вращающихся частей. Он состоит всего лишь из двух проволочных катушек, расположенных как можно ближе

друг к другу, внутри которых находится железо, хорошо проводящее магнитные силовые линии (рис. 10). Катушки имеют различное количество витков: в одной больше, в другой меньше. Если пропускать переменный электрический ток через первую катушку, с меньшим числом витков, то магнитное поле, появившееся в этом случае, возбуждает во второй катушке, с большим числом витков, ток

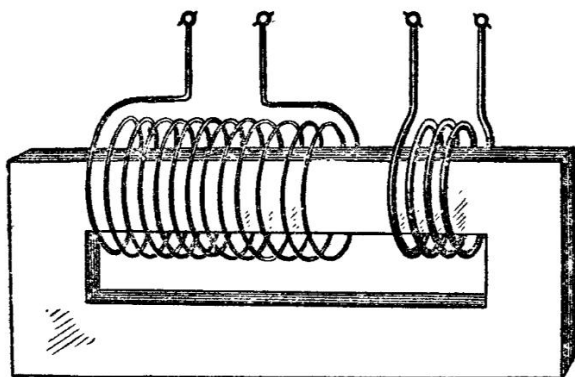


Рис. 10. Схема трансформатора.

более высокого напряжения. При этом, если число витков во второй катушке в сто раз больше, чем в первой, то и электрическая энергия преобразуется в напряжение, в сто раз более высокое, чем то, которое было вначале. И наоборот, если пустить ток в катушку с большим числом витков, то в катушке с меньшим числом витков появится ток, напряжение которого будет ниже первоначального во столько раз, во сколько меньше число витков во второй катушке, чем в первой.

Трансформаторы — очень нужные электрические приборы. Они необходимы для передачи энергии на дальнее расстояние. Кроме того, без маленьких трансформаторов не обходятся десятки различных электрических установок и аппаратов, таких, как телефон, радиоприёмник, электро-сварочный аппарат и т. д.

Изобретатели первого практически работающего трансформатора — также наши соотечественники: И. Ф. Усагин и П. Н. Яблочков. Оба они работали в разное время и независимо друг от друга.

Задумавшись над тем, как питать от одного источника тока несколько дуговых свечей \*), — практически первых источников электрического света, — Яблочков решил эту задачу, установив у своих «свечей» маленький трансформатор.

Трансформаторы, преобразовывающие большое количество электроэнергии, изобрёл и построил И. Ф. Усагин.

## 7. ЭЛЕКТРОМАГНИТ ПОМОГАЕТ СВЯЗИ

**В** электрических приборах, применяемых для связи по проводам на дальнее расстояние — телеграфе и телефоне, обязательной и самой главной частью является электромагнит.

Первый в мире практически работающий телеграф был построен нашим соотечественником Павлом Львовичем Шиллингом. С помощью телеграфа П. Л. Шиллинга в 1832 году была установлена впервые в истории телеграфная связь между Зимним дворцом и Министерством путей сообщения в Петербурге.

В аппарате П. Л. Шиллинга имелось шесть картонных кружков, к которым были прикреплены магнитные стрелки.

Электрический ток, посылаемый, как сигнал, со станции отправления, проходил через специальные катушки, находящиеся каждая у своей стрелки, и поворачивал последние в том или другом направлении. Вместе со стрелками поворачивались и прикреплённые к ним картонные кружки. Различному повороту отдельных кружков соответствовала та или иная буква.

Другой наш великий соотечественник, изобретатель электромотора Б. С. Якоби построил свой телеграфный аппарат. В аппарате Якоби получаемые сигналы уже не нужно было наблюдать в момент их передачи. Они «записывались» на бумагу.

Пишущие телеграфные аппараты Якоби в течение четырёх лет — с 1839 по 1843 год — исправно работали на линии между тем же Зимним дворцом и Главным штабом в Петербурге.

Американец Морзе, в заслугу которому буржуазные историки ставят изобретение «пишущего» телеграфа, свой первый аппарат построил лишь в 1844 году.

\*) О «свечах Яблочкова» см. брошюру А. С. Данцигер «Электрическая лампочка», «Научно-популярная библиотека» Гостехиздата.

В любом телеграфном аппарате электрический ток, пришедший по проводам, создаёт вокруг электромагнита магнитное силовое поле. Электромагнит притягивает железный якорь. Движение якоря передаётся устройству для записи сигналов. В некоторых аппаратах это устройство бывает таким, что на бумаге сразу отпечатываются буквы.

Иначе используется электромагнит в известной всем телефонной слуховой трубке. Специальный, очень простой прибор — м и к р о ф о н, помещённый в этой трубке, преобразует звук — волнообразное движение воздуха — в электрический ток переменной силы. Этот ток, попадая на электромагнит телефонной слуховой трубки, заставляет его притягивать к себе круглую железную пластинку — м е м б р а н у. В зависимости от изменения силы тока, идущего от микрофона, электромагнит телефона тянет к себе мембрану то сильнее, то слабее. Пластинка начинает совершать слабые, невидимые на-глаз колебания. От этих колебаний приходят в волнообразное движение частицы воздуха, которые мы и слышим, как звук.

На принципе, очень близком к телефону, работают громкоговорители. В них также электромагнит заставляет в конечном итоге колебаться большую мембрану (иногда бумажную), благодаря чему получается громкий звук.

Первые телеграфные и телефонные аппараты быстро совершенствовались. Были изобретены такие аппараты, посредством которых по одной проволочной линии стало возможным вести одновременно десятки телефонных и телеграфных разговоров, нисколько не мешающих друг другу.

Непревзойдённый по скорости и мощности телеграфный буквопечатающий аппарат недавно изобрели, построили и внедрили в жизнь советские изобретатели, лауреаты Сталинской премии А. Д. Игнатъев, Л. П. Гурин и Г. П. Козлов.

Первые телеграфные аппараты были предвестниками огромного в настоящее время раздела электротехники — т е л е м е х а н и к и — техники управления на расстоянии машинами, аппаратами и мощными электрическими установками.

В телемеханических приборах электромагниты являются также главной частью. Возьмём, для примера, такое грандиозное сооружение, как канал Волга — Мо-



сква. На 120 километров протянулся этот канал от Волги до впадения в Москва-реку. Только первые восемнадцать километров волжская вода идёт самотёком. Дальше её гонят мощные насосные станции, установленные в различных местах канала. Как же согласовывается работа всех этих станций?

Все станции управляются из одного пункта, называемого диспетчерским, расположенного недалеко от Москвы. Перед специальной доской, покрытой многочисленными разноцветными лампочками, — пультом управления, сидит диспетчер. Он наблюдает за сигналами — вспыхиванием и потуханием лампочек — и за показаниями специальных приборов. Эти сигналы в виде электрического тока по проводам поступают от далёких насосных станций и шлюзов. По сигналам диспетчер может судить, какой уровень воды в той или другой части канала, нужно ли пустить в действие ту или иную насосную станцию.

Приняв соответствующее решение, диспетчер нажимает пусковую кнопку. В ничтожную долю секунды пробежит электрический ток расстояние от диспетчерской до насосной станции. Там он попадает в катушку электромагнита, и появившееся магнитное силовое поле приводит в действие пусковое устройство огромных машин.

«Сестра» телемеханики — а в т о м а т и к а — техника «умных» машин — тоже не может обойтись без электромагнитов.

Предположим, что на той же насосной станции плохо стало работать приспособление, производящее смазку машин. Части машин начинают разогреваться. Это грозит порчей машины. Повышение температуры выше допустимой нормы улавливает специальный электрический прибор. Он посылает электрический ток в обмотку электромагнита, приходит в действие рычаг, и машина останавливается.

Точно так же не обходятся без электромагнитов и другие автоматические приборы, например, ф о т о р е л е — устройство, автоматически приводящее в действие тот или иной механизм под влиянием светового сигнала\*).

В настоящее время у нас существуют гидроэлектрические станции, в которых совсем не работают люди. Двери

---

\*) О том, как работает фотореле, см. брошюру: В. А. Мезенцев «Электрический глаз», «Научно-популярная библиотека» Гостехиздата.

станций закрыты на замок. В помещении хозяйничают лишь механизмы-автоматы, исполнителем и помощником которых являются электромагниты.

## 8. МАГНИТНАЯ РАЗВЕДКА

Уже очень давно было замечено, что в некоторых местах магнитная стрелка ведёт себя странно. Одним своим концом она сильно склоняется к поверхности земли. Оказалось, что причиной этому служат залежи железной руды, находящиеся глубоко под землёй. Таким способом было открыто огромное месторождение железной руды в Курской области. В настоящее время малочувствительная и капризная магнитная стрелка заменена специальным прибором, изобретённым сотрудником Ленинградского всесоюзного геологического института А. А. Логачёвым. Прибор Логачёва настолько чувствителен, что им можно пользоваться даже с самолёта. Теперь магнитная разведка стала в основном авиаразведкой — удобной и быстрой.

Самолёт, на котором находится прибор Логачёва, проходит над землёй участок за участком. На бумажной ленте, передвигающейся в приборе Логачёва, автоматически пишется кривая линия, говорящая о всех мельчайших магнитных изменениях. Получается своего рода карта магнитного состояния данной местности (рис. 11).

Магнитная разведка применяется не только для обнаружения железной руды под землёй. Огромное значение она получила и в современной промышленной технике.

Советский магнитолог Н. С. Акулов предложил и внедрил в промышленность целый ряд остроумных «разведывающих» приборов.

Представьте себе какую-либо стальную деталь, являющуюся ответственной частью сложной машины. Как узнать, нет ли внутри неё невидимых снаружи раковин или трещин?

Проверяемая деталь устанавливается на специальном станке. Через неё пропускают кратковременный, но очень сильный электрический ток. Благодаря этому деталь оказывается намагниченной особым образом. У неё отсутствуют магнитные полюсы, так как магнитные силовые линии замкнуты внутри детали кольцеобразно.

Намагниченную таким образом деталь погружают в жидкость, в которой свободно плавают мельчайшие ча-

стицы порошка — окиси железа, — вещества, обладающего, как известно, магнитными свойствами. Прилипая к детали, порошок распределяется по всей её поверхности равномерно, если только деталь не имеет дефектов (педостатков). Но если внутри детали имеются невидимые снаружи пустоты или трещины, то магнитные силовые

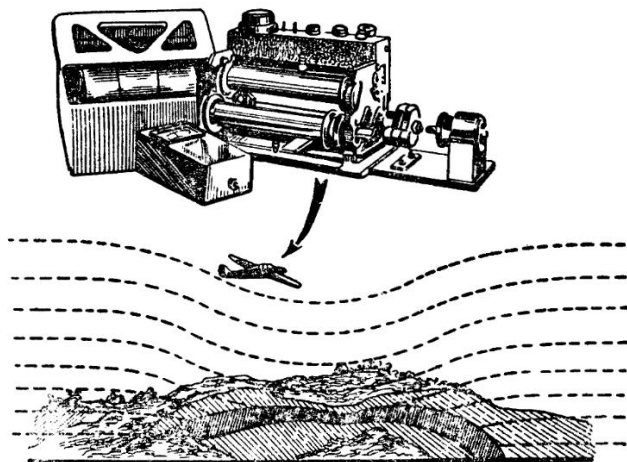


Рис. 11. Магнитная разведка.

линии в этом месте выходят из недр металла и частицы порошка распределяются неравномерно. Этим самым точно указывается место и даже характер дефекта детали.

Магнитная дефектоскопия, — так называется область магнитного исследования стальных деталей, — получила в современной технике почётное место. Когда вы едете в поезде, то можете быть спокойны за прочность стального пути. Рельсы проверяются специальным магнитным прибором, и если внутри их появились хотя бы малейшие трещины, они немедленно заменяются.

Геологи, разведчики железных руд, обычно носят в кармане магнитный сепаратор Акулова. Это очень простое и надёжно работающее устройство позволяет очень быстро определить процент содержания различных металлов в только что открытом месторождении.

С помощью магнитного микрометра Акулова можно измерить то, что совсем не поддаётся измере-

нию обычными, даже самыми совершенными, механическими микрометрами. Представьте себе, что нужно измерить слой лака или какого-либо другого покрытия на поверхности стальной детали. Ведь не всегда можно снять это покрытие для того, чтобы измерить его толщину обычным микрометром. На проверяемую деталь вы ставите магнитный микрометр Акулова, размером немного более спичечной коробки. Нажимаете кнопку, — и стрелка на шкале сразу показывает толщину измеряемого слоя!

Как это происходит? В приборе работает крохотный, но очень сильный магнетик. Через слой лака он прилипает к испытываемой детали. Чтобы оторвать его, требуется определённое усилие. Чем тоньше слой покрытия, тем большее усилие необходимо приложить для отрыва магнита. Чем толще слой, тем усилие требуется меньшее. Специальная система рычагов и пружин определяет силу, потребовавшуюся для отрыва магнита, и стрелка, соединённая с рычагами, показывает толщину слоя.

Приборов «магнитной разведки» — магнитной дефектоскопии, существует много. Все они, как большие, так и самые маленькие, несут большую службу в современной, сложной и многообразной технике.

## 9. СОВРЕМЕННЫЙ ПОСТОЯННЫЙ МАГНИТ

До сих пор мы говорили об электромагнитах. Но в современной технике применяются и постоянные магниты. Постоянные магниты незаменимы в магнето — маленьком электрическом генераторе, вырабатывающем ток высокого напряжения. Магнето используют обычно для получения электрической искры, поджигающей смесь бензинового пара с воздухом, например, в самолётном или автомобильном двигателе.

Есть и другие устройства, в которых удобно пользоваться постоянными магнитами. Таковы измерительные электроприборы, громкоговорители и др.

По силе притяжения и по своему весу современный постоянный магнит мало похож на своих предшественников. Состав, из которого изготавливаются современные сильные магниты, тоже мало походит на углеродистую сталь, из которой раньше делались постоянные магниты.

Например, советский учёный, лауреат Сталинской премии профессор А. С. Займовский изготавливает в своей

лаборатории постоянные магниты из сплава алюминия и никеля. Первый металл этого сплава сам по себе не магнитный. Второй металл, входящий в сплав, — никель — обладает лишь слабыми магнитными свойствами. Однако сочетание этих двух металлов даёт сплав, способный намагничиваться до силы, неслыханной раньше.

Постоянный магнит из такого сплава, объёмом не больше спичечной коробки, держит груз в 25 килограммов! Раньше, чтобы удержать такой груз, потребовался бы стальной магнит, размером в десятки раз больший.

## 10. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ НАГРЕВ

С помощью магнитного поля можно нагреть и даже расплавить кусок металла. Как это делается?

Представьте себе большую проволочную катушку. Поместим в середину такой катушки кусок металла и пропустим через обмотку электрический ток. Возникающее

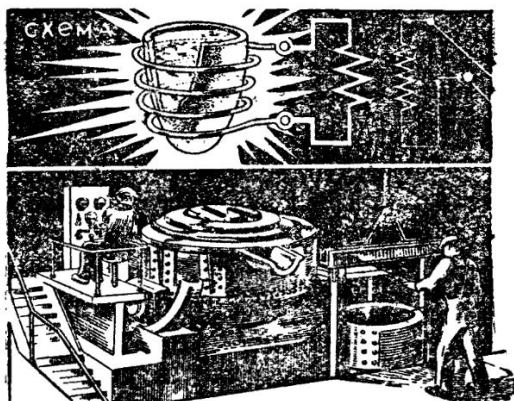


Рис. 12. Схема и внешний вид высокочастотной плавильной печи.

магнитное поле в момент замыкания тока возбуждает в куске металла (как и во всяком проводнике) мгновенный электрический ток. Если ток в катушке быстро прерывать и снова замыкать, то в куске металла, находящемся внутри катушки, будет с такой же частотой возникать и исчезать местный электрический ток. При этом чем чаще будут происходить замыкания тока, тем больше электрической

энергии попадёт в кусок металла. На практике замыкание и размыкание тока обычно заменяются тем, что через катушку пускают переменный ток.

Чтобы в кусок металла попало как можно больше электроэнергии, берут переменный ток, меняющий своё направление очень много раз в секунду, или, как говорят электрики, — ток высокой частоты.

И вот, на глазах у зрителей кусок металла начинает нагреваться и, наконец, плавиться без всякого огня!

На этом принципе работают так называемые высокочастотные плавильные печи (рис. 12). С помощью таких печей готовят дорогостоящие сплавы, которые очень трудно получить, пользуясь пламенем. Дело в том, что процесс электрической высокочастотной плавки можно провести очень быстро, и отдельные составные части сплава не успеют испариться или окислиться от высокой температуры.

Широкое применение нашла в последнее время и так называемая высокочастотная поверхностная электрозакалка. В аппарате для высокочастотной электрозакалки главной частью служит также катушка, питаемая переменным током очень высокой частоты (рис. 13). Быстро меняющие своё направление магнитные силовые линии так же, как и в случае электроплавки, очень быстро нагревают стальной предмет, подлежащий закалке. Особенность высокочастотной закалки состоит в том, что при достаточно большой частоте ток в разогреваемом предмете течёт только по его поверхности. Следовательно, раскаляется только поверхность предмета. Если процесс проводить достаточно быстро, то предмет успевает нагреться лишь у поверхности, оставаясь холодным внутри. После закалки такой стальной предмет оказывается покрытым крепчайшей коркой закала в то время, как внутри он остаётся мягким. Получается деталь, закалённая только на поверхности, и мягкая — внутри, следовательно, не хрупкая.

Время, уходящее на нагрев при такой закалке, настолько невелико, что металл не успевает покрыться окалиной. Благодаря этому детали ещё в сыром виде можно придать окончательный точный размер. Всего этого невозможно достигнуть обычной закалкой при помощи огня.

Большую работу по изобретению и разработке научных основ высокочастотной закалки провели советские учёные,

лауреаты Сталинской премии: Г. И. Бабат, В. П. Вологдин, М. Г. Лозинский и Е. В. Родин. Далеко опередив заграничную технику, они обеспечили нашу промышленность самой передовой в мире техникой.

Магнитное поле, образующееся в катушке, через которую проходит переменный ток высокой частоты, может

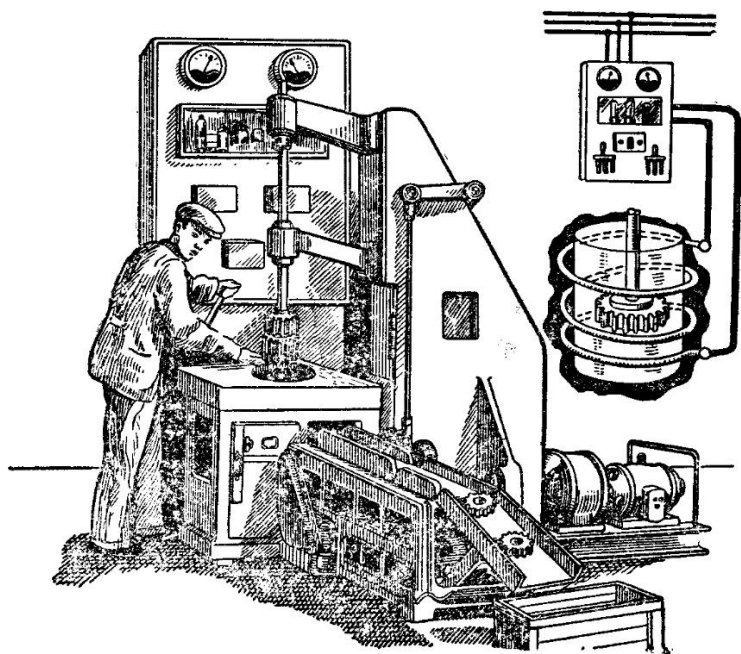


Рис. 13. Высокочастотная электрозакалка.

нагревать не только металл. Под действием переменного тока разогревается и кусок сырого дерева, так как внутри его находится влага, проводящая электричество. На этом принципе основана высокочастотная электросушка.

Дерево, высушенное этим способом, совершенно не имеет трещин, так как магнитные силовые линии проникают сквозь дерево, нагревая его очень равномерно.

Наконец, можно указать ещё на один случай, когда магнитное силовое поле применяется для нагревания. Это — электродиатермия — способ лечения.

При этом способе лечения также часто применяются катушки, питаемые высокочастотным переменным током. Иногда катушка — это большая клетка, внутри которой помещается больной. Магнитное силовое поле возбуждает в теле человека местные токи и таким путём нагревает его. При этом нагрев тела происходит равномерно, как внутри, так и снаружи! Достигнуть этого при помощи внешнего источника теплоты невозможно.

## 11. МАГНИТЫ НА ВОЙНЕ

**В**о время бесчисленного количества магнитов и электромагнитов, находящихся в моторах самолётов и танков, они играют на войне и самостоятельную роль.



Рис. 14. Сапёр с миноискателем.

Вот по полю идёт сапёр. В руке у него палка, заканчивающаяся кругом (рис. 14). Круг этот — проволочная катушка. По её виткам течёт переменный электрический ток, и следовательно, вокруг катушки существует магнитное силовое поле. Сапёр ищет вражеские мины, в руках



у него — м и н о и с к а т е л ь. Магнитное силовое поле, создаваемое катушкой, помогает обнаруживать металлические предметы, закопанные в земле.

В мировую войну 1914 — 1918 годов появились м а г н и т н ы е м и н ы. Устройство этих мин таково, что при приближении к ним стального корпуса судна или танка они взрываются.

Для борьбы с магнитными минами появилось и магнитное противодействующее вооружение. На самолётах стали устанавливать большие катушки, через обмотку которых пропускается электрический ток. Такая катушка создаёт на большом расстоянии вокруг себя магнитное силовое поле и при прохождении самолёта над магнитной миной вызывает взрыв последней.

Так в современной войне магнитное силовое поле стало служить оружием.

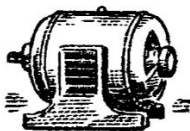
## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**М**агниты и электромагниты, когда-то казавшиеся только забавными игрушками, давно уже стали основными частями почти всех электрических машин и аппаратов.

Над созданием этих машин и аппаратов трудилось много учёных, инженеров, изобретателей, и мы, советские люди, гордимся тем, что ведущая роль среди них принадлежала нашим соотечественникам — русским учёным и изобретателям.

В настоящее время только в нашей социалистической стране имеются подлинные условия как для широкого применения электротехники в народном хозяйстве, так и для дальнейшего развития и совершенствования электротехники.

Советские конструкторы с успехом создают новые, наиболее совершенные образцы электрических машин — генераторов, электромоторов, телеграфных аппаратов, закалочных установок, магнитных сепараторов и кранов, телемеханических и автоматических устройств.



Цена 60 коп.

# ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

1. Проф. М. Ф. СУББОТИН. Происхождение и возраст Земли.
2. Проф. И. Ф. ПОЛАК. Как устроена Вселенная.
3. Проф. В. Г. БОГОРОВ. Подводный мир.
4. Проф. Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ. Происхождение небесных тел.
5. Проф. А. А. МИХАЙЛОВ. Солнечные и лунные затмения.
6. Проф. В. В. ЛУНКЕВИЧ. Земля в мировом пространстве.
7. А. А. МАЛИНОВСКИЙ. Строение и жизнь человеческого тела.
8. Проф. И. С. СТЕКОЛЬНИКОВ. Молния и гром.
9. Проф. Б. Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКИЙ. Воздушный океан.
10. Проф. А. И. ЛЕБЕДИНСКИЙ. В мире звёзд.
11. Проф. К. Ф. ОГОРОДНИКОВ. На чём Земля держится.
12. С. М. ИЛЬЯШЕНКО. Быстрее звука.
13. Проф. В. А. ДОРФМАН. Мир живой и неживой.
14. Проф. В. В. ЕФИМОВ. Сон и сновидения.
15. Проф. Г. С. ГОРЕЛИК и М. Л. ЛЕВИН. Радиолокация.
16. В. Д. ОХОТНИКОВ. В мире застывших звуков.
17. Ю. М. КУШНИР. Окно в невидимое.
18. Проф. В. Г. БОГОРОВ. Моря и океаны.
19. В. В. ФЕДЫНСКИЙ и И. С. АСТАПОВИЧ. Малые тела Вселенной.
20. Г. Н. БЕРМАН. Счёт и число.
21. Б. Н. СУСЛОВ. Звук и слух.
22. Е. П. ЗАВАРИЦКАЯ. Вулканы.
23. Проф. А. И. КИТАЙГОРОДСКИЙ. Строение вещества.
24. В. А. МЕЗЕНЦЕВ. Электрический глаз.
25. А. С. ФЁДОРОВ и Г. Б. ГРИГОРЬЕВ. Как кино служит человеку.
26. Проф. Р. В. КУНИЦКИЙ. День и ночь. Времена года.
27. Акад. В. А. ОБРУЧЕВ. Происхождение гор и материков.
28. Проф. Р. В. КУНИЦКИЙ. Было ли начало мира.
29. Проф. И. Ф. ПОЛАК. Время и календарь.
30. Проф. Г. П. ГОРШКОВ. Землетрясения.
31. Л. П. ЛИСОВСКИЙ и А. Е. САЛОМОНОВИЧ. Трение в природе и технике.
32. А. С. ФЁДОРОВ. Огненный воздух.
33. Проф. Н. А. ВАЛЮС. Как видит глаз.
34. Проф. Б. Б. КУДРЯВЦЕВ. Движение молекул.
35. Проф. В. И. ГРОМОВ. Из прошлого Земли.
36. Э. И. АДИРОВИЧ. Электрический ток.
37. В. С. СУХОРУКИХ. Микроскоп и телескоп.
38. А. С. ДАНЦИГЕР. Электрическая лампочка.
39. Н. В. КОЛОБКОВ. Погода и её предвидение.
40. В. Д. ЗАХАРЧЕНКО. Мотор.