

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

В. В. РЮМИН

СОВРЕМЕННАЯ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Выпуск 1 — ТОК

АКАДЕМИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ПЕТРОГРАД • 1923

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

В. В. РЮМИН

С О В Р Е М Е Н Н А Я  
Э Л Е К Т Р О Т Е Х Н И К А

ВЫПУСК ПЕРВЫЙ

Э Л Е К Т Р И Ч Е С К И Й Т О К

С 8 ИЛЛЮСТРАЦИЯМИ

АКАДЕМИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ПЕТРОГРАД № 1923

Ж.В.В. 2019 №122

Типогр. «Красный Печатник» Петроград. Международн., 75.

Петрооблит № 1457.

5000. экз.

## ГЛАВА I.

### **Преимущества электричества перед другими видами энергии.**

— — —

Электричество — вид энергии. — История открытия электричества. — Преобразуемость электрической энергии. — Электрическая передача работы. — Гигиеничность применения электричества.

Из всех отраслей техники электротехника является наиболее тесно связанной с успехами чистого знания, с успехами физики в ее отделах учения о магнетизме и электричестве.

Ученый и инженер здесь работают рука об руку, и лабораторные исследования первого быстро применяются на практике вторым. Гениальный Фарадей, ученый-самоучка, вышедший из народа и не получивший систематического образования, дал толчок к возникновению и развитию новой прикладной науки — электротехнике, разработанной и доведенной до ее современного состояния менее чем за сто лет трудами целого ряда ученых и техников всех стран и народов.

В позднейшее время теоретические работы Герца были подхвачены практиками-инженерами и вылились в создание таких чудес техники, как беспроволочные телеграф и телефон. Исследования Крукса над све-

чением разреженных газов под влиянием электрического разряда обогатили медицину могущественным пособием при постановке диагноза, лучами Рентгена, давшими возможность наблюдать функционирование внутренних органов живого человека и даже фотографировать их.

Успехи электротехники, в особенности за последние годы прошлого и первые текущего столетия, необычайно велики и далеко не исчерпаны. Дав нам уже не мало нового в смысле облегчения всех отраслей труда, в будущем она обещает дать еще больше. Минимум труда и максимум комфорта создаст человеку дальнейшее развитие применения электричества во всех отраслях его деятельности. На это указывают современное состояние электротехники и ее не прекращающийся прогресс.

Почему же именно электричеству выпали на долю такое счастливое настоящее и еще более светлое будущее? Почему, напр., энергия пара, в свое время создавшая новую эру в технике, не получила такого универсального применения и сравнительно быстро дошла до зенита своего влияния на труд человека? Чтобы ответить на этот вопрос, напомним читателю некоторые основные положения физики. Напомним, что „энергией“ мы называем всякую причину, могущую произвести или действительно производящую работу. Одним из видов энергии является электричество. Другими ее видами будут теплота, химия, свет, мускульная сила и пр. Что такое „работа“ — прекрасно сознается каждым, и научное ее определение: „произведение из силы на пройденный путь“ немного прибавить к этому сознанию. Оговоримся лишь, что в физике понятие работы ограничено. Это будет: преодоление силы тяжести (подъема груза

вверх), трения (движение повозки), сопротивления среды (плавание), сцепления частиц вещества (толчение, строгание) и т. п. „механическая“ работа. Труд умственный не подходит под это определение и не подчиняется законам, общим для всех других видов работы; хотя и он требует расходования человеком энергии, но количественной зависимости, как для работы физической, пока не найдено.

Энергия каждого вида может быть *действующей* („кинетической“) и способной к действию, скрытой („потенциальной“). Вода, запечатая шлюзом, груз, поднятый на высоту, порох или динамит до взрыва обладают запасом потенциальной энергии; вода, вращающая мельничное колесо, молот, ударяющий о накопальню, взрывчатое вещество в момент взрыва обладают действующей, кинетической энергией. Все виды энергии способны переходить один в другой. Ударами молота можно нагреть железо: механическая энергия преобразуется в тепловую. Химическая энергия горящего угля превращается опять-таки в тепло, которое, превращая воду в пар, расширяет последний, вызывая его давление на поршень машины: химическая энергия переходит в тепловую, а тепловая в механическую. Металлическая проволока, раскаленная до-красна, начинает светиться: тепловая энергия переходит в световую.

Человек давно уже научился пользоваться этим превращением различных видов энергии друг в друга,— задолго до того, когда составил о них определенное представление и нашел численное отношение этих превращений.

Практика в этом случае шла значительно вперед теории, и много тысячелетий протекло с того момента, когда впервые наш доисторический предок добыл

огонь трением, до того времени, когда его отдаленные потомки увидели в этом превращение механической работы трения в тепловую, световую и химическую энергии. С электрической энергией, хотя бы в виде молнии, человек познакомился также очень и очень давно, но изучил ее и применил для своих целей лишь в самое недавнее время. Если отбросить весьма гадательное предположение, что древним египтянам были известны некоторые практические приложения электричества, то разве громоотводы можно считать изобретением древних, да и то надолго и основательно забытым позднейшими поколениями.

Письменные данные о знакомстве человечества с электрическими явлениями, с превращением электрической энергии в механическую, как сказали бы мы теперь, имеют за собою приблизительно 2500-летнюю давность.

Легенда эта гласит, что у греческого философа Фалеса была дочь, занимавшаяся пряжей шерсти. Для этой работы отец подарил ей янтарное веретено, изделие финикийских мастеров. Как-то раз девочка уронила веретено в воду. Желая его осушить, она стала вытирать веретено красн своего шерстяного хитона и, вытерев заметила, что шерстинки облепили веретено. Рассуждая вполне логично, девочка подумала, что веретено все еще мокро и стала тереть его сильнее. Но дела этим не поправила: волосков налипло еще больше. Естественно, что ребенку это показалось странным, и девочка побежала к отцу за разъяснением причины такого удивительного явления. Фалес, в свою очередь, был удивлен рассказом дочери и, как истинный философ, тотчас принялся за экспериментальное исследование

явления. Опыт подтвердил наблюдения ребенка. Так впервые одно из проявлений электрической энергии стало предметом экспериментального наблюдения.

Удивительно, что на протяжении более чем двух тысяч двухсот лет человечество не сделало ни шага вперед, чтобы изучить процесс, происходящий при трении янтаря. Лишь около 1600 г. английский врач Джильберт вновь вернулся к наблюдению Фалеса и всесторонне его изучил. Он же впервые назвал действующую в данном случае силу электричеством, от греческого названия янтаря „электрон“, солнечный. Название, любопытное по своему как бы пророческому смыслу, так как в наше время найдена связь между электромагнитным состоянием солнца и электричеством на Земле. Теоретическое исследование новой силы природы со времени Джильберта пошло быстрыми шагами, и в этом случае практика далеко не всегда опережала теорию. Наоборот: теория оказала могущественное влияние на практику. Достаточно сказать, что при устройстве машины для генерации и регенерации электрического тока, т. е. для превращения механической энергии в электрическую и обратно—электрической в механическую, не только конструирование их, но даже эксплуатация требуют известных познаний в области законов действия тока. Как машинист, управляющий паровозом, должен иметь понятие об его устройстве, так и рабочий при динамо и моторах должен знать, как они действуют, и оба они не могут не быть осведомленными, первый — о законах упругости пара, второй — о законах, которыми подчиняется электрический ток. Разница в том, что от пассажира в поезде можно и не требовать знания механики, а абонент электрической энергии обязан ознакомиться с главными условиями пользования ею.



Таинственная и мощная сила электричества далеко еще не сделана вполне безопасной для прибегающих к ее многообразным услугам и, говоря метафорически, время от времени восстает против нашей над нею победы. Проще сказать: каждый потребитель электрической энергии рискует своей жизнью при неумелом обращении с проводами тока. То же самое относится к пассажирам трамвая и вообще всем там или иначе приходящим в соприкосновение со многими электрическими приборами. Чтобы не быть голословными, укажем читателю, что даже такой несложный аппарат, как лейденская банка, имеющийся в любой школе, послужил причиной смерти неосторожно с ним оперировавшего профессора Дюпелльмайера. Что же касается немалочисленных случаев весьма тяжелых, а нередко и смертельных поражений сильным током, то они, к сожалению, почти без исключения являются, как мы увидим далее, следствием незнакомства жертв с элементарной теорией электричества.

Какая же причина заставляет человечество все шире и шире пользоваться такой грозной силой? Ведь и другие виды энергии могут ее заменить и заменяли до последнего времени. Причина та, что электричество легче и полнее всех других видов энергии способно преобразовываться в любую из них.

В паровой машине, например, приходится затратить топлива, для приведения ее в действие, в несколько раз больше, чем теоретически должно потребоваться топлива энергии. Не происходит ни полного перехода химической энергии топлива в тепловую, ни превращения нацело тепла в работу. В керосиновой лампе, цель которой светить, а не нагревать помещение, около 90% химической энергии керосина переходит в тепловую.

Но электрическая энергия имеет и другое очень важное преимущество: ею выгодно пользоваться при передаче работы на расстояние. Получается удивительный на первый взгляд парадокс: чем пользоваться непосредственно силою паровой машины для приведения в движение фабричных станков, экономичнее затратить эту силу на вращение динамомашин, приводящей в движение электромоторы. Продуктивнее, значит, не прямо приложить к делу механическую энергию, а предварительно превратить ее в электрическую, а эту последнюю обратно—в механическую. Казалось бы, такое усложнение не только бессмысленно, но и убыточно. Но дело в том, что непосредственно от паровой машины можно передать вращение ее вала шкивам фабричных станков и рабочих механизмов завода самое большое — на несколько сажень. На передвижение ремня, передающего работу от машины к станку, тратится такой значительный процент силы, что удаление станков от машины ограничено весьма небольшим пределом. При помощи электрического тока это расстояние может быть увеличено произвольно. При его помощи работу паровой машины, падающей воды водопада и т. д. можно передавать с ничтожнейшей потерей на сотни и даже тысячи верст. А так как чем крупнее паровая машина (или всякий другой начальный источник энергии), тем дешевле обходится каждая единица работы, так наз. „паровая лошадиная сила“, то и выгоднее иметь одну мощную центральную станцию и от нее, при помощи электрической установки, дробить энергию на местах потребления.

Такая возможность приводить в движение мелкие механизмы, рассеянные на большом пространстве, создает еще одно преимущество при пользовании элек-

трическим током: питание из мелких ремесленных, кустарных мастерских и даже домашних небольших механизмов, до кофейных мельниц включительно. На маленьких фабриках, в мастерских ремесленников, типографиях и т. п. предприятиях, рабочие машины которых расходовали 1—2, а то и менее лошадиных сил, установка самостоятельной паровой машины была невыгодна, а передача от центральной машины не осуществима. В таких случаях либо ставили крайне капризные в работе и тоже не дешевые керосиновые и газовые двигатели, требующие ухода за ними сведущего механика, либо, „по старинке“, пользовались мускульной силой животных или людей. Введение в практику электромоторов малой мощности явилось новой эрой в мелкой промышленности и в домашнем хозяйстве. Десятки и сотни тысяч мелких машин и станков были переведены на движение из тока; создались сотни новых применений механических двигателей для случаев, ранее не допускавших другой энергии, кроме мускульной силы человека.

Обратно: в тех случаях, где коллективное использование энергии выгоднее ее дробления, электричество опять-таки имеет преимущество перед другими источниками силы. Как для предприятия, ведающего средствами городских передвижений, так и для пассажиров быстро бегущий вагон трамвая, питаемый током с центральной станции, является более желательным, чем тот же вагон, влекомый паром, кляч или отравляющим воздух паровозом.

Загрязнение улиц живыми двигателями и отравление городского воздуха продуктами горения паровых керосиновых и газовых двигателей, заводскими и домашними печами—явление не только неприятное, но и весьма антисанитарное. Жителю крупного европей-

ского центра, окруженного кольцом фабрик и заводов, перерезанного городскими железными дорогами и освещаемого газом, приходится вдыхать своими легкими такую отвратительную смесь, что надо еще удивляться, как способны люди выносить ее голами. Обыкновенная керосиновая лампа, горящая в нашей комнате, тратит столько необходимого для нашего дыхания кислорода и выделяет так много вредных продуктов горения, что замена ее электрической лампочкой накаливания является желательной даже в тех случаях, когда освещение керосином обходится дешевле.

Заметим, кстати, что, гонимая за дешевизной, мы часто бываем недалевидны, забывая, что экономим за счет нашего здоровья. И если принять во внимание отсутствие порчи воздуха, чистоту в кухне и прихожей, минимальность риска не доварить или пережарить кушанье, то применение электрических кухонных приборов и электрического отопления выйдет значительно более экономичным, чем кажется на первый взгляд. Достаточно указать на известную каждому опасность угара, совершенно отсутствующую при электрическом отоплении в электрических жаровнях, самоварах и утюгах, чтобы выяснить преимущество последних.

Добавим—в широких кругах публики часто и не подозревают того, что даже такие ничтожные следы угарного газа (окиси углерода), которые не вызывают у вдыхающих головной боли, не проходят бесследно для здоровья, способствуя развитию малокровия и ослаблению организма в борьбе его с заразными болезнями. В особенности вредны в этом отношении железные печи, а их-то всего легче заменить электрическими. Надо также принять во внимание, что при пользовании электрическими печами

не приходится тратить времени на их растопку и расходовать лишнее топливо, как это неизбежно в обыкновенных печах; здесь сразу достигается требуемая температура, которую легко регулировать по желанию.

Такая же безопасность и быстрота зажигания являются достоинством электрического освещения. С электрической лампочкой можно входить в помещение, наполненное взрывчатыми или огнеопасными материалами; она не требует заправки, как керосиновая; любое число электрических ламп приводится в действие одним поворотом коммутатора. Мы не упомянем, что и при электрическом освещении не устраняется окончательно опасность пожара, но она во много раз меньше, чем при всяком другом. Последнее видно хотя бы по тарифным таблицам страхования от огня, в которых для помещений, освещаемых электричеством, делается скидка.

Итак, преимущества пользования электрической энергией, вызвавшие такое быстрое теоретическое и практическое развитие электротехники, сводятся в главнейшем к ее экономичности, удобству как централизации, так и дробления, легкой превращаемости в другие виды энергии, универсальности применения и гигиеничности. Благоустроенный город до введения в практику пользования электрической энергией имел конно-железные дороги, его двигатели приводились в действие паровыми, газовыми или нефтяными моторами, его улицы освещались газом, требовавшим устройства особого газового завода, его здания освещались частью тем же газом, частью керосином и отапливались печами, пожиравшими в общей сложности в десять раз больше топлива, чем его шло в действительности для нагревания помещений, изготовления пищи и др. целей.

Тот же город, перейдя на электрическую энергию, заменит конную или паровую тягу электрической; газовый завод закроет, начнет освещаться дуговыми фонарями и лампами накаливания; на мощной центральной станции сосредоточатся источники энергии для водопровода и других городских предприятий, а при достаточном понижении тарифа к ней прикнут частные абоненты, ранее пользовавшиеся отдельными двигателями,—абоненты на освещение, отопление и т. д.

Перечисленные преимущества электрофикации сами по себе достаточны, чтобы понять всю важность и значение современной электротехники; но есть и другие причины, способствующие ее прогрессу. Как увидим далее, есть случаи, когда электричество и не может быть заменено иными видами энергии, напр., в электрохимических производствах, в электризации почвы для увеличения ее урожайности и пр. Добавим сюда применение электричества в медицине (электризация, фарадизация, лечение часто-переменными токами д'Арсонваля, рентгенизация и т. д.), в искусстве, в военном и военно-морском деле, и мы проникнемся невольным удивлением перед универсальностью использования современной электротехникой лабораторных исследований и кабинетных вычислений ученых-электриков, открывших человечеству такие широкие горизонты утилизации силы, за 2500 лет впервые подмеченной девушкой-гречанкой!

Есть и еще одна область, в которой электричество не имеет соперников, и к которой оно было приложено раньше, чем к большинству других:—это его помощь для обмена мыслями людей, разделенных расстоянием в сотни и тысячи верст. Мы уже слишком успели свыкнуться с чудесным аппаратом, несущим нам каждое утро, при посредстве газетных теле-

грамм, вести из всех уголков земного шара, чтобы по заслугам оценить его значение. А между тем есть еще не мало стариков, которые помнят введение электрического телеграфа,—кстати сказать, унаследовавшего свое название от своего предшественника, оптического телеграфа. Еще моложе телефон, дающий возможность на сотни верст переговариваться людям, и беспроводные телеграф и телефон, возникшие и совершенствующиеся на наших глазах. О громадных заслугах всех этих изобретений мы поговорим впоследствии подробно, а теперь лишь подчеркнем, что в области быстрого обмена мыслями на больших расстояниях человек не имеет более надежного союзника, чем электричество.

Пока же перейдем к описанию источников добычи этой чудесной силы. Конечно, мы не будем касаться подробностей устройства приборов, служащих для этой цели. Место детальным описаниям на страницах учебников электротехники, а не в популярном очерке, преследующем более общую цель,—набросать широкими штрихами картину современного применения электричества и тем побудить читателя к дальнейшему изучению науки о нем и его приложениях. Для нашей цели достаточно в этой общей картине практической электротехники выделить лишь наиболее существенные места и указать пути ее дальнейшего развития.

## ГЛАВА II.

### Источники тока.

Электричество от трения.—Количество и напряжение электричества.— Электрический ток.— Гальванические элементы.— Поляризация. — Аккумуляторы. — Динамомашинны. — Термобатарен.

Как вещество не создается без затраты другого вещества, так и энергия не может быть получена „из ничего“. Чтобы создать энергию, развиваемую паровой машиной, мы должны затратить определенное количество тепла, получив его за счет энергии сгорающего топлива. Незнакомый с химией может подумать, что в данном случае происходит переход вещества топлива в энергию движения машины. В действительности же сгоревшее топливо не уничтожилось, оно целиком перешло в продукты горения, уничтожилась лишь потенциальная химическая энергия топлива. Топливо, сгорев, лишилось возможности сгореть вторично. Но не всегда получение энергии, хотя бы и тепловой, косвенно связано с видимой затратой вещества. Достаточно быстро провести рукой по какой-либо шероховатой поверхности, чтобы заметить, как благодаря трению энергия движения переходит в тепловую энергию, ощутимую рукой.



Путем трения же, как мы уже упомянули в первой главе, было впервые обнаружено электричество. Некоторые вещества при трении не только нагреваются, но и электризуются, приобретая способность притягивать легкие предметы.

Но этот первый по времени источник получения электричества оказался далеко не единственным. Подобно тому, как легко совершается переход электрической энергии в другие виды энергии, так и обратно — все они могут переходить в электричество, только не всегда оказывается выгодным пользоваться таким переходом. В частности получение электричества трением в настоящее время производится лишь при школьных повторенных начальных опытах по электростатике и медицине, при электризации больных и для получения лучей Рентгена. Первая электростатическая машина появилась лишь в 1653 г.; это был просто отлитый из серы шар, посаженный на горизонтальную ось с рукояткой для вращения. В течение более чем столетия шаг за шагом выработалась основная форма современной машины в виде вращающегося стеклянного круга, но изобретатели сложной современной электростатической машины не узнали бы ее нехитрых прообразов. Вот какими медленными шагами шло в первое время наше знакомство с электрической энергией, и какой контраст в этом отношении составили последние два столетия, в течение которых человечество успело достичь современных успехов.

В электростатических машинах развивается в сущности ничтожное количество электричества, но довольно значительного напряжения. Выясним, что надо подразумевать под терминами „количество“ и „напряжение“ (или „потенциал“), так как нам неодио-

кратно придется с этими понятиями встречаться в нашем дальнейшем изложении. Есть две прекрасных аналогии, которыми обычно пользуются для их выяснения. Сравнивают понятие количества электричества с массой воды или с количеством тепла, а напряжение — с высотой уровня воды или с температурой.

Теплое тело, охлаждаясь, может произвести работу; работу же производит вода, падая с высшего уровня на низший. В обоих случаях работа будет пропорциональна как количеству воды или тепла, так и уровню падения или температуре.

Чтобы нагреть сорокаведерную бочку воды на 1, надо затратить в 40 раз большее количество тепла, чем нагреван одно ведро воды; чтобы нагреть одно ведро воды на  $10^{\circ}$ , надо и тепла затратить вдесятеро против того его количества, которое достаточно для нагревания на  $1^{\circ}$ . Чтобы поднять бочку воды на высоту аршина, надо затратить в 40 раз больше работы, чем на подъем одного ведра; чтобы ведро воды накачать на высоту 10 аршин, опять-таки надо поработать в 10 раз более, чем при накачивании его на высоту всего одного аршина. Обратное, бочка воды, сливаясь с высоты аршина, произведет ту же работу, как одно ведро, сливающееся с высоты 40 аршин. Следовательно, работа есть произведение из массы тела на путь, пройденный им по вертикали; из количества тепла на температуру нагретого тела. Количество электричества выражают в *кулонах*, а напряжение в *вольтах*, как температуру в градусах. Работа, которую может совершить электричество, пропорциональна произведению из числа кулонов на число вольт. Но так как при совершении всякой работы играет важную роль *время*, то обычно в тех-

нике имеют дело с мощностью, т. е. работой, производимой в течение *секунды*. Поэтому и единицей измерения электрической энергии берется *ватт*, равный одному *амперу* при одном вольте; ампером же обозначают ту же самую единицу количества электричества,—кулон, но протекающий по проводнику в течение *секунды*.

Одна паровая сила <sup>1)</sup> соответствует 736 ваттам, т. е. 736 ваттов могут произвести работу, равную 75 килограммометрам в секунду. Сила всякой машины-двигателя характеризуется ее мощностью. Так, если машина в течение часа производит тысячу ваттов, то работа ее будет килоуаттчас.

Извиняясь за это отступление, которое понадобится нам для дальнейшего объяснения, не будем останавливаться перед описанием статических машин. Как источник тока, они еще в конце XVIII века были вытеснены гальваническими элементами, которые и по сей час не утратили своего значения, создав целую обособленную отрасль электротехники, так назыв. „технику слабых токов“ (звонки, телеграф, телефон и пр.).

Кстати, пора определить понятие „электрический ток“. Положим, мы имеем два стакана воды, в одном температура ее на 5° выше температуры комнатного воздуха, в другом —на 5° ниже. Если слить из обоих стаканов воду в один сосуд, то температура ее будет такая же, как окружающего пространства. При нейтрализации (напр., соприкосновением) двух проводников, заряженных одинаковыми количествами электричества разных напряжений, одного на 5 вольт выше,

---

<sup>1)</sup> Паровая лошадиная сила есть работа поднятия 1 килограмма на высоту 75 метров в одну секунду, т. е. она равна 75 „килограммометрам“ в секунду.

чем напряжение Земли (которая, заметим попутно, тоже наэлектризована, как и все тела в природе), а другого на 5 вольт ниже, заряды как бы пропадают, уничтожаются, нейтрализуются. В сущности тут происходит лишь уравнивание их потенциалов с потенциалом Земли. Поведем нашу аналогию дальше. Мы могли бы и не сливать воды, чтобы уравнять ее температуру в обоих стаканах, а соединить их каким-нибудь хорошим проводником тепла, например, медным стержнем. Если не обращать внимания на потерю тепла, нагревающего окружающий воздух, то таким путем можно установить ток теплоты от тела большей температуры к телу, менее нагретому. Ток этот будет длиться до тех пор, пока температуры обоих тел сравнятся. Если же при этом одно тело все время нагревать извне, а другое охлаждать, поддерживая в них разность температур, то такой ток может длиться произвольно долгое время. Совершенно подобным же образом два тела, наэлектризованных или развивающих электрический заряд, если их соединить проводником, будут стремиться уравнивать потенциалы электрического заряда, и по проводнику пойдет ток от высшего потенциала к низшему. Ток будет продолжаться до тех пор, пока потенциалы не сравняются. То же самое, ведь, происходит при соединении трубой двух резервуаров воды с различными уровнями: вода будет течь по трубе лишь до тех пор, пока уровни в сосудах различны. Заметим еще, что чем тоньше труба, тем больше времени понадобится, чтобы уровни воды в сосудах стали на одной высоте. При соединении электрическим проводником двух зарядов разных уровней (потенциалов) разряд, т. е. уравнивание потенциалов, будет происходить тем медленнее, чем больше сопротивление проводника.

В электростатических машинах разность потенциалов так велика, что разряд при достаточном сближении кондукторов может происходить даже через воздух; но количества электричества, участвующие в таком разряде, крайне ничтожны; поэтому произвести какую-либо механическую работу при посредстве электростатической машины так же трудно, как вращать мельничное колесо, выливая на его лопасти по чайной ложке воды, хотя бы с высоты сотен сажен.

Второй источник электрической энергии,—гальванические элементы,—можно сравнить с обильным потоком воды, но падающим с ничтожной высоты. В них электрическая энергия образуется при химическом взаимодействии тел,—напр., при растворении некоторых металлов в кислотах. Количество электричества может быть при этом произвольно велико, но напряжение его не превышает двух вольт, тогда как напряжение на кондукторах электростатических машин измеряется десятками тысяч таких единиц. Однако, в этом случае можно достигнуть некоторого увеличения разности уровней электрического тока. Ведь, имея десятки сосудов с водой, уровни в которых лишь незначительно разнятся друг от друга, можно расположить эти сосуды один над другим и заставить воду падать каскадом, начиная от верхнего сосуда, последовательно из сосуда в сосуд, до самого нижнего. Можно соединить так в батареи и элементы, заставляя ток от отрицательного электрода (первого) элемента идти в положительный (следующего), от отрицательного электрода этого элемента в положительный третьего и т. д., пока не получится нужная для дела разность потенциалов. Беда в том, что при этом, как не трудно сообразить, количество протекающего электричества будет все то же, возьмем ли мы один

элемент, или сотни их. Для большинства практических целей такое повышение напряжения тока обойдется слишком дорого: черезчур много израсходуется химических веществ, расходующихся при реакциях в элементах. В тех же случаях, когда для практических целей слабый ток достаточен, батарейей гальванических элементов пользоваться весьма удобно: она компактна, работает, почти не требуя ухода, безопасна; первоначальная же затрата на ее устройство не велика.

Мы уже не раз указывали на *обратимость* электрической энергии. Такая обратимость замечается и при химических процессах. Разность потенциалов, получившаяся в результате перехода химической энергии в электричество, достигнув известного предела, начинает в гальванических элементах падать, так как в них возникает при этом обратный процесс, сопровождающийся появлением тока обратного направления. Такой „поляризованный“ ток не допускает в большинстве элементов скольконибудь продолжительного, непрерывного или пользования. Элемент, поработав, должен „отдохнуть“, — требуется время на удаление выделившихся при химическом процессе веществ, чтобы воспрепятствовать им вновь начать соединяться, развивая при этом ток, ослабляющий прямой ток, идущий ему навстречу.

В звонковых батареях, в батарейках для карманных электрических фонариков легко заметить усиление их действия после продолжительного периода спокойствия: такое усиление объясняется уничтожением поляризованного тока, развившегося во время работы батареи.

Но — „нет худа без добра“. Поляризованным током сумели воспользоваться и заставить его работать в так

называемых аккумуляторами, на копителях электрической энергии. Имея дешевый источник тока (напр., на городской электрической станции, когда ток не расходуется на освещение), можно, как говорят, „зарядить“ аккумулятор, т. е. пропустить через него ток прямого направления, который и произведет в нем определенную химическую реакцию. Стоит теперь соединить проводником разноименные полюсы (электроды) аккумулятора— „включить его в цепь“— или целой батареи их, соединенных между собою последовательно, чтобы получить в проводнике ток обратного направления. Зарядив аккумулятор днем, когда расход энергии на станции не велик, вечером его можно включить в цепь, чтобы он помогал другим источникам тока совершать их работу, отдавая в цепь электрическую энергию, накопленную им за день. Вот, значит, еще одно преимущество электрической энергии перед паровой: развиваемую энергию, если на нее нет спроса в данный момент, можно сохранить, не выпуская на воздух, как пар из паровоза, остановившегося на станции.

Недостатком аккумуляторов являются их сравнительная громоздкость, отчасти устраненная в так назыв. швейцарских аккумуляторах (рис. 1), тарелочного типа, без внешних сосудов, и значительный вес. Последний недостаток, препятствующий более широкому распространению аккумуляторов для питания двигателей в автомобилях, лодках и пр., значительно смягчен в аккумуляторах нового типа Юнгера и Эдисона.

Перейдем теперь к наиболее важному в практическом отношении источнику тока, к *динамомашине*. В них ток получается произвольно большой силы и — в отличие от гальванических элементов,—высокого напряжения. Чтобы дать общее понятие о принципе

их действия, чтобы объяснить, как это в них ток получается „при движении проводника в магнитном поле“, нам опять придется сделать небольшое отступление в область физики. По общепринятому в настоящее время воззрению окружающая нас материя (вещество) не является чем-то непрерывным, как она кажется глазу, не могущему даже в микроскоп различить в ней отдельных молекул (частичек), из которых она состоит. Частички эти до того малы, что в самой крохотной пылинке число их считается триллионами. Расширение тел при нагревании и сжатие их при охлаждении ясно указывают нам на то, что молекулы в материи не прилегают одна к другой вплотную, а разделены промежутками, держась на определенном расстоянии одна от другой лишь силою взаимного притяжения, подобно тому, как солнце удерживает около себя планеты.

Пространство между молекулами различных видов вещества, в том числе и пространство между молеку-

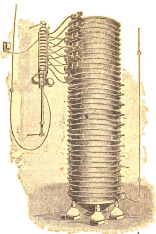


Рис. 1. Батарея швейцарских аккумуляторов (тарелочного типа).



лани воздуха и, наконец, межпланетное пространство видимой нам вселенной имеет способность передавать свет, электрическую и магнитную энергии и притяжение тел. Неполнено ли это пространство особой средой,—эфиром, как еще недавно полагало большинство физиков,—или оно имеет другую структуру, мы о том говорить не будем; для нас важно то обстоятельство, что в этой среде под влиянием магнита происходит какое-то особое изменение ее состояния, возникает так наз. магнитное силовое поле. Два разноименных магнитных полюса, помещенных вблизи друг друга, как бы связываются невидимыми нитями, по направлению которых будет располагаться магнитная стрелка, внесенная в такое „силовое поле“. Чем сильнее магнит, тем больше напряжение его поля, тем гуще, как условно говорят, силовые линии поля. Давно уже было известно, что электрический ток, проходя по проводнику, влияет на направление приближаемой к нему магнитной стрелки. Позже нашли, что магнит, в свою очередь, отклоняет свободно движущийся проводник тока, что вокруг проводника возникает тоже магнитное поле и, если закрутить проволоку в спираль (так наз. „соленоид“), то она, совершенно как магнит, будет действовать на компасную стрелку, на подвижной проводник и на железный стержень, втягивая последний внутрь себя с силой тем большей, чем большее число оборотов имеет спираль и чем сильнее индуцил по ней ток.

Основываясь на этих данных, Фарадей решил обратную задачу, т. е. получение тока в магнитном поле. „Превратить магнетизм в электричество“, записал он в своей записной книжке—и задание это блестяще выполнил, двигая проводник, не соединенный с каким-либо другим источником тока, в поле сильного магнита, пере-

секая проводником силовые линии поля. В проводнике при этом возникает так наз. индуктивный (наведенный) ток. Обратное получение магнетизма из электричества было тогда, как мы сказали, уже известно. Знали, что если обернуть железный стержень спиральным проводником и пустить по последнему, гальванический

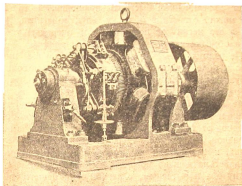


Рис. 2. Динамомашинa переменного тока.

ток, то железный стержень (сердечник) становится магнитом.

Теперь, быть-может, нам удастся выяснить читателю принцип действия современных динамомашин, этих могучих производительниц электрической энергии высокого напряжения и большой силы (рис. 2). Принцип их действия (не говорю о деталях устройства под-

час довольно сложных) сводится к вращению проводника в магнитном поле электромагнита, в котором магнетизм, в свою очередь, возбуждается током. Пропуская ток, например, от гальванической батареи через обмотку электромагнита, возбуждают слабое магнитное поле. При вращении между полюсами магнита якоря с весьма тонкой и длинной обмоткой в последней получают индуктивный ток, напряжение которого растет с увеличением быстроты вращения. Часть этого тока можно отвести в обмотку электромагнита, что, усилив его магнитное поле, в свою очередь, усилит ток в обмотке якоря.

Не надо думать, что мы в данном случае имеем нечто в роде вечного двигателя. Ток в проводнике возбуждается лишь при движении проводника, а на это надо затрачивать механическую работу. В движение динамомашин можно приводить от паровых машин и газовых двигателей (рис. 3) и, что более выгодно, от турбин, работающих силою падения воды водопадов, водостоков. Сила падения воды—„белый уголь“, как прозвали ее американцы—дает возможность весьма дешево получать электрическую энергию, почему она и вытесняет, с легкой руки нашего соотечественника Доливо-Добровольского, впервые ее практически применившего, другие источники механической энергии. Как увидим далее, электричество, полученное вблизи источника „белого угля“, можно передать на громадное расстояние, так что заводы и др. установки, питаемые током, нет надобности располагать в непосредственной близости к водопаду. Там же, где водопадов вообще нет, можно использовать живую силу течения рек и морские приливы. Как раз в данное время в Англии намечена к постройке громадная силовая станция, которая должна будет

первые в крупном масштабе использовать преобразование механической работы прилива в электричество.

Есть еще один любопытный источник тока, которому в будущем, быть-может, предстоит вытеснить в технике слабых токов гальванические батареи,—это так называемые „термобатареи“, основанные на воз-

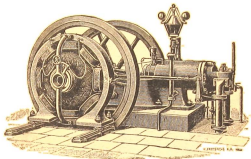


Рис. 3. Газовый двигатель для динамомашин.

никновении разности потенциалов, а следовательно и стремления уравнять последние, т. е. развивать электрический ток при нагревании места спая разнородных металлов. В школьных физических кабинетах иногда применяются такие батареи, нагреваемые газовыми горелками, но ток в этом случае обходится очень дорого и пока не может быть применен для целей промышленности (рис. 4). Но если удастся выработать подходящую конструкцию такой батареи,

которая нагревалась бы даровой теплотой солнца, то задача была бы решена, и термобатарей, несо-

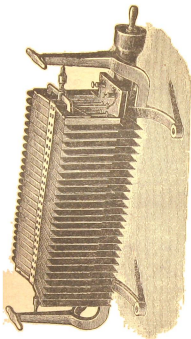


Рис. 4. Термобатарея.

менно, заняли бы в технике свое место в ряду других генераторов тока. Несколько лет тому назад

появилось известие о выдаче патента на подобную солнечную термобатарею: „динафор“, т. е. сило-производитель, но о применении ее к делу что-то не слышно.

И, наконец, человечество всегда имеет перед собою громадный запас электрической энергии в природе,— атмосферное электричество или, как лучше бы его назвать,—космическое. Мы знаем его проявления в виде молнии, огней св. Эльма, полярных сияний, магнитных бурь и пр., но пока не нашли способа заставить его накаливать нити наших электрических ламп или вращать шкивы электромоторов. „Не нашли“ — еще не значит, что никогда не найдем, тем более, что уже и сейчас кое-какие шаги в этом направлении сделаны.

-----

## ГЛАВА III.

### Работа электричества.

---

Превращение электрической энергии в механическую работу, свет и теплоту.— Трансформирование тока.— Передача энергии по проводам и без проводов.

Сама по себе электрическая энергия, как таковая, применяется редко, можно сказать лишь как исключение. Электризация почвы для увеличения ее урожайности, электризация больных врачами, убийство током людей и животных, применение тока в электрохимической промышленности, да рентгенография,— являются примерами такого применения. В громадном же большинстве случаев применения электрической энергии ее предварительно „трансформируют“, превращают в другие виды энергии, главным образом, в механическую работу, в свет и теплоту.

Чтобы заставить электрический ток работать—вращать колеса вагонов, винт моторной лодки, валы печатной машины и тысячи разнообразных заводских и фабричных механизмов, надо предварительно превратить энергию электрического тока в механическую.

Достигается такое превращение (регенерация) при помощи электродвигателей, иначе—моторов (рис. 5).

Каждая динамомашинна может служить и мотором, надо только пустить по ее обмотке ток от другой динамомашинны (или другого источника тока: батареи аккумуляторов, наприм.). Ток, проходя по обмотке, создаст вокруг себя магнитное поле, обмотка превратится как бы в магнит, который станет отталкиваться от одноименных полюсов электромагнита машинны, захватывающего якорь, так что якорь придет во вращение. Подробности и здесь достаточно

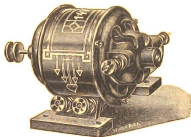


Рис. 5. Электромотор.

сложны; кто пожелает ознакомиться с ними, к услугам того ряд учебников электротехники; для нас же достаточно выяснить причину вращения. Понятно, что от вращающегося якоря (иногда, впрочем, наоборот, якорь устривают неподвижным, а вокруг него вращается кольцо с расположенными на нем электромагнитами, отталкивающимися от якоря) не трудно ремнем передать вращение любому валу, соединенному с рабочим шкивом станка или ведущим колесом электровоза.



Направление тока в динамо может быть или переменным (такие машины называются альтернаторами), или идущим все время в одном направлении. Первые, как сейчас увидим, в некоторых отношениях удобнее, но не всегда применимы. Будучи вполне пригодны для моторов и освещения, они не годятся для гальвано-пластики, зарядки аккумуляторов и пр., словом, во всех случаях, в которых ток, меняя направление, уничтожал бы работу, сделанную им в период, когда он имел направление обратное.

Динамо переменного тока отличаются числом участков обмоток якоря (ток однофазный и многофазный), увеличение числа которых уменьшает резкость колебаний напряжения тока. Вольтаж (напряжение) переменного тока меняется от максимального положительного до максимального отрицательного, проходит через нуль. Введение нескольких участков (секций) ослабляет эту разницу в цепи, так как в момент, когда одна секция дает ток нулевого вольтажа и, следовательно, нулевой силы, сила тока другой секции как раз достигает своего максимального значения.

Понятно, что, помимо всего прочего, динамо отличаются друг от друга и своей мощностью, которая в настоящее время доходит до нескольких сотен паровых лошадиных сил, т. е. развивает ток такого напряжения и силы, что ежесекундно посылает в провода сотни тысяч уаттов электрической энергии.

Преобразование электричества в теплоту и свет осуществляется проще, чем в механическую работу.

Чем хуже проводник, по которому идет ток, чем больше, как говорят, „сопротивление проводника“, тем большее количество протекающего по нем тока тратится на преодоление этого сопротивления, переходя в теплоту. Несмазанные оси телеги или железнодорож-

ного вагона нагреваются тем сильнее, чем больше трение и чем быстрее вращение их; так провода тока нагреваются тем более, чем хуже они проводят ток (разные металлы имеют различную электропроводность), чем они тоньше и чем больше сила протекающего по ним тока. Это нагревание утилизируется

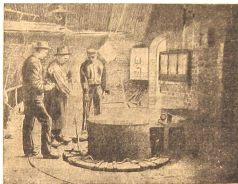


Рис. 6. Электрическая печь для плавки металлов.

непосредственно в электрических печах и разнообразных нагревательных фабричных и домашних приборах, или, когда результатом нагревания является раскаливание проводника до-бела (свет).

Впрочем, помимо общеизвестных ламп накаливания с очень тонкими нитями из металлов, способных накаливаться почти до  $3000^{\circ}$ , не плавясь при такой высокой температуре, существуют и другие способы

превращения электричества в свет. Достоинство ламп накаливания—дешевизна света, излучаемого ими. Они экономичны, расходуя всего 1—0,5 ватта на каждую единицу света, ими излучаемую, но имеют и свои недостатки. Так, максимальная сила света их не может быть произвольно велика, свет слишком ярок и сконцентрирован и т. д. Значительно большую силу света дают дуговые лампы, в которых происходит непрерывный разряд тока через воздух между сближенными концами стержней из кокса. Такие фонари применяются для освещения улиц, маяков, прожекторов и пр. В лампах Нернста, дающих более приятный для глаз свет, чем металлические, раскаливается ток плохой проводник тепла.

В имеющих специальное применение ртутных лампах, богатых химически-действующими лучами (применяемы в фотографиях, для лечения светом и пр.), свет дают раскаленные пары ртути. В лампах Мура, дающих мягкий, рассеянный свет, подобный дневному, происходит свечение сильно разреженных газов. Общий недостаток всех последних способов превращения электричества в свет—их неэкономичность, так как на каждую свечу излучаемого ими света они расходуют от 1,5 до 3 ватт.

О превращении электрической энергии в химическую мы уже упомянули, говоря об аккумуляторах, в которых внешний ток (заряжающий) производит такую реакцию, что реакция ей обратная, в свою очередь, дает ток, но в обратном направлении. Попутно было нами упомянуто и о превращении электричества в магнетизм. В очень многих электротехнических приборах, начиная от телеграфного аппарата и до подъемного крана, действующей частью является электромагнит. Посылая по проводу ток

и его обмотку, возбуждают магнетизм в сердечнике, который притягивает арматуру (якорь); прекращая ток, прекращают и магнитное действие железного сердечника,—якорь возвращается в прежнее положение.

Ток, развиваемый динамомашинными центральными станциями, имеет в большинстве случаев напряжение (вольтаж), слишком высокое для рабочих целей.

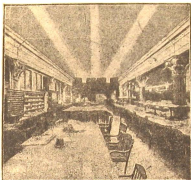


Рис. 7. Освещение по способу Мура.

Раньше, чем применить его к делу, его приходится преобразовать— „трансформировать“. Бывают и обратные случаи, когда источник тока, давая большое количество электричества (ампераж), развивает слишком незначительную разность потенциалов. Такой ток для своего использования требует предварительного увеличения напряженности. Как в том, так и в другом случае, не теряя — точнее: почти не теряя — в мощности

тока, можно по произволу получать любой ампераж и вольтаж, лишь бы произведение их (число ампер, умноженное на число вольт) оставалось неизменным. Как сто рублей можно выложить всего десятью билетами по 10 р. каждая или сотней билетов рублевых, так и ток в сто уаттов (вольтампер) может быть дан при десяти вольтах и десяти амперах или при ста вольтах и одном ампере.

Принцип устройства трансформаторов основан на получении индуктивного тока в проводнике, окру-

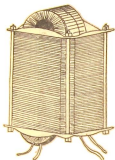


Рис. 8. Трансформатор электрического тока.

жающем проводник, несущий первичный ток. В простейшем случае это будет спираль (катушка), окружающая другую спираль. Если по внутренней (первичной) спирали из толстого проводника протекает большое количество электричества малого напряжения, то в окружающей ее тонкой (вторичной) обмотке, представляющей большее сопротивление току, возникает наведенный (индуктивный) ток, так как эта вторичная обмотка находится в магнитном поле первого соленоида. Ток этот может быть только переменный. Индуктивный ток возникает в проводнике, когда последний в своем движении пересекает силовые линии поля, или же, наоборот, оставаясь неподвижным, сам пересекается ими. Последнее возможно лишь в том случае, когда напряженность магнитного поля, в кото-

ружающем проводник, несущий первичный ток. В простейшем случае это будет спираль (катушка), окружающая другую спираль. Если по внутренней (первичной) спирали из толстого проводника протекает большое количество электричества малого напряжения, то в окружающей ее тонкой (вторичной) обмотке, представляющей большее сопротивление току, возникает наведенный (индуктивный) ток, так как эта вто-

ром он находится, меняется. Изменение же напряженности магнитного поля вокруг первой обмотки достигается ослаблением тока (при чем, по образному представлению силовых линий, они как бы втягиваются в соленоид, пересекая в своем движении вторичную обмотку) и новым его усилением (силовые линии словно расходятся в пространстве от соленоида, опять-таки по пути пересекая тонкую обмотку), а еще проще быстрым изменением направления первичного тока.

К сожалению, нельзя подобным образом трансформировать прямой ток постоянной силы. Его приходится пускать в динамо, приводящую во вращение мотор, служащий двигателем для другой динамо, более низкого напряжения. Часть энергии при этом тратится бесполезно.

Перейдем теперь к передаче тока по проводам. Количество воды в любом сечении системы труб или каналов, протекающее в секунду, бывает одно и то же, независимо от размеров сечения—меняется лишь скорость потока, возрастающая в узких местах; так и количество электричества, протекающего по проводникам, строго одинаково во всех точках цепи. Растет лишь сопротивление в худшем проводнике, как трение в узкой трубе, и уменьшается в лучшем, как уменьшается трение в широком канале. Передавая ток от места его получения (центральной станции) в места потребления (к уличным фонарям, в двигатели трамваев, в дома и мастерские), ведут его обычно медными проводами. Чтобы передаваемая энергия не преобразовывалась, протекая по проводам, в теплоту, т. е. чтобы она не нагревала проводов, они должны иметь возможно меньшее „сопротивление“, иначе говоря—должны иметь достаточную толщину, а это отзывается на их стоимости. Дорогие телефонные

провода и провода для электрического освещения нередко служат поводом к соблазну любителей чужой собственности, срезывающих дорогую медную проволоку на расстоянии десятков сажен. Для удешевления стоимости проводов надо повышать напряжение передаваемого ими тока (так наз. электродвижущую силу, которую не следует смешивать с силой, т. е. количеством электричества). Согласно закону, открытому Омом, сила тока, если ее выразить в амперах, равна электродвижущей силе, выраженной в вольтах, деленной на сопротивление проводника (выраженном в единицах, носящих имя автора этого закона, т. е. в омах). Следовательно, если мы желаем передать по проводу ток определенной силы, то при вдвое большей силе понадобится и вольтаж тока увеличить вдвое. Обратное, раз для удешевления проводки провода ставят возможно тонкими (увеличивают сопротивление), то и вольтаж должен быть соответственно увеличен. Подбирают такие отношения, чтобы, с одной стороны, это напряжение было достаточно высоким (для удешевления проводов), а с другой стороны—чтобы получающаяся при этом сила тока протекала по проводу, не нагревая его,—площадь сечения провода должна иметь достаточный размер. Не будь медь так дорога, вопрос этот не имел бы такого значения; в настоящее же время он является одним из важнейших вопросов практической электротехники. В последнее время во многих случаях с успехом заменяют медные провода проводниками из алюминия, и в технике токов высокого напряжения они заметно вытесняют медные.

Еще сравнительно недавно техника токов высокого напряжения не играла особой роли, но с начала текущего столетия она сильно развилась, решив прак-

тически задачу передачи токов, имеющих напряжение в десятки и сотни тысяч вольт. Частью это вызвано стремлением заменить отдельные электрические станции мощными центральными, обслуживающими возможно больший район, частью, обратно, облегчало устройство таких районных станций, увеличив радиус их действия. Энергия, вырабатываемая крупными станциями, производящими ее в сотнях тысяч килоуаттов (т. е. в сотнях миллионов уаттов), ежесекундно обходится во много раз дешевле энергии, получаемой отдельными городскими или заводскими центральными станциями. Колоссальное ее количество может быть использовано лишь значительной территорией, на которой расположены города, рудники, заводы и пр. потребители тока. Передача ее должна производиться при весьма высоком напряжении, тем большем, чем больше радиус действия централи.

В России технике токов высокого напряжения суждено сыграть особо важную роль, так как у нас крупные потребители энергии зачастую разделены друг от друга большим расстоянием и весьма удалены от каменноугольных копей, водопадов и др. источников получения энергии на станциях. Выяснив основной принцип передачи высоковольтных токов, мы еще вернемся к экономической стороне такой передачи, когда будем говорить о роли крупных районных станций в электрофикации современной добывающей и обрабатывающей промышленности (см. дальнейшие выпуски нашего сочинения).

Необходимы ли, однако, самые-то провода для передачи электрической энергии? Явление индукции проводника, введенного в магнитное, точнее, в электромагнитное поле, давно было известно физикам и послужило, как мы видели, для осуществления динамо



и трансформаторов. В 1888 г. германский ученый Герц, к сожалению, умерший очень молодым, впервые опытным путем доказал то, что уже давно предвиделось теорией: что электричество, подобно свету, распространяется в непроводниках тока поперечными волнами, отражающимися от металлических поверхностей, как свет отражается от поверхностей непрозрачных тел.

Современная физика соединила в один отдел „лучистой энергии“ такие виды ее, как свет, электричество и магнетизм, ранее рассматривавшиеся как нечто вполне раздельное. Гипотеза о существовании электрона, как определенного свободного наименьшего заряда, входящего в состав атома простых химических веществ, из комбинаций которых образованы молекулы различных видов материи, выработалась в стройную теорию. Эта теория, между прочим, резко отделяет механизм тока в проводниках (металлах, растворах солей и пр.) от распространения электрических волн в междумолекулярной среде. Ток в проводниках сводится ею к массовому течению электронов.

В нашу задачу не входит теоретическая часть учения об электричестве, а потому мы и не будем распространяться на затронутую тему, упоминание о которой было необходимо лишь для установления того обстоятельства, что современная практическая электротехника, на ряду с передачей электрической энергии по металлическим проводам, приобрела новый метод ее передачи прямо через воздух (точнее в среде, заполняющей пространство между молекулами воздуха). Метод этот еще очень юн, и в данный момент трудно przewidеть, какие успехи его ожидают; но можно полагать, что они будут не менее значительны, чем при передаче энергии по проводам.

Только в самые последние годы XIX века начались попытки практического приложения открытия Герца к электротехнике, сразу показавшие все колоссальное его значение. Маркони и Попов в 1897 г., независимо друг от друга, положили начало телеграфированию без проводов. Об этом крайне интересном изобретении, а равно и о развившемся вскоре беспроводном телефонировании мы более подробно поговорим в другом выпуске; здесь же отметим, что в самое последнее время, после долгих опытов над моделями, удалось применить тот же метод передачи энергии на расстояние, как и в беспроводном телеграфе, к управлению аэропланами. По сообщениям периодической прессы, за границей уже выработаны аэропланы, двигатели которых не требуют присутствия на аэроплане управляющего ими человека; все управление полетом и другими манипуляциями (фотографированием сверху, сбрасыванием взрывчатых веществ и пр.) ведется с земли. Аэроплан, послушный электрическим волнам, доходящим до него со станции их отправления, маневрирует как разумное существо, и, исполнив свою задачу, возвращается в пункт своего первоначального отправления, если, конечно, неприятельский снаряд не подбьет его и не заставит спуститься преждевременно. Таким же путем можно управлять минами, — заставляя их с берега или с судна плыть к вражескому кораблю и взрывать его, — подводными лодками и пр.

Что касается управления заводских машин и механизмов без посредства проводов, то в настоящее время это еще осуществлено быть не может — слишком не экономично, так что передачей энергии без проводов пользуются лишь в тех случаях, где невозможно установить сеть проводов (связь с плавающим судном,

с летящим аэропланом), или где стоимость в расчет не принимается (в военном деле).

Если пользоваться аналогией с явлениями передачи звука, то можно сравнить передачу электрической энергии без проводов с распространением звука в воздухе, во все стороны, с резким понижением громкости по мере удаления от источника звука. Передача по металлической проволоке будет подобна распространению звука в трубах или подземных галлереях, в которых звук без заметного уменьшения силы может передаваться в одном направлении на сотни сажен. Как волны на поверхности воды разбегаются от места падения камня, так бегут по шаровым поверхностям электрические волны от места уравнивания электрических потенциалов, например, при искровом разряде. Уловить эти бегущие со скоростью света (около 300.000 километров в секунду!) волны, заставить их работать, нам уже удалось, но лишь отчасти. Лишь ничтожная доля всей лучистой энергии, производимой станцией отправления, идет на совершение работы, вся же остальная энергия рассеивается в пространстве бесполезно.

Мы увидим далее, что здесь и не производится полностью работа на расстоянии, как при передаче энергии от центральных станций с проводами тока к исполнительным механизмам фабрик. Здесь волны энергии, дошедшие по назначению, лишь замыкают ток местного двигателя (телеграфного аппарата приемной станции или мотора аэроплана), они лишь управляют на расстоянии, но не являются источником работы.

Передать таким путем работу, исключаящую необходимость установки особых двигателей, производящих эту работу на станциях получения волны, — дело будущего. Путь к такому достижению, однако, уже намечен. Уже и сейчас, если мы еще не можем, без

рассеяния энергии в пространстве, направить ее полностью в определенную точку, то все же можем хотя отчасти сократить бесполезную ее трату, направляя волны в преимущественном направлении, заставляя их идти конусообразным пучком, как лучи света в прожекторе, а не во все стороны по шаровым поверхностям. Конечно, и в этом случае закон ослабления энергии волны на расстоянии остается в силе, но все же некоторая экономия достигается. Станции, могущие излучать энергию по преимущественному направлению, мы, — продолжая нашу аналогию с явлениями распространения звука, — можем сравнить с корабельным рупором или трубой граммофона. Как рупор и граммофонная труба делают звуки более слышными в том направлении, куда обращены их раструбы, так и электрические волны определенной начальной мощности могут быть уловлены легче в определенном пункте, для которого они предназначены, чем в пункте, прямо ему противоположном.

Однако, распространение волн во все стороны по всем направлениям от места их возникновения имеет и высокоположительную сторону — возможность подачи сигналов по неопределенному направлению тем, кто их уловит. Так, гибнущее в океане судно шлет по радиотелеграфу просьбу о помощи не какому-нибудь определенному кораблю, местонахождение которого телеграфисту известно, а „всем, всем, всем...“, то-есть любому судну, могущему уловить своей приемной радиостанцией его вопль о спасении. Классическим примером пользы такого телеграфирования по всем направлениям, т. е. передачи энергии без проводов, может служить спасение пароходом „Трэнт“ дирижабля Вельмана, потерпевшего аварию при попытке перелета через Атлантический океан и сигнализировавшего своим радиотелеграфом о помощи.

## ГЛАВА IV.

### Опасности электрического тока.

Поражения током.—Профессиональные болезни электротехников.—Предосторожности при пользовании током.—Противопожарные меры.—Опасность рентгенизации.—Опасное действие герцовских волн.

Необходимость передавать по проводам ток высокого, а иногда и весьма высокого напряжения связана с известной опасностью как для монтеров электрических установок, так и для лиц, ими пользующихся, и даже для совершенно посторонних. Ток напряжением в 200 вольт, если он достаточно силен (т. е. если количество протекающего электричества не слишком ничтожно), пройдя через человека, может убить его на месте.

Исключаются данные, что некоторые лица, особенно женщины и дети, поражались даже таким слабым током, как 50-вольтный. Надо заметить, что как постоянный, так и переменный ток (исключая ток особой частоты перемен, применяемый в электротерапии) всегда стремится избрать наиболее легкий путь для уравнивания потенциалов. Как молния, ударив в громотвод, сбегает в землю, так ток, если коснуться провода, сбегает по человеку в землю. В первом случае

хорошая проводимость громоотвода защищает наши здания от разрушения и пожара, во втором—лучшая проводимость человеческого тела, чем нормального пути тока, является причиной несчастья.

Иллюстрируем указанную опасность рядом примеров. Молодая девушка, сидя в ванне, т. е. находясь в условиях легкой проводимости тока и в сообщении с землей, коснулась руки оправы электрической переносной лампы. Лампа светила при 110 вольт, но образовавшийся ток короткого замыкания (помимо лампы, через тело) приобрел разность потенциалов в 440 вольт, и несчастная жертва незнакомства с опасностью тока была убита на месте. Этот случай произошел в Вене, в 1906 г. Там же отмечен второй подобный случай с одним профессором, желавшим опустить пониже электрическую лампочку, шнур которой был намотан на газовую люстру. Одной рукой он коснулся патрона лампы, а другой—люстры, соединенной с землей. Благодаря толстым кожаным подошвам своих ботинок и ковру из линолеума, неосторожный ученый отделался сравнительно легко, испытав лишь сильное сотрясение в руках, по которым прошел ток, миновав корпус тела. — Рабочий, разобрав один провод дугового фонаря и тем, казалось бы, обезопасив себя от действия тока, тем не менее был убит 220-вольтным током уличного освещения, потому что, стоя на влажной мостовой и взявшись руками за металлическую арматуру фонаря, сыграл роль второго провода. — Мальчик-разнозчик взялся рукой за железную решетку окна: в тот же миг он упал мертвым. Оказалось, что плющ, обвивавший решетку, перекинул ветку на неизолированный воздушный провод тока высокого напряжения. — Воздушный змей запутался в проводах тока, имевшего 5000 вольт

напряжения. Мальчик, желая снять свою игрушку, коснулся проводов мокрой от накрапывавшего дождя палкой—и упал, пораженный как молнией. В сущности это и была искусственная молния, летящая по указанному ей направлению и долженствующая совершать полезную работу; никто, кроме самого пострадавшего и не предупредивших его об опасности старших, не виноват в том, что слепая сила отняла жизнь у юного существа.— Неизолированный тонкий телефонный провод оборвался и запутался в трамвайном проводе, обвившись вокруг рабочего, тяжело поразив его и лишив способности двигаться (сильный ток парализует мышцы).

В конце 1911 г. в Футтеме (в Англии) произошло массовое поражение электрическим током от соприкосновения металлической полосы, укреплявшей умыльальники ванного помещения, с проводом. Было убито 9 человек, прикоснувшихся к полосе.—В том же году, вблизи Цюриха, произошел весьма оригинальный случай поражения током в 45.000 вольт летящего аэростата, металлический гайдроп (канат) которого коснулся провода высокого напряжения. Шар был взорван, аэронавты убиты.—Упомянем еще о случаях поражения током пожарных, которые при тушении огня случайно направляли струю воды на провода высоковольтного тока. В конце 1909 г. во время пожара в одном из дворцов Петрограда произошел целый ряд несчастий, благодаря тому, что горевшее здание не выключили из электрической сети. Пожарный, коснувшись струей воды проводов, был сброшен с железной лестницы и разбился о мостовую. Лестница, приставленная к крыше, прикоснулась к проводам и передала металлической кровле такой заряд, что люди, спасшиеся на крыше, стали корчиться в конвульсиях.

Такими случаями можно было бы исписать не один десяток страниц. Но, тем не менее, все же несчастные случаи от электрического тока представляют ничтожный процент в общем числе всех несчастных случаев, происходящих с рабочими, техниками и посторонними лицами. Один из отчетов фабричной инспекции указывает, что на общее количество несчастных случаев, происшедшее в отчетный период и равное 58000, только 20 — 30 могут быть приписаны электрическому току, в том числе случаев со смертельным исходом всего 6.

Полезно отметить, что наименее опасными результатами сопровождаются наиболее часто происходящие случаи прикосновения к проводам руками. В тех случаях, когда ток прошел через голову или сердце, действие его значительно чаще бывает смертельно, чем при вхождении в конечности. Сухой рукой, особенно стоя на деревянном полу, можно коснуться провода тока и даже не испытать характерного „толчка“, хотя бы ток произвел ожог кожи.

Впрочем, даже при прохождении тока через сердце не всегда наступает смерть. Если произошло прикосновение положительного полюса к груди так, что между сердцем и проводом находились легкие, то случай может иметь и благоприятный исход. Тем не менее, все же такие поражения наиболее опасны, и рабочие, по роду своей деятельности рискующие им подвергнуться, должны тщательно защищать область сердца, обертывая грудь изолирующим слоем. В большинстве случаев поражения током смерть наступает именно как последствие остановки сердечной деятельности. Замечено, что прикосновение к отрицательному проводу значительно опаснее. В то время, как анод (положительный полюс) производит понижение



деятельности сердца, катод (отрицательный полюс) вызывает учащение пульса и увеличение кровяного давления. Люди вполне здоровые, подвергаясь „току“ (удар током), рискуют менее, чем люди слабого сложения, больные, в особенности неврастенники и алкоголики. Кроме того, по наблюдениям д-ра И. П. Чулкова, люди, знакомые с действием электричества, при токе чаще остаются в живых, чем люди невежественные, которые буквально „на-смерть пугаются“ удара. Вероятно, и большая восприимчивость к поражению током женщин и детей может быть объяснена тем же, т. е. что во многих случаях паралич сердца вызывается испугом внезапного потрясения.

Весьма тщательные исследования над влиянием электрического тока на организм были произведены еще в 1911 году во Франции комиссией из электриков и врачей в Центральной Электрической Лаборатории. Ток для опытов, результаты которых были обнародованы, брался в 110 вольт, при 42 переменах направления в секунду. Напряжение тока менялось в разных сериях опытов при помощи трансформаторов. Производились исследования влияния тока на дыхание, кровообращение, частоту пульса, при чем результаты записывались самопишущими регистрирующими приборами. Опыты производились над собаками, так что результаты их могли дать лишь приблизительное определение опасности токов для человека, потому что действие токов на различные живые существа далеко не одинаково. Ток, судя по опытам, вызывает смерть, главным образом, в зависимости от своей силы и продолжительности действия. Ток в 110 вольт, силою всего в 0,08 ампера безусловно смертелен. В отдельных случаях ток в 4600 вольт, действовавший в течение двух секунд, не убил

собаки. Громадную роль играет место приложения электродов. Ток в 90 вольт и 0,1 ампера убивает мгновенно, когда электрод приложен к области сердца. Что касается частоты перемен тока, то в пределах 12—75 перемен направления в секунду результаты действия не изменяются. При прямом токе в 110 вольт ток оказывается смертельным, когда его сила доходит до 0,3 ампера. В общем надо признать, что опыты не оправдали своими результатами их жестокости, и установить точно разделение токов на опасные и неопасные не удалось, — слишком большое влияние оказывают индивидуальные свойства отдельных живых существ. Между прочим, в частности замечено, что лошади поражаются на-смерть сравнительно слабым током. Возможно, зная пугливость этих животных, и в этом случае свести поражение к смерти от страха.

Электротехники-профессионалы или лица, принужденные долговременно обращаться с приборами, развивающими электричество, не только чаще других подвергаются ударам тока, но и склонны к специальным заболеваниям, вызываемым их деятельностью. По данным д-ра Грюна, рабочие центральных станций чаще всего страдают болезнями горла, что объясняется частым переходом их из теплых помещений на свежий воздух, раздражающим действием угольной пыли и газов, выделяемых аккумуляторами. Кроме того, аккумуляторы причиняют ухаживающим за ними лицам хроническое отравление свинцом, выражающееся главным образом в потере аппетита и нарушении правильности пищеварения и вызывают „флегмону“, — постоянное и притом прогрессирующее гнойное воспаление. Болезнь вызывается проникновением через царапины и трещины кожи окиси свинца (глета)

в кровь. Лечение действительно только хирургическое. Мышечный ревматизм рабочих-электротехников вызывается той же причиной, как и болезни горла,—переходами из теплых помещений в холодные и обратно.

Электромонтеры, работающие по электрическому освещению и передаче энергии, дают значительный процент сердечных болезней, а первые, сверх того, страдают глазами. Воспаление глаз, в особенности роговой оболочки, понижение остроты зрения, паралич глазных мышц и др. более или менее тяжелые последствия влияния ярких световых лучей, богатых активно действующими фиолетовыми и ультрафиолетовыми волнами, к сожалению, весьма обычны среди электротехников. Не редки и случаи полной слепоты, происходящей от действия вольтовой дуги на глаза, не защищенные специальными очками. Уместно предостеречь лиц, работающих с проекционными фонарями, вошедшими ныне в обиход школ и публичных лекций, что такое же роковое несчастье может грозить каждому, пренебрегающему защитой глаз от вольтовой дуги. Что касается потребителей энергии для домашнего освещения, то лишь немногие врачи признают электрический свет вредным для глаз, да и то указывают, что это вредное влияние может быть избегнуто заменой бесцветного стекла ламповых колпачков желтым, поглощающим ультрафиолетовые лучи, раздражающие сетчатую оболочку глаз. Не надо только черезчур ярко освещать свои помещения, в особенности комнаты для работы. Избыток света даже более вреден для глаз, чем его недостаток. В особенности же вредны электроосветительные установки, не дающие равномерного света. Так называемое „мигание“ ламп в гигиеническом отношении совершенно недопустимо.

Те мощные электрические поля, которые распространяются источниками токов, применяемых в современной технике, электромагнитные поля, окружающие проводники, и, наконец, ионизация <sup>1)</sup> окружающего источник искр воздуха, не могут не отражаться так или иначе на нервной системе лиц, принужденных подвергаться их действию.

Французский врач Белль производил на бронеполосе „Декарт“ наблюдения над действием герцовских волн. Он установил, что у матросов, работавших с аппаратом Маркони, открывалась глазная болезнь: повышенная чувствительность сетчатки, боль в глазном яблоке и в висках. На руках матросов он обнаружил появление экземы (мокнущей сыпи). Для предотвращения пагубного влияния электрических волн были введены желто-зеленые очки и гуттаперчевые перчатки. Кроме того, у радиотелеграфистов отмечены учащенное сердцебиение и повышенная нервность. Действие герцовских волн на организм ~~еще~~ далеко не изучено всесторонне, но отрицать вред, или причиняемый, к сожалению, не представляется возможным.

Нервные заболевания электротехников, работающих с распределительными досками, врачей, манипулирующих с частопеременными токами д'Арсоналя и с лучами Рентгена — констатированы неоднократно. В особенности бросаются в глаза такие заболевания среди персонала, обслуживающего радиостанции большой мощности. Да оно и понятно: раз действие сильного электромагнитного поля применяется для лечения болезней, то и здоровый организм не может

<sup>1)</sup> Разложение молекул газов, входящих в состав воздуха, на атомы, несущие свободный электрический заряд.

не реагировать на пребывание в таком поле. Возможно, однако, что и в этом случае, как при поражении током, люди различной комплекции и различного состояния нервной системы далеко не одинаково относятся к действию электромагнитного поля. Косвенно, но не под влиянием тока, вредно отзывается на здоровье служащих служба на телеграфе вообще и на центральных телефонных станциях.

Из приведенных нами примеров поражений людей током легко вывести правила предосторожности при пользовании электрической энергией высокого напряжения. Во-первых, не следует касаться одновременно обоих проводов: ведущего ток от источника и ведущего его обратно; во-вторых, нельзя трогать не изолированного провода, находясь в хорошем сообщении с землей, так как в этом случае ток через человека уходит в землю. Обезопасить провода, находящиеся под током, — дело электротехников-установщиков; для публики достаточно знать о существовании опасности прикосновения к таким проводам, не входя в рассмотрение, могут или не могут они принести вред. Ведь даже телефонная проволока может где-либо коснуться трамвайного провода и, как мы видели, послужить причиной несчастья. Не следует предпринимать каких-либо самостоятельных переделок в домашних проводках и помнить, что даже невинная электрическая лампочка при известных условиях может стать смертельно опасной. Кстати, дополним нашу серию случаев рассказом о тяжелом поражении одной женщины током, питавшим переносную лампу. Желая укрепить гибкий шнур (провод) лампы на спинке кушетки, она проколола его булавкой. Ток из провода через булавку и тело женщины, державшей металлическую арматуру лампы другой рукой, вернулся обратно в провод, по

пути поразила неосторожную жертву на-смерть. В тех случаях, когда необходимо коснуться провода под сильным током, напр., желая отделить провод от тела пораженного им человека, — надо обернуть руки хотя бы материей и, если можно, стать на сухую деревянную доску.

Если поражение током не убивает человека моментально, то иногда удастся его спасти, возбуждая дыхание и деятельность сердца. Пораженного током первым делом надо отделить от провода и от земли (подсунуть под него доску), тотчас вызвать врача, а до его прибытия, освободив пострадавшего от узкой одежды, кладут ему на голову холодный компресс и делают впрыскивание под кожу камфарным маслом, повторяя эту операцию через каждые 10 минут. Если у пораженного нельзя обнаружить дыхания, поступают как с утонувшим, т. е. положив под спину хотя бы свернутое пальто, чтобы голова была несколько запрокинута, становятся на колени, лицом к оглушенному; взяв его обе руки, приподнимают их через голову и сводят вместе, потом опускают их вниз, сгибают и прижимают локти к груди. Такое искусственное дыхание и выдыхание надо делать раз 15 в минуту. Если в продолжение двух часов не появится естественного дыхания, значит, пораженного нельзя вернуть к жизни. Полезно одновременно с поднятием рук, раскрыв рот, хотя бы насильно, осторожно вытягивать язык пострадавшего, а при опускании рук вдвигать его обратно.

Абоненты электрической энергии должны обращаться к сведущим установщикам, чтобы быть уверенными в соблюдении при прокладке проводов всех требований предосторожности. Последние сводятся к защите провода от возможности повреждения

его изолировки, устранению возможности сообщения провода с землей и устранению возможности пожара.

Не более 10% всех пожаров имеют своей причиной перегорание проводов и загорание ими легковоспламеняющихся предметов. Но все же, как мы уже говорили, электрическое освещение не является вполне безопасным. Хорошо и то, что оно вдесятеро уменьшает эту опасность по сравнению с другими способами освещения. Для предупреждения перегрева проводов обычно в цепь тока вводят специальные предохранители, напр., автоматические размыкатели тока. Так, если ввести в провод в каком-нибудь месте кусок свинцовой проволоки, то при увеличении количества тока, протекающего в цепи, до опасных размеров, свинцовый предохранитель успеет расплавиться и тем прервать ток раньше, чем он накалит провода настолько, что сгорит их изолировка. И в этом случае, т. е. для предупреждения возможности пожара, самое важное — это правильная прокладка проводов, которые должны быть отделены специальными фарфоровыми изоляторами от легко загорающихся предметов. Как курьез, упомянем, что бывали случаи пожара, виновницами которого оказывались мыши, съевшие изолировку проводов.

Предохранителями снабжаются иногда и провода слабого тока, если они могут придти в соприкосновение с проводами сильного или ввести в помещение разряд атмосферного электричества. Бывали, напр., случаи поражения телефонистов на центральных телефонных станциях и абонентов телефона от удара молнии в телефонную сеть. С другой стороны, нельзя обойти молчанием тот отрадный факт, что густая сеть электрических проводов над городом является как бы общим для него громоотводом. По статистическим

данним, опасность поражения молнией на улицах города, покрытого сетью проводов, в 5 раз меньше, чем в открытом поле. Кроме того, и грозы вдвое реже разражаются над местами, покрытыми сетью, которая способствует так назыв. тихому разряду, т. е. постепенному уравниванию потенциалов земли и грозовых туч, несущих электрический заряд.

Очень возможно, что своим предохранительным от ударов молнии действием электрические провода сохраняют более жизни, чем отнимают при случайном к ним прикосновении. Ведь неукротенное атмосферное электричество значительно опаснее текущего по проводам. На одного убитого током приходится десятки убитых молнией. Замечательным примером массовой гибели людей косвенной причиной, которой явилось атмосферное электричество, служит взрыв молнией порохового склада в Брешии (в 1769 г.), повлекший за собою гибель 3000 человек. Любопытен также случай удара молнии в английский 90-пушечный корабль в 1793 г. у о. Мартиники. Молния ударила в пороховую камеру, и корабль затонул со всем экипажем. Бывали случаи одновременного поражения непосредственно молнией целых батальонов пехоты и т. п.

Вообще современные электротехнические установки не более опасны, чем атмосферное электричество, но и они в некоторых случаях представляют не только единичную, но и общественную опасность. Таковы, например, аккумуляторные станции. Водород, выделяющийся при зарядке аккумуляторов, в смеси с воздухом дает взрывчатую смесь, уже не раз бывшую причиной взрыва и даже полного разрушения зданий, в которых помещались аккумуляторы, как, напр., это было в Баку, где в 1903 г. взрывом аккумуляторного газа была разрушена центральная станция.



В помещениях, воздух которых наполнен пылью, в особенности на мельницах, электричество может являться причиной взрыва и пожара. Дело в том, что вещества, даже трудно горючие в нормальном виде, будучи мелко раздроблены и рассеяны в воздухе, обладают весьма легкой воспламеняемостью. Достаточно напомнить, что даже металлы, как, напр., алюминий, истолченные в порошок, легко загораются, если сыпать их в пламя спиртовой или газовой горелки. В каменноугольных копях причиной взрыва, на ряду с гремучим газом, нередко является угольная пыль, как это с несомненностью установлено опытом. На мельницах не раз происходили взрывы от электрической искры мотора или выключателя или от искры статического, так называемого „ременного“ электричества. Последнее явление состоит в том, что пассы, передаточные ремни и трущиеся машинные части иногда приобретают настолько сильный статический заряд, что дают, при известных условиях, в момент разряда искры значительной длины. Установлено, напр., что причиной взрыва одного декстринового завода была сильная электризация частиц сухого декстрина при трении о медную проволочную сетку вращающегося бурата.

В заключение укажем, что провода слабого тока, если они изолированы от проводов сильного, совершенно безопасны, и их можно смело трогать руками, нагревание же их почти не ощутимо, так что они не могут быть опасны и в пожарном отношении.

Возможно, что и герцовские волны могут представлять не только индивидуальную опасность. Незадолго до последней войны взорвался во время маневров французский броненосец „Iéna“ без всякой видимой причины. Среди разных предположений о том, чем была вызвана гибель судна, было высказано, что броненосец

нал жертвою герцовских волн, вызвавших взрыв его пороховой камеры. Действительно, не раз замечалось, что когда работает парижская радиостанция, то в окрестных помещениях между газопроводными трубами проскакивают искры. Сноп искр между звеньями якорной цепи во время действия судового радиотелеграфа наблюдались на одном океанском пароходе, а на крейсере „*Conde*“ то же явление и при тех же условиях наблюдалось на мине, подвешенной в горизонтальном положении. На том же судне сигнальный электрический фонарь, укрепленный на верхушке мачты, переставал работать, как только приходил в действие помещающийся под ним аппарат радиотелеграфа. Все эти симптомы создали мнение, что при известных обстоятельствах волны Герца могут быть силой губительной и разрушительной.

Физики и врачи, работающие с лучами Рентгена, обладающими свойством проходить через вещества, непрозрачные для световых лучей, должны соблюдать при этих занятиях осторожность и по возможности не подвергать себя действию лучей. Уже не один рентгенолог поплатился тяжелыми страданиями и даже мучительной смертью за эти опыты. Почти с первых дней после открытия лучей Рентгена стало известно их разрушающее действие на кожу, ведущее к гангрене. Впоследствии были подмечены и другие вредные влияния этих лучей на живой организм, в частности изменение ими состава крови. Последнее зависит от того, что они разрушают лейкоциты — белые кровяные шарики. А так как назначение лейкоцитов бороться с бактериями инфекционных (заразных) болезней, проникающих в кровь, то разрушение белых кровяных шариков продолжительным действием рентгеновских лучей делает организм менее стойким против зара-

жения туберкулезом, тифом, холерой и т. п., болезнями, косвенно способствуя его гибели. Вообще оказалось, что лечение лучами Рентгена требует большой осторожности, так как оно даже при однократном действии лучей может вызвать нежелательные осложнения, от сильной головной боли до стойкого изменения тканей внутренних органов. Хуже всего, что такое последствие обнаруживается иногда лишь по истечении продолжительного времени после прекращения опытов рентгенизации.

Итак, электричество далеко не безвредно, но в конечном результате сумма благ, приносимых им человечеству, неизмеримо больше оказываемого в отдельных случаях вреда, да и с вредом этим, по мере лучшего ознакомления нашего с электричеством, мы научаемся бороться.

И даже вредное действие электричества человек сумел использовать в своих, хотя и далеко не похвальных целях. Давно уже электрический ток применяется для взрыва мин в сухопутной и морской войне, а в настоящее время много работают над применением для той же цели герцовских волн. В мировой войне 1914—17 гг. провололочные ограждения вводились в цепь мощного тока и являлись препятствием, почти непреодолимым для атакующего. В Америке током убивают бродячих собак и казнят им преступников. Увы! таково свойство человеческой природы — применять результаты знаний не только к благу, но и к вреду для других....

# ОГЛАВЛЕНИЕ.

---

	Стр.
<b>I. Преимущества электричества перед другими видами энергии.</b>	
Электричество — вид энергии . . . . .	4
История открытия электричества . . . . .	6
Преобразуемость электрической энергии . . . . .	8
Электрическая передача работы . . . . .	9
Гигиеничность применения электричества . . . . .	10
<b>II. Источники тока.</b>	
Электричество от трения . . . . .	15
Количество и напряжение электричества . . . . .	16
Электрический ток . . . . .	18
Гальванические элементы . . . . .	20
Поляризация . . . . .	21
Аккумуляторы . . . . .	22
Динамомашинны . . . . .	25
Термобатарей . . . . .	27
<b>III. Работа электричества.</b>	
Превращение электрической энергии в механическую работу, свет и теплоту . . . . .	30
Трансформирование тока . . . . .	35
Передача энергии по проводам и без проводов . . . . .	37
<b>IV. Опасности электрического тока.</b>	
Поражения током . . . . .	44
Профессиональные болезни электротехников . . . . .	49
Предосторожности при пользовании током . . . . .	52
Противопожарные меры . . . . .	54
Опасное действие герцовских волн . . . . .	56
Опасность рентгенизации . . . . .	57

---

# АКАДЕМИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Литейный пр. 25, кв. 1. Телеф. 152-15

---

## „НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА“

### НОВАЯ СЕРИЯ ОБЩЕДОСТУПНЫХ КНИГ ПО РАЗНЫМ ОТРАСЛЯМ ЗНАНИЯ

- В. В. Рюмин.** Современная электротехника. Вып. I. Электрический ток. С 8 иллюстрациями.
- Проф. Е. С. Лондон и д-р И. И. Крыжановский.** Рентген и рентгеновы лучи. С 10 рисунками.
- К. Е. Вейгелин.** Современные аэропланы и дирижабли. С 20 иллюстрациями.
- Проф. Б. И. Слозцов.** Улучшение расы. С 8 рисунков и 1 таблицей.
- С. В. Фарфоровский.** Человечество в доисторическую эпоху. С 8 рисунками.
- Проф. А. Липшютц.** Растения и животные. С 8 рисунками.

ПЕЧАТАЮТСЯ И В БЛИЖАЙШЕМ ВРЕМЕНИ  
ПОСТУПАЮТ В ПРОДАЖУ:

- В. В. Рюмин.** Современная электротехника.  
Вып. II. Электрофикация обрабатывающей промышленности.  
Вып. III. Электрофикация добывающей промышленности.  
Вып. IV. Электрическая сигнализация и транспорт.
- Проф. Е. С. Лондон.** Пересадка органов.
- Проф. В. И. Осипов.** Причины душевных болезней.
- Проф. Б. И. Слозцов.** Работа желез в организме.
- Проф. М. И. Аствацатуров.** Психотерапия и психопатология.
- Проф. С. И. Элатогоров.** Заразные болезни и борьба с ними.
- Проф. К. Д. Покровский.** Планета Марс.
- К. Е. Вейгелин.** Безмоторное летание.
- Д-р В. В. Срезневский.** Гипноз и внушение.
- Д-р Л. Я. Якобзон.** Сифилис и борьба с ним.
- Б. А. Смиренин.** Современная радиотехника.