

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

Описаніе нѣкоторыхъ новыхъ линій электрическихъ желѣзныхъ дорогъ:

(Изъ поездокъ по Америкѣ и Европѣ инж. н. с. Г. О. Графтіо и техника Б. І. Минкевича).

(Продолженіе \*).

## В. Линія Церматтъ—Горнергратъ.

Церматтъ представляетъ собою небольшое селеніе, расположенное на высотѣ 1600 метровъ надъ уровнемъ моря, почти въ самомъ концѣ узкой и живописной долины рѣчки Віежъ, впадающей въ верхнюю Рону, и въ непосредственной близости къ цѣлому ряду ледниковъ и снѣговыхъ вершинъ. Вмѣстѣ съ Бернскимъ Оберландомъ, мѣстность эта является одной изъ наиболѣе замѣчательныхъ въ Швейцаріи по грандіозной красотѣ природы.

Съ вершины Горнерграта, одной изъ возвышенностей, находящихся въ непосредственной близости съ Церматтомъ (3100 м. надъ уровнемъ моря), открывается великолѣпная панорама на рядъ ледниковъ и снѣжныхъ полей, разстилающихся у подножія этой горы и на окаймляющія ихъ снѣжныя вершины: Маттерхорнъ, или Монъ Сервенъ (4480 м.), Монте Роза (4640 м.) и другія.

Вслѣдствіе малой доступности Церматтъ, однако, мало посѣщался, пока желѣзная дорога, наполовину зубчатая, наполовину адгезіонная, продолженная по долинѣ рѣчки Віежъ, не соединила его въ 1891 году съ Юра-Симплонской жел. дорогой.

Постройка этой дороги сразу увеличила число туристовъ, посѣщающихъ Церматтъ, въ теченіе 3-хъ съ небольшимъ лѣтнихъ мѣсяцевъ съ 1000 до 20000. Въ настоящее время число ихъ превышаетъ уже 40000.

Восхождение на Горнергратъ совершается почти всѣми посѣщающими Церматтъ, и вопросъ о сооруженіи зубчатой дороги, которая бы доходила до вершины Горнерграта, былъ поднятъ вслѣдъ за постройкой линіи Віежъ—Церматтъ.

Были произведены подробныя изысканія, но окончательно вопросъ о постройкѣ былъ рѣшенъ лишь въ 1894 году, когда концессія на по-

стройку, выданная Швейцарскимъ правительствомъ, перешла въ собственность гг. Гаагъ и Грейлихъ (Haag & Greulich).

Въ концѣ 1895 г. была закончена реализація, въ маѣ 1896 г. начаты работы и въ іюлѣ 1898 г. открыто правильное движеніе по всей линіи.

Въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ линіей въ болѣе чѣмъ достаточномъ количествѣ имѣлась водяная энергія и потому съ самаго начала въ принципѣ было рѣшено примѣнить на дорогѣ электрическую тягу.

Былъ устроенъ конкурсъ между лучшими фирмами для составленія проекта электрической тяги. Изъ 5-ти представленныхъ проектовъ, въ 4-хъ предлагалась тяга съ двигателями постоянного и лишь одинъ, представленный фирмою Броунъ-Бовери, рѣшалъ вопросъ при помощи трехфазныхъ двигателей. Такое рѣшеніе вопроса рѣзко выдѣлялось среди другихъ экономичностью и простотой, и было принято, несмотря на то, что новая система тяги до тѣхъ поръ еще не была испытана ни на одной зубчатой дорогѣ.

Направленіе линіи, продольная профиль и нижнее строеніе полотна.

Общее направленіе линіи и продольная профиль представлена на фиг. 1 и 2.



Фиг. 1.

Начальная станція линіи расположена непосредственно около станціи Церматтъ, линіи Церматтъ—Віежъ (фиг. 3). Здѣсь-же по близости расположено депо.

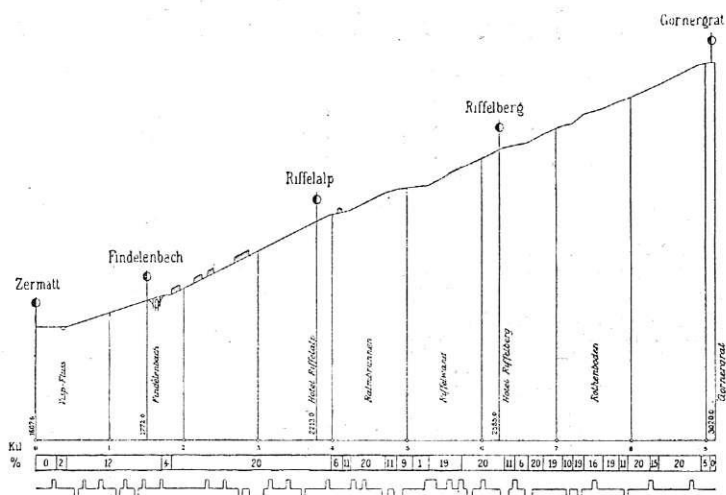
Въ началѣ линія идетъ почти горизонтально до моста отверстіемъ въ 24 метра черезъ р. Віежъ, непосредственно за которымъ начинается сплош-

\* См. «Электричество» № 19, стр. 257.

ной подъемъ. Въ началѣ 2-го километра, линия переходитъ вѣдукомъ ущеліе съ потокомъ Финделенбахъ (фиг. 4). Вѣдукуъ металлическій на

Очертаніе нижняго пояса средняго пролета параболическое (фиг. 5).

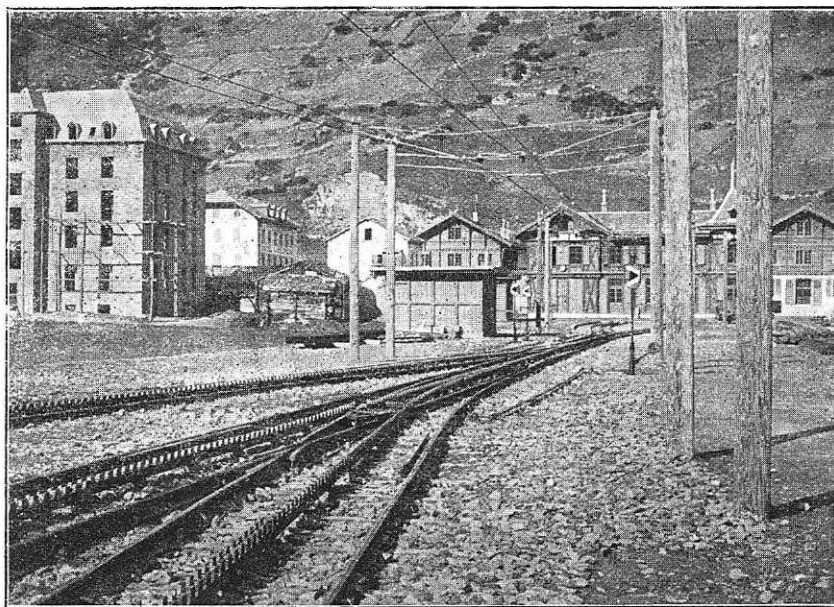
Далѣе на протяженіе слѣдующаго километра,



Фиг. 2.

каменныхъ опорахъ \*), высотой около 50 м. и расположенъ на сплошномъ подъемѣ въ 124<sup>0</sup>/100.

на сплошномъ подъемѣ въ 200<sup>0</sup>/100 расположены 4 небольшихъ туннеля, изъ которыхъ наибольшій



Фиг. 3.

Три пролета по 28 м. перекрыты двумя раскосными фермами со свѣшивающимися консолями и небольшой шарнирной балочкой по срединѣ.

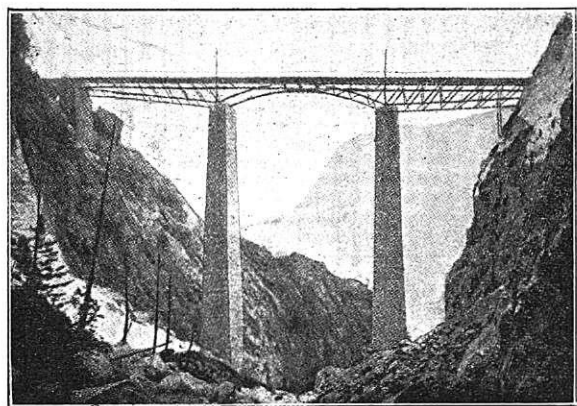
\*) Сначала здѣсь предполагался каменный вѣдукуъ и были начаты работы по возведенію опоръ для него. Но вслѣдствіе крайне дождливаго лѣта 1896 г. и ранняго выпаденія снѣга, ходъ работъ въ первый же строительный періодъ былъ сильно задержанъ. Такъ какъ съ сооруженіемъ вѣдука былъ связанъ

длиною въ 200 м. На пятомъ километрѣ имѣется еще небольшой туннель.

Работы по пробиванію этихъ туннелей производились и зимою, въ виду того, что мѣстный

вопросъ о своевременномъ веденіи работъ на всей дальнѣйшей части линии, то для ускоренія дѣла отказались отъ каменнаго вѣдука. Начатыя опоры были возведены до надлежащей высоты и на нихъ установлены металлическія фермы.

власти запретили производство взрывных работ ночью в течение всего летнего сезона.



Фиг. 4.

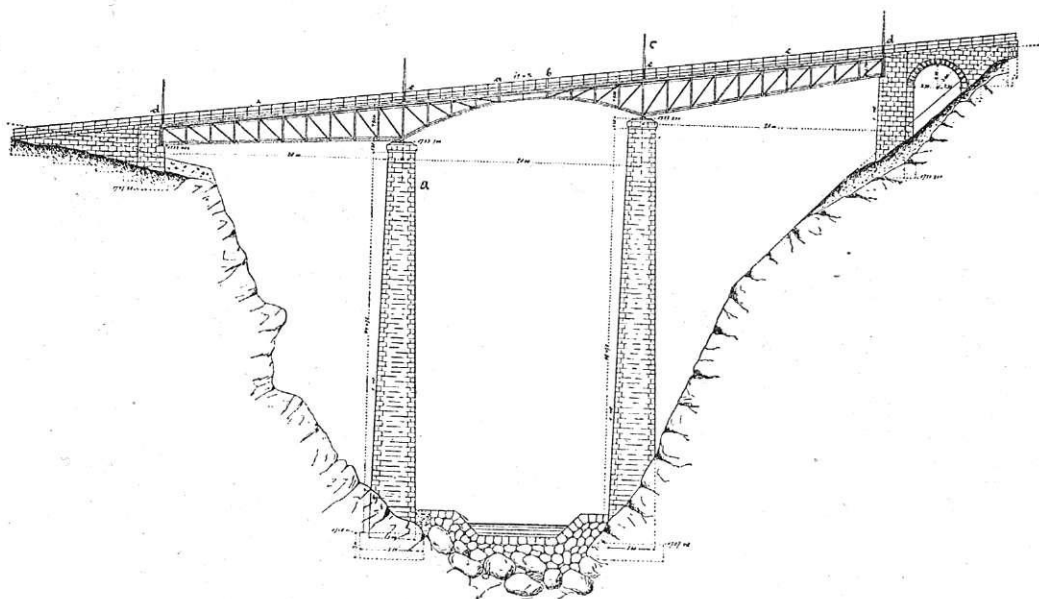
На время зимних работ у входов в туннели были устроены склады и теплые бараки для рабочих. Последние на это время были почти

бенности же буры, тупились и изнашивались чрезвычайно быстро.

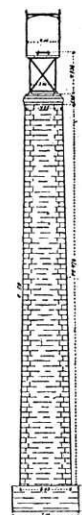
Далее до самой вершины Горнерграта, мѣстность представляется значительно болѣе ровной и легкой за исключеніем участка передъ станціей Риффельальпъ, гдѣ также потребовался цѣлый рядъ подпорныхъ стѣнокъ.

Затѣмъ, при сооруженіи линіи, начиная съ высоты примѣрно 2700 метровъ надъ уровнемъ моря, пришлось серьезно считаться, вслѣдствіе разреженности воздуха, съ такъ назыв. горною болѣзнью \*). Сама по себѣ совершенно не опасная, она очень сильно отразилась на производительности рабочихъ.

Вся линія Церматтъ-Горнерграта протяженіемъ около 9,6 км. Ширина колеи 1 м., наибольшіе подъемы достигаютъ 200<sup>0</sup>/00, минимальный радіусъ закругленій 80 м. Этотъ радіусъ, впрочемъ, почти единственный для всѣхъ закругленій. (Благодаря неизмѣнной величинѣ радіуса закругленій на большей части протяженія линіи явилось возможнымъ сократить до минимума разнообразіе въ длинахъ звеньевъ рельсовъ и въ длинахъ зубчатыхъ полостей).



Фиг. 5.



совершенно отрѣзаны отъ внѣшняго міра, вслѣдствіе громаднаго количества выпадающаго здѣсь снѣга.

Кромѣ туннелей, вся эта часть линіи, вслѣдствіе крутыхъ скатовъ и большихъ неровностей, потребовала весьма крупныхъ работъ, въ видѣ выемокъ въ скалѣ и цѣлаго ряда подпорныхъ стѣнокъ. Всѣ эти работы, въ особенности же работы по пробитію туннелей, представили большія трудности, такъ какъ главную массу горныхъ породъ здѣсь составляетъ серпентинъ, иногда перемѣшанный съ желѣзняками. Вслѣдствіе большой вязкости этой породы, инструменты, въ осо-

Главнѣйшіе типы поперечныхъ профилей полотна представлены на фиг. 6, 7, 8 и 9. На фиг. 10 представлено сѣченіе туннелей.

Ширина земляного полотна поверху 3,6 метра.

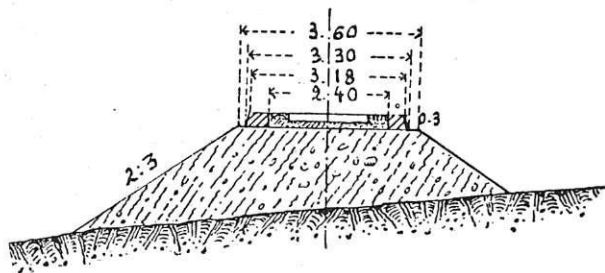
\*) Главные симптомы горной болѣзни составляютъ общая слабость и ломота въ суставахъ, головная боль, пониженная температура, слабый но очень учащенный пульсъ и учащенное дыханіе, а также потеря аппетита.

Вліяніе разреженнаго воздуха мнѣ пришлось замѣтить на себѣ при восхожденіи пѣшкомъ на Горнерграта осенью 1898 г. въ обществѣ двухъ моихъ друзей.

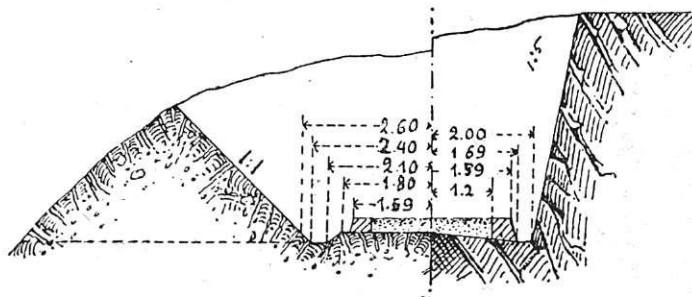
Оно сдѣлалось замѣтнымъ также начиная съ

## Верхнее строение.

На всемъ протяженіи линіи баластный слой толщиной въ 0,3 м. и шириною въ 2,4 м. состоитъ исключительно изъ крупнаго щебня. На



Фиг. 6.

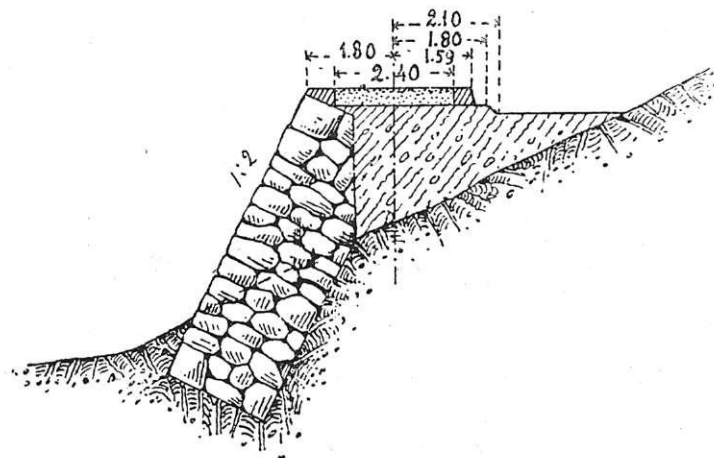


Фиг. 7.

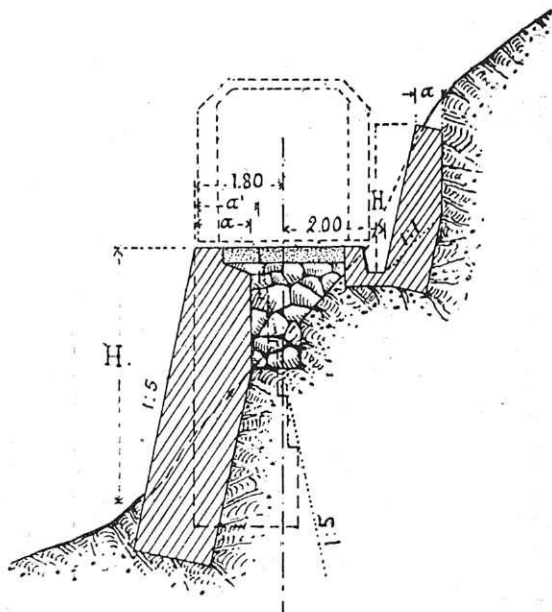
всемъ протяженіи онъ съ обѣихъ сторонъ огражденъ кордонами изъ довольно крупныхъ штучныхъ камней (фиг. 11).

Металлическое строение состоитъ изъ виніолескихъ рельсовъ и зубчатки Абта, прикрѣпленныхъ къ желѣзнымъ поперечинамъ (фиг. 12). Рельсы стальные вѣсомъ 20,6 кг. на погонный метръ. Стыки съ фасонными накладками (фиг. 13 и 14). Горизонтальныя полки накладокъ для уничтоженія угонки рельсовъ снабжены вырѣ-

накладками. Зубчатая полоса изготовлены изъ томасовской стали, обладающей временнымъ сопротивленіемъ около 48 кг. на кв. мм. при 20% удлиненія. Башмаки изъ литого желѣза съ временнымъ сопротивленіемъ около 45 кг. при



Фиг. 8.



Фиг. 9.

зами, въ которые входятъ зажимные болты, скрѣпляющіе рельсы съ поперечинами.

Зубчатка Абта состоитъ изъ 2-хъ зубчатыхъ полосъ, приболченныхъ съ обѣихъ сторонъ къ особаго типа башмакамъ тавроваго сѣченія, при-

высоты 2700—2800 м., когда мы миновали Рифельбергъ. Несмотря на то, что мѣстность здѣсь была уже гораздо ровнѣе чѣмъ внизу, мы принуждены были останавливаться на нѣсколько секундъ черезъ каждые 20—30 шаговъ, вслѣдствіе крайне учащеннаго дыханія и очень быстрого утомленія, которое, впрочемъ, также быстро исчезало во время передышекъ. Но этимъ все ограничилось и мы сравнительно легко добрались до вершины.

15% удлиненія. Длина отдѣльныхъ звеньевъ зубчатой полосы 1,8 м. на прямыхъ участкахъ пути. Зубчатка возвышается на 5 см. надъ уровнемъ рельсовъ. Вѣсъ зубчатки съ башмаками и скрѣпленіями составляетъ 44 кг. на погонный метръ.

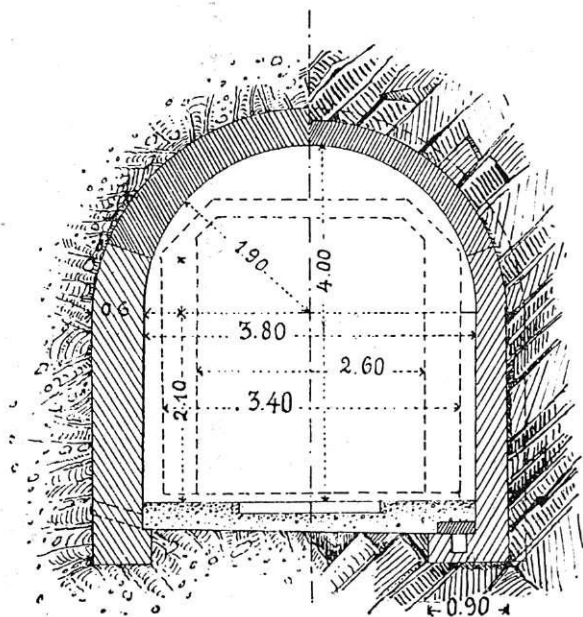
Поперечины, длиною въ 1,8 м. и вѣсомъ каждая въ 21,2 кг., также изъ литого желѣза.

Нормальное разстояніе между осями поперечинъ 90 см. На стыкахъ же вдвое меньше. На каждое звено рельсовъ, длиною въ 10,8 м., приходится, такимъ образомъ, 14 поперечинъ.

Для возможности свободнаго прохожденія



стрѣлокъ безъ нарушенія зацѣпленія на послѣднихъ, на нѣкоторомъ протяженіи имѣется всего



Фиг. 10.

одна зубчатая полоса, сначала расположенная съ одной стороны башмаковъ, а затѣмъ съ другой (фиг. 3).

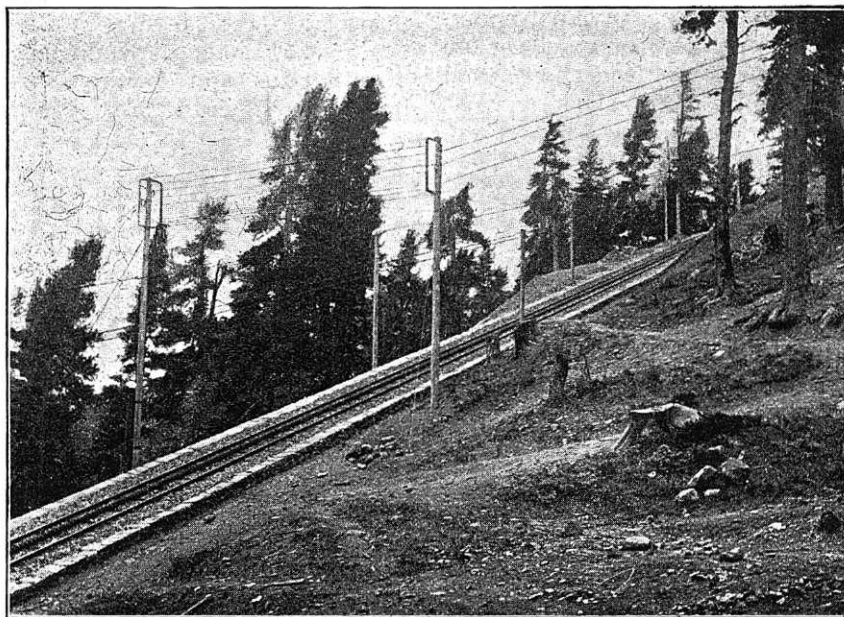
### Центральная электрическая станція.

Гидравлическая энергія доставляется потокомъ Финделенбахъ, берущимъ начало изъ ледника того-же имени и впадающимъ въ р. Віежъ.

Центральная станція расположена на лѣвомъ берегу потока, метрахъ въ 80 ниже виадука.

Выше по теченію, на разстояніи около 200 м. отъ виадука, беретъ начало отъ потока дериваціонный каналъ. Каналь этотъ съ ничтожнымъ уклономъ идетъ частью открыто, большую же частью высѣченными въ скаль штольнями почти до самаго виадука, гдѣ онъ оканчивается небольшимъ отстойнымъ каменнымъ резервуаромъ, отъ котораго начинается напорная труба. Въ началѣ дериваціоннаго канала расположена крупная рѣшетка изъ наклонныхъ желѣзныхъ полосъ и щитовой затворъ. Примѣрно, по срединѣ длины канала расположенъ второй затворъ съ боковымъ водосливомъ. Отстойный резервуаръ также снабженъ боковымъ щитовымъ водосливомъ и кромѣ того, мелкой рѣшеткой изъ наклонныхъ желѣзныхъ полосъ, расположенной надъ небольшимъ порогомъ передъ отверстіемъ напорной трубы (фиг. 18).

Напорная труба клепанная, желѣзная, діаметромъ въ 0,9 м. и длиною въ 200 м., расположена наклонно подъ угломъ въ  $30^{\circ}$  къ горизонту. Нижній конецъ ея подходитъ къ зданію центральной станціи и оканчивается здѣсь гори-



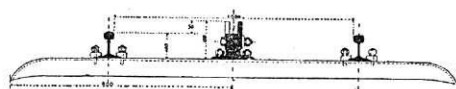
Фиг. 11.

Абтомъ выработанъ для его системы особый типъ перевода, позволяющій однимъ рычагомъ перемѣщать острия рельсовъ и концы соответствующихъ зубчатыхъ полосъ (фиг. 17 и 3).

зонтальнымъ отросткомъ длиною въ 20 м., расположеннымъ вдоль зданія и отъ котораго отходятъ боковыя трубы меньшаго діаметра къ турбинамъ. Означенная труба можетъ доставлять около 1 куб. метра воды въ секунду при напорѣ

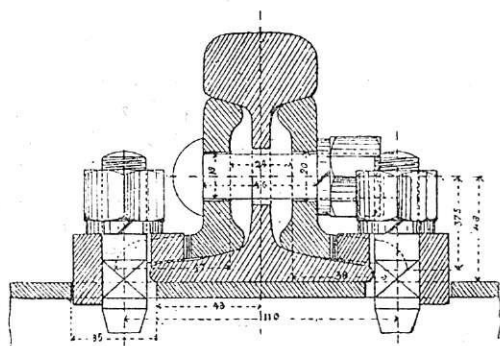
около 100 м. Это составляет мощность около 1000 лш. силъ на валу турбинъ \*).

Въ 1898 году на центральной станціи находились 3 горизонтальныя турбины Белля въ 250 лш.



Фиг. 12.

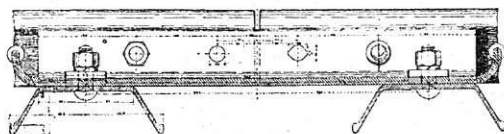
силъ каждая, непосредственно соединенныя съ трехфазными генераторами. Въ работѣ находились 2 такія группы, третья же—запасная. Въ виду предполагавшаго увеличенія движенія, на



Фиг. 13.

станціи было оставлено мѣсто для 4-й группы. Генераторы Броунъ-Бовери двѣнадцатиполусные съ вращающимися индукторами. При нормальной скорости въ 400 оборотовъ, они даютъ токъ въ 3500 вольтъ при 40 періодахъ.

Возбужденіе индукторовъ обоихъ генераторовъ производится машиной постояннаго тока, приво-



Фиг. 14.

димой въ дѣйствіе отдѣльной небольшой турбиной въ 25 лш. силъ, дѣлающей 900 оборотовъ.

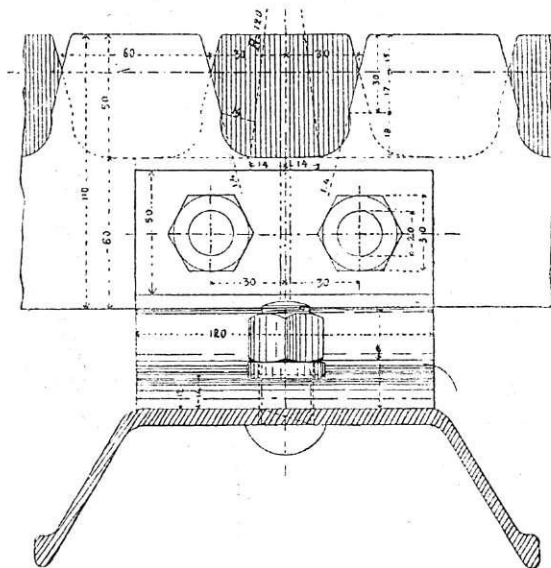
Другая такая же группа служитъ запасной. Каждая такая группа можетъ служить для возбужденія индукторовъ 3-хъ генераторовъ. Кромѣ того, ею производится освѣщеніе центральной станціи.

Регулированіе скорости большихъ турбинъ при измѣненіяхъ нагрузки генераторовъ производится перемѣщеніемъ щитовыхъ затворовъ. Это перемѣщеніе производится автоматически особымъ

\*) Минимальный расходъ воды въ Финделенбахѣ зимой составляетъ около 3,5 куб. метровъ въ секунду, лѣтомъ же во время таянія ледника доходитъ до 15 куб. метровъ.

водянымъ релѣ, приводимымъ въ дѣйствіе центробѣжнымъ регуляторомъ.

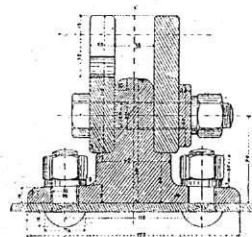
Регулированіе скорости турбинъ оказалось весьма удовлетворительнымъ. Такъ, разница между скоростью при полной нагрузкѣ и скоростью при ходѣ порожнякомъ составляетъ около



Фиг. 15.

1<sup>0</sup>/<sub>10</sub>. При внезапномъ же измѣненіи нагрузки отъ полной до нуля—временное измѣненіе скорости доходитъ до 2<sup>0</sup>/<sub>10</sub>.

Для избѣжанія разрушительнаго дѣйствія удара столба воды при быстромъ закрытіи щитовыхъ оконъ, имѣются особый резервуаръ съ сжатымъ



Фиг. 16.

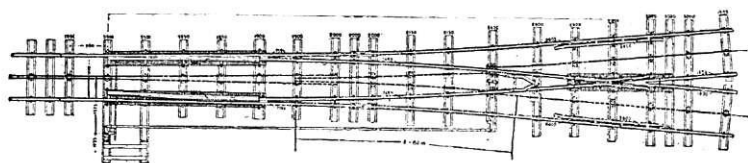
воздухомъ, играющій роль эластичнаго компрессора. Нагнетаніе воздуха въ этотъ резервуаръ производится небольшимъ воздушнымъ насосомъ, приводимымъ въ дѣйствіе особой небольшой турбиной.

Кромѣ того, для большей равномерности хода на валахъ турбинъ имѣются маховики. Соединеніе валовъ генераторовъ и турбинъ эластичное.

Что же касается регулированія напряженія у зажимовъ генераторовъ, то оно производится въ ручную при помощи реостата, измѣняющаго величину тока въ индукторахъ.

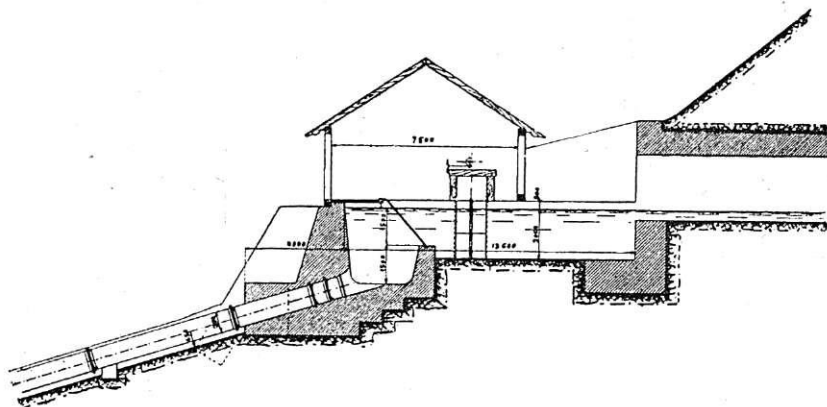
Впрочемъ и здѣсь это регулированіе облегчается малымъ измѣненіемъ напряженія при по-

стоянной скорости, обусловливаемымъ слабой щія высокое напряженіе, расположены за доской внутренней реакціей генераторовъ. (фиг. 19b).



Фиг. 17.

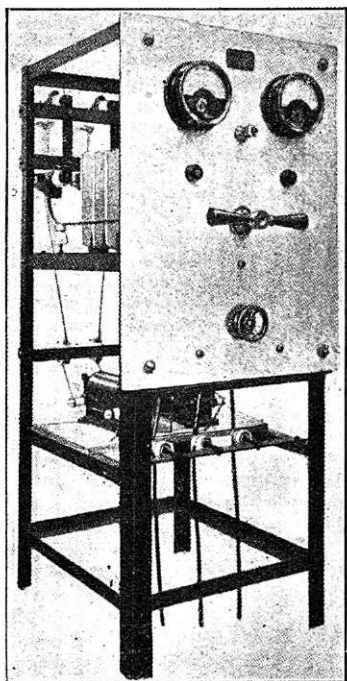
Распределительная доска отличается большой простотой. На лицевой сторонѣ (фиг. 19a) каждой Трехполюсные выключатели устроены такъ, что при выключеніи генератора изъ цѣпи, разрывъ



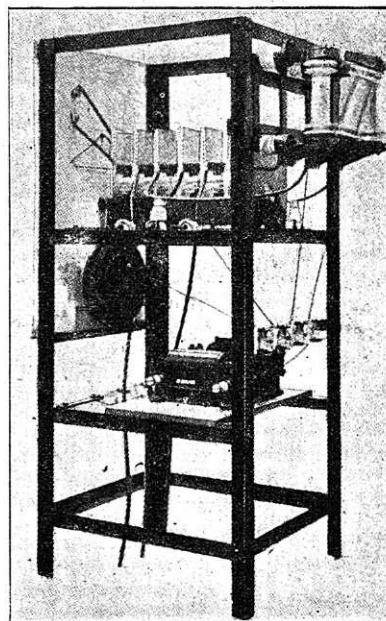
Фиг. 18.

панели расположены вольтметръ и амперметръ, фазная лампочка, рукоятка къ трехполюсному выключа-

тели въ каждой фазѣ происходитъ одновременно въ двухъ мѣстахъ. Кроме того, всѣ 6 рубильниковъ отдѣлены одинъ отъ другого шиферными досками для устраненія возможности короткихъ



Фиг. 19a.

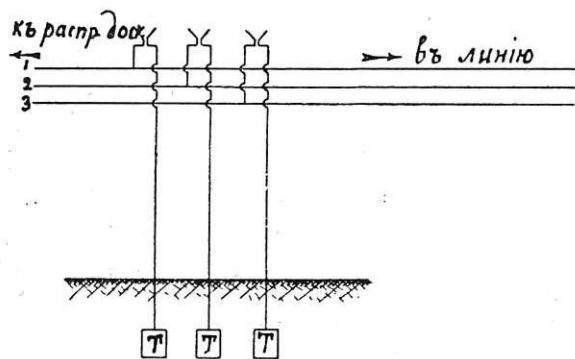


Фиг. 19b.

телю и маховичекъ къ реостату для регулированія поля. Всѣ же провода и части приборовъ, несущ-

замыканій. Каждая фаза снабжена также легкоплавкимъ предохранителемъ, состоящимъ изъ

тонкой алюминиевой проволочки, заключенной въ фарфоровую ручку.



Фиг. 20.

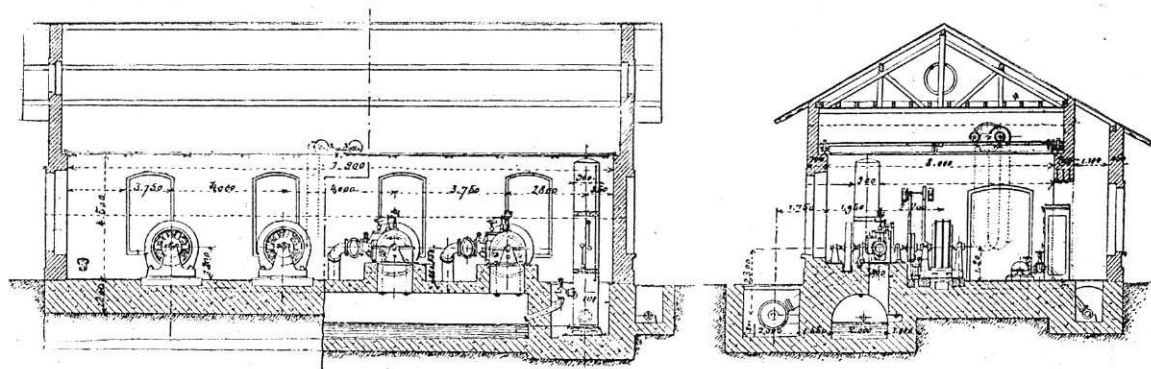
Вольтметръ расположенъ на вторичной цѣпи маленькаго трансформатора, понижающаго напряжение до 100 вольтъ.

ное при сколько нибудь высокихъ напряженияхъ.

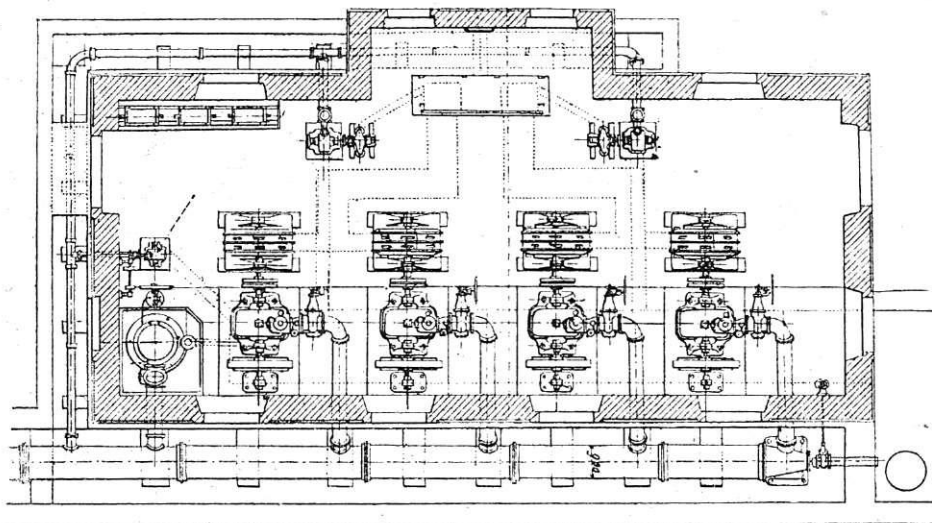
Передъ выходомъ изъ зданія центральной станціи на каждомъ изъ 3-хъ проводовъ высокаго напряжения имѣется по громоотводу Сименса \*) (фиг. 20). Общее расположеніе машинъ на центральной станціи представлено на фиг. 21abc.

Линія высокаго напряжения, трансформаторы и контактные провода.

Трехфазный токъ въ 3500 вольтъ, производимый генераторами центральной станціи, передается по линіи высокаго напряжения къ двумъ трансформаторнымъ подстанціямъ, понижающимъ это напряжение до 540 вольтъ и расположеннымъ на километрахъ 5-мъ и 8-мъ. Третья группа трансформаторовъ расположена на 2-мъ километрѣ въ самомъ зданіи центральной станціи. На протяженіи между центральной станціей и подстанціей



Фиг. 21 а и б.



Фиг. 21с.

Мраморныя доски, составляющія отдѣльныя панели, расположены на легкомъ желѣзномъ остовѣ. Расположеніе всѣхъ проводовъ и частей приборовъ за доской отличается замѣчательной ясностью и простотой—обстоятельство очень важ-

на 5-мъ километрѣ линія высокаго напряжения состоитъ изъ трехъ мѣдныхъ проводовъ въ 5,5 мм.,

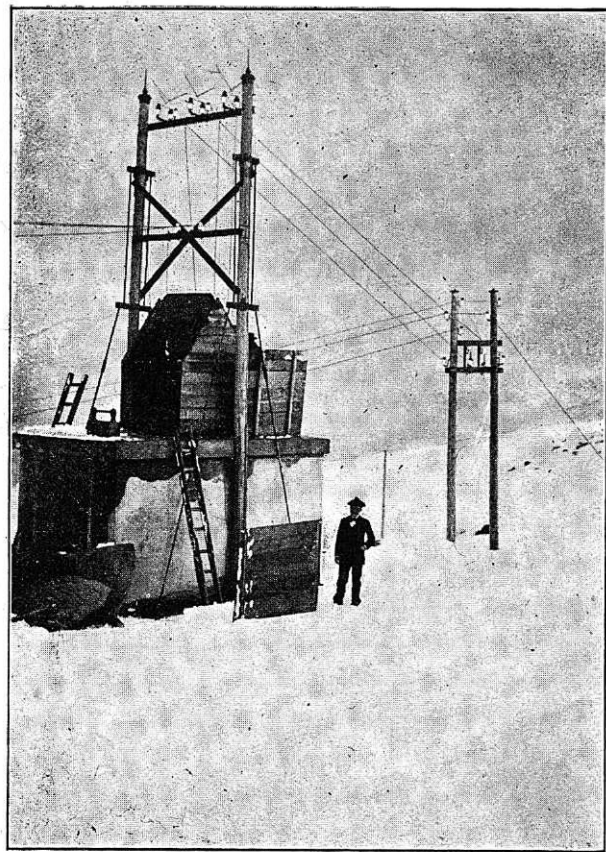
\*) Громоотводы этого типа чрезвычайно распространены въ Швейцаріи и при всей своей простотѣ отличаются правильнымъ и надежнымъ дѣйствіемъ.



далее же до подстанции на 8-мь километрѣ изъ проводовъ въ 4 мм.

Линія высокаго напряженія не слѣдуетъ вдоль полотна дороги, а идетъ по кратчайшему направлению, пересѣкая полотно въ трехъ мѣстахъ (фиг. 1). Провода высокаго напряженія подвѣшены на фарфоровыхъ двухъюбочныхъ изоляторахъ къ ряду деревянныхъ столбовъ высотой около 7,5 м. Наибольшая величина пролета 50 м., хотя вслѣдствіе крайне пересѣченной мѣстности, пролеты въ большинствѣ случаевъ меньше.

Трансформаторныя подстанции мощностью въ



Фиг. 22.

180 киловаттъ состоятъ каждая изъ группы 6 трансформаторовъ, по 30 к.-в. На каждую фазу приходится по 2 такихъ трансформатора, работающих въ параллельномъ соединеніи. Фазы соединены звѣздой \*). Въ теченіе короткихъ промежутковъ времени эти трансформаторы могутъ работать при двойной нагрузкѣ.

Каждая группа такихъ трансформаторовъ за-

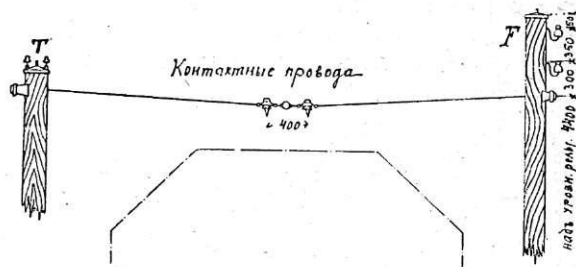
\*) Въ настоящее время фирма Броунъ-Бовери для подстанции на электрическихъ дорогахъ примѣняетъ исключительно трансформаторы съ общей магнитной цѣлью, погруженные въ масло. Такіе трансформаторы допускаютъ, въ теченіе короткихъ промежутковъ времени, перегрузку въ три раза противъ нормальной и наиболѣе подходятъ для цѣлей тяги. О нихъ ниже, при описаніи линіи Тунъ-Бургдорфъ.

ключена въ каменную будку. На зимнее время, въ виду громаднаго количества снѣжныхъ осадковъ и низкой температуры, трансформаторныя будки заколачиваются снаружи досками и промежуточное пространство между деревянной обшивкой и самой будкой заполняется соломой. На фиг. 22 представлена трансформаторная будка на 8-мь километрѣ, снятая 7 октября 1898 г. Въ этотъ день въ Церматтѣ было еще тепло, но на верху лежалъ слой снѣга болѣе фута толщиной, движеніе электрическихъ поѣздовъ было прекращено наканунѣ, и въ этотъ день происходило заколачиваніе всѣхъ станціонныхъ построекъ и трансформаторовъ на зимнее время.

Рядомъ съ трансформаторными будками на особыхъ столбахъ расположены выключатели, позволяющіе разъединять трансформаторы отъ линіи высокаго напряженія.

Вторичныя обмотки трансформаторовъ непосредственно соединены съ обоими воздушными контактными проводами и съ рельсами, играющими роль третьяго провода.

Контактные провода, діаметромъ въ 8 мм., распо-



Фиг. 23.

ложены на высотѣ 4,5 м. надъ уровнемъ рельсовъ на разстояніи 0,4 м. одинъ отъ другого.

Они подвѣшены къ поперечнымъ стальнымъ проеолокамъ, протянутымъ между деревянными столбами, расположеннымъ по обѣ стороны пути (фиг. 23).

Прикрѣпленіе контактныхъ проводовъ къ подвѣскамъ произведено при помощи спайки. Кромѣ изоляціи, находящейся въ самихъ подвѣскахъ, оба контактные провода изолированы другъ отъ друга еще шаровыми изоляторами. Между подвѣсками же и деревянными столбами шаровыхъ изоляторовъ не имѣется. Это объясняется отчасти невысокимъ напряженіемъ въ контактныхъ проводахъ и отчасти расчетомъ на изолирующее свойство дерева. Хотя изоляція линіи при такихъ условіяхъ вполнѣ удовлетворительна и въ дождливое время, но несомнѣнно было бы лучше имѣть еще шаровые изоляторы между проводами и столбами. Впрочемъ, на всѣхъ послѣдующихъ электрическихъ линіяхъ это условіе выполнено.

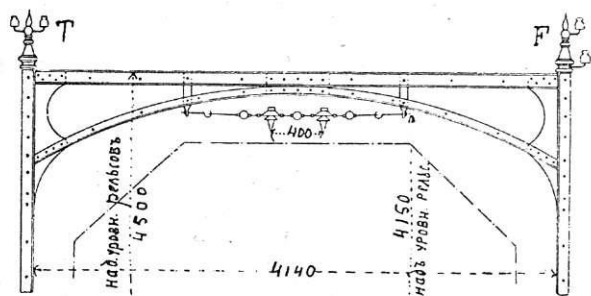
Прикрѣпленіе контактныхъ проводовъ на вѣдухъ и въ туннеляхъ представлено на фиг. 24—25. Здѣсь уже вездѣ имѣется двойная изоляція.

Роль третьяго провода, какъ было сказано,

исполняютъ путевые рельсы и отчасти зубчатка. Электрическое соединеніе стыковъ сдѣлано по извѣстному типу Chicago bond. Кроме того, черезъ каждые 200 метровъ, обѣ рельсовые ленты соединены между собою поперечными мѣдными проволоками.

Замѣна 3-го контактнаго провода рельсами очень мало отразилась въ смыслѣ увеличенія индуктивности линіи.

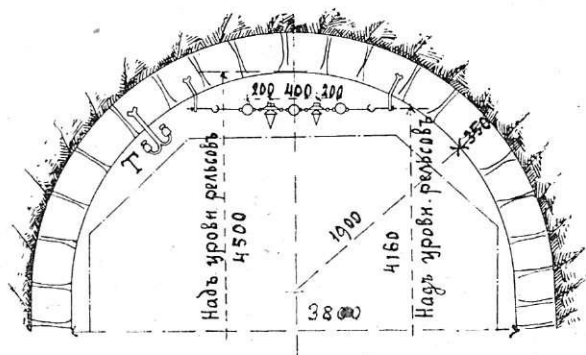
Происходящая вслѣдствіе этого несимметрич-



Фиг. 24.

на 8-мъ километрѣ проложены фидеры къ контактнымъ проводамъ въ началѣ и концѣ линіи для уменьшенія паденія напряженія въ этихъ мѣстахъ.

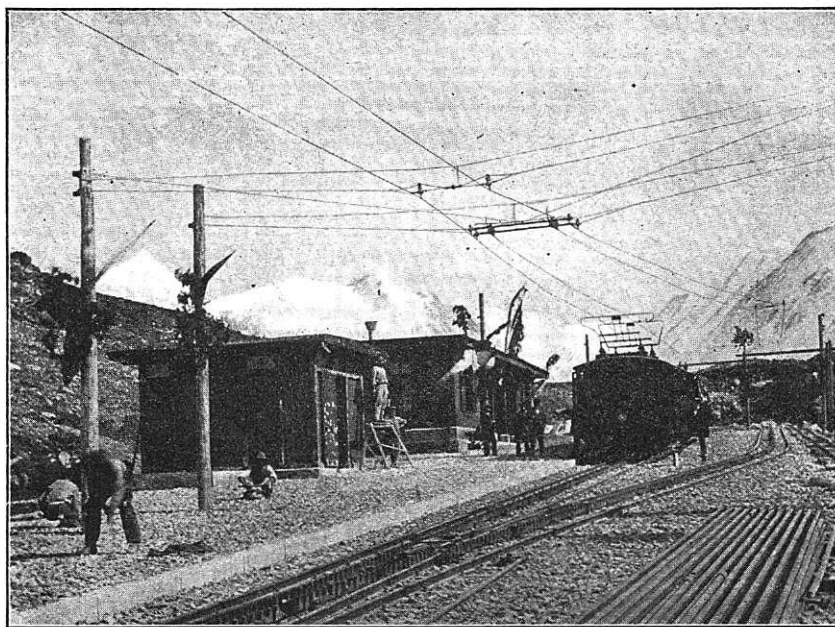
Фидеры эти состоятъ изъ 2-хъ мѣдныхъ голыхъ проводовъ въ 8 мм., подвѣшенныхъ по одну сторону пути на тѣхъ же столбахъ, которые несутъ контактные провода.



Фиг. 25.

ность фазъ не превосходить 5% и для двигателей не имѣетъ ровно никакого значенія. На генераторахъ центральной станціи это обстоятель-

Соотвѣтствующій рядъ столбовъ поэтому сдѣланъ нѣсколько длиннѣе (фиг. 26). На другомъ рядѣ столбовъ на всемъ протяженіи линіи рас-



Фиг. 26.

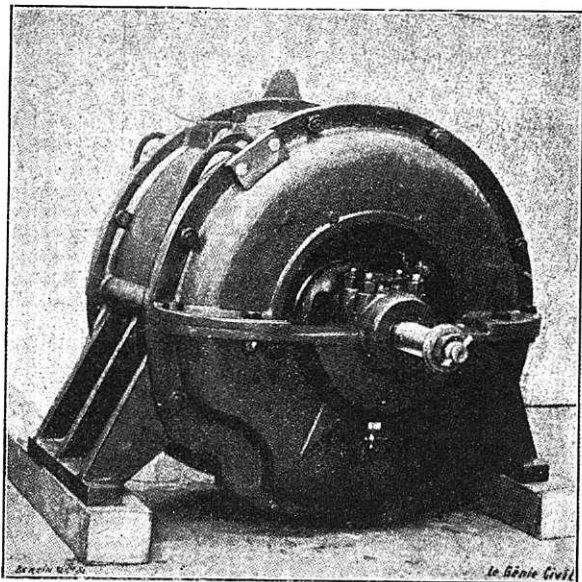
ство также отражается лишь небольшимъ неравенствомъ въ количествѣ амперъ, доставляемыхъ отдѣльными фазами.

Въ виду того, что линія высокаго напряженія ограничивается протяженіемъ между центральной станціей и трансформаторной подстанціей на 8-мъ километрѣ, отъ вторичныхъ обмотокъ трансформаторовъ, находящихся на центральной станціи и

положены 2 стальныхъ телефонныхъ провода въ 3 мм. съ перекрестнымъ расположеніемъ для устраненія дѣйствія индукціи контактныхъ проводовъ.

Въ мѣстахъ пересѣченія контактныхъ проводовъ линіей высокаго напряженія, провода линіи высокаго напряженія окружены предохранительной сѣткой (фиг. 11).

Какъ линия высокаго напряженія, такъ и линия контактныхъ проводовъ снабжены громоотводами. Громоотводы для линии высокаго напряже-



Фиг. 27.

нія упомянутого уже типа Сименса съ рожками и расположены на трансформаторныхъ подстанціяхъ. Громоотводы же для линии контактныхъ

этихъ стрѣлокъ и понынѣ осталась тою-же, онѣ были въ послѣдствіи нѣсколько разработаны въ деталяхъ и въ настоящее время отличаются чрезвычайной простотой. Поэтому подробное описаніе ихъ будетъ приведено ниже, при описаніи линии Тунъ-Бургдорфъ.

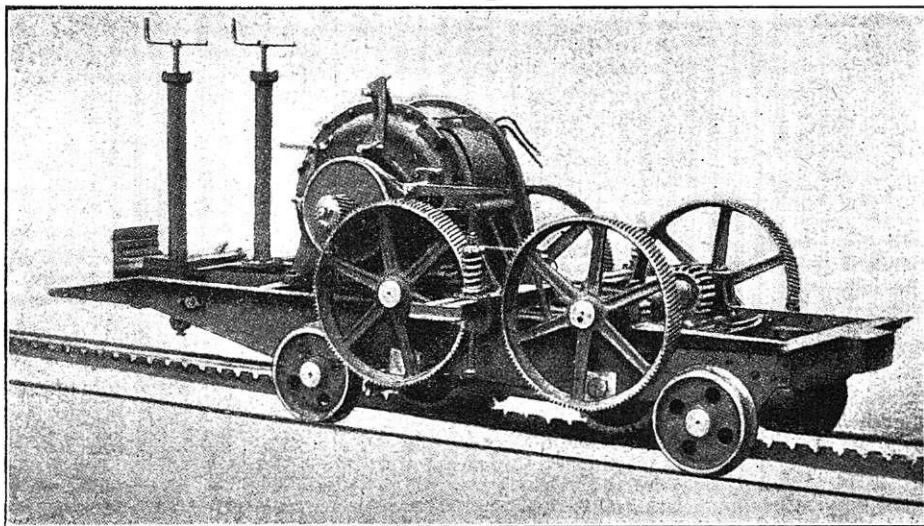
Замѣтимъ также, что первоначально на линии Церматтъ-Горнергратъ собираніе тока съ контактныхъ проводовъ предполагалось устроить при помощи троллеевъ съ колесиками, подобно тому, какъ это было сдѣлано на трамваѣ въ Лугано. Но затѣмъ было рѣшено замѣнить троллеи контактными рамами, которыя позволили значительно упростить устройство воздушныхъ стрѣлокъ и, кромѣ того, сами по себѣ представляютъ несравненно болѣе удобными при тягѣ трехфазными токами.

#### Подвижной составъ.

Перемѣщеніе поѣздовъ совершается электровозами.

Каждый электровозъ, вѣсомъ въ 11 тоннъ, снабженъ двумя трехфазными шестиполусными двигателями, мощностью каждый въ 90 лощ. силъ (фиг. 27).

Двигатели эти расположены на двухосной рамѣ, на которой покомтъ кузовъ электровоза, и находятся, такимъ образомъ, внутри электровоза. Каждый двигатель при посредствѣ двойной зубчатой передачи съ отношеніемъ передачи 1 : 12 вращаетъ отдѣльное зубчатое колесо съ двой-



Фиг. 28.

проводовъ системы Вуртца. Они также расположены вблизи подстанцій на столбахъ, несущихъ контактные провода, но, кромѣ того имѣются и въ промежуткахъ.

Устройство воздушныхъ стрѣлокъ показано на фиг. 26 и 3.

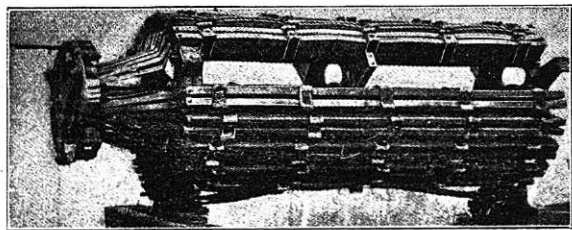
Замѣтимъ здѣсь, что хотя идея устройства

нымъ рядомъ зубцовъ, которое производитъ зацепленіе съ обѣими зубчатыми полосами пути и перемѣщаетъ, такимъ образомъ, электровозъ.

При частотѣ тока въ 40 періодовъ и выключенныхъ изъ обмотокъ роторовъ сопротивленіяхъ двигатели дѣлаютъ около 800 оборотовъ, сообщая электровозу поступательную скорость въ 7 км.



Объ оси, на которыхъ находится рама электрова, въ виду того, что дорога зубчатая на всемъ оемъ протяженіи, играютъ роль исключительно сущихъ осей и отъ двигателей совершенно не висятъ. Вся рама электрова съ двигателями, изомъ и зубчатками покоится на несущихъ



Фиг. 29.

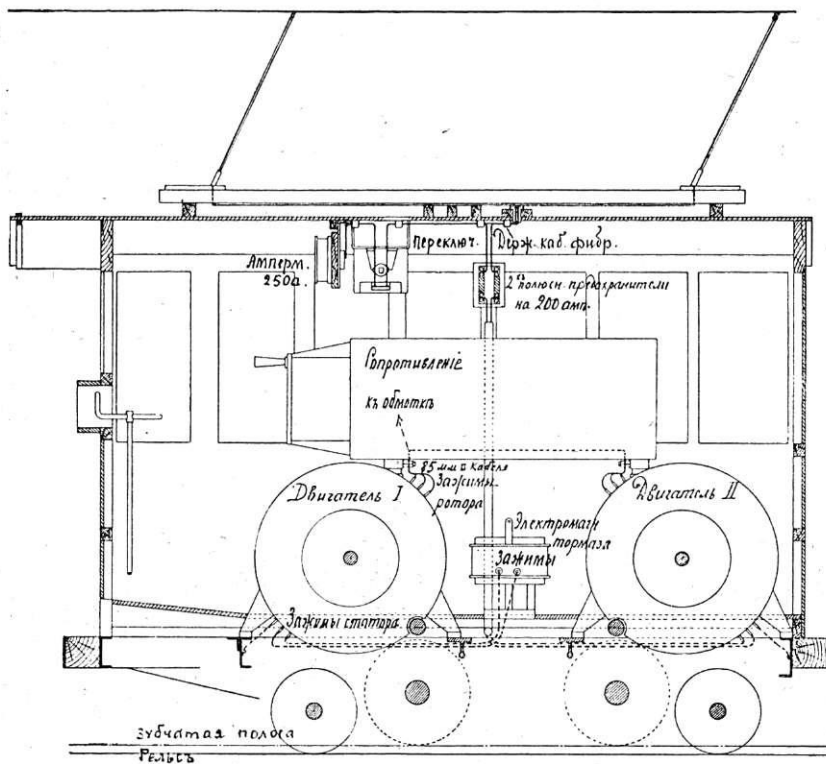
сяхъ при посредствѣ очень жесткихъ рессоръ. Іослѣднія смягчаютъ удары, но вмѣстѣ съ тѣмъ опускаютъ очень малое вертикальное перемѣщеніе, обезпечивая такимъ образомъ всегда правильное зацепленіе съ обѣими зубчатыми поло-

Самый реостатъ состоитъ изъ 3-хъ группъ сопротивленій, образованныхъ изъ плоскихъ нейзильберовыхъ лентъ, проложенныхъ азбестомъ и расположенныхъ по производящимъ цилиндрической поверхности (фиг. 29). Концы лентъ заканчиваются рядомъ изолированныхъ другъ отъ друга сегментовъ, образующихъ нѣчто въ родъ коллектора. Къ этимъ сегментамъ, при помощи угольныхъ контактовъ, соприкасаются три свободныхъ конца обмотокъ ротора. Перемѣщая контакты въ ту или другую сторону, можно постепенно включать въ обмотки ротора большее или меньшее количество сопротивленій, а также производить короткое замыканіе этихъ обмотокъ. Такимъ образомъ, производится измѣненіе скорости хода и троганіе съ мѣста.

Кромѣ реостата на электрова имѣется коммутаторъ, позволяющій переключать обмотки статоровъ двигателей для хода впередъ и назадъ, а также совершенно выключать ихъ изъ линіи.

Затѣмъ имѣется амперметръ, легкоплавкіе предохранители и громоотводъ системы Вуртца.

Общее расположеніе двигателей, реостата, а также проводовъ и всѣхъ приборовъ на электро-



Фиг. 30.

сами. Общій видъ рамы съ однимъ изъ двигателей представленъ на фиг. 28.

На обоихъ двигателяхъ расположенъ сверху общій реостатъ съ сопротивленіями, включаемыми въ обмотки роторовъ двигателей. Реостатъ заключенъ въ цилиндрической кожухъ изъ тонкаго листового желѣза съ мелкими отверстіями для циркуляціи воздуха.

возъ представлено на фиг. 30. Схема же соединений на фиг. 31.

Управленіе ходомъ электрова отличается большой простотой.

Троганіе съ мѣста совершается очень плавно и легко даже на предѣльныхъ подъемахъ и при расходѣ тока не превышающемъ наибольшій расходъ при ходѣ съ нормальною скоростью.



При выключенных же изъ обмотокъ ротора сопротивленійхъ, скорость движенія остается почти неизмѣнно равной 7 км., движется ли поѣздъ на подъемъ, по площадкѣ или подъ уклонъ. Наибольшія отклоненія скорости не превосходятъ при этомъ 4—5<sup>0</sup>/<sub>10</sub>.

Эта возможность двигаться подъ уклонъ съ нормальною скоростью, безъ участія тормазовъ, составляетъ одно изъ самыхъ замѣчательныхъ свойствъ системы тяги съ трехфазными двигателями, которое ставитъ эту систему выше всѣхъ другихъ для тяги на горныхъ зубчатыхъ дорогахъ.

Здѣсь же чрезвычайно ярко и наглядно выступаетъ свойство рекуперации энергіи при дви-

тять не можетъ, ибо его дѣйствіе ограничивается уменьшеніемъ количества пара или воды, поступающихъ въ паровыя машины или турбины.

Для предупрежденія такихъ внезапныхъ разгрузокъ генераторовъ въ линію высокаго напряженія автоматически включается упомянутый водяной реостатъ, какъ только скорость машинъ на станціи превзойдетъ нѣкоторую предѣльную величину, нѣсколько большую скорости при ходѣ порожнякомъ.

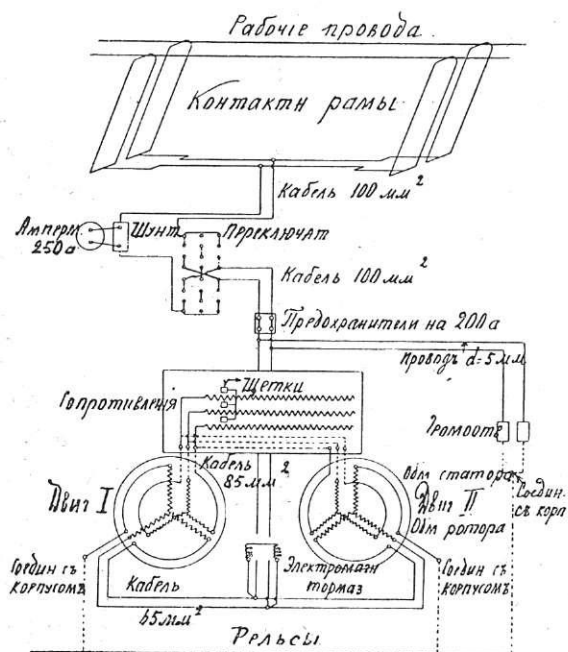
Несмотря, однако, на то, что при ходѣ подъ уклонъ скорость поѣзда автоматически сохраняется весьма близкой къ нормальной, электровозъ снабженъ двумя системами тормазовъ—ленточной и съ колодками.

Ленточный тормазъ дѣйствуетъ на особые шкивы, насаженные на валы обоихъ двигателей. Онъ автоматически приводится въ дѣйствіе въ случаѣ внезапнаго прекращенія доступа тока изъ линіи (когда тѣмъ самымъ двигателя дѣлаются свободными), или когда скорость поѣзда по какимъ-либо другимъ ненормальнымъ причинамъ превыситъ предѣльную допустимую.

Въ первомъ случаѣ отпусканіе собачки, задерживающей дѣйствіе тормазы, производится небольшимъ соленоидомъ съ ныряломъ. Во второмъ—небольшимъ центробѣжнымъ регуляторомъ. Но, кромѣ того, собачка можетъ быть опущена и тормазъ приведенъ въ дѣйствіе и отъ руки, или при помощи шнура изъ вагоновъ поѣзда. Тормазъ съ колодками дѣйствуетъ на шкивы, насаженные съ обѣихъ сторонъ движущихъ зубчатыхъ колесъ. Этотъ тормазъ приводится въ дѣйствіе въ ручную.

Собирание тока съ контактныхъ проводовъ производится 2-мя контактными рамами, расположенными на крышѣ электровоза по обоимъ концамъ.

Каждая рама состоитъ изъ двухъ изолированныхъ другъ отъ друга отдѣленій, соприкасающихся каждое съ соотвѣствующимъ контактнымъ проводомъ \*). Такимъ образомъ, токъ съ каждого провода собирается въ двухъ мѣстахъ, чѣмъ уменьшается количество тока, собираемого каждой рамой и уменьшается износъ части ея, соприкасающейся съ контактнымъ проводомъ. Эта часть рамы дѣлается съемной и замѣняется по мѣрѣ износа. Кромѣ того, этимъ достигается возможность проходить стрѣлки съ токомъ во всѣхъ



Фиг. 31.

женіи подъ уклонъ. Возстановляемой при этомъ энергіей можно, при соотвѣстственно составленномъ графикѣ движенія, воспользоваться вполне реальнымъ образомъ для увеличенія той энергіи, которая должна доставляться генераторами центральной станціи поѣздамъ, движущимся въ это время на подъемъ или на площадкѣ.

Въ случаѣ же, если въ это время на линіи нѣтъ другихъ поѣздовъ расходующихъ энергію, энергія, возстановляемая поѣздомъ или поѣздами, движущимися подъ уклонъ, поглощается водянымъ реостатомъ очень простаго устройства \*), расположеннымъ на центральной станціи.

Это поглощеніе энергіи реостатомъ необходимо, ибо иначе нагрузка генераторовъ сдѣлается отрицательной и скорость ихъ можетъ возрасти до опасныхъ предѣловъ. Регуляторъ этого предовра-

\*) Три старыхъ рельса, помѣщенныхъ въ канавѣ съ водою.

\*) Такое устройство контактныхъ рамъ представляетъ нѣкоторое неудобство въ томъ смыслѣ, что на закругленіяхъ, когда электровозъ принимаетъ наклонное положеніе, давленіе рамы на оба провода не будетъ одинаковымъ и соприкасаніе одного изъ отдѣленій рамы къ соотвѣствующему проводу можетъ сдѣлаться недостаточно совершеннымъ, вслѣдствіе чего можетъ произойти искрообразование. Правда, это неудобство въ значительной степени ослабляется самою эластичностью подвѣски проводовъ, и съ другой стороны на закругленіяхъ возможно до нѣкоторой степени наклонить линію подвѣски самихъ проводовъ. Тѣмъ не менѣе на это обстоятельство пришлось обратить вниманіе, и результатомъ дальнѣйшей разработки этого вопроса является замѣна



машиностроительнымъ заводомъ въ Винтертуръ \*), принявшимъ дѣятельное участіе въ разработкѣ конструкции электровозовъ.

#### Пропускная способность и провозоспособность дороги.

На всемъ протяженіи линіи имѣется 4 станціи — Церматъ, Риффельальпъ, Риффельбергъ (фиг. 35) и Горнерграть и разъѣздъ около віа-

сказано выше, могутъ значительно уменьшить эту нагрузку. Каждый поѣздъ въ 29 т., движущійся подъ уклонъ въ 200<sup>0</sup>/100, уменьшаетъ нагрузку генераторовъ, примѣрно, на 100 лощ. силъ.

Замѣтимъ въ заключеніе, что стоимость сооруженія всей линіи Церматъ—Горнерграть съ электрическимъ оборудованіемъ и подвижнымъ составомъ составляетъ около 1.100.000 руб., не включая расходовъ по реализаціи.



Фиг. 35.

дука черезъ Финделенбахъ, которыя дѣлятъ линію на 4 перегона, длиною каждый отъ 2 до 2,7 км.

При скорости въ 7 км., пробѣгъ наиболѣе длиннаго перегона Риффельбергъ—Горнерграть совершается въ теченіе 24—25 минутъ.

Такимъ образомъ, является возможнымъ отправлять въ обоихъ направленіяхъ поѣзда черезъ каждый часть.

Въ первое время по открытію дороги подвижного состава имѣлось на 3 полныхъ комплекта, состоящій каждый изъ электровоза, одного крытаго и одного открытаго вагона.

При полной утилизаціи этого подвижного состава является возможнымъ въ теченіе 12 часовъ отправить 6 паръ поѣздовъ, т. е. перевезти въ каждомъ направленіи максимумъ около 600 пассажировъ.

При 4-хъ же комплектахъ является возможнымъ въ теченіе того же времени отправить 9 паръ поѣздовъ.

При этомъ провозоспособность линіи достигаетъ своей максимальной величины.

Не трудно видѣть, что во всѣхъ случаяхъ движенія одновременно на подъемъ, будутъ двигаться не болѣе 2 поѣздовъ.

Нагрузка генераторовъ центральной станціи при этомъ будетъ наибольшая, достигая до 500 лощ. силъ, если только въ это время не будетъ нисходящихъ поѣздовъ, которые, какъ было уже

Эксплуатационные же расходы составляютъ около 30000 руб. въ годъ.

Въ предыдущей статьѣ инж. Графтіо (см. № 17, т. г.) вкрались слѣдующія опечатки:

Стр. 231.	Строка:	Напечатано	Слѣдуетъ.
столбецъ лѣвый.	15 сверху	двинуть	сдвинуть.
правый.	8 сверху	до	для
лѣвый.	9 снизу	примѣра величины	примѣра, величина
Стр. 233.			
лѣвый.	3 снизу	70—800	700—800
правый.	30 сверху	какъ	Также и
Стр. 234.			
лѣвый.	23 сверху.	агресіонныхъ	адгезіонныхъ
Тоже.	8 снизу	агресіонныхъ	адгезіонныхъ
Тоже.	6 снизу	агресіонныхъ	адгезіонныхъ
правый.	7 снизу	служать	служать

\*) Schweizerische Lokomotiv-und Maschinen-Fabrik. Winterthur.



## Расчетъ наивыгоднѣйшаго разстоянія между трансформаторными подстанціями.

Статья А. Е. Бѣлого.

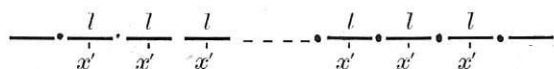
Когда приходится проектировать установку электрической тяги или передачи силы на большое протяженіе, то, независимо отъ того, какой токъ будетъ выбранъ, задача сводится къ устройству двухъ линий—одной высокаго напряженія, по которой энергія, получаемая на центральной станціи, передается на подстанціи, и другой—низкаго напряженія, изъ которой энергія непосредственно поступаетъ въ электрическіе локомотивы той или другой системы. Линія низкаго напряженія соединяется съ источниками энергіи на подстанціяхъ.

При такихъ условіяхъ понятно, что рациональное проектированіе требуетъ строгаго и обдуманнаго выбора % потери въ проводахъ и въ особенности разстоянія между подстанціями. Эти послѣднія могутъ заключать въ себѣ вращающіеся или неподвижные трансформаторы и, сообразно съ этимъ, требуютъ или не требуютъ при себѣ прислуги.

Въ дальнѣйшемъ изложеніи, оставивъ въ сторонѣ вопросъ о выборѣ того или другого тока для первичной и вторичной линій, предположимъ, что % потери въ первичныхъ проводахъ опредѣленъ по правилу лорда Кельвина, а во вторичныхъ—заданъ сообразно мѣстнымъ условіямъ, и опредѣлимъ наивыгоднѣйшее разстояніе между подстанціями, принимая во вниманіе ихъ стоимость и стоимость мѣднаго провода (вторичнаго) между ними.

Задача будетъ такова: дана линія въ  $L$  метровъ длиною, расходующая постоянно въ тѣхъ или другихъ двигателяхъ  $Q'$  киловаттъ. Энергія получается отъ  $m$  равноудаленныхъ одна отъ другой подстанцій и передается вдоль линіи по рабочимъ проводамъ. Въ этихъ проводахъ допускается потеря въ  $\frac{Q'}{p}$  киловаттъ, такъ что полный расходъ энергіи на подстанціяхъ  $Q = Q' \left(1 + \frac{1}{p}\right)$ . Какова должна быть мощность подстанцій?

Предположимъ, что линія въ нѣкоторый моментъ находится въ наименее выгодномъ положеніи, т. е. что нагрузка сосредоточена посрединѣ разстоянія между подстанціями, при чемъ считаемъ, что потребленіе энергіи во всѣхъ частяхъ линіи будетъ равномерное. Схема тогда будетъ такая:



Здѣсь  $l$ —разстояніе между подстанціями,  $x'$ —энергія въ киловаттахъ, расходующая посрединѣ разстоянія,  $x'/2$ —то-же по концамъ линіи. Мощность каждой подстанціи назовемъ  $x$ —въ киловаттахъ.

Стоимость каждой подстанціи можетъ быть выражена въ функціи отъ  $x$  уравненіемъ вида

$$A = a + bx - cx^2$$

гдѣ  $A$ —стоимость каждой подстанціи;  $a$ —коэффициентъ, не зависящій или мало зависящій въ извѣстныхъ предѣлахъ отъ мощности подстанціи; онъ выражаетъ собой стоимость зданія, различныхъ приборовъ на подстанціи, тотъ фиктивный капиталъ, проценты съ котораго равны жалованью прислугѣ и пр.

Этотъ коэффициентъ  $a$  ни въ какомъ случаѣ не можетъ быть равенъ нулю;  $b$ —коэффициентъ, выражающій, главнымъ образомъ, стоимость тѣхъ или другихъ машинъ, дающихъ токъ, на единицу мощности;  $c$ —коэффициентъ удешевленія при возрастаніи мощности, вообще говоря, очень малъ, и въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ быть принятъ равнымъ нулю.

Численныя значенія этихъ коэффициентовъ могутъ быть получены изъ смѣтъ, составленныхъ для подстанцій даннаго типа, но различной мощности.

Число подстанцій будетъ  $m = \frac{Q}{x}$ ; годовой расходъ на нихъ будетъ:

$$\frac{A}{n} \cdot \frac{Q}{x} = \frac{(a + bx - cx^2)}{n} \cdot \frac{Q}{x} = Q' \left(1 + \frac{1}{p}\right) \cdot \frac{(a + bx - cx^2)}{nx}$$

гдѣ  $n$ —отвлеченное число, указывающее какой части всего капитала равняется сумма, назначаемая въ годъ на проценты на капиталѣ и на его погашеніе.

Стоимость годичной потери энергіи во вторичныхъ проводахъ, равной по заданію  $\frac{Q'}{p}$  киловаттамъ, будетъ

$$\frac{Q'}{p} kf$$

гдѣ  $k$ —стоимость  $1$  киловаттъ-часа, даваемого подстанціями, въ тѣхъ же денежныхъ единицахъ, какъ и стоимость подстанцій,  $f$ —число часовъ работы въ годъ каждой подстанціи.

Такъ какъ нагрузка расположена посрединѣ разстоянія между подстанціями, то количества энергіи, получаемыя ею отъ обѣихъ подстанцій, одинаковы. Если принять во вниманіе еще и потерю въ проводахъ, то имѣемъ, что въ пунктѣ нагрузки получается отъ каждой подстанціи  $\frac{x}{2} \left(1 - \frac{1}{p}\right)$  киловаттъ.

Предположимъ, что токъ въ цѣпи постоянный и что напряженіе у зажимовъ пріемника  $E$  вольтъ; сила тока въ цѣпи будетъ

$$\frac{x}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{p}\right) \frac{1000}{E} \text{ амперъ.}$$

Потеря въ проводахъ отъ одной подстанціи до мѣста нагрузки, выраженная въ ваттахъ, будетъ

$$1000 \frac{x}{2p} \text{ ваттъ.}$$



Сопротивление двойного провода на томъ же протяженіи, равно  $= \frac{2l}{2} = l = L : m = L : Q = \frac{Lx}{Q}$  метровъ, будетъ

$$\frac{\sigma Lx}{Qq} \text{ омъ}$$

гдѣ  $\sigma$  — сопротивление 1 пог. метра мѣднаго провода сѣченіемъ въ 1 кв. мм.,  $q$  — сѣченіе провода въ кв. мм.

Потеря энергии въ проводахъ поэтому можетъ быть выражена въ зависимости отъ силы тока и сопротивления проводовъ формулой

$$\left[ \frac{x}{2} \left( 1 - \frac{1}{p} \right) \cdot \frac{1000}{E} \right]^2 \cdot \frac{\sigma Lx}{Qq} \text{ ваттъ.}$$

Приравнявая два выраженія для потери въ проводахъ, имѣемъ

$$\frac{x^2}{4} \cdot \left( \frac{p-1}{p} \right)^2 \cdot \frac{1000^2}{E^2} \cdot \frac{\sigma Lx}{Qq} = \frac{1000x}{2p}$$

Откуда получаемъ  $q$  въ функции отъ  $x$

$$q = \frac{x^2(p-1)^2 \sigma L 1000}{2pE^2 Q}$$

Объемъ мѣднаго провода длиною въ  $2L$  метровъ и сѣченіемъ въ  $q$  кв. мм. будетъ

$$2qL$$

Вѣсъ его въ килограммахъ

$$\frac{2 \times 8,9 q L}{1000}$$

Стоимость его

$$\frac{2 \cdot 8,9 q L v}{1000}$$

гдѣ  $v$  — стоимость килограмма мѣди въ тѣхъ-же единицахъ, какъ и стоимость подстанцій. Подставляя въ послѣднюю формулу выраженіе, полученное нами для  $q$ , имѣемъ:

$$\frac{2 \cdot 8,9}{1000} \cdot \frac{x^2(p-1)^2 \cdot \sigma L^2 1000 v}{2pE^2 Q}$$

или, по приведеніи подобныхъ членовъ:

$$\frac{8,9 x^2(p-1)^2 \sigma L^2 v}{pE^2 Q}$$

Годовой расходъ на мѣдь будетъ  $Fx^2$ , при чемъ

$$F = \frac{8,9 \cdot (p-1)^2 \sigma L^2 v}{p^2 E^2 Q t} = \frac{8,9(p-1)^2 \sigma L^2 v}{(p+1)E^2 t Q'}$$

гдѣ  $t$  — отвлеченное число, указывающее, какой части всего капитала, затраченнаго на приобрѣтеніе мѣди, равняется сумма, назначенная въ годъ на проценты на капиталъ и его погашеніе.

Величина  $F$  выведена нами для постояннаго тока, канализуемаго по двухпроводной системѣ. При пользованіи другимъ токомъ, расходъ на мѣдь можно выразить черезъ  $F$ , умножая эту величину на нѣкоторый коэффициентъ  $\lambda$ , соответствующій экономіи, даваемой выбраннымъ токомъ. Такъ для трехфазнаго тока при соединеніи звѣздочкой будемъ имѣть вмѣсто  $F$  постоянную  $F'''$ , при чемъ  $\lambda = 0,84$  \*)

$$F''' = \lambda F = F \times 0,84 = \frac{0,84 \times 8,9(p-1)^2 \sigma L^2 v}{E^2(1+p)Q't}$$

\*) См. Роде и Бюске. Многофазные токи. Спб., 1895, стр. 45.

Общій расходъ на подстанціи и мѣдь въ годъ будетъ

$$\frac{(a+bx-cx^2)}{n} \cdot \left( \frac{1+p}{p} \right) \cdot \frac{Q'}{x} + Fx^2 + \frac{Q'}{p} kf = T$$

Дифференцируя по  $x$ , имѣемъ:

$$\frac{Q'(1+p)(b-2cx) - Q'(1+p)(a+bx-cx^2)}{nx^2 p} + 2Fx = 0$$

или

$$2Fnp x^3 - cQ'(1+p)x^2 - aQ'(1+p) = 0 \dots (V)$$

Рѣшеніе этого уравненія въ частныхъ случаяхъ съ округленіемъ значенія  $x$  до ближайшаго цѣлаго числа, не представляетъ никакихъ затрудненій.

Имѣя  $x$ , можемъ получить число подстанцій  $m$  изъ формулы

$$m = \frac{Q}{x} = \frac{Q'(1+p)}{px} = \frac{Q'}{x'}$$

и разстояніе между подстанціями по формулѣ

$$l = \frac{L}{m}$$

Замѣтимъ, что при подстановкѣ численныхъ значеній въ уравненіе (V) коэффициентъ при  $x^2$  оказывается очень малымъ (или даже равенъ нулю, при  $c=0$ ).

Тогда

$$x = \sqrt[3]{\frac{aQ'(1+p)}{2\lambda Fnp}} = \sqrt[3]{\frac{at}{\lambda 17,8np\sigma v} \left[ \frac{(p+1)EQ'}{(p-1)L} \right]^2}$$

гдѣ  $\lambda$  — коэффициентъ экономичности по отношенію къ постоянному току.

Предлагаемая формула (V), вслѣдствіе сдѣланныхъ при ея выводѣ допущеній, не можетъ, конечно, дать абсолютно точнаго значенія для  $x$ . Полученное изъ нея число должно быть подвергнуто строгой критикѣ и, въ случаѣ надобности, измѣненіямъ. Главныя соображенія при этомъ будутъ слѣдующія:

1) *Проѣрка правильности выбора  $p$ .* Этой величиной мы задались, не зная еще, каково будетъ разстояніе между подстанціями или сѣченіе рабочихъ проводовъ. Поэтому, получивъ эти данныя изъ формулы (V), необходимо провѣрить, не слишкомъ-ли отличается принятое для  $p$  значеніе отъ наивыгоднѣйшаго. Это послѣднее можетъ быть определено по формулѣ лорда Кельвина слѣдующимъ образомъ. Какъ извѣстно, плотность тока  $\delta$  можетъ быть выражена формулой

$$\delta = \sqrt{\frac{na}{p\epsilon t}}, \text{ гдѣ}$$

$n$  — постоянная канализации,  $a$  — % на стоимость канализации и ея погашеніе,  $p$  — цѣна ваттъ-часа,  $t$  — время въ часахъ, въ теченіе котораго токъ проходитъ черезъ проводники въ продолженіи года.

Изъ этой формулы видно, что величина  $\delta$  можетъ быть опредѣлена легко, разъ мы имѣемъ  $x$ .

Предположимъ по-прежнему, что передаваемый токъ постоянный и имѣетъ напряженіе  $E$  вольтъ у зажимовъ двигателя. Тогда при пере-

дачу одного гектоватта двигателю, сила тока в цепи будет

$$i = \frac{100}{E} = \delta q$$

откуда  $q$  — сечение провода  $= \frac{100}{E\delta}$ .

Применим последнее выражение к случаю подстанции, питающей две нагрузки, удаленные от подстанции в ту и в другую сторону на  $\frac{1}{2}$  метров каждая. Потеря энергии в проводах на каждый гектоватт, действительно переданный нагрузке будет

$$P = i^2 w = \left(\frac{100}{E}\right)^2 \cdot \left(\delta l : \frac{100}{E\delta}\right) = \frac{100\delta l}{E} \text{ ватт.}$$

Так как мы приняли, что передается один гектоватт, то численное значение  $P$  будет равно проценту потери энергии в проводах. Но

$$p = \frac{100}{P} = \frac{E}{\delta l}$$

Для того, чтобы при наивыгоднейшем значении  $l$  значение  $p$  также было наивыгоднейшим, необходимо, чтобы значение  $p$ , получаемое из последней формулы, мало отличалось от того, которым мы задались. Эта формула выведена для постоянного тока; для других в нее надо ввести коэффициент экономичности.

2) *Проверка сечения проводника по конструктивным условиям.* Проводники тока низкого напряжения в то же самое время — рабочие. Поэтому сечения их должно быть таково, чтобы обеспечить надежный контакт троллею. Если из формулы (V) получим сечение проводника, для этой цели недостаточное, то можно или увеличить  $p$ , т. е. уменьшить % потери во вторичных проводах, или понизить качество меди для вторичных проводов (если, конечно, это будет экономично). Может быть окажется даже выгодным пользоваться составным проводом, т. е. состоящим из двух частей: одной, проводящей ток — высокой проводимости, и другой контактной — низкой проводимости. Вопрос этот может быть решен только при знакомстве с местными условиями.

3) *Проверка мощности трансформатора.* При выводе формулы (V) мы скрыто допустили, что при расходе  $Q'$  киловатт на линии работают все трансформаторы. Для того, чтобы это условие отвечало действительности, необходимо, чтобы единичные нагрузки, передвигающиеся вдоль линии, равнялись  $x'$  при передвижении их в одну сторону или  $\frac{x'}{2}$  — при передвижении в обе стороны. Другими словами, мощность трансформатора должна быть вдвое больше мощности двигателя при движении в обе стороны и равнялась бы ей при движении, происходящем в одну сторону. Все это при том условии, что трансформаторы не перегружены и что единичные нагрузки распределены равномерно вдоль всей линии. Итак, если окажется, что  $x' = \frac{px}{(p+1)}$  зна-

чительно отличается от величины единичной нагрузки, то из этого следует, что величина нагрузки, выбранной нами, не отвечает условиям экономичности и должна быть изменена. Таким образом, формула (V) определяет и наивыгоднейшую величину нагрузки.

4) *Проверка правильности нагрузки линии.* При нагрузке линии мы приняли, что вся энергия, расходуемая в двигателях, разделена на столько же равных частей, сколько имеется трансформаторов. Хотя при этом расположении линия находится в хорошем положении, благодаря тому, что во всякий данный момент работают все трансформаторы приблизительно одинаково, тем не менее на практике подобный случай применим для трамваев, но не для железных дорог. Поэтому может оказаться необходимым допустить перегрузку трансформаторов, причем не все пролеты окажутся занятыми подвижными нагрузками, а лишь некоторые. В таких случаях придется проверить мощность трансформаторов, нагружая линию наивыгоднейшим образом для трансформаторов. Примером различных способов нагрузки может служить расчет расстояния между трансформаторами, сделанный инженерами Графтио и гр. Шуленбургом для проекта электрической тяги на железной дороге Варшава-Калиш. Ими разбираются следующие случаи: *двухпутный участок*: а) скрещение двух товарных поездов, идущих на подъем в 60‰ по середине пролета; б) скрещение двух товарных поездов, идущих на подъем в 60‰ в непосредственной близости трансформатора; *однопутный участок*: а) случай скрещения двух товарных поездов на станции, лежащей посередине пролета между трансформаторами, исключается обязательной установкой трансформатора на каждой станции; б) случай, когда на подъем в 60‰ идет товарный поезд вблизи трансформатора.

С целью пояснить изложенную теорию на примере, возьмем следующий случай.

Вдоль каналов, общим протяжением в 168 километров, проложена линия из трех проводов, несущих трехфазный ток напряжением в 18000 вольт. Через промежутки, которые надо определять, в эту линию включены трансформаторы мощностью в  $x$  киловатт, преобразующие ток высокого напряжения в ток в 630 вольт (также трехфазный). Вторичные зажимы трансформаторов соединены с цепью низкого напряжения, также из трех проводов, идущих вдоль всей линии каналов. Из этих проводов ток поступает в электродвигатели туэров, движущихся вдоль каналов в одну сторону на возможно равном расстоянии один от другого. Мощность каждого туэра прибли-

\*) Пояснительная записка к проекту оборудования Варшаво-Калишской железной дороги для электрической тяги, генерального штаба полковника Тизенгаузена. СПб. 1899 г. (См. Труды Первого Всероссийского Электротехнического Съезда. Т. IV, стр. 73).

зительно 12 киловатт. Въ обратную сторону туэра буксируются по другой линии каналовъ, параллельной первой, такъ что скрещений туэровъ не происходитъ. Энергія, получаемая всѣми туэрами отъ подстанцій— $Q'=1290$  киловатт. Стоимость трансформаторовъ мощностью отъ 10 до 100 киловатт, по прейскуранту Allgemeine Electricitäts Gesellschaft, можетъ быть съ достаточной точностью выражена формулой:  $A$  (въ маркахъ)  $= 565 + 57,7x - 0,1066x^2$ . Формула эта не заключаетъ въ себѣ стоимости необходимыхъ принадлежностей, трансформаторной будки и пр., чего мы не вводимъ въ виду фиктивности примѣра; для насъ достаточно того, что  $a > 0$ .

Примемъ  $p=10$ ,  $r=20$ ,  $b=0,02$ ,  $v=2,5$  марки,  $t=15$ . Тогда для трехфазнаго тока

$$F''' = \frac{0,84 \times 8,9 \times 19^2 \times 0,02 \times 168000^2 \times 2,5}{20 \times 600^2 \times 1290 \times 15} = 28,158$$

Подставляя эти величины въ уравненіе (V), имѣемъ:

$$1126x^3 = 271x^2 = 1530585$$

откуда  $x \approx 11$  киловатт.

Число трансформаторовъ будетъ

$$m = \frac{1290}{11} \left( \frac{21}{20} \right) \approx 124$$

Разстояніе между трансформаторами.

$$l = \frac{168000}{124} = \infty 1355 \text{ метровъ.}$$

Произведя повѣрки, увидимъ, что полученные цифры могутъ быть приняты, при чемъ, можетъ быть, придется только уменьшить процентъ потери въ проводахъ, такъ какъ сѣченіе ихъ при  $r=20$  можетъ получиться слишкомъ малымъ для того, чтобы обезпечить надежный контактъ троллею.

## Телефонированіе на далекія разстоянія.

*Статья проф. М. Пюэна.*

Передача электрической энергіи по металлическимъ проводамъ становится волнообразной, какъ только разстояніе между передатчикомъ и приемникомъ дѣлается настолько большимъ, что допускается образование электрическихъ волнъ. Подобнаго рода передача существуетъ поэтому при телеграфированіи и телефонированіи на далекія разстоянія; но она практически исключена въ обычныхъ другихъ случаяхъ передачи электрической энергіи, гдѣ разстоянія въ настоящее время являются еще очень ограниченными. Обстоятельства, сопутствующія волнообразной передачѣ электрической энергіи, кореннымъ образомъ отличаются отъ тѣхъ, при которыхъ происходитъ обычная электрическая передача. Въ послѣднемъ случаѣ, энергія, исходящая изъ передатчика, идетъ почти цѣликомъ на то, чтобы вызвать извѣстныя реакціи въ приемникѣ; реакціи же, происходящія при этомъ въ самой передаточной линіи, играютъ лишь второстепенную роль. Этотъ случай аналогиченъ передачѣ движущей силы отъ поршня паровой машины къ соединенному съ машиной двигателю помощью короткаго, негибкаго вала; здѣсь не играютъ существенной роли ни упругія измѣне-

нія вала, ни сопротивленія, вызываемыя внутреннимъ сдѣлениемъ его частицъ и т. п. Но когда разстояніе между паровой машиной и соединеннымъ съ ней механизмомъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и длина передаточнаго вала достигаетъ извѣстной величины, послѣдній перестаетъ быть вполне негибкимъ. Поэтому энергія поршня паровой машины сперва накапливается въ валу, а затѣмъ уже передается имъ движущему механизму. Она появляется частью въ формѣ кинетической энергіи движущейся массы вала, частью въ формѣ потенциальной, скрытой въ его упругихъ деформацияхъ. Между передачей энергіи отъ поршня къ валу и отъ послѣдняго къ механизму наступаетъ поэтому сдвигъ фазъ. Процессъ передачи состоитъ теперь въ послѣдовательныхъ превращеніяхъ кинетической энергіи вала въ потенциальную и наоборотъ. Эти превращенія распространяются вдоль вала и мы называемъ такую передачу волнообразной, желая однимъ словомъ выразить, что прогрессирующее вдоль вала движеніе носитъ періодическій характеръ. Аналогичныя условія появляются, когда электрическая энергія, исходящая изъ источника періодическія измѣняющейся электродвижущей силы, передается чрезъ длинные провода. Въ такомъ случаѣ передача перестаетъ быть прямой; электрическая энергія источника сперва накапливается въ средѣ, окружающей проводъ, а затѣмъ, отъ послѣдней, переносится на приемникъ. Въ окружающей средѣ она существуетъ частью въ формѣ магнитной энергіи, въ полѣ магнитнаго потока, частью въ формѣ электрической, въ полѣ электрическаго потока. Процессъ распространения энергіи состоитъ въ прогрессивномъ превращеніи первой во вторую и обратно. Въ томъ же случаѣ, когда передатчикъ посылаетъ періодическую электродвижущую силу, распространение вдоль линіи совершается въ видѣ электрическихъ волнъ. Слово „волна“ служитъ здѣсь лишь выраженіемъ того, что энергія, накопленная въ окружающей линіи средѣ, распределена въ ней не равномерно, а періодически. Точно также періодически мѣняются и сила тока и разность потенциаловъ. Въ тѣхъ точкахъ, гдѣ магнитная энергія имѣетъ свои максимумы, токъ сильнѣе всего; точно также, потенциалы выше всего въ точкахъ максимумовъ электрической энергіи.

Разсмотримъ теперь разстояніе между двумя послѣдующими точками минимума силы тока или потенциала. Это разстояніе представляетъ собою длину полуволны. Предположимъ, что линіи сообщается синусоидальная, переменная электродвижущая сила, съ частотой 600 періодовъ въ секунду; если мы найдемъ, что длина волнъ равна 18 милямъ, то скорость распространения волны окажется равной 10800 милямъ: величина, значительно уступающая скорости распространения свѣта въ пустотѣ. Этотъ численный примѣръ можетъ показаться невѣроятнымъ, такъ какъ мы привыкли слышать, что электрическія волны распространяются со скоростью свѣтовыхъ. Но не слѣдуетъ забывать, что послѣднее вѣрно лишь при определенныхъ условіяхъ. Скорость же распространения электрическихъ волнъ той частоты, какая обычна въ телефонированіи по длиннымъ проводамъ, является величиной не постоянной и можетъ чрезвычайно отличаться отъ скорости свѣта, такъ какъ въ каждомъ случаѣ определяется сопротивленіемъ, самоиндукціей и емкостью линіи. Чѣмъ меньше скорость распространения волны, тѣмъ, конечно, при одной и той же частотѣ, меньше ея длина. Послѣдняя играетъ важную роль въ нашихъ изслѣдованіяхъ. Мы разсматриваемъ ее, какъ одну изъ характеристическихъ постоянныхъ волнообразнаго распространения, и намъ кажется, что вообще изслѣдователи распространения длинныхъ электрическихъ волнъ обращали на нее слишкомъ мало вниманія.

Другая постоянная, которая, вмѣстѣ съ длиной волнъ, вполне опредѣляетъ волнообразное распространение электричества,—это коэффициентъ ослабления (attenuation constant). Чтобы выяснитъ его фи-



зическое значение, рассмотрим в какой-нибудь моменте двѣ послѣдовательныя полуволны, изъ которыхъ болѣе близкая къ передатчику пусть будетъ  $A$ , другая— $B$ . Энергія, накопленная въ средѣ, окружающей  $A$ , больше, чѣмъ энергія вокругъ  $B$ . Поэтому энергія, при своемъ переходѣ отъ передатчика къ приемнику, постепенно разсѣивается, и амплитуды какъ силы тока, такъ и разности потенциаловъ ослабѣваютъ вдоль линіи. Если  $U$  означаетъ величину амплитуды у того конца проводника, гдѣ находится передатчикъ,  $U_2$ —на разстояніи отъ него  $s$ , то, если линія предполагается безконечно длинной, мы имѣемъ

$$\frac{U_2}{U} = e^{-\beta s},$$

гдѣ  $e$ —основаніе неперовскихъ логарифмовъ;  $\beta$  и представляетъ собой коэффициентъ ослабленія. Величина  $\beta$  выражается извѣстной формулой

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2} p C \{ \sqrt{p^2 L^2 + R^2} - pL \}},$$

гдѣ  $p$  означаетъ частоту тока,  $C$ ,  $L$  и  $R$ —емкость, самоиндукцію и сопротивление проводника на единицу его длины. Между физиками существуетъ значительное разногласіе на счетъ дѣйствительнаго значенія этого коэффициента и причины ослабленія тока. Обыкновенно предполагается, что емкость линіи, дѣйствуя подобно шунту, является причиной неправильностей, наблюдаемыхъ при передачѣ электрическихъ волнъ. Это объясненіе далеко не полно. Дѣйствительно, тотъ фактъ, что проводникъ обладаетъ самоиндукціей и емкостью, показываетъ лишь, что окружающая его среда обладаетъ способностью накапливать въ себѣ энергію; но изъ этого еще никоимъ образомъ не вытекаетъ, что энергія, распространяясь вдоль по проводнику, должна разсѣиваться; а если емкость не можетъ причинять потерю энергіи, то какимъ образомъ можетъ она вызвать ослабленіе силы тока? Разсѣяніе энергіи вызывается несовершенной проводимостью проволоки, и ею лишь одной. Емкость и самоиндукція лишь регулируютъ, но не вызываютъ разсѣяніе. Посмотримъ теперь, какъ происходитъ это регулированіе. Разсѣяніе передаваемой энергіи происходитъ въ то время, когда она является накопленной въ окружающей средѣ въ формѣ энергіи магнитнаго потока; если среда, окружающая элементъ  $ds$  проводника, заключаетъ въ себѣ количества  $dw$  магнитной энергіи, то сила тока  $x$  въ этомъ элементѣ опредѣляется формулой

$$dw = \frac{1}{2} L x^2 ds.$$

Разсѣяніе-же энергіи  $dH$  въ этомъ элементѣ выражается:

$$dH = R x^2 ds.$$

Предположимъ теперь, что мы, какимъ-нибудь образомъ, увеличили самоиндукцію  $L$  въ  $n^2$  разъ, тогда въ элементѣ  $ds$  то-же самое количество энергіи  $dw$  будетъ накоплено помощью тока въ  $n$  разъ болѣе слабого, чѣмъ раньше, такъ какъ

$$\frac{1}{2} L x^2 ds = \frac{1}{2} n^2 L (x/n)^2 ds.$$

Но разсѣяніе энергіи  $dH$  будетъ теперь въ  $n^2$  разъ меньше, чѣмъ прежде, такъ какъ

$$dH_1 = R (x/n)^2 ds = dH/n^2.$$

Отсюда слѣдуетъ, что при передачѣ даннаго количества энергіи по проводящей проволоцѣ, разсѣяніе ея будетъ тѣмъ слабѣе, чѣмъ больше самоиндукція проволоки, такъ какъ при большей самоиндукціи требуются менѣе сильныя токи, для передачи одного и того-же количества энергіи, менѣе же сильныя токи вызываютъ и меньшія омическія потери энергіи. Такимъ образомъ, повышеніе самоиндукціи влияетъ на передачу энергіи такъ же, какъ и повышеніе проводимости.

Но съ повышеніемъ самоиндукціи связано еще другое, чрезвычайно важное преимущество. Приведенная выше формула для  $\beta$  показываетъ, что величина ослабленія зависитъ отъ частоты тока, возрастаая вмѣстѣ съ нею. Поэтому при телефонной передачѣ, гдѣ въ линію посылаются сложныя гармоническія волны, обертоны ослабляются въ гораздо болѣе степени, чѣмъ основныя, низкіе тоны. Отсюда и происходитъ искаженіе рѣчи, наблюдаемое при телефонированіи на далекаго разстоянія. Высокая самоиндукція линіи устраняетъ это неудобство, такъ какъ выраженіе для  $\beta$  сводится въ такомъ случаѣ къ

$$\beta = \frac{R}{2} \sqrt{C/L}$$

т. е. освобождается отъ множителя  $p$ . Другими словами, токи различной частоты ослабляются въ одинаковой степени, чѣмъ устраняется искаженіе рѣчи.

О. Хивесайдъ, въ Англіи, глубокимъ изслѣдованіемъ котораго мы болѣе всего обязаны нашей математической теоріей волнообразнаго распространенія электричества, первый предложилъ и горячо защищалъ примѣненіе проводниковъ съ высокой самоиндукціей. Однако, его предложеніе не встрѣтило достаточнаго вниманія. Мнѣ кажется, что изложенная выше физическая точка зрѣнія на ослабленіе тока должна содѣйствовать выясненію теоріи Хивесайда о проводникахъ съ высокой самоиндукціей.

Но предложеніе Хивесайда заключаетъ въ себѣ серьезное затрудненіе, которое не можетъ быть разрѣшено его математической теоріей. Затрудненіе это слѣдующее: какъ слѣдуетъ построить волновой проводникъ съ высокой самоиндукціей? Въ обыкновенныхъ проводникахъ самоиндукція можетъ быть поднята до желаемой высоты помощью реактивныхъ катушекъ соотвѣствующаго размѣровъ. Но употребленіе катушекъ исключено въ нашемъ случаѣ, такъ какъ онѣ вызывали бы отраженіе электрическихъ волнъ. Были сдѣланы попытки вводить въ телефонную линію цѣлый рядъ послѣдовательныхъ катушекъ, на опредѣленномъ разстояніи другъ отъ друга; но и эти попытки не увѣнчались успѣхомъ. Мы вернемся къ этому пункту еще дальше, въ связи съ описаніемъ опытныхъ изслѣдованій. Здѣсь достаточно будетъ замѣтить, что всѣ попытки увеличить самоиндукцію волноваго проводника помощью ряда катушекъ потерпѣли неудачу вслѣдствіе отсутствія математической теоріи, которая могла бы указать способъ избѣгнуть отраженія электрическихъ волнъ отъ этихъ катушекъ. Другія же произведенныя до сихъ поръ попытки увеличить самоиндукцію волновыхъ проводниковъ также не привели ни къ какимъ положительнымъ результатамъ.

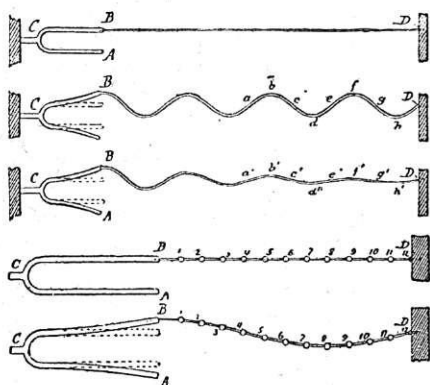
Авторъ настоящей статьи представилъ 22 марта 1899 г. Американскому Институту инженеровъ-электриковъ свою математическую теорію волнообразнаго распространенія электричества вдоль по проводникамъ. Главныя положенія этой теоріи очень просты и могутъ быть пояснены простой механической аналогіей, изображенной на фиг. 36. Ручка камертона  $C$  укрѣплена неподвижно; къ одному изъ его колѣнъ прикрѣпленъ гибкій, но нерастяжимый шнурокъ  $BD$ , другой конецъ котораго укрѣпленъ въ  $D$ . Приведемъ камертонъ въ продолжительное колебаніе, помощью электромагнита или инымъ путемъ. Шнурокъ приходитъ въ волнообразное движеніе. Если сопротивление тренія незначительно, то волны получаютъ почти видъ фиг. 37. Прямые волны, идущія отъ камертона, и волны, отраженныя отъ  $D$ , имѣютъ почти одинаковыя амплитуды и потому, интерферируя другъ съ другомъ, образуютъ почти стоячія волны. Но если сопротивление тренія достаточно велико, то часть распространяющейся волновой энергіи разсѣивается. Прямые и отраженныя волны не обладаютъ болѣе одинаковыми амплитудами и ихъ интерферированіе не приводитъ къ стоячимъ волнамъ. Ослабленіе волнъ изображено графически на фиг. 38. Опытъ по-



казывает, что, при неизменности остальных условий, ослабление волны тем меньше, чем больше плотность шнура, так как большая масса требует меньшей скорости для накопления данного количества кинетической энергии, меньшая же скорость связана с меньшей потерей энергии, вследствие трения. Вместе с тем повышение плотности уменьшает длину волны.

Предположим теперь, что, для того, чтобы увеличить колеблющуюся массу, мы подвешиваем к шнуру, в его средине, какой-нибудь груз, напр., восковой шарик. Этот груз вызывает частичное отражение волны, и меньшая часть энергии, чем прежде, достигает точки D. Другими словами, полезное действие передачи теперь оказывается меньше, чем было до укреплению груза. Разделим восковой шарик на три равные части и разместим их вдоль шнура на одинаковом расстоянии друг от друга. Полезное действие передачи будет теперь лучше, чем когда вся масса воска была сосредоточена в одной точке. При последующих раздроблениях массы воска передача волнообразного движения все улучшается; но скоро достигается момент, когда дальнейшее деление влечет за собой лишь незначительное улучшение. Этот момент достигнут, когда отягченный шнурок колеблется почти так же, как и однородный шнурок одной с ним массы и одного напряжения и трения. Подобный отягченный шнурок изображен на фиг. 39.

Для того, чтобы подобное отягчение шнура повлекло за собой улучшение полезного действия пере-



Фиг. 36—40.

дачи, груз должен быть, очевидно, разделен и распределен вдоль шнура так, чтобы потери, вызываемые отражением волн от грузов, с избытком компенсировались приращением энергии вследствие увеличения всей колеблющейся массы.

Вычисление расстояний, на которых должны быть расположены рассматриваемые грузы, представляет собой вполне определенную задачу аналитической механики, задачу, которая, к сожалению, еще не разрешена. Фиг. 40 представляет собой шнур, на котором грузы расположены надлежащим образом. Опыты с таким шнуром приводят к заключению, что расстояние между двумя соседними грузами должно быть во всяком случае многим меньше, чем длина полуволны, которая будет передаваться вдоль по шнуру. Таким образом шнур, отягченный надлежащим порядком для передачи волн данной длины, не годится для передачи более коротких. Невозможно отягчить шнур отдельными грузами так, чтобы он являлся как бы однородным для волн всякой длины; но шнурок, удовлетворяющий требованиям передачи данных волн, передает хорошо и все волны большей длины. Следует при этом иметь в виду, что здесь принимается в расчет длина тех волн, которые вызываются

колебаниями данной частоты в шнур неотягченном и однородном, обладающем той же массой, емкостью и сопротивлением трения, что и рассматриваемый отягченный шнурок. Этот пункт имеет существенное значение, так как, вообще говоря, волны, соответствующие определенной частоте колебания, короче в отягченном шнуре, чем в неотягченном.

Шнур этого рода может служить механической аналогией электрических волновых проводников. Математический закон, следуя которому колеблется шнурок, тот же, что и закон, управляющий распространением тока по волновому проводнику. Причина такого сходства очень проста. Мы имеем в обоих случаях вполне аналогичные реакции: с одной стороны, в шнурке,—кинетическую энергию или реакцию массы, реакцию натяжения и реакцию трения; с другой стороны, в волновом электрическом проводнике,—самоиндукцию, емкость и омическое сопротивление. Математическая форма этих реакций одна и та же в обоих случаях, откуда и вытекает их взаимная аналогия.

Включение реактивных катушек в правильно расположенных точках волнового проводника производить на передачу электрических волн то же действие, что и расположение небольших грузов вдоль шнура (фиг. 39) на передачу механических волн. Во второй части этой работы мы дадим математическую теорию распространения волн по неоднородным проводникам. Главный предмет этой теории—найти ответ на вопрос: при каких условиях рассматриваемые неоднородные проводники становятся равнозначными соответственным им однородным проводникам? Наша теория отвечает на этот вопрос вполне определенным образом. Для более удобной формулировки мы вводим технический термин „углового расстояния“. Обозначим через  $l$  расстояние между двумя последовательными индукционными точками, т. е. точками, в которых введены в линию реактивные катушки;  $\lambda$  пусть будет длина передаваемой волны. Тогда угол  $\varphi = \frac{2\pi \cdot l}{\lambda}$  представляет собой „угловое расстояние“

между двумя индукционными точками; угол  $2\pi$  соответствует длине волны. Закон, определяющий степень эквивалентности неоднородного проводника с отвечающим ему однородным, может быть выражен следующим образом: первый тем ближе приближается ко второму, чем ближе  $\sin \varphi/2$  к  $\varphi/2$ .

Очевидно, что величина  $\varphi$  обратно пропорциональна длине волны, так что, для данного расстояния между двумя последовательными индукционными точками, степень эквивалентности неоднородного проводника однородному уменьшается вместе с длиной волны. Если неоднородный проводник служит для передачи сложных гармонических волн, как то бывает в телефонной передаче, то действие его различно для различных составных волн одной и той же сложной волны. Но если неоднородный проводник является в достаточной степени эквивалентным однородному для передачи самого высокого обертона, то он тем совершенней передается и все более низкие тоны. Численный пример выяснит нам этот пункт. Обратим, однако, еще раз внимание на то, что мы называем „эквивалентностью между неоднородным проводником и соответствующим ему однородным“. Все, что мы можем сказать о волнах данной частоты, это,—каковы ее длина и коэффициент ослабления. Поэтому, если волна данной частоты представляет одинаковый коэффициент ослабления и одинаковую длину при распространении как по неоднородному проводнику, так и по соответствующему однородному, то мы говорим, что оба проводника эквивалентны друг другу. Если эти величины отличаются друг от друга, напр., на 3%, то мы говорим, что недо-

статокъ ихъ взаимной эквивалентности составляетъ 3%.

Разсмотримъ теперь слѣдующій численный примѣръ. Двойной проводъ, какіе употребляются въ телефоніи, имѣетъ въ длину 250 миль. Его постоянныя представляютъ слѣдующіе размѣры на каждую милю:

самоиндукція = 0,  
сопротивленіе = 9 омъ,  
емкость = 0,074 микрофарды.

Нью-Йоркское Телефонное Общество принимаетъ для такихъ проводовъ максимальную длину въ 39 миль. Въ телефоніи на далекія разстоянія этотъ предѣлъ повышёнъ—до 78 миль. Числа, полученные нами экспериментальнымъ путемъ, подтверждаютъ эти данныя: на разстояніи 100 миль телефонированіе по такому проводу очень несовершенно и на практикѣ не можетъ быть осуществлено; на разстояніи 125 миль—оно совсѣмъ невозможно. Коэффициентъ ослабленія  $\beta$  дается въ этомъ случаѣ формулой

$$\beta = R \sqrt{\frac{C}{2L}}$$

Предположимъ, что требуется сдѣлать  $\beta = 0,015$ . Допустимъ, далѣе, что включеніе реактивныхъ катушекъ въ линію увеличиваетъ сопротивленіе послѣдней на 9 омъ на милю, такъ что  $R = 18$  омъ. Этимъ величинамъ  $R$  и  $C$  отвѣчаетъ  $L = 0,056$  генри. Ослабленіе тока, на разстояніи 250 миль, будетъ въ такомъ

случаѣ равно  $e^{-250\beta} = \text{ок. } \frac{1}{50}$ ; т. е. лишь 2% тока,

поступающаго изъ передатчика въ линію, достигнуть пріемника. Это вполне достаточно для телефонной передачи, но слѣдуетъ замѣтить, что увеличеніемъ  $L$  можетъ быть достигнуть лучшій коэффициентъ полезнаго дѣйствія передачи. Теперь требуется найти длину волны, представляющей наибольшую частоту колебаній, встрѣчающуюся въ телефоніи, при употребленіи *однороднаго* проводника, обладающаго  $L = 0,056$  генри,  $R = 18$  омъ и  $C = 0,074$  микрофарды. Изъ опыта телефонной передачи извѣстно, что 750 періодовъ представляютъ собой самое высокое число колебаній въ телефоніи. Наши опыты подтверждаютъ это. Длина волны такой частоты въ *однородномъ* проводникѣ съ указанными постоянными вычисляется въ

$$\lambda = \frac{2\mu^*)}{p \sqrt{2LC}} = 14,6 \text{ миль.}$$

Предположимъ теперь, что вдоль линіи, на разстояніи каждой мили мы помѣщаемъ реактивныя катушки, съ сопротивленіемъ 9 омъ и самоиндукціей 0,056 генри. Угловое разстояніе индукціонныхъ точекъ такого проводника, при частотѣ 750, равно  $2\pi/14,6$ . Степень эквивалентности этого неоднороднаго проводника съ соответствующимъ ему однороднымъ измѣряется отношеніемъ  $\sin(\pi/14,6)$  къ  $\pi/14,6$ . Но обѣ послѣднія величины отличаются другъ отъ друга менѣе, чѣмъ на 1%; поэтому, при частотѣ тока въ 750 періодовъ въ секунду, длина волны и коэффициентъ ослабленія при передачѣ волнъ по рассматриваемому неоднородному проводнику будутъ отличаться менѣе, чѣмъ на 1% отъ длины волны и коэффициента ослабленія при употребленіи соответствующаго однороднаго проводника. Подобная разниця не можетъ быть обнаружена экспериментально; равнымъ образомъ, она не чувствительна и для слуха при телефонной передачѣ. Для токовъ съ меньшимъ числомъ періодовъ эта разниця становится еще меньше. Поэтому такой неоднородный проводникъ является при передачѣ телефонныхъ волнъ какъ бы однороднымъ и нисколько не искажаетъ рѣчи.

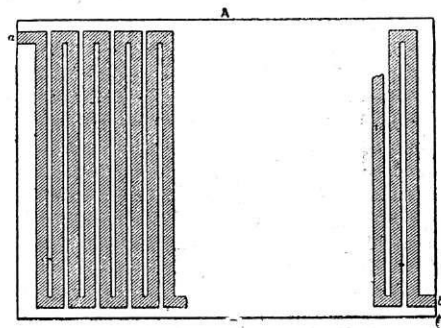
При употребленіи подводнаго кабеля, напримѣръ,

\*)  $\mu$ —общая длина провода—равна здѣсь 500 милямъ.

въ 2000 миль длины, коэффициентъ ослабленія  $\beta$  долженъ быть выбранъ гораздо меньше, чѣмъ въ только что разобраннымъ случаѣ, для того, чтобы ослабленіе тока не было чрезмерно сильно. Съ другой стороны, емкость подводнаго кабеля приблизительно въ четыре раза больше емкости описанной телефонной проволоки. Оба эти обстоятельства заставляютъ также сильно увеличить самоиндукцію линіи. Но высокая самоиндукція и большая емкость значительно уменьшаютъ длину волны. Увеличивая, напримѣръ, для кабеля самоиндукцію въ 6 разъ въ сравненіи съ предыдущимъ случаемъ, мы получаемъ, при частотѣ 750, длину волны лишь въ 2,43 мили; разстояніе между двумя сосѣдними катушками должно быть поэтому также уменьшено въ 6 разъ. Вообще говоря, распределеніе реактивныхъ катушекъ вдоль линіи зависитъ каждый разъ отъ обстоятельствъ даннаго случая; но во всѣхъ случаяхъ данное выше правило является необходимымъ и достаточнымъ.

Это правило во второй части настоящаго труда подкрѣпляется математической теоріей передачи электрической энергіи по волновымъ проводамъ. Здѣсь же мы покажемъ, какъ эта теорія подтверждается опытомъ.

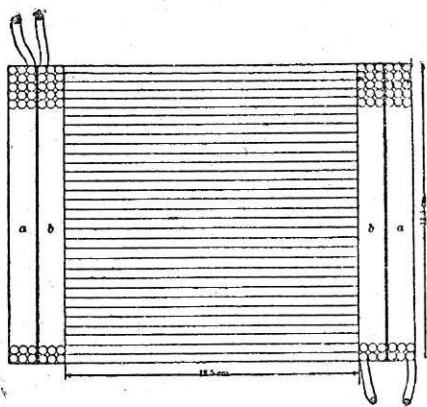
Для экспериментальныхъ изслѣдованій былъ составленъ т. наз. искусственный проводъ, обладающій указанными выше постоянными. Проводъ заключалъ въ себѣ 250 секцій, одна изъ которыхъ изображена на фиг. 41. Такая секція состоитъ изъ листа парафинированной бумаги  $A$ ; на каждой сторонѣ ея наклеена полоса станіоля  $ab$ . Сопротивленіе этой по-



Фиг. 41.

лосы равно около 9,5 омъ. Емкость образованнаго обѣими полосами конденсатора равна около 0,077 микрофарды; 250 соединенныхъ между собой послѣдовательно секцій замѣняютъ собою проводъ въ 250 миль длины, съ сопротивленіемъ 9 омъ и емкостью въ 0,073 микрофарды на милю. Что это дѣйствительно такъ, было проверено и опытнымъ путемъ. Секціи могутъ быть соединены между собой послѣдовательно помощью особыхъ выключателей, одинъ изъ которыхъ изображенъ на фиг. 43. Въ деревянной доскѣ  $AB$  продѣланы, на правильномъ разстояніи другъ отъ друга, ряды отверстій, чрезъ которые проходятъ болты  $c$ , съ діаметромъ меньшимъ, чѣмъ просвѣтъ отверстій. Эбонитовые кружки  $a$  и  $b$  предохраняютъ болты отъ соприкосновенія съ деревомъ. Къ болтамъ укрѣплены латунныя пластинки  $d$ ,  $d$ , которые могутъ быть коротко соединены между собой помощью штепселя  $e$ . Проволоки  $f, f$  соединяютъ латунныя щитки съ концами секцій искусственнаго провода, проволоки  $g, g$ —съ зажимами катушекъ. Когда какой-нибудь штепсель удаленъ изъ выключателя, соответственныя подраздѣленія провода соединены между собой чрезъ индукціонную катушку, когда же штепсель соединяетъ латунныя пластинки, послѣднія образуютъ между сосѣдними сек-

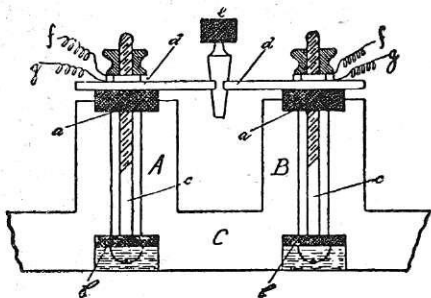
циями короткое замыкание и ток проходит, оставаясь в стороне катушки. В первом случае мы имеем неоднородный, во втором—однородный кабель. Реактивная катушка изображена на фиг. 42. Обмотки катушки, в 580 витков каждая, отделены друг от друга листом картона в  $\frac{1}{64}$  дюйма толщины. Готовая катушка кипятится в



Фиг. 42.

воске при температурѣ 138°, для полного удаления влажности и достижения хорошей изоляции. Средняя самоиндукция каждой обмотки равна 0,030 генри, их взаимная индукция—0,028 генри. Таким образом, в линии каждая катушка представляет самоиндукцию в 0,058 генри.

Секции соединены между собой в пять групп по 50; каждая группа заключена в отдельный ящик,

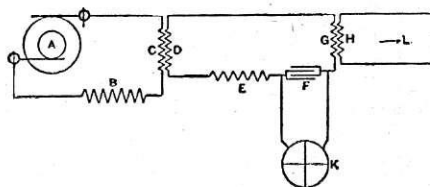


Фиг. 43.

который представляет, таким образом, 50 миль провода. Изоляция одной секции равна была около 30 мегом.

Чтобы определить длину волны и коэффициент ослабления, нужно было сообщить проводу простую периодическую электродвижущую силу. Это было достигнуто следующим образом. Небольшой 30-полосный альтернатор вращался с нормальной скоростью 2400 оборотов в минуту. Он давал сложную гармоническую электродвижущую силу, в которой третья и пятая гармонические были довольно сильны. Частота основного периода была, при нормальной скорости, 600 в секунду. Высшие гармонические были исключены помощью особого трансформатора, изображенного схематически на фиг. 44. А—представляет здесь альтернатор, замкнутый через катушку С. Вторичная цепь DEFG заключает в себя конденсатор F и катушку E. Регулируя емкость конденсатора F и самоиндукцию катушки E, можно довести до минимума кажущееся сопротивление вторичной цепи для основной электродвижу-

щей силы. В таком случае основной ток становится во вторичной цепи преобладающим, и в третичной цепи H, сообщаемой с линией, наводится почти чистая синусоидальная электродвижущая сила. Это было проверено, вычерчивая экспериментальную кривую электродвижущей силы третичной цепи. Точку резонанса находили, соединяя зажимы конденсатора F с вольтметром K и подыскивая наибольшее поднятие потенциала. При опытах постоянно



Фиг. 44.

наблюдались показания этого вольтметра. Изменения в них указывали на изменение скорости альтернатора и наведенной электродвижущей силы; поэтому каждый раз опыт приостанавливался, пока стрелка вольтметра не возвращалась в прежнее положение.

Совпадение между вычисленными и экспериментально найденными величинами для длины волны было чрезвычайно удовлетворительно, если принять во внимание некоторое различие в секциях провода. Следующая таблица дает найденные результаты:

частота тока.	$\lambda$ найденное.	$\lambda$ вычисленное.
625	17	17,3
600	18,2	18,7
450	24	24,1
260	41,4	41,7
245	44	44,4
230	48	48,2

При частоте 600 периодов в секунду неоднородный провод имеет 18 катушек на длину волны. При меньшем числе периодов число катушек на длину волны увеличивается и провод еще больше приближается к соответствующему однородному. Но уже и для тока частоты 600 это приближение настолько велико, что различие не может быть обнаружено опытом. Таким образом, изменение длины волны вполне подтверждает теорию.

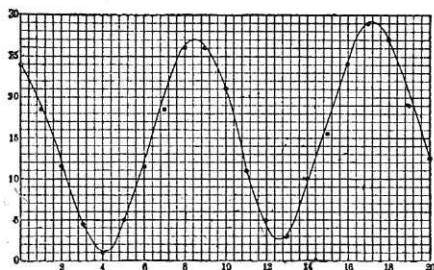
Для определения длины волны в цепи без катушек, в выключатели поочередно вводили штепсель e, затем между парой пластинок d вводился шунт с гальванометром, по удалении штепселя отмечалось отклонение гальванометра. Для частоты тока 600 длина волны была этим путем найдена в 126 (вычисление дает 125). Таким образом, включение катушек уменьшает скорость распространения и длину волны в семь раз.

Теперь возникает вопрос: какая степень точности может быть признана за подобными определениями величины  $\beta$ ? Выражение  $\beta$  представляет разность двух почти равных между собой величин. Эта разность очень близка к пределу ошибок наблюдений, так как последний в данном случае довольно высок. Прежде всего, станиолевые обкладки не обладают на всем протяжении одинаковой толщиной, а потому и сопротивления отдельных секций не вполне одинаковы. Затем, при изготовлении секций, парафин покрывает их слоем не одинаковой толщины, что влечет за собой неравномерное распределение емкости. Поэтому скорость распространения волны не одинакова в различных секциях провода и может варьировать до 20%. Точно также меняется в различных точках провода и длина волны. Это видно ясно на фиг. 11 и 12. Так, на фиг. 11 первая четверть волны имеет длину 4 мил., вторая—4,5. Подобные же изменения видны



и на фиг. 46. Очевидно, поэтому, что описанный метод не дает вполне точных результатов при определении коэффициента ослабления. Лучшие результаты могут быть достигнуты, когда измерению подвергается не длина одной полу-волны, а все волны в проводе; в таком случае средняя величина из всех найденных представляет значительно большую точность.

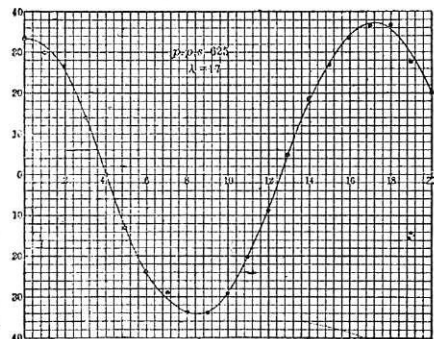
Хотя кривые фиг. 45 и 46 и не позволяют с точностью вычислить величину  $\beta$ , тем не менее они



Фиг. 45.

представляют значительный интерес. Во-первых, они показывают, что провод, хотя и обладает большим сопротивлением, имеет, однако, не большой коэффициент ослабления. Это особенно хорошо видно на фиг. 46, которая изображает среднюю кривую квадратов токов у различных катушек. Измерения производились при помощи электродинамометра, включенного вместо штепселей  $e$ . Эта кривая сильно приближается к форме стоячей волны, что указывает на незначительную величину ослабления тока. Во-вторых, правильность этой кривой показывает, что наш неоднородный провод проводит ток частоты 625 вполне как однородный. Доказать это и составляло главную задачу настоящих исследований.

Остается показать, что в том случае, когда распределение катушек по линии не отвечает установленному выше правилу, появляются сильные внутренние отражения, которые понижают полезное действие передачи. Для этого реактивные катушки были соединены в группы по десяти; на расстоянии каждых десяти миль в линию вводилась одна та-

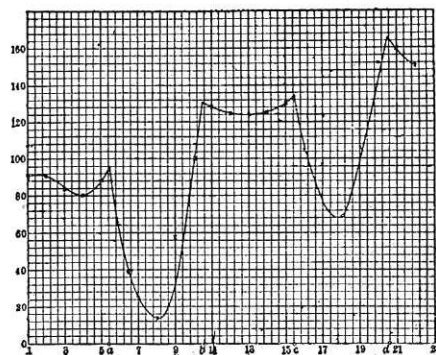


Фиг. 46.

кая группа, так что общая самоиндукция провода оставалась та-же, что и раньше. В сети провода действовала синусоидальная электродвижущая сила в 260 периодов в секунду. В вышеописанном, почти однородном, проводе эта частота давала волны длиной в 41,4 мили. Степень эквивалентности нашего нового провода с соответствующим ему однородным имеет поэтому те же размеры, как и эквивалентность между  $\sin \pi/4$  и  $\pi/4$ ; т. е. оба провода значительно отличаются друг от друга.

Кривая силы тока в этом проводе фиг. 47, была получена таким же образом, как и выше, для фиг. 45 и 46. Точки  $a, b, c$  и  $d$  на оси абсцисс указывают положение реактивных катушек. Отражения волн от последних чрезвычайно ясно видны на фиг. 47, являясь в виде острых изгибов кривой, которые вполне совпадают с индукционными точками. Быстрое поднятие точек минимума указывает на значительное ослабление волны. Чтобы сравнить последнее с ослаблением, которое получается, когда катушки расположены через каждую милю следует только, на основании кривой фиг. 47, вычертить среднюю кривую квадратов силы тока, и сравнить ее с кривой фиг. 46. Если, затем, провести прямую через две точки минимума, то окажется, что наклон этой прямой гораздо сильнее, чем в кривой фиг. 46, т. е. что ослабление гораздо значительнее. При том, кривая фиг. 47 получена при употреблении тока частоты 260 периодов в секунду; ослабление было бы поэтому еще сильнее, если бы пользоваться, как при получении фиг. 46, током частоты 600 периодов.

Эти экспериментальные исследования не оставляют сомнений в правильности заключений, которые выводятся из нашей теории телефонирования по



Фиг. 47.

неоднородным проводам. Исследования над настоящими телефонными проводами, произведенные при содействии Нью-Йоркского Телефонного общества, окончательно подтвердили наши заключения. Телефонное сообщение по описанному способу совершалось прекрасно по всей линии. Как полнота, так и членораздельность передаваемых звуков не оставляли желать ничего лучшего. Когда же реактивные катушки были удалены и провод становился однородным, то передача, удовлетворительная лишь на расстояниях не свыше 50 миль, становилась несовершенной на расстоянии 75 миль и невозможной на расстояниях свыше 112 миль. Несовершенство передачи выражается при этом как в потере полноты, так и членораздельности звуков.

Действие внутренних отражений волн от неправильно расположенных катушек при телефонировании сказывается еще яснее, чем при графическом изображении, как по фиг. 47. Для таких опытов телефонной передачи служило то же расположение катушек, что и для вычерчивания фиг. 47. На расстоянии 100 миль телефонная передача оказалась невозможной, но основной, самый низкий тон голоса передавался довольно сильно и звучал подобно заглушенным ударам большого барабана. Тогда было испробовано другое расположение катушек: группами по пяти через каждые пять миль. Передача стала возможна, но с большим трудом и хуже, чем совсем без катушек. Когда же наконец катушки были расположены вдоль линии по одной на каждую милю, как требует того матема-



тическая теория, голос говорящего звучалъ въ телефонъ такъ хорошо, какъ если бы онъ стоялъ прямо предъ слушателемъ. Передача была даже тогда, когда говорящій стоялъ отъ аппарата на разстояніи 20 футовъ и больше.

Индукціонныя катушки, которыми я пользовался въ описанныхъ отчетахъ, были безъ желѣзныхъ сердечниковъ. Катушки съ сердечникомъ должны быть построены для этой цѣли вполне определеннымъ образомъ. Такія катушки понадобятся для подводныхъ и подземныхъ телефонныхъ кабелей, въ виду ихъ значительно меньшаго объема на единицу самоиндукции. Для воздушныхъ же телефонныхъ линий катушки безъ сердечниковъ въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ предпочтительнѣй.

(N. I. El. R.).

## Сравнительная стоимость работы паровой машины, водяной турбины и газовой машины.

(Докладъ Джона Кершау въ Британской Ассоціаціи).

Въ настоящее время вопросъ объ экономическомъ полученіи силы представляетъ чрезвычайную важность. Паровая машина, которая не имѣла до сихъ поръ соперниковъ, какъ наиболѣе экономической производитель силы, должна выдерживать сильную борьбу съ водяной турбиной и газовой машиной. Въ теченіе послѣднихъ 10 лѣтъ примѣненіе гидравлической силы получило широкое развитіе, на что указываютъ такія установки какъ въ Верхней Савойѣ во Франціи, въ Рейнфельденѣ, въ Германіи и при Ниагарскомъ водопадѣ въ Америкѣ. Мощность, получаемая при помощи падающей воды, въ настоящее время составляетъ въ мировой техники величину, которой нельзя пренебрегать и которая, по вычисленіямъ автора, составляетъ отъ 236000 до 350000 лошадиныхъ силъ. Съ другой стороны и задача экономическаго полученія силы съ помощью большихъ газовыхъ машинъ, быстро двинулась впередъ послѣ примѣненія къ нимъ газовъ, выделяющихся изъ доменныхъ печей. Въ Серэнѣ, въ Бельгіи, газовыя машины, идущія на доменныхъ газахъ, служатъ для приведенія въ дѣйствіе воздухоудныхъ машинъ. Итакъ, въ настоящее время всѣ три способа полученія силы можно считать практичными. Вопросъ состоитъ только въ томъ, какой изъ нихъ наиболѣе экономиченъ.

Безъ сомнѣнія, въ большинствѣ случаевъ рѣшеніе этого вопроса зависитъ чисто отъ мѣстныхъ причинъ. Близость большого водопада или угольной копи, очевидно, само собой приводитъ къ выбору наиболѣе экономическаго двигателя. Однако весьма часто случается, особенно когда уже выборъ мѣста не зависитъ отъ инженера, что рѣшеніе подобной задачи представляетъ несравненно большее затрудненіе. Относительно этого предмета существуетъ огромное количество данныхъ, выводы изъ которыхъ потребовали-бы въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ непроизводительной и большой затраты времени. Поэтому авторъ счелъ не бесполезнымъ собрать по возможности всѣ данныя, опубликованныя по этому вопросу и сдѣлать изъ нихъ выводы, которые и приведены ниже.

### I. Паровая машина.

Всѣ данныя взяты авторомъ изъ текущей литературы и при томъ указанныя въ нихъ наименьшія цифры, приведены къ цѣнѣ одной индикаторной силы въ годъ, при чемъ число часовъ работы за это время принято равнымъ 8760. Полученные результаты представлены въ двухъ нижеприводимыхъ таблицахъ—I

и II-ой. При перечисленіи данныхъ приняты во вниманіе слѣдующія обстоятельства: отношеніе между цѣнами индикаторной и дѣйствительной силы принято равнымъ 75:100. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія двигателя, вмѣстѣ съ соединенной съ нимъ машиной, принять равнымъ 85%. Такъ какъ въ двухъ случаяхъ не были приняты въ расчетъ проценты на капиталъ и амортизація, то авторъ, вводя поправки, принялъ ихъ равными 40% текущихъ расходовъ. Тамъ, гдѣ это позволяли данныя, было принято во вниманіе то обстоятельство, что амортизаціонный процентъ остается постояннымъ независимо отъ того, продолжается-ли работа 10 часовъ или 24 часа въ сутки. При сравненіи всѣхъ имѣющихся данныхъ прежде всего бросается въ глаза ихъ удивительное разнообразіе. Тотъ фактъ, что цѣна работы паровой машины высока въ Швейцаріи, гдѣ совершенно нѣтъ мѣстнаго угля не представляетъ изъ себя ничего удивительнаго. Но когда мы видимъ, что стоимость работы пара все-таки ниже въ Швейцаріи, чѣмъ въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ южнаго Ланкашира, гдѣ въ углѣ нѣтъ недостатка, то этотъ фактъ невольно обращаетъ на себя вниманіе.

Данныя, приводимыя Даусономъ, относительно наименьшей практической цѣны рабочей силы пара въ Соединенныхъ Штатахъ и Раворсомъ—относительно центральныхъ станцій Южнаго Ланкашира, работающихъ перегрѣтымъ паромъ,—приведены детально ниже. Большая разница, замѣчаемая между ихъ данными и данными таблицъ, указываетъ на ту экономію, которую можно получить, ведя разумно дѣло.

Дѣйствительная цѣна работы пара за одну индикаторную силу—годъ (8760 рабочихъ часовъ).

М ѣ с т о .	Цѣна <sup>1)</sup>		З а м ѣ ч а н і я .
	Руб.	К.	
Америка . . . . .	36	5	Низнія цифры изъ всѣхъ данныхъ.
Великобританія . . . . .	37	—	Машины въ 375 л. силъ, уголь 2 р. 5 к. тонна, бумагопрядильня.
Великобританія . . . . .	47	5	Среднее изъ десяти большихъ фабрикъ.
Канада (Монреаль). . . . .	50	55	Центральная станція электрическаго городского трамвая.
Америка . . . . .	61	3	Машины въ 1100 л. силъ, уголь 3 р. 52 к. тонна.
Америка . . . . .	63	2	Машины въ 1950 л. силъ, уголь 4 р. 53 к. тонна.
Великобританія (Ливерпуль) . . . . .	63	2	Центральная станція надземной дороги.
Америка . . . . .	79	50	Фабрика шерстяныхъ тканей.
Швейцарія . . . . .	90	—	Низняя мѣстная цѣна работы паровыхъ машинъ.
Великобрит. (Южный Ланкаширъ) . . . . .	128	51	Фабрика химическихъ продуктовъ.
Великобрит. (Вулвичъ) . . . . .	262	51	Цѣна на распределительной доскѣ на фабрикѣ электрическихъ кабелей.

Вычисленная цѣна работы пара за индикаторную силу—годъ (8760 раб. часовъ).

А в т о р ы .	Цѣна.		З а м ѣ ч а н і я .
	Руб.	К.	
Раворсъ . . . . .	37	—	Перегрѣтый паръ, уголь 3 р. 50 к. тонна.
Кершау . . . . .	39	—	Уголь 3 р. 50 к. тонна.
Кеннеди . . . . .	67	50	Уголь 1 р. 53 к. тонна.
Вебберъ . . . . .	88	52	Уголь 8 р. тонна.
Эмери . . . . .	94	56	Уголь 6 р. 3 к. тонна.

<sup>1)</sup> Фунтъ стерлинговъ принять равнымъ 10 руб.

Данные Даусона относительно наименьшей достижимой на практикѣ цѣны работы паровой машины, полученные на основаніи наименьшихъ цѣнъ каждой статьи расхода, достигнутыхъ на всѣхъ вообще электрическихъ станціяхъ въ Соединенныхъ Штатахъ.

		За киловаттъ—годъ (8760 раб. час.).	
		Руб.	Коп.
Топливо . . . . .		30	54
Плата и жалованье . . . . .		10	55
Масло, потеря, помѣщеніе . . . . .		1	54
Починки . . . . .		—	55
Всего . . . . .		44	18

Данные Раворса относительно цѣны работы пара, при сильно перегрѣтомъ парѣ и подходящихъ машинахъ, выведенныя изъ наблюденія надъ станціей въ 50.000 л. силъ. Уголь 3 р. 50 к. тонна.

		Руб.	Коп.
Уголь 4 тонны по 3 р. 50 коп. . . . .		14	—
Потеря на дурной уголь и растопку котловъ 25% . . . . .		3	50
Работа и жалованье . . . . .		5	—
Поправки и помѣщеніе . . . . .		3	53

Итого всѣ издержки по работѣ . . . . . 26 3

		Руб.	Коп.
Проценты, 5% . . . . .		6	—
Погашеніе капитала, 4% . . . . .		4	53

Итого, постоянныя издержки . . . . . 10 53

Цѣна инд. лош. силы въ годъ (8760 раб. час.). . . . . 36 56

## II Водная сила.

Слѣдующія таблицы составлены на основаніи двадцати данныхъ, находившихся въ распоряженіи автора.

Табл. III. Капиталъ, затраченный на гидравлическія устройства.

Мѣстность.	Мощность.	Затраченный капиталъ.	Затраченный капиталъ на одну лош. силу.		Авторъ.
	Пар. лош.		Руб.	Коп.	
Валорбъ . . . . .	3000	104000	34	53	Лунджъ.
Верх. Савойя . . . . .	9500	364000	42	54*	Жанъ.
Массена . . . . .	75000	3.818000	50	55	—
Верх. Савойя . . . . .	7000	280000	70	00*	Жанъ.
Италія . . . . .	Данн. не имѣется.	120	00	00*	Биньями.
Рейнфельденъ . . . . .	16000	2.250000	140	52*	—
Франція . . . . .	1000	240000	240	00	Минъ.
Верх. Савойя . . . . .	300	90000	300	00*	Жанъ.
Цюрихъ . . . . .	25300	7.600000	300	04	—
Канада . . . . .	6000	—	300	05	Юльбэнкъ.
Интерлакенъ . . . . .	?	?	340	00	Голтъ.
Лионъ . . . . .	11900	10.000000	840	00	До.

\* Сюда не входитъ цѣна динамо.

Табл. IV. Цѣна водяной силы за дѣйств. силу—годъ въ 8,760 раб. час.

Мѣстности.	Цѣна и расходъ.		З а м ѣ ч а н і я.
	Руб.	К.	
Норвегія . . . . .	10	00	Среднее изъ дѣйств. расходовъ небольшихъ центр. станцій.
Канада . . . . .	12	53	Вычисленная цѣна при станціи въ 23000 л. силъ.
Шотландія(Файерсъ) . . . . .	15	00	Расходы по работѣ.

Мѣстности.	Цѣна и расходъ.		З а м ѣ ч а н і я.
	Руб.	К.	
Швейцарія . . . . .	19	50	Наименьшіе отъѣчен. расходы.
Австрія (Меранъ) . . . . .	23	53	Плата Комп. выдѣлки карбида за 2000 л. силъ.
Норвегія (Сарне-фосъ) . . . . .	23	53	Среднее таксированіе для фабрикъ карбида.
Соединен. Штаты (Массена) . . . . .	25	00	Низшая отпускная плата.
Италія . . . . .	28	00	Средняя цѣна работы.
Швеція . . . . .	отъ 6 р. 50 к. до 30 р.		Данные Карсена.
Японія (Киото) . . . . .	33	00	Плата для большихъ потребителей.
Канада . . . . .	35	55	Цѣна въ настоящее время.
Франція . . . . .	38	04	Средняя цѣна работы.
Соединен. Штаты (Ниагара) . . . . .	39	54	Плата для большихъ потребителей.
Соединен. Штаты (Ниагара) . . . . .	43	04	Средняя цѣна за всю силу.
Соединен. Штаты (Ниагара) . . . . .	46	51	Плата за токъ въ Буффало.
Швейцарія (Шафгаузенъ) . . . . .	42	50	—
Цюрихъ . . . . .	55	03	Плата для большихъ потребителей.
Германія (Рейнфельденъ) . . . . .	60	00	Тоже.
Японія (Киото) . . . . .	64	00	Плата для малыхъ потребителей.
Канада (Монреаль). Соединен. Штаты (Утаха) . . . . .	66	51	Плата для большихъ потребителей.
Соединен. Штаты (Утаха) . . . . .	125	00	Плата за токъ, переданный на 80 миль.
Канада (Монреаль). Соединен. Штаты (Буффало) . . . . .	177	00	Плата для малыхъ потребителей.
Соединен. Штаты (Буффало) . . . . .	255	50	Плата за Ниагарскую силу для малыхъ потребителей Буффало.

При составленіи этихъ таблицъ, отношеніе между вычисленной и дѣйствующей лошад. силой было принято=85:100

При разсмотрѣніи этихъ таблицъ, прежде всего опять бросается въ глаза большое разнообразіе цифръ: затраченный капиталъ на лошад. силу измѣняется отъ 34 руб. 53 коп. въ Валорбѣ и до 840 р. въ Лионѣ. Плата за дѣйств. лошад. силу показывать еще большее колебаніе отъ 10 руб. въ Норвегіи и до 255 р. 50 к. въ Буффало. Данные Юльбэнка относительно цѣны водяной силы въ Канадѣ, и Жано—во Франціи настолько интересны, что авторъ приводитъ ихъ болѣе подробно ниже.

Данные Юльбэнка относительно центральной станціи при водопадахъ Lachine Rapids въ Канадѣ:

Въ настоящее время получается—4000 киловаттъ. Всего станція можетъ развить—15000 киловаттъ.

Принявъ 10% потери между турбинами и динамо, получаемъ расходъ капитала въ 39575 рублей.

Годовая цѣна одного килов. въ наст. время: Проценты на капиталъ 6% . . . . . 23 р. 93 к.

Погашеніе капитала 5% (на одну треть затраченного капитала) . . . . . 7 " 25 "

Расходы на работу . . . . . 4 " 28 "

Всего . . . . . 35 р. 46 к.

Годовая цѣна килов., при 15000 килов.

Проценты на капиталъ 6% . . . . . 7 р. 53 к.

Погашеніе капитала 5% (на одну треть затраченного капитала) . . . . . 2 " 52 "

Расходы на работу . . . . . 2 " 27 "

Всего . . . . . 12 р. 32 к.

\*) Считаю долларъ=1,5 руб.

Детали трех гидравлических установок во Фран-  
ции:

I. 6000—11000 лощ. силъ (среднее зн. 8500), Верх-  
няя Савойя. Напоръ 140 метр. Расходъ капитала  
364000 р.—42 р. 54 к. на валу турбины.

II. 4000 лощ. силъ въ Департаментъ Изеръ. Паде-  
ніе 100 метр. Расходъ капитала 280000—70 р. на ло-  
шадиную силу на валу турбины.

III. 300 лощ. силъ въ Верхней Савойѣ. Напоръ  
2 метра. Расходъ капитала 90000—300 руб. на лощ.  
силу на валу турбины.

Эти цифры ясно показываютъ влияніе напора на  
затрату капитала и доказываютъ экономичность ра-  
боты при большихъ напорахъ.

Не безынтересны также цифры, показывающія  
увеличеніе платы при возрастаніи разстоянія пере-  
дачи силы. Токъ Ніагарской станціи стоитъ въ Буф-  
фало 46 р. 51 к. за лощ. силу въ годъ, тогда какъ на  
мѣстѣ онъ стоитъ только 39 р. 54 к. Въ Монреальѣ  
токъ отъ Лешейнскихъ водопадовъ стоитъ 66 р. 51 к.  
за лощ. силу въ годъ, тогда какъ на мѣстѣ 35 р. 55 к.  
Въ Утахѣ токъ, переданный на 80 миль къ уголь-  
нымъ рудникамъ, продается по 125 руб. за лощ. силу  
въ годъ, тогда какъ на мѣстѣ сила эта обходится не  
болѣе одной четверти этой цѣны.

### III. Газовыя машины.

Въ распоряженіи автора находились двѣнадцать  
различныхъ данныхъ, касающихся работы газовыхъ  
машинъ различныхъ силъ на генераторномъ и до-  
менномъ газѣхъ. Превращая эти данныя въ форму,  
удобную для сравненія и сопоставляя результаты, мы  
получаемъ слѣдующія двѣ таблицы.

Табл. V. Потребленіе топлива газовыми машинами.

Мѣстности.	Килогрм. топ- лива на л. си- лу-часъ.	А в т о р ы.
Питсбургъ . .	0,5	Инженеры Компаніи Вес- тингаузъ.
—	0,5	Др. Баумэнъ.
Нортвичъ . .	0,5	Вэйльби.
Галифаксъ . .	0,505	Даусонъ.
—	0,515	Гемфренсъ.
Дозанна . . .	0,568	.....
—	0,65*	Твэть.
Глазго . . . .	0,778*	Буссъ.

Табл. VI. Цѣна дѣйствительной лощ. силы—годъ въ 8760 раб.  
час., при работѣ на газѣ.

А в т о р ы.	Цѣна.		З а м ѣ ч а н і я.
	Руб.	К.	
Майеръ . . . . .	40	54	Доменные газы.
Гемфрейсъ . . . . .	50	00	Газы съ генераторомъ Монда.
Баумэнъ . . . . .	61	00	Тоже.
Ланкошъ . . . . .	76	01	Генераторные газы изъ фран- цузскаго антрацита.

### IV. Заключение.

Выбравъ наиболѣе вѣроятныя цифры изъ всѣхъ  
трехъ источниковъ силы и приведя ихъ къ общему  
основанію—къ цѣнѣ одной дѣйств. лощ. силы—годъ  
(8760 раб. час.) мы получаемъ слѣдующую таблицу.

\*) Эти данныя относятся къ коксу и доменнымъ печамъ.

Табл. VII. Сравнительная цѣна электрической силы. Низшая  
отмѣненная цѣна за дѣйств. лощ. силу—годъ (8760 раб. час.).

Источникъ силы.	Низшая вычислен. цѣна.		Мѣсто.	Низшая дѣйствит. цѣна.		Мѣста.
	Руб.	Коп.		Руб.	Коп.	
Вода . . .	12	52	Канада .	19	50	Швейцарія.
Паръ . . .	49	04	Англія .	48	54	Соед. Штаты.
Газъ (доме- ная печь).	40	54	Германія.	—	—	—
Газъ (генера- торы). . .	50	00	Англія .	—	—	—

Первая цѣна за водяную силу, указанная въ табл.  
IV, въ этой таблицѣ не приведена въ виду явной ея  
исключительности. Эта таблица еще разъ доказы-  
ваетъ то общее мнѣніе, что вода, если только уста-  
новка не требуетъ исключительной затраты капи-  
тала, является самымъ дешевымъ источникомъ ме-  
ханической или электрической энергіи. Если же ка-  
питалъ, затраченный на установку, великъ, то разница  
между сравнительными цѣнами водяной силы и мѣ-  
стной паровой сглаживается, а въ иныхъ случаяхъ  
даже сводится къ нулю. Это же соображеніе дѣй-  
ствительно и въ случаѣ большого разстоянія пере-  
дачи силы.

Напримѣръ, электрическая энергія, получаемая  
при помощи водяной силы, стоитъ дороже въ Рейн-  
фельденѣ, въ Цюрихѣ и въ Буффало, чѣмъ она стоила  
бы въ Южномъ Ланкаширѣ при полученіи большого  
количества силы при помощи пара. Точно также,  
разница между дѣйствительной платой за водяную  
силу въ Ніагарѣ и вычисленной силой работы пара  
на большихъ центральныхъ станціяхъ въ Южномъ  
Ланкаширѣ, составляетъ только шесть рублей одна  
копѣйка за дѣйств. силу—годъ. Весьма возможно, что  
это обстоятельство зависитъ отъ влиянія затрачен-  
наго на устройство станціи капитала на цѣну полу-  
ченной работы. Относительно вопроса о практиче-  
сти большихъ газовыхъ машинъ, можно только ска-  
зать, что онъ окончательно не выясненъ. Нужно по-  
дождать, пока практика не укажетъ ихъ хорошія и  
дурныя стороны. Если большіе газовые двигатели не  
потребуяютъ большихъ затратъ на починки, то они,  
въ соединеніи съ коксовыми и доменными печами,  
могутъ вступить въ успѣшную конкуренцію съ цен-  
тральными станціями, установленными около боль-  
шихъ источниковъ водяной силы. Вычислено, что въ  
одной Англіи въ газѣхъ, выходящихъ изъ доменной  
печи, теряются ежегодно два милліона лощ. силъ.

Но доменные печи требуютъ кокса, а угольные  
залежи истощимы. Такимъ образомъ, въ концѣ кон-  
цовъ можно предвидѣть вдалекѣ окончательную по-  
бѣду водопада и турбины.

(El. Rev., 1900).

## Правила испытаній паровыхъ котловъ, выра- ботанныя комиссіей Американскаго общества Инженеръ-Механиковъ.

I. Прежде всего слѣдуетъ установить специальную  
задачу предполагаемаго испытанія: имѣется-ли въ  
виду опредѣлить паропроизводительность котла, ко-  
эффициентъ его полезнаго дѣйствія, какъ паропроиз-  
водителя, его достоинства и недостатки при обыч-  
ныхъ условіяхъ работы, экономичность того или дру-  
гаго рода топлива; или-же требуется выяснитъ влияніе  
на эти факторы различныхъ измѣненій въ конструк-  
ціи котла, въ его размѣрахъ и способѣ работы. Со-



образно каждой специальной задаче и вырабатывает-ся порядок испытанія.

II. Осмотрѣть котелъ снаружи и изнутри; опредѣлить размѣры колосниковъ, площади нагрева и всѣхъ другихъ существенныхъ частей; составить описаніе котла, иллюстрируя его характерныя части чертежами. Площадь нагрева высчитывается, складывая величину всѣхъ поверхностей, приходящихъ въ прикосновеніе съ пламенемъ или горячими газами. Въ дымогарныхъ трубахъ принимается въ расчетъ ихъ внутренняя поверхность, въ кипятильныхъ — наружная. Всѣ поверхности ниже средняго уровня воды, приходящія въ прикосновеніе съ водой съ одной стороны, и съ продуктами горѣнія — съ другой, разсматриваются какъ площади нагрева воды; всѣ поверхности выше средняго уровня воды, имѣющія по одну сторону водяной паръ, по другую — горячіе газы, разсматриваются какъ площади перегрева пара.

III. Отмѣтить общее состояніе котла и всѣхъ его принадлежностей. Если задачей испытанія служить опредѣленіе наибольшей экономичности котла или его паропроизводительности, то котелъ и вся арматура его должны быть приведены въ полный порядокъ. Площадь нагрева должна быть вычищена снаружи и изнутри; колосники и топка — освобождены отъ шлаковъ. Удалить изъ всѣхъ камеръ, дымоходовъ и борововъ пыль, сажу и золу. Задрѣзать щели въ каменной кладкѣ и въ предназначенныхъ для чистки дверцахъ и т. д. удостовериться, что заслонка въ хорошемъ состояніи, т. е. широко открываетъ и плотно закрываетъ ходъ. Чтобы убѣдиться въ плотности швовъ — осмотрѣть швы съ переноснымъ источникомъ свѣта (свѣчей) и, зажегши небольшое количество топлива, дающаго много дыма, закрыть заслонку и наблюдать за просачиваніемъ дыма черезъ кладку.

IV. Опредѣлить качества угля, которымъ предстоитъ отоплять котелъ. Для опредѣленія коэффициента полезнаго дѣйствія или испытанія котла на паропроизводительность съ цѣлью его сравненія съ другими котлами слѣдуетъ, если возможно, пользоваться однимъ изъ ходячихъ сортовъ угля, т. е. принимаемыхъ въ торговлѣ за образцовый\*). Если требуется провѣрить дѣйствіе котла при работѣ какимъ-нибудь опредѣленнымъ сортомъ угля, указаннымъ въ условіяхъ поставки, то уголь, берущійся для испытанія, не долженъ содержать въ себѣ болѣе золы и влажности, чѣмъ указано, такъ какъ паропроизводительность и коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла уменьшаются не пропорціонально повышенію содержанія въ углѣ золы и влажности, а быстрѣе.

V. Провѣрить всѣ аппараты, служащіе при испытаніи для взвѣшиванія или другихъ измѣреній, т. е.

1) вѣсы для взвѣшиванія угля, золы и воды.  
2) водосмы, служащіе для измѣренія воды. Числа, полученные при помощи водомѣра, не должны, вообще говоря, служить для поправки другихъ измѣреній. При точныхъ опредѣленіяхъ воду слѣдуетъ взвѣшивать или измѣрять въ водосемахъ.

3) термометры и пирометры для опредѣленія температуры пара, воздуха, воды, топочныхъ газовъ и т. д.

4) Манометры, приборы для измѣренія силы тяги и т. д. Выборъ рода и способа установки и размѣщенія различныхъ измѣрительныхъ приборовъ долженъ быть предоставленъ усмотрѣнію производящаго испытаніе, который, однако, долженъ постоянно имѣть въ виду полученія возможно болѣе достовѣрныхъ чиселъ.

VI. Испытаніе должно начинать только тогда, когда котелъ нагрѣтъ до температуры, при которой ему предстоитъ обыкновенно работать. Если котелъ новъ и имѣетъ кирпичную кладку, то испытаніе слѣдуетъ начинать не раньше, чѣмъ стѣнки кладки совершенно высохнуть, т. е. послѣ регулярной работы

по крайней мѣрѣ въ теченіе недѣли. Точно также слѣдуетъ выждать, пока стѣнки нагрѣются, въ томъ случаѣ, если котелъ стоялъ нѣкоторое время безъ работы.

VII. Изслѣдовать, имѣтъ-ли гдѣ течи въ котлѣ и трубахъ. Разобщить всѣ водяныя трубы, включая продувательную и запасную питательную, и снабдить ихъ глухими фланцами; оставить открытой лишь одну питательную трубу, чрезъ которую будетъ вводиться въ котелъ вода во время опыта. При употребленіи инжектора, послѣдній долженъ получать паръ прямо отъ подвергаемаго испытанію котла. Если количество воды измѣряется за инжекторомъ, то слѣдуетъ измѣрять ее температуру непосредственно за послѣднимъ. Если количество воды измѣряется до прохожденія чрезъ инжекторъ и если она не подвергается другимъ измѣненіямъ температуры, кромѣ того, которое вызывается самимъ инжекторомъ, то опредѣленная такимъ образомъ температура представляетъ собой температуру питательной воды. Если температура мѣняется между инжекторомъ и котломъ, наприимѣръ, вслѣдствіе употребленія подогрѣвателя или благодаря лучеиспусканію, то слѣдуетъ измѣрять температуру воды непосредственно впереди и за инжекторомъ, при вступленіи въ котелъ. Въ этомъ случаѣ въ вычисленія входитъ вѣсъ воды, оставляющей инжекторъ, и ее температура при вступленіи въ котелъ.

Расположеніе паропроводящей трубы должно быть таково, чтобы конденсаціонная вода не могла стекать обратно въ котелъ.

VIII. Продолжительность испытанія. Испытанія, имѣющія своей цѣлью опредѣленіе наибольшей экономичности или наибольшей паропроизводительности котла, независимо отъ специального рода его службы, должны длиться непрерывно не менѣе 10 часовъ. Если подъ котломъ сгораетъ болѣе 25 фунтовъ угля въ часъ на 1 кв. футѣ колосниковой рѣшетки, то испытаніе можетъ быть прекращено когда на 1 кв. футѣ рѣшетки сгорѣло 250 фунтовъ угля.

Если котелъ предназначенъ для непрерывной работы, въ теченіе круглыхъ сутокъ, съ нѣсколькими смѣнами кокагаровъ, то желательно продлить испытаніе до 24 часовъ.

Если желательно изслѣдовать дѣйствіе котла при обычныхъ условіяхъ работы, безразлично будетъ ли онъ въ дѣйствіи круглыя сутки или работать съ перерывами, во время которыхъ огонь въ топкѣ, однако, не тушится, то испытаніе должно длиться не менѣе 24 часовъ.

IX. Начало и конецъ испытанія. Условія работы котла и топки должны быть, по возможности, одинаковы въ началѣ и концѣ испытанія. Давленіе пара, уровень воды, количество топлива и сила пламени въ огневой коробкѣ должны быть одни и тѣ же: стѣны, трубы и т. д. должны обладать въ концѣ испытанія такой-же температурой, какъ и въ началѣ его. Для того, чтобы достигнуть такого совпаденія условій можно пользоваться двумя методами: т. наз., „образцовымъ“ (standard method), указаннымъ въ Уложеніи\*) 1885 г., (I способъ) или, если примѣненіе этого метода почему-либо неудобно, — „перемѣннымъ“ (alternate method) (II способъ).

X. Начало и конецъ испытанія при первомъ способѣ когда паръ достигъ нормальнаго рабочаго давленія, надо: удалить быстро огонь съ колосниковъ, закрыть заслонку, очистить зольникъ и по возможности быстро развести новый огонь взвѣшенными количествами дровъ и угля, отмѣчая время и уровень воды (въ спокойномъ состояніи) непосредственно предъ зажатіемъ огня. При прекращеніи опыта, надо: удалить весь огонь, вычистить колосники и зольникъ, отмѣтить уровень воды, когда она придетъ въ покойное состояніе, и время, потребовавшееся для удаленія огня. Уровень воды долженъ быть

\*) Мы опускаемъ здѣсь списокъ рекомендуемыхъ комиссіей сортовъ американскаго угля.

\*) Свѣ. Соед. Штатовъ.

по возможности тот-же, что и въ началѣ испытанія. Если онъ не тотъ же, то должна быть сдѣлана поправка помощью вычислений, а не накачиваніемъ въ котелъ воды по окончаніи опыта.

XI. Начало и конецъ испытанія при второмъ способѣ. Котелъ предварительно прогревается до требуемой степени, затѣмъ огонь уменьшается и производится чистка. Количество угля, остающагося на колосникахъ, отмѣчается, насколько возможно точно на-глазъ. Отмѣчаются также давленіе пара и уровень воды; затѣмъ замѣчаютъ время, которое и принимаютъ за начало испытанія. Послѣ этого забрасываютъ свѣжій, отвѣщенный уголь; засимъ непосредственно исполнѣютъ ошчищаютъ зольникъ. Предъ прекращеніемъ испытанія огонь уменьшается и дѣлается такимъ, какимъ былъ въ началѣ; на колосникахъ оставляется слой угля по возможности одинаковый съ тѣмъ, какой находится на нихъ въ началѣ испытанія. Этотъ моментъ принимается за моментъ окончанія опыта. Уровень воды и давленіе пара приводятся, предварительно, къ величинамъ, соотвѣствующимъ началу испытанія. Если уровень воды на тотъ-же, что въ началѣ опыта, то поправка производится помощью вычислений, а не накачиваніемъ воды или выпускомъ ея изъ котла.

XII. Постоянство условій. Во всѣхъ испытаніяхъ, имѣющихъ своей задачей опредѣленіе наибольшихъ экономичности или паропроизводительности, условія работы должны быть постоянными во все время испытанія. Расходъ пара регулируется (помощью подходящихъ приспособленій) такъ, чтобы скорость испаренія оставалась постоянной отъ начала до конца опыта. Въ простомъ котлѣ это можетъ быть достигнуто примѣненіемъ широкой паропроводной трубы, выпускъ изъ которой регулируется по желанію. Если испытываемый котелъ работаетъ вмѣстѣ съ другими, то тяга регулируется подъ послѣднимъ такъ, чтобы испытываемый котелъ работалъ съ постоянной паропроизводительностью. Постоянными должны оставаться: давленіе пара, уровень воды, быстрота испаренія, толщина слоя горючаго, періоды забрасыванія топлива, количество угля, сгорающаго въ единицу времени и промежутки времени между шуровками.

Способъ подтапливанія долженъ быть установленъ экспертомъ или лицомъ, отвѣственнымъ за ходъ испытанія, кочегаръ-же долженъ придерживаться указаннаго ему способа во все время испытанія.

XIII. Веденіе протокола испытанія. Слѣдуетъ отмѣчать каждое обстоятельство, имѣющее связь съ испытаніемъ, какъ-бы незначительно оно ни казалось. Отмѣчать моментъ каждого взвѣшиванія и каждого наблюденія.

Уголь долженъ быть отвѣшиваемъ и сдаваемъ кочегару равными порціями, изъ которыхъ должна хватать не болѣе, какъ на часъ; свѣжая порція должна быть сдана не раньше, чѣмъ сгорѣла предыдущая. Отмѣчать время, за которое сгораетъ каждая порція, при чемъ за конецъ принимается моментъ забрасыванія послѣдняго остатка. Желательно, чтобы одновременно съ тѣмъ отмѣчались: количество воды, введенной въ котелъ за этотъ періодъ, уровень воды въ котлѣ, среднее давленіе пара и температура питательной воды. Опредѣляя такимъ образомъ количество воды, испаренной каждой порціей угля, можно все испытаніе развить на нѣсколько періодовъ, и опредѣлить для каждого отдѣльнаго періода степень равномѣрности горѣнія, экономичность и интенсивность испаренія. Кромѣ этихъ замѣтокъ, слѣдуетъ каждые полъ часа наблюдать температуру питательной воды, продуктовъ горѣнія, воздуха въ котельномъ помѣщеніи, температуру въ топкѣ (если имѣется пирометръ), давленіе и степень влажности пара, тщательно приготовить передъ каждымъ такимъ наблюденіемъ приборы, служащіе для измѣреній, а въ особенности приборы для опредѣленія влаги, содержащейся въ

парѣ. Наблюденія записываются на разграфленныхъ соотвѣственнымъ образомъ листкахъ. При пользованіи „первымъ“ методомъ испытанія (standard method) количество сожженного въ часъ топлива, паропроизводительность и сила котла, должны быть вычислены на основаніи замѣтокъ, взятыхъ за то время, когда огонь находится въ нормальныхъ (рабочихъ) условіяхъ. Это время нѣсколько короче того, которое дѣйствительно протекаетъ между началомъ и концомъ работы, такъ какъ всегда нѣкоторое время тѣрится на разведеніе огня и его удаленіе изъ-подъ котла.

XIV. Качество пара. Влажность пара опредѣляется помощью различныхъ калориметровъ. Пробы берутся вблизи котла изъ вертикальнаго колѣна паропроводящей трубы. Для этого служатъ  $1/8$ " трубка, вдѣланная въ паропроводную трубу, такъ, чтобы она не доходила на  $1/2$  дюйма до противоположной стѣнки ея. Этотъ внутренний конецъ трубки закрыть, а въ ея боковыхъ стѣнкахъ продѣлано не менѣе двадцати  $1/8$ " отверстій; ни одно изъ нихъ не должно находиться ближе  $1/2$  дюйма отъ внутреннихъ стѣнокъ паровой трубы. Калориметръ и пробная трубка тщательно защищаются войлокомъ. Если калориметръ показываетъ, что процентное содержаніе влажности въ парѣ сильно колеблется или превышаетъ иногда 3%, то въ паропроводную трубу слѣдуетъ помѣстить приборъ для задержанія влаги, трубку-же къ калориметру отвести непосредственно за этимъ приборомъ. Вода, задержанная приборомъ должна быть собрана, взвѣшена и вычисленная отсюда влажность (въ %) должна быть прибавлена къ влажности, найденной изъ показаній калориметра.

Перегрѣвъ пара опредѣляется помощью термометра, погруженнаго въ ртуть находящейся въ трубкѣ, впаиванной въ паропроводную трубу. Степень перегрѣва находится изъ сравненія показанія термометра для перегрѣтаго пара съ показаніемъ того-же термометра для насыщеннаго пара, взятыхъ при одинаковомъ давленіи, это показаніе должно быть найдено непосредственнымъ опытомъ, а не помощью таблицъ.

XV. Пробы угля и опредѣленіе его влажности. Изъ каждой тачки или свѣжей порціи угля, подвозимаго къ котлу отъ общей кучи, берется лопатка и сбрасывается въ ящикъ, который ставится въ прохладное мѣсто до окончанія опыта. Содержимое ящика затѣмъ хорошо перемѣшивается и измельчается такъ, чтобы куски были не больше 1 дюйма въ поперечникѣ; послѣдовательное дѣленіе на четыре части и измельчаніе отбираемыхъ частей даетъ, наконецъ, пробу вѣсомъ около 5 фунтовъ, содержащую куски, проходящіе чрезъ сито съ  $1/4$ -дюймовыми петлями. Эта проба тотчасъ-же помѣщается въ двѣ стеклянки съ притертыми пробками или въ другіе герметически закупоривающіеся сосуды, въ которыхъ не можетъ происходить потеря влажности, и сохраняется для опредѣленія влѣдствіи влажности и теплотворной способности и для химическихъ анализовъ. Когда во время процесса дѣленія всего угля, отложеннаго для выбора окончательной пробы, получаютъ приблизительно 100 ф., отдѣляютъ 25 или 50 фунтовъ и берутъ для предварительнаго, приближительнаго опредѣленія влажности. Это опредѣленіе производится слѣдующимъ образомъ. Уголь тщательно взвѣшенный помѣщается въ желѣзную сковороду, глубиною не болѣе 3 дюймовъ, которая затѣмъ ставится на самое горячее мѣсто кирпичной кладки и оставляется тамъ по крайней мѣрѣ на 12 часовъ, послѣ чего вновь взвѣшивается уголь. Такое опредѣленіе влажности считается приблизительно точнымъ для антрацита и полусмолистыхъ углей, но не пригодно для сортовъ угля, содержащихъ химически связанную воду.

XVI. Обработка золы и шлаковъ. Зола и шлаки взвѣшиваютъ въ сухомъ видѣ. Если желательно имѣть общую характеристику золы, то образецъ ея подвергается приближительному анализу для



опредѣленія содержанія негорючихъ веществъ. При тщательномъ испытаніи производится полный анализъ золы и шлаковъ.

XVII. Калориметрическіе опыты и анализъ угля. Качество топлива опредѣляется или калориметрическими опытами, или анализомъ, или обоими способами.

Рациональный методъ опредѣленія теплотворной способности топлива состоитъ въ сжиганіи, въ атмосферѣ кислорода, образца, выбраннаго согласно параграфу XV. Химическій анализъ угля слѣдуетъ доверить лишь опытному химику. На основаніи чиселъ химическаго анализа теплотворная способность можетъ быть получена при помощи формулы Дюлонга, въ которой постоянныя измѣнены согласно новѣйшимъ опредѣленіямъ:

$$W = 14600 C + 62060 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 4000 S;$$

въ этой формулѣ C, H, O и S означаютъ процентныя содержанія въ углѣ углерода, водорода, кислорода и серы.

Желательно имѣть также приблизительный анализъ, опредѣляющій отношеніе количества летучихъ веществъ къ количеству нелетучаго кокса. Это отношеніе даетъ указаніе для характеристики угля и при численія его къ тому или другому классу углей. Съ этой-же цѣлью опредѣляется удѣльный вѣсъ угля.

XVIII. Анализъ топочныхъ газовъ. Анализъ топочныхъ газовъ представляетъ самый лучший способъ для опредѣленія сравнительныхъ достоинствъ различныхъ методовъ подтапливанія или различныхъ топокъ. При исполненіи этихъ анализовъ слѣдуетъ обращать большое вниманіе на то, чтобы анализируемые образцы обладали дѣйствительно среднимъ составомъ, такъ какъ составъ газовъ подверженъ колебаніямъ въ различныхъ частяхъ дымоходовъ. Составъ можетъ также мѣняться и во времени, и поэтому выборъ пробы долженъ длиться достаточно долго. Если требуется полное опредѣленіе, то лучше всего доверить анализъ опытному химику. Для приблизительныхъ опредѣленій можно пользоваться аппаратами Орса или Хемпеля.

Для постояннаго указанія содержанія углекислоты въ дымовыхъ газахъ, послѣдніе проводятся чрезъ особый аппаратъ, указывающій ихъ вѣсъ.

XIX. Опредѣленіе копоти. Желательно принять однообразную систему для опредѣленія количества копоти, даваемой битуминозными сортами угля. Рекомендуются дѣйствительное изслѣдованіе образца сажи.

XX. Этотъ параграфъ касается лишь нѣкоторыхъ специальныхъ случаевъ и можетъ быть здѣсь опущенъ.

XXI. Вычисленіе полезнаго дѣйствія. Рекомендуются два метода вычисленія полезнаго дѣйствія котловъ, а именно:

- 1) Коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла равенъ теплотѣ, поглощенной котломъ на одинъ фунтъ прочихъ составныхъ частей угля, дѣленной на калориметрической эквивалентъ одного фунта этихъ частей.
- 2) Коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла и топки равенъ теплотѣ, поглощенной на одинъ фунтъ угля, дѣленной на калориметрической эквивалентъ (тепловторная способность) одного фунта угля.

Первая формула рекомендуется для всѣхъ сравнительныхъ испытаній, и она одна подразумѣвается, когда идетъ рѣчь о коэффициентѣ полезнаго дѣйствія безъ дальнѣйшихъ оговорокъ. Но вторая формула должна быть присоединена къ первой, когда опредѣляется полезное дѣйствіе котла вмѣстѣ съ топкой и колесниковой рѣшеткой (или механическимъ кочегаромъ), или когда сравниваются различныя топки, колосниковыя рѣшетки, сорта топлива или способы подтапливанія. Теплота, поглощается на одинъ фунтъ горючихъ составныхъ частей угля (или всего угля) вычисляется, умножая количество воды, испаренной этимъ фунтомъ при 100° C., на 965,7.

XXII. Балансъ теплоты. Если были произведены анализы топлива и топочныхъ газовъ, то къ отчету объ испытаніи можетъ быть присоединенъ расчетъ распредѣленія теплоты, т. е. расчетъ ея потерянной и утилизированной части.

## Развѣданіе подземныхъ канализацій трамвайными токами.

Статья А. Ф. Лаговскаго.

При устройствѣ электрическихъ трамваевъ въ городахъ приходится неизбежно пользоваться рельсами, какъ обратнымъ проводникомъ для возвратнаго тока. Не будучи электрически изолированы отъ земли, что было бы крайне затруднительно сдѣлать, рельсы эти даютъ возможность образованію такъ наз. *блуждающихъ* токовъ въ видѣ отгвѣтлений черезъ землю, на которой лежатъ рельсы, къ предметамъ имѣющимъ хорошую проводимость, каковы: водопроводныя и газовыя трубы, кабели телефонныя и освѣтительныя и пр. Эти трубы и кабели, помѣщенные въ сырую почву, всегда содержащую въ городѣ нѣкоторое количество солей и кислотъ, образуютъ электролитическія пары, въ которыхъ анодами являются эти металлическіе предметы, и подвергаются подѣйствіемъ блуждающихъ токовъ развѣданію въ мѣстахъ выхода токовъ изъ нихъ обратно въ землю для возврата на силовую станцію. Такое развѣданіе можетъ нанести значительный вредъ водопроводамъ и пр. сооруженіямъ, и потому крайне важно знать тѣ условія, которыя содѣйствуютъ электролитическому развѣданію, чтобы принимать соотвѣтственные мѣры при самомъ устройствѣ трамваевъ.

Очевидно главнымъ и непремѣннымъ условіемъ безопасности будетъ низкое напряженіе вдоль всего возвратнаго проводника и слѣдовательно малое сопротивление этого проводника, т. е. рельсовъ и вспомогательныхъ обратныхъ фидеровъ, но это требуетъ большаго поперечнаго сѣченія рельсовъ и фидеровъ, а слѣдовательно и значительнаго ихъ вѣса, что сильно увеличиваетъ стоимость устройства. Между тѣмъ предѣлы безопасной разности напряженій нельзя предугадать теоретически, такъ какъ для электролитическаго разложенія съ растворимыми анодами, какъ въ разсматриваемомъ случаѣ, достаточно даже малой доли вольта. Остается практически опредѣлить примѣрами существующихъ трамвайныхъ сѣтей тотъ предѣлъ разности напряженій въ рельсахъ, который допустимъ безъ существеннаго вреда для подземныхъ металлическихъ сооруженій. Докладъ S. Shelbon'a, читанный въ маѣ этого года въ Филадельфіи въ собраніи Американскаго Института электрическихъ инженеровъ, даетъ много поучительнаго по этому вопросу.

Городъ Бруклинъ на пространствѣ 60 кв. миль (156 кв. килом.) покрытъ сѣтью электрическихъ уличныхъ желѣзныхъ путей, по которымъ въ оживленные часы дня ходятъ до 1100 вагоновъ, снабжаемые токомъ въ 47000 амперъ изъ семи силовыхъ станцій.

Возвратные токи, кромѣ главнаго пути по рельсамъ сѣти, хорошо соединеннымъ электрически между собою, и по фидерамъ—идутъ частью черезъ землю въ трубы городского водопровода и газоваго общества, въ кабели телефоннаго общества и въ трубы Эдисоновскаго общества электрическаго освѣщенія. Разница напряженій между любыми точками сѣти рельсовъ и подземныхъ упомянутыхъ канализацій измѣняется въ теченіи дня вслѣдствіе перемѣнъ въ условіяхъ работы; она мѣняется также и по временамъ года и неодинакова въ воскресные или праздничные дни и въ будни. Разность эта мѣняется также съ перемѣной распредѣленія нагрузки между силовыми станціями. Разность напряженія



между рельсами и гидрантами водопровода, а также газовыми магистралями изменяется от доли вольта до 25 вольт.

Каждая силовая станция окружена кривыми равного напряжения, и в ближайшем соседстве с нею падение напряжения очень быстрое. Таким образом, город может быть разделен на участки, с которых ток собирают отдельные силовые станции. Границы этих участков занимают относительно возвратных токов положение подобное водораздельным возвышенностям в водосливных системах. Разность напряжений между точкой на границе участка и землей подлѣ силовой станции, питающей участок, была найдена достигающей величины в 40 вольт.

Городскія водопроводныя магистрали проходят почти по всѣмъ улицамъ города, имѣя размѣръ до 48 дм. въ діам. (1,22 метра). Сдѣланы онѣ всѣ из чугуна крѣпкого и твердаго, имѣющаго въ изломѣ блѣдую поверхность. Не было обнаружено въ городѣ ни одного случая развѣдана электролизомъ этихъ магистралей, хотя второстепенныя трубы во многихъ случаяхъ пострадали.

Бруклинское газовое общество имѣетъ 750 миль (1200 килом.) магистралей, сдѣланныхъ тоже из чугуна. Втеченіи одного года не было замѣчено вовсе развѣдана этихъ трубъ электролизомъ, а позже обнаружилась порча въ двухъ случаяхъ, но трубы лежали въ участкахъ исключительно опасныхъ. Имѣется 272 мили (438 килом.) желѣзныхъ распределительныхъ трубъ. Эти трубы съ ихъ вѣтками были разъединены во многихъ случаяхъ. Газовое общество жалуется, что утечка газа, сдѣлавшаяся въ прежніе года, значительно увеличилась со времени введенія электрической тяги въ 1894 г. и достигла въ 1899 г. уже 13% всей производительности газа (4.500 миліоновъ куб. фут.).

Подземные кабели телефоннаго общества были во многихъ случаяхъ повреждены, при чемъ ихъ свинцовая оболочка была развѣдена электролизомъ.

Эдисоновское общество имѣетъ свыше 100 миль (160 килом.) подземныхъ трубопроводовъ, которые значительно пострадали отъ электролитическаго развѣдана, но безъ сомнѣнія, во многихъ случаяхъ вслѣдствіе короткихъ замыканій тока, идущаго въ проводахъ, проложенныхъ въ этихъ трубахъ.

Принимая въ соображеніе полную величину сѣти электрическихъ дорогъ и время, втеченіе котораго она находится въ дѣйствиіи (первый вагонъ началъ работу въ 1894 году) и при достаточной свободѣ возврата токовъ землею, надо удивляться, что не было найдено развѣдана чугунныхъ магистралей болѣе чѣмъ въ двухъ упомянутыхъ случаяхъ. Такую стойкость чугуна приписывали особымъ свойствамъ матеріала магистральныхъ трубъ, но при помощи опытовъ выяснена истинная причина неразвѣдаемости. Образцы для опытовъ взяты были непосредственно отъ водопроводнаго отдѣла города и отъ газоваго общества. Они были употреблены, какъ аноды въ электролитическихъ элементахъ, при чемъ электролитъ состоялъ изъ образцовъ почвы различныхъ частей города, увлажненныхъ либо дистиллированной водой, либо водой изъ гидрантовъ водопровода, либо морской. Эти элементы были подвергнуты дѣйствию электрическихъ напряженій различной величины. Во всѣхъ случаяхъ аноды были развѣдены, если дѣйствию выставлялась опиленная поверхность металла; если же оставалась свободной для воздѣйствія равная по величинѣ неопиленная, шершавая, покрытая песчинками поверхность, то при одинаковой величинѣ напряженій сила тока въ этомъ случаѣ оказывалась значительно уменьшенной, а иногда даже вовсе не появлялся токъ, пока напряжение не поднималось до извѣстной величины.

При отливкѣ трубъ въ песчаныхъ формахъ, горячій чугунъ спекается со слоемъ песка, образуя кремнистое соединеніе, вѣроятно, силикатъ желѣза, ко-

торый образуетъ тонкую оболочку на поверхности трубы, непроводящую электричества. Оболочка эта мѣстами отсутствуетъ. Все это легко обнаруживается, замыкая цѣпь чувствительнаго гальванометра при посредствѣ проволокъ, прикасаемыхъ къ поверхности трубы, при чемъ болѣею частью никакого отклоненія въ гальванометрѣ не получается, но изрѣдка обнаруживаются мѣста почти безъ всякаго сопротивленія.

Кромѣ свойствъ трубъ, на размѣры электролитическаго развѣдана оказываетъ огромное вліяніе еще другой элементъ—это сопротивление, представляемое землей. Заинтересованные общества изучали этотъ вопросъ, записывая разность напряженій между рельсами и своими подземными системами. Всякій разъ, какъ система является положительной въ отношеніи къ рельсамъ, участокъ разсматривается, какъ опасный, ибо можно ожидать развѣдана, размѣръ котораго однако зависитъ отъ силы проходящихъ токовъ и слѣдовательно отъ величины сопротивленія земли. Измѣреніе этого сопротивленія въ лабораторіи даютъ указанія, трудно приложимыя къ уличнымъ условіямъ. Должно предпочесть прямыя измѣренія сопротивленія между рельсами и другими проводящими токъ системами. Пока еще нѣтъ возможности опредѣлить сопротивленія такимъ образомъ, чтобы вычислить плотность тока въ каждой точкѣ и направленіе линий теченія, но нѣкоторое понятіе о размѣрахъ почвенныхъ сопротивленій можно получить слѣдующимъ способомъ, пользуясь вольтметромъ низкаго напряженія (отъ 0 до 3 вольтъ) и батарей, имѣющей электродвижущую силу  $E$  вольтъ.

Пусть сопротивленіе вольтметра будетъ  $R$  омовъ; при нѣкоторомъ показаніи вольтметра  $\theta$  проходящій черезъ него токъ будетъ  $\theta/R$  амперовъ. Теперь для измѣненія сопротивленія земли между двумя точками (напр. рельсомъ и гидрантомъ водопровода) дѣлаютъ слѣдующіе отсчеты по вольтметру:

а) съ однимъ только вольтметромъ, поставленнымъ въ цѣпи между этими двумя точками.

б) съ одной лишь батареей, соединенной съ полюсами вольтметра и  $\theta$  съ батареей и вольтметромъ, поставленными послѣдовательно въ цѣпи между тѣми же двумя изслѣдуемыми точками.

Пренебрегая сопротивленіемъ батареи, какъ весьма малымъ по сравненію съ сопротивленіемъ вольтметра, и называя сопротивленіе земли черезъ  $X$  омовъ, имѣемъ

$$\frac{\varepsilon \pm \varepsilon'}{R + X} = \frac{\theta}{R} \quad \text{откуда}$$

$$X = \frac{(\varepsilon \pm \varepsilon') R}{\theta} - R = R \left( \frac{\varepsilon \pm \varepsilon'}{\theta} - 1 \right).$$

Для напряженій меньшихъ одного вольта достаточно двухъ обыкновенныхъ сухихъ элементовъ. Замѣчено, что малый токъ, посылаемый батареей, не производитъ поляризаціи, что становится понятнымъ, если взять во вниманіе значительную поверхность трубъ и рельсовъ.

Измѣренія сопротивленій, сдѣланныя по этому способу во многихъ мѣстахъ между гидрантами водопровода и рельсами въ Бруклинѣ дали величины между 10 и 35 омами. Родъ замощенія не оказывалъ вліянія на величину этого сопротивленія, хотя испытанія дѣлались для разнообразныхъ случаевъ: съ асфальтомъ, булыжникомъ, гранитными брусками, глазурированнымъ кирпичемъ и съ простой немоющей грязной дорогой.

Весьма вѣроятно, что токъ проходившій черезъ сопротивленія, опредѣленные этими измѣреніями, распределялся по обширной поверхности трубъ, а потому его плотность была настолько невелика, что потребовалось бы долгое время для обнаруженія разрушительнаго развѣдана въ трубахъ отъ электролиза.

## Электрическая установка въ Энженѣ.

Описываемая установка служить для передачи энергии въ мѣстность, окружающую дер. Энжень (Франція), расположенную на р. Фурунѣ, лѣвомъ притоцѣ р. Изера. Водопадъ, силой котораго пользуются для работы турбинъ, расположенъ на р. Фурунѣ, въ 2 км. выше деревни Энжень (Engins). Станція находится въ 4 км. отъ города Сассенажъ. Полезная высота водопада—282 м., которая представляетъ разность уровней начала канализации и коллекторовъ станціи.

Количество воды, даваемой рѣкой, весьма варьируетъ съ временами года: съ 10 марта по 10 июля—не падаетъ ниже 400 литровъ, давая въ среднемъ—600 литровъ; съ 10 июля по 10 сент. уменьшается до 150 литр. Во время сухого лѣта послѣдняя величина является минимальной и до начала октября. Затѣмъ, вслѣдствіе осеннихъ дождей, между 5 и 15 окт., количество воды увеличивается и между 20 окт. и 20 декабря доходитъ до 350 литровъ; зимой во время сильныхъ морозовъ уменьшается до 200. Благодаря виду мѣстности, удалось устроить у начала канала резервуаръ для воды на 6000 м.<sup>3</sup>, который легко можетъ быть увеличенъ до 10000 м.<sup>3</sup>. Ниже станціи устроенъ такой-же резервуаръ. Для устройства этихъ резервуаровъ пожертвовали нѣсколькими метрами высоты паденія, но благодаря ихъ устройству явилась возможность собирать въ верхнемъ резервуарѣ днемъ воду, въ то время тогда нижній резервуаръ снабжаетъ своей водой фабрики, работающіе ниже центральной станціи.

Въ настоящее время гидравлическая установка временная; въ готовомъ видѣ она будетъ заключать: плотину задерживающую слой воды въ 4000 м.<sup>3</sup>, количество которой будетъ доведено потомъ до 9000 м.<sup>3</sup>; бассейнъ, до 2000 м.<sup>3</sup> вмѣстимостью, для воды, съ земляной плотиной въ 2 м. высотой соединенный съ плотиной каналомъ; этотъ бассейнъ ограничить высоту воды до 2 м. въ началѣ водопроводнаго канала. Вся канализация длинной около 3200 м. состоитъ изъ двухъ частей: первая—2000 м., съ небольшимъ уклономъ (2 1/2%) состоитъ изъ бетонной трубы съ внутреннимъ діаметромъ въ 0,80 м., толщиной отъ 10 до 20 см., которая находится подъ слоемъ земли въ 0,60 м. На канализации находятся двѣ большихъ трубы, изъ которыхъ одна на нижнемъ концѣ бетонной трубы, имѣющая своей цѣлью уменьшать гидравлическіе удары отъ слишкомъ быстрого закрытія или открытія турбинныхъ затворовъ на станціи. Вторая часть канализации—длиной около 1200 м. съ сильнымъ паденіемъ состоитъ изъ стальныхъ трубъ, въ 0,60 м. внутреннимъ діаметромъ, толщиной отъ 4 до 14 мм. и длиною въ 6,50 м. Каждая труба состоитъ изъ 5 продольныхъ частей, соединенныхъ продольно и поперечно одиночными или двойными рядами заклепокъ, смотря по давленію. Трубы скрѣплены между собой болтами со свинцовыми прокладками. Труба помѣщается въ траншеѣ, вырубленной въ скалѣ, и покоится подъ различными уклонами на каменныхъ столбикахъ. На очень значительныхъ уклонахъ трубы имѣютъ особыя подвижныя соединенія для избѣжанія вліянія измѣненія ихъ длины на прочность закрѣпленій. Какъ бетонныя, такъ и стальные трубы покрыты слоемъ земли съ цѣлью защиты ихъ отъ возможныхъ обваловъ камней.

Центральная станція занимаетъ прямоугольникъ размѣромъ въ 33,65 × 15,70 м., ось котораго почти перпендикулярна къ теченію р. Фуруна; она разделена на двѣ части продольной стѣной. Въ одной (28 × 5,50 м.) находятся 2 турбины въ 650 лощ. силъ съ горизонтальными осями; оси эти, проходя сквозъ стѣну, соединены посредствомъ гибкихъ муфтъ съ валами динамомашинъ, находящихся въ соседнемъ помѣщеніи (разм. 18 × 8 м.). Турбины, завода братьевъ Бувье, центробѣжныя и имѣютъ чугунные маховики со стальными обручами, вѣсомъ въ 2500 кгр. Альтер-

наторы системы Е. Лабура построены обществомъ „Société l'Eclairage Electrique de Paris“, мощностью каждый въ 350 киловольтамперъ, даютъ трехфазный токъ, напряженіемъ отъ 115—125 вольтъ, смотря по нагрузкѣ. На оба альтернатора работаетъ одинъ возбудитель, приводимый въ движеніе отдѣльной турбиной.

Устройство станціи предусматриваетъ установку 3 комплекта на 350 киловаттъ, а въ случаѣ необходимости и 4-го.

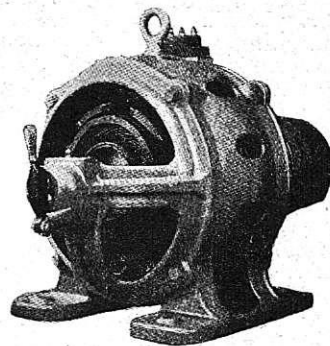
Распределительная доска находится на меньшей сторонѣ станціи. Тутъ-же находится, отдѣленное отъ помѣщенія для машинъ небольшой стѣной не доходящей до потолка, помѣщеніе для трансформаторовъ (8 × 4,20) рассчитанное на 8 трансформаторовъ въ 175 киловаттъ. Трансформаторы эти—типа Е. Лабура, заключены въ оболочки, наполненные парафиномъ и снабженныя ребрами для облегченія охлаждения. Трансформаторы поднимаютъ напряженіе до 12000—15000 вольтъ.

Оба помѣщенія обслуживаются однимъ и тѣмъ же мостовымъ краномъ. На продолженіи помѣщенія турбины находится небольшая мастерская (5,50 × 3,70 м.), въ которой имѣется кузница, верстакъ и сверлильный станокъ. Надъ мастерской находится кладовая съ запасомъ необходимыхъ матеріаловъ.

Линія передачи развѣтвляется въ Сассенажѣ на двѣ главныхъ линіи: одна идетъ на Гренобль; другая, болѣе значительная, въ сторону Воарона.

Изоляторы, въ видѣ тройного колокола, расположены или на деревянныхъ, или на металлическихъ столбахъ; всѣ изоляторы были испытаны на двойное рабочее напряженіе линіи. Столбы еловые пропитаны карбонилломъ. Разстояніе между столбами равно 40 м. на прямыхъ участкахъ, на кривыхъ меньше; кромѣ того, на кривыхъ, столбы снабжены упорами и оттяжками.

Напряженіе тока линіи колеблется, въ зависимости отъ нагрузки, между 12 и 15 тысячъ вольтъ; у абонентовъ оно понижается съ помощью трансформаторовъ, коэффициентъ трансформирования которыхъ равенъ 0,01. Трансформаторы принадлежатъ обществу, двигатели—потребителямъ. Маленькіе двигатели—асинхронные, большіе—обязательно синхронные, что принято съ цѣлью уменьшенія сдвига фазъ, которое достигается однообразіемъ сѣченія кабелей начального напряженія и передаваемой энергии, а также съ цѣлью уменьшенія потерь линій. Отъ станціи до Сассенажа сѣченіе провода равно 40 мм.<sup>2</sup> Линія, идущая на Гренобль, имѣетъ сѣченіе въ 20 мм.<sup>2</sup> исключая перехода р. Дракъ, гдѣ взято 40 мм.<sup>2</sup> Отъ



Фиг. 48.

главной вѣтви въ 4800 м. приблизительно, отвѣтвляются нѣсколько цѣпей.

1. Линія въ 400 м. приблизительно, 10 мм.<sup>2</sup> поперечнаго сѣченія, идетъ на известковые заводы въ Треффоринѣ, гдѣ имѣется асинхронный двигатель Граммона, въ 10 лощ. силъ (фиг. 48). Трансформаторъ мощностью въ 10 киловаттъ. Отъ этой же вѣтви бу-



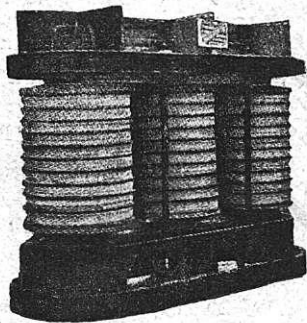
детъ питаться двигатель въ 15 лош. силъ на лѣсо-пильнѣ въ Треффоринѣ.

2. Слѣдующая линия идетъ къ дер. Фонтенъ и служитъ для освѣщенія этой деревушки.

3. Третья линия идетъ на югъ, перехода р. Изеръ, и примыкаетъ къ трансформатору въ 50 киловаттъ, отъ котораго уже питаются двигатели, мощностью отъ 10 до 20 лош. с., многихъ окрестныхъ промышленныхъ заведеній.

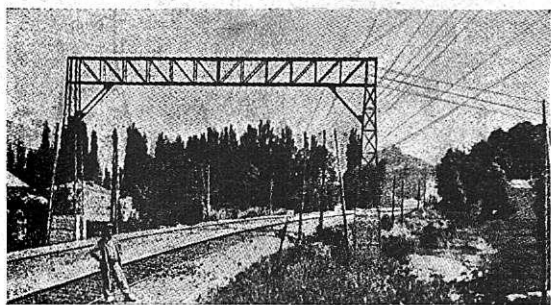
4. Четвертая линия питаетъ трансформаторъ въ 20 киловаттъ, предназначенный для освѣщенія группы домовъ на ул. Дидро и для электродвиженія въ небольшихъ мѣстныхъ мастерскихъ.

5. Питая линия идетъ по каналу Фонтеней и примыкаетъ къ мельницѣ на этомъ каналѣ, гдѣ и по-



Фиг. 49.

мѣщается трансформаторъ (фиг. 49) въ 20 киловаттъ и двигатель въ 17 лош. силъ. Линія, идущая на Воаронъ, подобна описанной, отличіе лишь въ томъ, что столбы сульфатированы, сѣченіе проводовъ = 30 мм.<sup>2</sup>; длина ея, до перехода чрезъ жел. дорогу, около 22 км. Она пересѣкаетъ 4 раза жел. д., и каждый разъ по особо устроеннымъ металлическимъ переходамъ



Фиг. 50.

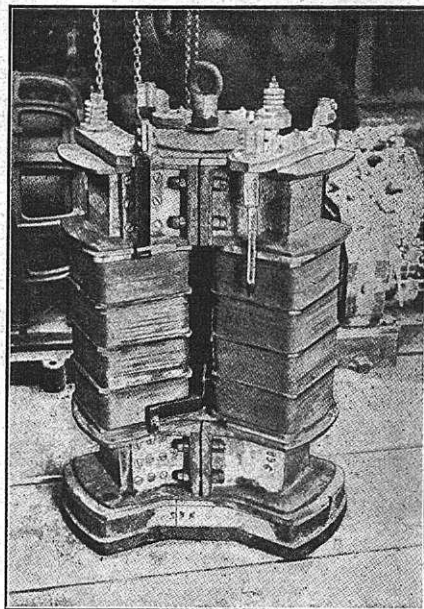
(фиг. 50). Эта линия имѣетъ также нѣсколько развѣтвленій.

Она обслуживаетъ бумажныя фабрики Лафюма и Бертолле 2-мя линиями, идущими одна къ трансформатору въ 50 киловаттъ, питающему 2 синхронныхъ двигателя Лабура въ 50 лош. силъ, другая—къ трансформатору въ 100 килов. (фиг. 51) питающему двигатель Лабура въ 100 л. с. (фиг. 52). На эти фабрики энергія доставляется круглыя сутки, въ остальные мѣста 10—11 часовъ.

2. Второе отвлѣтвленіе обслуживаетъ бумагопрядильни Гильома, гдѣ имѣется трансформаторъ въ 100 киловаттъ \*) и синхронный двигатель въ 50 л. с. (Лабура).

\*) Трансформаторъ взять большей мощности, такъ какъ предполагается увеличеніе установки.

3. Маленькій трансформаторъ въ 5 к.-в. питаетъ двигатель въ 2 л. с. (Граммона) на фабрикѣ Лебона и Вернея.

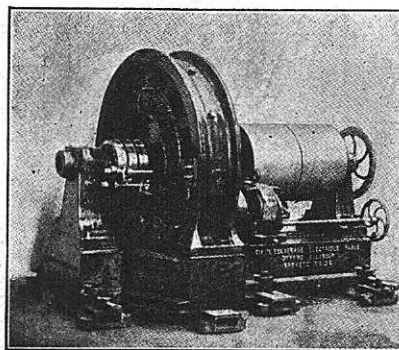


Фиг. 51.

4. Трансформаторъ въ 15 к.-в. питаетъ различные двигатели Граммона, мощностью 1—3 лош. с., въ Воаронѣ.

5. Трансформаторъ въ 5 к.-в. для двигателя Граммона въ 3 лош. с.

6. Въ настоящее время продолжаютъ линію въ



Фиг. 52.

направленіи Кублеви, небольшой деревни у Воарона, гдѣ устраивается освѣщеніе.

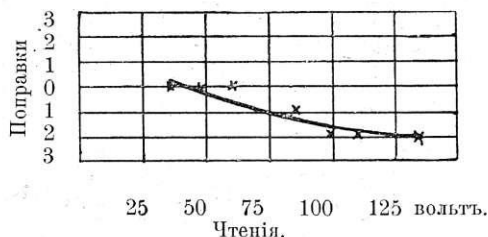
Въ общемъ, станція даетъ 160 лош. силъ въ продолженіи 24 часовъ въ сутки (зав. Лафюма и Бертолле) и 138 лош. силъ 10—11 часовъ въ сутки, различнымъ потребителямъ.

Всѣ приборы и механизмы установки были подвергнуты ряду испытаній, произведенныхъ Рутеномъ и Модой, инженеромъ общ. „Société l'Eclair. Electr.“.

Были испытаны 2 вольтметра Гартмана и Брауна и 2 тахометра; результаты полученные для вольтметровъ и амперметровъ представлены нижеслѣдующими графиками.



Нормальный приборъ.	Вольтметръ Г. и Б. № 38971.	Вольтметръ для возбужд. № 1817,2.
12	"	12
24	"	24
36	"	36
48	48	48
60	60	60
72	73	72
84	85	84
96	98	97
108	110	109
120	122	120
132	134	132
144	144,5	142
155	"	154
166	"	165
186	"	187



Фиг. 53. Вольтметр № 38971.



Фиг. 54. Амперметр для возбуждения.

Нормальн. приборъ.	Амперметръ № 1997,2. Восходящая чтения.	Амперметръ № 1997,2. Нисходящая чтения.
19	20	21
38	38	38
56	55	56
73	72,5	73
90	89	90
108	105	106
126	123	123
	400	800

мический амперметр Гартмана и Брауна, № 52001, градуированный от 0 до 2000 амперъ былъ вывѣренъ въ Центральной электрической лабораторіи въ Парижѣ. Результаты представлены нижеслѣдующимъ графикомъ (фиг. 55).

Чтения на приборѣ.	Амперы.	Примѣчаніе.
305	299	Температура—15° Ц.
550	525	Шунтъ—2000 амп.
680	662	№ 52001.
890	855	Температура шунта, во время вывѣрки, поднялась на 51° Ц. Переменный токъ давался отъ станціи лѣв. бер. (Парижа) и преобразовывался трансформаторъ.
1060	1020	Лабура. Частота ок. 42.
1250	1210	
1350	1305	
1460	1415	
1570	1520	
1780	1710	

Вывѣрка тахометровъ альтернатора и турбины дала слѣдующіе результаты:

Чтения на приборѣ.	Число оборотовъ.	Кoeffициенты.
203	196	0,964
257	248	0,964
272	262	0,964
292	280	0,96
304	294	0,965
309	300	0,97
337	330	0,98

## Тахометръ турбины.

Чтения на приборѣ.	Число оборотовъ.	Кoeffициенты.
162	192	1,2
189	224	1,19
224	266	1,19
260	312	1,2

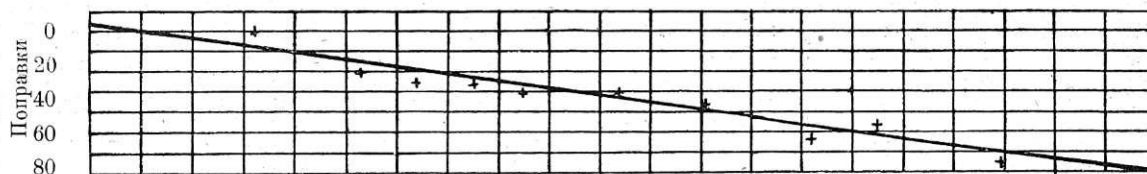
Характеристики. — Характеристики брались при разомкнутой цѣпи, короткомъ соединеніи двухъ фазъ, короткомъ соединеніи трехъ фазъ.

Характеристики при короткомъ соединеніи двухъ фазъ:

А м п е р ы.			
Альтернаторъ.		В о з б у ж д е н і е.	
Читанныя.	Исправленныя.	Читанныя.	Исправленныя.
440	424	9	7,5
940	907	12	10,6
1250	1207	14,5	13,2
1510	1458	16,5	15,5
1750	1689	18	16,9
2000	1930	20,5	19,5

Характеристика при разомкнутой цѣпи.

Число оборотовъ.		Амперы—возбужденіе.		В о л ь т ы.	
Читан.	Исправ.	Читан.	Исправ.	Читан.	Исправ.
310	300	19	17,9	77,5	76,5
—	—	20	19	81,5	80,4
—	—	22,8	21,9	91	89,6
—	—	25,5	24,7	101,5	99,8
1200		1600		2000 амп.	



Фиг. 55. Амперметр № 52001.

Стрѣлка амперметра № 1997,2 послѣ размыканія тока, не возвращается точно къ 0, а останавливается на 2 амперахъ. Однако къ концу 1/2 часа стрѣлка возвращается въ нормальное положеніе.—Чтения при опредѣленіи характеристики были восходящія. Тер-

—	—	28,5	27,9	112	110,2
—	—	32,2	32,1	124	122
—	—	36	35,7	135	133
—	—	38,5	38,3	139	136,8
—	—	43	43	148	145,6

Характеристика при короткомъ соединеніи трехъ фазъ:

А м п е р ы.			
Альтернаторъ.		В о з б у ж д е н і е.	
Читанныя.	Исправленные.	Читанныя.	Исправленные.
500	482	9,5	8
920	888	14	12,8
1150	1110	16	14,9
1360	1312	18	16,9
1625	1568	21	20,1
1950	1882	24,5	32,7

(Чтенія чрезъ  $\frac{1}{2}$  минуты).

1. Турбина одна, Т.

250—237—225—213—203—194.

2. Турбина и нажимъ (какъ и раньше 17,7 лош. силъ), Т + f.

249—226—206—188—70.

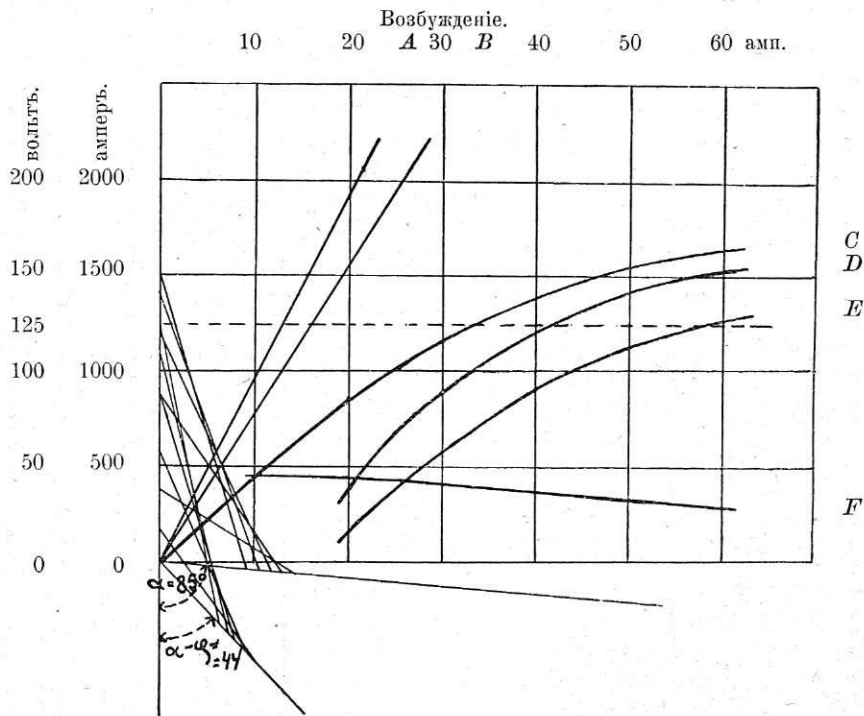
Нагруженіе:

Вольты—129, т. е. 126,9 съ поправкой.

Амперы—800, т. е. 772 "

Высота рабочей воды—12 см. (0,6—на возбужд.).

Открытіе—0,475.



Фиг. 56.

A—Короткое соединеніе 2-хъ фазъ ( $J_0$ ).

B— » » 3-хъ » ( $J_a$ ).

C—Характеристика при холостомъ ходъ (E).

D— » » на грузкѣ  $J=1620$  амп.,  $\cos\varphi=1$

E— » » » » » »  $\cos\varphi=0,75$ .

F— Кажущееся сопротивление ( $R_{\text{каж.}}$ ).

Паденіе напряженія, при  $\cos\varphi=1$   $\cos\varphi=0,75$

Способъ Бенъ-Эшенбурга 14% 30%

» Ротерта 14% 26%

Реостаты:

17 метровъ пластинъ 9 см.  $\times$  0,05

13,5 " " 4,5 см.  $\times$  0,05

Расходъ энергіи на холостую работу трансформаторовъ.

I фаза - чтенія по ваттметру:

120 вольтъ 36° 4100 ваттъ.

130 " 39° 4430 "

II фаза:

120 вольтъ 34° 3875 ваттъ

Среднее при 120 в. 3987 "

Полезныя дѣйствія двигателей Лабурра.—Эти полезныя дѣйствія даются кривыми нанесенными по полученнымъ цифрамъ.

Синхронный двигатель въ 50 лош. силъ.

Работа подъ нагрузкой.

Возбужденіе, въ амперахъ.	Амперы двигателя.	Чтенія по ваттметру.
4,25	106	118
4,4	98	118
5,2	105	119

Измѣреніе полезнаго дѣйствія альтернаторовъ. Для измѣренія былъ примѣненъ кинетическій способъ, предложенный въ 1896 году I. Рутеномъ \*).

Потери альтернатора.—Увеличеніе скорости.—1. Механическія потери: турбина и альтернаторъ работаютъ въ холостую ( $A_0 + T$ ). Чтенія по тахометру съ промежутками въ  $\frac{1}{4}$  часа

315—307—298—289—282—274—268—262—256—248—243—235.

2. Механическія потери: турбина и альтернаторъ возбуждаемый токомъ въ 33 ампера ( $A_0 + A_{33} + T$ )

302—286—273—260—247—235—224—213—202—193.

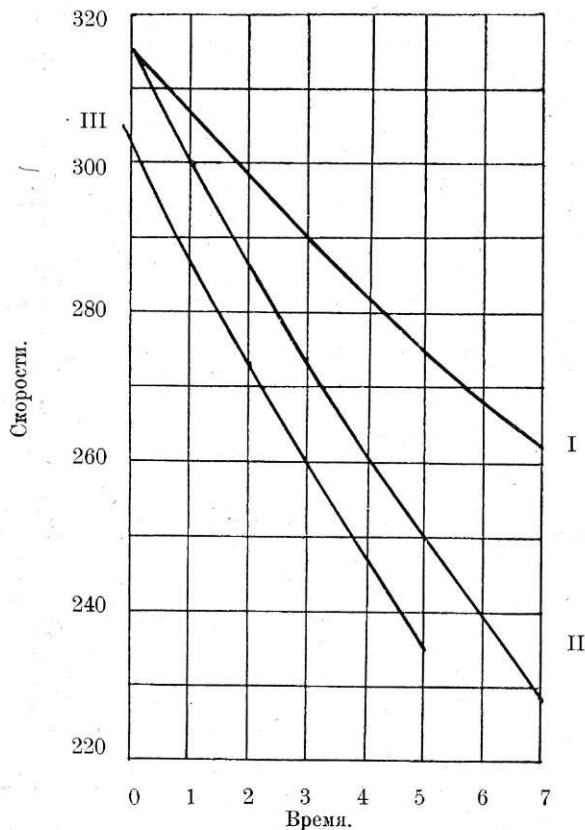
3. Механическія потери: альтернаторъ безъ нагрузкы, турбина, съ нажимомъ въ 61,2 кгр., при діаметрѣ шкива 1,38 м. ( $A_0 + T + f$ ).

315—300—286—274—263—250—239—227.

Определеніе потери, соотвѣтствующей работѣ турбины, отдѣленной отъ альтернатора.

\*) См. Электричество. 1898 годъ, № 2, стр. 25.

6,85	131	120
7	133	120
8	160	122
5,1	190	119
5,8	173	118
6,9	200	120
4,7	210	117
5,8	202	118
7,2	210	120



Фиг. 57.

Результаты опытов для определения потерь альтернатора. I— $A_0 + T$ ; II— $A_0 + T + f$ ; III— $A_0 + A_{33} + T$ , где  $A_0$ —потери при холост. ходъ,  $A_{33}$ —потери при возбужд. токомъ въ 33 амп., и  $T$ —потери турбины (см. отд. графикъ, фиг. 58).

Работа нажима

$$= \frac{61,2 \times 4,33 \times 5}{75} = 17,7 \text{ л. с.}$$

$$A_0 + T \quad \lg \alpha_1 = 8,5$$

$$A_0 + T + f \quad \lg \alpha_2 = 14,3$$

$$A_0 + T + A_{33} \quad \lg \alpha_3 = 15$$

$$A_0 + T = 8,5, A_0 + T = 25,9$$

$$A_0 + T + 17,7 = 14,3, A_0 = 5 \text{ л. с.}$$

$$25,9 + 17,7 = 14,3$$

$$25,9 + A_{33} = 15$$

$$A_{33} = \frac{43,6 + 15 - 25,9 + 14,3}{14,3} = 19,83 \text{ л. с.}$$

Синхронный двигатель въ 50 лощ. силъ.

Холостой ходъ.

Возбужденіе, въ амперахъ.	Чтенія по ватт-метру.	Ватты.
2,8	25	2845
3,18	26	2960
4,65	29	3300
5,75	31	3530
6,45	33	3760
7,35	38	4330

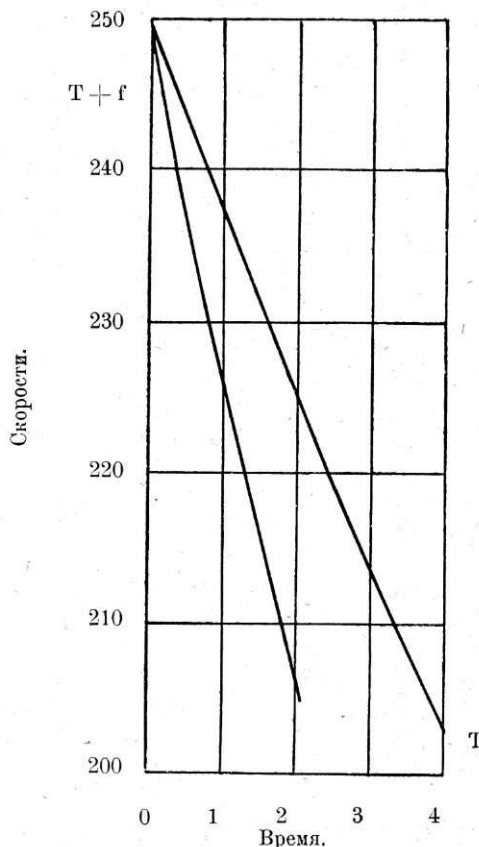
Синхронный двигатель въ 100 лощ. силъ.

Холостой ходъ.

Возбужденіе въ амперахъ.	Чтенія по ватт-метру.	Ватты.
4,15	50	5700
5,4	50	5700
6,25	50	5700
7	50	5700

### Анализъ результатов и выводы.

Для того, чтобы определить ошибки на протяженіи всей шкалы и исключить въ то же время ошибки въ чтеніи во время вывѣрки, каждая таблица полученныхъ чиселъ воспроизводится графикомъ. Для тахометровъ альтернатора и турбины, определенные коэффициенты поправокъ, которые могутъ быть разсматриваемы какъ независимые отъ чтенія, равны

Фиг. 58. Результаты опытовъ для определения механическихъ потерь,  $T$ , турбины, работающей въ холостую.

Работа нажима—17,7 л. с.

$$T \quad \lg \alpha_1 = 13$$

$$T + f \quad \lg \alpha_2 = 24$$

$$11 \quad T = 17,7 \times 13$$

$$T = 20,9 \text{ л. с.}$$

$$T = 13$$

$$T + f = 24;$$

соотвѣтственно 0,967—для перваго, а 1,2—для втораго. Для избѣжанія извѣстной неточности теоретическаго опредѣленія паденія напряженія альтернаторовъ были произведены опыты по двумъ способамъ: Бень-Эшенбурга, коротко замыкая двѣ фазы, и Ротерта, немного отличающагося отъ предыдущаго, коротко замыкая три фазы, при чемъ второй способъ теоретически болѣе точенъ.

1. Способъ Бень-Эшенбурга:

Опредѣленіе кажущагося сопротивленія въ функціи возбужденія  $R_{\text{каж.}} = \frac{E}{I}$

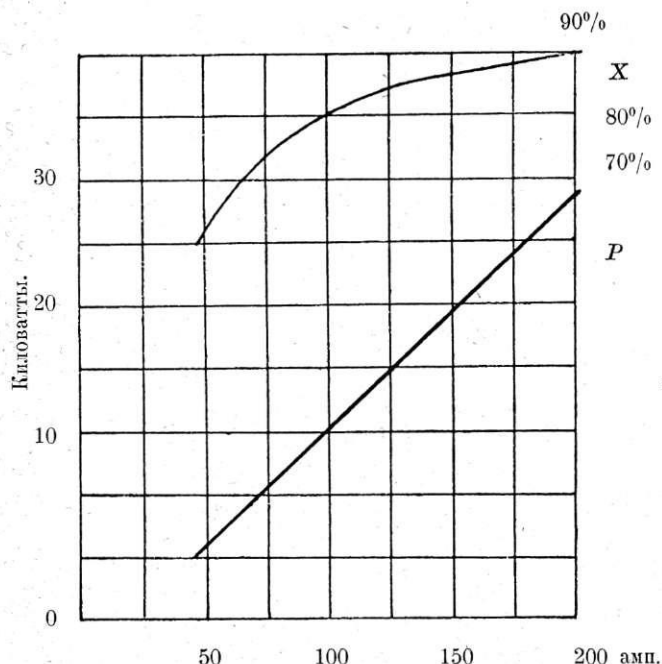


Возбуждение.	E.	I.	R <sub>каж.</sub>
10 ам.	43 вольта.	950	0,0452
20 "	84 "	1900	0,0442
30 "	115 "	2850	0,0403
40 "	139 "	3800	0,0365
50 "	155 "	4750	0,0326
60 "	164 "	5700	0,0288

Характеристика при нагрузке и при I=1620 ам.

Возбуждение, в амперах.	R <sub>каж.</sub>	R. I	E	Cosφ=1.	Cosφ=0,75
10	0,0452	73,2	43	—	—
20	0,0442	71,6	84	39	17
30	0,0403	65,3	115	89	59
40	0,0365	59,1	139	120	90
50	0,0326	52,8	155	141	112
60	0,288	46,5	164	152	127

На график (фиг. 56) нанесены характеристики, соответствующие полной нагрузке для cos φ=1 и для cos φ=0,75.



Фиг. 59.

Синхронный двигатель в 50 л. с. X — коэффициент полезного действия. P — мощность, имеющаяся в распоряжении.

2. Способ Ротерта. Сущность этого способа состоит в следующем:

Если пренебречь падением напряжения от омического сопротивления и сопротивлением от токов Фуко, то ток возбуждения J необходимый для того чтобы дать I ампер при e вольтах и данном Cos φ получается построением треугольника (фиг. 61), где J, сила тока возбуждения, необходимая для того, чтобы дать e вольт при холостом ходе, J<sub>a</sub> — сила тока возбуждения необходимая для получения I ампер в коротком замыкании и J — искомая сила тока возбуждения. Угол (J<sub>a</sub>J) = 90° + φ. Прежде чем применить этот способ, отыщем омическое падение напряжения. Оно равно

$$0,000416 \cdot 1620 \cdot 1,73 = 1,17 \text{ вольт, или прибл. } 1\%.$$

Если для токов Фуко удвоить это число, то получается 3% (угол α=85° предыдущего способа дает

5% для этой величины, то это число вероятно преувеличено).

1. Для cos φ=1 имеем  
e=125 в.; I=1620 ам.; J<sub>a</sub>=33,3 ам.;  
J<sub>a</sub>=20,6 ам.; J=39,2 ам.;  
E=139 в.

откуда получаем падение напряжения

$$\frac{139-125}{125} = 11,2\%$$

Всего, прибавив омическое падение и от токов Фуко — 14%.

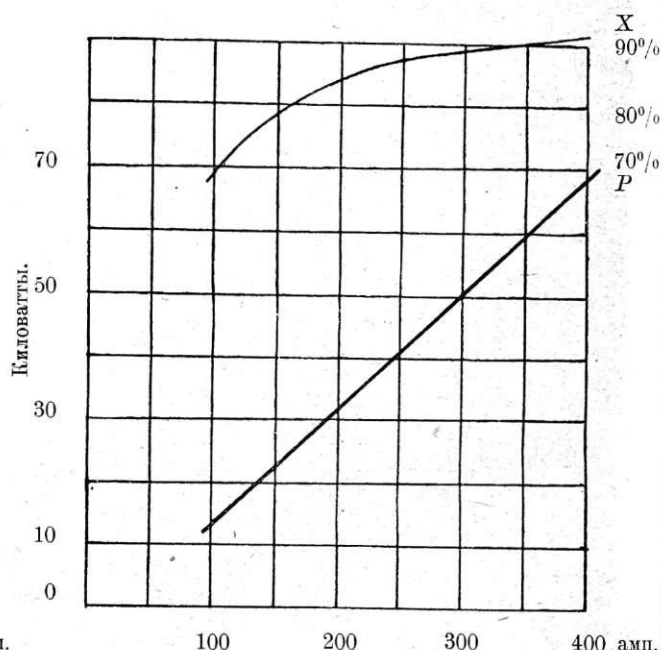
2. Для cos φ=0,75 получаем

$$J = \sqrt{33,3^2 + 20,6^2 + 2 \cdot 20,6 \cdot 33,3 \cdot 0,66} = 48,5 \text{ ам.}; E = 154 \text{ в.}$$

откуда падение напряжения

$$\frac{154-125}{125} = 23,2\%$$

т. е. всего 26%.



Фиг. 13. Синхронный двигатель в 100 л. с. X — коэффициент полезного действия. P — мощность, имеющаяся в распоряжении.

Оба способа, в результате, дают следующие числа для падения напряжения при 125 в. и 1620 ам.

	Б—Э.	P.
Cosφ=1 . . . .	14%	14%
Cosφ=0,75 . . . .	30%	26%

Для измерения полезного действия альтернатора пользовались способом Рутена. Альтернатор пустили в ход с помощью его турбины и затем, резко прерывая доступ воды, брали кривые увеличения скорости:

1. Для альтернатора без нагрузки (работа трения и сопротивления воздуха, A<sub>0</sub>, альтернатора + работа трения и сопротивления воздуха, T, турбины, работающей без альтернатора).

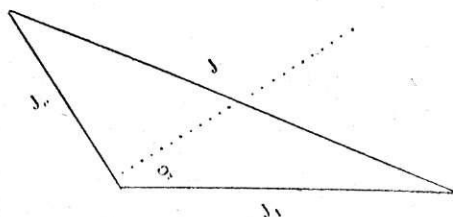
2. Для альтернатора, возбуждаемого током, приблизительно в 33 ампера, соответствующим нормальное напряжению на характеристике при холостом ходе. (A<sub>0</sub> + гистерезис и токи Фуко, A<sub>33</sub> + T).

3. Для альтернатора без нагрузки с нажимом в 61,2 кгр., на соединительной муфте в 1,38 м. диаметром ( $A_0 + T + f$ ). Величина  $f$  для скорости в 300 оборотов в минуту, т. е. 5 оборотов в секунду, будет, таким образом, равна

$$\frac{61,2 \cdot \pi \cdot 1,38 \cdot 5}{75} = 17,7 \text{ лш. силы.}$$

(Весь груза 60 кгр. + весь крюка 1,2; рычаг уравновешен).

Для определения  $T$  турбина была отключена от альтернатора, и затем была снята кривая увеличе-



Фиг. 61.

ния скорости: для турбины отдельно,  $T$ ; для турбины с нажимом на соединительной муфте (условия подобны предыдущим),  $T + f$  <sup>1)</sup>.

Этот ряд механических измерений дал:

1. Для величины  $A_0$  потерь альтернатора без нагрузки, от трения и сопротивления воздуха, — 5 л. с., т. е. 1,0%.

2. Для величины  $A_{33}$  потерь от гистерезиса и токов Фуко, при 33 ампер возбуждения, — 19,83 л. с., т. е. 3,96%. Что касается потерь от явления Джоуля в индукторе и обмотке, то они были определены вычитанием омического сопротивления этих цепей из общей суммы. Они оказались равными 1,01% — в обмотке, и 1,2% — в индукторе <sup>2)</sup>.

Полезное действие альтернатора, при  $\cos \varphi = 1$ , равно

$$\frac{350}{350 + 3,68 + 14,6 + 3,55 + 4,2} = \frac{350}{376,03} = 93,07\%$$

если не считать полезного действия возбудителя и,

$$\frac{350}{350 + 3,60 + 14,6 + 3,55 + 9,2} \cdot \frac{100}{80} = \frac{350}{377,95} = 92,81\%,$$

если считать п. д. возбудителя = 80%.

Альтернатор нагружался реостатом, сделанным из листового железа, погруженного в проточную воду <sup>3)</sup>. Таким образом, была получена на-

<sup>1)</sup> Второе измерение с нажимом необходимо, так как вследствие отключения альтернатора, изменилась масса системы и расстояние ее центра тяжести от оси вращения.

<sup>2)</sup> Арматура состоит из 20 параллельно соединенных катушек на фазу (три фазы соединены звездой). Средний виток имеет 208 см. длиной и каждая катушка состояла из 6 витков; таким образом, полная длина = 12,5 см. Диаметр каждой проволоки равнялся 6,2 мм.; (30,3 мм.<sup>2</sup> попер. сеч.). Полное сечение, следовательно,  $30 \cdot 20 = 600 \text{ мм.}^2$  и сопротивление на фазу в нагруженном состоянии  $\frac{20}{600} \cdot \frac{12,5}{1000} = 0,000416$  ампер. С другой стороны, сопротивление индуктора оказалось равным 2,25 ампер. Потери от явления Джоуля = в обмотке  $3,0,000416 \cdot \frac{1690^2}{2} = 3550$  ватт, т. е. 1,01%; в индукторе  $2,25 \cdot \frac{43,2^2}{2} = 9200$  ватт, т. е. 4,2% (цифра 43,2 ампер. принята для силы тока возбуждения при нагрузке соответствовала действительному найденной при опыте ниже описанному).

<sup>3)</sup> Этот реостат состоял из трех пластин листового железа толщиной в 0,5 мм., разрезанных таким

образом <sup>1)</sup> в 339 киловатт (при 1540 ампер. и 132 в.). Соответствующее возбуждение равнялось 43,2 ампер. После  $3\frac{3}{4}$  часа работы, температура обмоток достигла 42° (в обмотке) и 49° (в индукторе). Листы реостата нагрелись до 89,5°. Окружающая температура = 14°. Во время работы альтернатора был измерен расход воды, который оказался равным 174 литрам в сек. <sup>2)</sup>. Из этого можно вывести приблизительное полезное действие турбины (предполагая все три фазы нагруженными одинаково). Высота падения равнялась 280 м., нагрузка альтернатора около 334 к. в. и его полезное действие — 93,07%; отсюда полезное действие турбины

$$334000 \cdot \frac{100}{93,07} \cdot \frac{1}{738} \cdot 75 \cdot \frac{1}{174 \cdot 280} = 0,74. \quad ^3)$$

Второй опыт был сделан с приблизительно половинной нагрузкой. Приблизительное полезное действие = 77,8% <sup>4)</sup>.

Для измерения полезного действия трансформаторов в 175 киловатт Е. Лабура были применены не те способы, которые были рассмотрены, за исключением необходимых приборов. Были измерены потери: при холостом ходе (от гистерезиса и токов Фуко в железных сердечниках),  $p_0$ ; от явления Джоуля в цепи низкого напряжения  $J_n$ ; от явления Джоуля в цепи высокого напряжения  $J_v$ . Полезное действие было вычислено по формуле

образом, что они образовали непрерывную ленту шириной в 9 см. Таким образом, были устроены 3 ленты длиной 17 м. по концам соединенные одна с другой и поддерживавшиеся на расстоянии 50 см. одна от другой с помощью деревянных поперечин. Все это было погружено в канал и поддерживалось тяжелыми камнями.

<sup>1)</sup> Точное измерение нагрузки требовало чтения на каждой фазе, т. е. по трем амперметрам в 2000 ампер. или, что лучше, надо было пользоваться точным ваттметром. Постоянная ошибка не имеет в всяком случае никакого влияния на точность электрических опытов, так как дело шло лишь о проверке определенных условий работы.

<sup>2)</sup> При ширине слоя воды в 1,32 м., толщина его достигала 18 см. для работы турбины альтернатора и турбины возбудителя. Закрывая доступ к первой турбине, получили слой в 0,6 см., соответствующий потреблению турбиной возбудителя. Вследствие неправильности каменной кладки стень водослива был принят коэффициент расхода, равный 0,41. Таким образом, расход (потребление) воды турбиной альтернатора равнялся  $0,41 \cdot 1,32 \cdot 0,174 \cdot \sqrt{2g} \cdot 0,174 = 174$  литрам.

<sup>3)</sup> При испытании гидравлических механизмов для получения точных результатов необходимо пользоваться ваттметром для измерения электрической энергии, даваемой альтернатором.

<sup>4)</sup> Приблизительная мощность (выведенная из измерений на фазе) даваемая альтернаторами, равнялась

$$126,9 \cdot 772 \sqrt{3} = 169000 \text{ ватт, т. е. 230 л. с.}$$

Потери в альтернаторах были: от сопротивления воздуха — 5 л. с.; от гистерезиса и токов Фуко — 19,83 л. с.; явления Джоуля (индукторы) — 5,7 л. с., (в обмотке) —

$$- 3 \frac{0,000416 \cdot 800^2}{736} = 1,1.$$

Турбина давала на валу альтернатора 261,63 л. с. С другой стороны, расход воды равнялся  $0,40 \cdot 1,32 \cdot 0,114 \sqrt{2g} \cdot 0,114 = 0,090 \text{ м}^3 = 90$  литров.

Приблизительное полезное действие, таким образом, равно

$$\frac{261,63 \cdot 75}{90 \cdot 280} = 0,778.$$

Разница в 3,8% между полезным действием при полной и половинной нагрузках принадлежит к числу ошибок от несимметричности отдельных секций реостата, в случае когда берутся сечения лишь на одной фазе.

$$x = \frac{175000}{175000 + p_0 + J_b + J_h}$$

Для количеств, находящихся въ знаменателѣ были получены слѣдующія величины:

$$\begin{aligned} p_0 &= 3987 \text{ ваттъ} \\ J_b &= 3R_1 I_1^2 = 875^2 \cdot 0,000324 = 745 \text{ ваттъ} \\ J_h &= 3R_1 I_2^2 = 7,57^2 \cdot 3,82 = 658 \text{ ваттъ.} \end{aligned}$$

На фазу низкаго напряженія — 13 витковъ въ 850 мм.<sup>2</sup> общаго поперечнаго сѣченія. Длина средняго витка — 1,06 м.  $R_1 = \frac{20}{850} \cdot \frac{13,8}{1000} = 0,000324$ .

На фазу высокаго напряженія — 1510 витковъ въ 11,34 мм.<sup>2</sup> сѣченіемъ. Длина средняго витка — 1,44 м. —

$$R_2 = \frac{20}{11,34} \cdot 2,17 = 3,82.$$

Такимъ образомъ,

$$x = \frac{175000}{180370} = 97\% \text{ для } \cos\varphi = 1.$$

$$x = \frac{175000}{181481} = 96,4\% \text{ для } \cos\varphi = 0,75.$$

Испытанія синхронныхъ двигателей имѣли цѣлю: опредѣленіе полезнаго дѣйствія двигателей при полной нагрузкѣ, и построение графиковъ, дающихъ, въ функции числа амперъ, мощность, которой располагаютъ на валу, предполагая сдвигъ фазы соответствующій  $\cos\varphi = 0,9$  и постоянное напряженіе въ 120 вольтъ <sup>1)</sup>.

Для этого были измѣрены: ватты, потребляемые ихъ холостомъ ходѣ,  $W_0$ ; сопротивление арматуры (на фазу) —  $R$ .

Обозначая чрезъ  $I$  силу тока, получаемъ выраженія для мощности на валу

$$P = 0,9 \cdot 120 \cdot I \cdot \sqrt{3} - W_0 - 3R I^2$$

и для полезнаго дѣйствія

$$x = \frac{P}{120 \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot 0,9}$$

Для двигателя въ 50 лш. силъ было получено  $W_0 = 3530$  ваттъ (при возбужденіи = 5,75 ампера),  $R = 0,00336$ , слѣдовательно

$$P = 0,9 \cdot 120 \cdot I \cdot \sqrt{3} - 3530 - 3 \cdot 0,00336 \cdot I^2$$

и

$$x = \frac{P}{0,9 \cdot 120 \cdot I \cdot \sqrt{3}}$$

Эти результаты уже представленные на графикахъ, приложенныхъ къ наст. статьѣ.

Для полной нагрузки, т. е. для

$$\begin{aligned} I &= 197 \text{ амп. получаемъ} \\ x &= 89,2\%. \end{aligned}$$

Для двигателя въ 100 л. с. было получено

$$\begin{aligned} W_0 &= 5700 \text{ ваттъ} \\ R &= 0,0024 \end{aligned}$$

откуда

$$P = 0,9 \cdot 120 \cdot I \cdot \sqrt{3} - 5700 - 3 \cdot 0,0024 \cdot I^2$$

и

$$x = \frac{P}{0,9 \cdot 120 \cdot \sqrt{3} \cdot I}$$

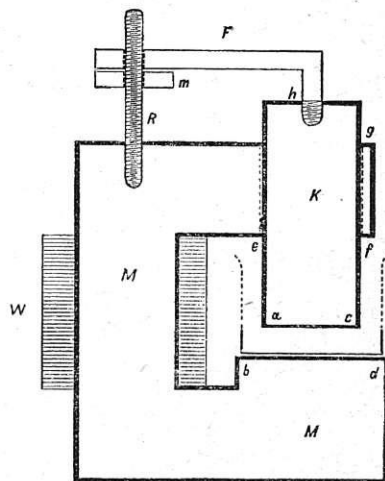
результаты также представлены графически.

<sup>1)</sup> Двигатель установленный на фабрикѣ Латума.

Для полной нагрузки, т. е.  $I = 394$  амп. получаемъ  $x = 90,6\%$ .  
(L'Écl. Él. № 40).

## НАУЧНЫЙ ОБЗОРЪ.

**О вращеніи электролитовъ въ магнитномъ полѣ.**—О. Урбанъ произвелъ очень интересный опытъ, показывающій возможность воздѣйствія магнитнаго поля на электролиты. Фиг. 62 показываетъ схематически расположеніе его опыта.  $W$ —



Фиг. 62.

катушка и  $M$ —сердечникъ образуютъ сильный электромагнитъ, дающій поле съ 6000—10000 линій на 1 кв. см. Въ одномъ изъ колѣнъ подковообразнаго сердечника продѣланъ ходъ, въ которомъ находится подвижной якорь  $K$ , перемѣщаемый помощію винта  $m$ . Въ воздушномъ промежуткѣ  $acdb$  помѣщена стеклянная чашечка  $S$ , заключающая въ себѣ электролитъ или, вѣрнѣе, два электролита: напр. слой крѣпкой сѣрной к. и надъ нимъ слой слабой; или внизу слой крѣпкаго раствора хлорной мѣди, а надъ нимъ слой соляной к. и т. д. Какъ видно изъ фигуры, поверхность  $ac$  меньше, чѣмъ  $bd$ , такъ что потокъ магнитныхъ линій имѣетъ видъ конуса. При замыканіи тока электромагнита, жидкость приходитъ въ движеніе, замѣтное особенно ясно, если посыпать на нее порошокъ ликоподія. Доказательствомъ того, что движеніе электролита обусловливается именно дѣйствіемъ магнитнаго поля, а не случайными посторонними причинами, служитъ то обстоятельство, что жидкость начинаетъ двигаться въ противоположную сторону при обращеніи тока. Направленіе движенія электролита зависитъ не только отъ направленія магнитнаго поля, но и отъ природы обѣихъ жидкостей. Такъ, движеніе системы: крѣпкій растворъ  $CuCl_2$  + слабая  $HCl$  совершается по другому направленію, чѣмъ  $CuCl_2$  + крѣп. раств.  $HCl$ . Движеніе электролита продолжится лишь до тѣхъ поръ, пока оба слоя электролита не смѣшались другъ съ другомъ; послѣ этого оно прекращается.

Урбанъ, на основаніи современной теоріи электролиза, объясняетъ вращеніе электролитовъ въ магнитномъ полѣ слѣдующимъ образомъ. На границѣ обѣихъ слоевъ жидкости, вслѣдствіе различнаго осмотическаго давленія, происходитъ диффузія растворенныхъ частицъ изъ одного слоя въ другой; такъ какъ разноименные ихъ іоны движутся, вообще говоря, съ различною скоростью, то въ слояхъ, безконечно близкихъ къ пограничной плоскости, преобладаютъ



какие-нибудь определенные ионы, напр., положительные или отрицательные. Эти несущие электричество и движущиеся ионы подобно токам образуют магнитное поле, вследствие этого отклоняются расходящимся внешним магнитным полем и вызывает вращение жидкости. Объяснение Урбаши подтверждается тем, что вращение жидкости происходит всегда по направлению, определяемому теорией, т. е. по правилу Ампера. Подобным же образом объясняется и следующий опыт. Чашечка *S* наполняется кислотой лишь одной концентрации и на дно ее кладется металлическая пластинка, покрытая с обратной стороны парафином. При замыкании тока электромагнита опять замедляется движение жидкости, вызываемое, на этот раз, растворением металла в кислоте и вследствие этого увеличением содержания в промежуточном слое одного из ионов. При употреблении кривого раствора медного купороса и цинковой пластинки вращение жидкости около окружности сосуда совершается со скоростью 5—10 смт. в секунду.

(Zt. f. Electrochemie, 1900, т. VII, № 10).

**Действие магнитного поля на электролиты.**—Опыты Камишель и Свингедау, отличающиеся по своему расположению от вышеизложенных опытов Урбаши, доказывают, как и те, существование взаимодвижения между магнитным полем и электролитами. Опыты были произведены следующим образом. Два последовательно соединенных между собою катушки представляли первичную обмотку трансформатора, вторичная обмотка которого была образована электролитом, а именно серной кислотой уд. в. 1,2. Кислота находилась в резиновой велосипедной шинь, которая была извита в виде винтовой линии и находилась между обмотками первичными катушками, расположенными так, что оси их лежали на одной прямой линии. Концы шины были вделаны в эбонитовые наконечники и сообщались друг с другом стеклянной трубкой сечения в  $1\text{ кв. мм.}$  Через первичную катушку трансформатора пропускать ток напряжением 190 вольт, частоты 60 в секунду. Если бы вторичная катушка системы состояла из металла и представляла сопротивление, одинаковое с сопротивлением электролита (70-ом), то в ней наводилась бы электродвижущая сила 3,5 вольт и развивалась бы, согласно закону Джоуля, 1 малая калория в 2 минуты. Авторы не могли подтвердить эти числа количественно, но помощью термоэлемента из константана и железа им удалось с несомненностью доказать повышение температуры электролита в стеклянной трубке, которое не может быть объяснено иначе, как образованием в электролите наведенных токов при работе первичных катушек.

(С. R. 1900, т. CXXXI, № 6).

**Образование намагниченных осадков при электролизе солей магнитных металлов в магнитном поле.**—Этот интересный, не раз уже изучавшийся вопрос был недавно вновь исследован Морэнтом. Он брал для электролиза растворы сернокислой закиси железа и пирофосфорного натрия, из которых получались прекрасные, плотные и блестящие осадки. Катодом служил прут латуни, 50 см. длины и 4 мм. в поперечник, помещенный по оси, магнетизирующей катушки. Нижний конец прута находился на одном уровне с центром зеркала магнетометра, которым измерялось намагничивание катода отложения. Действие на магнетометр намагничивающей катушки было, конечно, компенсировано. Морэнт нашел, что, за исключением первых минут, когда отложение железа не сопровождается действием на магнетометр, намагничивание осадка усиливается пропорционально

времени, т. е. следующие друг за другом слои частиц железа намагничиваются одинаково сильно (впрочем вся толщина осадков не превышала нескольких микронов).

В противоположность Бетцу, утверждавшему, что магнитное насыщение достигается электролитически осаждаемым железом даже в слабом поле, Морэнт получил результаты, показывающие, что сила намагничивания возрастает с силой магнитного поля. Магнетизм электролитического осадка ослабевает лишь в ничтожной степени при удалении намагничивающей силы; точно также он очень мало чувствителен к толчкам. В связи с этим находится чрезвычайно высокий гистерезис при циклах намагничивания, при чем обращение магнетизма совершается почти внезапно, в очень узкой области поля. Подобный же характер представляет намагничивание электролитических осадков никеля, с той лишь разницей, что здесь при магнитных циклах обращение магнетизма совершается вполне постепенно.

(С. R. 1900, т. CXXXI, № 7).

**О термоэлектрических свойствах стали.**—Беллокк исследовал температурный коэффициент  $\frac{dE}{dt}$  электродвижущей силы термпары сталь—платина, в пределах температуры между 15 и 1200°. Исследованию были подвергнуты три образца: мягкое железо, содержащее лишь следы углерода, мягкая сталь с 0,30% C и твердая сталь с 1,25% C. Во всех случаях оказалось, что коэффициент имеет 2 минимума и один максимум; для первого образца были найдены: 1-ый min., при 470°=9,9 микровольта, max. при 860°=19,2 мв., 2-ой min. 940°=11,2 мв.; для второго образца: 1-й min.: 470°=9,8 мв.; max.: 770°=18,4 мв.; 2-ой min.: 900°=9,6 мв.; для третьего: 1-ый min.: 470°=мв.; max.: 650°=14,4 мв.; 2-ой min.: 800°=7 мв. Величины термоэлектродвижущей силы при охлаждении меньше, чем при нагревании; разница эта в особенности велика при температурах, лежащих между самой высокой точкой, до которой доходит нагревание и какой-нибудь из вышеуказанных максимальных температур. Автор видит причину этого явления частью в вязкости металла, частью в гистерезисе.

(С. R. 1900, т. CXXXI № 5).

**Изменение длины железной проволоки в магнитном поле.**—Пользуясь dilatометром, увеличивающим в 12700 раз, Аустин исследовал удлинение проволоки из мягкого железа под влиянием магнитного поля. Пучек из 10 проволок, 27,5 см. длины и 0,14 см. поперечника, подвергался действию поля силою от 7,5 до 37,5 единиц. Поле производилось как постоянными, так и переменными токами, от 10 до 120 периодов в секунду. Оказалось, что удлинение железной проволоки сперва возрастает вместе с силой магнитного поля, но между  $H=50$  и  $H=100$  достигает наибольшей величины и затем уменьшается. Кривые, выражающие зависимость между удлинением проволоки и силой поля при различной частоте магнетизирующего тока, идут почти параллельно друг другу, при чем удлинение уменьшается с частотой тока; влияние последнего фактора автор приписывает его действию на магнитную проницаемость железа.

(Phys. Review. 1900).

**Определение частоты переменного тока.** Чрезвычайно простой и удобный способ определения частоты переменного тока описывает Самойлов в одной из книжек Drude's Annalen. Способ этот основан, с одной стороны, на свойствах на-

шего глаза сливать быстро слѣдующія другъ за другомъ зрительныя впечатлѣнія въ одну цѣльную картину, съ другой—на томъ обстоятельстве, что калильныя или дуговые лампы, питаемыя переменнымъ токомъ, испускаютъ свѣтъ не постоянной, а колеблющейся силы, т. е. мигающей съ быстротой, соответствующей частотѣ тока. Для опредѣленія послѣдней, Самойловъ употребляетъ вращающійся дискъ, раздѣленный на рядъ чередующихся между собой бѣлыхъ и черныхъ секторовъ. При нѣкоторой быстротѣ вращенія такой дискъ, будучи освѣщенъ лампочкой переменнаго тока, кажется стоящимъ на мѣстѣ; очевидно, это случается тогда, когда чрезъ какую-нибудь точку пространства проходитъ число секторовъ, равное числу максимумовъ освѣщенія, т. е. числу переменъ питающаго тока. Если, напр., дискъ состоитъ изъ 5 черныхъ и 5 бѣлыхъ секторовъ, а кажущаяся неподвижность его устанавливается при 5 оборотахъ въ секунду, то частота тока лампы равна 50. Конечно, помощью вращающагося диска такъ-же легко отличать лампочки, питаемыя постояннымъ токомъ отъ лампочекъ переменнаго тока.

**Продолжительность возникновенія рентгеновскихъ лучей.** — При попыткахъ измѣрить скорость распространенія рентгеновскихъ лучей, Брюнъ натолкнулся на явленія, указывающія, что продолжительность возникновенія этихъ лучей представляетъ собой величину значительно большаго порядка, чѣмъ продолжительность возникновенія электрической искры. Слѣдующій опытъ далъ Брюну возможность приблизительно изслѣдовать эту величину. Въ дискѣ, 55 см. діаметра и 1 мм. толщины, были вырѣзаны по радіусамъ 60 рядовъ круглыхъ отверстій, пяти мм. въ поперечникѣ. Помощью маленькаго трехфазнаго двигателя дискъ приводился въ вращеніе, дѣлая до 1200 оборотовъ въ минуту. Въ 40 см. позади диска помѣщалась Круксова трубка, испускавшая рентгеновскіе лучи; въ 3—4 см. предъ нимъ—экранъ, покрытый платиноцианистымъ баріемъ. При дѣйствіи круксовой трубки и при вращеніи диска, на экранѣ получались свѣтлыя, флуоресцирующія пятна—изображенія отверстій диска; пятна эти перепрыгивали съ одного мѣста экрана на другое, но несмотря на это, ясно можно было видѣть, что онѣ имѣли не круговую форму, а эллиптическую, съ большою осью, перпендикулярною соответствующему радіусу диска. Удлиненіе діаметра пятна представляетъ собой тотъ путь, который проходитъ данная часть диска за время возникновенія группы рентгеновскихъ лучей, соответствующей каждой отдѣльной искрѣ Румкорфовой катушки. Удлиненіе это было въ среднемъ равно  $\frac{1}{2}$  настоящаго діаметра отверстій диска, откуда, принимая во вниманіе размѣры диска, быстроту его вращенія и т. д.,—продолжительность образованія рентгеновскихъ лучей опредѣляется въ  $\frac{1}{12500}$  сек. Впрочемъ, величина эта мѣняется для различныхъ трубокъ, а также, по видимому, для различныхъ разстояній между катодомъ и антикатодомъ трубки.

(С. Р., т. CXXX, 1900).

**Образованіе рентгеновскихъ лучей при помощи постоянного тока.** Въ Джефферсоновской физической лабораторіи Траубриджъ установилъ недавно батарею изъ 20000 аккумуляторовъ. Располагая, такимъ образомъ, постояннымъ токомъ напряженія до 4000 вольтъ, Т. получилъ съ ея помощью рентгеновскіе лучи необычайной силы, дающіе чрезвычайно рѣзкіе негативы, на которыхъ даже замѣтны слѣды тѣней отъ мышцъ и связокъ. Когда рентгеновская трубка соединяется съ полюсами батареи, въ ней еще не появляется тока; трубку нужно для этого нагрѣть Бунзеновскою горѣлкой. Рентгеновскіе лучи получались не сразу, но лишь въ тотъ моментъ, когда антикатодъ достигалъ вишнево-краснаго кале-

нія. Когда антикатодъ накалялся до бѣла, Рентгеновскіе лучи исчезали. Чтобы избѣгнуть этого Траубриджъ вводилъ сопротивление въ 4.000000 омовъ, изъ дистиллированной воды. Новый способъ образованія рентгеновскихъ лучей представляетъ то большое преимущество, что позволяетъ точно регулировать какъ силу, такъ и напряженіе тока.

(Amer. Journ. Sc. 1900, Іюнь).

**Изслѣдованія надъ образованіемъ магнитнаго поля при движеніи наэлектризованнаго тѣла.** — Нѣсколько времени тому назадъ Роуланду удалось обнаружить образованіе магнитнаго поля при вращеніи наэлектризованнаго диска, дѣйствіемъ послѣдняго на магнитную иглу. Кремье повторилъ эти опыты, нѣсколько измѣнивъ методъ и изслѣдуя не магнитное, а индуктивное дѣйствіе вращающагося наэлектризованнаго тѣла на сосѣдніе проводники. Изолированный дискъ 37 см. въ поперечникѣ вращался вокругъ стальной оси въ пространствѣ, шириной 8 мм., образованномъ двумя стальными листами и литымъ вѣнцомъ; въ послѣднемъ, concentрически съ вращающимся дискомъ, была расположена катушка изъ 13000 витковъ мѣдной проволоки, толщиной 0,15 мм. Все вмѣстѣ составляло, такимъ образомъ, конденсаторъ; стальные листы были отведены къ землѣ; концы катушки соединились съ чувствительнымъ гальванометромъ. Помощью особаго прерывателя дискъ могъ заряжаться и разряжаться нѣсколько разъ въ секунду; тотъ-же прерыватель сообщалъ гальванометру дѣйствіе только зарядокъ или только разрядокъ. Было произведено три ряда опытовъ: два съ алюминиевыми дисками, одинъ съ дискомъ изъ эбонита, разбитымъ на секторы; ни въ одномъ случаѣ не наблюдалось отклоненія гальванометра. Такимъ образомъ, опыты Кремье, въ противоположность опытамъ Роуланда, говорятъ противъ существованія магнитнаго дѣйствія вращающихся наэлектризованныхъ тѣлъ \*).

(С. Р. 1900).

## ОБЗОРЪ.

**Новыя фотометрическія измѣренія дуговыхъ лампъ.** — По порученію коммисіи американской національной ассоціаціи электрическаго освѣщенія, проф. Мэтьюсъ произвелъ рядъ фотометрическихъ измѣреній, давшихъ, на ряду съ извѣстными, и нѣкоторые новые, интересные результаты. Самый фотометръ, которымъ пользовался Мэтьюсъ, также представляетъ нѣкоторые интересныя усовершенствованія. Прежде всего, въ этомъ фотометрѣ свѣтъ изучаемой лампы направляется на фотометрическую пластинку помощью не одного только, а двухъ зеркалъ, расположенныхъ съ двухъ сторонъ лампы. Благодаря этому, освѣщеніе фотометрической пластинки получается гораздо болѣе равномернымъ и постояннымъ, чѣмъ при употребленіи одного зеркала. Для ослабленія различія въ цвѣтѣ лучей, падающихъ на фотометрическую пластинку отъ обоихъ сравниваемыхъ источниковъ, служитъ вращающійся дискъ съ радіальными вырѣзами, который ослабляетъ освѣщеніе пластинки до степени, при которой различіе въ окраскѣ перестаетъ мѣшать наблюдателю. Передвиженіе эталона (въ опы-

\*) Такой результатъ опытовъ Кремье зависитъ, по всей вѣроятности, отъ какой-нибудь ошибки. Въ настоящее время трудно сомнѣваться въ томъ, что движущійся электрическій зарядъ образуетъ магнитное поле. Чтобы убѣдиться въ этомъ, достаточно взять Круксову трубку съ катоднымъ пучкомъ и приблизить къ ней магнитъ,—катодный пучекъ тотчасъ же отклонится.

Прим. ред.



тахъ Мэтьюса таковымъ служила лампочка накаливания, калиброванная предварительно лампой Гейс-Альтенска) вдоль шкалы фотометра совершается очень удобно съ мѣста наблюдений, помощию передаточнаго шнура и ворота. Точно также наблюдателю облегчено отмѣчиваніе результатов; на шкалу фотометра натянута для этого полоса бумаги, и наблюдатель, не сходя съ мѣста наблюдений, отмѣчаетъ на ней положеніе эталона проколомъ иглы, приводимой въ дѣйствіе электромагнитомъ, токъ котораго замыкается кнопкой. На разстояніи двухъ метровъ, подъ прямымъ угломъ къ фотометрической пластинкѣ, находится запасной эталонъ, служащій для контроля рабочаго при окончаніи каждаго опыта или чаще. Зеркала расположены такъ, что лучи изучаемой лампы падаютъ на фотометрическую пластинку подъ угломъ къ нормали въ  $5^\circ 54'$ ; такъ какъ косинусъ этого угла равенъ 0,9947, то получаемыя непосредственно числа, въ виду принципиальной неточности фотометрическихъ измѣреній, не нуждаются въ поправкахъ.

Изъ найденныхъ Мэтьюсомъ результатовъ укажемъ вкратцѣ слѣдующіе. При изслѣдованіи лампъ съ закрытой дугой оказалось, что положеніе дуги среди внутренняго шара имѣетъ большое вліяніе на силу свѣта; послѣдній сильнѣе всего, когда дуга находится въ центрѣ шара; перемѣщеніе дуги въ нижнюю половину, а тѣмъ болѣе въ верхнюю, ослабляетъ свѣтъ лампы. При изученіи поглощенія свѣта шаромъ получились слѣдующія числа. Рядъ лампъ съ закрытой дугой и съ различными шарами получалъ токъ 4,9 амперъ, при напряженіи 80 вольтъ въ дугѣ и 30 въ добавочномъ сопротивленіи. Средняя сферическая сила свѣта лампъ была:

- 1) одинъ только шаръ, изъ опаловаго стекла—256 Гейсеровскихъ свѣчей;
- 2) внутренний шаръ опаловый, наружный прозрачный—207 свѣчей;
- 3) внутренний шаръ опаловый, наружный также—177 свѣчей.

Такимъ образомъ, одна свѣча потребляетъ въ первой лампѣ 2,1 ватта, во второй—2,66, въ третьей—3,07.

Замѣна нижняго шара рефлекторомъ повышаетъ среднюю силу свѣта нижняго полушарія на 50%.

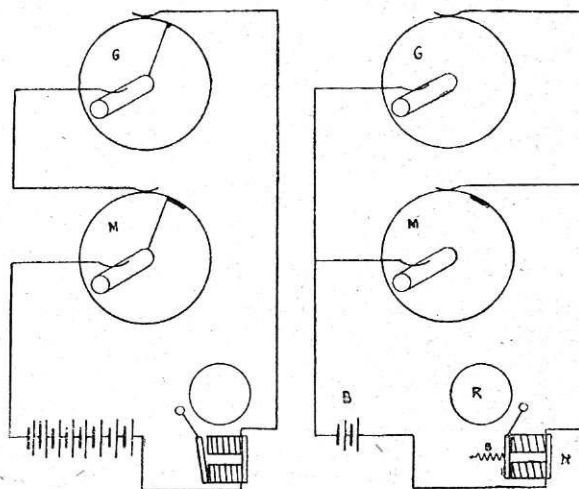
Сравненіе лампъ съ закрытой дугой при работѣ постояннымъ и переменнымъ токомъ дало слѣдующія числа. Средняя сферическая сила лампы съ опаловымъ внутреннимъ и прозрачнымъ наружнымъ шаромъ была 207 свѣчей при работѣ съ постояннымъ токомъ и только 159 св. при работѣ съ переменнымъ. Еще большее различіе получилось для средней силы свѣта нижняго полушарія; она составляла 273 св. въ первомъ случаѣ и только 190 св. во второмъ.

(Electrical Review, 1900).

**Способъ Броуна измѣренія отставанія индукціоннаго двигателя.** Обыкновенный способъ измѣренія отставанія индукціоннаго двигателя, состоитъ въ томъ, что при помощи счетчика оборотовъ измѣряютъ скорости генератора и двигателя, затѣмъ скорость генератора пересчитываютъ на скорость машины, имѣющей то-же число полюсовъ, что и двигатель, и затѣмъ, вычитая одно изъ другого получаютъ отставаніе двигателя—способъ этотъ подверженъ многимъ недостаткамъ. Во первыхъ, самый способъ грубъ, такъ какъ заключается въ томъ, что, съ помощію измѣренія двухъ большихъ величинъ, опредѣляется сравнительно малая величина. Затѣмъ, во вторыхъ, приходится дѣлать два измѣренія, и ошибка въ одномъ изъ нихъ сильно вліяетъ на окончательные результаты. Напримѣръ, ошибка въ полъ-процента при измѣреніи скорости четырехъ полюснаго двигателя съ 60-ю періодами, будетъ равна девяти оборотамъ. Если дѣйствительное запозданіе нагруженнаго двигателя будетъ равно 5% или 90 оборотамъ, то вышеуказан-

ная ошибка повлечетъ ошибку въ 10% въ величинѣ запозданія двигателя. При малыхъ нагрузкахъ, когда дѣйствительное запозданіе обыкновенно меньше 1%, эта ошибка будетъ составлять болѣе 50%, и все опредѣленіе не будетъ имѣть никакого значенія. Методъ, примѣняемый Сименсъ и Гальске\*), безспорно является болѣе совершеннымъ. Они примѣняютъ два различныхъ счетчика на генераторѣ и двигательѣ, которые, съ помощію электромагнитныхъ муфтъ, могутъ включаться и выключаться при нажимѣ ключа. Этотъ методъ, хотя и болѣе точный, допускаетъ тѣ же возраженія какъ и первый—отставаніе не измѣряется непосредственно. Существуетъ еще нѣсколько способовъ измѣренія съ помощію стробоскопа\*\*), но всѣ они даютъ лишнюю работу глазамъ, которые и безъ того много работаютъ. Въ тѣхъ случаяхъ, когда вторичная цѣпь двигателя имѣетъ независимую обмотку, то отставаніе можетъ быть опредѣлено съ помощію измѣренія частоты индуктированнаго тока.

Нижеописываемый способъ, въ которомъ отставаніе измѣряется непосредственно, кажется автору свободнымъ отъ вышеописанныхъ недостатковъ. Два вращающихся замыкателя присоединяются—одинъ къ валу двигателя, а другой—къ валу генератора (или къ синхроничному двигателю, имѣющему то-же самое число полюсовъ, какъ и индуктивный двигатель и получающій токъ изъ той же цѣпи). Каждый изъ замыкателей въ теченіе одного полного оборота



Фиг. 63 а и б.

только разъ замыкаетъ токъ. Оба замыкателя по-слѣдовательно включены (фиг. 63а) въ цѣпь съ одноударнымъ звонкомъ и батареей.

Дѣйствіе этого приспособленія слѣдующее: при началѣ опыта оба замыкателя ставятся въ такое положеніе, что они оба замыкаютъ цѣпь въ одинъ и тотъ же моментъ. Если отставанія нѣтъ, то тогда при каждомъ оборотѣ генератора и двигателя цѣпь, будетъ замыкаться, и звонокъ будетъ непрерывно звонить. Положимъ теперь, что отставаніе двигателя равно точно 2%; тогда, когда генераторъ сдѣлаетъ одинъ оборотъ, то двигатель отстанетъ на 2% полного оборота, оба прерывателя въ цѣпи не замкнутся въ одно и то же мгновеніе, и звонокъ не издастъ звука. Однако, когда генераторъ сдѣлаетъ 50 оборотовъ, то двигатель сдѣлаетъ точно 49, оба контакта замкнутся въ одно и то-же мгновеніе, и звонокъ зазвонитъ вто-

\*) См. „Электричество“ т. г. № 8—9, стр. 23.

\*\*) Одинъ изъ этихъ способовъ, а именно, способъ Гора, былъ описанъ въ нашемъ журналѣ. См. Электричество т. г. № 3, стр. 47.



рой разъ, показывая отставаніе двигателя на одинъ оборотъ.

Если отставаніе двигателя нѣсколько болѣе или менѣе цѣлаго числа оборотовъ, то оба замыкателя совпадутъ въ нѣкоторой точкѣ полного оборота, не совпадающей съ точкой замыканія и, такимъ образомъ, звонокъ не будетъ звонить. Предположимъ, что максимальное отставаніе двигателя равно  $5\%$ , и что контактная полоска замыкателя двигателя нѣсколько болѣе  $5\%$  окружности. При такихъ условіяхъ звонокъ будетъ звонить всякій разъ, когда двигатель отстанетъ на одинъ оборотъ. Если дѣйствительное отставаніе равно  $1\%$ , то мы услышимъ пять ударовъ колокольчика, соответствующихъ пяти первымъ оборотамъ; затѣмъ послѣдуетъ пауза въ теченіе 95 оборотовъ, и затѣмъ опять четыре или пять быстрыхъ ударовъ. Если отставаніе составляетъ  $2\%$ , то черезъ каждые 50 оборотовъ генератора звонокъ дастъ два или три послѣдовательныхъ удара, которые показываютъ, что двигатель отстаетъ на одинъ оборотъ. Для измѣренія отставанія по этому способу, съ помощью секундомера опредѣляютъ время, въ теченіе котораго двигатель опаздываетъ на нѣкоторое подходящее число оборотовъ. Напримѣръ, время измѣренное между первымъ ударомъ или группой ударовъ и двадцать первымъ, будетъ составлять то время, въ теченіе котораго двигатель теряетъ 20 оборотовъ. Положимъ, что оно равно 40 секундамъ; если двигатель четырехполосный съ 60-ю періодами, то синхронная скорость будетъ 30 оборотовъ въ секунду. Тогда отставаніе, выраженное числомъ оборотовъ въ минуту, будетъ

$$\frac{20}{40} \times 60 = 30$$

и въ процентахъ

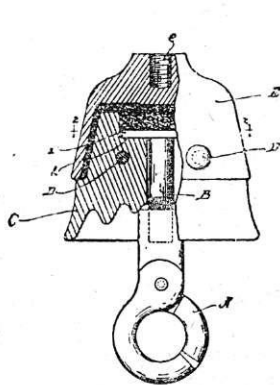
$$100 \times \frac{20}{40} \times \frac{1}{30} = 1,6\%$$

На практикѣ, при примѣненіи этого метода, встрѣчаются два затрудненія: во первыхъ, время контакта настолько коротко, что вслѣдствіе самоиндукціи цѣпи токъ обыкновенно не успѣваетъ достигнуть такой силы, чтобы звонокъ позвонилъ, или же требуется слишкомъ высокое напряженіе. Кромѣ того, цѣпь обыкновенно прерывается съ замыкателемъ генератора, и это замыканіе бываетъ насколько коротко, что появляющаяся при этомъ искра—вредна и звонъ колокольчика ненадеженъ. Поэтому было сдѣлано слѣдующее измѣненіе этого способа, оказавшееся весьма удачнымъ. Дѣйствія замыкателей были сдѣланы обратными, т. е. они были устроены такъ, чтобы прерывать токъ на короткій промежутокъ въ теченіе каждаго оборота. Оба такихъ прерывателя были соединены параллельно, а звонокъ приспособленъ такъ, что онъ звонилъ дѣйствіемъ пружины при прерываніи цѣпи. Работа этого прибора аналогична съ выше-описаннымъ, но только въ этомъ случаѣ звонокъ звонитъ только тогда, когда цѣпь автоматически прерывается на обоихъ прерывателяхъ. Для того, чтобы обезпечить звонокъ при каждой потерѣ одного оборота одинъ прерыватель долженъ быть по окружности немного длиннѣе, чѣмъ максимальное отставаніе, которое измѣряется (фиг. 63б). При этомъ измѣненіи прерыватели не горятъ отъ искры. Такой прерыватель весьма легко устроить, взявъ мѣдное кольцо съ небольшою вырѣзкой и надѣвъ его на деревянный дискъ. Этотъ способъ постоянно употреблялся въ теченіе прошлаго года въ электрической лабораторіи университета въ Иллинойсѣ, и оказался весьма удовлетворительнымъ и удобнымъ.

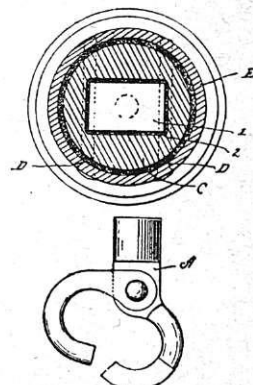
(El. World. 1900).

**Изолированная подвѣска для дуговыхъ лампъ.**—Новый типъ подвѣски для дуговыхъ лампъ, изобрѣтенной г. Георгомъ Кюттеръ въ Чикаго для фирмы, носящей это имя, показанъ на фиг. 64, 65.

Лампа, поддерживается крюкомъ А, сдѣланнымъ въ видѣ разъемнаго по длинѣ на 2 части кольца, одна изъ которыхъ вращается на штифтѣ въ верхней части крюка, фиг. 65. Лампу подвѣшиваютъ, поднимая вращающуюся часть и продвѣвая неподвижную часть кольца въ ушко на лампѣ, замыкаятъ затѣмъ подвижную часть, приводя въ положеніе, показанное на фиг. 64. Крюкъ А поддерживается болтомъ В, на который навинчивается. Болтъ В, въ свою очередь, поддерживается изоляторомъ С и снабженъ головкой І, изоляторъ же — опорной площадкой ІІ, на которую головка І можетъ опираться. Отверстіе въ изоляторѣ С, черезъ которое проходитъ болтъ В, сдѣлано немного шире болта съ той цѣлью, чтобы предупредить поломки и зажиманіе его. Опорная площадка ІІ изолятора подъ головкой понижается настолько, чтобы образовать выемку для головки І болта В. Выемка сдѣлана по формѣ головки І, чтобы предупредить ея вращеніе и тѣмъ самымъ способствовать тому, чтобы поддерживающій лампу крюкъ или кольцо А легко навинчивался и свинчивался съ болта. Изоляторъ С удерживается помощью шпильки DD, пропущенныхъ насквозь черезъ него, какъ показано на фиг. 64, 65. Эти шпильки находятся одна отъ



Фиг. 64.



Фиг. 65.

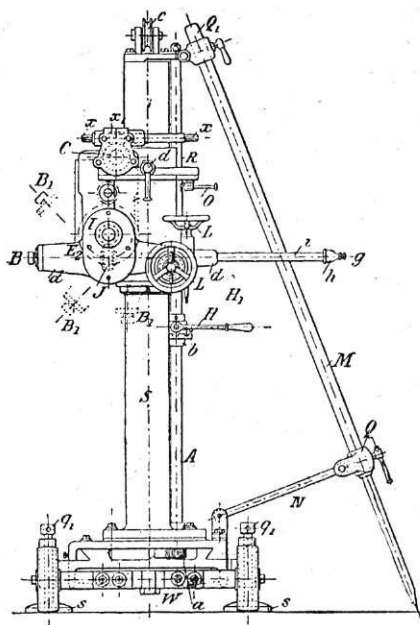
другой на разстояніи меньшемъ, чѣмъ головка І болта В, какъ видно изъ фигуры. Въ случаѣ, если изоляторъ разобьется, какъ это можно предполагать, то болтъ не выпадетъ, но будетъ задержанъ шпильками DD. Шпильки DD, въ свою очередь, удерживаются колпакомъ Е, который служитъ чехломъ и отчасти охватываетъ изоляторъ. Шпильки DD пропущены черезъ стѣнку колпака Е, какъ видно изъ фиг. 64, такъ что онѣ могутъ быть вынуты и вставлены съ наружной стороны колпака. Этотъ послѣдній обыкновенно дѣлается металлическимъ. Углубленіе въ изоляторѣ сверхъ головки І болта заполняется изолирующимъ веществомъ; равно и пространство между колпакомъ и изоляторомъ. Верхній конецъ колпака Е снабженъ углубленіемъ е съ винтовой нарѣзкой, куда можетъ быть ввинченъ конецъ крюка для укрѣпленія подвѣски. Подвѣску собираютъ, вставляя болтъ В въ изоляторъ С и затѣмъ захватывая крюкомъ или кольцомъ А за выступающій конецъ болта. Далѣе колпакъ опрокидывается и достаточное количество изолятора или другого подобнаго вещества для заполнения углубленія и другихъ мѣстъ, вливается въ колпакъ. Потомъ изоляторъ вставляется въ колпакъ, загоняются шпильки DD въ отверстія колпака и изолятора и закрѣпляются на своихъ концахъ, проходящихъ черезъ колпакъ. Крюкъ А можетъ быстро соединяться и разобщаться съ болтомъ В. Когда лампа на мѣстѣ, она вполне изолирована, посредствомъ изолятора подвѣски, такъ что предупреждаются дурныя послѣдствія соприкосновенія и соединенія съ лампой. Если бы даже изоляторъ разбился, лампа не могла бы упасть, такъ какъ головка І болта В

защипить за шпильки DD. Подвѣска при этомъ скрѣплена вполне надежно; благодаря шпилькамъ невозможно разъединение. Если потребуется, шпильки могутъ быть вытащены за наружные концы, изоляторъ С снять и болтъ В вынуть.

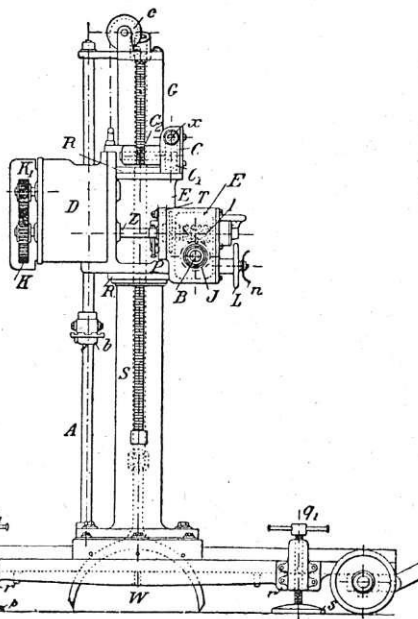
(Electrical World.).

**Переносный сверлильный станокъ системы Мартинъ Гонъ.** Описываемая машина (фиг. 66 и 67) имѣетъ двигатель D, поддерживаемый

Этотъ двигатель приводитъ въ дѣйствіе (фиг. 67) посредствомъ  $KK_1$  и зубчатого зацепленія  $Z_1$  (фиг. 71) валъ Z, который ведетъ за собой посредствомъ червячной передачи J (фиг. 67) валъ В съ сверломъ, вращающийся въ подшипникахъ d и  $d_1$ , на муфтѣ  $E_2$ , прикрѣпленной къ ручкѣ Т части Е болтами  $a_1$ , въ выемкѣ  $P_1$ , позволяющей наклонять В до положенія  $B_1$  В<sub>1</sub> (фиг. 66). Движеніе сверла впередъ производится рукояткой, управляющей новымъ валомъ  $i_1$  на продолженіи В, зубчатой полосой и геликоидальнымъ винтомъ  $mld_2k$  (фиг. 72), имѣющимъ зацепленіе



Фиг. 66.

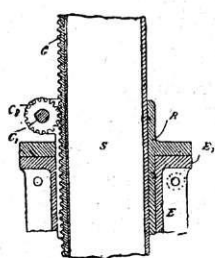


Фиг. 67.

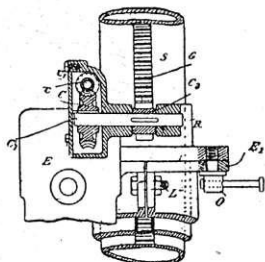
муфтой Е (фиг. 68 и 69), укрѣпленной винтомъ О, въ выемкѣ  $O_2$ , рамы R, которую можно передвигать

въ  $k_1$  посредствомъ I (фиг. 73); возвращеніе В производится весьма просто посредствомъ  $nk_1$  освободивъ  $I_2$  отъ  $k_1$  движеніемъ вправо L.

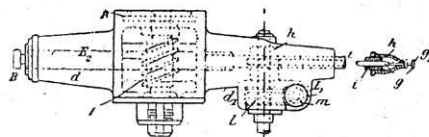
Движеніе колонны S впередъ по тѣлѣжкѣ W производится собачкой  $HH_1$  b, валъ A которой имѣетъ



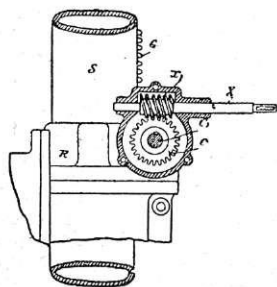
Фиг. 68.



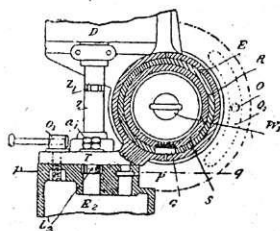
Фиг. 69.



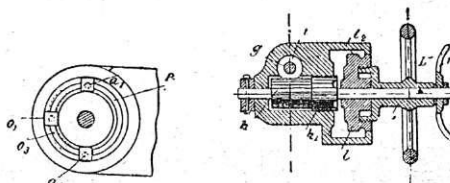
Фиг. 72.



Фиг. 70.



Фиг. 71.



Фиг. 73.

по колоннѣ S, посредствомъ  $xx$ ,  $cc_1$   $c_2$  и зубчатой рейки G.

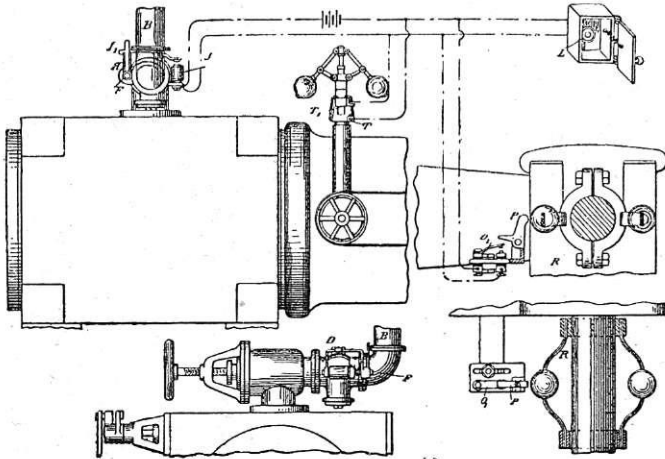
зубчатку a, соединенную съ зубчатой рейкой части W. Тѣлѣжка можетъ укрѣпляться на пути подъемными винтами  $E_1$  и S, а колонна—подпоркой MNQ. (L'Ecl. El. № 43).

**Электрическій регуляторъ для двигателей, системы Каэ (Кауе).** Попытки примѣ-

нения электричества для регулирования выпуска пара в паровые машины не увенчались до сих пор большим успехом. Наоборот, применение такового для регулирования хода и остановки в случае опасности машин, в частности машин, приводящих в движение динамо, оказалось вполне практичным. Одним из применений такого применения является регулятор Каз.

Существенной его частью является защелка J, рычага J (фиг. 74), управляемая электромагнитом (фиг. 77): из притяжения электромагнитом якоря J, он освобождает рычаг H, находящийся на оси F

Фиг. 74.



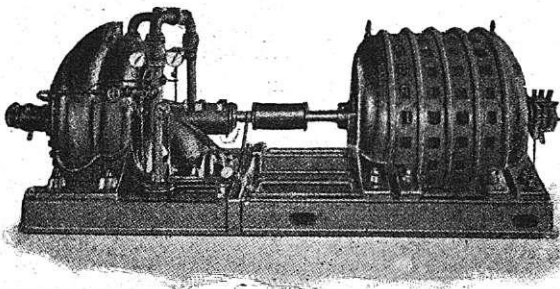
Фиг. 75.

Фиг. 76.

клапана ED, который, притягиваемый пружиной G, немедленно закрывает выходное отверстие В пара. Что же касается щелки J, то ее можно замыкать на разстоянии нажатием какой-либо кнопки L, что является одним из значительных преимуществ этой системы, или в РО, шарами R специального небольшого регулятора, если машина идет слишком скоро или, наконец, контактами T, T, если главный регулятор случайно остановится. В случае применения описываемого регулятора на паровой машине Корлисса, рычаг H может быть соединен посредством шнура, не с специальным паровпускным клапаном, но с пальцем Y, который поднимается в случае опасности, как на фиг. 79, и, поднимая за собой рычаг V, запирает, таким образом, паровпускной клапан V.

(L'Ecl. El. № 43).

**Самый большой электродвигатель.** На приведенных здесь фигурах 80 и 81 представлен



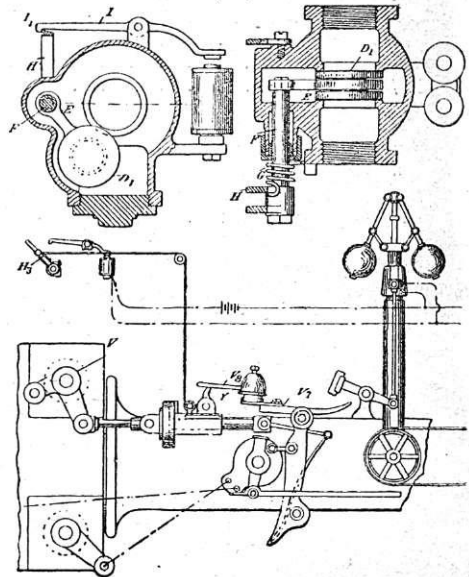
Фиг. 80.

двигатель в 1000 лошадиных сил, работающий двухфазным током, при 5000 вольт напряже-

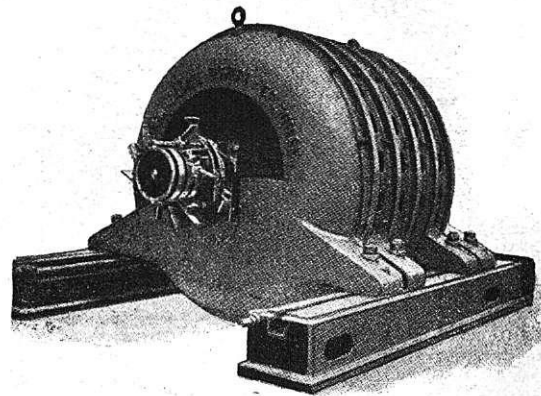
ния и сконструированный заводом Броун, Бовери и Комп. Он приводит в действие центробежный насос, дающий 455 оборотов в минуту. Этот насос поднимает воду на высоту 460 футов на Женевской водопроводной станции. Не менее замечательно то, что здесь центробежный насос

Фиг. 77.

Фиг. 78.



Фиг. 79.



Фиг. 81.

с успехом применяется для накачивания воды на такую большую высоту.

(Electr. Review. № 1192).

#### Испытание паровой турбины Парсонса.—

В виду того, что в настоящее время много говорить о применении паровых турбин на центральных станциях, мы считаем интересным привести результаты испытаний, произведенных над турбиной, приводящей в движение динамо в 1000 киловатт на новой центральной станции в Эльберфельде (Германия).

При скорости в 1500 оборотов в минуту, 4000 вольт и 50 периодов в секунду, динамо даст 1000 килов., при  $\cos \varphi = 0,8$ ; она соединена непосредственно с турбиной, и имеет на конце вала воз-



будитель; турбина имѣетъ двѣ группы лопастей: одну для высокаго давления и другую для низкаго.

Опыты надъ машинами были произведены въ присутствіи компетентныхъ экспертовъ, съ цѣлью опредѣлить расходъ пара при различныхъ нагрузкахъ, давление пара было равно 11 атм., т. е. 11 кгр. на кв. см. Были получены слѣдующіе результаты:

Нагрузка динамо въ киловатт.	Килогр. пара на киловатт-часъ.
1190,1 (перегрузка) . . . . .	8,62
994,8 (полная нагрузка) . . . . .	9,10
745,3 ( $\frac{3}{4}$ нагрузки) . . . . .	10,01
498,7 ( $\frac{1}{2}$ " ) . . . . .	12,50
246,5 ( $\frac{1}{4}$ " ) . . . . .	15,30

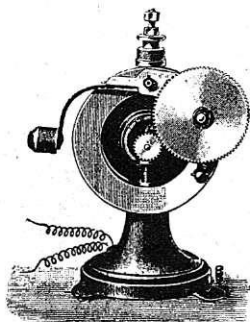
При ходѣ безъ нагрузки, но съ возбужденной динамо, турбина потребляла 1839 кгр. пара въ часъ, безъ возбужденія—1180. При давленіи въ 11 кгр., турбина давала легко 1740 до 1870 лощ. силъ. Кроме того, по контракту, при увеличеніи нагрузки скорость не должна была колебаться болѣе чѣмъ на 4%; по опытамъ же эта величина не превышала 3,6%; такіе же удовлетворительные результаты получались и при измѣненіяхъ нагрузки.

(L'Electricien).

**Новый электрическій звонокъ.**—Берлинская фирма П. Гардегенъ и К<sup>о</sup> выпустила недавно въ свѣтъ электрическій звонокъ, приводимый въ дѣйствіе миниатюрнымъ электродвигателемъ (фиг. 82 и 83). Какъ видно на фиг. 83, на ось электродвигателя, по-



Фиг. 82.



Фиг. 83.

мѣщеннаго подъ чашкой звонка, насажено небольшое зубчатое колесо, дѣйствующее на другую зубчатку большихъ размѣровъ. Послѣдняя снабжена нѣсколькими пальцами, поднимающими рычажокъ, оканчивающійся молоткомъ. Электродвигатели для звонка строятся для напряженій въ 6, 65, 110 и 220 вольтъ. Изнашиваніе подвижныхъ частей звонка, по мнѣнію Elektrotechnische Zeitschr., весьма незначительное.

(E. T. Z. 1900. Н. 17, стр. 335).

**Уменьшеніе утечки въ землю въ электрическихъ трамваяхъ съ возвратомъ тока чрезъ рельсы.** Для того, чтобы воспользоваться токомъ, уходящимъ въ землю, берлинское общество „Union Elektricitäts Gesellschaft“ соединяетъ различныя точки, удаленныя отъ станціи, изолированными кабелями съ одной изъ собирательныхъ полосъ центральной станціи, а двигатель вагона включаетъ между рельсами и общей полосой, такимъ образомъ, что часть возвратнаго тока обязательно должна пройти чрезъ двигатель. Двигатель будетъ производить нѣкоторую контр-электродвижущую силу, которую можно сдѣлать, извѣстнымъ регулированіемъ, приблизительно равной паденію напряженія въ изоли-

рованныхъ кабеляхъ. Механическая энергія двигателя можетъ быть использована для какихъ угодно цѣлей. (Bul. Int. de l'Electr.).

**Электрическая промышленность въ Германіи.** Во Франц. журналѣ „Bul. Int. d'Electr.“ мы находимъ интересную выдержку изъ отчета бельгійскаго консула въ Берлинѣ относительно современнаго состоянія электрической промышленности въ Германіи. Къ 1 марта 1900 года въ Германской Имперіи имѣлось 652 электрическихъ станціи, снабжающихъ обывателей города электрической энергіей для освѣщенія и двигателей. Въ это число не входятъ многочисленныя установки, служащія лишь для личныхъ потребностей владѣльцевъ, установки на фабрикахъ, въ мастерскихъ и для электрическихъ трамваевъ.

Статистическія данныя указываютъ на увеличеніе числа станцій на 163 и 122 станціи находятся въ постройкѣ. Всѣ станціи, за исключеніемъ 29, существовавшихъ въ 1889 году, построены въ послѣднія десять лѣтъ. Мѣстностей, обладающихъ центральными станціями, насчитывается 634. Число это отличается отъ числа станцій, такъ какъ, какъ извѣстно, многіе города имѣютъ нѣсколько центральныхъ станцій, а многія мѣстности пользуются отъ одной и той же центральной.

Это послѣднее обстоятельство, т. е. пользованіе нѣсколькими мѣстностями одной центральной станціей ясно представляется преимуществомъ электричества предъ газомъ; дѣйствительно распределеніе электричества на большую мѣстность дѣлаетъ устройство весьма экономичнымъ, даже и въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ пользованіе газомъ невозможно.

Большинство станцій постоянного тока (488) имѣютъ аккумуляторныя батареи, которыя представляютъ 37,9% общей мощности.

Въ качествѣ двигательной силы въ Германіи пользуются, главнымъ образомъ, энергіей пара, что объясняется недостатками гидравлической энергіи: 382 станціи работаютъ исключительно паромъ, 74—водой и 29—газомъ. Если принять во вниманіе, что среди станцій, работающихъ исключительно водяными двигателями, находится, наибольшая установка въ Германіи (Рейнфельденовская, мощностью 12000 киловатт) и что остальные 73—производятъ лишь 3674 киловатта, — то становится яснымъ незначительное количество установокъ подобнаго рода.

Не менѣе 144 установокъ пользуются совмѣстно паромъ и водой. Изъ 652 центральныхъ станцій, 166 принадлежатъ городамъ или обществамъ (коммунамъ) и 463—частнымъ владѣльцамъ и компаніямъ.

## Собранія членовъ VI отдѣла Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

Засѣданіе членовъ Отдѣла 28 апрѣля.

Н. М. Сокольскій прочелъ докладъ о телефотѣ А. А. Полумордвинова.

По предложенію Предсѣдателя, Собраніе благодарило докладчика за взятый имъ на себя трудъ ознакомленія Отдѣла съ проектируемой А. А. Полумордвиновымъ передачей видѣнія на разстояніе.

К. Д. Перскій замѣтилъ, что способъ сниманія изображеній, примѣняемый А. А. Полумордвиновымъ, — способъ Шерлера, повидимому наилучшій. Что же касается до предлагаемой г. Полумордвиновымъ мозаики изъ селеновыхъ кубиковъ, то это шагъ назадъ. Въ настоящее время ограничиваются 2—3 такими кубиками.

Способъ же, предлагаемый А. А. Полумордвиновымъ для полученія цвѣтнаго изображенія, по мнѣнію

К. Д. Перскаго заслуживаетъ полного вниманія, и по видимому болѣе осуществимъ, чѣмъ предлагаемый Шепаникомъ при помощи колеблющейся призмы.

Въ заключеніе К. Д. Перскій добавилъ къ историческому очерку развитія вопроса о видѣніи на разстояніе, сдѣланному Н. М. Сокольскимъ, нѣсколько словъ о работахъ А. М. Кованько совмѣстно съ проф. П. П. Фанъ-деръ-Флитомъ.

Кромѣ того, въ преніяхъ по поводу доклада приняли участіе А. И. Смирновъ, Вл. А. Тюринъ и Я. И. Ковальскій.

Собраніе просило А. И. Смирнова взять на себя представительство VI Отдѣла И. Р. Т. О. на приемѣ Общества гражданскихъ инженеровъ, устраиваемомъ по случаю Всемирной Выставки въ Парижѣ.

Собраніе просило Н. Гр. Егорова взять на себя представительство VI Отдѣла И. Р. Т. О. на международномъ конгрессѣ электриковъ въ Парижѣ.

Собраніе постановило просить напечатать статью А. А. Полумурдвинова о телефотѣ въ Запискахъ Общества.

#### *Засѣданіе членовъ Отдѣла 3 ноября.*

А. И. Смирновъ доложилъ Отдѣлу объ участіи VI Отдѣла на Парижской Всемирной выставкѣ, при чемъ сообщилъ, что экспонаты Отдѣла обратили на себя общее вниманіе и что экспертное жури присудило русскимъ электротехникамъ высшую награду—Grand Prix, при чемъ рѣшило выдать ее VI Отдѣлу Императорскаго Русскаго Техническаго Общества. Сдѣлавъ краткій обзоръ участія русскихъ въ электротехническомъ отдѣлѣ выставки, А. И. Смирновъ указалъ въ заключеніе на то общее сочувствіе, которое проявилось въ средѣ французскихъ электротехниковъ къ трудамъ русскихъ и предложилъ почтить французскихъ электротехниковъ внесеніемъ въ Совѣтъ Общества ходатайства объ избраніи въ почетные члены Общества академика Маскара и инженера Ипполита Фонтена. Предложеніе принято единогласно.

По предложенію Предсѣдателя, Собраніе благодарило составителей очерка работъ русскихъ по электротехникѣ съ 1800 по 1900 годъ Я. И. Ковальскаго, Н. А. Рейхеля, Н. М. Сокольскаго, Вл. А. Тюрина, Н. Ф. Савельева и любезно принявшаго на себя трудъ перевода очерка на французскій языкъ А. А. Ковальскаго.

А. И. Смирновъ, сообщивъ объ открытіи при Электротехническомъ Институтѣ Русскаго Электрическаго Общества предложилъ привѣтствовать новое общество отъ имени старѣйшаго русскаго электротехническаго общества—VI Отдѣла Императорскаго Русскаго Техническаго Общества и пожелать ему плодотворной дѣятельности и полныхъ успѣховъ на пользу и славу русской науки. Предложеніе принято единогласно.

Въ виду того, что собравшееся число членовъ достаточно для производства выборовъ въ непрѣмные члены Отдѣла, таковые произведены подачею избирательныхъ записокъ. Избранными оказались:

Ч. К. Скржинскій.

Н. В. Поповъ.

Н. М. Сокольскій.

Н. Н. Георгіевскій.

Вл. А. Тюринъ.

П. А. Ковалевъ.

Г. Ф. Бѣлопольскій.

Число поданныхъ записокъ—29.

Въ виду того, что остальные получили менѣе половины общаго числа поданныхъ записокъ была произведена перебаллотировка, при чемъ избраны: А. А. Вороновъ, П. К. Войводъ, Я. И. Ковальскій, А. Г. Коганъ, М. М. Курбановъ, Н. Ф. Савельевъ, Л. И. Толочко, Л. Р. Шведе и Э. Р. Ульманъ.

Счетъ голосовъ производилъ Г. Ф. Бѣлопольскій и М. М. Курбановъ.

Ч. К. Скржинскій прочелъ докладъ „Электротех-

ника на Парижской выставкѣ 1900 года“, по слѣдующей программѣ:

а) Полученіе электрической энергіи и распределеніе ея на самой выставкѣ;

б) Изображеніе нѣкоторыхъ динамомашинъ съ указаніемъ на ихъ особенности;

в) Примѣненія электрической энергіи для разныхъ механизмовъ;

г) Подвижныя панели;

д) Экспонаты Вестингауза, завода въ Крезе, въ Эрликонѣ и др.

е) Сравненіе выставленныхъ предметовъ, доставленныхъ разными государствами;

ж) Электрическая иллюминація.

Собраніе благодарило докладчика за весьма интересный докладъ.

### Русское Электрическое Общество, состоящее при Электротехническомъ Институтѣ Императора Александра III.

Осенью текущаго года открылось въ С.-Петербургѣ новое Научно-Техническое Общество, поставившее себѣ цѣлью содѣйствовать развитію и распространенію знаній по электричеству и его примѣненіямъ.

Это Общество, получившее названіе «Русскаго Электрическаго Общества», учреждено при Электротехническомъ Институтѣ Императора Александра III. Возникло оно по инициативѣ небольшого кружка лицъ, преимущественно изъ профессоровъ и лаборантовъ Электротехническаго Института и другихъ высшихъ учебныхъ заведеній, интересующихся электротехникой и вообще наукой объ электричествѣ, внесшаго въ Совѣтъ Института предложеніе учредить Общество и проектъ его устава. Совѣтъ Института отнесся въ высшей степени сочувственно къ идее учрежденія при Институтѣ Научно-Техническаго Общества и въ рядѣ засѣданій, въ нѣкоторыхъ изъ которыхъ принимали участіе многіе извѣстнѣйшіе спеціалисты по разнымъ отдѣламъ науки и техники, выработалъ окончательный проектъ устава Общества, который и былъ утвержденъ затѣмъ Министерствомъ Внутреннихъ Дѣлъ.

Идея образовать Общество именно при Электротехническомъ Институтѣ возникла у инициаторовъ Общества по слѣдующимъ соображеніямъ: опыты многихъ ученыхъ и техническихъ Обществъ, какъ русскихъ, такъ и иностранныхъ, показали, что каждое Общество живетъ полною жизнью, главнымъ образомъ, тогда, когда оно имѣетъ въ числѣ своихъ членовъ значительное число лицъ, исключительно посвятившихъ себя дѣятельности въ той области науки и техники, разработка которыхъ составляетъ предметъ занятій Общества. Такими лицами несомнѣнно являются профессора, преподаватели и лаборанты Электротехническаго Института и, такъ какъ всѣ эти лица несомнѣнно всегда будутъ членами Общества, состоящаго при Институтѣ, то и является желаніе связать Общество съ Институтомъ.



Далѣ, для каждаго научно-техническаго общества въ высшей степени важно имѣть въ своемъ распоряженіи различныя лабораторіи, мастерскія и т. п. Для созданія собственныхъ учреждений подобнаго рода требуются громадныя средства, какихъ не имѣетъ ни одно изъ существующихъ въ Россіи Обществъ. Между тѣмъ, въ Электротехническомъ Институтѣ они всѣ имѣются и Общество, состоящее при Институтѣ, можетъ ими воспользоваться. Наконецъ, для всякихъ собраній Общества необходимо имѣть помѣщеніе, а для докладовъ съ опытами и демонстраціями необходимо еще, чтобы это помѣщеніе было специально для этого приспособлено. Опять таки, устройство такого помѣщенія очень затруднительно для Общества, Институтъ же можетъ предоставить таковое въ распоряженіе Общества.

Кромѣ такихъ, такъ сказать, матеріальныхъ причинъ, вызывавшихъ желаніе связать Общество съ Институтомъ, была одна крайне важная, но совершенно другаго характера. Состоя при Институтѣ, Общество несомнѣнно заинтересуетъ студентовъ Института, которые, будучи еще студентами, будутъ ознакомляться съ его дѣятельностью и затѣмъ, окончивая Институтъ, будутъ становиться полезнѣйшими его членами. Всѣ эти соображенія были одобрены Совѣтомъ Института и сообразно имъ и былъ выработанъ уставъ Общества. Главнѣйшее отличіе этого устава, сравнительно съ уставами другихъ однородныхъ обществъ, состоитъ въ томъ, что въ составъ Общества введена, кромѣ обычныхъ категорій членовъ (почетныхъ, дѣйствительныхъ и соревнующихся), новая категорія, подъ названіемъ «студентовъ-сотрудниковъ». Студентами-сотрудниками могутъ быть всѣ студенты Электротехническаго Института. Они имѣютъ право дѣлать сообщенія и доклады въ научно-техническихъ собраніяхъ, принимать участіе въ преніяхъ по поводу этихъ докладовъ и т. д. Кромѣ того, студенты-сотрудники устраиваютъ спеціальныя студенческія Собранія для чтенія рефератовъ, сообщеній учебнаго характера и т. п. На этихъ собраніяхъ могутъ конечно бывать всѣ члены Общества. Предсѣдательствуетъ на нихъ особое лицо, выбираемое Совѣтомъ Общества. Въ помощь предсѣдателю студенты-сотрудники выбираютъ изъ своей среды двухъ секретарей.

Введеніе въ Общество этой категоріи членовъ, конечно, послужитъ къ обоюдной пользѣ: студентамъ оно дастъ возможность многому научиться Обществу же дастъ много молодыхъ силъ.

Учрежденіе Общества встрѣчено было очень сочувственно всѣми лицами, близко стоящими къ наукѣ и технику и ко дню открытія Общества въ его составъ вошли, въ качествѣ учредителей, свыше ста лицъ.

Открылось Общество 15-го октября, когда состоялось собраніе учредителей для выбора долж-

ностныхъ лицъ Общества. Предсѣдателемъ на 1900—1901 годъ былъ избранъ Н. Н. Качаловъ, товарищемъ предсѣдателя—А. С. Поповъ.

Черезъ недѣлю уже послѣ этого учредительнаго Собранія состоялось первое Научно-Техническое Собраніе, за которымъ, каждаго двѣ недѣли, слѣдовали другія. На происходившихъ собраніяхъ былъ сдѣланъ рядъ сообщеній, какъ теоретическаго характера, такъ и имѣющихъ чисто практическое значеніе. Краткія резюме этихъ докладовъ напечатаны въ «Протоколахъ Собраній Русскаго Электрическаго Общества», издаваемыхъ Обществомъ. Нѣкоторые изъ докладовъ въ полномъ видѣ будутъ напечатаны въ нашемъ журналѣ; напр. докладъ В. Ф. Миткевича—объ алюминіевыхъ выпрямителяхъ переменнаго тока, А. А. Кузнецова—о способахъ измѣренія частоты переменныхъ токовъ, В. К. Лебединскаго—о дѣйствіи ультрафіолетоваго свѣта на искру, М. А. Шателена—о приборѣ, служащемъ для наблюденія нѣкоторыхъ явленій, происходящихъ въ цѣпи переменнаго тока, А. Л. Гершуна—о нѣкоторыхъ свойствахъ синусоидальныхъ выпрямленныхъ токовъ и т. д. Особый интересъ всѣмъ этимъ докладамъ придавало то обстоятельство, что всѣ они сопровождались многочисленными демонстраціями и опытами, воспроизвести которые оказалось возможнымъ только благодаря средствамъ, предоставленнымъ докладчикамъ различными лабораторіями Электротехническаго Института.

Такимъ образомъ, новое Общество начало свою дѣятельность и надо надѣяться будетъ долго продолжать ее на пользу общую.

*М. Шателень.*

## Электротехника въ Россіи.

**Электрическая станція въ г. Тулѣ.**—9-го сего ноября слѣдовало открытіе электрической станціи, въ г. Тулѣ.

Въ машинномъ отдѣленіи станціи работаютъ пока три 140-сильныхъ вертикальныхъ паровыхъ машины компаундъ съ охлажденіемъ, изъ которыхъ каждая приводитъ въ дѣйствіе, посредствомъ ременной передачи, по 1 динамомашинѣ постоянного тока, мощностью въ 84 киловаттъ, при напряженіи въ 260 вольтъ у зажимовъ.

Въ настоящее время установлено три паровыхъ котла, каждый поверхностью нагрева въ 100 кв. метровъ при 10 атм. рабочаго давленія пара.

Сѣть проводовъ по двухпроводной системѣ состоитъ частью изъ подземныхъ кабелей, частью изъ воздушныхъ проводовъ. Напряженіе у зажимовъ лампъ—235 вольтъ. Для уличнаго освѣщенія установлены 100 дуговыхъ лампъ по 8—10 амп.; число присоединенныхъ къ сѣти или заявленныхъ къ присоединенію калільных лампъ въ день открытія было около 1200. Тарифъ для частныхъ абонентовъ 30 коп. за киловаттъ—часъ.

Станція построена за счетъ города Акп. Обществомъ Русскихъ Электротехническихъ Заводовъ „Сименсъ и Гальске“ въ С.-Петербургѣ.

Редакторъ А. И. Смирновъ.