

АКАДЕМИЯ НАУК СССР



А. Д. БЕЛЬКИНД

ЧАРЛЗ ПРОТЕУС ШТЕЙНМЕЦ

1865 – 1923



ИЗДАТЕЛЬСТВО
«НАУКА»

Москва — 1965



Charles P. Steinmetz

В В Е Д Е Н И Е

В 1922 году советская пресса сообщила, что Ч. П. Штейнмец, известный американский электротехник, один из ведущих специалистов крупнейшего электротехнического концерна «General Electric Company», воспользовавшись предстоящим возвращением в Советский Союз из эмиграции инженера Б. В. Лосева, послал В. И. Ленину письмо, в котором выражал свое восхищение глубокими социальными преобразованиями, которые были намечены в нашей стране после революции. Он высказал в этом письме полную уверенность в успехах нового строя и сообщил о своем желании помочь советом или консультациями промышленному возрождению нашей страны.

Письмо это было довольно неожиданным. Молодое Советское государство только что закончило борьбу с внутренней контрреволюцией и интервенцией империалистических стран. Правительства этих стран оказывали всяческое противодействие Советскому государству, приступившему к восстановлению экономики. Многие за рубежом полагали, что советский «эксперимент» кончится полным провалом. Даже некоторые передовые люди за границей считали грандиозный план электрификации нашей страны невыполнимым, а его инициатора и вдохновителя — В. И. Ленина называли «кремлевским мечтателем».

Особую позицию в отношении Советской России занимал Ч. П. Штейнмец. Он приветствовал Великую Октябрьскую социалистическую революцию, верил в ее мировое значение и победу. Он был в США пропагандистом идей электрификации СССР, намеревался помочь в осуществлении этих идей. Реализовать свои желания

Штейнмец не смог: в 1923 г. он скончался. Наша страна лишилась большого и искреннего друга.

У нас мало знают об этом друге, смело и открыто выступившем с выражением симпатий и сочувствия нашей революции в те дни, когда весь буржуазный мир злорадствовал по поводу того, что голод и разруха наносят большевистскому режиму большой урон. Недостаточно знают у нас о жизни и трудах Штейнмеца, о пропаганде плана ГОЭЛРО, которую он вел в США, о разъяснении им широкому кругу американцев характера социальной революции в России, сущности ее задач, методов и конечных целей. Как социалист, Штейнмец прекрасно знал пороки капитализма и видел в революции единственный путь избавления от эксплуатации человека человеком.

В журнале «Электричество» за 1923 г.¹ был помещен краткий некролог Штейнмеца; небольшие заметки о его смерти появились в текущей печати. Этим и ограничивается в основном все, что написано у нас вплоть до 1960 г. об этом замечательном человеке. Следует отметить, что 23 марта 1961 г. в Москве, в Политехническом музее, проведен вечер, посвященный жизни и трудам Ч. П. Штейнмеца. Кроме доклада о его жизни и трудах, заслушаны воспоминания о Штейнмце инженера Бориса Владимировича Лосева, который привез в Москву из США письмо Штейнмеца В. И. Ленину. Заметки об этом вечере напечатаны в центральных газетах. Вечер имел большой успех. К сожалению, ни доклад о работах Штейнмеца, ни воспоминания о нем Б. В. Лосева не опубликованы. В журнале «Новая и новейшая история» за 1964 г. помещены материалы, относящиеся к обмену письмами между В. И. Лениным и Ч. П. Штейнмцем и к получению Штейнмцем сведений от советских энергетиков о разработанном и утвержденном плане электрификации России². В некоторых других периодических изданиях были опубликованы краткие сведения об обстоятельствах, послышки В. И. Лениным своей фотографии Ч. П. Штейнмцу³.

Из этого короткого перечня ясно, что не только широкие круги советских людей, но даже специалисты в области истории партии не имеют возможности узнать все, что следует знать о Штейнмце, чтобы правильно

понять его отношение к Великой Октябрьской революции, ее вождю В. И. Ленину и нашей стране.

Перед автором книги о Штейнмце стоит не только задача обрисовать его облик как социалиста и прогрессивного общественного деятеля. Должны быть охарактеризованы заслуги Штейнмца как выдающегося инженера и ученого. Эти заслуги очень велики, и об этом следует шире информировать советских специалистов. Имя Штейнмца вошло в учебники и монографии по электротехнике, но подробные сведения о его жизни и трудах в нашей стране не опубликованы. Многие из проблем, которыми занимался Штейнмец, получили свое классическое решение в его трудах и вошли в золотой фонд научной электротехнической литературы; некоторые из его исследований продолжены и углублены другими учеными; некоторые решения, данные им, хотя и остались лишь этапом в развитии электротехники, но имели большое значение. В целом же Штейнмец — выдающийся деятель, оставивший глубокий след в тех областях, разработкой которых он занимался почти 35 лет. Авторитет Штейнмца признан во всем мире, и предлагаемая книга есть посильное выражение признательности советских электротехников, широко использующих в науке и технике то положительное, к чему пришел Штейнмец в результате своих многолетних поисков.

К сожалению, и в зарубежной литературе, американской в первую очередь, до сих пор нет монографии, посвященной трудам Штейнмца и установлению его роли в истории электротехники. Имеются лишь небольшие издания «General Electric Company», носящие характер краткой информационной справки о выдающемся деятеле этой компании. В изданных за границей биографических статьях и монографиях⁴ недостаточно обрисовывается Штейнмец как общественный деятель и социалист, а о его дружественном отношении к СССР умалчивается. Эти публикации предназначены для широких кругов читателей и содержат поверхностную характеристику его научно-технических работ.

Штейнмец был глубоко убежден, что человеческое общество благодаря электричеству должно переродиться; он считал, что труд с помощью электричества будет облегчен. Но нужно научить человека пользоваться этой

могучей силой. Вся практическая деятельность Штейнмеца была направлена на глубокое изучение этой силы и ее применений.

Штейнмец опубликовал много оригинальных статей и докладов по разным научно-техническим вопросам; эти публикации рассеяны по американским, а отчасти и европейским журналам. Крупные научные монографии Штейнмеца и написанные им руководства, изданные в США и, частично, в переводах на европейские языки, представляют собой обстоятельную научно-техническую библиотеку электротехника; все они доступны для изучения и отчетливо обрисовывают круг его научно-технических интересов и полученные результаты исследований. Литературное наследство и патенты Штейнмеца дают возможность выяснить объем, характер и значение его деятельности как инженера и ученого.

Автор считает своим долгом отметить большую помощь, оказанную ему Борисом Владимировичем Лосевым, скончавшимся во время печатания этой книги. Благодаря вниманию Б. В. Лосева, лично знавшего Штейнмеца, автору удалось полнее и в более точном виде осветить ряд вопросов, связанных с жизнью и трудами Ч. П. Штейнмеца.

Г л а в а п е р в а я



ДЕТСТВО И ГИМНАЗИЧЕСКИЕ ГОДЫ

Штейнмец⁵ происходил из простой и небогатой силезской семьи, предки которой были трактирщиками, рабочими и ремесленниками. Это видно из самой фамилии: Steinmetz по-немецки — каменотес. До нас дошли сведения только о его родителях; о предшествующих поколениях этих простых горожан сведений нет, так как жизненный путь их был несложен и не оставил заметного следа. По национальной принадлежности некоторые из его предков были немцами, другие — поляками, т. е. национальный состав семьи был обычным в тех местах. Откуда вели свое происхождение Штейнмцы, переселились ли они в Бреславль из других мест, были ли они коренными жителями этого города, не установлено. Известно лишь, что дядя Ч. П. Штейнмеца, Август, с конца 50-х годов прошлого века работал в Бреславле, в литографии, обзавелся здесь семьей, женившись на польке. У него было двое детей — девочки Мария и Клара. Это был работающий, но болезненный человек: он был болен туберкулезом, который свел его в могилу в 1863 г.

В семье жил его младший брат, Карл, тоже рабочий-литограф и тоже больной туберкулезом. Болезнь поразила у него кости ног, и он сильно хромал. Это был настоящий пролетарий. Он был более начитанным и просвещенным, чем старший брат. Его интересовала литература, он следил за политическими событиями в мире. Но болезнь очень сильно давала себя чувствовать и не

только мешала ему приобщаться к культуре, но крайне затрудняла и работу в литографии. Он был убежденным атеистом, а к науке относился с особым почтением. После смерти старшего брата младший женился на его вдове и стал кормильцем семьи из четырех человек. 9 апреля 1865 г. родился еще один член семьи — мальчик, которому по протестантскому обычаю было дано несколько имен в честь его отца и двух дядей: его называли Карл Август Рудольф. Дома его называли Карлом, и это имя сохранилось за Штейнмецем на всю жизнь (после натурализации в Соединенных Штатах он именовался Чарлзом).

Ребенок родился хилым и болезненным. У него были признаки наследственного туберкулеза: с самого рождения деформированные позвоночный столб и грудная клетка. Он имел слабые и искривленные ножки и поздно начал ходить. Голова его была непропорционально большой по сравнению с тщедушным телом. Ребенок развивался медленно. Мать его также отличалась слабым здоровьем. В 1866 г. в семье стряслось новое несчастье: от холеры умерла мать. На руках больного отца остались трое малюток, из которых младшему едва минул год. Пришлось обратиться к помощи бабушки со стороны матери, которая ликвидировала свое небогатое деревенское хозяйство и переехала в Бреславль, чтобы воспитывать осиротевших внуков.

Семья Штейнмеца жила в южной части города, за водоотводным каналом на Тауэнциенштрассе; эта часть города называлась Швайдницким предместьем, но не была окраиной: здесь находился главный вокзал, областные административные и другие учреждения.

Карл очень любил родной город; он прожил в нем безвыездно 22 года, хорошо знал его достопримечательности, а в юношеские годы очень интересовался историей его возникновения и развития. В настоящее время Бреславль принадлежит Польской Народной Республике, ему возвращено его старое название Вроцлав, и он является главным городом одноименного воеводства. Это один из старейших городов Европы⁶. В первом тысячелетии нашей эры на месте, где расположен этот город, находилось поселение, носившее название Бистум. С 1000 г. это место упоминается в документах под славянскими названиями Wratisslaw или Wraclaw. С этого

времени Вроцлав становится резиденцией епископа; вместе с областью он принадлежал Польскому государству. В 1163—1335 гг. область, центром которой был Вроцлав, занимала центральную часть Силезии и была на положении самостоятельного герцогства. Это был период быстрого развития сельского хозяйства и ремесел, прерванный в 1241 г. нашествием монгольских кочевников, прошедших разорительным походом через владения Киевской Руси и другие восточнославянские земли. Вроцлав был сильно разрушен, значительная часть его выгорела. Экономике области и имуществу жителей был нанесен огромный ущерб. Вскоре город был отстроен заново, и область стала возвращаться к прежнему цветущему состоянию.

В 1327 г. герцог Генрих VI отдает город и область под власть чешской короны. К основному польскому населению начинают прибавляться поселенцы чешской национальности, а затем заметно возрастает и число немецких колонистов. В 1361 г. городу были дарованы законы, известные под названием «Магдебургского права», по которым город освобождался от многих феодальных повинностей и власти назначенных воевод. Было введено городское самоуправление, во главе которого поставлен совет (рада), избиравшийся высшими слоями городского населения.

При чешском короле Венцеславе (1418 г.) произошло восстание польских ремесленников и городской бедноты Вроцлава; с помощью польского короля Сигизмунда оно было подавлено. Во время гуситских войн (первая половина XV в.) немецкий патрициат, к этому времени значительно выросший и экономически укрепившийся, выступил против чешского короля Иржи Падебрда, и город отдал себя под покровительство папы Пия II. В 1466 г. Вроцлав заключил союз с венгерским королем Матвеем Корвином, который помог городу освободиться от чешского и польского владычества, и на некоторое время Вроцлав стал частью венгерского королевства. После смерти Матвея Корвина (1474 г.) Вроцлав отошел от Чехии, а в 1527 г. вместе со всей Силезией был присоединен к Австрии.

Преобладающей религией была католическая, хотя реформация приобрела сторонников и в городе и в области. Тридцатилетняя война (1618—1648 гг.) не осла-

била положения Вроцлава, и он продолжал расти и развиваться. При Фридрихе II (1741 г.) Вроцлав попадает под власть Пруссии, а затем на короткое время — снова Австрии, после чего опять становится прусским владением и остается в составе Германии вплоть до окончания второй мировой войны (1945 г.); в соответствии с актом о капитуляции фашистской Германии Вроцлав, как и вся Силезия, возвращен Польской Народной Республике.

Из этого краткого обзора видно, что история Вроцлава и области протекала весьма бурно, и в разные периоды Вроцлав был в подчинении у других стран Средней Европы и находился под разными влияниями, что отразилось на его экономике и культуре населения. Польское влияние долгое время было наиболее сильным, но с середины XVIII в. оно стало ослабевать, а немецкое влияние очень возросло. Протестантизм занял преобладающее положение как религия большинства. Онемечивание местного населения стало проводиться очень усиленно, и к середине XIX в. Вроцлав представлял собой город со смешанным населением около 150 тыс. человек, из которых более 80% — немецкой национальности.

В те годы, когда семья Штейнмеца жила во Вроцлаве — административном центре провинции Силезии и одноименного округа — он был значительным торговым и промышленным центром, а также единственным университетским городом на юго-востоке германских государств. Город расположен по обоим берегам реки Одера, который разделяется здесь на несколько рукавов, образуя довольно большие острова; самые значительные из них — Бюргенвердер и Зандинзель. В левобережной части города прорыт судоходный канал. Центральная часть города — наиболее старая; здесь улицы сравнительно узкие, тогда как отдаленные от центра улицы более широкие: в 1807 г. пожар уничтожил много строений на окраинах города, и восстановление этих районов производилось по новой, более современной планировке.

Известно, что в XVII и XVIII вв. город был укрепленным пунктом, окружен крепостными валами и доступ в него был возможен через несколько ворот. К середине XIX в. Вроцлав как крепость полностью потерял

свое значение; крепостной вал, сохранившийся и до настоящего времени, превращен в место для прогулок.

В городе сохранилось несколько старинных зданий, среди которых следует упомянуть: собор, построенный во второй половине XII в.; ратушу с магистратским пивным подвалом, строившуюся в XIV—XVI вв.; университет с роскошным актовым залом (*Aula Leopoldina*)⁷ и башней для астрономических наблюдений, построенный в конце XVI — начале XVII в.; августинский монастырь, в котором разместились университетская библиотека, и др. В XIX в. сооружены памятники Фридриху II, Фридриху Вильгельму III и Бисмарку, не отличавшиеся художественными достоинствами, но наглядно символизировавшие огромное прусское влияние на город и область. Наряду с этими новыми памятниками, во Вроцлаве перед ратушей продолжал стоять средневековый «памятник», сооруженный в 1492 г.: это позорный столб, у которого выставлялись правонарушители, а в определенные дни и часы, предусмотренные статутом, публично совершались телесные наказания.

Университет выходил своим фасадом на набережную. Недалеко от здания университета на набережной Одера находилась гимназия, абитуриенты которой переходили для продолжения образования преимущественно в университет родного города. Руководство университета было хорошо осведомлено о ходе занятий в гимназии и о лучших ее учениках; в гимназии, в свою очередь, хорошо знали о специальностях университета и о характере университетского образования, так как гимназистам выпускного класса разрешалось посещать некоторые лекции в университете, чтобы им легче было избрать специальность.

С 1857 г. через Вроцлав прошла железная дорога, и экономическое состояние города и области улучшилось. В конце 80-х годов Вроцлав был уже важным узловым пунктом железных дорог промышленной силезской области и всего юго-востока Германии.

Вот в этом городе и прошли детство и юность Штейнмеца. С годами мальчик окреп мало, и его физический недостаток — горб — становился все более заметным; горб был у него и спереди и сзади. Ростом он был всегда ниже своих сверстников и казался маленьким даже в последние годы школьного обучения.

Маленький Карл с ранних лет не отличался послушанием, но его никогда не подвергали за это телесным наказаниям. Уже с детства в нем проявлялся большой интерес к сказкам, склонность к выдумкам и изобретательность. Бабушка рассказывала внукам много разных историй, отчасти и религиозного содержания. Когда Карл прослушал рассказ о Соломоновом храме, он построил из щепок и деревянных брусков некоторое подобие его: таким он представлял себе это сооружение и таким мог выполнить из имевшихся в его распоряжении строительных материалов. Он даже пожелал осветить этот храм, чтобы в темной комнате он блистал своим внутренним светом: вставив внутрь зажженную свечу, Карл, к великому своему огорчению, сжег храм. Мальчику в это время было четыре года.

Во время одной из прогулок с бабушкой по городу Карл увидел на одном из несудоходных рукавов Одера установку из нескольких водяных колес; в те годы подобные гидросиловые установки в городах встречались очень редко. Вращение колеса под действием воды произвело на мальчика большое впечатление. Возвратившись домой, он стал конструировать водяное колесо. При помощи тех средств и материалов, которыми он располагал, можно было построить лишь неуклюжее и плохо работающее колесо. И все же мальчик добился того, что колесо вращалось, когда его поливали водой из кружки. Он настолько загрязнил комнату своим «строительством», что дальнейшие опыты были ему строжайше запрещены. Таковы первые шаги в энергетике человека, впоследствии ставшего в ней ведущей фигурой.

Штейнмец часто вспоминал еще один случай из дней своего детства. Семья Штейнмецев жила в скромной квартире на Тауэнциенштрассе и пользовалась для освещения сальными свечами или масляной лампой. Однажды отец принес домой керосиновую лампу; такие лампы в то время только начали распространяться. Как тогда казалось, освещение это было необычайно сильным. Мальчик часами наблюдал за горением лампы: яркий свет производил на него завораживающее впечатление. Разрабатывая впоследствии конструкции мощных дуговых ламп, Штейнмец не забыл этой первой встречи с хорошим источником света.

Бабушке было трудно вести хозяйство и одновременно ухаживать за внуками; поэтому пришлось отдать Карла в учреждение типа современного детского сада. Но мальчик пробыл там очень недолго: он не хотел больше оставаться там, если и бабушка не будет вместе с ним посещать детский сад. Он оказался настолько упрямым, что пришлось забрать его домой и предоставить ему побольше свободы. После этого случая родные старались не стеснять его инициативу и не препятствовать заниматься разными детскими делами.

Семья Штейнмеца всегда испытывала материальные затруднения, и перспектив на улучшение не было. Однако отец решил во что бы то ни стало дать сыну систематическое образование. Сообразительность и хорошие способности, проявившиеся у Карла в детстве, были залогом того, что он сможет справиться с гимназическим курсом и сумеет затем продолжить свое образование в университете. Слабое здоровье мальчика, его малый рост и в особенности физический недостаток исключали возможность такой его подготовки, при которой он мог бы впоследствии пойти по стопам своих предков и стать рабочим.

Средняя школа Германии в 70-х годах прошлого века имела классическое направление. Это была гимназия с десятилетним курсом обучения. Математика изучалась в ограниченном объеме, очень слабо преподавались естественные науки. Лучше обстояло дело с изучением гуманитарных наук — родного языка, литературы, истории. Центральное место в учебных планах гимназий занимали древние языки. Изучение латинского языка начиналось с первого класса, греческого — со второго. Преподавался иностранный язык — французский. Реальных училищ и техникумов типа средних учебных заведений в то время в Пруссии не было. Поступавшие в первый класс семилетние мальчики сразу погружались в изучение древних языков; именно успехи в этом определяли в основном оценку способностей ученика гимназическим руководством. Обучение математике, физике и естественной истории рассматривалось как полезное для общего развития, а не для целей практического применения.

В Бреславльском университете, среди прочих факультетов, был богословский, который готовил пасторов

для протестантских религиозных общин. Гимназисты, которые с момента поступления в гимназию выражали желание получить высшее образование на богословском факультете университета, получали материальную помощь в годы их пребывания в гимназии. Они должны были изучить еще один мертвый язык — древнееврейский, чтобы читать в подлиннике Ветхий Завет.

Несмотря на трудные материальные условия, Штейнмец не использовал обучение в гимназии как трамплин к спокойной деятельности пастора; он с большим усердием изучал все науки, в том числе и древние языки, но наибольший интерес проявлял к математике и естественным наукам. За все годы обучения в гимназии (1872—1882 гг.) он неизменно был лучшим учеником в классе и старался получить знания не формальные, а действительно полезные для лучшего понимания окружающей природы и развивающегося производства. Начиная с пятого класса, Карл стал заниматься репетиторством отстающих гимназистов, детей состоятельных родителей, и помогал материально своей семье.

В 1882 г., семнадцати лет от роду, Штейнмец окончил гимназический курс. Предстояло пройти перед особой комиссией заключительные публичные устные испытания на аттестат зрелости. Штейнмец окончил гимназию с самой высокой оценкой знаний, соответствующей золотой медали. Но испытания на аттестат зрелости были неизбежны, так как без него в университет не принимали. Испытания эти были в значительной степени формальностью, обставлявшейся, однако, весьма торжественно. Для Штейнмеца эти экзамены не были страшны, но тут возникло одно обстоятельство, которое вызвало семейные волнения и о котором Штейнмец часто вспоминал. Дело в том, что на публичные испытания как экзаменаторы, так и экзаменуемые должны были являться в сюртуках. Более состоятельные выпускники заказывали себе такие сюртуки специально, малоимущие ученики брали парадную одежду напрокат. Штейнмец, разумеется, принадлежал к ученикам второй группы, но достать на время сюртук, который подходил бы для его деформированной фигуры, было абсолютно невозможно. Оставался один выход — заказать сюртук. Дело совершенно простое, но свободных денег для осуществления его не было. С очень большими трудностями

удалось достать небольшую сумму, необходимую для этого непредвиденного и чрезвычайного расхода, и сюртук был своевременно получен.

Нарядившись в новый, непривычный костюм, Штейнмец в первый день испытаний отправился на экзамен. Каково же было его изумление, когда на доске у входа он прочел объявление испытательной комиссии: «Карл Август Рудольф Штейнмец в связи с его исключительными успехами в науках освобождается от публичных устных испытаний». Аттестат зрелости Штейнмец получил раньше, чем его товарищи по выпуску, а сюртук был повешен в шкаф, и его больше никогда не пришлось надевать.

Заработок от работы репетитором — дело для Штейнмеца совершенно реальное; это еще более укрепило решение Штейнмеца продолжать образование в университете. Юношу не прельщали ни гуманитарные факультеты (юридический, филологический), ни медицинский, ни, тем более, богословский.

Следует отметить, что равнодушное отношение к религии выработалось у Карла еще в гимназические годы. Он руководствовался тогда указаниями своего отца, последовательного атеиста. Штейнмец решил поступить для продолжения образования на философский факультет, на котором преподавались физико-математические науки. Еще учась в гимназии, Карл посещал некоторые университетские лекции по интересовавшим его предметам; это помогло ему убедиться в том, что этими науками он сможет особенно усердно заниматься. Имея в виду, что в скором будущем он станет студентом, Штейнмец интересовался прошлым университета, его учебными и вспомогательными учреждениями и состоящими при нем научными обществами.

Университет находился в самом центре города и выходил своим фасадом на набережную Одера. Он был основан в 1702 г. иезуитами и предназначался для подготовки философов и католических богословов. В честь австрийского императора Леопольда I университету было присвоено наименование «Leopoldina». В 1811 г. к нему присоединили университет «Biadrina», находившийся во Франкфурте-на-Одере (основан в 1506 г.); в связи с этим Бреславльский университет был расширен и преобразован: в нем было создано пять факультетов. Затем

университету был передан сельскохозяйственный институт и ветеринарные клиники. В расположенном рядом с университетом монастыре Августинского ордена была собрана библиотека всех объединившихся высших школ, которая в середине прошлого века насчитывала 250 тыс. книг, около 3000 первопечатных изданий — инкунабул, около 2500 рукописей и несколько тысяч гравюр.

В сентябре 1882 г. Штейнмец был принят в число студентов Бреславльского университета и переступил порог высшей школы.

Г л а в а в т о р а я



СТУДЕНЧЕСКИЕ ГОДЫ В БРЕСЛАВЛЕ

В Бреславльском университете, как и в других германских университетах, не было инженерного факультета, Штейнмец же стремился подготовить себя к будущей деятельности в инженерно-технической области. Поступить в какое-либо специальное высшее техническое учебное заведение, находящееся в Берлине или в одном из других городов Германии, Штейнмец не мог: для него существовал материальный барьер, и рассчитывать на денежную поддержку со стороны отца он не мог. В другом городе заработок в качестве репетитора оказался бы для него проблематичным. Поэтому он должен был продолжать образование в университете родного города. Штейнмец особенно усердно изучал те предметы, которые являются научным фундаментом техники: математику, физику, теоретическую и аналитическую механику и химию. Особый интерес проявлял он к математике; ему даже казалось, что жажду знаний по этому предмету он вряд ли сможет утолить. Он обладал способностью мыслить отвлеченно; математика ему давалась легко и очень нравилась. В течение первого года пребывания в университете он был весь погружен в учебные занятия, которые затмили все другие интересы. Он с исключительной аккуратностью посещал не только те занятия, которые для него как первокурсника были обязательны, но и лекции по некоторым другим дисциплинам, в том числе и по таким, которые не имели прямого отношения к физико-математическим

наукам. Преподавателей математических предметов он удивлял объемом своих знаний, способностью глубокого анализа и привычкой критически воспринимать материал. Многие положения, которые излагались лекторами, слушатели воспринимали как непреложные истины; они сжились с мыслью, что все, о чем «magister dixit» (учитель говорил), есть нечто, не подлежащее сомнениям или оспариванию. Иначе воспринимал все Штейнмец. По многим вопросам у него возникали сомнения; нередко он в конце лекции задавал вопросы, а если не получал на них удовлетворявшего его ответа, то начинал развивать свои мысли и как бы отвечал сам себе, т. е. намного углублял и расширял тему, обнаруживая оригинальность суждений, выявлял неполноту или незавершенность научного материала, изложенного на лекции. Он не боялся превращать конец лекции в дискуссию с лектором. Это имело большое воспитательное значение для самого Штейнмеца как математика, а также и для других студентов, которые стали понимать, что учащийся не должен ограничиваться безоговорочным принятием научных сведений, а должен творчески усваивать материал и развивать его. Вполне вероятно, что и некоторые лекторы могли из таких неожиданных дискуссий сделать выводы, полезные для усовершенствования преподавания.

Такие самочинно и неожиданно возникавшие дискуссии Штейнмеца стали как бы неотъемлемым элементом некоторых занятий, проводившихся в том потоке студентов, к которому принадлежал он сам. Вначале казалось странным и почти невероятным, что маленький горбун внесет что-либо существенно новое в изучение математических наук; но после первых же дискуссий чувство удивления исчезало, и все понимали, что на этой тщедушной фигурке покоится голова человека выдающихся математических способностей.

Штейнмец отличался огромным трудолюбием и аккуратностью. Его лекционные записи отличались четкостью и полнотой; казалось, что они были написаны каким-то особым способом и напоминали литографские оттиски. Он дополнял лекционные записи материалами из других источников, и тетради его день ото дня становились толще и толще. Громадный объем этого материала был не просто записан, но и разобран, усвоен.

Память Штейнмеца была совершенно изумительной, емкость его мозга представлялась почти неограниченной. Математические выкладки во многих случаях он делал почти не задумываясь. Нередко он в уме решал задачи и делал сложные преобразования, что вызывало изумление его товарищей. Он был подлинным мастером подсчета без бумаги и карандаша.

Штейнмец много времени и внимания уделял и другим предметам университетского преподавания. Оставалось ли у него время для других дел? К нему полностью применимо изречение известной политической деятельницы французской революции Жанны Ролан: «Кто хочет что-либо сделать, у того всегда найдется для этого время». Штейнмец хотел заниматься разными техническими проблемами и опытами, и у него для этого находилось время. Так, например, интересуясь проблемой получения металлического алюминия, Штейнмец устроил в алькове одной из комнатшек родительской квартиры лабораторию, в которой вел электролитические опыты.

В жизни университета и развитии его научных направлений существенную роль играли научные общества. Довольно регулярно работало Математическое общество, к деятельности которого у Штейнмеца был особый и чрезвычайно большой интерес. В заседаниях Математического общества могли принимать участие не только члены этой научной организации, но и все интересующиеся обсуждаемыми вопросами. Здесь происходили деловые научные встречи, зачитывались доклады, которые затем подвергались критическому рассмотрению и серьезной оценке.

Штейнмец всегда приходил на заседания Математического общества первым. Затем появлялись и другие члены общества. Перед каждым из присутствующих стояла кружка пива; дискуссии велись в непринужденной обстановке. Не следует думать, что все, подобно Штейнмecu, с нетерпением ждали очередного заседания, чтобы участвовать в обсуждении докладов. Некоторые приходили на заседание только из желания приятно провести время за кружкой пива в культурной обстановке и среди образованных людей. Вслед за официальной научной частью заседания нередко происходили собеседования на разные темы, так что собрания

иногда затягивались до полуночи, а кружки наполнялись пивом не один раз. Штейнмец принимал деятельное участие и в этих беседах, в которых затрагивались вопросы политики, литературы, искусства и др. Все годы пребывания в университете Штейнмец был деятельным членом Математического общества; его хорошо узнали и оценили все, кто участвовал в работе общества.

Штейнмец не оставлял без внимания и другие научные организации университета. Его можно было встретить на собраниях физиков, экономистов и даже богословов. И здесь он вносил оживление в дискуссии, особенно по вопросам веры и религии, выступая с атеистических позиций. Так имя беспокойного студента Штейнмеца стало известно всему университету.

В жизни германской высшей школы большую роль играли студенческие объединения — так называемые «корпорации».

Объединение такого рода имело своей основой какие-либо общие групповые интересы и создавалось для совместной их защиты⁸. Студенческие корпорации создавались либо по принципу землячеств, либо по общности спортивных, художественных или других интересов. Они славились не всегда невинными шалостями, попойками, дуэлями, приносившими мало пользы самим корпорантам и не обогащавшими их ни научным, ни моральным багажом. Лишь отдельные студенты не входили в какую-либо корпорацию; корпоранты смотрели на них весьма недружелюбно и допускали по отношению к ним наиболее оскорбительные выпады. Обычно в корпорацию вступали еще на первом курсе. Студенты-корпоранты имели свои форменные шапочки, а сами корпорации — особые знамена. Прием первокурсников («фуксов») сопровождался специальной церемонией, и новоявленному корпоранту присваивалось прозвище, которое оставалось за ним на все годы пребывания в университете.

Штейнмец вступил в корпорацию бреславльского землячества. Вместе с ним должны были принять в корпорацию еще и других новичков. Не без страха шел Штейнмец на собрание, зная привычку корпорантов не особенно ласково обращаться с «фуксами». Все корпоранты, собравшиеся в пивном подвале, сидели на своих

местах: перед каждым из них стояла большая кружка двойного мартовского пива. Каждого из «соискателей» принимали отдельно. Дошла очередь до Штейнмеца. Слегка прихрамывая на своих тонких и некрепких ногах, вышел он к председательскому столу. Усмехнулся председатель, усмехнулись и присутствующие. Председатель скомандовал: «Выпить полкружки за Протея! Протей — это мифологическое изворотливое существо; Штейнмец — оборотень, способный превращаться из классика в математика, из математика в экономиста, из экономиста в богослова и т. д. Наш Протей может ответить на любой вопрос!»

Все присутствующие стуком кружек о стол выразили свое согласие с председателем. Выпили по полкружки за Протея. Так появилось у Штейнмеца новое прозвище, которое он не забыл и после ухода из университета. Это имя стало для него вторым официальным именем при натурализации в США. Так образовалось имя, под которым Штейнмец стал известен впоследствии всему миру: Чарлз Протеус.

Чтобы отчетливо представить себе всю полнокровность и богатство интересов Штейнмеца в студенческие годы, следует познакомиться еще с одним направлением его деятельности — участием в работах нелегального социалистического кружка в университете.

После победы, одержанной в 1871 г. над Францией, Германия стала очень быстро наращивать свою экономическую мощь. В 70-х и особенно 80-х годах социальные проблемы были предметом всеобщего и чрезвычайно острого интереса в Германии. Совершались большие и прогрессивные сдвиги в промышленности: страна интенсивно индустриализировалась. Набирал силу капитал; одновременно численно рос и духовно укреплялся пролетариат. Классовая борьба обострилась. Социалистическая партия стала приобретать все большее и большее число сторонников. Одним из лучших барометров нового и все расширявшегося социального движения служило настроение студенчества. Среди студентов также было немало социалистов и сочувствующих; были сторонники прогрессивных идей и среди преподавателей. Трудно было бороться с этим мощным движением, которое постепенно превращалось во все более и более серьезную оппозицию официальному курсу правитель-

ства и его фактического руководителя — Бисмарка. Бисмарк видел и чувствовал эту серьезную и все усиливающуюся оппозицию, но продолжал свою линию. Вопреки революционным настроениям масс, он твердой рукой проводил одно мероприятие за другим, стремясь превратить Германию в самую сильную мировую державу. Она должна управляться силами интеллигентной автократии, роль Пруссии — идти во главе всей новообразовавшейся Германской империи. Этим задачам должны подчиниться наука и техника, народ же обязан быть безгласным исполнителем того, что намечено в генеральном плане Бисмарка.

В 1878 г. Бисмарку удалось провести исключительный закон против социалистической рабочей партии Германии (впоследствии социал-демократической партии): запрещались собрания, союзы и издание социалистической литературы. Хотя закон был принят вначале на 2½ года, он затем регулярно возобновлялся вплоть до 1890 г. В связи с этим в социалистической партии стали возникать ликвидаторские настроения и нежелание продолжать работу нелегально. Ликвидаторским тенденциям дали отпор Маркс и Энгельс; рабочие — члены социалистической партии — стали создавать подпольные организации, а за пределами Германии возродилась социал-демократическая пресса; газеты и журналы нелегально, но в большом количестве завозились в Германию и распространялись среди рабочих.

В 80-х годах, когда Штейнмец был студентом, работа социалистических групп, кружков или других организаций могла вестись только нелегально. На таком положении был и кружок студентов-социалистов. Штейнмecu было известно, что его знакомый Генрих Люкс имел какое-то отношение к такому нелегальному кружку. Выяснилось, что Люкс был председателем этого кружка. Вполне доверяя Штейнмecu, Люкс пригласил его на одно из собраний и дал ему пароль — «сигма». Придя в назначенное время на собрание, Штейнмец застал там сравнительно небольшую группу студентов, которые уже знали от председателя о новом товарище и единомышленнике. Все присутствующие встали с мест и приветствовали Штейнмeca. По их внешнему виду можно было понять, что это люди из необеспеченных слоев населения, люди интеллигентные и, вероятно, идейно

преданные социализму. Штейнмец по своему положению и взглядам вполне им соответствовал.

После этой первой встречи со студентами-социалистами Штейнмец стал регулярно посещать все их собрания, которыми он дорожил не меньше, чем собраниями математиков. Участие в кружке студентов-социалистов имело своим последствием то, что Штейнмец полностью принял социал-демократическую платформу и стал убежденным противником Бисмарка и его политической и экономической системы.

Исключительный закон о социалистах, естественно, затруднил агитацию и пропаганду социалистических идей, но не приостановил бурного роста партии: за те годы, когда действовал закон, она выросла втрое. С каждым новыми выборами усиливалась в рейхстаге открытая оппозиция курсу Бисмарка; росла и скрытая оппозиция среди народа. Ответом на это со стороны Бисмарка было усиление репрессий. Бреславльскому студенческому социалистическому кружку удавалось некоторое время соблюдать конспирацию; вероятно, она сохранилась бы и впредь, если бы не была допущена досадная ошибка со стороны руководства кружка. Эта ошибка заключалась в следующем. Крупнейшим руководителем рабочего движения 60-х годов в Германии был Фердинанд Лассаль. Лассаль был уроженцем Бреславля и питомцем Бреславльского университета. Он был основателем Всеобщего германского рабочего союза. Значение Лассалья в истории рабочего движения, в особенности германского, огромно; однако не менее велики и ошибки Лассалья, который, оставаясь в философской области верным учеником Гегеля и Фихте, в своих социологических концепциях исходил из идеалистических воззрений на развитие общества. Он развивал идею мирной парламентской борьбы и отошел от революционных идей марксизма.

Несмотря на серьезные прошлые ошибки Лассалья, которые ему в 80-х годах уже никто простить не мог, бреславльские студенты-социалисты отдавали должное своему земляку. Несомненно, его роль в организации самостоятельного политического движения рабочего класса в Германии была очень важной. Под влиянием этих чувств было решено сфотографироваться около бюста Лассалья. Если бы фотографический снимок

группы, окружавшей бюст Лассалья, не был выставлен для публичного обозрения как средство рекламы хорошей работы фотографа, то, вероятно, эта затея не имела бы никаких серьезных последствий. Произошло иное: фотограф выставил снимок в витрине среди фотографий храбрых военных, женихов, невест и семейных бюргерских групп. Власти обратили внимание на группу лиц, сфотографировавшихся вокруг бюста Лассалья, и повели расследование. Такой оборот дела не предвещал ничего хорошего; сами же студенты об этом ничего не знали и в кружке царило полное спокойствие. Оно было нарушено известием о том, что Генрих Люкс арестован. Затем выяснилось следующее: Штейнмец зашел как-то к Люксу, и они беседовали по поводу идеи Кабе о создании коммунистических колоний, а также о положении в такой североамериканской колонии «Икаррия», которую недавно посетил один студент-социалист. Неожиданно появились полицейские агенты с ордером на арест Люкса. Они не узнали Штейнмеца; из-за маленького роста и тщедушной фигурки его приняли за мальчика, накричали на него и предложили ему убраться подобру-поздорову к родителям. Под влиянием ареста Люкса Штейнмец как-то сразу переродился. До этого он витал в области теории борьбы за социалистический строй, старался узнать поглубже все, что связано с социалистической доктриной; теперь же он понял необходимость и важность практических мер борьбы за социализм. Люкс был приговорен к тюремному заключению; можно было ожидать, что такая же судьба постигнет и других студентов — членов социалистического кружка, снятых фотографом вокруг бюста Лассалья. Но полиция не сразу приступила к репрессиям. На короткое время собрания кружка прекратились, а затем деятельность этой нелегальной организации возобновилась.

Штейнмец был очень огорчен арестом Люкса; ему пришлось не только утешать, но и поддерживать материально старуху — мать арестованного. Эти события не могли не отвлечь Штейнмеца от учебных занятий и активного участия в Математическом обществе. К этому времени (начало 1887 г.) он закончил обработку материалов диссертационной работы, и его угол в комнатке на Тауэнциенштрассе был завален стопками листов *in-folio* с разными выписками и уже законченными глава-

ми; эту работу он намеревался представить в университет на соискание степени доктора философии. Штейнмец очень увлекался разделом физики, посвященным электричеству и магнетизму, и старался уделять этому делу как можно больше времени. Но практически ему удавалось читать электротехническую литературу лишь урывками.

Штейнмец продолжал активно участвовать в возобновившейся после некоторого перерыва работе кружка студентов-социалистов. Он был единодушно избран председателем на место выбывшего Люкса. Кроме всех этих дел, Штейнмecu пришлось заняться еще одним: Люкс был редактором местной социалистической газеты «Volksstimme» («Голос народа»), и после того как за Люксом закрылись тюремные двери, Штейнмец взял на себя издание газеты. Работа в газете облегчалась тем, что авторами статей были надежные единомышленники, информацию о событиях доставлял партийный центр, некоторые материалы перепечатывались из других газет. Тем не менее газетная работа требовала большой внимательности и осторожности. Хотя в качестве редактора газеты был зарегистрирован другой товарищ, Штейнмecu пришлось фактически выполнять обязанности редактора. Материальное положение газеты было очень тяжелым: она имела много кредиторов — поставщиков бумаги, печатников и квартирохозяина. Вскоре издателей объявили несостоятельными должниками, для составления описи имущества прибыл судебный исполнитель, который мог зарегистрировать только комплект номеров газеты с начала выхода ее в свет. Полиция понимала, что газета не возродится, но ей стало известно, кто после ареста Люкса занял руководящее место в студенческой социалистической организации. За Штейнмecom был организован тайный надзор, и полиция довела до сведения ректора университета о своих подозрениях. Штейнмец был хорошо известен в ректорате как отличный студент. Ректор вызвал Штейнмeca и сделал ему вежливое внушение; он сообщил ему, что полиция обвиняет его в противоправительственной пропаганде, и добавил, что будет весьма огорчен, если у самого лучшего студента возникнет конфликт с властями.

Следует отметить, что арест студентов университета полиция производила с ведома ректора. Тюремное зак-

лучение не очень смущало студентов, так как на время ареста они числились по университету в отпуске; им разрешалось получать в камеры книги из университетской библиотеки и отсиживать дни и месяцы в заключении не без пользы для своего образования.

События разворачивались так, что в самом близком будущем Штейнмеца ожидали неприятности. Через несколько дней после беседы с ректором, когда Штейнмец поздно ночью работал дома над диссертацией, к нему неожиданно прибежал один из студентов-социалистов и сообщил, что подписан ордер на арест Штейнмеца. Это было в первые дни мая 1887 г. Родной город сразу показался Штейнмецу чужим и враждебным. Медлить было нельзя. Штейнмец быстро уложил в плетеную корзинку несколько книг, часть диссертации и самые нужные вещи личного обихода. Раню утром он попрощался с отцом и всей семьей и уехал из Бреславля.

Больше Штейнмец никогда не приезжал ни в Бреславль, ни в Германию. Со своим отцом и другими родными он больше не виделся.

Так закончился бреславльский период жизни Штейнмеца.

Г л а в а т р е т ь я



ОТ БРЕСЛАВЛЯ ДО НЬЮ-ЙОРКА

Поспешно покинув Бреславль, Штейнмец в целях конспирации не стремился немедленно перебраться через границу; он знал, что паспортный контроль на границах был усилен, а у него не было никаких документов. Кроме того, он считал, что в случае покупки билета до Праги или Вены он навлечет на себя особо сильные подозрения. Поэтому он купил билет «туда и обратно» в маленький германский город недалеко от австрийской границы, в котором жил один его знакомый учитель. Приехав туда, Штейнмец рассказал ему о создавшейся ситуации и попросил купить два билета в австрийский курортный городок недалеко от того места, где очутился Штейнмец. Пользуясь упрощенной системой выезда на курорт, он хотел переехать здесь границу вместе со своим знакомым, который должен был вечером вернуться домой.

Этот план был осуществлен, после чего Штейнмец переехал на короткое время в Вену. Затем он решил направиться в Швейцарию, чтобы завершить свое образование в знаменитом Цюрихском политехникуме, который уже много лет считался прибежищем студентов-социалистов. Как известно, в Швейцарии жили и работали многие выдающиеся деятели социализма и рабочего движения, вынужденные эмигрировать из родных стран. Цюрихский политехникум имел репутацию одной из самых лучших высших технических школ в мире: он был организован по образцу германских университетов, в нем преподавали крупнейшие ученые. Питомцам этого поли-

техникума была обеспечена работа в качестве ведущих инженеров в разных отраслях промышленности.

Штейнмец приехал в Цюрих. Оказалось, что для зачисления в швейцарскую высшую школу необходимо представить документ о подданстве, а такого документа у Штейнмеца не было. Полиция оштрафовала его за незаконный въезд в страну. Денег у него осталось очень мало, и он очутился в весьма тяжелом положении. Неожиданное содействие ему удалось получить от влиятельного издателя одной из цюрихских газет, к которому у него было рекомендательное письмо, заготовленное в Бреславле еще тогда, когда кружок студентов-социалистов переживал кризис в связи с арестом Люкса. Вопрос с зачислением в политехникум окончился для Штейнмеца благополучно, и он, став студентом, получил право жить в Швейцарии. Открылась возможность завершить образование, и Штейнмец возобновил учебные занятия.

Среди швейцарских граждан, к которым Штейнмец имел рекомендательные письма, был видный социалист доктор Симон. На квартире у Симона происходили собрания; сюда приходили радикально настроенные молодые люди и социалисты, приезжавшие в Швейцарию из разных стран, в особенности из России и Германии, где правительство вело непрерывную и жестокую борьбу с социалистическим движением. Симон принял молодого человека очень любезно и почти все время пребывания Штейнмеца в Швейцарии оказывал ему содействие в его делах.

Штейнмец в Цюрихе зарабатывал тем, что писал научно-популярные очерки для одной прогрессивной швейцарской газеты. Его научные работы продвигались вперед сравнительно быстро. Во второй половине 80-х годов прошлого века, когда Штейнмец жил в Цюрихе (1887—1889 гг.), электротехника развивалась очень быстро и Штейнмец полностью убедился в том, что его стремление специализироваться в этой новой отрасли техники имеет совершенно реальную основу: начался «век электричества».

Штейнмец познакомился у доктора Симона с американским студентом Оскаром Асмуссеном, специализировавшимся в Цюрихе в области электротехники. Он был датчанином; его дядя уже давно жил в Соединенных Штатах и, разбогатев, выписал из Дании племянника,

который должен был подготовиться для руководства делами дяди. Асмуссен много рассказывал Штейнмецу об Америке; Штейнмец познакомил его с общественной жизнью и социальными условиями в бисмарковской Германии. Оказалось, что условия в этих странах были совершенно различны. Штейнмец узнал от Асмуссена, что в США очень немногие интересуются социализмом; социалистов там мало, никто не считает их опасными, никто не притесняет их и не ограничивает их деятельности. Соединенные Штаты переживали этап большого подъема промышленности и сельского хозяйства и в связи с этим — всех отраслей экономики. Там нужны знающие и квалифицированные специалисты и рабочие разных квалификаций. Никто из людей этих категорий, по словам Асмуссена, не остается без работы. Принимая инженера на работу, не требуют диплома, а прежде всего интересуются тем, что он умеет хорошо делать. Если сам Асмуссен приехал для усовершенствования в Европу, то это потому, что европейское техническое образование тогда находилось на более высоком уровне, чем образование в американских технических колледжах.

К своему удивлению, Штейнмец узнал, что в США в те времена не существовало обязательной воинской повинности. Поэтому там не было военной, у правительства не было милитаристских тенденций. Особенно поразило Штейнмеца то, что в США можно свободно высказывать свои мысли, критиковать или одобрять действия властей. Ему показалась совершенно невероятной следующая сценка, часто происходящая на улицах и описанная Асмуссеном: стоит человек, держа рукой шест с национальным флагом, и подвергает уничтожающей критике какое-нибудь мероприятие, намеченное к проведению в государственном масштабе. Толпа прохожих слушает его и награждает дружными аплодисментами. Затем на его место становится другой оратор, горячо поддерживающий то же самое мероприятие. Его речь тоже внимательно выслушивают, и затем те же слушатели награждают его не менее дружными аплодисментами. Это, по мнению Асмуссена, означало, что массы в США в целом равнодушны к общегосударственным делам, а каждого больше интересуют личные дела. Не окажется ли успешной пропаганда социалистических идей среди этих пока еще идейно индифферентных людей?

Короче говоря, из бесед с Асмуссеном Штейнмец получил подробную информацию о состоянии американской промышленности и о социальных взаимоотношениях в этой стране. Мысль переехать в Соединенные Штаты с этого времени не покидала Штейнмеца, но в то же время у него возникли и глубокие сомнения. Для физического труда по состоянию здоровья он совершенно не годился, а диплом и умственный труд в США в то время ценились очень мало. К тому же у Штейнмеца совершенно не было практики в инженерно-технической области. Штейнмец очень подружился с Асмуссеном и помогал ему в занятиях по математике, физике и электротехнике. Америка неизменно рисовалась Штейнмecu как «земля обетованная», но попасть туда было трудно уже хотя бы потому, что денег у него не всегда хватало на покрытие своих очень умеренных расходов, а об оплате переезда через океан не приходилось и мечтать.

В связи с изменившимися семейными условиями Асмуссен должен был срочно вернуться в США, не завершив своего образования в Цюрихе. Штейнмец в это время (1889 г.) уже окончил курс наук в политехникуме и должен был подумать об устройстве на работу в качестве инженера. Асмуссен предложил Штейнмecu поехать в Америку и обещал оказать ему материальную поддержку. На двух трюмных или палубных пассажиров до Америки у Асмуссена денег хватит. Сборы были непродолжительны: Асмуссена торопили семейные обязательства, а Штейнмец был совершенно свободен, не имел багажа и в любой момент мог сесть на пароход. Зная, какую полезную роль могут сыграть рекомендательные письма, Штейнмец обзавелся лестными отзывами некоторых швейцарских социалистов: это было самое полезное из всего того, что имел при себе эмигрант Штейнмец.

Вскоре после отъезда Штейнмеца из Швейцарии вышла из печати его первая научная работа — книга по астрономии под названием: «*Astronomie und Meteorologie*» («Астрономия и метеорология»). Он увидел ее только в конце года в Нью-Йорке.

Асмуссен купил два билета до Нью-Йорка на французский пароход «Ла Шампань», который в первые дни мая 1889 г. отправлялся в свой очередной трансатлантический рейс из гавани г. Гавра.

Морское путешествие Штейнмеца, как и у других палубных пассажиров, проходило без удобств. Вокруг него были такие же искатели счастья в далекой заокеанской стране. Тут были люди разных национальностей, но всех их объединяло то, что они не могли найти применения своим силам в родных странах и должны были покинуть насиженные места, может быть даже навсегда. Все эти люди, как и Штейнмец, были полны надежд на лучшее будущее и считали, что их новая родина не может оказаться негостеприимной.

Переезд через океан на пароходе типа «Ла Шампань» длился тогда около 10 дней и был достаточно утомительным. Но Штейнмец не болел морской болезнью, чувствовал себя хорошо и на парохсе не скучал. За эти дни во время прогулок по палубе Штейнмец прочел Асмуссену несколько университетских лекций по физико-математическим вопросам. Можно было наблюдать на палубе по несколько раз в день, как низкорослый и внешне несуразный человек в пенсне, с длинной шевелюрой и жиденькой беспорядочной бороденкой, что-то разъяснял очень высокому, стройному и крепкому блондину. Вскоре товарищи по палубному путешествию узнали, что друзья занимаются математическими проблемами; этих двух пассажиров, резко выделявшихся своим обликом среди других, прозвали «максимум» и «минимум».

Наконец в тумане на горизонте стала выриссываться какая-то громада: это — берега Нового Света. Через три-четыре часа показались статуя Свободы и высокие здания Нью-Йорка. Пароход вошел в американские территориальные воды. Скоро можно будет ступить на твердую почву Нового Света! Действительность оказалась в некотором несоответствии с такими наивными представлениями. Асмуссен рассказывал очень много хорошего об этой стране «заокеанской демократии»; вероятно, он как представитель состоятельных слоев американского общества и сам не знал теневых сторон американской действительности, а потому ничего не мог поведать своему другу об отрицательных особенностях американского строя и образа жизни.

С американским гостеприимством Штейнмец столкнулся сразу же, как только пароход пристал к пирсу. В то время как пассажиры первых двух классов беспре-

пятственно сошли на берег, палубных пассажиров начали довольно строго проверять инспектора иммиграционных органов. Пароход с палубными пассажирами отвели в Castle Garden, где он стал в очередь для проверки прибывших. До иммигрантов, прибывших на пароходе «Ла Шампань», очередь дошла только через двое суток. У Штейнмеца не было документов, он не говорил по-английски и совсем не имел денег; родных, могущих принять его на попечение до устройства на работу, у него в Соединенных Штатах также не было. Наружность его не имела ничего привлекательного. Налицо были все данные, чтобы не пускать Штейнмеца на американскую землю.

Асмуссен сразу сошел на берег, но прослужал следить за всеми перипетиями, которые приходилось переносить его товарищу. Когда выяснилось, что Штейнмецу угрожает задержание для принудительного возвращения на родину, Асмуссен активно взялся за его освобождение. Он дал подписку в том, что принимает Штейнмеца на свое иждивение вплоть до нахождения им работы с устойчивым заработком; он поручился, что Штейнмец не одобряет многоженства и не будет вести антирелигиозную пропаганду: так требовали правила въезда в США. Асмуссен внес также денежный залог. К тому же иммиграционный инспектор, у которого находилось дело о въезде Штейнмеца, обратил внимание на род занятий этого приезжего: «математик и исследователь». Инспектор, в отличие от других, понимал, что Америка не меньше нуждается в людях с большими знаниями, чем в людях с крепкими мускулами. Математик и исследователь пригодится! И Штейнмец получил пропуск.

Родные Асмуссена жили в Сан-Франциско, но по некоторым причинам он принужден был задержаться в Нью-Йорке. Он поехал вместе со Штейнмцем в Бруклин к своим знакомым, у которых они прожили неделю. Затем они вернулись в Нью-Йорк и поселились в небольшой квартирке. Нужно было приступить к поискам работы. Почти совсем не владея английским языком, Штейнмец с большим трудом мог обращаться к разным организациям и предпринимателям по поводу работы. Одно из рекомендательных писем, которые он привез из Швейцарии, было адресовано руководителю Нью-



Штейнмец по приезде в США (1889 г.)

Йоркской Эдисоновской компании. В это время (1889 г.) Эдисон имел репутацию всемирно прославленного изобретателя. Он создал в Вест-Орэндже, штат Нью-Джерси, недалеко от Нью-Йорка, большие лаборатории для промышленных исследований и развития изобретательской деятельности. Ему принадлежали крупные предприятия электротехнической промышленности и многочисленные электростанции общественного пользования. Эдисон был одной из самых видных и ведущих фигур в области электротехники. Как же можно было не начинать поиск работы с Эдисоновских предприятий? И неужели на Эдисоновских предприятиях не окажется человека, владеющего немецким языком в такой степени, чтобы свободно понять все, что может предложить Штейнмец и чего он добивается? Штейнмец обратился прежде всего к Нью-Йоркской Эдисоновской компании,

но, несмотря на рекомендательное письмо, получил отказ. Ему сказали, что в настоящее время свободных мест у фирмы нет; кроме того, в Америку наехало так много инженеров из Европы, что становится не вполне ясным, как использовать их в промышленности. Итак, первая попытка устроиться на работу в крупное электротехническое предприятие окончилась полным провалом.

В один из следующих дней Штейнмец направился с рекомендательным письмом в г. Йонкерс, расположенный также недалеко от Нью-Йорка, к фабриканту Рудольфу Эйкемейеру.

Рудольф Эйкемейер (умер в 1895 г.), баварский уроженец, был немецким политическим эмигрантом; он учился в Мюнхене, участвовал в революции 1848 г., затем эмигрировал из Германии в Соединенные Штаты через Швейцарию. Через некоторое время он открыл в г. Йонкерс, штат Нью-Джерси, механическую мастерскую, в которой стал изготавливать машины для производства шляп. В середине прошлого столетия фетровые шляпы изготавливались вручную и построение специальных машин для этого дела было очень перспективным. Эйкемейер был неплохим конструктором и имел достаточные знания, чтобы сделать в этой области существенные изобретения и усовершенствования, которые могли получить распространение не только в США, но и за границей. В своей мастерской Эйкемейер строил такие машины по полученным им патентам. Когда в США началась гражданская война, мастерские Эйкемейера, изготавлившие также огнестрельное оружие, были завалены заказами. По окончании войны Эйкемейер снова начал выпускать машины для производства шляп. Спрос на эти машины сильно возрос, и Эйкемейер должен был расширить предприятие. Он принял в качестве компаньона состоятельного человека Остерхельда и организовал завод «Эйкемейер и Остерхельд» в Йонкерсе.

Эйкемейер всегда придавал большое значение электричеству. Когда появился телефон Белла (1876 г.), Эйкемейер еще больше заинтересовался электричеством; он экспериментировал с разными системами телефонов, пробовал строить электрические генераторы и т. п. Эти работы носили довольно случайный характер, и потому Эйкемейер не оставил после себя заметного следа в электротехнике. Но все же он добился некоторых результа-



Рудольф Эйкемейер

тов; таковы, например, бронированные или панцирные электрические машины (типа «ironclad») ⁹. Ему удалось построить тяговый электродвигатель хороших свойств, который получил распространение на трамваях и в подъемниках. У Эйкемейера была тесная связь с известной фирмой Отис, которая сооружала разного рода подъемные устройства; генеральным поставщиком электродвигателей для этих установок стал завод Эйкемейера.

Для построения электрических машин Эйкемейеру требовалось определить магнитные свойства стали, и он применил у себя на заводе построенный им «магнитный мостик». В связи с увеличением числа заказов на электрооборудование Эйкемейер организовал электромеханический завод «Эйкемейер и Фильд» в Йонкерсе. Впоследствии все предприятия Эйкемейера были закуплены «Всеобщей электрической компанией» («General Electric Company») и переведены в г. Скинектеди, штат Нью-Йорк (1893—1894 гг.).

В это время Эйкемейеру было около 70 лет, но он продолжал интенсивную работу по электротехническим вопросам.



Здание предприятий Эйкемейера в г. Йонкерс

Эйкемейер приветливо принял своего земляка. Они стали разговаривать по-немецки, и Штейнмец сразу почувствовал себя дома. Трудно вообразить себе более резкий контраст, чем тот, который они собой представляли.

У Эйкемейера была очень импонирующая внешность: это был мужчина очень высокого роста, плотный, с длинной седеющей бородой. Не будь он одет в современный сюртук, можно было бы подумать, что это один из библейских патриархов, чудом доживший до нашего времени. А с ним оживленно беседовал человек, больше напоминавший пигмея из Экваториальной Африки. Их беседа продолжалась более двух часов, но и за это время Штейнмecu не удалось рассказать все, что интересно было знать Эйкемейеру о Германии, которую он покинул примерно за 40 лет до этой встречи.

Эйкемейер хорошо разбирался в людях и сразу высоко оценил 24-летнего юношу, обратившегося к нему за работой. Ему нужен был образованный электротехник.

Он сказал, что в данный момент ничего не может предложить своему земляку, но через самое короткое время выполнит его просьбу. Действительно, через несколько дней он пригласил Штейнмеца и предложил ему должность чертежника с оплатой 2 доллара в день. Таких денег было вполне достаточно для скромной жизни одинокого человека, и Штейнмец принял это предложение. Сначала он поселился в дешевой комнатке в негритянском квартале Гарлеме; чтобы отсюда попасть на работу в Йонкерс, ему требовалось более полутора часов. Поэтому вскоре он нанял комнату в Йонкерсе вблизи места работы и переехал туда.

После устройства на работу Штейнмец смог заняться вопросом о переходе в американское гражданство. Этот процесс «американизации» сопровождался своего рода экзаменом по истории Соединенных Штатов, конституции и географии страны. Нужно было уметь бегло излагать свои мысли по-английски. Возник также вопрос об имени и фамилии новоявленного гражданина Соединенных Штатов. По положению каждому предоставлялась полная свобода выбора. Штейнмец оставил неизменной свою фамилию и ее написание, а в качестве имени выбрал «Чарлз Протеус»: первое из них было дано ему при рождении, второе — присвоено при вступлении в студенческую корпорацию в Бреславльском университете. В 1893 г. он получил документы американского гражданства.

С 1890 г. Штейнмец стал принимать участие в Нью-Йоркском Математическом обществе (позднее — American Mathematical Society) и в работах Американского института инженеров-электриков (A.I.E.E.).

Так начался новый и длительный этап жизни Штейнмеца: почти 35-летняя работа в американской электропромышленности.



СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В 80-х ГОДАХ XIX ВЕКА

В годы своего вынужденного пребывания в Цюрихе Ч. П. Штейнмец проникся твердым убеждением в том, что именно электротехника была в то время наиболее прогрессивной отраслью, заключавшей в себе огромные потенциальные возможности для осуществления больших изменений в энергетике и технологии. В школьные годы Штейнмеца широкие массы знали об электричестве очень мало и не видели примеров того нового, что может дать применение этого универсального вида энергии. Но к концу 70-х годов положение стало резко изменяться и становилось ясно, каким могучим фактором для развития производительных сил может стать электричество.

Штейнмец хорошо знал историю развития учения об электричестве и магнетизме и практического использования этих явлений в технике¹⁰.

В XVIII в. и ранее было известно только статическое электричество и его действия. Много трудов, особенно в XVIII в., посвящено изучению этого интереснейшего для своего времени явления; было обнаружено много свойств, присущих дискретным электрическим зарядам и действию этих зарядов. Электростатическими опытами увлекались как ученые, так и любители науки. Эти опыты позволили очень скоро обнаружить существование зарядов двух родов — положительных и отрицательных, изучить характер взаимодействия их между собой и влияние на них окружающей среды. Были построены электростатические машины трения и влияния, а также элек-

трофоры, что позволяло получать довольно большие заряды. Закон Кулона давал возможность вычислить силы взаимодействия между зарядами или магнитными полюсами. Были обнаружены новые явления, например свечение зарядов в вакууме, электростатическая индукция, построены приборы для накопления статических зарядов (лейденские банки) и изучены меры для устранения утечки статических зарядов в окружающее пространство и ухода их по проводникам в землю.

Трудами Франклина, Ломоносова и других ученых установлена электрическая природа разрядных явлений в атмосфере — молнии. Построены первые измерительные приборы, позволявшие производить сравнение интенсивности статических зарядов (электроскопы, электрический гномон и др.).

Несмотря на несомненно большие успехи в области изучения статического электричества, практическое использование этого явления не получило своего места в технике. Правда, были попытки передавать на расстояние по изолированному от земли проводу статические заряды, получаемые при разряде лейденских банок. Линия такого «электростатического телеграфа» была построена в 1796 г. в Испании между Мадридом и королевской резиденцией Аранхуэсом (расстояние 40 км), т. е. это уже была телеграфная линия не экспериментального характера, а считавшаяся пригодной для длительной эксплуатации (ее соорудил известный инженер А. А. Бетанкур, впоследствии работавший в России, бывший директором Института корпуса инженеров путей сообщения; памятником технического творчества Бетанкура в Москве является Манеж, ныне Выставочный зал). Но электростатические телеграфы не оправдали себя и их дальнейшее распространение оказалось нецелесообразным.

На рубеже XVIII и XIX вв. были сделаны новые и совершенно неожиданные открытия в области электричества. На основе работ итальянского ученого Гальвани его соотечественник А. Вольта открыл возможность получения непрерывного электрического тока. Ток от вольтовых столбов и других электрохимических источников получил название «гальванический», а вся область знания, связанная с ним, — название «гальванизм». В опыты над гальванизмом включилось очень много ученых, уже имевших видное имя в науке, а также целая армия любителей,

всерьез увлекшихся новым физическим феноменом, таившим в себе много тайн, которые нужно было разгадать, и возможностей, которые следовало использовать.

Как работы над гальванизмом, так и все последующие многочисленные работы по электричеству и магнетизму представляют собой пример широкого и тесного сотрудничества ученых и техников в разных странах, который убедительно доказывает, что становление и развитие электротехники является результатом подлинно интернационального труда. Электротехника есть результат усилий деятелей всех культурных народов.

Вскоре после открытия явления непрерывного электрического тока и построения генерирующей аппаратуры был выявлен ряд важных проявлений и действий электрического тока. Обнаружены электрохимические и тепловые действия тока, большая скорость распространения его по проводникам, способность тока создавать кратковременную, но яркую искру; можно было под действием тока получить при известных условиях длительно действующую устойчивую электрическую дугу, способную давать мощные видимые излучения и такой термический эффект, которого ранее нельзя было получить от какого-либо другого источника. Было установлено, что при прохождении через разреженную атмосферу гальванический ток производит эффект электрического разряда, сопровождающийся излучением световых лучей (явление тлеющего и кистевого разряда). В эти же годы удалось открыть принцип аккумуляирования электроэнергии. Но по сравнению с огромными достижениями в области экспериментального исследования электричества, произведенными за первое двадцатилетие прошлого века, кажутся совершенно незначительными технические применения гальванического тока. Можно отметить лишь первые шаги в области использования его для взрывания мин, а также первые конструкции гальванических телеграфов, действовавших на основе способности тока разлагать жидкости (так называемые «электролитические телеграфы»).

Вскоре в качестве источника тока появились термобатареи, действовавшие на основе открытого в 1820 г. явления термоэлектричества. Наконец одновременно с этим была обнаружена чрезвычайно важная способность электрического тока действовать на магнитную стрелку; изучено взаимодействие, которое возникает между проводни-

ками, по которым протекает ток. Эти явления были подвергнуты глубокому исследованию, в результате чего наука об электричестве обогатилась учением об электромагнетизме и электродинамике. В области электромагнетизма прославились такие знаменитые ученые, как Эрстед, Араго, Ампер и др.; учение об электродинамике было создано трудами Ампера.

Вместе с тем увеличилось число аппаратов и устройств, необходимых для нужд электротехники: были изобретены соленоид, электромагнит, мультипликатор, гальванометр, электромагнитный двигатель, основанный на принципе притяжения или отталкивания от неподвижных магнитов других магнитов или стальных полос; построен первый пригодный для практики электромагнитный телеграф. Другими словами, во втором десятилетии прошлого века начались более широкие применения электрической энергии для практических целей. И все же это были по преимуществу только первые шаги, иногда заключавшиеся в выяснении деталей способа. Основным препятствием для развития технических приложений электричества являлось тогда отсутствие надежного и экономного источника электрической энергии. В качестве генератора электрической энергии применялись лишь вольтовые столбы или гальванические элементы с одной жидкостью. Получаемая от них электроэнергия по мощности была мала и дорога; явление гальванической поляризации, неизбежное в такого рода устройствах, приводило к тому, что электродвижущая сила источника в течение времени его действия все более и более уменьшалась и действие элемента ослаблялось. Ни термобатарей, ни изобретенные затем гальванические элементы с двумя жидкостями и автоматической деполяризацией (Даниэля, Бунзена и др.) не изменили положения: электроэнергия оставалась дорогостоящей и не могла стимулировать расширение масштабов применения электричества на практике.

Положение коренным образом изменилось после открытия электромагнитной индукции (Фарадей, 1831). Это выдающееся открытие, явившееся ответом на поставленную Фарадеем задачу «превратить магнетизм в электричество», имело серьезные последствия в науке об электричестве и практике его использования. И до сих пор электротехника самым широким образом исполь-

зует взаимодействие между полем и проводником, изученное Фарадеем. Явление электромагнитной индукции — это основа работы электрических машин, трансформаторов и громадного числа электрических приборов и аппаратов.

Для практики едва ли не самым важным последствием открытия электромагнитной индукции было то, что появились новые источники электроэнергии — электромашинные генераторы. Вначале это были магнитоэлектрические генераторы, т. е. такие, в которых магнитное поле создавалось постоянными магнитами; в нем вращался якорь в форме катушек или иного вида. Когда появились первые образцы таких маломощных электромашинных генераторов, то их, по аналогии с гальваническими батареями, называли «магнитными батареями». Хотя им были присущи свои недостатки, они в эксплуатационных условиях были гораздо более подходящими, чем гальванические элементы. В связи с появлением магнитоэлектрического генератора несколько расширилось применение электродвигателей, но, конечно, паровая машина продолжала занимать главенствующее положение в качестве первичного двигателя в промышленности.

Уже в начале 50-х годов стало ясно, что возможное расширение использования электрической энергии в технике зависит от дальнейшего усовершенствования электромашинных генераторов. Такое усовершенствование было достигнуто и затем развивалось непрерывно многие годы. На смену магнитоэлектрическим генераторам пришли генераторы с магнитным полем, создаваемым электромагнитами, обмотка возбуждения которых питалась от постороннего источника — генераторы с независимым возбуждением, не получившие, однако, заметного распространения. После 1867 г. на смену им пришли генераторы с самовозбуждением, т. е. с питанием обмотки электромагнитов током, вырабатываемым этим же генератором. Такие генераторы назывались тогда динамомашинами. С 70-х годов электромашинные генераторы с самовозбуждением стали основой, на которой развивались различные отрасли электротехники. Первыми электромашинными генераторами с самовозбуждением, вызвавшими резкий скачок в развитии электротехники, были генератор З. Т. Грамма с кольцевым якорем (1870 г.) и генератор Сименса с барабанным якорем Ф. Гейфнер-

Альтенека (1873 г.). Оба генератора производили постоянный ток.

Таким образом, лишь в начале 70-х годов была создана реальная база для использования электроэнергии в промышленном масштабе. Однако не были еще подготовлены те массовые приемники электроэнергии, которые могли служить задачам техники. Создалось своеобразное парадоксальное положение. Раньше не было удовлетворяющих нуждам промышленности генераторов; когда же такие генераторы были созданы, то оказалось, что не разработаны или даже еще не вышли из стадии опытов те технические применения, для которых нужен был надежный и мощный генератор дешевой электрической энергии. Создававшаяся несогласованность тормозила развитие электротехники, но ее удалось довольно скоро выправить благодаря успехам, достигнутым в технике освещения.

Проблема усовершенствования метода освещения, возникшая вскоре после промышленного переворота конца XVIII в., все более и более обострялась в первой половине XIX в. Предприятия машинного производства, быстро и в большом числе возникавшие после переворота, разоряли ремесленные мастерские, которые не могли с ними конкурировать. Фабрики и заводы стали поглощать квалифицированную рабочую силу. Рабочий день на фабриках и заводах продолжался 14—16 часов, так что зимой и осенью около половины рабочего времени приходилось проводить при искусственном освещении. В то время — в середине XIX в. — лучшим осветительным средством считался светильный газ. Вспомним, что тогда еще не были изобретены калильные сетки для газовых горелок, и каждый газовый рожок давал столько света, сколько можно получить от открытого пламени лабораторной бунзеновской горелки. На фабриках и заводах, на улицах, в жилых и общественных зданиях применялось газовое освещение. Оно не обеспечивало достаточной освещенности. При сжигании газа выгорало большое количество кислорода из атмосферы помещений; кроме того, газ являлся источником опасности в пожарном отношении. Установки газового освещения требовали постоянного ухода за рожками и всей газовой сетью, чтобы своевременно устранять проникновение газа в помещение из газопроводов и предупреждать возможность отравления людей. Эксплуатация осветительных приборов этой

системы имела весьма серьезные неудобства. Так, зажигание и гашение каждого газового рожка должно было осуществляться отдельно, а это требовало содержания значительного обслуживающего персонала на предприятиях и в городском осветительном хозяйстве.

Еще в самом начале XIX в. было показано, что электрический ток может нагревать тонкий проводник до такой степени, при которой излучается достаточно сильный световой поток. Тогда же было установлено, что ток, пропускаемый через два угольных электрода, может при некоторых условиях создавать устойчивую электрическую дугу, а также исследовано явление электрического разряда в разреженных газах, сопровождающееся свечением. Таким образом, давно уж были известны принципы, на которых мог действовать электрический источник света.

Дуговые лампы как источники света к 70-м годам были конструктивно доведены до практической применимости в более или менее широких масштабах, так как удалось не только создать много систем хорошо действовавших автоматических регуляторов, но и решить сложную для того времени задачу «разделения электрического тока», т. е. одновременного включения для работы в одной цепи произвольного числа дуговых ламп (таковы лампы с дифференциальными регуляторами В. Н. Чиколева, Ф. Гефнер-Альтенека и др.).

Как известно, дуговые лампы с регуляторами представляют собой мощные источники света, пригодные в основном для наружного освещения. Для массового потребителя необходим был источник малой силы света. Такой источник создал в 1876 г. выдающийся русский электротехник П. Н. Яблочков — так называемую электрическую свечу. Свеча Яблочкова представляла собой дуговую лампу предельно простого устройства: она не нуждалась в регуляторе для поддержания постоянного расстояния между концами угольных электродов.

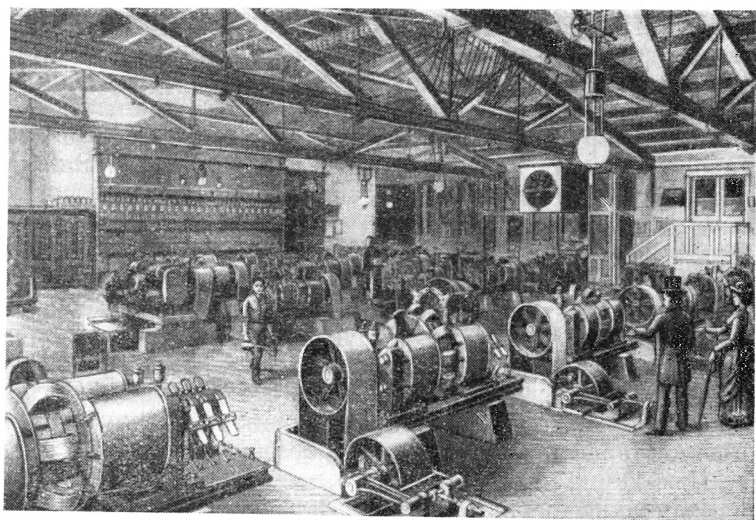
Электрическая свеча Яблочкова и другие его изобретения, связанные с ней, привели к исключительным успехам и вызвали чрезвычайно большой интерес к электротехнике. К решению практических задач в области источников света и их использования обратилось много ученых и изобретателей. Яблочков всколыхнул научную и техническую мысль и на некоторое время фактически

оказался во главе роста и развития электротехники. Есть основания предполагать, что выдающийся деятель электротехники, знаменитый изобретатель Т. А. Эдисон занялся систематическими работами по созданию лампы накаливания не без влияния тех успехов, которыми сопровождалась деятельность П. Н. Яблочкова. Эдисон пошел по пути создания источника света, действующего на ином принципе, чем дуговые лампы. Он стал разрабатывать конструкции ламп накаливания.

Уже давно изобретатели делали попытки построить электрическую лампу накаливания. Но лишь Эдисон довел лампу до такого конструктивного оформления, при котором удобство эксплуатации сочеталось с экономичностью ее действия. 21 декабря 1879 г. пригодная для практики лампа накаливания была показана публике в Менло-Парке (лаборатории и мастерские Эдисона в штате Нью-Йорк, США). С самого начала 80-х годов лампа накаливания начала входить в жизнь; она стала применяться затем все шире и шире и в большой мере способствовала развитию электротехники.

После того как стали очевидными преимущества лампы накаливания перед электрическими свечами и другими электрическими источниками света, в электротехнике начинается проявляться бурный подъем. В связи с внедрением электрического освещения по системе Эдисона возникла необходимость создания предприятий для централизованного производства электроэнергии. Идею сооружения центральных электрических станций для отпуска энергии потребителям и обоснование необходимости этого для дальнейшего развития электротехники высказал в 1879 г. П. Н. Яблочков в публичной лекции, прочитанной им в С.-Петербурге по поручению Русского технического общества. В 1882 г. начинает функционировать первая в мире электростанция для коммерческой эксплуатации: это станция Перлстрит в Нью-Йорке. Впервые в истории энергетики и электротехники началась продажа электроэнергии потребителям и ее доставка к месту потребления.

В течение 80-х годов происходило очень бурное развитие строительства электрических станций общественного пользования. Быстро развивалось электроосветительное хозяйство в жилых домах, зданиях производственного и административного назначения и общественного



Внутренний вид машинного зала первых эдисоновских электростанций (80-е гг.)

пользования, на открытых пространствах (улицы и площади городов, пристани и верфи, парки, открытые разработки, лесные биржи, строительные площадки и т. п.). Наряду с применением электричества для освещения происходило заметное увеличение потребления электроэнергии для привода машин и механизмов, разного рода подъемных устройств и транспорта. Особенно существенным было то, что наряду с главным в то время потребителем электроэнергии — электрическим освещением — расширялось применение электропривода. Основным обстоятельством, сыгравшим в то время важную роль в развитии электропривода, было то, что генераторы постоянного тока могли отлично работать в обратном режиме в качестве электродвигателей.

Развитие электротехники, наметившееся в реальных формах и направлениях, с полной очевидностью свидетельствовало о необходимости не только дальнейшего и все увеличивающегося производства электроэнергии, но и решения тесно связанной с этим новой проблемы: передачи электроэнергии на расстояние с наименьшими потерями.

Наука об электричестве к этому времени обогатилась важными теоретическими обобщениями, которые были сделаны Д. К. Максвеллом и явились выдающимися научными достижениями прошлого века.

Интересно отметить, что в течение всего XIX в. происходил целый ряд выставок и научных конгрессов, по которым можно судить о том, как электротехника постепенно привлекала все большее внимание и постепенно занимала все более значительное место в технике.

Первая международная выставка происходила в 1851 г. в Лондоне. Здесь электроизделия были представлены в очень ограниченном масштабе: главным образом телеграфные аппараты и предметы звуковой сигнализации для железных дорог. На Парижской международной выставке 1855 г. представлены, наряду с телеграфными и сигнальными аппаратами, некоторые предметы «сильноточной» электротехники: аппаратура для гальванопластики, индукционные аппараты и электрические запалы для горного дела. В 1862 г. в Лондоне открылась третья международная выставка; на ней уже значительно шире были представлены телеграфные аппараты и приборы железнодорожной сигнализации и блокировки, а также устройства «сильноточной» электротехники: магнитоэлектрические генераторы для дуговых ламп, дуговые лампы для маяков, индукционные приборы, озонирующие трубы, электрические пирометры, электрические лаги. Не возникало никаких сомнений, что электротехника находится на подъеме. В 1867 г. в Париже открылась четвертая международная выставка. Здесь уже можно было видеть много конструкций электрических машин — генераторов и двигателей, но ни один из электродвигателей не демонстрировался в действии, т. е. фактически электропривода не показали. Генераторы на этой выставке тоже не действовали; так как место, отведенное для электротехнических экспонатов, не позволяло установить трансмиссию. Интересно отметить, что на этой выставке фирма Сименс и Гальске экспонировала генератор с самовозбуждением, но он также не был пущен в ход. Хотя на этой выставке безусловно интересные электротехнические экспонаты «безмолствовали», она способствовала дальнейшему развитию интереса к электротехнике.

Венская выставка 1873 г.— пятая международная выставка с довольно обширным электротехническим делом. Здесь уже экспонаты «сильноточной» электротехники преобладали над экспонатами электрической связи. Фирма Сименс и Гальске экспонировала генератор с барабанным якорем, а Грамм — машину с кольцевым якорем. Представитель предприятия Грамма И. Фонтен организовал на выставке опыты по передаче электрической энергии на расстояние для приведения в действие центробежного насоса. Кроме того, экспонировались две машины для целей электролиза и в большом ассортименте — дуговые лампы, о которых, как и о дуговом освещении в целом, было сделано много докладов.

Затем последовала Парижская международная выставка 1878 г. Хотя эта выставка отражала достижения всех отраслей народного хозяйства, электричество впервые демонстрировалось на ней в очень разнообразных применениях. «Гвоздем» выставки явилась установка электрического освещения по системе Яблочкова. Не будет преувеличением признать, что экспонаты этой выставки создали полный переворот во взглядах на электротехнику в целом и на электрическое освещение в частности.

Очень большое впечатление произвели электротехнические экспонаты Берлинской кустарно-промышленной выставки 1879 г. На ней демонстрировался поезд из трех небольших вагончиков, который приводился в движение электрическим локомотивом. Хотя и раньше, в течение предшествующих 40 лет, строили разные электрические локомотивы, но только на этой выставке электрическая тяга оказалась представленной с полным успехом и пробудила серьезные надежды на то, что новый метод передвижения вагонов и экипажей получит распространение. На этой же выставке демонстрировалось применение электродвигателя для привода ткацких станков и показаны новинки электрического освещения, а также телефон, изобретенный Беллом.

Успехи электротехники были настолько значительны, что французское правительство приняло решение об организации специальной выставки в Париже в 1881 г. Этот факт в высшей степени знаменателен: он означал, что важность электричества и электротехники признана, а сама электротехника настолько выросла и обогатилась, что может заполнить своими экспонатами отдельную

самостоятельную выставку. Следует, однако, напомнить, что прошедшая с большим успехом Парижская электрическая выставка в 1881 г. не была первой в мире выставкой такого специализированного характера: за год до этого, в 1880 г., в Петербурге, в Соляном городке, открылась электротехническая выставка, организованная Русским техническим обществом, на которой было представлено много приборов и аппаратов, построенных русскими учеными и изобретателями.

В Парижской электрической выставке 1881 г. участвовали экспоненты из 15 стран. Вот какой отзыв об этой выставке дал известный германский энергетик Оскар фон Миллер: «То, что было задумано и сделано в области электричества учеными и специалистами до Парижской выставки, было известно и ценилось только в узком кругу лиц, работавших в этой области. В 1881 г. оно впервые было показано всему миру, и все были восхищены неожиданными чудесами, масштаб влияния которых тогда еще нельзя было предвидеть...» Действительно, впечатление от этой выставки было потрясающим. Дуговые лампы Браша, Гефнер-Альтенека и другие, свечи Яблочкова и в особенности лампы накаливания Эдисона создали совершенно новые, полные восхищения и надежд, представления об электрическом освещении. Некоторые предметы, которые теперь кажутся нам тривиальными, к которым мы относимся как к совершенно обычным вещам, тогда, у колыбели электротехники казались волшебными. Эдисон, например демонстрировал люстру из трех ламп накаливания с выключателями для каждой лампы: сотни людей простаивали часами в очереди к этой люстре, чтобы повернуть выключатель.

Экспонаты, относящиеся к освещению, были многочисленны и интересны. Толпы посетителей, восхищенные светом дуговых ламп и ламп накаливания, проходили затем через картинную галерею, которая была залита светом ламп «Солей» Кларка.

Кроме освещения, публику поразила телефонная передача из «Гранд-Опера». Трудно представить себе изумление посетителей, когда в телефонной трубке они слышали голоса певцов, инструментальную музыку и бурные аплодисменты публики. Много было еще и других экспонатов, которые убедительно доказывали неожиданные возможности электричества. Среди новинок телегра-

фии особенный интерес вызвал факсимиле-телеграф Эдисона: здесь можно было карандашом написать депешу, точная копия которой передавалась аппаратом на другую станцию.

Если широкая публика восторгалась отдельными действующими экспонатами, то для электротехников особый интерес представляли выставленные электрические машины и аппараты. Представим себе возможность увидеть в действии на одной территории самые лучшие типы электрических машин того времени: Грамма, Сименса, Гефнер-Альтенека, Шуккерта, Браша, Уэстона. А в павильоне Эдисона была выставлена электрическая машина «Джамбо», которая приводилась в действие при помощи парового двигателя мощностью 150 л. с. В то время это был самый крупный в мире электрический генератор!

Фирма Сименс и Гальске устроила на выставке показательную трамвайную линию между площадью Согласия и Дворцом промышленности длиной около 0,4 километра.

На выставке демонстрировалось также плавление тугоплавких металлов в электрических печах.

Во время Парижской выставки электричества 1881 г. происходил Первый всемирный конгресс электриков. На нем было заслушано и обсуждено много научных и технических докладов, показавших значительный прогресс и в научной области; особенно важное значение имел этот конгресс в том отношении, что им была принята система абсолютных электротехнических единиц и установлены основные единицы — ом, вольт, ампер и кулон.

Здесь уместно упомянуть об одном забытом, но очень интересном факте. В это время уже вполне назрел вопрос о развитии централизованного производства электроэнергии для снабжения потребителей. Но тесно связанный с ним вопрос о способах передачи электроэнергии на расстояние представлялся очень неясно. Еще в начале 1880 г. французский академик М. Депре, а несколько позднее Д. А. Лачинов показали, что осуществление передачи электроэнергии на расстояние с наименьшими потерями может быть осуществлено посредством тока высокого напряжения. Но отношение к этим рекомендациям вначале было очень осторожным. Так, Депре, докладывая об этом в Обществе французских гражданских инженеров, доказывал, что большую мощность можно

передать с высоким коэффициентом полезного действия на произвольное расстояние по тонкому проводнику, если выбрать достаточно высокое напряжение передачи. Это мнение докладчика, основанное на чисто теоретических соображениях, встретило сильные возражения: такую идею расценивали как не заслуживающую рассмотрения утопию.

Практическую проверку справедливости этой идеи произвели на Мюнхенской выставке 1882 г., а затем на ряде дополнительных установок в последующие годы. На Венской выставке 1883 г. были впервые показаны мощные быстроходные паровые двигатели, крупные генераторы и др. Особой новинкой были многочисленные электронагревательные приборы.

В 1884 г. в Филадельфии происходила первая американская выставка электричества. Ее павильоны были расположены вблизи того места, на котором за 300 лет до этого В. Франклин запустил змея для улавливания атмосферного электричества. Однако в техническом отношении на этой выставке не было ничего нового.

В том же году на Туринской выставке демонстрировались в действии первые однофазные трансформаторы Голяра и Гиббса: была сооружена электропередача однофазным переменным током при напряжении 2000 вольт на расстояние 40 километров.

Мы привели краткий очерк истории развития электротехники, чтобы показать те успехи, которые были достигнуты ею к середине 80-х годов прошлого века, т. е. тогда, когда Ч. П. Штейнмец был студентом в Бреславле. Нет сомнения, что он лучше многих своих сверстников понимал, какую роль должно сыграть электричество в технике и технологии. Можно предположить, что успехи в новой, многообещающей и быстро развивающейся отрасли техники привлекли внимание Штейнмеца, глубоко заинтересовали его и послужили причиной того, что у него возникло желание посвятить свои знания и труд этой прогрессивной области, многие теоретические проблемы и прикладные вопросы которой еще ожидали своего решения.

Когда Штейнмец был студентом и намеревался посвятить свою будущую деятельность электротехнике, использовался почти исключительно постоянный ток. Лишь в ограниченных масштабах применялся однофаз-

ный переменный ток. Для привода он не подходил вследствие недостатков, присущих однофазным электродвигателям. Изобретение параллельного включения однофазных трансформаторов (1885 г.) сделало электропередачи возможными и вполне соответствовавшими потребностям осветительной практики. Таким образом, молодой Штейнмец мог располагать данными, относящимися в основном к теории и практике постоянного тока; что же касается техники однофазных переменных токов, то здесь он мог получить лишь ограниченные сведения. В 1885 г. было сделано новое открытие в области электричества и магнетизма. Мы имеем в виду работы Г. Феррариса, открывшего явление вращающегося магнитного поля. Это был первый шаг в области техники многофазных токов. На принципе этого явления тогда же начались работы по построению генераторов и электродвигателей, по изучению условий передачи энергии на расстояние посредством многофазных токов. К 1887—1889 гг. относятся работы Тесла, Хазельвандера и Доливо-Добровольского по двухфазному и трехфазному току. Эти работы до отъезда Штейнмеца в США были сравнительно мало известны, но все-таки заинтересовали уже многих, так как предвещали еще более совершенные средства и новые возможности для электротехники.

Можно быть уверенным в том, что еще до эмиграции в США Штейнмец был знаком с основными направлениями, в которых развивалась электротехника. Однако это было знакомство по книгам, журнальным статьям, газетной информации. От электротехнической практики он был очень далек. Как образованный физик и математик он был вполне подготовлен к научной и исследовательской деятельности в электротехнике. В такой работе ему удалось принять участие вскоре после приезда в Соединенные Штаты.



НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД РАБОТЫ В США. ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ГИСТЕРЕЗИСА

В июне 1889 г. Штейнмец начал работать на предприятии Эйкемейера в г. Йонкерс. К этому времени в технике выявилась определенная тенденция к значительному расширению применения электричества. Все больше и больше распространялось электрическое освещение; расширялось использование электрической энергии для технологических целей в разного рода электролизных процессах, для электросварки и пр.; развивалось использование электродвигателей для привода машин и механизмов, а также для транспортных целей (трамваи, электрические железные дороги, подъемно-транспортные устройства и т. п.). Рост спроса на электроэнергию привел к значительному увеличению числа и мощности электростанций; возникли первые установки, в большинстве случаев экспериментального характера, по передаче электрической энергии на расстояние. Технические вопросы, связанные с применением постоянного тока, были к этому времени в основном выяснены, накопился некоторый практический опыт по проектированию, строительству и эксплуатации электростанций постоянного тока. Но еще много неизученного и неясного было в области техники переменного тока. Между тем становилось все яснее, что именно переменному току (в то время был известен главным образом однофазный переменный ток) предстоит в ближайшем будущем сыграть важную роль в электротехнике, особенно после решения задачи о передаче энергии на расстояние.

Переменный ток можно трансформировать, что облегчает техническое решение проблемы передачи посредством тока высокого напряжения.

В этот период перед электротехникой стояло много новых научных и технических задач, без разрешения которых ее прогресс мог замедлиться. Для электротехники были необходимы поиски новых решений и проведение неотложных научных исследований. Штейнмец в это время очутился у чертежного стола на предприятии, где уже проводились некоторые электротехнические работы, но было еще мало производственного опыта и технических традиций. Положениями теоретических основ электротехники здесь пользовались мало, так как недостаточно глубоко их знали; для расчетов применялась элементарная математика, а высшую математику для решения конкретных прикладных задач не применяли. Все конструкции электрических машин и аппаратов разрабатывались на основе накопленных навыков и технической интуиции.

В связи с благоприятными перспективами электротехники на заводе Эйкемейера стало постепенно сокращаться производство машин для изготовления шляп, а работы по выпуску электроизделий расширялись. Штейнмец оказался как нельзя более подходящим сотрудником для этого предприятия.

Штейнмеца тогда нельзя было назвать электротехником в полном смысле слова, так как он еще почти совсем не был знаком с практическими вопросами. В качестве примеров, подтверждающих ограниченность его практических навыков и знаний, которыми он располагал, можно привести следующие. Штейнмecu еще ни разу не приходилось пускать в ход электродвигатель; он имел правильные представления о трансформаторе, знал его назначение, принцип действия и конструктивное выполнение; в Швейцарии он даже напечатал научно-популярную статью о трансформаторах, но никогда не видел трансформатора в действии. Тем не менее Штейнмец обладал очень хорошими теоретическими знаниями и поэтому не мог быть удовлетворен тем, что нашел в конструкторском бюро на заводе. Он начал работу в качестве рядового чертежника, от которого требовалось лишь умение хорошо выполнять чертежи; но и за этой работой он замечал нецелесообразность методов конструкторов и, естествен-

но, стремился вносить предложения, выходявшие за пределы его прямых обязанностей чертежника. Сначала осторожно, а потом все более и более уверенно выступает он с предложениями и советами. Постепенно это вносило новую струю в конструкторское дело завода, и на Штейнмеца обратили внимание как на полезного сотрудника, умеющего критически мыслить и не лишенного способностей новатора.

На этой начальной стадии своей заводской работы Штейнмец не только приносил предприятию несомненную пользу, но и сам получал от работы много. Во-первых, он впервые встретился с электроизделиями, с их построением и испытанием; во-вторых, он понял, в каких направлениях ему следует совершенствовать свои знания, чтобы полнее охватить электротехнические проблемы. У него возникают соображения о некоторых закономерностях и о возможности сделать полезные выводы и обобщения даже из той сравнительно небольшой практики в построении электрических машин и аппаратов, с которой он столкнулся.

Штейнмец не знал в то время, как ведется работа на других электротехнических предприятиях, но допускал, что кое-где существуют более точные методы конструирования. Обмен опытом был бы очень полезен. Электротехники имели свое научное объединение — Американский институт инженеров электриков (A.I.E.E.). Штейнмец начал регулярно посещать в Нью-Йорке заседания этого общества, но вначале испытывал затруднения, так как слабо знал английский язык.

В течение 8 месяцев Штейнмец работал чертежником. С марта 1890 г. его перевели на должность лаборанта-испытателя. Ему представили для работы отдельную комнату (размером 20 × 30 футов) по соседству с чертежной, установили там лабораторные приборы и приспособления. Он получил в свое распоряжение помощника, которого, правда, часто направляли в цех для устранения неполадок, так что Штейнмecu иногда приходилось работать одному.

Эйкемейер был строгим хозяином и очень обаятельным человеком. Все, что он обещал дать Штейнмecu для проведения опытов и испытаний, было дано. Штейнмец прочно обосновался в лаборатории и оставался здесь на много часов после окончания рабочего дня.

Во время отсутствия Эйкемейера многие рабочие и сотрудники работали плохо, но стоило хозяину явиться на завод — все менялось. Иначе шла работа у Штейнмеца: он глубоко интересовался порученными ему заданиями и работал с исключительным вниманием и напряженностью. Об этом знали все, в том числе и Эйкемейер; вскоре Штейнмецу увеличили жалованье, и он занял на заводе такое место, на которое нелегко было отыскать другого подходящего и эрудированного сотрудника.

Штейнмец жил в Йонкерсе у своего сослуживца, некоего Миллера, имевшего довольно большую семью; там всегда было шумно и весело, часто приходили гости. Штейнмец обыкновенно возвращался с завода поздно и ему очень нравилось, что он мог здесь немного отвлечься от научных и технических идей, которые занимали его весь день. В свободное время он играл с детьми Миллера, которые его очень любили. Но как только во время отдыха его осеняла какая-либо техническая мысль, он оставлял молодую компанию, брался за записную книжку и логарифмическую линейку. Он «выбывал из игры»; дети вертелись вокруг стола, на котором Штейнмец производил вычисления. Закончив подсчеты, Штейнмец в молчании обдумывал полученные результаты, иногда улыбался, иногда укоризненно покачивал головой, а затем снова вступал в игру.

Штейнмец впервые в жизни почувствовал возможность самостоятельной творческой работы над проблемами, находившимися в той сфере, в которой он мечтал трудиться. Эйкемейер, который в его глазах был крупным инженером и даровитым изобретателем, считался с рекомендациями своего нового инженера. Он стал все чаще и чаще спрашивать мнение Штейнмеца по различным вопросам. Это доставляло Штейнмецу глубокое удовлетворение, и он стал больше верить в свои силы.

Штейнмец постепенно сосредоточил все свое внимание на электрических машинах и трансформаторах, которые строились у Эйкемейера. Но методика разработки новых конструкций (а практически все типы машин были новыми) ему представлялась неправильной. На заводе Эйкемейера дело обстояло так. Получив задание на некоторый тип электрической машины, конструктор прежде всего обращался к имевшимся на заводе техническим данным о машинах такого рода, кем-либо уже построен-

ным и находившимся в эксплуатации. Сделав небольшие расчетные прикидки, конструктор намечал основные размеры, параметры и прочие данные, которые нужны для построения модели. Пробная модель изготовлялась и подвергалась испытаниям. Как правило, результаты значительно отклонялись от того, что следовало получить. Тогда изменяли те или иные элементы машины, в особенности ее магнитную систему, обмотки и т. п. Эти изменения производились опять-таки не на базе технических расчетов, а на основе опытных данных и с использованием личных соображений конструктора. Если новый образец обладал более совершенными показателями, чем первая модель, строили еще один образец для дальнейшего улучшения машины и приближения ее к заданному типу.

Эйкемейера такой метод не удовлетворял, но он не в силах был коренным образом изменить его. Штейнмец считал такой метод проектирования совершенно недопустимым и поставил себе целью добиться таких научно обоснованных методов расчета электрической и магнитной цепей, чтобы можно было заранее точно определить все основные параметры будущей машины.

В этом направлении и стал действовать Штейнмец. Он обращается к теории, занимается вопросами расчета и уже начинает применять кое-что для заводской практики. Его совместная работа с конструкторами показала, что применение расчетов, основанных на теоретических основах электротехники, приводит к усовершенствованию проектирования и создания машин. Все это замечали конкурирующие электротехнические фирмы, работавшие старыми методами.

Штейнмец занялся проблемой сильного нагрева электрических машин. Этот дефект обнаруживался в образцах всех строившихся тогда машин. Было известно, что железо, подвергавшееся периодическому перемагничиванию, нагревается. В машинах переменного тока такое перемагничивание происходит в соответствии с частотой. Теплота могла появиться главным образом в результате превращения какого-то другого вида энергии. В данном случае наиболее вероятным являлось превращение в тепло части магнитной энергии, а так как намагничивание происходило в результате действия электрической энергии, то снижалась эффективность электроэнергии, затрачиваемой

на создание магнитного поля. Это должно приводить к снижению общего коэффициента полезного действия электрической машины. Результаты явления перемагничивания были очень значительны; нужно было изучить физическую сущность его, выявить закономерности, которым оно подчиняется, и сделать практические указания для использования при проектировании электрических машин и других устройств, действие которых связано с электромагнитами. Штейнмецу пришлось иметь дело с работами, связанными с построением именно таких устройств. Так, ему было поручено проверить правильность конструкций электродвигателей, которые завод строил для трамваев, подъемников и др.; он занимался проектированием однофазных трансформаторов, на которые поступало все больше и больше заказов. Работы такого характера заставили Штейнмеца обратиться к исследованию основного явления — намагничивания разных сортов железа, применяемого в электротехнике.

Что тогда было известно о магнитных свойствах материалов?

Магнитные явления в виде притяжения магнитом железных опилок, стружек и других предметов были известны еще со времен классической древности. Само название магнита происходит от имени легендарного пастуха Магнеса, который пас стада на склонах горы Иды на о. Крит, где было множество темно-бурых камней — кусков магнитного железняка. Пастух был обут в сандалии, подбитые железными шипами. Наступая на куски магнитного железняка, он иногда с трудом отрывал ногу, чтобы сделать следующий шаг. Это необыкновенное свойство магнитного железняка — одной из разновидностей естественных магнитов — вызывало изумление у древних, и для объяснения сущности этого явления прибегали к разного рода фантастическим допущениям вплоть до того, что считали магнит веществом одушевленным.

В средние века (XIII в.) намагниченную железную полоску (стрелку) начали применять в Европе в качестве компаса; значительно раньше магнитные компасы применяли в древнем Китае и Индии. Замечательным событием в истории магнетизма явился трактат английского ученого Уильяма Гильберта ¹¹, в котором приведено много сведений, полученных в результате обширных экспериментов,

поставленных этим ученым. Гильберт впервые высказал мысль о том, что Земля есть большой магнит, и экспериментально доказал это.

Ко времени Гильберта было произведено уже немало наблюдений над статическим электричеством, и он сам поставил ряд новых опытов над электризацией тел. Имея знания лишь о статических свойствах электричества и магнетизма, он пришел к ошибочному выводу, что между электрическими и магнитными эффектами имеется сходство лишь в некоторых внешних проявлениях, но по своему существу они совершенно различны. Франклин, на основе представлений о магнитной жидкости, находящейся в намагниченном теле, дал толкование притяжению и отталкиванию в зависимости от избытка или недостатка этой жидкости. М. В. Ломоносов писал, что магнетизм — «тончайшая всех материй, что ни есть в физике», а потому признал очень сложной теорию этого явления; он высказался в пользу создания такой теории на основе представлений об эфире.

Лишь в начале второй половины XVIII в., а именно в 1759 г., член Петербургской академии У. Т. Эпинус выдвинул положение о сходстве электрических и магнитных явлений¹². К этим взглядам присоединился Л. Эйлер, развивший эфирную теорию магнетизма, а позднее Ш. О. Кулон установил (1785—1789 гг.) количественную характеристику взаимодействия между магнитными полюсами, известную под названием «закона Кулона».

С конца XVIII в. изучение магнетизма расширяется, а в начале следующего столетия был открыт электромагнетизм (Эрстед, 1820 г.) и этим доказано существование внутренней связи между электричеством и магнетизмом. С этого времени начался новый этап развития учения о магнетизме. Накапливался материал, позволявший выдвинуть некоторые гипотезы о его сущности.

Ампер приступил к изучению магнитных явлений сейчас же после того, как Эрстед опубликовал мемуар о своих наблюдениях. Амперу удалось установить законы взаимодействия между током и магнитным полюсом, а также между проводниками, по которым протекает ток. Он доказал, что магнитные свойства кругового тока и магнитного листка эквивалентны, и таким образом положил начало рассмотрению магнетизма как состав-

ной части электромагнетизма. Ампер предложил гипотезу, по которой магнетизм есть свойство молекул; его существование объясняется электрическим током, непрерывно циркулирующим внутри молекулы. Таким образом, по Амперу, молекула есть проводящая цепь, по которой протекает ток. Если действует направляющее поле, то канал, по которому протекает ток, имеет тенденцию стать под прямым углом к направлению поля. Теория Ампера объясняет все явления намагничивания как следствие взаимодействия электрических токов. Согласно этой теории, при намагничивании взаимодействуют токи в молекулярных цепях внутри металла с токами во внешнем проводнике. Модель магнитного металла должна быть построена не при помощи постоянно намагниченных кусочков стали, а при помощи миниатюрных катушек, по каждой из которых постоянно протекает ток.

Молекулярные теории Пуассона и Вебера имели иной характер. Известно, что при намагничивании железа или другого магнитного материала магнитное состояние охватывает весь кусок. Стальной магнит можно раздробить на мелкие куски, но в каждом куске обнаруживается магнитная полярность. На основе представлений о молекулярном строении вещества, было предложено считать, что каждая молекула намагниченного стержня есть отдельный магнит. Возникает вопрос: почему эти молекулы становятся намагниченными лишь тогда, когда стержень намагничен? По мнению Пуассона, процесс намагничивания в том и заключается, что каждая молекула становится магнитом. По мнению Вебера, молекулы всегда представляют собой магниты, но не обнаруживают полярности в ненамагниченном стержне потому, что их оси расположены хаотически; при намагничивании происходит упорядочение направления полярности каждой молекулы. Вебер считает, что молекулы способны в большей или меньшей степени поворачиваться и выравниваться. Но при этом не следует предполагать возникновение полярности в самой молекуле: молекула, по мнению Вебера, есть магнит еще до того, как на нее действует внешняя магнитная сила.

Гипотеза Вебера лучше согласуется с нашими общими представлениями о характеристиках молекул и больше соответствует фактам из области магнитной индукции. По теории Пуассона, например, трудно объяснить,

почему намагничивание стали или другого ферромагнетика стремится к некоторому пределу, если возрастает намагничивающая сила. По гипотезе Вебера, этот предел наступает тогда, когда все молекулы повернуты по направлению действия намагничивающей силы. Существование состояния магнитного насыщения подтверждает гипотезу Вебера. Известно также, что действие вибраций приводит к повышению магнитной восприимчивости. Это происходит потому, что вибрации облегчают свободное вращение молекул для попадания их на линию действия магнитных сил.

Араго обнаружил намагничивание тел током, что, как известно, привело к построению электромагнита (1825 г.). Вначале практический интерес имела проблема подъемной силы электромагнитов (или создаваемого ими притяжения и отталкивания). Вопрос об оптимальных зависимостях между характеристиками сердечника, обмоток электромагнита и возбуждающего тока для получения наибольшей подъемной силы изучался русскими учеными академиками Э. Х. Ленцем и Б. С. Якоби¹³. В результате опытов они пришли к установлению определенных зависимостей, которые могли служить основой для расчета электромагнитов, предназначенных для притяжения или подъема масс. Это представляло интерес, например, для электродвигателей, которые в то время строились; они действовали на основе притяжения или отталкивания между полюсами электромагнитов (электродвигатели Якоби и др.) или притяжения между полюсами и железными массами в виде полюсов (электродвигатели Фромана и др.). Но работы Ленца и Якоби не были направлены на выяснение и анализ самого процесса намагничивания. Причина этого понятна. Электрические машины, действующие на принципе электромагнитной индукции, до 70-х годов строились и применялись редко: в основном для лабораторных исследований и в немногих случаях практики. Техника эксперимента в области магнетизма разработана была недостаточно; научная мысль не подвергалась стимулирующему воздействию потребностей производства. Затем положение изменилось. В 1867 г. был предложен принцип самовозбуждения для электромашинных генераторов; вскоре после этого были разработаны хорошие генераторы (Грам, 1870 г.; Гефнер-Альтенек, 1873 г.). После этого

проблема намагничивания железа стала актуальной, так как знание процессов намагничивания стало фактором прогресса в электромашиностроении.

Наиболее ранние работы, посвященные исследованию магнитных свойств железа, принадлежат немецким ученым К. Ицилиусу и В. Веберу. Однако результаты этих работ для практики не давали почти ничего. В них, между прочим, не делалась попытка установить зависимость между напряженностью намагничивающего поля и способностью железа намагничиваться. Ицилиус и Вебер пользовались для испытаний железными стержнями, которые вставлялись в проволочную катушку, через которую пропускался ток различной силы; измерялась степень намагничивания образца при той или иной напряженности магнитного поля. Весь процесс намагничивания и размагничивания железа в этих опытах не исследовался; таким образом, столь важное свойство, как магнитная восприимчивость, изучено не было.

Кроме того, следует отметить, что каждый из этих двух экспериментаторов проводил исследования в очень узкой области, так что полученные ими результаты не являлись основанием к существенным научным обобщениям. К. Ицилиус вел исследования только при слабых магнитных полях, а В. Вебер — при сильных. Эти научные работы, несомненно, представляли интерес, но были неполными. Для индикации магнитных свойств Ицилиус и Вебер применили магнитометр. По отклонению рабочего органа магнитометра («стрелки») и по расстоянию от испытуемого образца до полюса судили о степени намагниченности. Так как магнитометры реагировали на присутствие в лаборатории железных предметов и, кроме того, на их показания оказывало действие магнитное поле земли, то в полученные результаты нужно было вносить много различных поправок. Для массовых исследований этот метод не годится. Намагниченность образца находится в зависимости от его формы, поэтому магнитометр позволяет судить не о магнитных свойствах данного сорта железа, а о намагниченности конкретного образца, имеющего форму стержня, цилиндра, бруска и т. п.

Намагниченным брускам или стержням свойственна еще одна особенность, создающая ошибки при магнитометрических исследованиях железа. Известно, что маг-

нитные силовые линии влияют на все находящиеся в их зоне железные предметы, в том числе и на магнит. Действие этих силовых линий на магнит таково, что магнитное поле в некоторой степени перемагничивает магнит, создающий поле. Это действие неодинаково при разных формах образца: чем короче и толще магнит, тем значительнонее ослабляется его намагниченность. Теоретическому учету этот размагничивающий эффект поддается только в том случае, когда образец имеет форму эллипсоида вращения. Однако требовалось изготавливать для испытаний длинные эллипсоиды, иначе погрешности измерений будут очень значительны.

Впервые исследования процесса намагничивания были проведены профессором физики Московского университета А. Г. Столетовым. Мысль заняться изучением процесса намагничивания возникла у него во время пребывания в научной командировке в Германии (конец 1865 г.), но тогда он был занят работой над магистерской диссертацией и не мог уделить время новому вопросу. Только через несколько лет он занялся опытами намагничивания мягкого железа, которые дали ему интересный материал, положенный в основу докторской диссертации на тему: «Исследование о функции намагничения мягкого железа» (1871 г.). А. Г. Столетов поставил себе задачу проследить в широком диапазоне эту функцию, т. е. установить зависимость между магнитной восприимчивостью вещества и напряженностью магнитного поля.

Для проведения этого исследования необходимо было выбрать различные сорта мягкого железа для изготовления испытуемых образцов, разработать наиболее подходящую методику измерений.

Столетов по-новому подошел и к вопросу о форме испытуемого образца. Он воспользовался образцом в виде замкнутого железного кольца (тороида), которое, будучи намагничено, не имеет полюсов и не создает вокруг себя магнитного поля, которое обычно стремится «перемагнитить» магнит. Магнитные свойства придаются кольцу посредством пропускания тока через обмотку, находящуюся на поверхности кольца. Намагниченность кольца меняется при включении или выключении тока в обмотке. При включении тока наблюдается быстрое возрастание намагниченности кольца, пока она не дойдет до вели-

чины, соответствующей данной силе тока и числу витков обмотки; после этого намагниченность остается неизменной. Если поверх первой обмотки нанести на кольцо еще одну, то в ней при пропускании тока через первую обмотку возникнет импульс индуктированного тока. Аналогичное явление индуктированного импульса будет происходить и при прекращении питания током первой обмотки. Измеряя ток во второй обмотке, можно определить характеристику магнитного поля, явившегося причиной индуктированного тока. Но для измерения таких кратковременных токов, как в данном случае, необходим специальный метод измерения; магнитометрический метод, которым пользовались предшествующие исследователи, в данном случае непригоден.

А. Г. Столетов применил баллистический метод измерения, предложенный академиком Э. Х. Ленцем в 1832 г. Сущность этого метода заключается в том, что определение некоторых физических величин сводится к измерению пропорционального им весьма кратковременного электрического импульса. Само наименование «баллистический» означает, что при измерении отсчитывается первое максимальное отклонение стрелки специального прибора — баллистического гальванометра. Первое максимальное отклонение стрелки — баллистический отброс — пропорционально количеству электричества импульса. В схеме Столетова изменение магнитной индукции внутри образца определяется по величине импульса, наводимого при этом изменении в катушке, окружающей образец и действующей как вторичная обмотка. Этот метод измерений магнитных свойств вещества применим при любой форме образца, но для образца тороидной формы он является основным.

Воспользуемся здесь величинами и обозначениями, принятыми в науке о магнетизме. Намагниченность (или интенсивность намагничения образца) обозначается символом I ; магнитная индукция — B ; напряженность магнитного поля — H . Линии магнитной индукции наблюдаются во внешнем пространстве в виде силовых линий, из которых каждая замыкается в непрерывную кривую с линиями магнитной индукции внутри тела. Под понятием магнитной проницаемости μ подразумевается отношение B/H . Магнитной восприимчивостью K называется отношение I/H .

Заслугой Столетова является то, что он установил картину изменения магнитной восприимчивости в зависимости от напряженности магнитного поля. Оказалось, что вначале намагниченность образца все сильнее и сильнее обгоняет рост напряженности магнитного поля. Коэффициент магнитной восприимчивости, характеризующий склонность железа намагничиваться, возрастает. Но в некоторый момент, пройдя через максимум, он начинает уменьшаться и намагничивать железо становится все труднее и труднее. Оно как бы насыщается магнетизмом. Далее наступает такой момент, когда усиление магнитного поля не сопровождается увеличением намагниченности. Столетов назвал изменение магнитной восприимчивости в зависимости от напряженности магнитного поля «функцией намагничения железа».

Экспериментальное исследование Столетова еще не давало достаточных данных для практического использования при построении электрических машин, но оно приводило к ряду важных для практики выводов. Стало совершенно ясным следующее: если нужно повысить мощность электрической машины, то нельзя ограничиваться усилением напряженности намагничивающего поля, а необходимо учитывать магнитные свойства того сорта железа, на которое накладывается обмотка. Работа Столетова была началом систематического изучения намагничивания железа и ставила вопрос о рациональном выборе магнитного материала для конкретных целей электромашиностроения.

Вслед за этим последовал ряд работ других исследователей (Варбург, Юинг, Гопкинсон), расширивших наши знания о процессах намагничивания и перемагничивания железа; эти работы подготовили почву для того, чтобы перевести на научную базу расчеты магнитных и электрических цепей в машинах. Э. Варбург в 1880 г. открыл явление, названное магнитным гистерезисом. Он получил кривые гистерезиса, обнаружившие, что намагничивание железа есть необратимый процесс; оно происходит неодинаково в зависимости от магнитного состояния намагничиваемого объекта, т. е. от тех процессов намагничивания, которым он до этого подвергался. Энергия, затрачиваемая на процессы намагничивания, будет одинаковой, а результат, т. е. намагниченность железа, — различным. Варбург установил, что площадь, заключен-

ная внутри кривой гистерезиса, выраженная в соответствующих единицах, эквивалентна количеству тепла, выделенного за один цикл из единицы объема материала. Это положение, известное под названием «закона Варбурга», было подтверждено опытным путем для никеля и железоникелевых сплавов, а в несколько меньшем масштабе — для железа.

Элфрид Юинг, находясь в Японии в качестве профессора университета в Токио, начал 1881 г. вести исследования некоторых механических изменений, получивших название гистерезиса. В начальной стадии он использовал в этих исследованиях проволоку, растягиваемую под действием силы. Нагрузка на проволоку и ее удлинение регистрировались автоматически. Юинг наблюдал, что когда нагрузка превосходила определенную величину — предел упругости, проволока заметно удлинялась («начинала течь»). Это продолжалось до тех пор, пока проволока не разрывалась. Если проволоку оставить на много часов под нагрузкой меньшей, чем разрушающая, то проволока почти совсем теряла податливость к удлинению («твердение» проволоки). При доведении нагрузки до величины, превосходящей разрушающую, проволока разрывалась. Такой же эффект «твердения» обнаруживался и в том случае, если проволоку сначала растянуть до состояния ниже предела упругости, а затем оставить ненагруженной на много часов.

Юинга заинтересовал вопрос о том, какова связь между этими механическими изменениями проволоки и ее электрическими свойствами, в частности термоэлектрическими. Поставленные им опыты показали, что в этом отношении существует известная цикличность процессов; Юинг пришел к общему представлению о «гистерезисном цикле». При графическом изображении каждого процесса получались две несовпадающие кривые: одна для возрастающей нагрузки, другая — для убывающей.

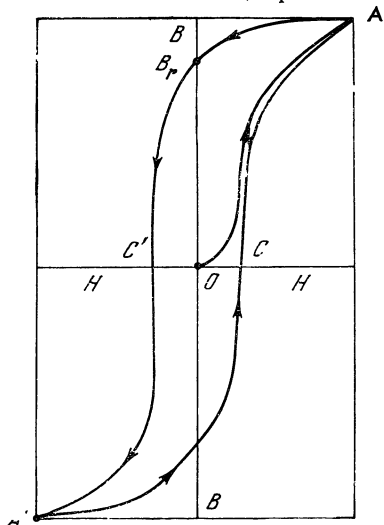
В этих работах Юинга было интересным то, что в них исследовались разные циклические операции. По возвращении из Японии Юинг опубликовал полученные им результаты в виде отчета «Исследования по магнетизму» в 9 главах¹⁴. Здесь было сформулировано определение понятия гистерезиса: «Если имеем два свойства M и N такого рода, что циклические изменения N вызывают цикли-

ческие же изменения M , а изменение M затем отстает от изменений N , то можно признать, что существует гистерезис между свойствами M и N ». В этом мемуаре была дана типичная кривая магнитного гистерезиса («петля») для мягкого железа (рис. 1). Юинг провел обстоятельное исследование явления намагничивания железа, применив

в качестве испытуемого образца проволоку. Одновременно с ним, но независимо от него вел свои исследования Джон Гопкинсон, опубликовавший полученные результаты в 1885 г. Он испытывал разнообразные образцы — кованные и литые стержни (но не проволоку!); состав металла тщательно исследовался, проводимость была измерена у тех образцов, которые могли представлять интерес для практики. Гопкинсона, занимавшегося постоянными магнитами, интересовала точка коэрцитивной силы (c' на графике; под этим подразуме-

вается напряженность магнитного поля, необходимая для уменьшения остаточной намагниченности до нуля); на ее величину он обратил особое внимание. Несколько позже, в 1887 г., Юинг разработал метод «перешейка» (isthmus method), позволивший усиливать намагничивание железа до очень высокого предела¹⁵. Метод этот получил такое название потому, что испытуемому образцу придается форма катушки для ниток с короткой и узкой средней цилиндрической частью; от каждого конца катушки отходит конус, располагающийся своим внешним основанием на полюсе. При определенной форме конусов можно добиться равномерного намагничивания средней части катушки.

В 1891 г. вышло в свет первое издание труда Юинга «Магнитная индукция в железе и других металлах»¹⁶, представлявшее значительный интерес. Для быстрого



1. Цикл намагничивания
мягкого железа

сравнения магнитных свойств образца с эталоном Юинг разработал схему моста магнитных проницаемостей. Вскоре после этого Юинг построил прибор для вычерчивания кривых намагничивания.

В 1890 г. Дюбуа применил оптический метод для исследования магнетизма железа, магнетита, кобальта и никеля в сильных полях с использованием эффекта Керра.

Таковы были научные и технические данные, известные Штейнмецу, когда он в 1890 г. непосредственно столкнулся с проблемой потерь вследствие гистерезиса в машинах и аппаратах.

Перебросить мост от этих глубоких научно-исследовательских работ к практике удалось именно Штейнмецу. Анализируя значительное число образцов железа с точки зрения соотношения между энергией, затраченной на гистерезис, и максимальной индукцией B_{\max} за один цикл, Штейнмец предложил эмпирическую формулу, которая не может быть использована, если намагничивание очень слабое или очень сильное, но может применяться вполне надежно как хорошее приближение к действительности в диапазоне намагничивания, обычно принятого в электротехнике. В этом диапазоне получается:

$$W = \eta \cdot B_{\max}^{1,6} \cdot f \cdot v \cdot 10^{-7} \text{ эрг/см}^3.$$

Здесь η — константа для каждого материала, именуемая коэффициентом гистерезиса; B_{\max} — максимальная магнитная индукция; f — число периодов в секунду, v — объем железа в кубических сантиметрах.

К этому обобщению, важному для практики, Штейнмеца привел следующий случай. Летом 1890 г. Эйкемейер и Штейнмец должны были построить однофазный коллекторный двигатель с компенсационной обмоткой. Данных для расчета потерь было еще недостаточно, но Штейнмец подозревал существование такого показателя для B_{\max} , при котором прямо получается численное выражение для потерь (в эргах или ваттах). Изыскивая путь к решению этой задачи, Штейнмец проанализировал данные о потерях на гистерезис по наблюдениям Э. Юинга. Применив метод наименьших квадратов, Штейнмец нашел, что показатель степени при B_{\max} должен быть очень близок к 1,6. Эту работу Штейнмец закончил осенью 1890 г. Он

готовился к докладу Американскому институту инженеров-электриков и применил результаты на работах в Йонкерсе, расширив одновременно масштабы опытов. В конце 1890 г. появилась первая публикация Штейнмеца на эту тему в журнале «Electrical Engineer», а в 1892 г. — в двух выпусках журнала A.I.E.E. Третья часть этой работы с большим количеством новых данных была доложена на сессии A.I.E.E. в мае 1894 г. («The Law of Hysteresis and the Calculation of Ferric Inductances» — «Закон гистерезиса и расчет ферроиндуктивностей») ¹⁷.

Изучая работы Штейнмеца в области магнетизма, мы имеем основание сказать, что из его рук инженеры получили «закон гистерезиса». Современному электрику трудно представить себе, какое влияние на электротехнику оказали эти работы. Машины и трансформаторы строились и ранее, до Штейнмеца, но это делалось на основе грубых эмпирических соображений. Электрики обладали знаниями, которые заключались в качественном понимании явлений, но были лишены верных представлений о количественных соотношениях. Кельвину принадлежат слова: «Нечто становится наукой, когда мы умеем это измерить». Штейнмец создал предпосылки и основания для расчета магнитных цепей, а это привело к созданию электрических машин с высокими коэффициентами полезного действия.

Переводы докладов Штейнмеца или его оригинальные статьи, посвященные «закону гистерезиса», появились во всей мировой электротехнической прессе. Все эти публикации доставили очень важный и полезный материал для практики; они стимулировали ученых к расширению работ по магнитным явлениям и действиям при перемагничивании. Юинг считал, что показатель 1,59 более точно соответствует данным, полученным им в опытах с листовым железом. Он пришел к выводу, что и показатель 1,6 применим как к материалам с хорошей магнитной проницаемостью, так и к прочим магнитным материалам. Опыты, проведенные Юингом и его ассистенткой Классен, подтвердили, что этот показатель с достаточной точностью подходит к самым различным образцам железа и стали ¹⁸. Доктор А. Кеннелли показал, что этот показатель приблизительно пригоден и для никеля ¹⁹. Флеминг, Эштон и Томлинсон дали такую же формулу применительно к кобальту ²⁰.

Коэффициент η , по опытам Штейнмеца, Юинга и других, для мягкого железа равен 0,002, для хорошей трансформаторной стали — 0,001. обстоятельные данные по трансформаторному и динамному якорному железу приведены в одной из последующих работ Юинга и других авторов²¹. Для облегчения пользования формулой Штейнмеца были даны номограммы и графики, получившие некоторое распространение на практике²².

Следует отметить, что попытки некоторых электротехников ослабить ценность выводов Штейнмеца, кончались полным провалом. Обычно такие попытки исходили от недостаточно компетентных лиц, делавших неправильные предпосылки в своих рассуждениях. Об одной из таких неудачных попыток хочется упомянуть, главным образом потому, что сведения о ней одновременно содержат подтверждение того, что формулу Штейнмеца приняли в свое время крупнейшие электротехники.

В журнале «Электричество» за 1897 г. (№ 18, стр. 254) была помещена рецензия, подписанная инициалами В. Л., на учебное руководство А. Л. Королькова «Переменные токи и трансформирование их» (СПб., 1897). Рецензент делает ряд замечаний относительно принятых автором допущений и его математических упрощений. В результате применения такой методики в своих рассуждениях А. Л. Корольков приходит к выводу, что энергия, затраченная на гистерезис, оказывается пропорциональной квадрату наибольшего тока и, следовательно, пропорциональна и B_{\max}^2 . Рецензент пишет: «До сих пор еще никем не было подвергнуто сомнению, что потери на гистерезис (по Штейнмецу) пропорциональны $B_{\max}^{1,6}$ (см., например: Карр, Transformatoren, II гл.; Fleming, Transformers, part I, p. 594). Формула Штейнмеца многими подтверждена на опыте, формула же г. Королькова не проверялась даже самим автором».

Штейнмец занимался исследованием того, какая форма кривой тока является наивыгоднейшей в том или ином практическом случае. Непосредственными измерениями он показал²³, что потери на гистерезис при заостренной кривой тока в среднем на 9% меньше в трансформаторах и зависят от B_{\max} , но не зависят от кривой намагничивания.

Проблема нагрева электрических машин и аппаратов оказалась связанной не только с явлениями магнитного

гистерезиса, но и с вихревыми токами. Еще до того, как обратили внимание на эффект гистерезиса, существовало мнение, что основным явлением, вызывающим нагрев электрических машин и аппаратов, следует считать именно вихревые токи. Первые практические подсчеты потерь в железе были произведены в 1885 г. на электромашиностроительном заводе Ганц и К° в Будапеште. Тогда еще не придавали значения явлению гистерезиса, поэтому были учтены только вихревые токи. К удивлению инженеров этой фирмы, оказалось, что действительные потери при испытаниях превосходили расчетные данные примерно втрое. Объяснить эти расхождения не могли. В 1887 г. Г. Капп выдвинул предположение, что в потерях на нагрев важную роль играет магнитная индукция. Штейнмец и Юинг подтвердили, что это соображение относится и к потерям на вихревые токи. Их опыты и расчеты показали, что потери на вихревые токи пропорциональны квадрату частоты. Штейнмец установил, что эти потери пропорциональны второй степени магнитной индукции B_{\max} .

В начале своей деятельности в США Штейнмец испытывал затруднения из-за того, что он плохо знал английский язык и потому с трудом поддерживал деловой контакт с товарищами по работе, не знавшими немецкого языка. Связь с ними осуществлялась благодаря любезной помощи Эйкемейера. Читать по-английски, и притом совершенно свободно, Штейнмец стал через несколько месяцев, но усвоение фонетики протекало значительно медленнее. Примерно через год «лингвистический барьер» был взят. Теперь Штейнмец уже мог посещать заседания Американского института инженеров-электриков (A.I.E.E.). Он стал членом этой научно-технической организации. Сначала он оставался только слушателем научных сообщений и дискуссий. Иногда его «подмывало» выступить с критическими замечаниями: некоторые сообщения казались ему недостаточно научными и слабо аргументированными. И вот наконец наступило время, когда скромный и молчаливый слушатель превратился в строгого критика и острого полемиста. Это произошло в связи с докладом Торнборна Рида на тему: «Реакция якоря в машинах переменного тока». Докладчик изложил свою теорию и дал математическую трактовку, отбросив в своем анализе явление влияния некоторых высших гармо-

нических (т. е. синусоидальных колебаний с частотами, кратными некоторой наименьшей частоте, являющейся основной). Штейнмец считал, что такое упрощение не может быть допущено, так как не позволяет охарактеризовать эффект полностью и достаточно точно для практических целей. Выступив на заседании А. И. Е. Е., Штейнмец утверждал, что отмеченная им особенность рассуждений и анализа докладчика «больше, чем недостаток»; это может привести к большим погрешностям. Анализ нужно вести по-другому. Штейнмец высказал также свои соображения о том, как надо исследовать данную проблему. Возражения Штейнмеца были серьезными и обоснованными, но докладчик указал, что новое предложение очень усложнит теорию, а для практики, по-видимому, не даст ровно ничего. Докладчик выразил также сомнение, возможно ли представить в удобопонятной форме все то, о чем говорил Штейнмец. «Пусть сам критик осуществит то, что предлагает!» Молодому Штейнмecu был публично брошен серьезный вызов. И он его принял. Здесь уже встал своеобразный вопрос научной «чести».

Нелегко было Штейнмecu, даже при его хороших математических знаниях, справиться с тем, что Т. Рид отбросил, не сумев, очевидно, решить задачу в полном виде. Потребовалось более месяца упорной работы, которая завершилась убедительным и неопровержимым доказательством справедливости мнения Штейнмеца. Спустя еще месяц на заседании Американского института инженеров-электриков вновь обсуждался вопрос о реакции якоря в машинах переменного тока. Перед аудиторией примерно того же состава, что и на докладе Рида, Штейнмец сделал сообщение по этому вопросу, которое было принято с одобрением. В конце заседания Рид поблагодарил Штейнмеца за ценное научное достижение.

Так Штейнмец стал известен научным кругам и передовым деятелям электротехнической промышленности. Связь с Американским институтом инженеров-электриков и близкое участие в его работах и конференциях не прекращались до последних дней жизни Штейнмеца.

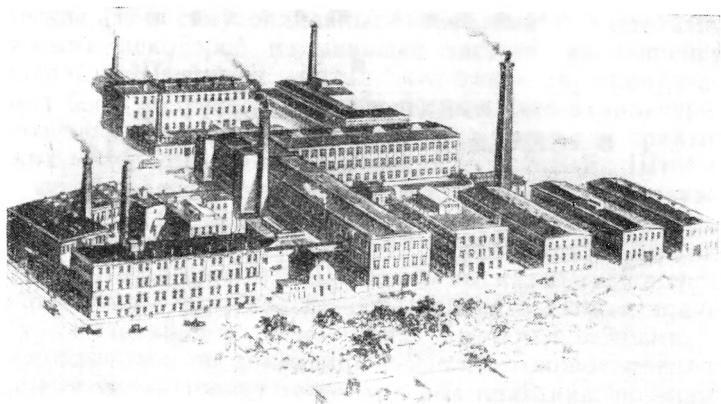
Г л а в а ш е с т а я



ПЕРЕХОД НА РАБОТУ В «GENERAL ELECTRIC COMPANY»

В 90-х годах XIX в. особенно отчетливо выявляются основные черты этой эпохи: развитие крупного производства, небывалая концентрация и централизация капитала и возникновение капиталистических монополий. Крупнейшие тресты впервые возникли в США. Среди монополий весьма видное место к концу XIX в. заняла «General Electric Company» (далее будем ее именовать G.E.C.) — крупнейшее объединение предприятий электротехнической промышленности и электроэнергетики.

Предпосылки подъема в электротехнике стали создаваться в 70-х годах, когда Грамм, Гефнер-Альтенек, Браш и другие конструкторы разработали достаточно совершенные для своего времени электромашинные генераторы, которые могли обеспечивать снабжение электроэнергией различных устройств для практического использования электричества. Дуговые лампы с регуляторами разных типов, в особенности электрические свечи П. Н. Яблочкова, получили заметное распространение для электрического освещения. При помощи их не сумели еще решить проблему электрического освещения в большом масштабе, однако удалось уже накопить известный опыт, выявить достоинства электрического освещения, которыми не обладали другие способы. В 1879 г. Эдисон довел конструкцию лампы накаливания до полной практической применимости. Это был переломный момент в истории электротехники, которая стала с тех

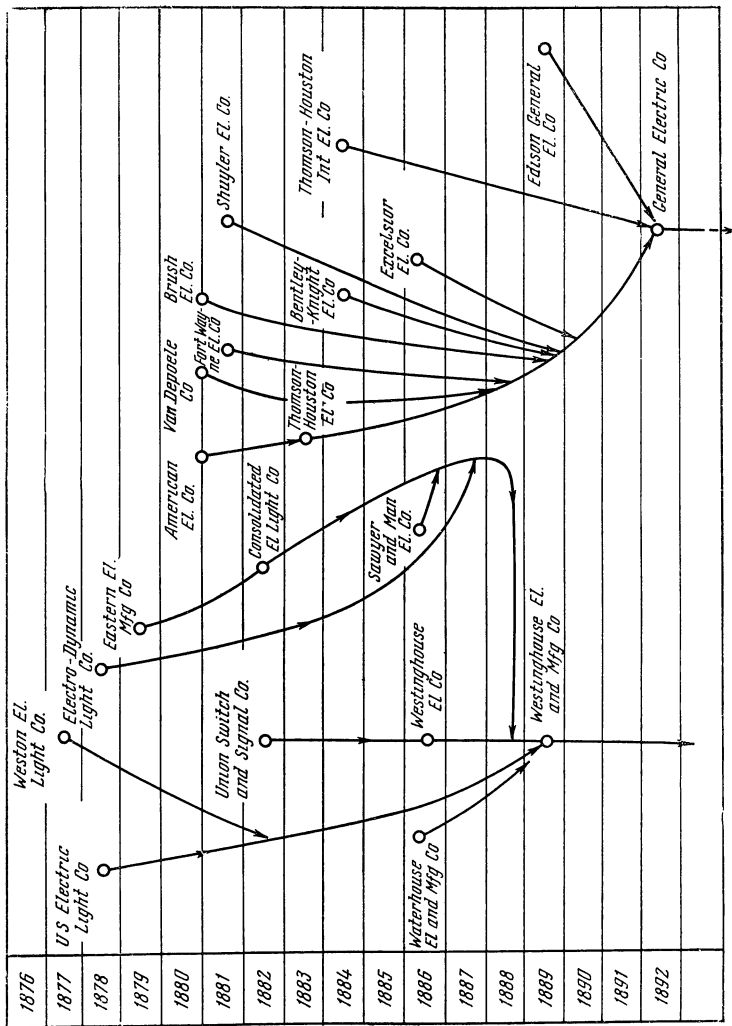


Общий вид завода Томсон-Хустон в г Линне (1892 г.)

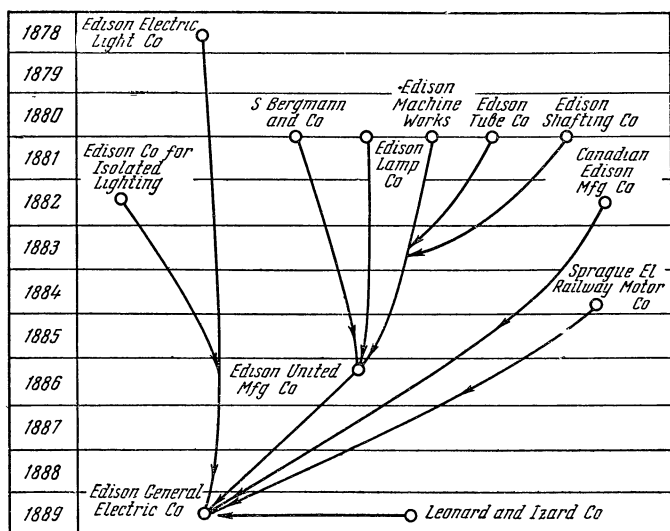
пор передовой отраслью, выявлявшей все в большей и большей степени способность внести коренные изменения в разные области производства, транспорта и быта.

Опишем вкратце последовательность возникновения производственных и коммерческих организаций в США. Бросается в глаза тот факт, что до 1878 г. таких организаций почти не было. Изобретатели дуговых ламп — Уэстон, Браш и другие вели производство в очень ограниченных масштабах. Несколько мастеровских изготовляли очень небольшое число генераторов для электроосветительных установок. Электрический привод применялся редко.

Рассмотрим схему (рис. 2) — развитие крупнейших электропромышленных компаний в США за период 1877—1892 гг., т. е. до возникновения Г.Е.С., и схему (рис. 3) — развитие электропромышленных предприятий Эдисона за период 1878—1889 гг. До 1880 г. как Эдисон, так и другие предприниматели владели небольшим числом предприятий, обеспечивавших потребности в электротехническом и осветительном оборудовании. Некоторые предприятия, специализировавшиеся в других областях техники, изготовляли в ограниченном масштабе электрические машины и другие электроизделия; к числу таких предприятий следует отнести завод Эйкемейера в Йон-



2. Развитие электропромышленных предприятий США (1877 — 1892 гг.)



3. Развитие электропромышленных предприятий Эдисона в США (1878—1889 гг.)

керсе, изготовлявший машины для производства шляп и, кроме того, выпускавший небольшое количество электрических машин.

Широкая демонстрация Эдисоном в 1879 и 1880 гг. системы электрического освещения лампами накаливания в Менло-Парке, а затем постройка и пуск в ход первой в мире электростанции для продажи электроэнергии потребителям (Перлстрит в Нью-Йорке) внесли большие изменения в деятельность электропредприятий. Начиная с 1880 г., как это видно из схемы II, число эдисоновских специализированных предприятий, производящих отдельные виды электроизделий и электрооборудования, возрастает. Эдисон контролирует некоторые посторонние (т. е. принадлежащие другим владельцам) предприятия, работающие исключительно для исполнения его заказов (например, S. Bergmann and Co.). За время с 1880 по 1889 г. происходит объединение отдельных предприятий Эдисона и присоединение к ним некоторых других предприятий (Sprague Electric Railway

Motor Co., Leonard and Izard Co.). Новых компаний Эдисон не создает, но расширяет масштаб производства уже существующих производственных предприятий. Концентрация производства Эдисоновских компаний к 1889 г. завершается организацией Edison General Electric Company, крупнейшего для своего времени электропромышленного объединения в США.

Нетрудно увидеть, что и вне компаний, которые контролировались Эдисоном, рост начинается с 1880 г. Помимо наиболее значительных компаний, существовало много электропромышленных предприятий с очень малым масштабом производства (на рис. 2 не отмечены). За период с 1880 по 1889 г. только две компании, кроме Edison General Electric Company, достигли заметных успехов в технической и коммерческой областях: это Westinghouse Electric Company, организовавшаяся в 1886 г. и поглотившая в 1889 г. ряд посторонних компаний, и Thomson-Houston Electric Company, созданная в 1883 г. и также поглотившая до 1889 г. ряд таких же компаний.

Таким образом в 1889 г., когда Штейнмец начал свою работу на заводе Эйкемейера в г. Йонкерсе, показатели американской электропромышленности и электроэнергетики определялись деятельностью трех крупных объединений: Edison General Electric Company, Thomson-Houston Electric Company и Westinghouse Electric and Manufacturing Company. Направления, в которых развивалась деятельность этих трех крупных объединений, в некоторой степени между собой различались.

В 1892 г. произошло объединение двух крупных американских электропромышленных компаний: создана General Electric Co. как преемница имущества и прав Edison General Electric Co. и Thomson-Houston Electric Co., имевшая вначале свою главную контору и основную производственную базу в г. Линн; кроме того, к ним присоединилось несколько более мелких электропромышленных компаний и предприятий, которые не могли конкурировать с возникшими мощными объединениями. К числу таких сравнительно небольших предприятий принадлежал и включенный в G.E.C. завод Эйкемейера, на котором в то время работал Штейнмец.



Томас Альва Эдисон

На 1 января 1893 г. акционерный капитал G.E.C. равнялся 35 млн. долларов, а через 30 лет — 1 января 1923 г., незадолго до смерти Штейнмеца, он составлял 184 млн. долларов. Торговые операции за этот период возросли с 12 млн. до 243 млн. долларов, число рабочих — с 4000 до 74 000, площадь производственных помещений — с 400 тысяч до 25 млн. кв. футов. Стоимость предприятий, принадлежавших G.E.C., в момент орга-



Илайю Томсон

низации этой компании составляла 4 млн. долларов, а в 1923 г.— 167 млн. долларов²⁴.

Мы приводим эти сведения для того, чтобы дать представление о неимоверно быстром росте масштаба Г.Е.С., росте, в некоторой мере связанном с тем, что внес в дело мастер математического анализа Ч. П. Штейнмец, которого не без основания прозвали «фонтаном новых идей».

Мы видим, таким образом, что предприятия ранней американской электропромышленности принадлежали компаниям, создавшимся на базе изобретений какого-либо отдельного лица или небольшой группы изобретателей. Крупный концерн Г.Е.С. был создан путем объединения отдельных промышленных организаций. Одна ветвь выросла на базе электротехнических работ Эдисо-

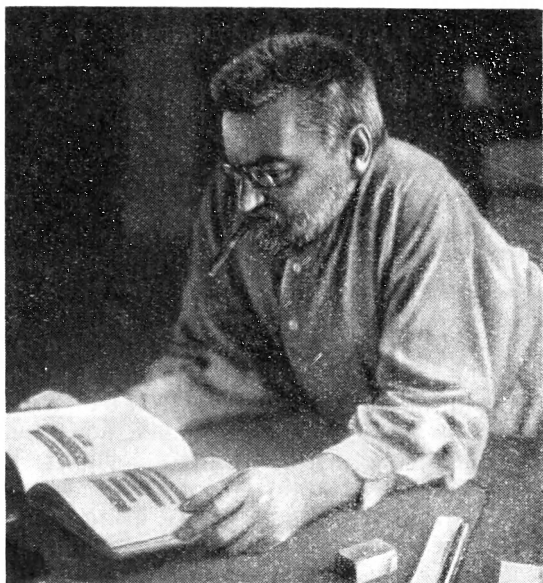
на. Предприятия Эдисона занимались главным образом распространением системы электрического освещения лампами накаливания и производством всего оборудования для установок этой системы. Другой ветвью были предприятия фирмы Томсон—Хустон. Эта компания была создана в 1883 г. для эксплуатации изобретений ученого электротехника и талантливого конструктора Илайю Томсона, удачно работавшего в области электрических машин и дуговых ламп. Группа капиталистов в г. Линне во главе с Чарлзом Коффином финансировала компанию. Начав свою деятельность с выпуска дуговых ламп, эта компания перешла позднее к производству электрических машин, в частности тяговых электродвигателей постоянного тока и оборудования для электрического транспорта. Компания Томсон—Хустон имела много патентов и накопила значительный производственный опыт. Так, в 1890 г. больше половины всех дуговых ламп, установленных в США, были изготовлены на заводе в Линне. Вместе с эдисоновскими предприятиями эта фирма доминировала в области электрификации транспорта.

Компания Вестингауза занимала в электропромышленности США третье место и в основном эксплуатировала изобретения Джорджа Вестингауза. В электротехнике работы этой компании начались тоже с осветительного дела; она владела лицензиями разных изобретателей на использование их патентов по освещению лампами накаливания (система Сойера—Мана) и дуговыми лампами. Но у компании Вестингауза было и самостоятельное направление деятельности: она приобрела право эксплуатации в США европейских патентов на однофазные трансформаторы и занималась устройством установок однофазного переменного тока и передачи электрической энергии на расстояние. Так, в 1886 г. сотрудник этой компании Уильям Стенли с успехом осуществил пробную систему переменного тока в Грейт Баррингтон, а в 1887 г. была оборудована первая промышленная установка переменного тока в г. Буффало.

В 1891 г. фирма Вестингауз стала даже более мощной, чем каждая из двух других ранее упомянутых крупных компаний, но слабее, чем эти две компании, взятые вместе.

Как уже было указано, в 1892 г. две фирмы — Эдисона и Томсон — Хустона объединились и образовали G.E.C. Такое объединение диктовалось несколькими соображениями. Обе эти фирмы занимали очень крепкие позиции в отношении патентов на лампы накаливания, электротяговое оборудование и дуговые лампы. Каждой из них трудно было выпускать высококачественную продукцию, не нарушая патентные права другой компании. При объединении и совместной работе обе фирмы могли избежать патентных споров и охватить все отрасли электропромышленности. Имело значение также и следующее обстоятельство: Эдисоновская компания к началу 90-х годов имела значительные запасные капиталы и не испытывала никаких затруднений в финансовом отношении; фирма же Томсон — Хустон очень нуждалась в дополнительных капиталовложениях, но не находила поддержки финансового мира. Слияние фирмы Томсон — Хустон с Вестингаузом было не столь желательным, потому что патентная ситуация у них была менее благоприятна. Имело в данном случае значение и то, что личные взаимоотношения между руководящими деятелями этих фирм были не вполне гладкими и иногда принимали конфликтный характер.

Первые годы существования G.E.C. прошли неблагоприятно для компании, так как экономический кризис 1893 г. вызвал резкое снижение продажи готовой продукции и убытки. Вообще 90-е годы, годы становления концерна, были тяжелыми; только с 1900 г. наметился подъем. К этому времени многие патенты стали общим достоянием вследствие истечения срока их действия. Некоторые изобретатели умерли, часть технического персонала перешла на другую работу. В результате экономического кризиса у многих инженеров появилось сомнение в том, можно ли в электропромышленности добиться вообще каких-либо коренных улучшений. Считали, что медь останется лучшим проводниковым материалом, сталь — лучшим магнитным материалом, угольная нить — наилучшей для изготовления тела накала в лампах; были уверены, что лучшего материала, чем уголь, для щеток в электрических машинах также не найти. Но были электротехники другого рода, полагавшие, что в электротехнике пока сделано очень мало, что можно сделать много нового и добиться коренных усо-



Штейнмец за работой (90-е гг.)

вершенствований. С такими мыслями продолжал упорно работать И. Томсон в Линне; с такими мыслями пришел в Г.Е.С. Штейнмец и начал свои блестящие научные изыскания и работу по техническому приложению результатов.

Интересные воспоминания о том, как началось знакомство представителей Г.Е.С. со Штейнмцем, оставил один из руководителей компании — Э. У. Райс²⁵. В 1893 г., когда создавалась Г.Е.С., нужно было провести ряд мероприятий с целью укрепления своего монопольного положения. Следовало либо «скупить» конкурирующие организации, либо задуть их в конкурентной борьбе. Хотя фирма Эйкемейера являлась весьма небольшой организацией, но она имела хорошую производственную репутацию. Г.Е.С. решила приобрести это предприятие и права на принадлежащие Эйкемейеру патенты. Для переговоров с Эйкемейером Райс посетил г. Йонкерс, где в первый раз встретился со

Штейнмецем. Первое впечатление Райса было неблагоприятным: наружность Штейнмеца не располагала. Райс, уже знавший о больших способностях и успешных работах Штейнмеца, испытал сначала чувство разочарования, которое, однако, исчезло лишь только началась их беседа. Штейнмец обнаружил энтузиазм, серьезность своих намерений и оригинальность понимания задач, стоящих перед электротехникой. Скоро у Райса создалась полная уверенность в том, что он имеет дело с выдающимся инженером и что для G.E.C. гораздо важнее привлечь к себе на работу Штейнмеца, нежели приобрести не очень сложное заводское оборудование и патенты Эйкемейера. Договориться с Эйкемейером о покупке его имущества не представляло трудностей. Но как быть со Штейнмецем? Ведь нельзя же внести его в инвентарный список Эйкемейера как ценную часть оборудования.

Штейнмеца не привлекало ни более высокое положение, которое он мог занять в G.E.C., ни более высокий оклад. Его интересовал другой вопрос: каковы будут условия для продолжения и развития интересовавших его работ? Удастся ли ему в новых условиях развивать свои технические и научные идеи и проводить новаторскую линию в построении электрических машин и аппаратов? Переход на работу в G.E.C. не предвещал в этом отношении какого-либо ухудшения. Наоборот, можно было рассчитывать на расширение возможностей и улучшение условий для решения важных задач и для самого тесного контакта теории с практикой. Едва ли не самой заметной фигурой в G.E.C. был Илайю Томсон, инициативный и широко образованный электротехник: он оказывал большое влияние на всю техническую политику концерна. Перейдя на работу в G.E.C., Штейнмец должен был чрезвычайно близко сталкиваться с Томсоном, и это могло принести молодому Штейнмecu огромную пользу. Штейнмец не замедлил с ответом. Он согласился перейти на работу в G.E.C. и переехать на новое место — в г. Линн, где находился головной электромеханический завод компании.

В 1893 г., когда Штейнмец вошел в число сотрудников G.E.C., в Чикаго открылась Всемирная выставка, на которой была весьма богато представлена мировая электротехника и энергетика. Среди посетителей выстав-

ки были крупнейшие электротехники всех стран, в том числе А. С. Попов и М. О. Доливо-Добровольский. Выставка помогла Штейнмецу получить представление о действительном состоянии электротехники в разных странах. Он ознакомился с большим числом машин и приборов, о которых ранее знал только по литературным источникам. Но, пожалуй, самым важным следствием его знакомства с выставкой и ее электротехническими экспонатами было то, что он стал самым ярким сторонником переменного тока и создания мощных электроцентралей и электропередач. Он без всяких сомнений стал на самый прогрессивный путь, который тогда еще только намечался в технике сильных токов.

Вернувшись после выставки в Линн, Штейнмец узнал, что Г.Е.С. переносит центр своей деятельности в новое место — город Скинектеди, штат Нью-Йорк. В этом небольшом городе, старейшем городе штата, должно было начаться строительство крупного завода — головного предприятия электротехнической промышленности. Намечалось построить предприятие, равного которому не было ни в США, ни в Европе. Однако строительство завода в 1893 г. только началось, а окончания его ожидали не ранее 1895 г. Штейнмецу предстояло около полутора лет жить и работать в Линне.

Жизнь Штейнмеца в Линне протекала в обычных и очень скромных условиях, в обстановке, которую вполне можно назвать спартанской. Он жил в небольшой, бедно обставленной комнате; для работы ему служил большой плотницкий стол, похожий на верстак. Комната освещалась жестяной керосиновой лампой, висевшей над столом. В выдвижных ящиках стола лежали его книги и тетради, а также все его небольшие пожитки. За столом хорошо чертить или вычислять: удобно пользоваться сразу несколькими книгами или журналами. Стол стоял перед окном, которое выходило в садик с несколькими деревьями. Из сада иногда доносилось пение птиц. Там играли дети, которых так любил Штейнмец.

Первые работы Штейнмеца в Линне являлись продолжением того, над чем он трудился у Эйкемейера. В частности, он занимался изучением явлений в трансформаторах и применял открытый им закон гистерезиса к процессам, происходящим в них. Еще работая у Эйкемейера, Штейнмец улучшил конструкцию трансформа-

тора. Теперь он занялся дальнейшим усовершенствованием машин и аппаратов. Он стал обучать своих помощников применению новых данных на практике. Победа переменного тока становилась несомненной. Крупнейшие электротехники были привлечены к проектированию грандиозной, по представлениям того времени, Ниагарской гидроэлектростанции. Она проектировалась как станция двухфазного переменного тока. Из Европы приходили все новые и новые сведения, подтверждающие распространение трехфазного тока после проведенного в 1891 г. знаменитого опыта электропередачи из Лауфена во Франкфурт на расстоянии 175 км, показавшей высокий коэффициент полезного действия.

Штейнмец концентрирует все внимание на вопросах, относящихся к технике трехфазного тока. Между тем среди электротехников США еще не утвердилось мнение о том, какой род тока должен преобладать на практике. Светило изобретательской мысли — Эдисон — был противником переменного тока. Прогрессивно мыслявшие электротехники склонялись на сторону переменного тока, но опасались, что не удастся освоить его в такой мере, чтобы он широко вошел в практику; закономерностей и особенностей переменного тока еще не знали, никаких расчетов, связанных с переменным током, вести не умели, да и не были подготовлены к правильному ведению их. Иногда инженеры пытались вести такие расчеты, но заходили в дебри неразрешимых уравнений. В то время, особенно после Всемирной выставки в Чикаго, было немало электриков с широким кругозором, которым переменные многофазные токи представлялись своеобразной землей обетованной для электротехники, но нужен был человек, который повел бы к ней электротехников.

Таким образом, ясно определилась самая важная, первоочередная задача: разработка вопросов теории и расчетов переменных токов. Штейнмец смело выдвинул на первый план именно ее. Так начался новый этап его деятельности, завершившийся важными результатами, интересными как с теоретической, так и с практической стороны.



СИМВОЛИЧЕСКИЙ МЕТОД И СОСТАВЛЕНИЕ УЧЕБНЫХ РУКОВОДСТВ

Начало 90-х годов прошлого века ознаменовалось рядом очень важных открытий в электротехнике, которые внесли существенные изменения в прогнозы того, как будет далее развиваться эта отрасль. Важнейшими и наиболее обещающими были работы, касавшиеся многофазных электрических токов. Лауфен-Франкфуртская электропередача 1891 г. трехфазным током напряжением от 15 до 28,3 киловольт на расстояние 175 км показала, что электроэнергетика последующих лет будет развиваться на основе использования трехфазного переменного тока, который открывал широчайшие возможности для концентрации производства электроэнергии, ее передачи на большие расстояния и обеспечения промышленности прекрасным электродвигателем, способным перевести весь силовой аппарат индустрии на электрическую основу. Техника переменного тока переживала полосу неожиданно начавшегося быстрого подъема, и некоторые электротехники ясно представляли себе эту тенденцию, хотя многие достаточно видные деятели еще не избавились от сомнений.

Штейнмец был в числе тех, у кого не было никаких сомнений в бесспорности прогресса техники переменных токов. Основное внимание он обратил именно на переменные токи и был уверен, что очень близок момент, когда недоверие к ним, а тем более пренебрежительное отношение исчезнут.

Нелегко было Штейнмecu отстаивать это свое убеждение. Можно отметить, что столп изобретательства по

электричеству, давший человечеству так много ценного, Томас Альва Эдисон являлся ярким противником переменного тока. Легко ли было Штейнмецу, тогда еще молодому электротехнику, сравнительно мало известному в США, выступать со статьями и докладами для доказательства того, что век постоянного тока приходит к концу? Руководствуясь не только первыми удачными свидетельствами действия систем и машин трехфазного тока, но и непреложными данными теории, Штейнмец начал эту борьбу.

Штейнмеца, конечно, поддерживали единомышленники. Но почти всем им была свойственна одна общая черта: как прогрессивные деятели электротехники они склонялись на сторону многофазных переменных токов, но серьезно опасались, что этот вопрос еще мало изучен, закономерности его не установлены, особенности действия не подмечены, расчетов цепей переменного тока производить еще не умели. Многие электротехники, признавая значительные преимущества переменных токов, считали, что в этой области следует соблюдать разумную осторожность.

Штейнмец вел упорную и настойчивую борьбу. И вел ее тактически правильно: не занимался словесной пропагандой трехфазного тока, а углубился в теорию его и основанные на ней расчеты. Дать в руки инженера надежное орудие — достаточное знание теории и умение применять ее при расчетах — вот что Штейнмец считал главным и на что направил свои силы.

В одной из статей, посвященных памяти Штейнмеца²⁶, подчеркнута его большая работа в области теории переменных токов. Там сказано: «Штейнмец был счастливцем, прожившим плодотворную жизнь благодаря своему выдающемуся интеллекту, способности ясно и логически рассуждать и природной склонности к чистой математике. Его успехи базировались на уверенности в пользе и необходимости применить эти сокровища к решению сложных проблем, с которыми сталкивается электротехник. Если бы Штейнмец был состоятельным человеком и жил у себя на родине, он несомненно отдался бы чистой математике; но тогда он стал бы известен ограниченному числу специалистов. Вместо блестящих и многочисленных трудов, которые он нам здесь оставил в наследство, он, вероятно, оставил бы

работ меньше, и они не получили бы распространения среди многих тысяч творческих личностей».

С самого начала своих работ в США Штейнмец столкнулся с тем, что многих лиц, пытавшихся вести расчеты цепей переменных токов, неизменно постигала неудача. Они бродили во тьме и среди бесчисленных препятствий. Для того чтобы от грубой эмпирики перейти к научно обоснованным методам и приемам, для того чтобы собрать обильные плоды, инженеру нужно было получить новое действенное орудие. Это орудие должно быть таким, чтобы электрик определенного уровня инженерно-технических знаний мог им овладеть. Предложенный Штейнмцем символический метод оказался именно таким орудием; он упростил исследование многих сложных явлений и благодаря этому очень быстро распространился, вошел во все учебники и стал базой, на которой формировались представления и знания инженера-электрика.

Символический метод является теперь основой для анализа и расчета цепей переменного тока. Расчет машин и аппаратов постоянного тока можно вести и с помощью элементарной математики. Но с переменными токами связаны такие новые явления, как реактивность, отстающие и опережающие токи, сдвиг фаз и др. Решать такие задачи можно только аппаратом высшей математики, которую, как правило, инженеры знали нетвердо и очень недостаточно. Штейнмец правильно оценил существующее положение. Он понял, что переменные токи можно успешно анализировать при помощи комплексных чисел. Предложенный им символический метод основан на применении комплексных чисел к расчетам. Он всегда считал разработку этого метода самым крупным вкладом, который он сделал в теоретическую электротехнику. Этот метод оказался точным и быстрым, доступным для каждого инженера. Он прочно закрепился, и его в дальнейшем развивали многие ученые.

Комплексные числа после работ Штейнмеца получили новое направление использования; интерес к ним возрос. Ранее, до введения символического метода, для анализа явлений переменного тока пользовались векторными диаграммами, при помощи которых достигались наглядность и известное упрощение расчетов, но во многих случаях точность не была достаточной и не всегда полу-

чалось основание для широких обобщений. Штейнмец предложил выражать векторы комплексными числами, а это привело к тому, что геометрические операции над векторами были заменены алгебраическими действиями над комплексными числами. При этом удалось не только сохранить простоту, свойственную векторным диаграммам, но и достигнуть высокой точности расчетов. Правда, нельзя не отметить, что математически выраженные соотношения, получаемые при символическом методе, не дают полной наглядности, но они чрезвычайно удобны для практических расчетов. Следует упомянуть, что символический метод, как, впрочем, и метод векторных диаграмм, применим к цепям, в которых электродвижущие силы и силы тока являются синусоидальными функциями времени.

В одном из наших фундаментальных руководств по теоретическим основам электротехники²⁷ рассмотрение применения символического метода к расчету цепей переменного тока сопровождается интересными выводами, характеризующими большие преимущества этого метода: «Изображая синусоидальные функции комплексными числами, можно от линейных интегро-дифференциальных уравнений перейти к линейным алгебраическим уравнениям, дающим связь между комплексными амплитудами или комплексами действующих значений тока и электродвижущей силы... Особенно ярко преимущества изображения синусоидальных функций времени комплексными числами сказываются в тех случаях, когда амплитуда или действующие значения этих функций сами являются функциями расстояния от некоторой точки, с чем, в частности, придется встретиться при длинных линиях. В этих случаях изображение синусоидальных функций времени комплексными числами дает возможность перейти от уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям, решение которых значительно проще».

Представляет интерес в историческом разрезе вопрос о мнимых и комплексных числах. Уже в далекое от нас время люди сталкивались с необходимостью извлекать корень из отрицательных чисел. Такую операцию произвести не могли и считали, что задача, решение которой приводит к такой невозможной операции, неразрешима. Такого рода взгляды удерживались вплоть до середины

XVI в., когда были сделаны заметные достижения в решении уравнений третьей степени. Такими уравнениями очень интересовались и, наконец, в 1535 г. итальянский ученый Николо Тарталья нашел решение уравнений вида $x^3 + mx + n = 0$. Он не опубликовал его, надеясь написать большой трактат по алгебре, украшением которого должен быть специальный раздел, посвященный уравнениям третьей степени.

Другому итальянскому ученому, миланцу Кардано удалось хитростью выпытать у Тарталья решение и описать его в своем трактате по алгебре²⁸. Тарталья, которому алгебра обязана замечательным решением, был забыт, а предложенный им метод нахождения корней уравнения третьей степени вошел в математику под названием «карданова решения». Известный историк элементарной математики Ф. Кеджори писал: «Кардано был хорошим математиком, но связывать его имя с решением уравнений третьей степени — грубая историческая ошибка и большая несправедливость к гению Тарталья»²⁹.

В своих математических трудах и особенно в упомянутом выше трактате по алгебре Кардано обращает серьезное внимание на мнимые корни уравнений, в то время как в более ранних сочинениях он их отвергал как невозможные. Интересно отметить, что в этом сочинении Кардано занимается решением такой задачи: «Разделить число 10 на две части, произведение которых равнялось бы 40». Он находит ответ: $(5 + \sqrt{-15})$ и $(5 - \sqrt{-15})$, что показывает, что за мнимыми корнями он уже признает не только право на существование, но и такую роль, которую не могут выполнить действительные числа, положительные или отрицательные.

Эти работы были продолжены в трудах Р. Бомбелли (1572 г.), который придал комплексному числу выражение $a + bi$, где $i = \sqrt{-1}$.

Долгое время к комплексным числам относились как к чему-то необычайному, почти сверхъестественному; такое отношение проявляли даже некоторые крупные математики, в том числе Лейбниц³⁰.

Л. Эйлер нашел зависимость $e^{i\varphi} = \cos \varphi + i \sin \varphi$, которая затем получила чрезвычайно большое значение в теории функций комплексного переменного.

Только К. Ф. Гауссу удалось преодолеть сопротивление против введения мнимых чисел. Благодаря его трудам и авторитету мнимое число $i = \sqrt{-1}$ заняло в математике равноправное место наряду с действительными числами. В 1831 г. Гаусс предложил наименование «комплексное число» для чисел вида $a + bi$. Введение в математику мнимых чисел значительно обогатило эту науку и расширило возможности ее приложений. Гаусс дал геометрическую интерпретацию комплексных чисел³¹.

Все эти предшествующие научные данные Штейнмец положил в основу своих работ; он сделал много дополнений, показав, как пользоваться функциями комплексных чисел для анализа и расчетов синусоидальных переменных токов, и дал новое направление этому делу. Один из руководителей Г.Е.С., Э. У. Райс опубликовал после смерти Штейнмеца статью с краткой исторической справкой об обстоятельствах перехода Штейнмеца на работу в Г.Е.С. и с оценкой того, что Штейнмец сделал для электротехники²⁵. В этой статье отмечалось, что разработка и внедрение символического метода — огромная заслуга Штейнмеца. Действительно, это был громадной значимости вклад в методы теоретической электротехники и в расчеты цепей переменного тока.

Очень часто бывало и бывает в истории науки и техники, что в высшей степени важные идеи или плодотворные соображения высказывались одними учеными, подвергались глубокой научной обработке другими и нередко закреплялись для практического использования третьими. В связи с этим для беспристрастной оценки значения того, что сделал Штейнмец в разработке символического метода, следует ознакомиться с историей вопроса.

Представляет интерес письмо профессора А. Э. Кеннелли³², явившееся откликом на упомянутую статью Э. У. Райса. Приводим (с небольшими сокращениями) это письмо, датированное 28 декабря 1923 г.

«Дорогой г. Райс! Я с интересом и удовольствием прочел Вашу статью „Ч. П. Штейнмец...“ на стр. 796—799 журнала „General Electric Review“ за декабрь 1923 г. (№ 12, т. XXVI). Я восхищен трудами покойного доктора Штейнмеца и сердечно присоединяюсь к общей дани уважения к его заслугам. Тем не менее на стр. 797

есть одно утверждение, которое вкралось по недосмотру и которое я хочу отметить, поскольку Ваши публикации имеют такой вес и авторитет среди инженеров. Ваша статья приписывает д-ру Штейнмецу открытие применений комплексных чисел для решения задач переменного тока. Никто не может отрицать, что д-р Штейнмец очень много способствовал развитию и применению метода комплексных чисел для исследования этих проблем. Но факты показывают, что не он был инициатором или первооткрывателем этого метода.

Я полагаю, что первое применение комплексных чисел и их векторной арифметики к задачам технологии было опубликовано мною в статье об импедансе, представляющей изложение моего доклада 18 апреля 1893 г. (см. „Transactions of the A.I.E.E.“, апрель 1893 г., т. X, стр. 175—216). До этого момента комплексные числа, я думаю, были известны только математикам в качестве ветви чистой математики. Оператор $\sqrt{-1}$ был хорошо известен, а Беделль и Кригер называли его „j“ в своей книге „Переменные токи“, опубликованной в марте 1893 г. Но, насколько мне известно, тогда комплексные числа для расчетов не применялись. В упомянутой моей статье (апрель 1893 г.) я указал на распространимость закона Ома и на цепи переменного тока при условии применения метода комплексных чисел... Доктор Штейнмец не присутствовал на собрании в Нью-Йорке, когда я делал упомянутый доклад; опубликованная же дискуссия содержит на стр. 227 и 228 его замечание, из которого, как я понимаю, видно, что опубликованный мною метод был для него новым применительно к переменным токам. Так что, если я не ошибаюсь, сам д-р Штейнмец признал мой приоритет в этом вопросе.

Первая работа д-ра Штейнмеца по этому вопросу была доложена Международному конгрессу в Чикаго в августе 1893 г. под названием „Complex Quantities and their Use in Electrical Engineering“ (Комплексные числа и их применение в электротехнике) и напечатана в „Proceedings of the International Electrical Congress, A.I.E.E.“ (1894, стр. 33—74 и 24—25). В этой замечательной и классической статье он значительно расширяет метод и показывает прежде всего, что метод включает также законы Кирхгофа. В своей статье он не касается истории

вопроса, но он несомненно был осведомлен о моей апрельской статье.

Доктор Штейнмец сделал так много для развития применений комплексных чисел, что совсем неудивительно то, что по общему мнению он инициатор их применения и что он впервые ввел их в электротехнику (курсив наш.—Л. Б.). Одна американская книга приписывает Штейнмecu даже открытие для переменного тока как закона Ома, так и закона Кирхгофа. По отношению к закону Кирхгофа каждый допустит, что это так.

Дискуссия по этому вопросу не может обойтись без ссылки на статьи О. Хевисайда, которые обеспечили значительный прогресс нашим знаниям о переменном токе. До 1893 г. он в статьях не пользовался ни векторными представлениями, ни комплексными числами, но, без сомнения, приближался к ним (Electrical Papers, by O. Heaviside, Mc Millan, Lond., 1882, v. II, p. 355 в главе «Об операторах сопротивления и активной проводимости и их производных, индуктивности и электрической емкости, в особенности в связи с электрической и магнитной энергией»). Там дается определение понятия «полное сопротивление», но без применения векторных представлений и комплексных количеств.

В заключение я надеюсь, что изложенное в этом письме никоим образом не должно рассматриваться как умаление действительно громадной ценности журнальных статей д-ра Штейнмeca о переменном токе. *Он сделал так много, что больше и не нужно было делать* (курсив наш.—Л. Б.).

Приведенное письмо показывает, что незадолго до того, как Штейнмец представил свой доклад («замечательный и классический», как его оценивает А. Кеннелли), была опубликована статья А. Кеннелли о применении комплексных чисел для теории переменных токов. Таким образом, есть полное основание признать, что ряд ценных соображений по данному вопросу возник у А. Кеннелли и что он сделал их достоянием гласности, опубликовав довольно обстоятельную статью. Однако сам А. Кеннелли признает, что Штейнмец сделал так много в области разработки методов применения комплексных чисел для решения проблем переменного тока, «что больше и не нужно было делать». А это означает, что главное в этой области было разработано и предло-

жено для использования при решении практических задач Ч. П. Штейнмецем. Этому ни А. Кеннелли, ни другие математики или электротехники никогда не оспаривали.

Итак, наука и техника получили в 1893 г. именно из рук Штейнмеца в высшей степени важное и почти незаменимое орудие для достижения больших успехов в только что зарождавшейся технике многофазных переменных токов.

В адресе, врученном Ч. П. Штейнмецу в 1902 г. в связи с окончанием срока его пребывания в звании президента Американского института инженеров-электриков, было сказано: «Весь будущий прогресс в науке и технике зависит от молодого поколения, но самым важным для обеспечения непрерывного прогресса является надлежащая подготовка поля для деятельности этого поколения». Труды Штейнмеца, в особенности те, которые были направлены на более быстрое и значительное повышение уровня научных и теоретических знаний инженера-электрика, представляют собой ценнейшее сокровище, оставленное будущим поколениям этим выдающимся ученым, который личным примером тесного сочетания прогрессивной теории с передовой практикой оказал благотворное влияние на направление, в котором должно развиваться образование инженера-электрика.

Задача Штейнмеца заключалась не только в том, чтобы дать в руки инженера метод, являющийся важным орудием для прогресса. Нужно было научить людей правильно пользоваться этим орудием. Еще будучи инженером в отделе технических расчетов в Линне, Штейнмец стал обучать молодых инженеров математике и именно тем ее разделам, которые особенно важны для электриков. Позднее такие занятия продолжались в Скинектеди, куда переехала основная масса специалистов из Линна; к ней присоединилось большое число новичков, которых Штейнмец назвал «сырыми», пока они не укрепляли в должной мере свою научно-техническую подготовку. Это были как раз те годы, когда продолжало распространяться электрическое освещение и выявилась тенденция к расширению применения электропривода. Техническая мысль развивалась в направлении строительства электрических станций и электропередач. То, что Штейнмец внес в эту область, как нельзя более отвечало насущной потребности времени. Но одних

учебных занятий с младшими товарищами по работе, занятий без учебных руководств было недостаточно. Подход к различным вопросам теории и расчета у Штейнмеца был совершенно оригинальным, и слушатели не сразу воспринимали то, чему он хотел научить их.

Для того чтобы сделать символический метод и другие разделы математики более доступными и предельно понятными, необходимо было издать учебные руководства. Штейнмец немедленно приступил к этой важной работе, и уже в 1897 г. вышел в свет его первый труд «Theory and Calculation of Alternating Current Phenomena» («Теория и расчет явлений переменного тока»). Это и было именно то руководство, в котором излагались основы символического метода и его применение для целей расчета цепей переменного тока. Эта книга стала основным учебным пособием для американских студентов-электриков и настольным руководством для инженеров, работающих в области электромеханики и электроэнергетики. В 1916 г. вышло пятое дополненное издание книги, что свидетельствует о широком распространении ее. Отдельные вопросы, включенные в это руководство, были Штейнмцем затем значительно развиты и дополнены. Вслед за пятым американским изданием (1916 г.) вышли отдельные монографии на темы этой книги: «Alternating Current Phenomena» («Явления при переменном токе»), «Theory and Calculation of Electric Circuits» («Теория и расчет электрических цепей») и «Theory and Calculation of Electrical Apparatus» («Теория и расчет электрических аппаратов»), все в 1917 г. В 1900 г. появился перевод книги на немецкий язык (в двух томах)³³, а в 1903 г. — французский перевод³⁴. Таким образом, основные идеи Штейнмеца по расчету цепей переменного тока стали доступными широкому кругу электротехников во всем мире.

Занимаясь составлением этой книги, Штейнмец отдавал себе отчет в том, что она нужна большому кругу электротехников; но он понимал, что столь же необходимо и руководство, в котором излагались бы теоретические основы электротехники. Оно должно было бы быть вводным научным трудом для всех, кто занимается электротехническими вопросами. Вскоре (в 1901 г.) он издает такой обобщенный вводный курс под названием «Theoretical Elements of Electrical Engineering» («Теоре-

тические основы электротехники»). В первом издании книга была рекомендована как введение к ранее вышедшему труду «Теория и расчет электрических цепей», но в последующих изданиях (пятое издание вышло в 1915 г.) она приобрела характер обобщающего труда. Это действительно было одно из первых руководств по теоретическим основам электротехники. В 1903 г. был опубликован авторизованный перевод книги на немецкий язык под названием «Theoretische Grundlagen der Starkstromtechnik»³⁵.

В предисловии к книге «Теория и расчет электрических цепей» автор указал, что первая часть («Общая теория») представляет собой материал, который излагался в систематическом вводном университетском курсе. Во второй части приводится ряд статей автора, посвященных машинам постоянного и переменного тока, трансформаторам и другим практическим вопросам электротехники; в статьях указывается, как следует применять теоретические положения для понимания процессов, происходящих в различных электротехнических устройствах.

Некоторые специалисты, недостаточно подготовленные к тому, чтобы изучить содержание этой книги, отнеслись к ней с большой осторожностью. В рецензии на нее³⁶ отмечалось, что теоретические положения, обобщенные Штейнмецем,— вполне зрелые, приводимые им примеры подобраны правильно, однако наряду с этим указывалось, что книга не вполне пригодна для широкого круга электриков. Но это мнение не разделяли опытные электротехники, проявив к книге большой интерес.

В 1910 г. Штейнмец опубликовал руководство «Engineering Mathematics» («Техническая математика») с изложением ряда математических вопросов, знание которых необходимо инженеру. Как показывает само название («Техническая математика», т. е. математика для инженера), это сочинение имело целью помочь инженерам усвоить математические методы, без которых уже тогда не мог обойтись специалист электротехник. В предисловии автор подчеркивает, что хорошее знание математики необходимо каждому инженеру, в том числе и инженеру-электрику. Для последнего, однако, некоторые разделы математики имеют особо важное зна-

чение (алгебра комплексных чисел, экспоненциальные и тригонометрические ряды и пр.), но они не всегда соответствующим образом трактуются в обычных учебниках математики или в руководствах по анализу и аналитической геометрии. В результате этого инженер-электрик, даже обладающий хорошим математическим образованием, нередко может оказаться в затруднении вследствие незнания этих разделов математики. Что касается студентов, приступающих к изучению теоретической электротехники, то без знания этих специальных разделов математики они не смогут полностью понять теорию переменных токов. В «Технической математике» Штейнмец собрал воедино все эти разделы математики и снабдил их примерами из электротехнической практики; здесь соответствующие разделы были разработаны гораздо обстоятельнее, чем в его первой книге «Теория и расчет явлений переменного тока»; а примеры для иллюстрации выбраны очень удачно. Третье издание руководства вышло в 1917 г. В течение последующих 40 лет книга не переиздавалась; в электротехнике появилось много нового, трактовка некоторых явлений существенно изменилась. Тем не менее рассматриваемая книга Штейнмеца не оказалась ни лишней, ни забытой. В 1957 г. в США была издана книга Ф. Л. Элджера «Математика для науки и техники»³⁷. В предисловии автор говорит: «Эта книга возникла в связи с моим восхищением методами преподавания, которые применял доктор Штейнмец, и особенно на основе моей высокой оценки его книги „Техническая математика“, которая выдержала три издания с 1911 по 1917 г. Моя книга построена по тому же плану и включает примерно половину материала оригинальной книги Штейнмеца. Я особенно старался сохранить ясное изложение раздела о комплексных числах и показать их полезность для интерпретации разных физических явлений. В этом отношении моя книга является как бы мостом, переброшенным между Штейнмцем и Габриэлем Кронем, тензорные методы которого (генерализованная теория комплексных чисел) получили большое значение в электротехнике. Первые семь глав в моей книге почти такие же, как у Штейнмеца».

О книге Штейнмеца «Техническая математика» можно смело сказать, что она была первым сочинением

в своей области и сыграла значительную роль в повышении теоретической подготовки инженера-электрика.

Ф. Л. Эджер во введении отмечает, что, по мнению Штейнмеца, комплексные числа служили для измерения, а не только для подсчетов. Каждое число было комплексным $(x + yi)$, обозначающим точку на плоскости, а не только точку на линии, т. е. x . Поэтому в каждом числе он одновременно имел дело с двумя измерениями, а полученные им числовые ответы были «фазами», а не просто отвлеченными числами. Таким путем круговые, гиперболические и экспоненциальные функции становились взаимозаменяемыми и превращаемыми одна в другую посредством подстановки jx вместо x .

В своих докладах и публиковавшихся на их основе статьях Штейнмец развивал отдельные вопросы, связанные с символическими представлениями в теории переменных токов. Большое внимание обратил на себя его доклад «Symbolic Representation of General Alternating Waves of double Frequency Vector Products» («Символическое представление векторных произведений волн переменного тока двойной частоты»), сделанный 26 июня 1899 г. на годичном съезде Американского института инженеров-электриков³⁸.

В докладе представлено развитие символического метода для точного рассмотрения цепей со сложными гармоническими колебаниями, которые не могут быть точно представлены при помощи эквивалентных синусоидальных колебаний, как, например, цепи, заключающие дугу, либо реактивные катушки с перенасыщенными магнитными цепями, линии высокого напряжения, в которых максимальная разность потенциалов превосходит напряжение, при котором возникает кистевой разряд и др. Выведенные Штейнмцем формулы показывают, что реактивная мощность у первой гармоники является опережающей, у третьей равна нулю, а у пятой она будет отстающей. Штейнмец установил, что резонансное действие в определенных пределах не зависит от величины высших гармоник; поэтому действительная емкость конденсатора не может быть даже приблизительно определена измерением напряжения и тока при наличии высших гармоник и значительной амплитуды, если последовательно с конденсатором не

будет включено большое активное или реактивное сопротивление.

В прениях по докладу отмечалось, что Штейнмец объяснил некоторые, ранее непонятные явления действием гармоник. Указывалось, что применение символического метода для анализа ряда очень сложных процессов открыло новые возможности и коренным образом изменило направление математического образования инженера-электрика.



РАБОТЫ ПО СВЕТОТЕХНИКЕ

В те годы, когда молодой Штейнмец начал свою новаторскую работу в «General Electric Company», светотехника являлась главнейшей и, по существу, самой обширной областью применения электрической энергии. Строительство электрических станций и электропередач, а также электромонтажная техника развивались в основном в таких направлениях, чтобы обеспечить все более и более широкое распространение электрического освещения. Развитие светотехники способствовало решению многих задач, относящихся к использованию электроэнергии и в других целях. На фабриках и заводах, где устраивалось электрическое освещение, сейчас же начинались попытки применения электрической энергии и для других целей, особенно для привода машин и механизмов, средств внутризаводского транспорта и др.

До появления электрической лампы накаливания в том конструктивном исполнении, которое ей придал Т. А. Эдисон, для целей освещения имелся лишь один тип источника света, питаемого электроэнергией,— дуговые лампы. По своему характеру они были пригодны либо для освещения открытых пространств, либо более или менее обширных помещений, допускавших большую высоту подвеса лампы. Только электрические свечи, т. е. безрегуляторные дуговые лампы, изобретенные П. Н. Яблочковым (1876 г.), были пригодны для освещения небольших помещений; появление этого источ-

ника света рассматривалось как предпосылка к тому, чтобы электрическое освещение стало широко применяться и для обычных внутренних помещений, в частности жилых.

Электрические свечи были очень неудобны в эксплуатации: пара электродов испускала свет только примерно 1½ часа, после чего требовалось заменить перегоревшую свечу. Вторичное зажигание свечи было невозможно. В силу этого электрические свечи не получили широкого распространения. Было вполне закономерно, что вскоре после появления на рынке лампы накаливания Эдисона электрическая свеча Яблочкова применяться перестала.

Дуговые лампы с автоматическими регуляторами широко применялись в 90-х годах прошлого века для наружного освещения (мы не будем здесь касаться применения их в прожекторной технике). Они были одним из самых крупных приемников электроэнергии, вырабатываемой на станциях. В последнем десятилетии прошлого века и в первом десятилетии нынешнего еще были значительно распространены дуговые лампы, а поэтому их совершенствование не прекращалось. Можно констатировать, что работы над дуговыми лампами, несмотря на расширявшееся применение ламп накаливания, на рубеже XIX и XX веков даже усилились. Этому легко найти объяснение. Во-первых, лампы накаливания были маломощными (наиболее крупные из них соответствовали по световому потоку современным лампам на 40—60 ватт) и потому непригодными для освещения городских улиц, проездов и площадей. Во-вторых, производство ламп накаливания было почти полностью монополизировано и сосредоточено на предприятиях Эдисона, дуговые же лампы изготавливались на очень большом числе конкурировавших между собой предприятий. Кроме того, совершенствование дуговых ламп обуславливалось конкуренцией не только между этими предприятиями, но и с предприятиями, изготавливавшими лампы накаливания.

Дуговые лампы с электромагнитными регуляторами впервые появились в середине 40-х годов прошлого века³⁹. Введение автоматического регулятора (Аршро, 1847) очень упростило эксплуатацию дуговых ламп, и появилась надежда на их распространение, что при

ручном регулировании дуги было весьма проблематичным. Усовершенствование дуговых ламп во второй половине XIX в. шло по двум направлениям. Сначала занялись разработкой более совершенных регулирующих схем и устройств. Кроме электромагнитных механизмов, для регулирования стали применять часовые механизмы, грузы, противовесы и т. п. В этих работах стремились решить еще одну важную электротехническую проблему: возможность включать в цепь, питаемую одним источником тока, произвольное число дуговых ламп для одновременной совместной работы («разделение электрического тока»). Сначала были созданы последовательные и параллельные (по отношению к дуге) регуляторы, но они не допускали «разделения электрического тока». На смену им пришел «дифференциальный» регулятор, изобретенный известным русским электротехником В. Н. Чиколевым в 1869—1879 гг.

Одна из важных проблем дугового освещения заключалась в том, чтобы решить, как выгоднее всего включать дуговые лампы в сеть. Лампы постоянного тока требовали напряжения для работы дуги примерно 40—42 вольта (не считая падения напряжения в балластном сопротивлении), а на электростанциях вырабатывали и подавали в сеть ток напряжением 100—120—220 вольт. В американской практике принято было, главным образом, последовательное включение ламп в цепь при постоянной силе тока (при питании как постоянным, так и переменным током).

На дуговые лампы было выдано огромное число патентов⁴⁰, но вплоть до конца XIX в. они, за редкими исключениями, относились только к конструкции самой лампы и к системам регулирования дуги.

Когда эта сторона проблемы дугового освещения получила достаточно хорошее разрешение, внимание было обращено на эксплуатацию дуговых ламп и на экономику светового хозяйства такой системы в целом. В этом направлении весьма важно было снизить частоту смены углей в дуговых лампах (их приходилось менять почти ежедневно!). Этот дефект дуговых ламп сильно увеличивал эксплуатационные расходы, так как для обслуживания парка установленных дуговых ламп требовался большой вспомогательный штат.

В 90-х годах еще не существовало ламп накалива-

ния с интенсивным световым потоком, поэтому дуговые лампы применялись чаще. Однако прогресс в области ламп накаливания шел очень быстро, и было ясно, что на рынке появятся более мощные типы этих ламп. Тогда для существующих, а тем более для проектируемых осветительных установок с дуговыми лампами могли возникнуть весьма неблагоприятные условия.

В 1844 г. известный французский физик Л. Фуко предложил отказаться от древесных углей для получения дуги и изготавливать угольные стержневые электроды из ретортного угля — угольной массы, осаждавшейся и затвердевавшей на стенках реторт и камер для сухой перегонки дерева, каменного угля и т. п. Ретортный уголь отличался большой плотностью, в нем практически отсутствовали воздушные включения; он полностью очищался от многих примесей в самом процессе своего отложения и представлял собой наиболее чистую угольную массу. Естественно, что скорость выгорания электродов из ретортного угля была меньше. Этот материал для изготовления электродов вошел в практику и применялся с разными присадками, а технология изготовления его совершенствовалась с ростом спроса на уголь⁴¹.

С начала 90-х годов ученые и техники вплотную занялись разработкой таких типов ламп и углей, которые не требовали бы почти непрерывного обслуживания ламп для смены электродов. Это был новый этап в развитии дугового освещения, который привел к интересным решениям, но лишь отсрочил явное поражение освещения дуговыми лампами в схватках с освещением лампами накаливания.

Для того чтобы яснее представить себе, при каких условиях Штейнмец приступил к работам по усовершенствованию дуговых ламп, следует вкратце напомнить, через какие основные этапы прошла борьба за удлинение срока службы угольных электродов и связанное с этим уменьшение числа замен электродов.

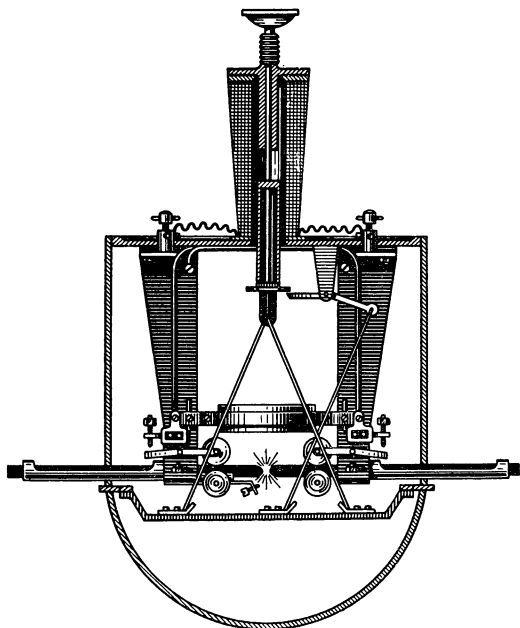
Вначале в дуговых лампах применялись электроды из чистого угля, т. е. без специальных присадок; угольная дуга горела в воздухе, поэтому такие лампы назывались лампами с открытой дугой. Для удлинения интервала между заменами углей существовало несколько способов. Делали значительно более длинные

электроды и располагали их горизонтально по одной линии; примером такой конструкции может служить лампа на рис. 4, изготовлявшаяся в Германии фирмой Сименс и Гальске, в которой угольные стержни по мере выгорания могли вдвигаться внутрь лампы. Строили «магазинные» лампы, в которых в особой камере устанавливалось несколько добавочных положительных и отрицательных электродов для замены выгоревших; образец такой «магазинной» лампы представлен на рис. 5. Нельзя не отметить, что в таких лампах усложнялись механизм регулирования и вся конструкция лампы. Изготавливали лампы с «передвижной дугой» (рис. 6). Электроды в них имели большее поперечное сечение и обеспечивали более продолжительное горение углей до замены их. В лампах с «передвижной дугой» электроды перемещаются друг относительно друга не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлении, так что дуга как бы скользит по щели между электродами. В процессе работы таких дуговых ламп выявился их недостаток: нижний электрод сильно экранировал дугу, и под лампой получалась большая слабоосвещенная зона: правда, лампа могла действовать без смены электродов около 100 часов.

Однако ни одна из конструкций открытых дуговых ламп не давала достаточно хороших результатов. Убедившись, что подобное направление совершенствования дуговой лампы бесперспективно, изобретатели стали применять другие методы, прежде всего — ограничение доступа воздуха к самой дуге при ее горении. Так появились дуговые лампы с закрытой дугой.

Опыты заключения дуги в замкнутое пространство вели Гроув (1840—1845), Деларив (1845), Буссиньо (1845), Депрец (1849) и др. Позднее, уже в 80-х годах, фирма Сименс и Шуккерт экспонировала дуговую лампу с закрытой дугой; однако она не была еще вполне разработанной и в практику не вошла. Только американцу Уильяму Джандесу (Jandus) из Кливленда (штат Огайо) удалось построить в 1893 г. хорошую дуговую лампу этого типа. Он затратил восемь лет упорного труда совместно с видными светотехниками Марксом и Хоуордом. В лампе Джандеса (рис. 7) дуга действовала внутри двух концентричных стеклянных колпаков; внутренний колпак, окружавший дугу,

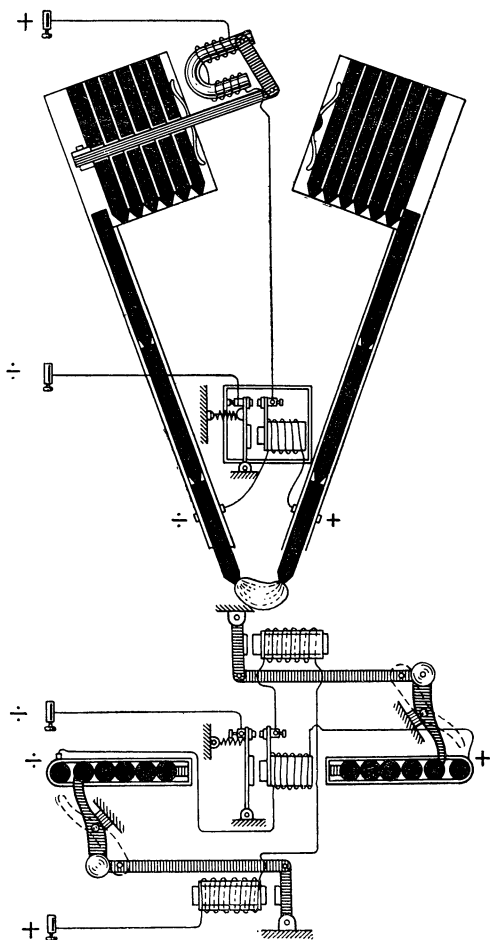
чаще всего делался опаловым, и на его внутренней поверхности отлагались продукты сгорания в виде белого налета. Поглощение света внутренним колпаком и слоем налета вызывало уменьшением световой отдачи. Наружные шары таких ламп являлись только защитным



4. Дуговая лампа системы Сименс и Гальске с удлиненными горизонтальными угольными электродами

покровом и изготовлялись из бесцветного стекла. В результате оказалось, что расход углей снизился почти в 20 раз, издержки по уходу за лампами уменьшились в 8 раз, распределение света получилось более равномерным, но световая отдача лампы была на 30—50% ниже прежнего; кроме того, внутренние колпаки часто лопались, и работа лампы нарушалась.

Лампа с закрытой дугой вызвала интерес не только в США, но и в Европе. В 1896—1897 гг. профессор Веддинг провел испытание этой лампы⁴², показавшее све-

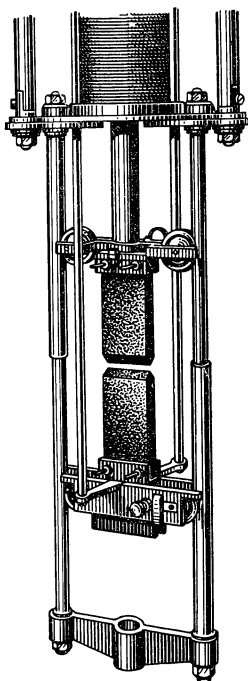


5. Схема магазинной дуговой лампы
с угольными электродами

тотехнические достоинства ее; она требовала замены электродов не ранее, чем через 100 часов, что было очень важно. Лампа давала излучения, богатые фиолетовыми и ультрафиолетовыми лучами, и поэтому получила распространение как генератор актиничных излучений, например для фотографических целей, светокопировки, светотерапии и т. п. Вначале на нее возлагались большие надежды, на практике, однако, не оправдавшиеся. К недостаткам дуговых ламп такого типа относятся: неспокойная работа вследствие большой длины дуги и отсутствия кратера, невысокая световая отдача при питании постоянным током. Хотя эксплуатационные расходы для таких ламп снижались, расход электроэнергии возрастал.

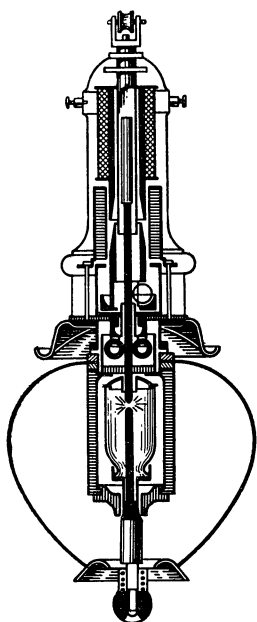
Существенным шагом вперед в области дугового освещения явились предложенные немецким электротехником Г. Бремером лампы с «пламенной» другой, которые демонстрировались на Всемирной Парижской выставке 1900 г.

Научные открытия К. Ауэра фон Вельсбаха и В. Нернста показали, что световой коэффициент полезного действия пламенных источников зависит не только от их температуры, но и от некоторых селективно излучающих веществ, которые могут дать значительный добавочный световой поток при температуре более низкой, чем температура испарения угля. А. Блондель при исследовании влияния таких присадок на излучение установил, что наиболее благоприятные результаты получаются при использовании щелочноземельных веществ, особенно фтористого кальция. Эти данные использовал Бремер, когда в 1898 г. приступил к опытам. Особенности этой



6. Лампа с подвижной дугой между массивными пластинчатыми электродами

дуговой лампы было то, что ее электроды пропитывались солями кальция и размещались под углом один к другому; дуга при этом удлинялась примерно в четыре-пять раз, и объем светящейся системы был в два-три раза



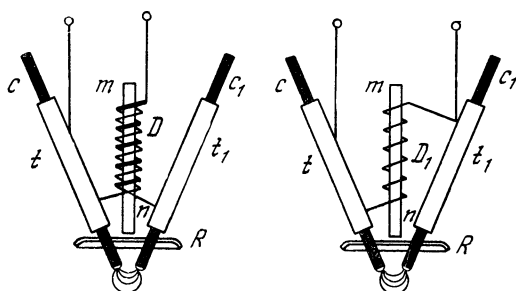
7. Дуговая лампа
Джандеса с закрытой
дугой

больше объема дуги для той же мощности при чистых угольных электродах. Кратера в таких лампах не было: вместо него имелся небольшой яркий участок испарения. На рис. 8 схематически показаны дуговые лампы Бремера: слева — с дифференциальным регулятором, справа — с шунтовым регулятором. Пропитанные угли C и C_1 вкладываются в латунные трубки t и t_1 , образующие между собой угол около 20° . Нижние концы электродов проходят через отверстия в железном эмалированном белом отражателе R (впоследствии он был заменен шамотным). Так как дуга, образующаяся при таком расположении электродов, будет стремиться подниматься вверх вместе с потоком нагретого воздуха, то для ее удержания между концами углей используется магнитное поле, создаваемое электромагнитом mn . Для зажигания дуги в лампе имеется осо-

бое пусковое приспособление (на схеме не показано), которое снижает угли до соприкосновения, а затем разводит их для образования дуги. Это же приспособление сближает угли по мере выгорания.

Вогнутый отражатель над дугой несколько замедлял сгорание углей, так как преграждал нагретому воздуху путь вверх, поэтому накаленные концы электродов оказывались в зоне, сравнительно бедной кислородом. В зависимости от характера примесей мог изменяться и цвет излучений (соли кальция придают излучениям золотисто-желтый оттенок, соли стронция — красноватый, соли бария — зеленовато-белый).

В 1902 г. Бремер усовершенствовал конструкцию своей лампы, и она стала довольно широко применяться для наружного и рекламного освещения; для внутренних помещений она не годилась, так как при горении выделялась копоть. Лампа этого типа получила название пламенной дуговой лампы, а пропитанные угли, применявшиеся в ней, назывались «эффектными». В окончательном конструктивном исполнении пламенные ду-



8. Схема дуговых ламп Бремера
с шунтовым и с дифференциальным
регулятором

говые лампы имели несомненные достоинства, прежде всего высокую световую отдачу (примерно в два-три раза выше, чем у ламп с закрытой дугой и с чистыми угольными электродами), отсутствие окалины на концах электродов после гашения дуги (это достигалось присадкой соединений бора и фтора). Однако пламенным дуговым лампам были присущи и недостатки. Дуга в них была менее спокойной и выделяла некоторое количество копоти; электроды сгорали за 10 часов. Таким образом, создавая экономию в расходовании электроэнергии, она не снижала расходов по обслуживанию. Последнее обстоятельство оказало существенное влияние на распространение ламп этого типа. В Европе, где рабочая сила была сравнительно недорогой, пламенные дуговые лампы оказались в общем вполне экономичными, и их стали широко применять. Убедившись в целесообразности принципа работы этих ламп, крупнейшие германские электротехнические

фирмы — Вайнерт, Сименс и Гальске, «Всеобщая компания электричества» — начали строить пламенные дуговые лампы. Во Франции и Англии они также вызвали большой интерес. Но в Соединенных Штатах, при существовавшей тогда высокой заработной плате, применение пламенных дуговых ламп в таком исполнении, как в Европе, оказалось невыгодным. Необходимо было искать новые решения, при которых характеристики ламп и условия эксплуатации их соответствовали бы особенностям США. Этим требованиям удовлетворяла магнетитовая дуговая лампа, созданная Ч. П. Штейнмецем при участии У. Уитни, директора исследовательских лабораторий G.E.C., и инженера К. Хольворсона, специалиста по наружному освещению и световой сигнализации. Магнетитовая дуговая лампа была разработана в 1902 г., а с 1903 г. поступила в эксплуатацию. К началу нашего века в Соединенных Штатах для наружного освещения в основном применялись последовательно включенные дуговые лампы; в значительно меньшем количестве использовались лампы накаливания. Созрела неотложная необходимость отыскать пути дальнейшего усовершенствования дуговых ламп, так как в установки наружного освещения были вложены большие средства, а переход от дуговых ламп к лампам накаливания, который через некоторое время мог стать возможным, должен был потребовать больших расходов на переоборудование всей системы канализации тока. Штейнмец реалистически расценивал конъюнктуру, и его заинтересовала проблема — усовершенствовать дуговые лампы так, чтобы они соответствовали как общим электротехническим и светотехническим требованиям, так и особенностям их эксплуатации в США.

Штейнмец начал работы в своей личной лаборатории, которая находилась в том же доме, где он жил (в Скинектеди). Он проводил здесь долгие часы, но считал, что это «развлечение, а не работа». Он много экспериментировал с углями, которые нужны были для дуговых ламп, и с угольными щетками для электрических машин постоянного тока.

Испытывая различные дуговые лампы, он констатировал, что они не так уж сильно изменились с того времени, как впервые вошли в практику. Ни один из конструкторов дуговых ламп не отходил от угольных

электродов исчерпав по существу почти все возможности их усовершенствования. Штейнмец занялся другими материалами, которые можно было использовать для изготовления электродов. К концу 1900 г. его опыты почти полностью сконцентрировались на магнетитовых электродах с присадками. Магнетит — широко распространенный минерал, одна из наиболее распространенных железных руд; химический состав его $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. При прибавлении к магнетиту окиси титана получался более яркий свет, чем от угольных электродов в одинаковых условиях. Но для установления оптимального количественного соотношения магнетита и окиси титана нужно было провести множество опытов. Дело в том, что каждая из компонент имела свои достоинства и недостатки; нелегко было установить ту наилучшую пропорцию, при которой достоинства каждой компоненты в смеси превосходили их недостатки.

С момента создания исследовательской лаборатории Г.Е.С., размещенной сначала в небольшом деревянном здании, опыты над магнетито-титановыми электродами были сосредоточены там. Штейнмец настолько увлекся этой проблемой, что не прерывал опытов и в своей личной лаборатории. В лампе нового типа менялась и форма дуги: при угольных электродах дуга имела два острия и впадину между ними, в магнетитовой лампе дуга имела призматическую форму и распространялась от конца одного электрода до края другого. В дуге между угольными электродами основным источником излучений был кратер, а в магнетитовой лампе — сама дуга, раскаленная добела. Именно это обстоятельство очень заинтересовало Штейнмеца и Уитни. Недостаток такой дуги заключался в том, что если она при прекращении питания гасла, то не могла быть восстановлена. Исследуя работу магнетитовых электродов, Штейнмец наблюдал, что при прекращении питания верхний электрод опускается на нижний, как и при угольных электродах, но так как магнетит раплавляется, оба электрода крепко пристают один к другому. Поэтому, когда ток снова будет пропущен, регулятор не сможет раздвинуть электроды: ток будет протекать по замкнутой цепи, и дуга не образуется. Это явление не наблюдалось при угольных электродах, так как точка плавления угля выше, чем магнетита.

Центром производства дуговых ламп в G.E.C. был завод River Works в Линне; техническим руководителем этого завода был К. Хольворсон, видный специалист в области дугового освещения. Поэтому Штейнмец привлек его к работам над новой лампой.

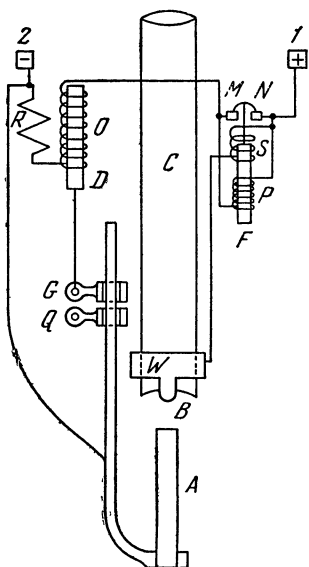
Хольворсон приступил к такой модификации регулирующего механизма, при которой электроды с прекращением питания автоматически разводились бы и автоматически же сводились при включении тока. Этого удалось достигнуть, но имелось еще много других затруднений, которые следовало преодолеть. Очень существенным было то, что магнетит сравнительно легко расплавлялся и капли расплавленного железа, затвердевая по пути, падали с верхнего электрода и пробивали защитный колпак лампы. Это повторялось бесконечно и при опытах под каждой магнетитовой лампой приходилось непрерывно заниматься уборкой битого стекла. Сотни колпаков были перебиты, и стало ясно, что применять магнетитовые электроды трудно. Источником неприятностей служил верхний электрод, поэтому на него обратили основное внимание. Попробовали использовать разные электроды: верхний — из чистой меди, нижний — из магнетито-титановой смеси. Опыты дали превосходные и совершенно неожиданные результаты: трудности, которые вызывались расплавлением верхнего магнетитового электрода, исчезли; световой поток не изменился, несмотря на то, что расходовался только один электрод. Медный стержневой электрод почти не расходовался, так что его нужно было заменять примерно раз в три года. Этот электрод можно было заключить в стальную цилиндрическую оболочку для предохранения его поверхности от нежелательного окисления.

Новые затруднения возникли в связи с тем, что при горении дуги из магнетита выделяются дым и очень густые коричневого цвета пары; осаждаясь на внутренней поверхности колпака, они поглощали заметную часть светового потока. Пришлось устроить внутри лампы вытяжную трубку из железа, через которую пары и дым удалялись в окружающую атмосферу, а специально устроенные на лампе экраны препятствовали тому, чтобы ветер загонял эти выделения обратно в лампу.

Скоро (в 1902 г.) лампа получила окончательное конструктивное решение: магнетитовый (нижний) электрод представлял собой тонкостенную стальную трубку, в которую была впрессована под большим давлением смесь из магнетитового порошка с примесью окиси титана. Смесь этих ингредиентов очень тщательно перемешивалась, чтобы образовалась совершенно однородная масса. Перемешивание осуществлялось посредством длительного слабого встряхивания смеси при помощи механических приспособлений. Срок действия магнетитового электрода — до 350 часов.

На рис. 9 представлены: *A* — нижний (отрицательный) подвижный электрод; *B* — верхний (положительный) неподвижный медный электрод; *W* — ребра для охлаждения верхнего электрода. При замыкании цепи питания ток проходит от зажима *1* через контакты *M* и *N* и сильный соленоид *O*, сопротивление *R* к другому зажиму *2*. Соленоид выталкивает вверх сердечник *D* и при помощи зажима *G* поднимает нижний электрод *A* и приводит его в контакт с верхним электродом *B*, вследствие чего цепь замкнется от зажима *1* через сериесную катушку *S*, электроды *B* и *A* до зажима *2*. Катушка *S* вытолкнет вверх сердечник, разомкнет контакт *MN* и шунтовую цепь *OR*. Тогда соленоид *O* обесточится, опустит сердечник *D* и зажим *G* до упора *Q*, нижний электрод отойдет от верхнего и образуется дуга.

Если в связи с выгоранием электрода *A* длина дуги увеличится, на дуге будет более высокое напряжение, шунтовая обмотка *P* усилит свое действие, оттянет сердечник *F* из сериесной обмотки *S* и возбудит соленоид *O*. В результате этого нижний электрод *A* будет



9. Схема магнетитовой дуговой лампы Штейнмеца

подтянут к верхнему B и т. д. Лишь только дуга восстановится, как действие соленоида S прекратится, сердечник F опустится, в контактах MN замкнется шунтовая цепь OR .

Магнетитовая лампа работает в сети с постоянной силой тока 4 или 6,6 ампер при напряжении около 75 вольт на зажимах лампы.

В начале 1903 г. стали готовиться к организации массового производства магнетитовых дуговых ламп. Однако неожиданно возникли препятствия. Некоторые из деятелей G.E.C. считали, что сразу начинать массовый выпуск — дело рискованное. Следует еще тщательнее проверить все на опытной установке, для чего рекомендовалось изготовить 50 ламп и передать их Штейнмецу для опробования в реальных условиях. Возражать было, по-видимому, бесполезно, и Штейнмец согласился провести в Скинектеди показ установки для освещения улиц дуговыми лампами. Установка была осуществлена. Приятный голубоватый свет этих ламп вызвал всеобщее одобрение, а эксплуатация опытной установки убедила всех, что найдено прогрессивное и экономически целесообразное решение проблемы. В 1904 г. магнетитовыми лампами Штейнмеца была оборудована система наружного освещения в г. Джексон, штат Мичиган, а затем такие лампы стали устанавливать и в других городах, заменяя ранее действовавшие дуговые лампы. Лампа получила в США название «luminous arc lamp». Интересно отметить, что когда вскоре для наружного освещения г. Бостона потребовались более интенсивные лампы, то они были без особых трудностей созданы путем повышения содержания титана в массе магнетитового электрода.

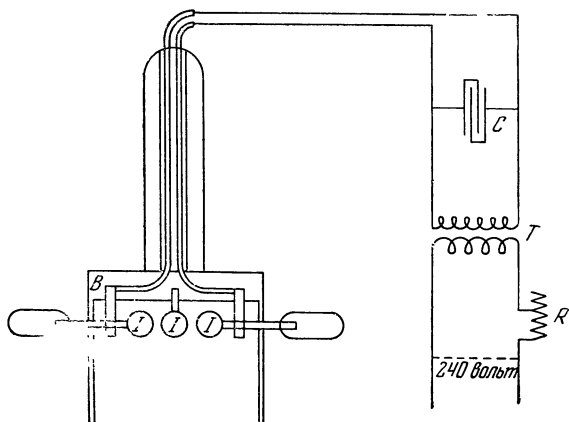
Магнетитовыми лампами Штейнмеца освещались многие города США более 20 лет со дня их изобретения. Световая отдача магнетитовой дуги доходит до 25 люмен на ватт, в среднем она составляет 18 люмен на ватт. Эта лампа работает только при постоянном токе, обычно в длинных цепях с последовательным включением. В каждой цепи имеется ртутный выпрямитель; постоянная сила тока в цепи обеспечивается применением особых трансформаторов, стабилизирующих напряжение, имеющих две обмотки, подвижные одна относительно другой.

В Европе магнетитовые лампы не получили распространения; известны только две установки: в Турине на выставке и на морском канале в г. Кан во Франции.

Магнетитовая лампа Штейнмеца была одним из последних этапов развития дуговых источников света для наружного освещения. В последующие годы некоторые конструкторы вновь вернулись к лампам с угольными электродами, усовершенствовав электромеханические детали регуляторов. Интенсивно велась разработка специальных типов дуговых ламп, например прожекторных и для киносъемок. В США магнетитовые лампы отсрочили переход на осветительные лампы накаливания для уличного освещения. Большие средства были вложены в распределительную систему с ртутными выпрямителями и аппаратурой для автоматического поддержания силы тока. В середине 20-х годов начали демонтировать магнетитовые дуговые лампы и заменять их лампами накаливания (на 6,6 и 20 ампер), специально построенными для этой цели. В цоколе каждой такой лампы находилось особое приспособление для замыкания цепи, если лампа перегорала; благодаря этому вся цепь последовательно включенных ламп (кроме перегоревшей) могла продолжать нормально функционировать.

В области светотехники Штейнмец работал не только над дуговыми лампами; он интересовался также вопросами, связанными с газоразрядными лампами и лампами накаливания. Известно, что световые явления при электрическом разряде в разреженных газах наблюдались в самом начале периода изучения гальванического тока: В. В. Петров в 1802 г. наблюдал явление тлеющего разряда при прохождении тока в разреженном воздухе под колпаком воздушного насоса. Но после этого в течение многих лет ученые занимались лабораторными работами по исследованию разряда в разных газах и газовых смесях. Было замечено, что введение кусочков или порошков люминесцирующих веществ в разрядные трубки способствует особому свечению. На это указал Э. Беккерель в 1859 г.⁴³ Однако, обнаружив новые возможности светотехники, он придал этим наблюдениям очень мало значения и патента не взял, так как понимал, с какими чрезвычайными для того времени трудностями связано практиче-

ское использование открытого им эффекта, в частности при отсутствии надежных и экономических генераторов электрического тока. В таком положении этот вопрос оставался до конца прошлого века, когда Ч. П. Штейнмец взялся за решение задачи о составе излучений разных источников света, в том числе ртутных ламп и некоторых типов импульсных ламп. Штейнмecu нужно



10. Схема импульсной лампы Штейнмца

было построить мощный источник ультрафиолетовых излучений. Эту задачу он решил, создав импульсную лампу, названную им дуговой лампой ультрафиолетовых излучений⁴⁴ (рис. 10). На схеме показаны три стальных шара I (диаметром около 10 мм), установленные на изоляторе B, причем средний шар закреплен неподвижно, а крайние могут перемещаться относительно среднего и образовывать зазор разной величины (полезный рабочий зазор около 5 мм). Источником излучений здесь должны быть искры в промежутках. Лампа через конденсатор C присоединялась к небольшому повысительному трансформатору T, который мог давать ток мощностью около 200 ватт, напряжением до 15 000 вольт. Трансформатор со стороны низкого напряжения присоединялся к сети переменного тока напряжением 240 вольт и частотой 60 герц. При работе этой лампы получались искровые разряды в зазорах, представлявшие собой колебания частотой около

500 000 герц, причем несколько таких разрядов происходило за каждый полупериод тока, которым питалось устройство. Поэтому конечный визуальный эффект был таким, что воспринимался как непрерывное явление.

Как источник ультрафиолетовых излучений эта лампа была удачным устройством, но ее излучения в видимой части спектра оказались маломощными и применение ее для осветительных целей — совершенно нецелесообразным. Штейнмец обратил внимание на то, что мощность ультрафиолетовых излучений очень значительна. Интересуясь проблемами освещения, он выдвинул следующий вопрос: нельзя ли превратить каким-либо образом ультрафиолетовые излучения в видимые? Для того чтобы добиться этого, он обратился к веществам, которые называл «частотными преобразователями излучений». Он поместил под шарами кусок виллемита (природного силиката цинка) — зеленовато-серого минерала; при разрядах минерал интенсивно люминесцировал под действием ультрафиолетовых излучений. Если между виллемитом и шарами находилась шайба из обыкновенного стекла, люминесценция прекращалась из-за непрозрачности стекла для ультрафиолетовых лучей. Если же стекло заменяли толстым куском селенита (разновидность кристаллического гипса), обнаруживалось лишь очень незначительное ослабление люминесценции, так как селенит хорошо пропускал ультрафиолетовые лучи. Поместив кусочки виллемита в обычную лабораторную пробирку, Штейнмец не обнаружил люминесценции при возбуждении ультрафиолетовыми лучами. Эффект был очень сильным, когда облучению подвергали те же кусочки виллемита, помещенные в трубку из плавленого кварца.

Опыты Штейнмеца позволяют сделать некоторые выводы. Прежде всего лампа ультрафиолетовых излучений, построенная Штейнмцем, была одной из первых, а возможно самой первой из импульсных ламп, интерес к которым усилился лишь в последние 25 лет; между современными импульсными лампами и описанной лампой Штейнмеца имеется различие в излучателе, но идея разряда конденсатора для получения излучений у Штейнмеца была разработана полностью.

Еще более важна другая особенность работы Штейнмеца. Он впервые применил на практике для

исправления цветности излучений такие вещества, которые теперь называются люминофорами. В других своих опытах, производившихся с ртутной лампой в качестве источника света⁴⁵, Штейнмец испробовал такие вещества, как анилиновые красители родамин 6G, родамин R и уранин, растворы которых обнаруживали сильную люминесценцию (оранжевого, красного и зеленого цвета). В своих многочисленных опытах Штейнмец установил, что сульфид кальция, кальцит и виллемит не флуоресцируют, если не содержат небольшого количества примесей.

В 1902 г. Штейнмец подал во Франции патентную заявку⁴⁶ на изменение цветности излучений, испускаемых ртутными трубками, при помощи люминесцирующих веществ, как, например, родамин и др. Эти вещества должны наноситься на наружную поверхность разрядной трубки либо на колпак, в котором она заключена. Штейнмец указал, что исправление цветности излучений ртутной лампы может быть достигнуто в известной степени установкой на некотором расстоянии от ртутной трубки отражателя, покрытого родамином. Спустя несколько лет, в 1910 г., во Франции изобретатели Юрбен, Фейж и Клер Скаль подали заявку на устройство, состоящее из трубки Гейслера с разреженным газом, на внутреннюю поверхность которой при помощи клейкого вещества наносился сульфидный люминофор⁴⁷. Однако ни патент Штейнмеца, ни патент Юрбена, Фейжа и Клер Скаля не нашли применения и фотолюминесцентная лампа тогда не была построена. Следует признать, что это изобретение в те годы не могло быть с успехом реализовано. Это, однако, не уменьшает значения работ Штейнмеца как пионера люминесцентного освещения.

Штейнмец не разрабатывал конструкции ламп накаливания и их технологию, но его интересовали вопросы излучения вольфрама, характеристики ламп с вольфрамовой нитью и другие физические проблемы, с которыми тесно связаны лампы накаливания, а также общие технические проблемы электрического освещения. Его статьи по этим вопросам были довольно многочисленны⁴⁸. Они касались энергетических характеристик ламп с вольфрамовой нитью, экономики превращения электрической энергии в световую, коэффициента полез-

ного действия источников света и т. п. Интересно отметить, что в результате многочисленных экспериментов Штейнмец пришел к следующему выводу: между удельным потреблением вакуумной лампы с вольфрамовой нитью и напряжением подведенного к ней тока существует зависимость: $\omega = 0,0235 U^{1,6}$, где ω — удельное потребление ватт на свечу, U — подводимое напряжение. Эта формула внешне напоминает выражение для потерь на гистерезис, данное Штейнмцем ранее.

В 1915 г. Штейнмец был избран президентом Американского светотехнического общества; это свидетельствует о том, что его работы по вопросам светотехники ценились высоко. В своей речи на одном из собраний общества, озаглавленной «Прогресс освещения», он сделал прогноз того, каковы должны быть пути совершенствования лампы накаливания. Он сформулировал следующие направления: 1) снижение тепловых потерь в лампе путем наполнения колб возможно менее теплопроводными газами, имеющими сравнительно малую теплоемкость; 2) изыскание более тугоплавких, чем вольфрам, веществ, и превращение их в нити высокого сопротивления; 3) изыскание таких селективно излучающих материалов, у которых максимум энергии излучения приходился бы на среднюю часть видимого спектра.

С того времени, когда Штейнмец высказал эти соображения, прошло полвека. Работы по усовершенствованию ламп в указанных Штейнмцем направлениях действительно велись. Были достигнуты большие успехи по наполнению ламп различными газами, улучшены свойства вольфрамовых нитей, что привело к повышению коэффициента полезного действия. Но проблема отыскания новых более тугоплавких и селективно излучающих материалов для изготовления нитей решения не получила. К тому же теперь значительный интерес уделяется люминесцентным лампам, которые постепенно начинают занимать все более и более заметное место в практике, в то время как интерес к усовершенствованию ламп накаливания несколько ослабел.

Штейнмец интересовался решением практических задач освещения и сигнализации в новых областях, в частности в области авиационной светотехники. Ему принадлежит идея вращающегося аэродромного маяка,



*Дом Штейнмеца в Скинектеди на Wendell Avenue
(на переднем плане в пристройке лаборатория светокультуры)*

под его руководством были построены и испытаны первые экземпляры этого важного прибора, получившего широкое распространение.

Штейнмец очень любил животных. После переезда из Линна в Скинектеди он совместно с братьями Берг — также сотрудниками G.E.C., нанял дом и завел общее хозяйство. Братья оказались также большими любителями животных. Во дворе были построены загоны и клетки. Первыми здесь появились два енота, которых поймали в близлежащем лесу. На участок прилетали две вороны; Штейнмец кормил их с рук и приручил. Стоило ему только появиться во дворе, как вороны усаживались к нему на плечи. Если окно спальни Штейнмеца, выходившее во двор, было открыто, они садились на подоконник и ждали его. Енот задушил одну из птиц, другая после этого зачихала, и все пришли к мнению, что причина этому — тоска. Жили у Штейнмеца

несколько орлят, журавли, совы, белки, собаки и обезьяна. Самым интересным в этой коллекции был прирученный миссисипский аллигатор, которого обучили разным трюкам.

Когда Штейнмец построил новый дом на Wendell Avenue, в котором жил до самой смерти, он сделал особую пристройку для размещения своих животных, предусмотрев возможность ее расширения. Там разместились все животные и, кроме того, обширная коллекция причудливых и малоизвестных растений тропической зоны, которые облучались здесь ртутными лампами. При зеленом свете этих ламп многочисленные разновидности кактусов и других растений приобретали насыщенную зеленую окраску и производили необычайно приятное впечатление. Аллигатор прогуливался среди кактусов и мог плавать в небольшом специально устроенном пруду. Все это очень забавляло посетителей, среди которых было много детей. Подлинный ужас вызвало известие о том, что Штейнмец завел у себя длинную ядовитую черно-красную ящерицу, пойманную в Аризоне. Она лежала и спала в клетке под лучами ртутной лампы. Примерно один раз в месяц ящерица просыпалась, съедала куриное яйцо и снова засыпала. Штейнмец в шутку называл эту ящерицу самым экономным животным: кроме 12 яиц в год ей не требовалось никакой пищи.

В такого рода работах, получивших в настоящее время название «светокультуры», Штейнмец не ограничивался теми или иными отдельными наблюдениями, а ставил интересные эксперименты. Он менял режим облучения, варьировал спектральный состав излучений, производил качественные и количественные измерения результатов воздействия лучистой энергии на животные и растительные организмы. Однако выводов и обобщений по этому вопросу он не опубликовал.

Штейнмец преподавал в Union College также и курс светотехники. На основе лекций и упражнений был составлен учебник для студентов под названием «Radiation, Light and Illumination» («Излучение, свет и освещение»). Первое издание вышло в 1909 г., третье — в 1918 г. Это руководство давало в основном знания в области физической оптики, излучения, светотехнических свойств разных металлов, теории теплового излучения и люми-



Штейнмец в оранжерее

несценции, источников света и фотометрии. Вопросы расчета и устройства освещения изложены в книге очень кратко, так как с этими вопросами слушатели Штейнмеца подробно знакомились в технических бюро G.E.C., где они проходили производственную практику и стажировку по специальности. Книга Штейнмеца по светотехнике, как и ряд руководств других авторов в Западной Европе, по своему содержанию вполне отвечала состоянию светотехнических знаний до первой мировой войны. С методической точки зрения это было систематическое руководство с ясным изложением материала, который был подобран очень удачно и давал студенту хорошие знания по основным физическим и техническим вопросам светотехники.



РАБОТЫ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ

Направления научно-исследовательской и практической деятельности Штейнмеца в области электромеханики и электроэнергетики были весьма разнообразны. Это вполне объяснимо, если принять во внимание, что его работы развивались в тот период, когда только начался этап широкой электрификации. Еще не были найдены правильные решения проблем, относящихся к основному электрооборудованию переменного тока — генераторам, трансформаторам, электродвигателям, преобразовательным и выпрямительным аппаратам. Сравнительно малая практика имелась в области строительства и оборудования станций и сетей. Не найдены были рациональные решения по применению электроэнергии в промышленных масштабах для технологических целей.

По всем этим направлениям работы велись, но в 90-х годах прошлого века это была еще начальная стадия, и требовалось дальнейшее глубокое изучение и практические усовершенствования.

У Эйкемейера Штейнмец прежде всего столкнулся с вопросами электромеханики: он был привлечен к работам по проектированию и изготовлению электрических машин. Электродвигатели фирмы Эйкемейера зарекомендовали себя как более высококачественные и более экономичные, чем электродвигатели некоторых других фирм. Это, однако, не означало, что нет необходимости совершенствовать их. На заводе Эйкемейера Штейнмец разобрался, в каком направлении нужно вести усовершенствование машин. Так возникли его работы, относя-

щиеся к явлению магнитного гистерезиса. Штейнмецу удалось направить проектирование и производство машин по правильному пути и добиться успехов. Предложения Штейнмеца были приняты, и качество машин, выпускаемых заводом Эйкемейера, улучшилось. И для фирмы, и для самого Штейнмеца это имело в высшей степени важные последствия. Скоро в США стала формироваться новая и, по замыслу организаторов, очень крупная электротехническая фирма, объединившая предприятия Edison General Electric Co. и Thomson-Houston Electric Co. Завод Эйкемейера, оборудование которого не представляло большого интереса, был, однако, приобретен и включен в состав G.E.C. благодаря тому, что технико-конструкторская сторона работ этого завода была оценена очень высоко. Такую оценку нельзя не связывать в той или иной мере с усовершенствованиями, которые были введены по инициативе Штейнмеца.

Прогресс в области электрических машин начался у G.E.C. тотчас же после объединения входивших в этот концерн предприятий. Это доказывает ряд фактов, из которых приведем следующий. В феврале 1893 г., т. е. менее чем через год после образования G.E.C., строится генератор на 2000 л. с., который мог питать 12 000 ламп, пользуясь одним первичным двигателем, в то время как на 1 февраля 1892 г. самый крупный генератор имел мощность 275 л. с. и мог питать 2000 ламп накаливания.

Конец 80-х и начало 90-х годов были периодом чрезвычайно больших, острых и в высшей степени полезных для практики дискуссий по ряду принципиальных вопросов электротехники. Не только у американских, но и у европейских электротехников первоочередной проблемой была следующая: какой ток применять — постоянный или переменный. Т. А. Эдисон и его предприятия действовали в целях возможно более широкого распространения постоянного тока. Они проводили эту линию с исключительной настойчивостью и в конечном счете не без известного вреда для технического прогресса. Лидером распространения переменного тока в США был Вестингауз, приобретший в 1885 г. лицензии на патенты Голяра и Гиббса и других изобретателей трансформаторов и начавший эксплуатацию их для установок однофазного переменного тока. Вскоре Вестингауз вступил в соревнование с эдисоновскими компаниями, которые уже

закрепились на рынке как монополисты по выработке энергии постоянного тока для ламп накаливания.

В 1887 г. Вестингауз построил несколько электростанций в разных городах США. В ответ последовала быстрая и энергичная реакция со стороны Эдисона. Об этих «делах давно минувших дней» — мало известных событиях из истории электротехники хочется напомнить. Стремясь нанести сокрушительный удар, соперники отказались от обычных методов конкуренции и перешли к необычным приемам отражения своих интересов. Сторонники постоянного тока решили добиваться официального запрещения или, по меньшей мере, ограничения применения переменных токов. Так, в сенат штата Виргиния был внесен билль, запрещающий применять напряжения более 800 вольт — для постоянного неп пульсирующего тока, 550 вольт — для постоянного пульсирующего тока и 150 вольт — для переменного тока. Эти предельные напряжения практически должны были парализовать развитие применений переменных токов. Фактически возник процесс между Вестингаузом и Эдисоном. Интересы Вестингауза отстаивали юриконсульты этой фирмы и принадлежавшей ей Sawyer and Mann Electric Company и эксперт — президент Массачусетского технологического института Хоуард Льюис. Специально был приглашен блестящий молодой адвокат Уиндхем Мередит. Эдисон сам приехал в г. Ричмонд, штат Виргиния, для участия в суде. Совершенно понятно, что приезд Эдисона был для жителей города настоящей сенсацией. Поэтому здание сената оказалось буквально в осаде.

В своем выступлении адвокат Мередит тепло приветствовал Эдисона. Тот ответил в таких же любезных тонах. Но зачем Эдисон приехал в Ричмонд? Все понимали, что он хотел подкрепить своим авторитетом билль, принятие которого было для него не просто желательно, но и необходимо. Чтобы в вежливой форме показать, что публика понимает истинные причины, заставившие Эдисона приехать в Ричмонд, Мередит сказал примерно следующее: «Великий Франклин тоже часто оставлял свои лаборатории для участия в законодательных учреждениях, так как это было в интересах общественного благополучия».

Эдисон выступил в поддержку билля, однако его глупота очень мешала ему. Он охарактеризовал постоянный

ток как спокойное течение реки, а переменный — как свирепый и разрушающий поток. От имени Вестингауза с возражениями против билля выступил юрисконсульт Гарден, участник сражения при Геттисберге во время гражданской войны в США. Его красноречивое и убедительное выступление было выслушано с симпатией, которая относилась, естественно, не к переменному току, а к исторической битве, в которой участвовал Гарден. Затем выступили представители компаний, эксплуатирующих в разных городах сети постоянного тока на 3000 вольт для дугового освещения. Принятие билля должно было погрузить на ночь во мрак улицы многих городов штата.

Комиссия сената штата Виргиния единодушно отклонила проект.

Через несколько месяцев, в 1888 г. такой же билль был внесен в законодательное собрание штата Огайо, но был отклонен. Новые методы борьбы с конкурентами не оправдали себя, и переменный ток мог применяться. Когда образовалась Г.Е.С., в которую вошли эдисоновские предприятия, оппозиция против переменного тока прекратилась.

Блестящие работы Штейнмеца в области переменного тока имели большое значение и способствовали привлечению внимания к переменному току некоторых представителей практики. Штейнмец сразу оказался на положении лидера новых технических идей в Г.Е.С. Ведущее значение его работ было признано еще тогда, когда он работал в расчетном отделе завода в Линне. Масштаб его работ значительно расширился, а их влияние возросло после того, как был пущен в ход головной завод Г.Е.С. в г. Скинектеди, шеф-электриком которого стал Штейнмец.

Какие же вопросы приобрели в это время особенную остроту? Прежде всего вопрос о роде тока: постоянный или переменный? Уже после опробования характеристик разных электропередач на однофазном переменном токе с использованием трансформаторов было признано, что переменный ток заслуживает внимания. Но при этом возникла проблема параллельной работы генераторов. Считали, что генераторы переменного тока не могут совместно работать на общую сеть, поэтому следует устанавливать мощные генераторы для обеспечения энергией всех потребителей, подключенных к сети. Несмотря на

то, что некоторые электротехники, например Дж. Гопкинсон, опубликовали данные о параллельной работе генераторов переменного тока для маяков, недоверие к параллельной работе мощных генераторов оставалось. Отмечалось, что параллельно работающие генераторы переменного тока не сразу приходят к некоторому установившемуся режиму, а в течение нескольких минут после запуска находятся в состоянии «раскачивания» и могут привести к перекалу ламп и сокращению срока их службы. Так как в то время применялись тихоходные первичные двигатели, непосредственно соединенные с генератором ременной передачей, то такие явления действительно могли быть. Если два генератора имеют разные кривые напряжения, то их параллельная работа сопряжена с некоторыми осложнениями. Настоятельно требовалось изучить эту проблему и найти надлежащие условия для устойчивой параллельной работы.

Не решен был и вопрос о числе фаз переменного тока. У всех имелись правильные представления о том, что однофазный ток не может быть основным. На каком же из многофазных токов остановиться: на двухфазном или трехфазном? Линия электропередачи двухфазным током от Ниагарской гидроэлектростанции до г. Буффало длиной около 45 км была сооружена для напряжения 22 киловольт. Однако обратила на себя внимание Лауфен-Франкфуртская электропередача, когда трехфазным током передавалась энергия с высоким коэффициентом полезного действия на расстояние 170 км. После этой электропередачи до Чикагской выставки 1893 г. шли жестокие технические битвы между сторонниками двухфазной и трехфазной систем. Штейнмец оставался последовательным и стойким сторонником применения для электропередач трехфазного переменного тока. Ч. Ф. Скотт предложил компромиссную систему (она получила название «T-connection» трансформаторов), позволявшую присоединять двухфазные цепи к трехфазным трансформаторам⁴⁹. Но постепенно трехфазный ток стал преобладающим в практике генерирования электроэнергии и передачи ее на расстояние. Обычно электропередачи в середине 90-х годов в США осуществлялись напряжением 10 киловольт, но очень скоро стало ясно, что при трехфазном переменном токе можно, благодаря относительной простоте трансформаторов, увеличивать расстояние передачи, пользуясь

все более и более высоким напряжением. К концу столетия уже передавался ток напряжением 50—60 киловольт, а для этого нужны были соответствующие трансформаторы, изоляторы и высоковольтная аппаратура. Разработкой всего комплекса задач, связанных с созданием надежных аппаратов и изделий для высокого напряжения, фактически занимались Штейнмец и его сотрудники. Пользуясь своими лабораторными средствами, а затем средствами специализированных заводов G.E.C., удавалось создавать все необходимое для передач на более далекие расстояния. На основе разработок и исследований, которые велись при участии Штейнмеца или под его непосредственным наблюдением и руководством, в США установились следующие максимальные напряжения электропередач (в киловольтах): в 1902 г.— 80, в 1907 г.— 110, в 1912 г.— 150 и в 1920 г.— 220. В 1925 г., уже после смерти Штейнмеца, появились установки на 240 киловольт.

Исследования, связанные с электропередачами на высоком напряжении, Штейнмец вел не только в лабораторных или заводских условиях. Сооружение и успешная эксплуатация многих линий электропередач давали богатый материал, который тщательно изучался школой Штейнмеца. Интересный эксплуатационный материал дали следующие электропередачи: от Feather River до г. Окленда в Калифорнии (расстояние около 225 км, напряжение 90 киловольт) и от Stanislaus River до Сан-Франциско (расстояние около 213 км, напряжение 140 киловольт).

Наряду со спорами, происходившими по поводу рода тока и числа фаз, большие разногласия имелись тогда и по вопросу о частоте переменного тока. Организаторы Ниагарской гидроэлектростанции, бывшей в свое время крупнейшей в мире электроэнергетической установкой, склонялись к малым частотам: 1000 периодов в час, т. е., по-современному, 16,66 герц. Эту частоту отстаивали потому, что в то время были распространены двухполюсные генераторы постоянного тока, работавшие при 1000 об/мин. Затем сказалось влияние практических соображений, выдвинутых некоторыми инженерами, и авторитетные представители электроэнергетики стали склоняться к частоте 25 герц. Такую частоту приняли для тока, передаваемого от Ниагарской гидроэлектростанции в

г. Буффало (для алюминиевого завода и трамвая). Для этого были применены синхронные преобразователи на 25 герц. Но на западе США стали пользоваться частотами 40, 50 и 60 герц. Оказалось, что на частоте 40 герц работало мало установок, а разница между частотами 50 и 60 герц с точки зрения механической не была особо заметной, и ее можно было преодолеть увеличением скоростей первичных двигателей. Так для США установилась стандартная частота 60 герц.

Разнообразие возникавших проблем показало руководству Г.Е.С., что необходима организация мощных центральных исследовательских лабораторий, оснащенных наиболее совершенной аппаратурой и имеющих штат высококвалифицированных исследователей. Нужно отметить, что во главе Г.Е.С. стояли люди с широким кругозором, которые с самого начала деятельности этой организации старались поставить работу на широкую ногу, чтобы достичь максимальных успехов и, само собой разумеется, получить перевес над конкурирующими организациями и фирмами.

Чарлз Коффин, президент Г.Е.С., ранее возглавлявший компанию Томсон-Хустона, был очень предприимчивым человеком и твердым руководителем. Технической стороной руководили очень опытные люди: известный изобретатель Илайю Томсон; блестящий инженер Эдвин Райс младший, ближайший помощник Томсона, впоследствии президент Г.Е.С.; Чарлз Протеус Штейнмец — мастер научного и математического анализа, изобретатель, прозванный «фонтаном новых идей»; Уильям Эммит — инженер, обладавший большим размахом и смелостью; Эдвард Хьюлетт — видный специалист в области высоковольтной аппаратуры; Уильям Фостер — пионер в проектировании электрических машин.

Благодаря такому блестящему составу специалистов дела Г.Е.С. сразу пошли очень успешно. Но все, особенно Штейнмец, чувствовали, что нужно усилить научную часть, а практику базировать на глубоких и разносторонних исследованиях. Уровень электротехники того времени определялся результатами трудов классиков учения об электричестве — Фарадея, Ампера, Генри и других корифеев науки первой половины XIX в. Для прогресса электротехники нужно было использовать новые научные данные и результаты новых исследований. Где же вести

такие исследования, которые были бы связаны с нуждами промышленности и могли бы дать новые направления для ее прогресса?

Лаборатории высших учебных заведений США в то время были мало приспособлены для ведения исследовательских работ, и многие компании сами организовывали группы исследователей из числа своих сотрудников. Но, вообще говоря, промышленные исследования были еще редкой новинкой. Не следовало ли такой крупной промышленной корпорации, как G.E.C., создать научно-исследовательский центр, тесно связанный с текущими и перспективными задачами и нуждами производства? При заводе в Линне была своя небольшая лаборатория, которой руководил Илайю Томсон, но она вела некоторые опытные работы и непосредственно участвовала в контроле производства; научных исследований для изыскания новых возможностей и средств для усовершенствования производства там не велось. Инициаторами и борцами за создание в G.E.C. мощного исследовательского центра явились Э. Райс, И. Томсон, Ч. Штейнмец и главный юрисконсульт G.E.C. по патентным делам А. Девис. Штейнмец и Томсон занялись в основном вопросами организации исследовательских работ будущего научного центра, системы, методики, оборудования. Два других инициатора ведали главным образом вопросами оформления этого учреждения в системе G.E.C., финансированием, регламентацией взаимоотношений между исследовательским центром и производственными составными частями концерна.

В 1901 г. технический директор G.E.C. Эдвин Райс в своем докладе акционерам сказал: «Хотя инженерно-технические работники компании всегда полностью обеспечивались всеми необходимыми средствами для разработки новых и оригинальных проектов и усовершенствований современных стандартов, тем не менее представляется целесообразным учредить лабораторию, посвященную исключительно оригинальным научным исследованиям. Есть надежда, что таким путем можно открыть много в высшей степени выгодных направлений электропромышленности». Это предложение было одобрено; началась его реализация.

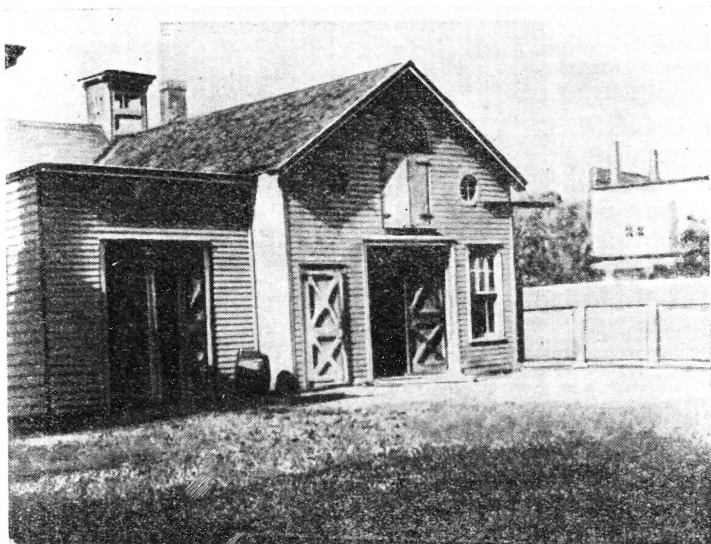
Для нового учреждения нужен был компетентный директор. Конечно, вполне подходящим лицом для заня-



Уиллис Родни Уитни

тия руководящей должности являлся Штейнмец, но он категорически отказался от административной и организаторской работы, стремясь всегда оставаться непосредственным участником самих исследований. Таким образом, его кандидатура сразу отпала. И. Томсон порекомендовал привлечь молодого ученого, профессора Массачусетского технологического института Уиллиса Уитни. Уитни не решился сразу оторваться от работы в институте, так как еще недостаточно отчетливо представлял себе направление и объем работ в промышленной исследовательской лаборатории. Все же удалось получить его согласие при условии, что некоторое время он будет совмещать обязанности руководителя промышленной исследовательской лаборатории с занятиями в качестве профессора высшей технической школы.

В 1900 г. исследовательский центр стал формально существовать. Работа его началась в сарае. В помощники профессору Уитни Штейнмец дал своего ассистента Дж. Демпстера. Все это даже в отдаленной степени не походило на тот «дворец исследований», который рисо-



Сарай на Лайберти Стрит в Скинектеди, в котором начала свою работу научно-исследовательская лаборатория

вался Штейнмецу, Томсону и другим инициаторам. Вести исследования в мало-мальски широких масштабах было невозможно. К тому же к концу года сарай сгорел. Лаборатория временно приютилась в небольшом доме на территории завода в Скинектеди; условия несколько улучшились. В 1903 г. Уитни переехал в Скинектеди и сосредоточил здесь всю свою работу. Вскоре был сдан в эксплуатацию специальный большой корпус для исследовательской лаборатории. Центр промышленных исследований G.E.C. стал реальностью. Был организован наблюдательный совет, в состав которого вошли Уитни, Томсон, Штейнмец и еще несколько человек, назначенных руководством G.E.C. Председательствовал на заседаниях наблюдательного совета Райс, а после него — один из вице-президентов компании.

Исследовательский центр G.E.C. вполне оправдал те надежды, которые на него возлагали его инициаторы и организаторы. Сотрудниками его были многие выдающиеся представители научно-технической мысли, в том

числе Эрвин Ленгмюр, Чарлз Штейнмец, Уильям Кулидж, Уиллис Уитни и др.

Проработав много лет в области науки и промышленных исследований, Штейнмец описал свои взгляды на их взаимоотношения в статье «Научные исследования и их связь с промышленностью»⁵⁰. Этих взглядов он придерживался во всей своей работе и, очевидно, имел возможность убедиться в их справедливости. Он считал, что промышленность служит показателем уровня цивилизации; промышленность, а с ней и современная цивилизация зависят от техники. К технике он относил не только совокупность средств труда, созданных человеком, но и все прикладное знание. Наука — это фундамент, на котором в процессе исследований возникают идеи о средствах, могущих усилить промышленное развитие, а с ним и цивилизацию. В течение веков центрами научных исследований были университеты и другие учебные заведения. Но за последнее столетие прогресс промышленности стал очень быстрым, а спрос на результаты исследований — большим, так что учебные заведения не могли поспевать за промышленностью и даже превратились в фактор, тормозящий прогресс. Наиболее мощные отрасли промышленности, в особенности химическая и электротехническая, первыми перешли на путь организации самостоятельных исследовательских учреждений. В высшей школе, несомненно, есть много способных исследователей и видных ученых; если они не захотят полностью перейти на работу в промышленность, целесообразно использовать их в качестве компетентных консультантов.

Некоторые промышленные исследовательские лаборатории сразу стали вести работу на высоком уровне. Достаточно отметить, какую важную роль для развития и становления электроники сыграли исследования Эрвина Ленгмюра, произведенные в лабораториях G.E.C. Но как бы ни были значительны результаты работ исследовательских лабораторий промышленности, они составляют только часть (иногда даже меньшую) тех исследований, которые нужны промышленности для ее всестороннего прогресса. Специально организованные фирменные проблемные лаборатории, межотраслевые промышленные или совершенно независимые от промышленности лаборатории по общим вопросам, например по испытанию материалов, по стандартизации и т. п., дадут про-

мышленности многое и будут содействовать ее прогрессу. Именно в таких лабораториях выполнены важные исследования по электрофизике, электрическим колебаниям и волнам и импульсным явлениям.

Анализируя работу проблемной электротехнической лаборатории Г.Е.С., Штейнмец, непосредственный участник ее работ, отмечает, что она сыграла очень большую роль для прогресса промышленности, хотя ее работы не сразу принесли материальные выгоды финансирующей компании. Так, изучение дугового и коронного разряда в воздухе, произведенное Штейнмцем, привело к важным выводам; исследования в области техники высоких напряжений позволили увеличить дальность электропередач, заново рассчитать высоковольтную аппаратуру и исправить многие уже выполненные проекты.

Штейнмец считал, что будет непростительной ошибкой, если промышленность, развивая собственную исследовательскую базу, отгородится от высшей школы. Трудоемкие и длительные работы, связанные с незначительным оборудованием, лучше проводить в учебных заведениях. Работы же, требующие затрат большого количества материалов или энергии, выполнение которых необходимо провести в короткий срок, лучше передать промышленной лаборатории. В отдельных случаях может проводиться и комплексное исследование. Промышленные исследования более конкретны и ориентированы на отдельные частные вопросы; поэтому их обобщения имеют меньшее научное значение. В учебных заведениях тенденция к обобщениям выявляется более четко. Но и эти обобщения не всегда имеют универсальное значение. Так, например, Штейнмец отмечает, что по проблеме электрической дуги в учебных лабораториях было поставлено очень много опытов, сделаны были выводы, не внушавшие сомнения. Но все это относилось только к дуге между угольными электродами. Когда промышленность заинтересовалась электродами из других материалов, то выяснилось, что об этом не известно ничего, а данные для угольной дуги оказались совершенно неподходящими.

Штейнмец отмечает различия в методах публикации результатов исследований. Ученые печатают статьи почти исключительно в научных журналах, а иногда считается даже «ненаучным» печатать свои труды в технической



*«Триумвират науки» в Исследовательской лаборатории:
Э. Ленгмюр, У. Р. Уитни, У. Д. Кулидж*

прессе. Заводские работники помещают свои статьи исключительно в технических журналах. Отмечая, что научные журналы принимают для публикации только строго научные статьи, с выводами которых редакция согласна, Штейнмец в общем отдает предпочтение технической прессе, так как в ней получают освещение все аспекты той или иной проблемы: научная, технологическая, экономическая и др. Сам Штейнмец публиковал свои статьи исключительно в технических журналах.

В широких кругах публики и среди инженеров считалось, что Штейнмец — изобретатель, так как в связи с его предложениями было введено много новшеств. Но никто не мог сказать, к какой области принадлежат его главнейшие работы. Много патентов на изобретения или усовершенствования, которые были прямым следствием работ Штейнмеца, получала G.E.C., но проследить тут



*Первые типы масляных выключателей
(для электростанций в Чикаго)*

какую-то преобладающую направленность весьма трудно. На результатах работ и выводах Штейнмеца держалось и прогрессировало много направлений электротехники в области так называемых сильных токов; многие предприятия G.E.C., изготовлявшие различные электроизделия, непрерывно питались его идеями, разработками и конкретными предложениями. И вместе с тем наиболее неправильная оценка Штейнмеца — считать его изобретателем. Это был человек, в котором гармонически сочетались качества математика, инженера, учителя и

изобретателя. Благодаря этому он обладал способностью предвидеть практическую приложимость полученных результатов и не менее важной способностью понимать, в каком направлении следует вести исследования, чтобы они привели к наиболее интересным для практики результатам. Это был ученый, тесно сочетавший практику с теорией, создавший базу для многих усовершенствований и новых методов расчета, конструирования и технического выполнения отдельных устройств и целых энергетических систем. До работ Штейнмеца таких решений не было совсем, а многие укоренившиеся приемы были в той или иной степени недостаточно рациональны.

Основные достижения Штейнмеца, кроме тех, которые касались проблем светотехники, имели прямое отношение к разным аспектам производства, распределения и передачи электрической энергии на расстояние. Он занимался исследованиями по вопросам построения электрических машин переменного тока, трансформаторов, электроаппаратов, по технике высоких напряжений, неуставившемуся режиму в электрических системах и проблеме молнии в связи с повреждениями электрических сетей.

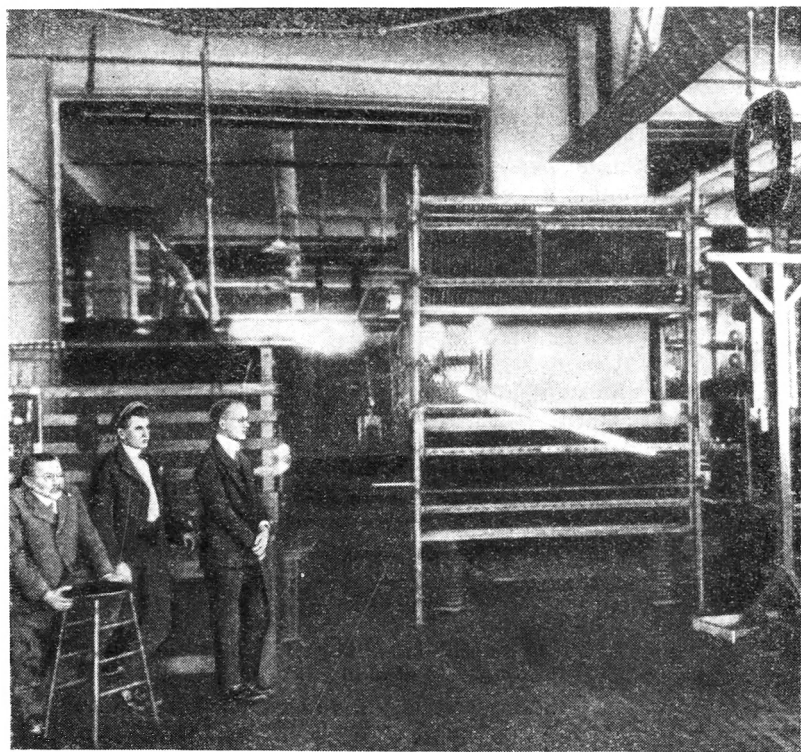
Когда возникала необходимость строить совершенно новые машины или аппараты специального назначения или с особыми характеристиками, обращались, как правило, к Штейнмецу. Так, в 1903 г. известному пионеру радиотехники Р. Фессендену понадобился высокочастотный генератор; он указал основные его параметры и попросил Штейнмеца помочь ему. Идея такого генератора принадлежала Н. Тесла. Штейнмец построил один из первых в мире высокочастотных генераторов, который давал ток частотой 10 килогерц. Это одна из тех специальных конструкций, в которых Штейнмец применил новые принципы. В последующие несколько лет, учитывая опыты применения генератора Штейнмеца, Александерсон построил генераторы тока частотой 75 и 100 килогерц⁵¹.

Результаты исследований Штейнмеца, которые он непрерывно передавал заводам для реализации, затем в систематизированном виде публиковались и становились руководящими материалами в практике инженеров-электриков.

Перечислить патенты, выданные на изобретения Штейнмеца, нет возможности. Среди них было много

принципиально новых устройств и новых методов. В период борьбы между сторонниками однофазных и многофазных систем (1895) Штейнмец предложил моноциклическую систему распределения энергии для осветительных и силовых целей⁵². При помощи такой системы можно использовать преимущества многофазной системы для силовых целей (электродвигателей) и простоту регулирования, свойственную однофазной системе. В нормальных условиях вся энергия доставляется по двум проводам, между которыми поддерживается постоянное напряжение переменного тока. В тех частях района, где нужна энергия для электродвигателей, прокладывается третья линия, с которой потребитель может получать ток, отличающийся по фазе от главного тока, для запуска электродвигателей. Обмотки электродвигателя должны быть уложены так, чтобы при достижении полной скорости вращения обратная электродвижущая сила была такой же, как напряжение с третьего провода, так что питание будет доставляться только по двум проводам. Моноциклическая система Штейнмеца, в сущности говоря, есть трехфазная распределительная система, в которой две фазы имеют сдвиг почти на 180° , в то время как третья фаза, почти под прямым углом к двум предыдущим, используется как добавочная для запуска электродвигателей.

В течение многих лет книгоиздательство Мак Гроу-Хилл в Нью-Йорке издавало и переиздавало «Steinmetz Electrical Engineering Library» («Электротехническая библиотека Штейнмеца») — многотомную серию руководств Штейнмеца по электротехнике. Каждый том представляет собой законченное целое. Все труды, включенные в серию, были объединены общей идеей и имели единый метод изложения. О некоторых из изданий мы уже упоминали в предыдущих главах. Добавим, что в нее вошли работы, относящиеся к теории и расчету электрических аппаратов, электрических цепей, переходных электрических явлений и колебаний. Широкое распространение получила работа об электрических разрядах, волнах и импульсах⁵³. Помимо этих монографий, Штейнмец опубликовал много статей по отдельным вопросам: о разряде конденсаторов в газовой цепи, об удельной магнитной проводимости, об аномальных деформациях в трансформаторах и др.



Штейнмец демонстрирует искусственную молнию в лаборатории

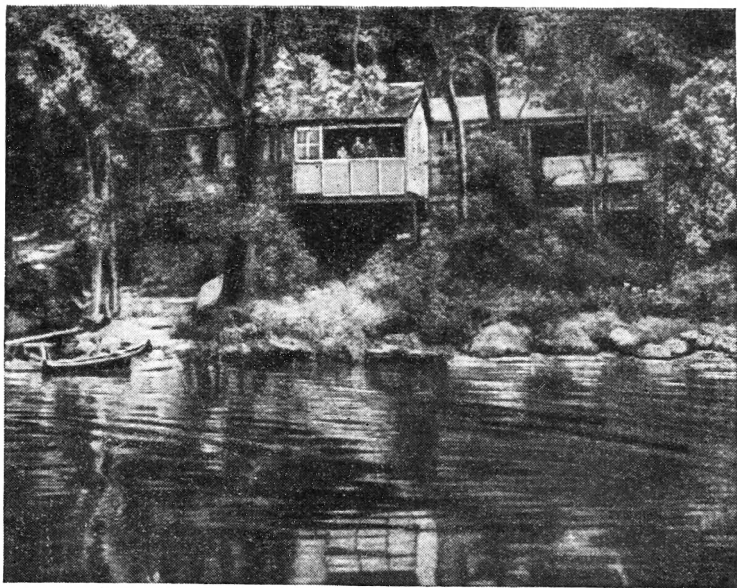
О многих вопросах, которые разрабатывал Штейнмец, он докладывал на заседаниях Американского института инженеров-электриков. В изданиях института опубликовано много статей Штейнмеца, а также его многочисленных выступления в прениях по докладам.

Последние годы жизни Штейнмец проявлял большой интерес к изучению молнии и ее действий на линии электропередач. Интересы крупнейших электротехнических фирм стали сосредоточиваться на вопросах, связанных с расширением производства электроэнергии и электрификацией. Молния была для электропередач серьезным врагом, с которым электротехники еще не умели бороться, так как явления электрических разрядов в атмосфере были изучены очень слабо. Поэтому трудно было найти рациональные методы защиты линий или обезвреживания последствий действия молнии.

Сам Штейнмец был свидетелем того, какую разрушительную силу представляет собой молния. Во время одной необычайно сильной грозы разрушило его сельский домик, в котором он летом жил и вел опыты. Стволы некоторых вековых деревьев вблизи домика были расщеплены, а рабочий стол, за которым он обычно работал, разбит; электрические провода во многих местах сплывались, свет оказался выключенным, некоторые крупные предметы в доме, в том числе зеркало, разбились вдребезги.

Это произошло весной, когда Штейнмец еще жил в городе; он немедленно приехал, чтобы подробнее изучить процесс разрушительного действия. Оказалось, что молния ударила сначала в дерево, находившееся на расстоянии 0,3 метра от окна, затем через окно проникла внутрь дома. Штейнмец собрал куски разбитого зеркала и сложил их между двумя листами стекла таким образом, чтобы можно было проследить путь разряда. Макет, который был собран Штейнмцем, можно считать первым «портретом» молнии, полученным человеком.

Предшественники Штейнмеца по изучению атмосферного электричества занимались улавливанием электрических зарядов в атмосфере и ограничивались в основном констатацией того, что эти заряды действительно имеют электрическую природу. Штейнмец избрал совершенно новый подход к исследованию этого явления: он стал изучать реальные факты и фазы процесса, на основе



Деревенский домик Штейнмеца, в котором он начал изучать действие молнии

которых можно было понять физическую сущность и характеристики явления и выявить пути и методы защиты от него. Молниеотводы существуют с древнейших времен, но о принципе их действия знали очень мало, а потому конструировали их на чисто эмпирической основе. Правда, некоторые конструкции молниеотводов, предложенные еще в XVIII в., были достаточно надежными, но и они могли быть усовершенствованы.

Штейнмец стал изучать молнию и ее действия. Однако не так просто оказалось изучать это явление, происходящее в непредвиденные моменты и в местах, которые предусмотреть заранее невозможно. К тому же действия атмосферных разрядов весьма кратковременны. Единственным и обязательным условием для систематического изучения молнии являлось создание генератора «искусственной» молнии, т. е. генератора импульсов высокого напряжения. Теперь такие генераторы имеются во многих лабораториях и на заводских испытательных



*Штейнмец и Эдисон исследуют повреждения,
причиненные искусственной молнией образцам*

станциях и служат для испытания изоляции, изучения защитного действия молниеотводов и исследования явлений при разрядах высокого напряжения. Но в то время, когда Штейнмец вплотную подошел к изучению этой проблемы, построение таких генераторов только начиналось. Принципиальные направления были уже ясны: основной частью генераторов импульсов высокого напряжения являлись конденсаторы, заряжаемые при параллельном соединении.

Первый генератор такого рода был построен в 1914 г. инженером Н. В. Баклиным по идее профессора В. К. Аркадьева⁵⁴. Он содержал все элементы современного генератора импульсов высокого напряжения, но был

использован на практике в очень ограниченных масштабах. После окончания первой мировой войны интерес к таким генераторам усилился, так как стали применять более высокие напряжения. Штейнмец спроектировал генератор импульсов высокого напряжения в 1921 г., а в 1922 г. демонстрировал его как уникальное для своего времени устройство. Следует отметить, что в 1921 г. в Германии тоже был выдан патент на схему параллельного заряда емкостей и их разряда при последовательном соединении; основное назначение такой схемы — испытание высоковольтной изоляции. Уже после работ Штейнмеца над первым генератором импульсов высокого напряжения был выдан в Германии патент на схему Маркса, которая являлась разновидностью схемы Н. В. Бакина при питании последней током высокого напряжения.

Первый генератор импульсов высокого напряжения Штейнмеца представлял собой большую машину, построенную в короткий срок на заводе G.E.C. Она могла создавать искусственную молнию в 500 раз слабее естественной; потенциал искусственной молнии был порядка 120 киловольт, а мощность — около 1 млн. л. с. Генератор состоял из набора больших стеклянных пластин, покрытых металлической фольгой и соединенных проводами с источником питания, т. е. представлял собой разновидность мощного конденсатора, при разряде которого и получалась «искусственная молния». Разряд сопровождался «искусственным громом» — сильным треском.

При помощи такого генератора Штейнмецу удалось установить в общих чертах картину явления. Он пришел к выводу, что разрушения в машинах и других элементах электрической системы вызываются не непосредственно молнией, а вторичными весьма кратковременными процессами, которые являются результатами удара молнии. Процессы такого рода Штейнмец отнес к числу переходных. Хотя это были еще самые начальные выводы, но они оказались в высшей степени полезными для того, чтобы определить направление, по которому следует развивать защитную аппаратуру. Штейнмец стал работать над вопросами испытания защитных устройств, системами заземления и конструкциями молниеотводов.

Уже после первых испытаний действия искусственной молнии Штейнмец пришел к выводу, что построенный им



*Павильон Г. Е. С. на Всемирной выставке 1939 г.
в Нью-Йорке. Справа — зал „Steinmetz Hall“,
в котором демонстрировались опыты с искусственной молнией*

генератор по своим параметрам недостаточен и что нужно сконструировать другой, с более высокими параметрами. Такой генератор был им спроектирован и построен, но Штейнмецу не пришлось продолжить свои опыты: он скончался до ввода нового генератора в эксплуатацию.

Начатое Штейнмецем изучение молнии замедлилось, но было ясно, что эта проблема приобретает все большую актуальность в связи с чрезвычайно быстрым развитием электропередач и высоковольтной техники. Напряжения электропередач возрастали, и потребность в надежных защитных устройствах стала в высшей степени настоятельной. Со смертью Штейнмеца компания Г. Е. С. лишилась вдохновителя этих работ. Но он подготовил для продолжения исследований способного преемника — Ф. У. Пика младшего, который и стал вести дальнейшие работы В г. Питтсфилде, на крупном трансформаторном заводе Г.Е.С., была создана специальная лаборатория техники высоких напряжений. Там построили третий по счету генератор импульсов высокого напряжения «big gun» («огромная пушка») на 3600 киловольт. Это

устройство построено на том же принципе, что и два предшествующих импульсных генератора Штейнмеца. Но прогресс в области изучения молнии шел настолько быстро, что и генератор Пика оказался совершенно недостаточным. Следовало обратиться к принципиально иным основам для построения. В 1938 г. в Питтсфилде был построен генератор импульсов высокого напряжения на 10 000 киловольт; он экспонировался в качестве уникального для своего времени устройства на Всемирной выставке в Нью-Йорке в 1939 г. Зал, где находился этот генератор, носил название «Steinmetz Hall». Со специально устроенного балкона посетители могли наблюдать разряды искусственной молнии.



ШТЕЙНМЕЦ — УЧИТЕЛЬ И ОБЩЕСТВЕННЫЙ ДЕЯТЕЛЬ

О Штейнмеце как учителе, человеке и общественном деятеле написано очень мало, а сам он о себе говорить не любил. Он приехал в Соединенные Штаты молодым человеком — ему было тогда 24 года — и был известен вначале только ограниченному числу специалистов. Круг лиц, узнавших его и оценивших его способности и талант инженера, стал очень быстро расширяться и через несколько лет о нем узнали все американские и многие зарубежные электротехники. Столь широкая известность объясняется новыми методами, которые он стал применять, и конкретными техническими весьма важными решениями, которые ему удалось найти. Штейнмец скоро стал учителем электротехников. Его учениками оказались два поколения специалистов. Одно, к которому он и сам принадлежал, — поколение молодых электриков, которые готовились стать инженерами электротехнической промышленности или только что начали свою техническую карьеру; другое — старшее поколение, к которому принадлежали некоторые электротехники, занимавшие уже более или менее видное положение в электропромышленности, но недостаточно подготовленные к работе в новых условиях.

Штейнмец стал учителем в широком смысле этого слова. Его учебная, научная и просветительская деятельность развивалась в трех направлениях. Он был эрудированным и авторитетным преподавателем специальных дисциплин в высшем техническом учебном

заведении. Он был руководителем и инициатором научно-исследовательских и конструкторских работ. Здесь около него всегда группировалась молодежь, которой он передавал свой опыт и знания и прививал любовь к науке и исследованиям. Наконец, с 1892 г. Штейнмец стал участником крупной общественной научно-технической организации — Американского института инженеров-электриков (A.I.E.E.). Штейнмец, кроме того, принимал участие в работе муниципалитета по налаживанию народного просвещения.

В ту пору, когда Штейнмец впервые вступил на землю Нового Света, никто в США не спрашивал у нанимаемого на работу, есть ли у него диплом. Интересовались тем, что он умеет хорошо делать. Штейнмecu никогда не приходилось показывать свой диплом, но зато с самого начала работы в США он убедительно демонстрировал умение вдумчиво и плодотворно работать. Признание его глубокой эрудиции и выдающихся способностей пришло очень скоро и выразилось в присвоении ему высоких ученых степеней. В 1902 г. Гарвардский университет присвоил ему ученую степень магистра искусств (Master Artium). Это сопровождалось весьма торжественной церемонией. Профессора Гарвардского университета явились на церемонию в пышных тогах, в средневековых головных уборах. Заседание университетского сената открыл шериф, который в своем вступительном слове, произнесенном на английском языке XVII века, приветствовал всех, кому в этот день присваивались ученые степени, а также всех пришедших выразить уважение новоявленным магистрам и докторам. Позади стола президиума в черных костюмах стояли работники факультета и представители студентов. Ректор университета профессор Эллиот, стоя на возвышении, обращался с кратким приветствием к каждому, кто получал диплом.

Штейнмец пришел в своем обычном рабочем костюме, достаточно поношенном. Новый магистр по своей внешности и одежде находился в резком противоречии с торжественностью собрания и церемониала. Обращаясь к Штейнмecu, ректор сказал: «Гарвардский университет удостоивает вас ученой степени магистра как самого выдающегося электроинженера Соединенных Штатов, а следовательно, и всего мира». Это было пер-

вым публичным признанием научно-технических заслуг Штейнмеца.

Прошло около года. Union College в Скинектеди, в котором Штейнмец уже ряд лет читал лекции по теоретической и прикладной электротехнике, присвоил ему ученую степень доктора философии. Штейнмец получил ученое звание профессора. Здесь лучше, чем в Гарвардском университете, знали скромность Штейнмеца, поэтому диплом доктора был вручен ему на обычном заседании совета. Ученой степенью, которую присвоил ему колледж, Штейнмец очень дорожил. С 1903 г. его стали называть доктором Штейнмцем.

Штейнмец как университетский профессор довел искусство преподавания до высокого совершенства. Его изложение было ясным, точным и чрезвычайно кратким. Разносторонность анализа того или иного вопроса, по мнению его слушателей, была изумительной. Он любил работу преподавателя и вел ее с таким искусством, которого не удавалось достигнуть другим преподавателям колледжа. В методическом отношении и у него бывали недочеты: иногда он настолько увлекался изложением, что отклонялся в сторону от основного направления и приводил сведения, необязательно необходимые студентам.

Ясно понимая все то, что он преподавал, Штейнмец считал, что слушатели поймут его сразу и у них не встретится трудностей в усвоении излагаемого материала, даже если лектор не станет прибегать к упрощениям, которые могут ослабить анализ данных и затруднить широкие обобщения. Естественно, что некоторым слушателям, не очень ревностным в изучении наук, не всегда было легко следить за развитием мыслей лектора.

Он преподавал в Union College до 1913 г.; после него основную преподавательскую нагрузку взял на себя подготовленный им Эрнест Берг.

На кафедре Штейнмец выглядел маленьким. Он медленно расхаживал перед доской, останавливался, четко записывал многочисленные формулы, не прерывая при этом своего изложения. Часто он задавал самому себе целую цепь конкретных вопросов, стремясь этим простым способом добиться наиболее четкого ответа. Он очень быстро отвечал на поставленные вопросы и вносил еще большую ясность в рассматриваемый материал. Лекция завершалась систематизированным резюме.

Конечно, не все, что записывали студенты на лекциях Штейнмеца, следовало заучивать, но у всех создавалось правильное представление о громадной научной и практической ценности изложенного материала. Его лекции имели для студентов мобилизующее значение и указывали, на какие стороны вопросов следует обращать особое внимание. Самое же усвоение материала студенты вели по многочисленным учебным руководствам, написанным Штейнмецем очень хорошо как с научной, так и с методической стороны. О многих из этих руководств, составивших многотомную электротехническую библиотеку, было упомянуто в предшествующих главах.

Личный пример Штейнмеца, его высказывания о том, как должно вестись преподавание в высшей школе, его научные труды и учебные руководства имели огромное благотворное влияние на развитие высшего образования в США, особенно технического. Большие заслуги в области постановки образования привели к тому, что он был избран председателем Национальной Ассоциации общественных школ, организации, которая разрабатывала и выдвигала широкие проблемы профессионально-технического образования.

Штейнмец — учитель в лаборатории, в конструкторском бюро и на производстве. Он всегда был в окружении молодых помощников. Во всех направлениях, в которых развивались работы Штейнмеца, у него появились преемники и продолжатели. В очень многих случаях продолжателями дела Штейнмеца оказывались целые крупные заводы, где имелся большой штат воспитанных им высококвалифицированных специалистов. В этом отношении особо следует отметить трансформаторный завод G.E.C. в г. Питтсфилде.

Основная характеристика отдельных направлений научно-технической деятельности Штейнмеца была дана в предыдущих главах. Не поблекло ли значение этих трудов за годы, прошедшие после смерти Штейнмеца? Ответ на это дает G.E.C. в небольшой брошюре, посвященной своему выдающемуся сотруднику. В ней говорится: «Даже спустя 20 лет трудно точно оценить вклад Штейнмеца в электропромышленность и в общую сокровищницу человечества. Результаты начатых им исследований и открытые им основные принципы, разработанные им математические методы — все это будет



Штейнмец в кабинете за работой (1914 г.)

применяться до тех пор, пока электричество будет оставаться фактором цивилизации. Где бы электричество ни снижало стоимость промышленной продукции настолько, чтобы много миллионов людей могли этой продукцией пользоваться; где бы мы ни наблюдали возникновения новых отраслей производства, создающих в свою очередь новые тысячи дел,— всюду мы найдем частицу гения Штейнмеца. Жизнь Штейнмеца — значительная часть истории развития электротехники от научной диковинки до мощного и благотворительного элемента нашей обыденной жизни»⁵⁵.

Лишь только Штейнмец научился свободно говорить по-английски, он стал постоянным участником работ Американского института инженеров-электриков

(А.И.Е.). В число членов-соревнователей этого института он вступил в 1890 г. Не является ли показательным то обстоятельство, что в 1892—1895 гг. он является членом правления института, с 1896 по 1898 г. — вице-президентом института, а в 1901—1902 гг. — президентом этой крупной американской научно-технической корпорации? Ровно через десять лет после того как Штейнмец сделал свой первый классический доклад институту инженеров-электриков о магнитном гистерезисе, его избирают в президенты этого общества.

Штейнмец интересовался, как уже говорилось, и вопросами светотехники. Его большие заслуги в этой области были высоко оценены другой крупной научно-технической организацией — Американским светотехническим обществом: в 1915—1916 гг. Штейнмец был президентом этого общества.

В течение длительного времени — с 1892 по 1922 г. — Штейнмец был деятельным участником съездов и дискуссий, развернувшихся по сообщениям других специалистов. Выступая в качестве докладчика или участвуя в обсуждении других докладов, Штейнмец знакомил большую аудиторию специалистов — ученых и практиков — с новыми идеями и назревшими проблемами, подробно и доходчиво сообщал о намеченных путях или целесообразных направлениях для их наиболее успешного решения. Штейнмец был настолько же эрудированным математиком, как и инженером, и в то же время широко образованным физиком. Такая разносторонняя эрудиция позволяла Штейнмecu в высшей степени плодотворно использовать аудиторию съездов и собраний для возбуждения интереса к различным научно-техническим проблемам, существенно важным для электротехники, а также подвергать глубокой и обоснованной критике рутину и упрощенчество, которые свили прочное гнездо в этой отрасли техники.

Автору приходилось беседовать с инженером Б. В. Лосевым об участии Штейнмeca в работах Американского института инженеров-электриков. Б. В. Лосев, лично знавший Штейнмeca и встречавшийся с ним в Америке, сам принимал участие в годовичных съездах института. Он рассказывал, что почти все съезды, на которых Штейнмец выступал с докладами, привлекали особое внимание многих посетителей. Совокупность

его докладов на съездах института — это, в сущности говоря, рассмотрение самых насущных и в то же время самых новых и сложных идей и предложений. О том, как протекали выступления Штейнмеца на годичных собраниях института, сохранились воспоминания современников.

Годичные собрания А.И.Е.Е. происходили в разных городах США, иногда в Чикаго, в помещении Института искусств. Об одном таком съезде, вызвавшем особый интерес специалистов и публики, один из присутствующих писал следующее⁵⁶. Задолго до открытия съезда все места в зале были заняты. Заблаговременно пришли студенты, преподаватели высших учебных заведений и инженеры-исследователи. Главным докладчиком первого заседания, которым открывались работы съезда, часто назначался Штейнмец: у него всегда имелся готовый доклад по какому-нибудь новому и интересному вопросу. Заседание открыто. Штейнмец идет из публики по направлению к трибуне. Раздаются шумные аплодисменты, переходящие в овацию. Штейнмец входит на трибуну, кланяется, устанавливает стул так, чтобы ему легко было принять свою любимую позу: он обычно становился коленями на стул и опирался своим деформированным корпусом о стол. Голову он держал приподнятой. В такой позе он мог видеть аудиторию и даже прибегать к некоторой жестикуляции. Он никогда не читал докладов по каким-либо записям и вообще никогда заранее не писал своих докладов. Вступительная часть его докладов была медленной, спокойной и не лишенной юмора. Один из своих докладов, посвященный проблеме изучения молнии, он начал так: «Дамы и господа! Инженеры и электрики! Сегодня мы будем с вами беседовать о молнии. Молния есть нечто, о чем мы знаем очень мало, и я вам сообщу тоже не так уж много без опасения встретить возражения... Мы знаем, что при прямом ударе молнии в линию электропередачи получают разрушения. Единственными процедурами в таких случаях являются обращение к Провидению и ремонт...» Все это произносилось глубоко спокойным тоном. Впечатление усиливалось еще и тем, что Штейнмец был широко известен как социалист и последовательный атеист: его ссылка на «Провидение» вызывала гомерический смех. А на лице

Штейнмеца сохранялось все время непоколебимое спокойствие.

Его речь с трибуны лилась плавно и изобиловала сравнениями, блестящими метафорами, интересными ссылками на случаи из жизни великих людей и замечательные исторические анекдоты. И среди этого, почти незаметно, происходил переход на строго научное, логическое изложение и доказательство тех данных, которые им были получены по данному вопросу и проанализированы самым тщательным образом. Речь его была связной, дикция четкой, а логика железной, но настолько простой, что понять его можно было без напряжения. Его плавно текущая речь настолько увлекала, что слушатели совершенно забывали о его необычной наружности: малом росте и деформированной фигуре. Выступление Штейнмеца заканчивалось. Он умел завершать его интересно, и внимание к его выступлению усиливалось еще более. Снова раздавались бурные аплодисменты, и публика опять начинала чувствовать, что она в большом зале на заседании. Снова бросались в глаза мемориальные доски по стенам большого зала с именами великих композиторов, снова начинали замечать небольшую фигуру Штейнмеца, который только что перестал владеть вниманием своих слушателей.

Доклад кончался, но это не было концом работы съезда. Работа только начиналась: открывалась дискуссия. В публикациях института выступления в дискуссиях печатались наряду с самими докладами. Прения по некоторым докладам Штейнмеца занимали гораздо больше места, чем доклады. Основные положения докладов Штейнмеца редко встречали возражения. Но оказывалось много моментов, требовавших уточнения или более убедительной мотивировки. Во время дискуссии Штейнмецу задавались вопросы. В своих ответах Штейнмецу часто приходилось становиться учителем, и это приносило большую пользу и делу и тем, кому он давал дополнительные, почти школьные разъяснения.

Штейнмец был социалистом, приверженность его к социалистическим идеям послужила причиной того, что он эмигрировал из Германии, чтобы не подпасть под действие исключительных законов о социалистах, изданных Бисмарком. Он оставался полностью верен этим

идеям в период своего пребывания в Швейцарии; он пересек океан и рассчитывал на возможность своего дальнейшего общественно-политического развития среди единомышленников-социалистов в Соединенных Штатах. Эти надежды не оправдались. Социалистические идеи, конечно, имели своих сторонников в Соединенных Штатах, но последовательных марксистов там было не так уж много; большинство принадлежало к правому крылу социал-демократии. Значительная часть социалистов оказалась недостаточно идейно подготовленной к активной работе среди рабочих, к воспитанию их в духе передовых материалистических воззрений.

Капитализм имел в США более глубокие корни, чем в других странах. Рабочие были в большей части организованы плохо, революционной рабочей партии не существовало, руководство профсоюзов находилось в руках людей, из которых не все заслуживали доверия. Труд оплачивался лучше, чем во многих других странах, так что имелась заметная прослойка рабочих, которые были довольны своим положением. Среди рабочих было много иммигрантов, которые стояли в стороне от классовых боев и неясно представляли себе разницу между идейными социалистами и неподготовленными агитаторами, нередко выступавшими на заводах.

Социалисты в США составляли небольшие разрозненные группы, не всегда имевшие единое руководство. Они совершенно не могли вести борьбу с республиканцами и демократами, представителями старых, окрепших буржуазных партий, служивших оплотом быстро развивавшегося американского капитализма.

Приехав в США, Штейнмец оказался вначале вне активной политической деятельности. Углубившись в свои научные и технические работы, он оставался социалистом по мировоззрению, но никакой конкретной политической работы еще не вел. Неправильно предполагать — а такие предположения высказывались, что политическое кредо Штейнмеца становилось все более и более консервативным по мере его удаления от Бреславля. Своим идеалам он оставался верен до конца жизни, и лучшим доказательством этого является то, как встретил Штейнмец Великую Октябрьскую социалистическую революцию. В течение многих лет, которые Штейнмец прожил в США, там не было сильной рево-

люционной партии рабочего класса. Вспомним, что Коммунистическая партия США организовалась лишь в 1919 г. Представители наиболее революционной части американских социалистов очень ценили Штейнмеца и стремились привлечь его к работе.

Интересно отметить один случай, который произошел на заводах G.E.C. в Скинектеди в конце 1906 г. Администрация уволила трех чертежников, членов международного профсоюза деревообделочников. В связи с тем, что руководство G.E.C. отказалось восстановить уволенных на работе, на предприятиях компании началась забастовка. Уже в наше время, 25 апреля 1965 г., в газете «Уоркер», в статье, посвященной столетию со дня рождения Штейнмеца, указано, что он участвовал в организации этого выступления рабочих. Правда, в статье делается оговорка в том смысле, что сейчас нет возможности получить точные данные об этом, но бесспорным является тот факт, что Штейнмец сочувствовал бастующим и помогал им.

Во всех случаях, когда Штейнмецу приходилось участвовать в муниципальных или других общественных делах, он стремился проводить мероприятия, которые соответствовали его социалистическим воззрениям. Кое-что ему удавалось в этом направлении сделать.

В 1911 г. Штейнмецу представился благоприятный, как казалось, случай для работы в муниципалитете. Город Скинектеди, где он тогда жил, был основан голландцами; в XVII в. здесь высадились первые иммигранты из Европы, образовавшие общину, во главе которой стоял голландец ван Керлер. Все они принадлежали к очень консервативной реформатской церкви. Впоследствии, когда поселение выросло и превратилось в город, заметная часть населения была связана с этой церковью. В 1911 г. ее возглавлял очень образованный, но честолюбивый пастор Лунн, которого прихожане недолюбливали, так как он вмешивался в дела города, занимался не только прославлением бога, но и политическими вопросами, причем во многих случаях проявлял свободомыслие, настораживавшее его паству. Кое-кого из своих прихожан, особенно крупных буржуа, он открыто критиковал с амвона. Дальше — больше, и постепенно Лунн превратил строгую реформатскую

церковь в место встречи радикально мыслящих горожан; его проповеди приобрели характер открытых политических выступлений, а это привело к острому конфликту с консервативной частью общины. Ширились разговоры о том, что вместо богобоязненного пастыря под сводами церкви находится политический агитатор, от которого община должна поскорее отделаться. Лунн вскоре стал безработным и начал искать себе новое место. Особой принципиальностью он не отличался, а поэтому начал переговоры с обеими основными политическими партиями; но и республиканцы, и демократы отказались от какого бы то ни было сотрудничества с ним, зная о его взглядах, казавшихся им недопустимо радикальными. Все данные говорят о том, что не было никаких оснований считать Лунна серьезным и принципиальным политическим деятелем, а потому трудно было предвидеть, на каком пути он может добиться успеха. Лунну оставалось только начать заигрывание с относительно небольшой группой социалистов в Скинектеди, которая была очень слаба и обладала ограниченным влиянием. Встречи его с социалистами имели неожиданный для него успех. Это характеризует не столько Лунна, сколько социалистическую группировку в Скинектеди. Вокруг радикализма Лунна был сплетен венок легенд, поскольку его не принимали в свою среду ни республиканцы, ни демократы; социалисты решили выдвинуть его на должность мэра, полагая, что если они добьются успеха на выборах, то их положение как политической группировки заметно укрепится. В течение многих лет до того руководство городом находилось в руках демократической партии. Вполне вероятно, что в городе было достаточное число недовольных, чтобы при выборах мэра отдать голоса новому человеку. Инициатива социалистов имела успех: на должность мэра избрали Лунна. Однако было ясно, что Лунн — просто ловкий делец и что от него нельзя ожидать таких дел, за которые население города прониклось бы чувством признательности и доверия к социалистам. Следовало найти такого человека, который, приняв непосредственное участие в муниципальных делах, придавал бы большой вес происшедшей бескровной революции в масштабе города, подавляющая часть населения которого работала на предприятиях G.E.C.

Социалистическая группа в Скинектеди «уломала» Штейнмеца, и он согласился оторваться от своих научных и производственных дел, чтобы послужить городу. Штейнмец принял на себя руководство просвещением и школьным делом — важным участком, который был очень запущен предшествующим руководством, извлекавшим немалые личные выгоды из каждой отрасли городского хозяйства. Идеально честный и бескорыстный, Штейнмец был в то же время в известной степени наивным и доверчивым. Он верил в то, что его ближайшее окружение в мэрии отличается по меньшей мере элементарной порядочностью. Он задумал провести ряд коренных преобразований в школьном деле, но столкнулся с очень серьезным противодействием. Ряд лет бился он над проведением своей программы, которая сделала бы школу доступной всем и способной не только дать подрастающему поколению известный комплекс знаний и навыков, но и воспитать его в духе высоких гражданских чувств. Штейнмecu удалось добиться увеличения числа спортивных площадок для школьников, организовать специальное обучение для умственно отсталых детей, учредить школы для повышения уровня знаний иммигрантов и для расширения их сведений о своей новой родине; в частности, Штейнмец организовал реальную помощь иммигрантам для более быстрого изучения английского языка. Для школьников, больных туберкулезом или склонных к нему, он создал санатории и провел другие профилактические и лечебные меры, за которые граждане города, конечно, были ему очень благодарны. Но проведения основных мероприятий по усовершенствованию постановки учебной и воспитательной работы в школах Штейнмец не добился. Пробыв два последовательных периода руководителем школьного и просветительного дела, Штейнмец отошел от этой работы, поняв, что в США еще нет возможностей провести в жизнь те с его точки зрения необходимые и полезные мероприятия, которые он просто и прямо сформулировал в своей программе. Так закончилась деятельность Штейнмеца в качестве председателя совета по просвещению при муниципалитете в Скинектеди. Но на его идеи обратили внимание в более высоких государственных кругах, где понимали их рациональную основу. В 1915 г. Штейнмеца избрали

президентом общегосударственного Совета по просвещению. Ему удалось придать новое направление работам этого органа, но реализация его предложений шла также очень туго.

Штейнмец оставался преданным своим социалистическим идеалам, однако связи его с американскими социалистами значительно ослабли; формально он оставался «членом партии, платящим членские взносы», как он пишет в предисловии к своей книге «America and the New Epoch» («Америка и новая эпоха», 1916 г.). В 1919 г. он выходит из социал-демократической партии США. Глубокие изменения в его мировоззрении внесла Великая Октябрьская социалистическая революция; оказание посильного содействия ей он считал своим святым долгом.

В 1914 г. началась первая мировая война. Как приверженец социалистических взглядов, Штейнмец был противником империалистических несправедливых войн. Воспитанный на германской культуре, выходец из этой страны, он тяжело переживал сложившуюся ситуацию и возникшие в его душе противоречия. США еще не вступили в войну, но Штейнмец болезненно относился к тому, что войну начала Германия, его прежняя и всегда неласковая к нему родина. Личные его переживания были исключительно тяжелыми. В это время, в связи с войной, Штейнмец сделал попытку разобраться в своих мыслях и чувствах и осмыслить, что же нового могут принести последующие годы, как дальше будут развиваться взаимоотношения между трудом и капиталом в такой крупной корпорации, как G.E.C. Он хотел разобраться и в своем положении: он — социалист — находится на службе у капитала и своим трудом значительно приумножил доходы G.E.C. А изменилось ли от этого положение большой армии рабочих этой компании?

Критической оценке капиталистического строя и прогнозу будущего Штейнмец посвятил книгу «Америка и новая эпоха», изданную в 1916 г. Это было очень тяжелое время — разгар первой мировой войны. Штейнмец подвергался многочисленным нападкам со стороны некоторых газет. В связи с этим он счел необходимым изложить свои взгляды на основные вопросы общественной и экономической жизни того времени.

В отдельных главах этой книги он рассматривает вопросы, относящиеся к промышленному развитию США и Европы, дает оценку социальных условий, рассматривает проблему индустриальных трестов и т. д. Однако свои рассуждения по этим вопросам он ведет с позиций буржуазного реформизма, а поэтому выводы и мнения его во многом ошибочны. Штейнмец идеализирует деятельность крупных капиталистических корпораций и положение рабочих на их предприятиях. Он разделяет промышленность на две группы: к одной принадлежат крупные концерны, располагающие громадными финансовыми и материальными ресурсами, к другой — предприятия с относительно небольшим масштабом производства, принадлежащие индивидуальным владельцам. У крупных концернов существует известный план развития, более или менее определенная перспектива; масштаб их операций большой и охватывает много направлений, в той или иной степени связанных одно с другим. Здесь зарплата выше, чем на предприятиях индивидуальных владельцев; концерн может выделять почти неограниченные средства на развитие опытов и исследований. Работу крупных монополистических трестов и концернов он называет «промышленной кооперацией», а работу предприятий отдельных индивидуальных владельцев — «промышленным индивидуализмом». Между этими двумя категориями есть, по его мнению, существенное различие. Крупный концерн, занимающий в своей отрасли монопольное или почти монопольное положение, не стремится якобы принести выгоды одному лицу или небольшой группе лиц, в то время как индивидуальный капитал работает только на собственный карман, не имея иных целей, кроме барышей. Масштаб производства крупных корпораций велик, поэтому они, по словам автора, могут довольствоваться меньшими прибылями; такие корпорации могут проявлять больше заботы о рабочих и техническом персонале, что невозможно на предприятиях индивидуальных владельцев.

В конце XVIII в. Французская буржуазная революция нанесла сокрушительный удар феодализму и открыла выход для энергии и инициативы миллионов. Происходят глубокие изменения в технике: появляются паровой двигатель, паровой транспорт, телеграф, теле-

фон; начинает применяться электрическая энергия. Выражением особенностей индивидуалистической эпохи в производстве была свободная конкуренция, способствовавшая широкому индустриальному развитию в XIX веке. Но постепенно свободная конкуренция из созидательного фактора превратилась в разрушительный. Производители начали заключать соглашения, чтобы ослабить конкуренцию. Это привело в конце концов к «кооперации», которая пришла на смену конкуренции. В дальнейшем появятся многочисленные новые концерны, которые будут развиваться и расти. С течением времени государство должно будет контролировать все крупные промышленные корпорации, либо приспособиться к тому, чтобы им угодить. Штейнмец приводит схему развития этого взаимодействия: 1) соревнование, конкуренция; 2) объединение и крупная кооперация, т. е. превращение в «спинной хребет экономики»; 3) надзор и контроль со стороны государства; 4) руководство со стороны государства; 5) национализация.

В этой же книге Штейнмец излагает еще одну свою идею: необходимость четырехчасового рабочего дня, т. е. 24-часовой рабочей недели. Высказываясь в пользу такого короткого рабочего дня, Штейнмец, однако, сам работал по меньшей мере шестнадцать часов в сутки. Как же это увязать? Такой вопрос ему задавали. В своем ответе Штейнмец исходил из понимания термина «работа» в производственном отношении. «Работой» он считал неинтересную, не захватывающую человека деятельность, обычно монотонного характера, заключающуюся полностью или в значительной своей части в механическом повторении однотипных операций. Таким образом, термин «работа» в оценке Штейнмца следует брать в кавычки или отмечать как-то иначе, чтобы показать отличие его от наших обычных понятий. В связи с этим Штейнмец считал, что его 16-часовое пребывание в лаборатории является не работой, а в основном творческим трудом: вероятно, из этих 16 часов на «работу» приходилось только часа два.

Рабочие, которые вынуждены по восемь часов в день заниматься одним и тем же делом, лишенным элементов творчества, поставлены в исключительно тяжелые условия. Если сравнить труд таких рабочих с трудом земледельца, обрабатывающего свою полосу от зари до

зари, то нельзя не прийти к выводу, что труд земледельца легче: земледелец может по своему желанию сделать передышку, да и сама работа его по своему характеру меняется день ото дня. Земледелец может проявлять инициативу; многие же рабочие — лишь придаток к машине, звено в производственной цепи. Поэтому Штейнмец имел основание сделать прогноз, который оправдался в дальнейшем. Мы имеем теперь убедительные доказательства правильности мыслей Штейнмеца о том, что развитие индустрии становится все больше и больше направленным в сторону «механического рабочего», т. е. к «механизированному рабочему дню». На многих предприятиях труд человека уже тогда, в 1916 г. сводился к обслуживанию машин и механизмов и к упаковке готовой продукции. Рабочий день еще велик, а работа утомительна для тела и души. Можно поставить такой вопрос: не лучше ли было бы, если бы рабочие в самых прогрессивных отраслях промышленности, например в радиопромышленности и автомобилестроении, перешли на четырехчасовой рабочий день на производстве, чтобы остальное время затрачивать на творческую работу, на интеллектуальное совершенствование?

Штейнмец рассчитал, что в самом начале XIX в. при 10-часовом рабочем дне производственная деятельность человека занимала 34,4% годового времени, а свободное время, которое могло быть использовано для интеллектуального совершенствования и обслуживания своих нужд, составляло 28,1%. Аналогичные данные в условиях производства 1916 г. были, соответственно, 27,4 % и 35,1 %, что являлось известным прогрессом. При четырехчасовом рабочем дне эти цифры будут, соответственно, 9,1 % и 53,4%.

К сожалению, такие взгляды представляются нежизненными и оторванными от практики. Материальное положение трудящихся в странах капитала не столь устойчиво и благополучно, чтобы не стремиться к более высоким заработкам при удлиненном рабочем дне. Можно понять, что Штейнмец был в большой степени кабинетным ученым и таким деятелем техники, все интересы которого сосредоточились на решении теоретических, исследовательских и конструкторских задач. Он имел весьма слабое представление о том, как люди ценят деньги. Он не знал, для чего им деньги нужны

помимо удовлетворения самых обыденных скромных потребностей. Он любил книги и тратил на это деньги. Он интересовался жизнью своей лаборатории для изучения действия света на животные и растительные организмы и тратил на это деньги. Ему приносила радость творческая работа, но он не знал никаких других удовольствий, потребности в жизненных удобствах и т. п. Возникает поэтому естественный вопрос: знал ли вообще Штейнмец натуру своего современника?

В упомянутой книге Штейнмец изложил свои взгляды на Германию и ее роль в экономике. По его мнению, Германия уже вошла в полосу, которую он охарактеризовал как «этап кооперации». Она очень преуспела в промышленном производстве и во внешней торговле. Против нее объединились Россия, Англия и Франция. Хотя Германия была лучше подготовлена к войне, она потерпела поражение.

США примкнули к противникам Германии, и симпатии американцев были не на стороне Германии. Штейнмец нашел в США вторую родину и все же забыть Германию он не мог. К какой из воевавших тогда империалистических держав могли быть у него симпатии? Вероятнее всего: ни к одной. Он порицал действия и поведение Германии в этой войне, но не проникся германофобскими настроениями, которые были тогда широко распространены в США.

Одно время Штейнмеца интересовала идея «Соединенных штатов Европы», т. е. единого экономического комплекса в Европе под гегемонией Германии, в конечную победу которой он тогда еще верил. Но после потопления «Лузитании» и вступления США в войну против Германии ополчились все газеты, так что об идее «Соединенных Штатов Европы» под гегемонией Германии не могло быть и речи. Правильно разобрался в этом вопросе и сам Штейнмец.

Концерн G.E.C. не обращал внимания ни на социалистические взгляды Штейнмеца, ни на его высказывания по экономическим проблемам в книге «Америка и новая эпоха». Для этой крупной промышленной компании война открыла новые возможности увеличить прибыли и дивиденды, а Штейнмец своими работами мог этому содействовать. Но газеты не стеснялись называть Штейнмеца германофилом.

После вступления США в войну, возник вопрос о создании особого Военно-морского научного совета для разработки новых средств обороны. Когда намечался состав этого совета, была выдвинута и кандидатура Штейнмеца. Хотя честность Штейнмеца была общеизвестна, газеты начали против него энергичную кампанию, увенчавшуюся успехом: было признано недопустимым привлечение немца к секретной оборонной работе. К тому же Штейнмец был социалистом-интернационалистом!

Штейнмец был очень удручен событиями последнего этапа войны. Военный психоз представлялся ему глубоко опасным. Он понял, что его, отдавшего все свои силы прогрессу электротехники в США, все же не признают полноценным американцем. Это действовало на него очень болезненно: он уединился и стал все реже встречаться со многими бывшими своими друзьями.



ШТЕЙНМЕЦ И ОКТЯБРЬСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

В 1917 г. в России произошла революция: царский режим пал, на смену ему пришла власть Советов, ставшая государственной властью после Великой Октябрьской социалистической революции. Сведения о нашей революции, которые распространялись зарубежной прессой, не давали правильной информации о сущности происшедших в России исторических событий. Большевики обрисовывались там как захватчики власти, действующие против чаяний и желаний народа, как нарушители военных обязательств, принятых Россией. Особенно большим грехом советской власти считалось ее стремление скорее кончить кровопролитие и заключить мир.

За рубежом было не так много людей, которые встретили Октябрьскую революцию с радостью и надеждой. Среди иностранной буржуазии все больше и больше укреплялась ненависть к русской революции; даже самые передовые люди за рубежом не совсем правильно представляли себе, что же будет происходить в огромной, богатой, но экономически отсталой стране, занимающей восточную половину Европы и колоссальные пространства на севере Азии. Внимательно следил за разворачиванием исторических событий в России пролетариат капиталистических стран, но враждебная большевикам информация зарубежной печати искажала представления о нашей действительности. Выход России из войны, интервенция иностранных войск,

гражданская война, развернувшаяся в разных частях страны, создавали сложную и опасную ситуацию для молодого советского государства. Лишь немногие, буквально считанные люди за рубежом прониклись верой в то, что большевики повернули человечество на новые пути развития, что начался новый этап в истории человеческого общества, предвещающий тяжелую борьбу и огромные трудности, но несомненно имеющий глубокие основания для победы.

К числу наших искренних зарубежных друзей принадлежал, например, известный американский публицист, один из основателей коммунистической партии США, Джон Рид, активно выступавший у себя на родине в защиту бастовавших рабочих, боровшихся за улучшение своего положения. Он был корреспондентом на фронтах первой мировой войны. Он горячо приветствовал Великую Октябрьскую революцию. Приехав в Россию в 1917 г. в качестве военного корреспондента, он был свидетелем революционных событий и описал их в выдающемся публицистическом произведении «Десять дней, которые потрясли мир».

Вспомним другого американского журналиста — Олберта Риса Уильямса, много раз приезжавшего в нашу страну. В 1917 г. на I Всероссийском съезде Советов Уильямс выступил с речью, в которой приветствовал нашу революцию и высказал твердую уверенность в ее решительной победе и в том, что факел, освещающий путь человечества к высшим идеалам, зажжен в России, что свет идет от братских могил Марсова Поля, а не от статуи Свободы у входа в Нью-Йоркскую гавань.

Штейнмец по своим настроениям и по отношению к русской революции 1917 года должен быть причислен именно к такому роду людей, тогда еще немногочисленных, но твердо веривших во всемирно-историческое значение событий в России.

Октябрьская революция оказалась тем событием, которое заставило Штейнмеца глубже разобраться в собственных мыслях и настроениях, сложившихся под влиянием событий военного времени, обвинений его в германофильстве и пацифизме и понять противоречия между его социалистическими взглядами и действительностью капиталистической системы производства в США.

Штейнмец с захватывающим интересом следил за событиями в России. Он переоценил то, что несколько ранее изложил в книге «Америка и новая эпоха». Русская революция показала ему путь к достижению целей, которые ставит себе социализм. Он перестал верить в то, что победа Германии и торжество идеи «Соединенных Штатов Европы» под ее гегемонией приблизит человеческое общество к лучшим временам. Он понимал, что Германия будет разбита, и стал считать, что это лучший из возможных исходов войны. Самых благоприятных перспектив для человечества, по его мнению, нужно ждать от последствий русской революции. Он считал, что после окончания войны Россия поведет человечество к идеальному общественному устройству.

В 1918 г. в США началось движение среди выходцев из России за организацию реэмиграции на родину. В Америке было много квалифицированных рабочих, эмигрировавших из России, имевших в России родственников и могущих с пользой работать над восстановлением промышленности, разрушенной войной и интервенцией. Чувствовалась необходимость организовать ассоциацию технической помощи Советской России; основная цель ассоциации должна была заключаться в формировании групп инженеров и высококвалифицированных рабочих, которым надо было помочь уехать в Россию для работы. Вот что пишет в своих воспоминаниях⁵⁷ один из активных деятелей этого движения инженер-электрик Б. В. Лосев, посетивший Штейнмеца в июле 1918 г. в Скинектеди в его лаборатории.

«Доктор Штейнмец вышел из боковой двери квартиры в лабораторию. Он подошел ко мне, я встал, он пожал мне руку и сказал: „Я рад, я очень рад, что вы пришли“. И сел на свой высокий стул, который всегда стоял у большого письменного стола. В политических вопросах он много понимал, но обычно говорил о политике мало. Но тут у нас произошел серьезный разговор, который длился около часа. В начале разговора я его прямо спросил: левый ли он или правый социалист. Я сказал ему, что мы, левые социалисты, собираемся ехать в Советскую Россию помочь Советской власти. Среди нас имеются строители, электрики, монтеры и пр. Доктор Штейнмец быстро ответил, что он левый, и при-

бавил, что правые социалисты в составе американской социал-демократической партии представляют собой не что иное, как придаток („аппендикс“) к капитализму. Услышав это, я обрадовался и сказал ему, что большая группа инженеров собирается ехать в Советскую Россию для работы и было бы весьма полезно, если бы он тоже мог поехать. Он тотчас же ответил: «Я с вами поеду. Возвращайтесь в Нью-Йорк и скажите вашим товарищам, чтобы они организовывались „вертикально“ — в группы по специальностям с тем, чтобы инженеры, техники и рабочие были в одной группе».

Идея создания организации для технической помощи, о которой Б. В. Лосев передал своим товарищам, встретила у них полное сочувствие; началась подготовительная работа. Нужно было создать финансовую базу для предстоящего переезда, обучить некоторых русскому языку, который был забыт старыми иммигрантами, и т. д. Только 22 мая 1919 г. было организовано Общество технической помощи Советской России; в прессе была помещена информация о его задачах и выявилось много лиц, которые желали примкнуть к обществу. Примерно через год, летом 1920 г., представители общества во главе с секретарем Б. В. Лосевым снова посетили Штейнмеца и беседовали по вопросам, связанным с поручением миссии Л. К. Мартенса — закупить в США электрооборудование для пяти небольших электростанций. Крупные американские фирмы проявляли сдержанность в деле установления экономических связей с Советской Россией и не принимали этого заказа. Решено было через общество технической помощи обратиться за советом к Штейнмецу. По словам Б. В. Лосева, Штейнмец проявил глубокое внимание к этому делу, тут же позвонил кому-то по телефону, а затем указал, к какой фирме следует обратиться за выполнением такого заказа. Эта фирма («James Iron Works Co.») откликнулась немедленно и сделала предложение со сметой и сроком поставки.

Приближался день отъезда в Россию очередной группы, и ее участник Б. В. Лосев решил еще раз повидаться со Штейнмецем. Утром 8 февраля 1922 г. состоялась встреча, которую Б. В. Лосев описывает так: «Доктор Штейнмец уже сидел на своем высоком стуле со счетной линейкой в руках и большой сигарой во рту.

Увидев меня, он соскочил со своего стула и быстро приблизился ко мне, поздоровался крепким рукопожатием и взволнованно заговорил: «Значит, вы едете?». В ответ на это я спросил его: «А вы, доктор, поедете с нами?». Он тогда сказал: «Жаль, что я не могу ехать с вами в Советскую Россию, очень и очень жаль, что мое здоровье не позволяет мне ехать, в особенности пароходом. Мне кажется, результаты мировой войны таковы, что если бы не установление Советской власти в России, то жизнь для меня потеряла бы всякую ценность».

Беседа коснулась развития технической помощи и разных мероприятий, которые прямо или косвенно помогли бы этому делу. Штейнмец просил поддерживать с ним связь и впредь, присылать информацию о восстановлении промышленности, на основе которой он мог бы делать публикации в американских журналах и содействовать распространению достоверных сведений о России. Когда Лосев заметил, что Штейнмecu лучше было бы изложить свое желание в письме, которое будет передано ответственным руководителям в Москве, он ответил, что напишет такое письмо. Необычно громким голосом он сказал: «Я знаю, кому напишу письмо. Я пишу человеку, которого я больше всего уважаю». — «Кому?» — спросил Лосев. Штейнмец ответил: «Ленину».

Через некоторое время письмо было вручено Б. В. Лосеву, привезено в Москву и передано В. И. Ленину. В это время в нашей стране начался восстановительный период и широко развернулись работы по электрификации страны. Опыт, накопленный при составлении плана ГОЭЛРО, был использован Госпланом, организованным при Совете Труда и Обороне, для разработки единого государственного хозяйственного плана на базе плана электрификации, одобренного VIII Всероссийским съездом Советов. Начинался разворот гигантских работ по созданию материально-производственной базы социализма. Когда Штейнмец писал письмо В. И. Ленину, за рубежом обо всем этом имелись еще самые ограниченные сведения. Но Штейнмец ясно понимал сущность вопроса и отчетливо представлял себе, что единственно возможным результатом будет успех начатого дела. Это четко и определенно было выражено в его письме В. И. Ленину. Ниже приводим перевод этого письма.

«Скинектеди, 16 февраля 1922 г.

Господину В. Ленину.

Мой дорогой г. Ленин! Возвращение г. Б. В. Лосева в Россию представляет мне удобный случай выразить Вам свое восхищение удивительной работой по социальному и промышленному возрождению, которую Россия выполняет при таких тяжелых условиях.

Я желаю Вам полнейшего успеха и вполне уверен, что Вы добьетесь успеха. В самом деле, Вы должны добиться успеха, так как не должен быть допущен провал громадного дела, начатого Россией.

Если в технических вопросах и особенно в вопросах электростроительства я могу помочь России тем или иным способом, советом, предложением и указанием, я всегда буду очень рад сделать все что в моих силах.

Братски Ваш Ч. Штейнмец»

Ленин не знал о Штейнмце и его роли в электротехнике; Г. М. Кржижановский информировал Владимира Ильича о значении работ Штейнмца для прогресса в области производства, передачи и использования электрической энергии. В. И. Ленин ответил Штейнмцу следующим письмом⁵⁸.

«10.IV.1922

Дорогой мистер Штейнмец! Душевно благодарю Вас за Ваше дружественное письмо от 16.II 1922 г. Я должен признаться, к стыду моему, что в первый раз услышал Ваше имя всего только немного месяцев тому назад от т. Кржижановского, который был председателем нашей «Государственной комиссии по выработке плана электрификации России» и состоит теперь председателем „Государственной общеплановой комиссии“. Он рассказал мне о выдающемся положении, которое Вы заняли среди электротехников всего мира.

Тов. Мартенс познакомил меня теперь больше с Вами своими рассказами о Вас. Я увидел из этих рассказов, что Вас привели к сочувствию Советской России, с одной стороны, Ваши социально-политические воззрения. С другой стороны, Вы, как представитель электротехники в одной из передовых по развитию техники стран, убедились в необходимости и неизбежности

CHARLES P. STEINMETZ, A.M., PH.D.
WENDELL AVENUE
SCHENECTADY, N.Y.

Schenectady, N.Y. Feb. 16, 1922.

Mr. N. Lenin,

My dear Mr. Lenin:

Mr. E. W. Lassoff's return to Russia gives me an opportunity to express to you my admiration of the wonderful work of social and industrial regeneration which Russia is accomplishing under such terrible difficulties.

I wish you the fullest success and have every confidence that you will succeed. Indeed, you must succeed, for the great work which Russia has started must not be allowed to fail.

If in technical and more particularly in electrical engineering matters I can assist Russia in any manner with advice, suggestion or consultation, I shall always be very pleased to do so as far as I am able.

Fraternally yours,

Charles P. Steinmetz

CPS:R

Письмо Штейнмеца к Ленину

Замены капитализма новым общественным строем, который установит планомерное регулирование хозяйства и обеспечит благосостояние всей народной массы на основе электрификации целых стран. Во всех странах мира растет — медленнее, чем того следует желать, но неудержимо и неуклонно растет число представителей науки, техники, искусства, которые убеждаются в необходимости замены капитализма иным общественно-экономическим строем и которых „страшные трудности“ („terrible difficulties“) борьбы Советской России против всего капиталистического мира не отталкивают, не отпугивают, а напротив, приводят к сознанию неизбежности борьбы и необходимости принять в ней посильное участие, помогая новому — осилить старое.

В особенности хочется мне поблагодарить Вас за Ваше предложение помочь России советом, указаниями и т. д. Так как отсутствие официальных и законно-признанных отношений между Советской Россией и Соединенными Штатами крайне затрудняет и для нас и для Вас практическое осуществление Вашего предложения, то я позволю себе опубликовать и Ваше письмо и мой ответ, в надежде, что тогда многие лица, живущие в Америке или в странах, связанных торговыми договорами и с Соединенными Штатами и с Россией, помогут Вам (информацией, переводами с русского на английский и т. п.) осуществить Ваше намерение помочь Советской республике.

С наилучшим приветом
братски Ваш Ленин»

В конце 1922 г. В. И. Ленин, воспользовавшись визитом в Москву группы американских фермеров, отправил через руководителя этой группы Гарольда Вэра Штейнмецу свою фотографию со следующей надписью:

«Глубокоуважаемому Чарлзу Протеусу Штейнмецу, являющемуся одним из немногих исключений в объединенном фронте представителей науки и культуры, противопоставляющих себя пролетариату.

Я надеюсь, что последующего углубления и расширения бреши, пробитой на этом фронте, не придется долго ждать. Пусть пример русских рабочих и крестьян, держащих свою судьбу в своих руках, послужит поддержкой американскому пролетариату и фермерам. Несмотря на ужасное последствие военной разрухи, мы продолжаем идти вперед, хотя и не обладаем и одной десятой тех огромных ресурсов для экономического строительства новой жизни, которые уже много лет находятся в распоряжении американского народа.

Владимир Ульянов (Ленин).

Москва, 7.XII 1922»

Сравнительно недавно в нашей прессе опубликованы материалы и документы, освещающие обстоятельства и последствия обмена письмами между Штейнмцем и В. И. Лениным⁵⁹.

Штейнмец горячо приветствовал организацию еще одного большого коллектива, готовившегося к репат-

РОССИЙСКАЯ
ФЕДЕРАТИВНАЯ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКАЯ
СОВЕТСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ПРЕДСЕДАТЕЛЬ
СОВЕТА
НАРОДНЫХ КОМИССАРОВЪ.

Москва, Кремль.

19. IV 1922.
№ 8362

Архив Т. Ленина

Лен. № 18
по порядку № 22/0
18/121.

Mr. Charles P. Steinmetz, A.M., Ph.D.
Wendell Avenue, Schenectady, New York.

My Dear Mr. Steinmetz:

I heartily thank you for your friendly letter of February 16th, 1922. I must confess to my shame that I heard your name for the first time only a few months ago from Comrade Krjiljanovsky formerly chairman of our State Commission for Elaborating a Plan for the Electrification of Russia, and now Chairman of the State General Planning Committee. He informed me of the prominent position you occupy among electro-technicians of the whole world.

Comrade Martens has now made me more acquainted with you. From his accounts I understand that you were led to sympathise with Soviet Russia, on the one hand by your social political views, and on the other, by the fact that as a representative of electro-technics (and in one of the countries most advanced in the development of electro-technics at that) you became convinced of the necessity and inevitability of the substitution of capitalism by a new social order which will establish systematic regulation of economics, and will guarantee the well-being of the whole of the people on the basis of the electrification of whole countries.

Письмо Ленина к Штейнметцу (1-я страница)

РОССИЙСКАЯ
ФЕДЕРАТИВНАЯ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКАЯ
СОВЕТСКАЯ РЕСПУБЛИКА
—
ПРЕДСЕДАТЕЛЬ
СОВЕТА
—
НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ.

Москва, Кремль.

191 ... 2.

№

Архив т. Ленина

дело № 17

по запросу № 240
11/17/21.

In every country in the world there is a slowly - more slowly than one could wish - but surely increasing number of representatives of Science, Technics and Art, who are becoming convinced of the necessity of substituting Capitalism by some other social-economic order, who are not repelled or scared by the terrible difficulties of Soviet Russia's struggle against the entire capitalist world, but who, on the contrary, are beginning to realise the inevitability of the struggle and the necessity of, to the best of their ability, helping the new to overcome the old.

I would like particularly to thank you for your offer to help Russia by your advice, suggestions etc. As the absence of official and legally recognized relations between Soviet Russia and the United States renders the practical fulfilment of your proposal difficult both for you and us, I shall take the liberty of publishing your letter and my reply to it in the hope that by this means many persons living in America or in countries bound by trade agreements, both with United States and with Russia, may help you (by information, translations from Russian into English, etc..) to fulfil your desire to help the Soviet Republic.

With heartiest greetings

Stakemally Yours Lenin.

Письмо Ленина к Штейнмецу (2-я страница)

To the highly esteemed Charles Proteus Steinmetz, one of the few exceptions to the united front of representatives of science and culture opposed to the proletariat.

I hope that a further deepening and widening of the breach in this front will not have to be awaited long. Let the example of the Russian workers and peasants holding their fate in their own hands serve as an encouragement to the American proletariat and farmers. In spite of the terrible consequences of the war destruction we are going ahead though not possessing to the extent of one tenth the tremendous resources for the economic building of a new life that have been at the disposal of the American people for many years.

Moscow 7th 1922 Vladimir I. Lenin (Lenin)

Надпись на фотографии, подаренной В. И. Лениным
Штейнмецу

риации в Советскую Россию. Это — «Автономная индустриальная колония Кузбасс» (сокращенно АИК), предполагавшая по прибытии в Россию работать над восстановлением и развитием каменноугольной промышленности Кузнецкого бассейна. Штейнмец дал согласие на вхождение в состав совещательного комитета этой организации. Он ознакомился с основным направлением будущей деятельности АИК, рассмотрел и одобрил намеченные планы работ, целью которых была организация в Кузбассе производства на новых началах, не свойственных капиталистическому способу. Участники работ АИК считали необходимым организовать производство так, чтобы извлечение прибылей исключалось. Это встретило со стороны Штейнмеца полное одобрение.

Как известно, в восстановительный период, до 1926 г., АИК, организованная иностранными (преимущественно американскими) рабочими и коммунистами, весьма способствовала возрождению Кузбасса. Но в 1926 г. народное хозяйство СССР поставило перед Кузбассом такие большие задачи, что ни масштаб работ, ни организационные формы АИК уже не подходили. На базе того, что было сделано «Автономной индустриальной колонией Кузбасс», организовалось объединение

«Кузбассуголь», вошедшее в число предприятий Высшего совета народного хозяйства СССР.

После обмена письмами между В. И. Лениным и Штейнмцем последнему посылались различные материалы, относившийся к плану электрификации России и к выполнению работ в соответствии с этим планом. Штейнмец считал своим долгом помещать в американской технической прессе статьи, которые давали бы правильное представление о характере, значении и масштабе намеченных в России мероприятий по электрификации страны. Прежде всего Штейнмец опубликовал статью, посвященную самому плану; эту статью напечатал весьма распространенный во всем мире журнал «Electrical World»⁶⁰ (см. приложение); кроме собственно статьи с изложением и анализом плана ГОЭЛРО, были помещены две таблицы (одна — Южно-русские ресурсы металлургической промышленности и другая — Первый этап плана электрификации России) и карта РСФСР с указанием размещения намеченных планом энергетических предприятий. Анализ плана, приведенный Штейнмцем, показывает, что автор обстоятельно изучил технические, экономические, топливные, транспортные и другие проблемы, с которыми в большей или меньшей степени был связан план. Эта статья может быть охарактеризована как наиболее доступная для понимания и убедительная научно-техническая информация по данному вопросу. Статье предпослан подзаголовок: «Двадцать районных тепловых и десять гидроэлектростанций составят базу электрификации. Эти электростанции нуждаются в американском капитале для своего осуществления». В конце статьи, отметив громадные расходы по реализации этого плана, превосходящие полмиллиарда долларов, Штейнмец говорит: «Возможность выполнения этой программы в установленное время — 10 лет — зависит от помощи, которую можно будет получить от Америки». Как известно, помощь со стороны предприятий США не была получена, а план был за десять лет полностью реализован. Совершенно ясно, что приведенное мнение Штейнмца следует рассматривать как своего рода рекомендацию американским фирмам использовать крупные советские энергетические мероприятия для улучшения своих дел в период послевоенной депрессии.

Статья Штейнмеца заинтересовала американцев, но его призыв о содействии Советской России в этом большом деле не встретил откликов. Экономические связи между США и нашей страной не восстановились. В то время нельзя было ожидать иных результатов. Редакция журнала «Electrical World», тесно связанного с американской электропромышленностью, снабдила статью Штейнмеца заметкой, весьма ярко характеризующей отношение капиталистов к призыву Штейнмеца. Редакция не отрицает, что электрификация России представляет несомненный интерес. Она считает неоспоримым тот факт, что Россия обладает огромными энергетическими ресурсами — топливными и гидравлическими. Как весьма интересный момент отмечается, что Россия делает попытку использовать в качестве топлива для электростанций торф, залежи которого в России очень велики. Попытки использовать торф на электростанциях США всегда кончались неудачей. Достигнет ли Россия успехов в этой новой области — предвидеть трудно. Оценивая капитальные вложения для осуществления плана ГОЭЛРО в 600 миллионов долларов, редакция журнала утверждает, что без помощи Америки такое большое мероприятие не сможет быть проведено в жизнь. Но экономическая политика Советской России, по мнению журнала, не может расположить деловые круги США к помощи России. Финансовую и иную помощь России журнал без обиняков сравнивает с карточной игрой: то ли выиграешь, то ли проиграешь.

Будущее показало, что план был полностью реализован без помощи американского капитала в намеченные сроки. Одержана была победа и на торфяном фронте.

На статью Штейнмеца появились отклики и комментарии в английской технической периодике⁶¹.

Штейнмец получил из России материал, относящийся к Каширской государственной районной электростанции (ГРЭС), первенцу плана ГОЭЛРО. В 1918 г., в тяжелое время глубокой хозяйственной разрухи, была выбрана площадка для строительства, в 1919 г. Совет Труда и Обороны вынес решение о срочном начале ее сооружения, а 1 мая 1922 г. Каширская ГРЭС была пущена в эксплуатацию. Этой замечательной начальной

странице нашей электрификации была посвящена вторая статья Штейнмеца, опубликованная вскоре после первой. Статья также имеет подзаголовок: «Линия передачи длиной 80 миль, работающая под напряжением 110 000 вольт, построена между Каширой и Москвой для снабжения советской столицы энергией, получаемой сжиганием низкокалорийных углей»⁶². Использовать помощь Штейнмеца в более широком масштабе не удалось: 26 октября 1923 г. он скончался.

В 1922 г. в США была издана книга А. Геллера, эмигрировавшего в прежние годы из России в США и готовившегося к репатриации; в ней он обрисовывал экономическое возрождение Советской России после перенесенных потрясений в годы мировой войны, интервенции и гражданской войны⁶³. Эта книга написана человеком, идейно преданным делу нашей социалистической революции и ставившим еще более широкие цели, чем Штейнмец в своих статьях, а именно: дать возможно более подробное и совершенно беспристрастное изображение гигантских усилий, которые прилагает Советская Россия для восстановления и подъема народного хозяйства. Штейнмец написал к этой книге предисловие, в котором он проявил себя пропагандистом, разъясняющим, что такое социализм и почему только социализм может быть тем справедливым строем, при котором невозможна эксплуатация человека человеком. Это предисловие показывает, что Штейнмец отошел от некоторых взглядов, изложенных в его книге «Америка и новая эпоха».

В этом предисловии Штейнмец, между прочим, писал: «...Частная собственность и владение средствами производства и распределения (капитал, земля, орудия и заводы, транспорт и система распределения) оказываются главнейшими и наиболее общими причинами антисоциальных действий, а общественное владение и распоряжение средствами производства и распределения было указано, как шаг в направлении устранения большинства антисоциальных действий в современном обществе.

В этом заключается социализм; следовательно, социализм есть такая форма человеческого общества, при которой отдельное лицо или группа лиц не могут совершить антисоциальный акт, т. е. такой, при котором

интересы общества будут подчинены выгоде отдельного индивидуума или группы индивидуумов.

Цель социализма — общество, свободное от антисоциальных актов, а потому тождественна цели христианства... Разница заключается в том, что христианство старалось прийти к этому, вселяя во всех членов общества любовь к ближнему; опыт же XIX века доказал, что личные интересы сильнее любви к ближнему. Социализм отбросил надежду на изменение человеческой природы и устраняет антисоциальные действия путем такой перестройки общества, при которой личные интересы становятся тождественными с интересами общества, т. е. путем исключения тех условий, при которых личные интересы противостоят интересам общества...

...Проблема социализма подвергается дискуссии во всем мире среди интеллектуальных лидеров человеческого прогресса, которые видят в социализме надежду на решение извечной проблемы, и среди масс, лишенных гражданских прав, надеющихся при социализме получить свою долю в мировом прогрессе. Это стало платформой политических партий, и, наконец, в России появилась возможность осуществить практически перестройку общества на основе коммунизма.

После вековых плохих методов управления жестоким самодержавием и развращенной церковью, Россия была ввергнута в империалистическую войну, которая для нее была более разрушительной, чем для какой-либо другой нации. Годы войны, блокады, гражданской войны и голода разрушили извечно слабый организм русского капиталистического общества. И когда по окончании войны другие народы начали перестраивать свой ослабленный социально-политический организм, в России мало что оставалось для восстановления и требовалось совершенно новое устройство. Ведущая идея, которая тогда появилась у русских руководителей, — а великие идеи всегда появляются, когда в них нуждается переворот, — мудро привела к попытке создания нового общества — коммунистического государства. В этом томе делается обзор работ и опыта первых лет социалистической России, ее успехов и поражений, неудач и прогресса. Предшествующего опыта, которым можно было руководствоваться, не было; никто не мог предвидеть многих событий и многое из сделанного

нужно было переделывать. Много было бы сделано иначе, если бы было возможно предвидение будущего, но описание того, как оно есть, представляет огромный интерес и важно для каждого интеллигентного человека, особенно для нас, американцев, которые, находясь на передовых позициях человеческого прогресса, должны понять и ясно себе представлять, что происходит...

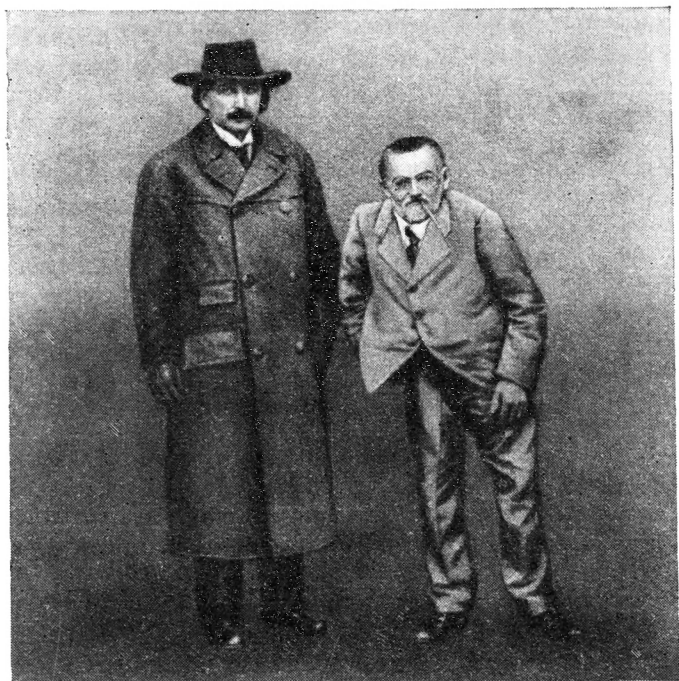
Нам следовало бы знать и понимать, что происходит при попытках построить новое общество, разумно освобожденное от антисоциальных действий, в котором интересы одних индивидуумов не будут противоречить интересам других».



В КОНЦЕ ЖИЗНЕННОГО ПУТИ

Штейнмец прожил всю жизнь одиноко: своей семьи у него не было. В конце жизни он очень тяготился одиночеством. Годы шли, прошла молодость, приблизилась старость и с нею желание жить среди людей, которые были бы ему приятны и которые проявляли к нему теплые чувства.

В числе близких к Штейнмecu сотрудников был Джон Лерой Хейден. Он участвовал в работах, которыми руководил Штейнмец, и проявлял много трудолюбия и старательности. Работы по опробованию действия магнетитовых ламп велись по ночам на улицах Скинек-теди, и Хейден поздно задерживался в городе. Жил он в предместье, а потому нередко оставался у Штейнмeca ночевать. Штейнмец тогда отстраивал себе просторный дом на Wendell Avenue. Штейнмец очень хотел, чтобы в новом доме поселились такие люди, с которыми он мог бы сблизиться, среди которых он мог бы чувствовать себя как в семье. Хейден был женат, у него было трое детей. Дружба между Штейнмecom и Хейденом стала очень прочной; они прониклись большой симпатией друг к другу, и Хейден даже называл Штейнмeca в шутку «папой». Вскоре их добрые отношения стали настолько искренними и глубокими, что Штейнмец усыновил Хейдена. Хейден со всей своей семьей переехал в дом на Wendell Avenue. Так у Штейнмeca сразу оказалась семья; он был окружен любовью, вниманием и заботами со стороны четы Хейден и очень полюбил трех внучат.



А. Эйнштейн и Ч. П. Штейнмец

Период с 1920 по 1922 г. в жизни Штейнмеца был заполнен огромными новыми чувствами и интересом, возникшими в связи с революцией в России и ленинским планом электрификации. Он собирал и изучал материалы о России, популяризировал намеченные планы возрождения нашей страны в промышленном и культурном отношениях.

В 1921 г. в США приехал Альберт Эйнштейн. Американские ученые и общественность встретили его с почетом. Он читал лекции о теории относительности, из которых особенно интересными были лекции, прочитанные им в Принстонском университете; они вышли затем отдельным изданием и представляли собой классическое изложение теории относительности. Эйнштейн встречался в США с видными представителями науки и техники, в том числе со Штейнмцем и Эдисоном.

Встреча Эйнштейна со Штейнмецем была интересной для обоих. Эйнштейн был рад встретиться с образованным человеком, с которым мог поговорить на серьезные научные темы и, возможно, услышать новые соображения и идеи. Штейнмец же считал для себя великой честью встретиться с человеком, о котором он говорил: «Это самый великий человек после Ленина». Результатом этих встреч и бесед было то, что Штейнмец, ярый сторонник идей Эйнштейна, провел ряд выступлений для популяризации теории относительности среди широких масс интеллигенции; его доклады были изданы отдельной книгой под названием: «Четыре лекции об относительности и пространстве»⁶⁴ и способствовали распространению идей Эйнштейна.

Несколько позже, в 1922 г., в США приехал Гульельмо Маркони, известный деятель в области радио-промышленности. Штейнмец встречался с Маркони, но эти беседы, по-видимому, не вызвали у Штейнмеца большого интереса, и он мало о них вспоминал. Приближался 1923 год. Штейнмец чувствовал, что здоровье ухудшилось, но не придавал этому значения и продолжал работать. Американский институт инженеров-электриков готовился к очередному годовичному съезду, проведение которого намечалось в западных штатах, у тихоокеанского побережья страны. Местом съезда назначили небольшой живописно расположенный городок Даль-Монте в штате Калифорния. Как и в прежние годы, институт обратился к Штейнмecu с просьбой сделать на этом съезде доклад. Готовых тем для доклада у Штейнмеца было много, и задержка могла произойти не по причине отсутствия подходящего материала, а исключительно в связи с ухудшением здоровья Штейнмеца, который все чаще и сильнее стал ощущать недомогание. Штейнмец принял предложение института и решил поехать в Западные штаты. Раньше у Штейнмеца было очень мало возможностей побывать там, поэтому он решил выехать туда заблаговременно, лучше ознакомиться с этой частью страны и сделать доклады на новые и интересные темы. Он пустился в это путешествие вместе со своим приемным сыном Хейденом. Первым пунктом, в котором он остановился для доклада, был г. Денвер в штате Колорадо. Он хотел изложить свои соображения об электротехнической промышлен-

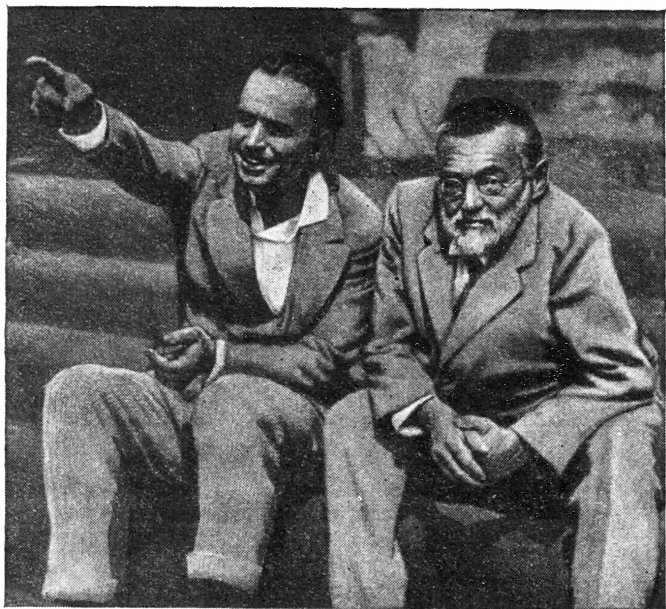
ности, ее современном состоянии и будущем развитии. Он решил не утруждать своих слушателей, среди которых были не только электрики, сообщением на какую-либо специальную тему, требующую математических выкладок. Организаторы его выступления в г. Денвер не предполагали, что имя Штейнмеца очень популярно среди широких масс. Для доклада наняли сравнительно небольшое помещение, могущее вместить несколько сот человек. Но еще задолго до начала доклада помещение оказалось заполненным слушателями, а перед зданием стояла огромная толпа жаждущих послушать доклад. Пришлось срочно принимать меры и перенести доклад в другое место: был арендован другой зал, вмещавший 5000 человек.

Доклад Штейнмеца имел большой успех, и по приглашению других отделений института он повторил его в городах Колорадо-Спрингс и Лос-Анжелос. С исключительным успехом проходили повсюду его лекции на тему «Электричество и цивилизация». Находясь на Западе, где развивалась американская кинопромышленность, Штейнмец решил использовать этот благоприятный случай, чтобы поближе познакомиться с этой еще молодой тогда отраслью, находившейся на перекрестке путей развития техники и искусства. Велика ли роль электричества в кино? Он отчетливо представлял себе, что роль эта очень значительна, но только здесь сумел полностью понять важное значение, которое имеют электротехника и светотехника для кино.

В Голливуде он был гостем выдающегося американского киноартиста Дугласа Фербенкса, который помог ему подробнее и ближе узнать много интересного о кино.

Поездка на Запад очень утомила Штейнмеца, но он изо всех сил пытался действовать возможно более активно. Его слушатели не могли предполагать, что это последние выступления прославленного электротехника.

Хотя в этой поездке Штейнмеца сопровождал и заботился о нем его приемный сын Хейден, все же поездка оказалась для него трудной и еще больше ослабила организм. Обрато он возвращался в очень болезненном состоянии. В Чикаго его посетил и подсел к нему в поезд Уильям Дженнинг Брайан, реакционный поли-



Штейнмец и Дуглас Фербенкс

тический деятель США, тщетно пытавшийся трижды добраться до президентского кресла в качестве кандидата демократической партии. Брайан был по образованию юрист, а по складу своего характера — демагог. Он, между прочим, прославился не столько своей псевдогосударственной деятельностью, сколько тем, что в 1925 г. выступил в качестве обвинителя на скандальном «обезьяньем» процессе в г. Дейтоне, на котором достаточно «подмочили» свою репутацию многие американские реакционеры.

Беседа с Брайаном была спокойной и происходила с глазу на глаз. Она касалась вопросов религии и атеизма Штейнмеца. Брайан пытался точнее себе представить взгляды Штейнмеца на религию и веру в божественную силу, найти слабые места его концепции. Конечно, цели Брайана не лишены были стремления направить Штейнмеца «на путь истинный», т. е. вернуть «к богу». Взгляды Штейнмеца имели совершенно мате-

риалистическую основу. Он ничего не мог принять на веру, а потому не проявлял интереса к бездоказательным тезисам церковников. На вопрос, как Штейнмец расценивает священное писание, он ответил: «Библия — великая книга, но только потому, что в ней очень мало религиозного». Брайан пытался доказать, что наука есть глубокий обман, а единственно верное — это очевидность. Штейнмец с большой терпимостью вел этот спор, но и Брайан не применял демагогических методов и риторических приемов. Так они и разошлись, ни в чем и нисколько друг друга не убедив. Штейнмец остался атеистом, каким и был всегда.

Вскоре после возвращения домой, 26 октября 1923 г., Штейнмец скончался. Его похоронили в Скинектеди на Вейльском кладбище.

Известие о неожиданной смерти Штейнмеца было встречено в США с чувством глубокого огорчения. В этот момент особенно ярко проявилось отношение людей разного социального положения к его деятельности и к нему самому. У Штейнмеца было много друзей и доброжелателей, но самой многочисленной группой лиц, искренно скорбивших об утрате, были рабочие и служащие предприятий G.E.C. Когда гроб с телом Штейнмеца опускали в могилу, на всех предприятиях этой компании в США в знак траура все работы были приостановлены на пять минут; рабочие и служащие провели их в молчании.

Семья Штейнмеца и руководство G.E.C. получили многочисленные выражения соболезнования от многих организаций и лиц. Один из руководителей G.E.C., Мартин П. Райс, выступил по радио с речью, посвященной трудам и достижениям Штейнмеца. Это выступление заканчивалось следующими словами: «Мы оплакиваем его смерть, но мы глубоко благодарны ему за научные богатства, которые он отдал всемирному прогрессу. Мы храним, как сокровище, память об искреннем и простом человеке, посвятившем свои необыкновенные умственные способности и талант на пользу своего собрата — человека».

Приведем некоторые отклики на смерть Штейнмеца⁶⁵. Герберт Гувер, в то время министр торговли, а впоследствии президент США (1928—1932), писал. «Со смертью Штейнмеца мы потеряли выдающуюся

фигуру в мире электричества. В нем гениальность сочеталась со способностью предвидеть практические приложения результатов. Предложенные им математические методы в корне изменили направление развития многих отраслей электротехники и решили проблемы, вызвавшие глубочайший прогресс во всей промышленности. Его труды — огромное научное наследство для техники. Они показывают не только знания, но и преданность делу».

Роберт Милликен сказал: «Смерть Штейнмеца — великая потеря для мировой электропромышленности. Он — один из немногих, понявших значение применения современной математики и физики для решения технических проблем. Он был полон стремления содействовать совершенствованию человеческого общества. Он был человеколюбом, он был идеалистом в лучшем смысле этого слова. Он верил в человека. Америка понесла с его смертью невозместимую потерю».

Один из основателей G.E.C., старейший американский электротехник Илайю Томсон, сотрудничавший по многим вопросам со Штейнмецем, отмечал, что неожиданная смерть Штейнмеца образовала огромную брешь в электротехнике, и это могут особенно глубоко понять те, кто знал его близко и работал с ним.

Профессор Гарвардского университета А. Кеннелли в своем выступлении в память Штейнмеца сказал: «Он был исключительной личностью с глубоким сочетанием теории и практики. Это был гений, шедший своим оригинальным путем, озаренный не покидавшим его чувством юмора и самыми разнообразными интересами. Настоящий Штейнмец — не в его книгах или научных статьях, а в дискуссиях, в которых он принимал самое деятельное участие. В этом отношении он напоминал Кельвина. Свои глубокие математические знания он применял в сравнительно простых и понятных формах. Поэтому его понимают многие тысячи... С его смертью образовалась пустота, которую нельзя заполнить».

Т. А. Эдисон телеграфировал: «Я с глубочайшим прискорбием узнал о смерти Ч. П. Штейнмеца. Мир потерял одного из величайших представителей прикладной математики, электропромышленность лишилась одного из своих блестящих светочей».

Не только электротехнические журналы, но и вся техническая периодика откликнулась прочувствованными некрологами и статьями о Штейнмце. В журнале «Электричество»⁶⁶ был помещен некролог, написанный М. А. Шателеном. Симпатии к Штейнмцу были выражены в статье, помещенной в «Известиях Электротехнического треста Центрального района»⁶⁷.

Секция Американского института инженеров-электриков организовала ежегодные «Штейнмцевские чтения», для проведения которых должны привлекаться крупнейшие ученые. Первое чтение было проведено 3 мая 1925 г. профессором Колумбийского университета М. Пуцциным на тему: «Закон, описание и гипотеза в науке об электричестве»⁶⁸.

Сейчас, когда со дня смерти Штейнмца прошло более 40 лет, мы видим, что он не забыт. То, что он сделал для электротехники, принесло свои плоды, и электрику — нашему современнику это легче понять, чем тем, кто работал во времена Штейнмца. Штейнмец принадлежит к тем выдающимся деятелям науки, техники и культуры, которые продолжают жить и после смерти.

Хочется сказать еще несколько слов о Штейнмце как человеке. Вокруг имени Штейнмца создавались легенды. О внешности Штейнмца мы уже неоднократно упоминали. Но за этой некрасивой, даже уродливой внешностью скрывалась душа доброжелательного, доброго и отзывчивого человека. Он был другом детей; городские ребята хорошо его знали. Иногда он шел из дому на работу, окруженный группой детей, которым он что-то рассказывал. При встрече дети здоровались с ним и ласково называли его «Daddy Steinmetz» (папаша Штейнмец).

Штейнмец любил животных, птиц и цветы. Он любил природу и стремился как можно больше времени проводить на ее спокойном лоне. В тихом местечке, вдали от городского шума, он построил домик, лишенный всяких удобств, но, если можно так сказать, утопающий в природе; Штейнмец запрудил ручей и образовал «озеро», на котором проводил много часов, приспособив лодку так, чтобы можно было заниматься расчетами и другими техническими работами, дрейфуя по спокойной глади воды.



Штейнмец работает в своем «дрейфующем кабинете»

По поводу его сигары много острили. Штейнмеца нельзя было представить себе без сигары; она стала такой же неотделимой частью его внешности, как нос или уши. Сигары он любил очень длинные, примерно в 15 сантиметров; когда от сигары оставалось немного менее половины, он прерывал работу, бросал сигару и закуривал новую. Когда компания выстроила новое здание для научно-исследовательских лабораторий, было издано распоряжение администрации, запрещающее курение в рабочих помещениях. Придя на работу, Штейнмец обнаружил в своем кабинете дощечку с надписью: «No smoking» («Не курить»). Это был один из немногих случаев, когда Штейнмец вышел из себя. Как рассказывали, он сел за чертежный стол и старательно вывел другую надпись: «No smoking — no Steinmetz» (что дословно можно перевести так: «Нет куренья — нет Штейнмеца»). Повесив ее около первой дощечки и демонстративно закурив новую сигару, он попрощался и молча вышел. Понятно, что для него сделали исключение, извинились, и инцидент был улажен.

Американцы знали, что Штейнмец — очень крупный деятель, что компания очень ценит его и дорожит его работами. Но в глазах американского обывателя этот вопрос стал бы совершенно ясным, если бы было известно, каков оклад Штейнмеца. А раз обыватель этим интересовался, то пресса должна была дать ответ на этот вопрос. Но сведения были очень разноречивы. Одни утверждали, что Штейнмец получает 100 тысяч долларов в год, другие — 200 тысяч, а некоторые считали, что ему предоставлено право получать из кассы по открытому счету столько, сколько он захочет. Почему же Штейнмец всегда ходит в поношенном костюме, не имеет автомобиля и передвигается пешком, не совершает путешествий, чтобы развлекаться и отдыхать на модных курортах и т. п.? Открыто высказывалось мнение, что Штейнмец либо скряга, либо «шляпа», т. е. человек, не умеющий использовать в личных целях свое положение. В этих разноречивых слухах имелось, впрочем, зерно истины, но совершенно превратно понятой. Штейнмец действительно имел «открытый счет» для получения денег на его научно-исследовательские работы в лабораториях. Ограничений никаких не делалось, так же как никогда не устанавливался для него какой-либо план работ. Он мог сам выбирать темы для разработки и вести исследование тех проблем и в тех направлениях, которые сам признавал наиболее важными. Что касается его «оклада», то он не был особенно большим, но значительно превышал то, что было необходимо для удовлетворения его скромных потребностей. Штейнмец не копил деньги, а раздавал их тем, кто к нему обращался за помощью. Когда Штейнмец усыновил Д. Л. Хейдена и обзавелся большой семьей, расходы его возросли, а оклад остался прежним. Никаких капиталов Штейнмец после себя не оставил.

Скромность Штейнмеца была хорошо известна. Это подтверждалось не только спартанским образом жизни или простой одеждой. Мы уже упоминали, что на торжественный акт в Гарвардском университете для получения магистерского диплома Штейнмец пришел в своем обычном рабочем костюме, что оказалось резким контрастом с праздничной обстановкой. Но были и другие случаи в его жизни, о которых не могли забыть. В этом отношении интересен рассказ М. А. Шателена

о встрече Штейнмеца в 1911 г. с группой видных русских электротехников. Дело обстояло так. С.-Петербургский политехнический институт, VI отдел Русского технического общества и ряд других организаций решили направить на летние месяцы группу компетентных специалистов в Европу и США для ознакомления с электротехническими заводами и установками и для создания личных контактов. Делегация эта подготовилась к поездке весьма основательно, вплоть до того, что в чемоданы были уложены визитки, полагавшиеся к ним брюки в полоску и цилиндры для торжественных встреч. С германской, французской и английской промышленностью и раньше имелись вполне достаточные контакты, так что европейская часть поездки продолжалась относительно недолго. Основной интерес для русской делегации представляла Америка и Г.Е.С. как крупнейший электротехнический концерн.

О приезде русских известили заблаговременно. Это известие было воспринято с большим интересом. Ожидалось, что приедут простоватые люди из далекой страны, о которой существовали разные представления, но все в одинаковой степени неверные. Однако вместо людей в поддевках и высоких сапогах, с прической «в скобку», в США приехали настоящие джентльмены, хорошо одетые, с манерами благовоспитанных людей, свободно разговаривающие на иностранных языках. Для первого посещения правления Г.Е.С. в Нью-Йорке делегаты надели визитки, цилиндры и т. д. А затем последовали рабочие дни делегации — посещения заводов, начало которым было положено поездкой в Скинектеди.

Русская делегация в Скинектеди интересовалась не только заводами, но и Штейнмцем. О нем и его работах у нас знали отлично. Нашим делегатам сообщили, что Штейнмец временно живет в деревне, в своей легкой резиденции, в город не приезжает, и что его можно там навестить. Он живет там безвыездно, а потому почти невозможно не застать его дома. Для порядка же решили послать к нему человека (телефонной связи с домиком Штейнмеца не было) и предупредить его. Пока делегация знакомилась с заводом, от Штейнмеца был получен ответ: он всегда дома и будет рад гостям, которые могут приехать к нему в любое удобное для

них время. Посланный просил Штейнмеца от имени руководства Г.Е.С. подготовиться к приему гостей. Однако Штейнмец сохранил свой обычный распорядок жизни: предстоящий приезд русских не внес в нее никаких изменений. Наконец приехали в автобусе гости — в довольно торжественном виде. Они полагали, что у Штейнмеца загородная вилла, где в «шикарной» обстановке отдыхает знаменитый ученый. Но они очутились перед весьма примитивным, наскоро сколоченным домиком, стоявшим на возвышенном месте около пруда. Окна открыты настежь, дверь распахнута... Никого нет! Но вдали на пруду выделялось что-то над гладью воды: это и был «дрейфующий» кабинет Штейнмеца.

Штейнмец не видел, что приехали гости и спокойно продолжал работать. Пришлось шоферу бежать по дугообразно изгибавшемуся и довольно длинному берегу к тому месту, с которого можно было окликнуть Штейнмеца. Приехавшие видели, как Штейнмец взял весло и направил свою лодку к домику. Издали он приветствовал гостей, а затем пришвартовал к «гавани», т. е. к тому месту на берегу, где был вкопан столб для привязывания лодки. Из лодки бодро выскочил седой человек с длинной сигарой во рту, в трусах и майке. Его «наряд» не соответствовал парадной одежде гостей. Понятно, Штейнмец не знал точно, когда гости приедут, поэтому его внешний вид легко можно было объяснить. Но он и не пытался внести какие-либо изменения или дополнения к своему костюму.

Гости нисколько не обиделись, хотя вначале были смущены. Беседа началась и протекала очень оживленно. Было задано много вопросов, на которые Штейнмец обстоятельно отвечал, иногда прибегая к карандашным выкладкам и подсчетам с помощью логарифмической линейки. Сидели на открытом воздухе за большим плотничьим столом, в тени, где не чувствовалась жара. Штейнмец предложил гостям снять куртки и остаться в жилетах, но гости, не зная американских нравов, на это не решились. Беседа была интересной для Штейнмеца и очень поучительной для его русских гостей.

Беседа подходила к концу. Штейнмец, извинившись, ушел, унося карандаши, счетную линейку и бумагу. Вскоре он вернулся с простой серой хорошо отглаженной скатертью. На столе появилось несколько глиняных

кувшинов с холодным молоком, поднос с нарезанным хлебом разных сортов и высокие глиняные чашки. Проголодавшиеся гости с аппетитом ели. Все обратили внимание на то, что перед началом трапезы Штейнмец пошел к автобусу и пригласил к столу шофера, привезшего всю компанию в его деревенское убежище.

Таков был Штейнмец. Редкая неповторимая личность, скромный, талантливый и бесконечно трудолюбивый человек.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

Ч. П. Штейнмец

СОВЕТСКИЙ ПЛАН ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ РОССИИ¹

В начале 1920 г. Высший Совет народного хозяйства получил указание законодательного органа Советского Правительства — Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета — разработать план электрификации. Для этой цели была создана специальная комиссия «Государственная комиссия по электрификации России» во главе с проф. Кржижановским.

Нижеследующие указания, данные Центральным Комитетом, интересны тем, что они показывают такое понимание экономической важности электрификации, которого обычно не найти среди государственных деятелей: «Принимая во внимание первенствующее значение электрификации в деле использования основных природных запасов энергии, имеющихся в пределах Советской России в колоссальных количествах в виде залежей разнообразного топлива и в водных силах; учитывая всю выгодность сосредоточения производства силовой энергии в районных электрических станциях, стоящих у этих первоисточников природной энергии и могущих наиболее совершенным образом распределить таковую сеть электропередач по всей стране; оценивая значение электрификации для промышленности, земледелия, транспорта и удовлетворения культурных нужд населения, в особенности же возможность для широких масс крестьянства Советской России воспользоваться осветительными и силовыми проводами электрической энергии для удовлетворения своих основных

¹ На русском языке публикуется впервые. Перевод Л. Д. Белькинда.

нужд и тем самым достигнуть могучего сдвига в приобщении деревни к культурным благам города и подъеме крестьянского сельского хозяйства и крестьянских подсобных промыслов, ВЦИК постановил...»

Более 180 инженеров участвуют в разработке плана электрификации, и доклад Комиссии недавно был издан в виде книги, насчитывающей 655 страниц. В этом докладе сказано:

«Ясно, что целью всякой хозяйственной деятельности является достижение наибольших результатов при наименьших усилиях, т. е. максимальная ее производительность. Анализ показывает, что производительность может быть повышаема в трех направлениях: во-первых, путем интенсификации труда, т. е. большей его напряженности в единицу времени; во-вторых, путем механизации, т. е. заменой мускульных усилий людей и животных энергией механической; в-третьих, путем рационализации, т. е. упорядочения труда на разумных основаниях, что достигается такой организацией труда, которая, в последнем счете, сводит к минимуму производственные издержки, опираясь на строго продуманный производственный план... *Легко показать, что электрификация производственных процессов является могучим фактором, действующим во всех этих трех направлениях*».

Этот доклад дает обзор довоенного состояния промышленности России, в частности электропромышленности, и характеризует соответствующее влияние войны. В нем указано, что суммарная мощность первичных двигателей, установленных в России в 1916 г., достигала 3 млн. л. с. Из этой мощности от 1,8 до 2 млн. л. с. использовалось для приведения в действие электрических машин. Суммарная мощность электростанций общественного пользования оценивается в 450—500 тыс. л. с., а мощность частных электростанций была от 1,35 до 1,5 млн. л. с.

Интересно отметить, что Россия имела значительную электропромышленность до войны, так что в 1913 г. больше половины электрооборудования, применявшегося в России, было отечественного производства. Но электротехнические предприятия, однако, в большей части были собственностью иностранцев и ими управлялись. и в 1920 г. выпуск продукции русскими электротехни-

ческими заводами был очень низким. Несмотря на это, их оборудование, включая инструменты, как говорят, находится в хорошем состоянии и готово к возобновлению работ в большом масштабе.

Что касается импорта, то 86,6% ввоза было из Германии, 6% из Великобритании и 1,8% из США. Эти цифры не вполне верно характеризуют долю участия США в электропромышленности России. Хотя импорт в Россию из Америки был невелик, но большое количество американской электроаппаратуры строилось на многих отраслевых предприятиях, которые были организованы в России крупными электрическими корпорациями. Это видно из того, что в России в 1913 г. было построено генераторов и электродвигателей на 311'540 *квт* и трансформаторов на 96 313 *квт*, с общей стоимостью 7 млн. долларов.

Основная проблема электрификации России

Основная проблема, рассмотренная при планировании электрификации России, заключалась в использовании наиболее полным и совершенным образом располагаемых ресурсов производства и труда. Для того чтобы разработать целесообразный экономический план, страна была разделена на экономические самодовлеющие единицы — районы, и план электрификации каждого района был подготовлен при содействии местных организаций, хорошо знающих местные условия. Было намечено восемь таких районов, как это видно из прилагаемой карты.

Нынешний транспортный кризис в России хорошо известен, и о нем будет кратко упомянуто здесь прежде чем будет рассмотрено, как сильно может электрификация улучшить состояние транспорта и создать возможности для широкой кооперации разных экономических центров страны.

Россия обладает несколькими широко используемыми водными системами, которые не требуют больших капиталов, чтобы стать реальными факторами дешевого грузового транспорта от мест производства к месту потребления. Однако некоторые из наиболее промышленных центров, как, например, Москва, расположены на водоразделах; равным образом, значительные каменно-

угольные шахты и рудники расположены в гористых районах, удаленных от крупных рек. Эти центры, естественно, оказались окруженными железными дорогами, но эти дороги всегда проводились как магистрали с целью перевозки грузов по кратчайшему расстоянию, без учета преимуществ перевозки грузов по другим возможным путям, что иногда могло бы быть более полезным для страны.

Южный район располагает углем

Южный район располагает шахтами самого высококачественного каменного угля России в Донбассе. Электрификация магистральных линий, соединяющих Донецкий бассейн с Московским промышленным районом, решительно увеличит их пропускную способность. Вот почему электрификация этих дорог рассматривается как одна из наиболее неотложных нужд для увеличения добычи угля в Донецком бассейне. В Южном районе существует около 70 электростанций мощностью каждая в 1000 л. с. или более. Их суммарная установленная мощность более 200 000 *квт*. Большая часть станций каменноугольных шахт и станций металлургических заводов сосредоточена в трех промышленных центрах: Юзово-Макеевском, Алмазно-Марьевском и Центральном. Их суммарная мощность определяется в 87 200 *квт*, как показано в таблице 1 (стр. 207). Если эти электростанции будут между собой связаны, коэффициент нагрузки увеличится, что позволит повысить коэффициент электрификации и увеличит производительность шахт по сравнению с довоенным временем.

Упомянутые станции расположены в районах коксующихся углей. С более широкой точки зрения следует уменьшить потребление коксующихся углей на станциях, а поощрять там потребление антрацитов. Поэтому целесообразно устроить временную добавочную электростанцию на антраците с предельной мощностью 100 000 *квт* в Штеровском районе. Эта электростанция будет служить ядром для более крупной районной станции, организованной для снабжения энергией антрацитовых шахт и для обеспечения других нужд этого района.

Запасы антрацита в Донецком бассейне так велики, что часть добычи может быть экспортирована. Мариу-

польский порт будет использован как экспортная база, а магистральная линия, соединяющая этот порт с шахтами, должна быть электрифицирована в первую очередь. Страны, расположенные по берегам Средиземного моря, остро нуждаются в минеральном топливе, вследствие чего для угля существует хороший рынок сбыта.

Следует обратить внимание, однако, на повышение производительности труда в горном деле. По сравнению с довоенными годами производительность снизилась от продовольственных трудностей, от сокращения квалифицированной рабочей силы, а также от изношенности оборудования и недостатка инструмента. Электрификация шахт устранил два последних обстоятельства; будет проведена обширная программа продовольственного снабжения.

Основная тенденция должна заключаться в превращении паровых электростанций в очень мощные источники энергии с радиусом действия более 200 км. Одновременно со Штеровской электростанцией будет сооружена другая — в Лисичанске, с начальной мощностью 80 000 квт. Непосредственной целью создания этой станции является энергоснабжение района длиннопламенных углей, а также Бахмутского района, богатого соляными копиями и различными рудными ресурсами. Эта же электростанция будет снабжать энергией электрифицированные железные дороги (часть Донецких железных дорог и часть магистрали, примыкающей к Лисичанску). Штеровская станция будет сжигать антрацитовую мелочь в качестве топлива, тогда как Лисичанская станция будет работать на углях с большой зольностью, которые не подходят для транспортировки. Предвосхищая громадный рост потребности в электроэнергии в районах с коксующимися углями, расположенных близко от высокосортных рудных залежей (Криворожские и Никопольские залежи), план предусматривает постройку Днепровской гидроэлектростанции около г. Александровска. Сосредоточив напор в одном месте, можно получить большую мощность и одновременно сделать доходным Днепр, известный своими порогами.

Начальная мощность намеченной здесь гидроэлектростанции — 200 000 квт. Гидротехнические сооружения этой установки должны быть сразу построены полностью, а в связи с этим потребуется значительное время

как для составления детального проекта, так и для строительства. Предельная мощность Александровской гидроэлектростанции достигнет 820 000 л. с.

Надлежащее внимание должно быть уделено объекту 32 в районе Екатеринослава; станция на 40 000 *квт* намечена к постройке в Гришино (№ 4). Гришинский каменноугольный район быстро рос за последние годы, так что здешняя электростанция скоро превысит начальную мощность. Восточный антрацитовый район будет обеспечен Белокалитвенской электростанцией на 60 000 *квт* (№ 5). Ныне существующая Грушевская электростанция (№ 35) будет расширена. Ростовские электростанции будут объединены и расширены.

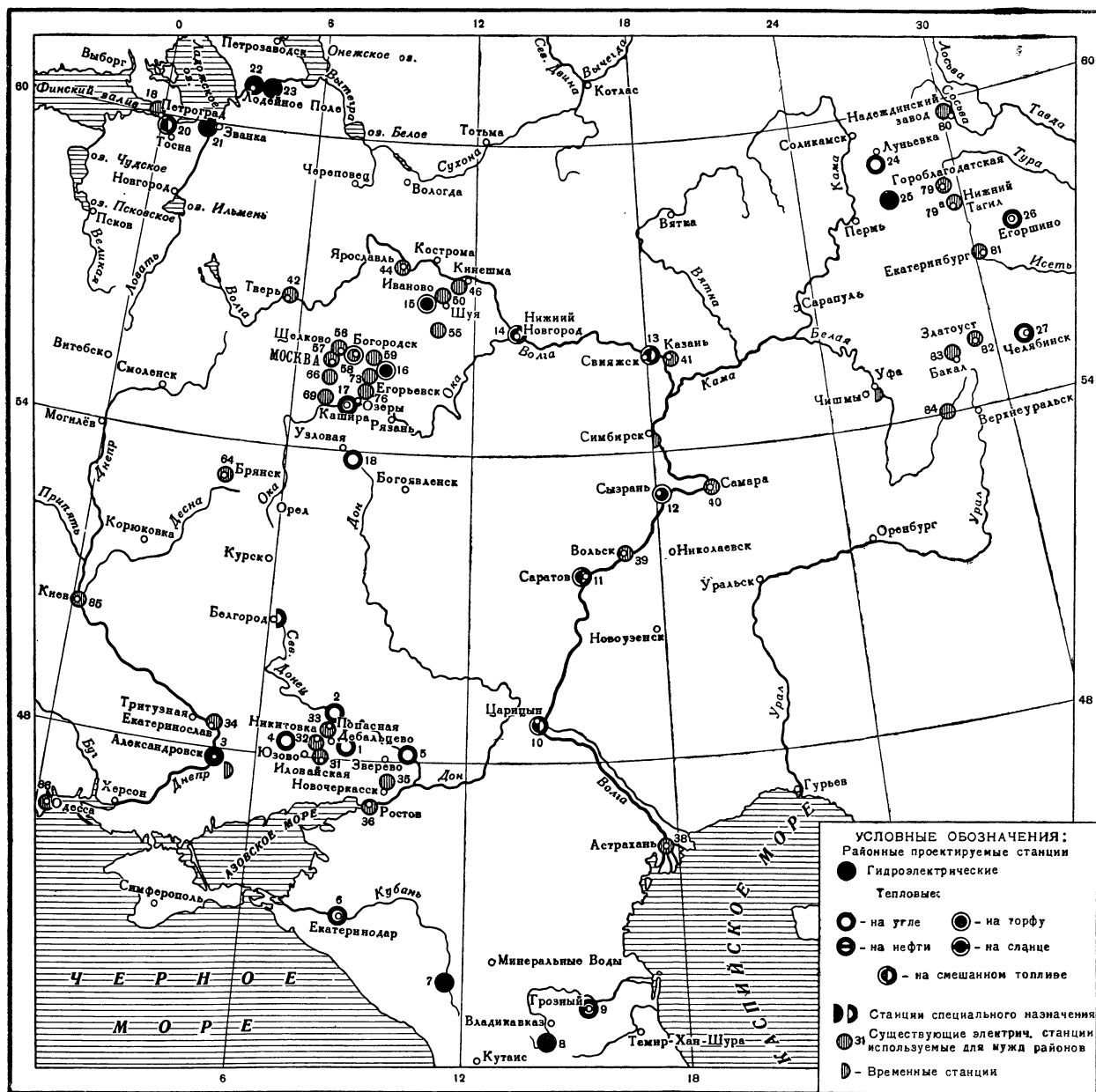
Кавказский район будет быстро восстанавливаться

Можно полагать, что вследствие благоприятного расположения и значительной плотности населения Кубанская область раньше других возвратится к нормальной жизни и станет на путь прогресса. Река Белая может быть использована и сумеет дать примерно 70 000 *квт*. Маленькая тепловая станция (№ 6) мощностью 20 000 *квт* будет сооружена в низовьях р. Кубани. В первые годы она будет служить для целей электрификации и явится ядром мощной паро-гидроэлектрической системы, запланированной для этого района.

Гидроэлектростанция (№ 7) в верховьях Кубани, мощностью 40 000 *квт*, очень нужна этой области, богатой медью, цинком, свинцом, железом, никелем, хромом, а также углем. Среди прочих богатств этого края следует упомянуть источники минеральных вод, благодаря которым здесь возникли знаменитые курорты.

Гидростанция на р. Терек (№ 8) мощностью 40 000 *квт* будет близко от Грузинской республики. Энергией будет снабжаться Тифлис — столица Грузии и примыкающий район. Здесь в изобилии найдены цинковые, свинцовые, медные и железные руды. Владикавказская железная дорога, имеющая уже теперь значительный грузооборот, скоро достигнет уровня, при котором ее электрификация будет выгодна. Энергию она будет получать с двух вышеупомянутых гидростанций.

Электростанция на нефти мощностью 20 000 *квт* будет сооружена на Грозненских нефтепромыслах. Необ-



Схематическая карта электрификации России

ходимость в такой станции особенно острая, так как электрическая энергия будет важным средством для ускорения восстановления нефтепромыслов. Грозненская тепловая станция и гидростанция на р. Терек могут работать совместно, что приведет к лучшему использованию оборудования.

Бакинские электростанции (№ 37) будут расширены до 80 000 квт. Следует отметить, что, по условиям нефтяных месторождений, возможен недостаток нефти в течение нескольких лет. Добываемую нефть следует преимущественно применять для производства смазочных веществ и тому подобных продуктов, а не в качестве топлива. Область наиболее интенсивного потребления нефти в качестве топлива — бассейн р. Волги. Для нее нужен другой вид топлива вместо нефти.

Волжский район богат лесом

Антрацит из Восточного Донбасса будет доставляться в Царицын на Волге по электрифицированной линии. На обратном пути эта железная дорога перевозила бы лес для шахт. Лес на плотках спускается по Волге из северо-восточных частей России. Поэтому транспортные расходы низкие и цена на антрацит в Царицыне будет близко подходить к цене на месте добычи вследствие коротких перевозок.

Большое количество древесных отходов с царицынских лесопилок может быть использовано для районной электростанции наряду с углем, привозимым туда же по электрифицированной железной дороге. Это будет значительно удешевлять себестоимость энергии, и, в свою очередь, дешевая энергия будет способствовать развитию промышленности; уже перед войной Царицын стал растущим промышленным центром и наиболее значительной пристанью на Нижней Волге. По ту сторону от Царицына транспорт должен быть железнодорожным. В данном случае приобретают первостепенную важность: а) обеспечить в этом месте легкость перегрузки; б) оборудовать надлежащим образом лесопилки, чтобы перерабатывать лес в материал, наиболее подходящий по форме для транспортировки по железной дороге; в) построить верфи и товарные склады, сочетая нужную координацию сезонности речного транспорта с круглогодичным железнодорожным сообщением.

Дальнейшее развитие Волжской системы как средства транспорта окажет решающее действие на эксплуатацию природных ресурсов северо-востока, в особенности Уральского района.

Намечено построить крупный металлургический завод в Уфе на р. Белой, используя средства водного транспорта для перевозок кокса и антрацита из Донецкого бассейна, а на обратном пути — для перевозок уральских руд вниз по реке до Царицына, где уже существуют большие металлургические предприятия. Царицынская электростанция будет иметь мощность около 40 000 квт, утилизируя древесные отходы в качестве топлива. Возможна также утилизация доменных газов металлургических заводов для отопления. Ближайшими пунктами к северу от Царицына, где будут сооружены районные электростанции, являются Саратов (№ 11) и Кашпур (№ 12). Древесные отходы будут использованы тут наряду с низкокалорийными углями, добываемыми около Кашпура. Эти станции, удаленные друг от друга примерно на 250 км, будут между собой связаны, чтобы работать как одно целое.

Главнейшей задачей этих станций будет снабжение электроэнергией сельского хозяйства. Следует обратить внимание на определившиеся особенности этого района, которые требуют его электрификации:

- 1) периодические засухи, вызывающие недород злаков на плодородных при других условиях землях;
- 2) кратковременность весны, что требует сосредоточения на коротком промежутке времени громадных земледельческих работ;
- 3) в настоящее время крестьяне делят земельные площади на три части, из которых две ежегодно обрабатываются, а третья накапливает силы. В большинстве случаев засеивается только одна какая-либо культура. Необходимо ввести большее разнообразие посевов и проводить более глубокую вспашку. Кроме того, рабочий скот очень истощен, и нужно использовать механическую энергию.

В прошлом году это был голодный район.

Торфяное топливо в Центральном районе

Чрезвычайно острая потребность в электроэнергии существует в Нижнем Новгороде, который всегда был очень важным промышленным центром и еще больше вырос за время войны, когда многие заводы были эвакуированы из западных областей России. Около устья Оки, при впадении ее в Волгу, были обнаружены богатые торфяные залежи. Болота около Балахны содержат больше 30 000 акров хорошего торфа. Эти болота расположены вблизи Волги, где можно соорудить районную электростанцию. Работы по добыче торфа будут сочетаться с осушением болот и превращением этих мест в посевные площади.

Наиболее острой проблемой для Московского района является подвоз сырья, особенно топлива. Чтобы облегчить это критическое положение, запланировано электрифицировать угольный бассейн около Москвы посредством электропередачи из Каширы и Епифани в Москву и электрифицировать магистральную линию от Москвы до Донбасса, чтобы обеспечить дешевый транспорт угля (Каширская станция вступила в строй несколько недель тому назад и снабжает Москву электроэнергией по линии передачи 110 киловольт).

В Богородске, около Москвы, существует районная торфяная станция, питающая Москву сообща с московскими электростанциями (№ 57 и 58). Электростанции промышленности Богородского района присоединены к этой же системе (№ 59). Болшевская электростанция (№ 56) действует как ядро другой районной электростанции в Мытищах. Все эти электростанции пользуются торфом для котлов, прибегая к дровам лишь в аварийных случаях. Только московские станции сооружены для жидкого топлива.

Для стимулирования добычи торфа построена электростанция на 5000 *квт* на Шатурских болотах. В конечном счете она разовьется в районную станцию, связанную с Богородской системой. Существующие ныне электростанции в Иваново-Вознесенском и Кинешмо-Вичугском районах (№ 46 и 50) будут объединены; полная их мощность — около 20 000 *квт*. На некоторых из этих станций пар применяется также для технологических целей, так что стоимость энергии здесь более низкая.

Несколько тепловых станций вокруг Подольска и Серпухова (№ 66 и 69) будут присоединены к системе Каширской станции на 60 000 *квт*. Епифанская станция, имеющая мощность также 60 000 *квт*, станет центром угольного и рудного района, где найдены в значительном количестве железные руды.

Каменноугольные шахты Подмосковского района не дают коксующихся углей, и эти угли должны привозиться из Донбасса. Обратными рейсами будут везти на юг руду, дополняя таким образом добычу руды в Криворожьи. Существующие паровые электростанции около Брянска (№ 64) будут объединены. Станция на 40 000 *квт* будет построена в Белгороде (№ 19) для снабжения энергией прилежащего участка электрифицированной магистрали.

Северный район должен быть обеспечен раньше других

Первоочередное внимание должно быть уделено энергоснабжению Петрограда в северном районе России, чтобы стимулировать развитие промышленности этой области и Петроградского порта. Главнейшим предметом морского транспорта в Петрограде были лесоматериалы, экспорт которых в 1913 г. достиг 104 млн. пудов, или 1872 тыс. коротких тонн, и импортный каменный уголь, достигший в том же году цифры 191 млн. пудов, или 3430 тыс. коротких тонн. Импортным углем пользовались промышленные и силовые установки Петрограда.

Лесоматериалы доставлялись в Петроград по Свири и Волхову, которые изобиловали порогами. Сооружение на этих реках гидростанций улучшит навигацию. Гидростанции на Свири и Волхове должны быть построены в первую очередь (№ 21, 22, 23; Волховская станция уже строится, ее электрическое и турбинное оборудование было заказано в Швеции). Волховская гидростанция (начальная мощность 30 тыс. *квт*), между прочим, свяжет Петроград с судоходными реками протяженностью 2000 *км*. Сооружения на Свири коренным образом изменят пропускную способность Мариинской водной системы. Мощность Свирской гидростанции — 100 000 *квт*.

Семь петроградских станций будут объединены, и их суммарная мощность составит 112 000 *квт* (отметим,

что до этого в городе было более 200 станций, из которых только 44 имели мощность 500 *квт* или более). Постройка районной электростанции в Петрограде (№ 20) началась еще до войны. Она будет достроена и ее мощность доведена до 30 000 *квт*. В Петрограде тепловые электростанции будут объединены с гидравлическими. Паровые станции используют в качестве топлива торф или древесные отходы. Суммарное потребление топлива не будет значительным, так как основную нагрузку будут покрывать гидростанции.

Свирская станция будет снабжать энергией не только Петроград, но и места вдоль южной части Мурманской железной дороги. Область, по которой проходит эта железная дорога, изобилующая водными системами, доходящими прямо до путей, богата также лесом и минералами. Электростанция на Свири (№ 23) будет давать ток для зоны канала Мариинской системы. А эта последняя будет переоборудована для принятия массовых грузовых потоков с Волги и Камы на Петроград.

Электрификация Уральского района

Уральский горный хребет, отделяющий Европу от Азии, и прилежащие места еще недавно имели связь с Европейской Россией через р. Каму и по узкоколейным железным дорогам. Эти линии использовались главным образом для сообщения с Сибирью. Сооружение Волго-Бугульминской и Казанско-Екатеринбургской дороги с мостами у Симбирска и Свияжска улучшило положение, но тут появилась неотложная необходимость улучшения навигации на Каме (выше г. Перми) и на реке Белой (выше г. Уфы). В этих местах водные артерии пересекаются трансуральскими железнодорожными линиями, грузооборот которых при электрификации будет увеличен.

Прежде всего должны быть электрифицированы линии от Перми до Нижнего Тагила и ветка к Луньевским угольным шахтам. Энергия будет подаваться с ныне строящейся Кизеловской электростанции. Эта станция, построенная для нужд каменноугольных шахт, будет превращена в районную станцию мощностью 40 000 *квт* (№ 24). Гидроэлектростанция на 25 000 *квт* будет сооружена на р. Чусовой (№ 25).

Упомянутые здесь станции будут связаны между собой и охватят территорию с важнейшими уральскими каменноугольными шахтами и металлургическими заводами.

Уральский район не располагает коксующимися углями, и их место занимает древесный уголь, удовлетворение потребности в котором ограничено возможностями восстановления лесонасаждений. Поэтому применение в качестве топлива древесного угля должно быть ограничено чисто металлургическими процессами, а для прочих надобностей должно применяться минеральное топливо.

Электростанция на 40 000 *квт* должна быть построена у Егоршинских антрацитовых копей. Другая электростанция на 60 000 *квт* будет построена в Челябинске около бурогольных месторождений (№ 26 и 27).

Западная Сибирь и Туркестан требуют капиталов

Урал настолько богат высококачественными железными рудами, что весьма существенно связать этот район с каменноугольными районами и сильно расширить доменное производство. Эта задача может быть решена установлением связи Южного Урала с Донбассом. Другое решение — связать Урал с Кузнецким бассейном Западной Сибири. Неизмеримые богатства этого края с высокосортным углем и другими природными ресурсами требуют систематической разработки.

Северная часть Туркестана, примыкающая к Сибири, по условиям аналогична. Скоро будет построена гидростанция на 40 000 *квт* в Ферганской области.

Таблица 2 дает приблизительное представление о первом этапе электрификации России, который охватывает 20 районных тепловых и 10 районных гидравлических станций общей мощностью 1 750 000 *квт*. Приблизительная стоимость реализации этой части программы определяется в 425 млн. долларов на сооружение электростанций и 147 млн. долларов на электрификацию железных дорог; общая сумма — 570 млн. долларов. Возможность выполнения этой программы в установленное время — 10 лет — зависит от помощи, которую можно будет получить от Америки.

Т а б л и ц а 1

Южнорусские ресурсы металлургической промышленности

Индустриальные центры	Число электростанций		Полная мощность станций в 1000 <i>квт</i>		Коэффициент нагрузки станций в %	
	при каменно-угольных шахтах	при металлургических заводах	при каменно-угольных шахтах	при металлургических заводах	при каменно-угольных шахтах	при металлургических заводах
Юзово-Макеевский	10	12	36	15,5	34,7	35,5
Алмазно-Марьевский . . .	6	2	14,5	6,5	30,5	20,5
Центральный	4	1	7,2	7,5	26,4	45,8

Т а б л и ц а 2

Первый этап плана электрификации России

Районы	Число тепловых электростанций	Число гидравлич. электростанций	Номинальная мощность паровых электростанций, <i>квт</i>	Номинальная мощность гидравлических электростанций, <i>квт</i>	Установленная мощность тепловых электростанций, <i>квт</i>	Установленная мощность гидравлич. электростанций, <i>квт</i>
Северный .	1	3	30 000	130 000	40 000	455 000
Центрально-промышленный	6	—	280 000	—	360 000	—
Южный . .	4	1	280 000	200 000	330 000	230 000
Волжский .	4	—	100 000	—	120 000	—
Уральский .	3	1	140 000	25 000	180 000	30 000
Кавказ . .	1	3	20 000	100 000	30 000	125 000
Сибирь и Туркестан .	1	2	40 000	80 000	50 000	100 000
И т о г о . .	20	10	890 000	535 000	1 110 000	640 000

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ М. А. Шателен. Проф. К. Штейнмец. «Электричество», 1923, № 12, стр. 603.

² О переписке В. И. Ленина с американским ученым Ч. П. Штейнмцем. «Новая и новейшая история», 1964, № 1, стр. 106—111.

³ «Известия», вечерний выпуск 21. IV 1961; «Вечерняя Москва», 22. IV 1960; «Энергетик» (газета Московского энергетического института), 5. V 1961; «Наука и жизнь», 1935, № 9.

⁴ J. N. Leopard. Loki. The Life of C. P. Steinmetz. N. Y., 1926; есть перевод на немецкий язык: «Das Leben des Karl Proteus Steinmetz. Stuttgart, 1930; J. Hammond. C. P. Steinmetz. N. Y., 1926.

⁵ Фамилия Штейнмца по-русски пишется так, как мы приняли. Однако это традиционное у нас произношение совершенно неправильно. В Германии эта фамилия имела произношение «Штайнмец», а в США с самого начала и до конца его жизни произносилась «Стейнмец», что и является единственно правильным. В Большой Советской Энциклопедии (т. 48) в статье «Штейнмец» есть соответствующее указание.

⁶ Более подробные данные об истории возникновения и развития Вроцлава приводятся в следующих источниках: Klose. Dokumentierte Geschichte und Beschreibung der Stadt Breslau (в 5 томах); Breslau, 1780—1783. Продолжением этого сочинения являются исследования: Stenzel. Scriptores rerum Silesicarum, (3 тома), Breslau, 1847; Stein. Geschichte der Stadt Breslau in XIX Jahrhundert. Breslau, 1884.

⁷ Более подробные сведения о Бреславльском университете см.: Kaufmann. Geschichte der Deutschen Universitäten. Stuttgart, 1888—1896; Lexis. Die Universitäten in Deutschen Reich. Berlin, 1904.

⁸ Студенческие корпорации появились в Германии в большом числе после франко-прусской войны, когда среди молодежи стали распространяться националистические и шовинистические настроения. Подробнее о студенческих корпорациях см.: H. v. Peterzdorff. Die Vereine Deutscher Studenten. Leipzig, 1900.

⁹ На заводе Эйкемейера стали изготавливать электрические машины раньше, чем поступил на работу Штейнмец. Так, в журнале

«La lumière électrique» (t. 24, 1887, p. 136—138) помещена статья о машинах Эйкемейера. В том же журнале (t. 28, 1888, p. 104—106), в статье о динамомашинах описана машина Эйкемейера типа «ironclad» и даны ее чертежи.

¹⁰ В качестве общих руководств по истории электротехники и электроэнергетики можно указать: Л. Д. Белькинд, И. Я. Конфедератов и Я. А. Штейнберг. История техники. М.—Л., 1956; Л. Д. Белькинд, О. Н. Веселовский, И. Я. Конфедератов и Я. А. Штейнберг. История энергетической техники. М.—Л., 1960.

¹¹ «De magnete, magneticisque corporibus et de Magno Magnete tellure, Physiologia nova...», Londini, MDC; русский перевод этого трактата издан в серии «Классики науки»: В. Гильберт. О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле... М., 1956.

¹² См.: Ф. У. Т. Эпинус. Теория электричества и магнетизма. Серия «Классики науки», М., 1951.

¹³ E. Lenz und M. H. Jakobi. Ueber die Gesetze der Elektromagnete. Bulletin Scientifique de l'Acad. des sciences de St.-Petersbourg, 1838, t. IV, № 22, 23 (94, 95), col. 337—367.

Продолжение: Bulletin de la classe phys.—math. de l'Acad. des Sciences de St.-Petersbourg, 1844, t. II, № 5, 6, 7, col. 65—108.

¹⁴ «Researches in Magnetism», «Transactions of the Royal Society», 1885.

¹⁵ A. Ewing and W. Law. The Istmus Method for the Production and Measurement of High Values of *B*. «Transactions of the Royal Society», 1889.

¹⁶ A. Ewing. Magnetic Induction in Iron and other Metals. London, 1891.

¹⁷ Работы Штейнмеца по гистерезису были опубликованы в такой последовательности. Первой появилась статья «Note on the Law of Hysteresis» в журнале «Electrical Engineer», 17. XII 1890 г., стр. 677. После этого он продолжал исследования и измерения в большом масштабе. На основе этих материалов он подготовил доклад для А.И.Е.Е. Доклад состоял из двух частей: первая появилась в «Proceedings of the A.I.E.E.» 19.I. 1892 г. (48 страниц), а вторая — там же 27. IX. 1892 г. (130 страниц). Кроме того, в «Proceedings» были опубликованы весьма обстоятельные дискуссии.

¹⁸ См. статью: Ewing and Klassen «Philosophical Transactions», 1897.

¹⁹ «The Electrician» (London), v. XXVIII, p. 666.

²⁰ «Philosophical Magazine», September, 1899.

²¹ F. Stroude. An accurate Examination of the Steinmetz Index for Transformer Ironalloy and Cast Iron. «The Electrician» (London), v. 69, 1912, p. 606—608.

²² А. Е. Белой. Графическое построение формулы Штейнмеца. «Электричество», 1903, № 22, стр. 305—306.

²³ «Elektrotechnische Zeitschrift», 1894, N 36.

²⁴ «Thirty-year Review of the G.E.C.» (1892—1922). Schenectady, 1923.

²⁵ E. W. Rice, Junior. Charles P. Steinmetz, his scientific attainments and their Meaning to the World. «General El. Review», v. XXVI, N 12, p. 796—799.

²⁶ Редакционная статья в журнале «General El. Review», 1923, № 12, p. 793.

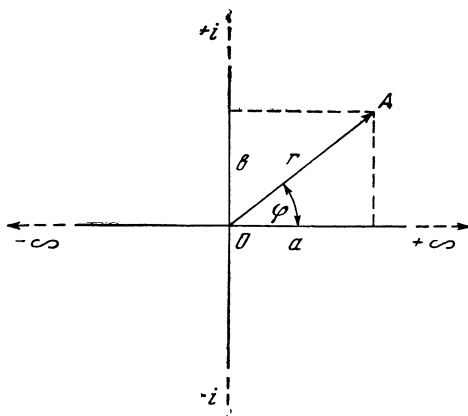
²⁷ П. Л. Калантаров и Л. Р. Нейман. Теоретические основы электротехники. М., Госэнергоиздат, 1951, стр 183—194.

²⁸ Трактаат Кардано по алгебре вышел в свет в 1545 г. в Милане под названием «*Artis magnaе sive de regulis algebrae liber unus*».

²⁹ Ф. Кеджори. История элементарной математики. Изд. 2. Одесса, 1917, стр. 243.

³⁰ См.: Большая Советская Энциклопедия. Изд. 2, т. XXII, стр. 298.

³¹ Настоящая монография предназначена для широкого круга читателей, а потому целесообразно дать некоторые пояснения о мни-



мых и комплексных числах. Геометрическая интерпретация комплексных чисел такова: представим себе систему прямоугольных координат с началом в точке O . По оси абсцисс будем откладывать действительные числа: положительные — направо от точки O , отрицательные — влево от нее. Точки на оси ординат соответствуют чисто мнимым числам: $+i$ — вверх от начала координат, $-i$ — вниз от нее. Каждому комплексному числу соответствует определенная точка на одном из квадрантов комплексной плоскости. Так, например, комплексному числу $a + bi$ соответствует точка A . Модуль комплексного числа представляет собой корень квадратный из произведения двух сопряженных комплексных чисел:

$$\sqrt{(a + bi) \cdot (a - bi)} = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Угол φ между OA и положительным направлением оси абсцисс называется амплитудой комплексного числа. Из чертежа легко видеть, что $a = r \cos \varphi$ и $b = r \sin \varphi$. Эйлер показал, что $e^{i\varphi} = \cos \varphi + i \sin \varphi$, где e — основание натуральных логарифмов.

Так как в электротехнике символом i обозначается сила тока, то в расчетах переменных токов во всех формулах и выкладках применяют символ j . Таким образом, $A = re^{j\varphi} = r(\cos \varphi + j \sin \varphi)$.

В качестве примеров упрощения алгебраических действий над комплексными числами приведем следующие.

Умножение: $(a + jb) \cdot (a' + jb') = rr'[\cos(\varphi + \varphi') + j \sin(\varphi + \varphi')]$.

Деление: $(a + jb) : (a' + jb') = \frac{r}{r'} [\cos(\varphi - \varphi') + j \sin(\varphi - \varphi')]$.

Возвышение в степень: $(a + jb)^n = r^n (\cos n\varphi + j \sin n\varphi)$.

Извлечение корня: $\sqrt[n]{a + jb} = \sqrt[n]{r} \left(\cos \frac{\varphi}{n} + j \sin \frac{\varphi}{n} \right)$.

Умножение комплексного числа на $\sqrt[n]{1}$ равноценно повороту вектора на $\frac{1}{n}$ часть окружности; умножение на -1 равноценно повороту на 180° ; умножение на $+j$ равноценно повороту на 90° в положительном направлении, а умножение на $-j$ равноценно повороту на 90° в отрицательном направлении.

Более существенные упрощения получаются при дифференцировании и интегрировании по времени функций синусоидальных токов. Так, дифференцирование по времени сводится к умножению величины вектора тока на угловую скорость ω и к его повороту на угол $+90^\circ$, а интегрирование — к делению вектора тока на ω и к повороту его на угол -90° .

При символическом методе важнейшие законы электрических цепей (Ома, Кирхгофа) получают одинаковое выражение как для постоянного, так и для переменного тока.

³² Это письмо Э. Райс переслал редактору «General Electric Review» Хьюэтту 31 декабря 1923 г. со следующим замечанием: «Я прилагаю к сему письмо д-ра А. Кеннелли из Гарвардского университета и Массачусетского технологического института, которое я рад был бы увидеть опубликованным. Из этого письма вы увидите, что д-р Кеннелли обращает внимание на ошибку, которую я неумышленно допустил, приписав д-ру Штейнмецу приоритет применения комплексных чисел для решения проблем переменного тока. Когда я писал о заслугах д-ра Штейнмеца, я не знал о более ранних публикациях д-ра Кеннелли. Я соглашаюсь с д-ром Кеннелли, что «Штейнмец сделал для нас так много, что большего и не нужно», а потому, отдавая должное более ранней работе д-ра Кеннелли, мы несколько не умаляем значения вклада д-ра Штейнмеца».

³³ «Theorie und Berechnung der Wechselstromerscheinungen». 2 Bände. Berlin, Reuther und Reichert, 1900.

³⁴ «Théorie et calcul des phénomènes du courant alternatif». Traduit par H. Mouzet. Paris, Dunod, 1903.

³⁵ «Theoretische Grundlagen der Starkstromtechnik». Autorisierte Deutsche Ausgabe, übersetzt von J. Heffy. Braunschweig, Vieweg, 1903. Это немецкое издание не является, собственно говоря, переводом, а представляет собой переработку некоторых разделов книги Штейнмеца «Theory and Calculation of Alternating Current Phenomena». В немецком издании две части: в первой дано теоретическое введение, в котором применен обычный метод анализа синусоидальных токов в графической интерпретации в ортогональных и полярных координатах, а затем и с применением символического метода. Вторая часть книги, посвященная важнейшим электрическим машинам, аппаратам и приборам, является дополнением к английскому тексту; она менее теоретична и содержит описательный материал. В немецком издании изменены некоторые символы и обозначения.

Раздел об обмотках электрических машин переработан на основе труда Э. Арнольда «Die Gleichstrommaschine».

³⁶ См.: «The Electrician» (London), v. 49, 27.VI 1902.

³⁷ Philip Alger. Mathematics for Science and Engineering. Based on «Engineering Mathematics» by C. P. Steinmetz. N. Y., 1957.

³⁸ Содержание этого доклада в сокращенном виде приводится в журнале «Electrical World», v. 34, 1.VII 1899, стр. 9.

³⁹ См.: W. B. von Czudnochowski. «Das Elektrische Bogenlicht», Leipzig, Verlag Hirzel, 1906. В этой обширной и тщательно документированной монографии в ссылках к разным местам текста приводятся сведения о главнейших патентах на дуговые лампы, выданных до 1905 г. во всех странах.

⁴⁰ Обычно считают, что начало демонстраций дугового освещения лампой Аршро относится к 1848 г.; по сведениям Фигье, который был очевидцем первой демонстрации работы этой лампы, она состоялась в 1847 г. (См.: «Electricité», 1884, t. VIII, стр. 131).

⁴¹ Изучение данных о развитии технологии угольных электродов для дуговых ламп показало, что вопрос об изготовлении более совершенных углей не снимался с порядка дня в течение второй половины XIX в., но только в самом конце века были найдены удачные решения, сделавшие положение дуговой лампы более прочным. Можно привести следующие сведения. Стейт (1846) изготовлял угли из смол порошкообразного ретортного угля или кокса и сахара. Лемольт (1849) применял смесь из двух частей ретортного угля, двух частей древесного угля или кокса и одной части жидкой смолы. Уотсон и Слейтер (1852) выпиливали для обугливания стержни нужного размера из лесного бука или самшита. Кермер формовал стержни из смеси сажи с бензином и скипидаром, а полученный пористый уголь пропитывал смолой или сахаристыми веществами. Пейре изготовлял угли из смеси сердцевины бузины с плавленым сахаром и обжигал их. Наилучших результатов добился Карпе (1876), изготовлявший угли из следующей массы: 15 частей тонко измолотого кокса, 5 частей сажи, 7—8 частей сиропа, 1—3 части воды. В том же году еще лучших результатов добился Годен, угли которого не растрескивались, не давали пламени, обладали меньшей зольностью, горели ровным светом. Интересные результаты получил Наполи, технологические приемы которого описаны в статье: M. Leblanc. La lumière, électrique, 1881. Подробнее см.: H. Fontaine. Die elektrische Beleuchtung. Wien, 1880.

⁴² В конце прошлого века на эту лампу возлагались очень большие надежды, в Европе был выдан ряд патентов на нее, в том числе германский (№ 79823 от 23.I. 1894 г.). В Брюсселе была организована «Société Continentale Jandus» («Континентальная компания Джандес»), которая начала развивать коммерческую деятельность. Результаты испытаний, проведенных профессором Веддингом, опубликованы в журнале E.T.Z. т. 18, 1897, стр. 763—768.

⁴³ E. Becquerel. La Lumière. Paris, 1867, p. 329—330; см. также его же статью в «Annales de chimie et de physique», t. 53, 1859.

⁴⁴ См.: C. P. Steinmetz. Radiation, Light and Illumination. A Series of Engineering Lectures delivered at Union College. Third Edition, 1918, p. 12—13.

⁴⁵ Там же, стр. 68.

⁴⁶ О патенте Штейнмеца на исправление цветности ртутных

ламп посредством люминофоров есть указание в статье: J. Risler. Historique de l'éclairage par fluorescence. «Bull. de la Société Française des Electriciens», VII Série, t. VI, Decembre, 1956, n. 72, p. 752—753

⁴⁷ О патенте Urbaine, Feige et Clair Scal см. упомянутую статью Рислера.

⁴⁸ Укажем некоторые статьи Штейнмеца.

Свет и освещение. «Электричество», 1907, № 6, стр. 190, и № 7, стр. 216; 1917, № 1, стр. 18.

Превращение электрической энергии в свет. Бюллетень Политехнического Общества, 1908, № 3, стр. 202—213, и «Электричество», 1908, № 2, стр. 72.

Power Characteristics of Tungsten filaments. «The Electrician», (London), v. 63, 1909, p. 907.

Efficiency of Illuminants. «General El. Review», v. XV, 1912, N 11, p. 669—671.

The Scope of Illuminating Engineering. «Transact. of the Illuminating Engineering Society», v. XI, 1916, p. 625.

⁴⁹ Более подробные сведения о системе Скотта приведены в статьях: «Передача электрической энергии от Ниагары в Нью-Йорк». «Электричество», 1897, № 2; «Трансформирование трехфазных токов в двухфазные и обратно». «Электричество», 1899, № 23—24.

⁵⁰ «General El. Review», v. XX, 1917, стр. 110—113.

⁵¹ Oliver. History of American Technology. 1956, N. Y., p. 540—547.

⁵² Steinmetz. Theory and Calculation of Electric Circuits, 1917. Моноциклическая система описана в гл. XIV. См. также: «Электричество», 1896, № 23, 24, стр. 348; S. P. Thompson. Polyphase Electric Currents, London, 1895, p. 221—224; Н. П. Осадчий. Исторический очерк развития передачи электрической энергии на расстояние. М., 1964, стр. 55.

⁵³ C. P. Steinmetz. Elementary Lectures on Electric Discharges, Waves and other Transients. N. Y., 1911.

⁵⁴ См.: «Электричество», 1940, № 10, стр. 52.

⁵⁵ «The Story of Steinmetz». Publication GEB-104; G.E.C., Schenectady. (Год издания не указан).

⁵⁶ G. Price. Steinmetz in Fullerton House. «General El. Review», v. XXVII, 1924, № 10, p. 648—649.

⁵⁷ Воспоминания Б. В. Лосева имеются в машинописном виде; один экземпляр их подарен автору настоящей монографии.

⁵⁸ Письмо В. И. Ленина Штейнмецу было опубликовано в «Правде» 19.IV. 1922 г. и в журнале «Электричество» (1922, № 2, стр. 43). В Полном собрании сочинений В. И. Ленина (изд. 5) это письмо напечатано в т. 45 (стр. 147—148). В этом же томе (стр. 532—533) помещено и письмо Штейнмеца В. И. Ленину. Впервые оно было опубликовано в журнале «Электрификация» (1923, № 5/6, стр. 14) с портретом Штейнмеца.

⁵⁹ См. примечание 2; интересные сведения о посылке В. И. Лениным своей фотографии Штейнмецу опубликованы в газете «Известия» (вечерний выпуск) 21 апреля 1961 г.

⁶⁰ «Electrical World», v. 80, № 14, 1922, p. 715—719.

⁶¹ «The Electrician» (London), 89, 1922, p. 712; «Electric Review» (London), в номере от 31.VIII 1923 г. в рубрике «Russian Electrical Notes».

- ⁶² «Electrical World», v. 80, № 22, 1922, p. 1155—1158.
- ⁶³ A. A. Heller. The Industrial Revival of Soviet Russia. N. Y., 1922.
- ⁶⁴ C. P. Steinmetz. Four Lectures on Relativity and Space. N. Y., 1922.
- ⁶⁵ «Electrical World», 1923, v. 82, p. 931.
- ⁶⁶ «Электричество», 1923, № 12, стр. 648.
- ⁶⁷ «Известия Электротехнического треста Центрального района», 1923, декабрь, стр. 264.
- ⁶⁸ «Transactions of the Illuminating Engineering Soc.», v. XX, 1925, p. 539.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Александрсон Эрнст Фредерик Вернер** (Alexanderson, р. 1878) — шведский электротехник, работавший в США; специалист по высокочастотным генераторам, изобретатель инвертора для преобразования постоянного тока в переменный.— 139
- Ампер Андре Мари** (Ampère, 1775—1836) — французский физик, член Парижской академии; исследователь электромагнетизма и магнетизма; основоположник электродинамики.— 43, 61, 62, 131
- Араго Жан Доминик Франсуа** (Agago, 1786—1853) — французский физик, член и секретарь Парижской академии наук; исследователь электромагнетизма, поляризации света и др.; историк естествознания.— 43
- Аркадьев Владимир Константинович** (1884—1953) — советский физик, член-корреспондент Академии наук СССР; исследователь магнетизма, автор трудов по электромагнитным процессам в металлах.— 144
- Асмуссен Оскар** (Asmussen) — американец датского происхождения, товарищ Штейнмеца по Цюрихскому политехникуму.— 30—34
- Ауэр фон Вельсбах Карл** (Auer v. Welsbach, 1858—1929) — австрийский химик, член Венской академии наук; изобретатель в области светотехники (осмиевые лампы, газонакаливаемое освещение); открыл явление сильной люминесценции редкоземельных элементов при высокой температуре.— 109
- Баклин Н. Н.** — советский физик, исследователь магнетизма.— 144, 145
- Беккерель Александр Эдмон** (Becquerel, 1820—1891) — французский физик; исследователь в области электрического освещения, фотографии, электропроводности тел и др.— 117
- Белл Александр Грехем** (Bell, 1847—1922) — американский ученый и электротехник; изобретатель в области телефонии.— 50
- Бетанкур Августин Августинович** (1768—1824) — французский строитель и архитектор, работавший в России; строитель электро-статического телеграфа Мадрид — Аранхуэс.— 41
- Бисмарк Отто Эдуард Леопольд** (Bismarck, 1815—1898) — первый канцлер Германской империи.— 24, 25, 155

- Блондель Андре Эжен** (Blondel, 1863—1938) — французский физик и электротехник, член Парижской академии (занимался метрологией, светотехникой, приборостроением, электровакуумной техникой).— 109
- Брайан Уильям Дженнингс** (Bryan, 1860—1925) — реакционный американский государственный деятель, противник учения Дарвина.— 185—187
- Браш Чарлз Френсис** (Brush, 1849—1929) — американский электротехник, предприниматель и изобретатель (электрическое освещение, дуговые лампы, электрические машины).— 51, 52, 75, 76
- Бремер Гуго** (Bremer) — германский изобретатель в области дуговых ламп.— 109, 111
- Бунзен Роберт Вильгельм** (Bunsen, 1811—1899) — германский химик, исследователь в области гальванических элементов, фотометрии, калориметрии, спектрального анализа и др.— 43
- Варбург Эмиль** (Warburg, 1846—1931) — германский физик, президент Физико-технического института; исследователь электропроводности, магнетизма, гальванической поляризации, кинетической теории газов и др.— 67.
- Вебер Вильгельм Эдуард** (Weber, 1804—1891) — германский физик, исследователь электричества и магнетизма; основоположник (вместе с Гауссом) системы абсолютных единиц.— 62—64
- Веддинг** (Wedding) — германский физик и светотехник.— 107
- Вестингауз Джордж** (Westinghouse, 1846—1914) — американский инженер, изобретатель и крупный промышленник.— 82, 126, 127
- Вольта Алессандро** (Volta, 1745—1827) — итальянский физик и физиолог, основоположник учения об электрическом токе.— 41
- Гальвани Луиджи** (Galvani, 1737—1798) — итальянский анатом, основоположник исследований электрического тока.— 41
- Гаусс Карл Фридрих** (Gauss, 1777—1855) — германский математик и физик, исследователь магнетизма; основоположник системы абсолютных единиц.— 92, 93
- Геллер А. А.** — инженер, эмигрировавший из России в США; возвратился и работал в советских организациях после революции.— 179.
- Генри Джозеф** (Henry, 1797—1878) — американский ученый, исследователь электромагнетизма и электромагнитной индукции; изобретатель в области электротехники.— 131
- Гефнер-Альтенек Фридрих** (v. Hefner-Alteneck, 1845—1904) — германский электротехник, руководящий инженер фирмы Сименс; изобретатель в области электрических машин, дуговых ламп и фотометрии.— 44, 46, 51, 52, 63, 75
- Гиббс Джон Диксон** (Gibbs, ум. в 1912 г.) — английский электротехник, участвовал в работах Голяра по созданию трансформатора.— 53, 126
- Гильберт Уильям** (Gilbert, 1544—1603) — английский врач и естествоиспытатель, автор трактата о магнетизме (1600 г.).— 60, 61

- Го л я р Люсьен (Gaulard, 1850—1888) — французский электротехник, изобретатель в области трансформаторостроения.— 53, 126
- Го п к и н с о н Джон (Hopkinson, 1849—1898) — английский электротехник, конструктор электрических машин и аппаратов; разрабатывал вопросы электрических сетей.— 67, 128
- Г р а м м Зеноб Теофил (Gramme, 1826—1901) — бельгийский электротехник, работавший во Франции, изобретатель в области электрических машин и дуговых ламп.— 44, 50, 52, 63, 75
- Г р о у в Уильям Роберт (Grove, 1811—1896) — английский физик, исследователь электричества, конструктор гальванических элементов и ламп накаливания.— 106
- Г у в е р Герберт Кларк (Hoover, 1874—1962) — американский инженер-металлург, был президентом США в 1928—1932 гг.— 187

- Д а н и э л ь Джон Фредерик (Daniel, 1790—1845) — английский физик и электротехник, изобретатель в области гальванических элементов.— 43
- Д е в и с Альберт (Davis) — вице-президент и руководитель патентных дел концерна G.E.C.— 132.
- Д е л а р и в Огюст Артюр (de la Rive, 1801—1879) — швейцарский физик, исследователь магнетизма и электрохимических явлений.— 106
- Д е м п с т е р Джон (Dempster) — один из ассистентов Штейнмеца.— 133.
- Д е п р е Марсель (Deprez, 1843—1918) — французский физик и электротехник; конструктор электрических приборов и аппаратов; исследователь вопросов электропередачи.— 52
- Д е п р е ц Сезар Монсюэ (Despretz, 1792—1863) — французский ученый, исследователь тепловых и электрических явлений; автор работ о животной теплоте.— 106
- Д ж а н д е с Уильям (Jandus) — американский электротехник, изобретатель в области дуговых ламп.— 106, 110
- Д о л и в о - Д о б р о в о л ь с к и й Михаил Осипович (1862—1919) — русский ученый-электротехник, один из основоположников техники трехфазного тока; изобретатель в области электрических машин, приборов и аппаратов.— 54, 85

И ц и л и у с Квинтус — см. Квинтус

- К а п п Гизберт (Карр, 1852—1922) — германский электротехник, одно время работавший в Англии; конструктор электрических машин и аппаратов; исследователь вопросов электропередачи.— 73
- К а р д а н о Джироламо (Cardano, 1501—1576) — итальянский математик, механик и врач; один из основоположников применения мнимых чисел, исследователь теории рычага и весов, конструктор известной передачи вращения между перекрещивающимися валами.— 92
- К в и н т у с Ицилий Г. (Quintus Icilius G., 1824—1884) — германский физик-профессор в Ганновере, исследователь термо-

- электричества, проводимости проволок, магнитных свойств металлов, остаточного магнетизма и теории теплоты.— 64
- Кеннелли Артур Эрвин (Kennelly, 1861—1939) — американский ученый, электротехник и радиотехник, автор работ по теории электричества и распространению радиоволн.— 71, 93, 95, 188
- Корольков Алексей Львович — русский электротехник, профессор Михайловской артиллерийской академии, автор руководств по электротехнике.— 72
- Коффин Чарлз (Coffin) — американский электротехник, один из руководителей фирмы Томсон — Хустон.— 82, 131
- Кулидж Уильям Дейвид (Coolidge, 1873—1955) — американский физик и инженер, специалист в области электровакуумной техники и пустотных приборов; конструктор рентгеновской трубки. С 1932 г. — директор исследовательских лабораторий G.E.C.— 134, 137
- Кулон Шарль Огюст (Coulomb, 1736—1806) — французский ученый и инженер, исследователь в области прочности материалов, электростатики и магнетизма.— 61
- Лассаль Фердинанд (Lassalle, 1825—1864) — деятель германского рабочего движения.— 25, 26
- Лачинов Дмитрий Александрович (1842—1902) — русский физик и электротехник, конструктор приборов и аппаратов, исследователь вопросов электропередачи.— 52
- Ленгмюр Эрвин (Langmuir, 1881—1957) — американский ученый, физико-химик; исследователь явлений в вакууме, конструктор электровакуумных приборов, изобретатель в области ламп накаливания.— 134, 135, 137
- Ленин Владимир Ильич (1870—1924).— 5—7, 170—177
- Ленц Эмилий Христианович (1804—1865) — русский физик, исследователь в области гальванизма, электромагнетизма и геофизики.— 63, 66
- Ломоносов Михаил Васильевич (1711—1765).— 41, 61
- Лосев Борис Владимирович (1882—1965) — советский инженер, работавший до революции в США; один из организаторов в США технической помощи Советской России; привез для передачи В. И. Ленину известное письмо Штейнмеца.— 5, 6, 8, 153, 168—171
- Лунн (Lunn) — пастор реформатской общины в Скинектеди, мэром города Скинектеди.— 157, 158
- Люкс Г. (Lux) — студент Бреславльского университета, товарищ Штейнмеца, руководитель кружка студентов-социалистов.— 24, 26, 27
- Максвелл Джеймс Кларк (Maxwell, 1831—1879) — английский ученый, основоположник электромагнитной теории.— 49
- Маркс Карл (Marx, 1818—1883).— 24
- Маркс Лайнл (Marks) — американский электротехник и светотехник, исследователь работы угольных электродов для дуговых ламп.— 106
- Маркони Гульельмо (Marconi, 1874—1937) — итальянский радиотехник, работавший преимущественно в Англии, организатор радиотелеграфной связи и радиотехнической промышленности.— 184.

- Мартенс Людвиг Карлович (1875—1948) — один из руководящих деятелей советских научных учреждений и просвещения; первый представитель Советской России в США после революции, соратник В. И. Ленина.— 169, 171
- Мереди́т Уиндхем (Meredith) — адвокат фирмы Вестингауз.— 127
- Миллер Оскар (Miller, 1855—1934) — германский энергетик, пионер электропередач.— 51
- Милликен Роберт Эндрюс (Millikan, 1868—1953) — американский физик, исследователь в области электроники, космических излучений, квантовой физики и крайних ультрафиолетовых излучений.— 188
- Нернст Вальтер (Nernst, 1864—1941) — германский физик и физико-химик, исследователь вопросов термодинамики, термомagnetизма и электрохимии; конструктор «лампы Нернста».— 109
- Петров Василий Владимирович (1761—1834) — русский физик, исследователь явлений гальванизма и электростатики.— 117
- Пик Френк У. (Peek) — американский электротехник, специалист по линиям электропередач высокого напряжения.— 146
- Попов Александр Степанович (1859—1906) — русский физик, изобретатель радио.— 85
- Пуассон Симон Дени (Poisson, 1781—1840) — французский математик и физик.— 62
- Райс Мартин П. (Rice) — американский физик и электротехник.— 187
- Райс Эдвин Уильбер (Rice, 1862—1935) — руководящий деятель G.E.C., один из организаторов научно-исследовательских лабораторий физики.— 84, 93, 131, 132
- Рид Джон (Reed, 1887—1920) — американский публицист, один из основателей Коммунистической партии США. Друг Советской России.— 167
- Рид Торнборн (Read) — американский электротехник.— 73, 74
- Ролан Мари Жанна (Roland, 1754—1793) — французская республиканка, деятельница французской революции XVIII века; погибла на гильотине.— 21
- Сименс Вернер (Siemens, 1821—1892) — германский электротехник.— 44, 49, 50, 52, 106, 107
- Симон (Simon) — швейцарский социалист.— 30
- Скотт Чарлз Фелтон (Scott, род. в 1864 г.) — американский электротехник, участник работ по внедрению в США переменного тока; сотрудничал с Тесла в области разработки асинхронных электродвигателей; конструктор трансформаторов.— 129
- Стенли Уильям (Stanley, 1857—1916) — американский электротехник, сотрудник Вестингауза; специалист в области установок и устройств переменного тока; изобретатель.— 82
- Столетов Александр Григорьевич (1839—1896) — русский физик; исследователь явления намагничивания железа; открыл внешний фотоэлектрический эффект.— 65—67

Тарталья Николо (Tartaglia, ок. 1499—1537) — итальянский математик; разрабатывал вопросы математики, механики, баллистики, геодезии, фортификации и др. Дал решение алгебраических уравнений третьей степени.— 92

Тесла Никола (Tesla, 1856—1943) — югославский электротехник, работавший в США; пионер в области многофазных токов, высокочастотной техники и радиотехники; изобретатель электрических машин, аппаратов и приборов.— 54, 139

Томсон Илайю (Thomson E., 1853—1937) — американский ученый электротехник и крупный изобретатель; один из основателей американской электротехнической индустрии и электроэнергетики.— 81—83

Уильямс Олберт Рис (Williams) — американский журналист, несколько раз приезжавший в Советский Союз; сочувствовал нашей революции.— 167

Уитни Уиллис Родни (Whitney, 1868—1958) — американский ученый, химик и электротехник; директор исследовательских лабораторий G.E.C., изобретатель в области ламп накаливания.— 113, 133, 134, 137

Уэстон Эдвард (Weston, 1850—1936) — американский приборостроитель и предприниматель; усовершенствовал построение электроизмерительных приборов, эталонов и точной аппаратуры.— 52

Фарадей Майкл (Faraday, 1791—1867) — великий английский ученый, один из основоположников учения об электричестве и электромагнитной индукции.— 43, 44, 131

Фербенкс Дуглас (Fairbanks) — знаменитый американский киноактер.— 185, 186

Феррарис Галилео (Ferraris, 1847—1897) — итальянский физик.— 54

Фессенден Реджинальд Обри (Fessenden, 1866—1932) — американский электротехник; изобретатель в области высокочастотной техники и радио; пионер радионавигации.— 139

Флеминг Джон Амброуз (Fleming, 1849—1945) — английский ученый и электротехник, ученик Д. К. Максвелла. Исследователь в разных областях электротехники и электроники.— 71, 72.

Фонтен Ипполит (Fontaine, 1833—1910) — французский электротехник, конструктор машин и аппаратов, технический руководитель завода Грамма в Париже.— 50

Фуко Жан Бернар Леон (Foucault, 1819—1868) — французский физик; построил одну из первых дуговых ламп с регулятором, обнаружил существование и действие «вихревых» токов; видный исследователь вопросов оптики.— 105

Хазельвандер Фридрих Август (Haselwander, 1859—1932) — германский инженер, конструктор электрических машин; один из пионеров трехфазного тока.— 54

Хевисайд Оливер (Heaviside, 1850—1925) — английский физик, исследователь электричества, в частности — распространения электромагнитных волн; разработал методы операционного исчисления.— 95

Хейден Джон Лерой (Hayden) — приемный сын Штейнмеца, инженер-электрик.— 182, 184

Холворсен Кромвель (Halvorsen) — американский электротехник, сотрудник заводов Г.Е.С. в Линне; специалист в области наружного освещения и световой сигнализации.— 114

Хьюлетт Эдвард М. (Hewlett) — инженер-электрик фирмы Г.Е.С.; разрабатывал крупные проекты осветительных установок; спроектировал систему управления движением по Панамскому каналу, конструировал крупные электродвигатели для прокатных станков, новые типы подвесных изоляторов и пр.— 131

Чиколев Владимир Николаевич (1845—1898) — русский электротехник и светотехник; изобретатель в области дуговых ламп; исследователь действия прожекторов, описанного в классической монографии о теории прожекторов.— 46, 104

Штейнмец Август (Steinmetz) — дядя Ч. П. Штейнмеца.— 9

Штейнмец Карл (Steinmetz) — отец Ч. П. Штейнмеца.— 9

Шуккерт Зигмунд (Schuckert, 1846—1895) — германский электротехник, основатель завода в Нюрнберге, приобретенного фирмой Сименс; изобретатель электрических машин, дуговых ламп и прожекторов.— 52

Эдисон Томас Альва (Edison, 1847—1931) — американский изобретатель и предприниматель, один из основателей Г.Е.С.— 35, 47, 51, 52, 75—82, 87, 89, 102, 103, 126, 127, 144, 183, 188

Эйкемейер Рудольф (Eickemeyer, ум. 1895) — германский механик и электротехник, работавший в США; изобретатель электрических машин и аппаратов; предприниматель.— 35—38, 55, 57, 58, 70, 73, 79, 85, 86, 125, 126

Эйлер Леонард (Euler, 1707—1783) — математик и астроном, член Петербургской Академии наук; исследователь в различных областях математики, механики, гидротехники, электростатики.— 61, 92.

Эйнштейн Альберт (Einstein, 1879—1955).— 183, 184

Элджер Ф. (Alger) — американский математик, продолжатель работ Штейнмеца в области разработки математических проблем электротехники.— 99, 100

Эммит Уильям Лерой (Emmet) — американский инженер, по специальности конструктор паровых турбин; один из руководящих специалистов Г.Е.С. в области электродвижения судов.— 131

Энгельс Фридрих (Engels, 1820—1895).— 24

Эпинус Франц Ульрих Теодор (1724—1802) — русский физик, исследователь электричества и магнетизма.— 61

Эрстед Ганс Христиан (Oersted, 1777—1851) — датский физик, основоположник электромагнетизма.— 43, 61

Юинг Джеймс Элфрид (Ewing, 1855—1935) — английский физик и инженер, исследователь магнитных и других свойств металлов и магнитных цепей машин и аппаратов.— 67—73

Яблочков Павел Николаевич (1847—1894) — русский электротехник, изобретатель в области электрического освещения, электрических машин и химических источников тока.— 47, 50, 51, 102

Якоби Борис Семенович (1801—1873) — русский физик и электротехник, исследователь электромагнетизма, изобретатель электрических машин и телеграфов.— 63

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	5
Глава первая. Детство и гимназические годы	9
Глава вторая. Студенческие годы в Бреславле	19
Глава третья. От Бреславля до Нью-Йорка	29
Глава четвертая. Состояние электротехники и электро- энергетики в 80-х годах XIX века	40
Глава пятая. Начальный период работы в США. Изучение явления магнитного гистерезиса	55
Глава шестая. Переход на работу в «General Electric Com- pany»	75
Глава седьмая. Символический метод и составление учебных руководств	88
Глава восьмая. Работы по светотехнике	102
Глава девятая. Работы в области электроэнергетики и электромеханики	125
Глава десятая. Штейнмец — учитель и общественный дея- тель	148
Глава одиннадцатая. Штейнмец и Октябрьская рево- люция	166
Глава двенадцатая. В конце жизненного пути	182
Приложение. Ч. П. Штейнмец. Советский план электрифи- кации России	195
Примечания	208
Именной указатель	215

Белькинд Лев Давидович

*

Чарлз Протеус Штейнмец

*

*Утверждено к печати
редколлегией научно-популярной
литературы АН СССР*

*

Редактор издательства *В. А. Никифоровский*
Художник *К. Н. Никахристо*
Технические редакторы *Г. А. Астафьева* и *А. П. Ефимова*

Сдано в набор 4/VIII 1965 г.
Подписано к печати 30/X 1965 г. Т-14822
Формат 84 × 108¹/₃₂. Печ. л. 7 + 2 вкл.
Усл. печ. л. 11,6 (11,48 + 0,12 вкл.)
Уч.-изд. л. 11,2 (11,1 + 0,1 вкл.) Тираж
2400 экз. Изд. № 199/65. Тип. зак. № 2903

Цена 60 коп.

Издательство «Наука»
Москва, К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография издательства «Наука»
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

Л. Д. БЕЛЪКИНД ЧАРЛЗ ПРОТЕУС ШТЕЙНМЕЦ



ЧАРЛЗ ПРОТЕУС ШТЕЙНМЕЦ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«НАУКА»