

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

ИМПЕРАТОРСКАГО РУССКАГО ТЕХНИЧЕСКАГО ОБЩЕСТВА.

Электрическая желѣзная дорога Файе-Шамони и ея значеніе въ вопросѣ объ электрической тягѣ на магистральныхъ линияхъ.

Статья инж. путей сообщенія Г. Д. Дубелира.

Значеніе перемѣнъ, которыя вызвало бы во всемъ строѣ желѣзнодорожной эксплуатаціи введеніе электрической тяги взаменъ паровой, такъ глубоко, и эти перемѣны такъ необычны съ точки зрѣнія современныхъ желѣзнодорожныхъ нормъ, что какъ-то невольно является сомнѣніе даже относительно такихъ свойствъ новаго рода тяги, возможность которыхъ, казалось, могла бы быть подтверждена самыми элементарными соображеніями и вычислениями. Поэтому очевидно, что только данныя непосредственнаго опыта могутъ послужить достаточно прочнымъ основаніемъ для рѣшенія произвести радикальныя измѣненія въ столь сложномъ и важномъ дѣлѣ, какъ желѣзнодорожное хозяйство.

Однако продѣлать этотъ опытъ во всей его широтѣ и въ настоящихъ условіяхъ, т. е. ввести электрическую тягу на какой-либо магистральной желѣзной дорогѣ, было бы связано съ миллионными затратами и громаднымъ рискомъ въ смыслѣ надежности и цѣлесообразности такой эксплуатаціи. Поэтому, на первое время, естественно приходится ограничиваться лишь изученіемъ результатовъ разныхъ предварительныхъ опытовъ примѣненія электрической тяги, или на устроенныхъ исключительно для опытовъ участкахъ, вродѣ линіи Берлинъ—Цоссенъ, или на различныхъ небольшихъ линіяхъ, гдѣ введеніе такой тяги оправдывается тѣми или другими специальными условіями. Такіе опыты, если и не даютъ возможности обнять вопросъ во всей его полнотѣ, то, по крайней мѣрѣ, позволяютъ фактически провѣрить цѣлый рядъ разныхъ сторонъ новой тяги, весьма существенныхъ для желѣзнодорожнаго дѣла.

Вотъ, именно, съ этой-то точки зрѣнія и представляетъ большой интересъ открытая лѣтомъ 1901 года электрическая желѣзная дорога Файе—Шамони. Сама по себѣ эта ли-

нія, длиной всего 19 километровъ, съ узкой колеи и весьма слабымъ движеніемъ, имѣетъ, конечно, мало общаго съ магистралями и отвѣчаетъ лишь очень узкимъ мѣстнымъ задачамъ, преимущественно перевозкѣ пассажировъ. Мало того, даже и въ предѣлахъ этой специальной задачи, ея рѣшеніе съ технической точки зрѣнія, какъ увидимъ, далеко нельзя считать блестящимъ. Эту дорогу постигла отчасти участь многихъ другихъ электрическихъ линій,—за время постройки этой дороги техника электрической тяги успѣла на столько шагнуть впередъ, что къ моменту открытія дороги, ея оборудованіе явилось технически устарѣвшимъ.

Тѣмъ не менѣе линія Файе—Шамони замѣчательна тѣмъ, что на ней впервые проявились въ дѣйствительности какъ разъ такія стороны электрической тяги, которыя, будучи приложены къ условіямъ магистральныхъ линій, могутъ дать ей серьезный перевѣсъ надъ паровой тягой. На самомъ дѣлѣ, на этой линіи въ первый разъ можно наблюдать поѣздъ изъ 6 товарныхъ вагоновъ, общимъ вѣсомъ до 170 тоннъ, свободно поднимающийся по небывалому доселѣ крутому для рельсовыхъ путей подъему въ 90 тысячныхъ.

Хотя существовали и раньше линіи съ еще болѣе крутыми подъемами, въ 250 и даже болѣе тысячныхъ, однако это были или зубчатая дорога, типъ которыхъ не пригоденъ для желѣзныхъ дорогъ съ большими размѣрами перевозки, или трамваи, гдѣ можно удовлетворить условіямъ движенія, пуская вагоны по одиночкѣ. Но желѣзнодорожный поѣздъ до сихъ поръ еще никогда не подымался по такому подъему.

Слѣдуетъ, впрочемъ, тутъ же замѣтить, что съ точки зрѣнія проектированія магистральныхъ линій интересъ этого факта заключается, въ сущности, не въ самомъ подъемѣ, а въ возможности прохожденія по нему поѣзда. На самомъ дѣлѣ, подъемъ въ 90 тысячныхъ слишкомъ великъ для обыкновенныхъ условий трасированія желѣзной дороги—такимъ подъемомъ на каждой верстѣ пути можно подняться на цѣлыхъ 45 саж. Если не считать такихъ мѣстъ, какъ Альпы, Кавказъ и пр., то едва-ли гдѣ-нибудь, а особенно у насъ, въ Европейской

России, можетъ появиться надобность въ такой крутизнѣ. Затѣмъ, если по подъему 90 тысячныхъ еще и можно удобно подыматься вверхъ, то нельзя того же сказать о спускѣ внизъ; особенно при сколько-нибудь значительной скорости, напримѣръ, хотя бы 15 верстъ въ часъ; мы увидимъ далѣе, какими осложнениями отразилось это на конструкціи пути линіи Файе—Шамони. Главный же интересъ движенія по такому подъему—это развиваемая поѣздомъ громадная сила тяги. Всѣ поѣзды, обращающіеся на описываемой линіи, составляютъ отъ 120 до 175 тоннъ; для того, чтобы тронуть съ мѣста на подъемѣ въ 9% такой поѣздъ, требуется, на каждую тонну вѣса поѣзда, сила тяги не менѣе 100—105 кгр., а всего около 18.000 кгр. Въ данномъ случаѣ эта сила затрачивается на перевозку поѣзда изъ 6 вагоновъ-двигателей по очень крутому подъему. Очевидно, однако, что ту же самую силу можно было бы использовать и другимъ способомъ, а именно, ограничиваясь преодоленіемъ меньшаго подъема, но увеличивая зато число вагоновъ въ поѣздѣ, не снабженныхъ двигателями. Такъ, напримѣръ, если задаться подъемомъ въ 15 тысячныхъ и силой тяги въ 20 кгр. на тонну, то полный вѣсъ поѣзда, который могли бы тащить по этому подъему вышеупомянутые 6 вагоновъ-двигателей, опредѣлится въ 900 тоннъ, что соответствуетъ составу въ 45 груженыхъ товарныхъ вагоновъ, т. е. почти наибольшему составу, обращающемуся на нашихъ дорогахъ.

Замѣтимъ, что на вышеупомянутомъ подъемѣ въ 90 тысячныхъ сцепленіе колесъ съ рельсами еще далеко не было использовано, и поэтому можно быть увѣреннымъ, что нашъ поѣздъ въ 45 вагоновъ, изъ которыхъ 6 снабжены электродвигателями, навѣрно могъ бы преодолѣть подъемы и въ 20—25 тысячныхъ. Вотъ это-то и имѣетъ громадное значеніе для магистральныхъ линій, проходящихъ даже по сравнительно равниннымъ странамъ, вродѣ Европейской Россіи. При всякомъ пересѣченіи значительной рѣчной долины, пользование такимъ усиленнымъ подъемомъ, въ 20 тысячныхъ вмѣсто обычныхъ 8, можетъ весьма значительно сократить расходы по сооруженію и ремонту пути. При такомъ подъемѣ можно или сократить на нѣсколько верстъ общую длину линіи, или же во всякомъ случаѣ уменьшить ту часть ея протяженія, гдѣ она, подымаясь по лощинамъ и косогорамъ разныхъ рѣчекъ и овраговъ, требуетъ при своемъ сооруженіи устройства громаднаго количества всякаго рода мостовъ, каменныхъ трубъ и т. п., дорого стоящихъ и требующихъ усиленнаго надзора при эксплуатаціи. Такимъ принципомъ возможнаго увеличенія предѣльнаго подъема на особенно трудныхъ участкахъ дороги, въ послѣднее время, широко пользуются и въ паровой желѣзнодорожной практикѣ. При трассированіи многихъ новыхъ линій, напримѣръ, Владикавказской, Китайской Восточной и другихъ ж. д., старались на

сколько возможно долѣе идти пологими подъемами не выше 6 тысячныхъ, допускающими обращеніе тяжелыхъ поѣздовъ, но зато на отдѣльныхъ короткихъ участкахъ увеличивали величину этого подъема сразу до 12—15 тысячныхъ, въ предположеніи, что на этихъ участкахъ тяга будетъ производиться съ помощью дополнительныхъ подталкивающихъ паровозовъ. Электрическая тяга дастъ возможность гораздо болѣе широко воспользоваться этимъ способомъ, доведя предѣльный подъемъ, напримѣръ, до 20—25 тысячныхъ, и, тѣмъ самымъ, значительно усиливъ всѣ выгоды такой трассировки. Въ то же время явится возможность избѣгать нѣкоторыхъ неудобствъ движенія съ подталкивающими паровозами, вродѣ уменьшенія скорости, большого расхода топлива и т. д. Примѣненіе же электричества на такихъ короткихъ и особенно трудныхъ участкахъ дороги въ видѣ вспомогательнаго средства къ паровозамъ очевидно не связано ни съ такими громадными миллионными затратами и ни съ рискомъ, какъ при введеніи электричества взамѣнъ пара на полной длинѣ какой-нибудь магистральной дороги.

Сила тяги, подобная развиваемой поѣздами линіи Файе—Шамони достигается уже не впервые электрическими двигателями. Такъ, локомотивы линіи Балтимора—Огайо *) развиваютъ даже большую силу тяги, доходящую при троганіяхъ съ мѣста до 24.000 кгр. Для нашихъ дорогъ, впрочемъ, такая сила тяги не имѣетъ серьезнаго значенія, такъ какъ стаяжные приборы, соединяющіе отдѣльные вагоны въ поѣздъ, имѣютъ у насъ предѣломъ своего сопротивленія 10.000 кгр. Поэтому, напримѣръ, сила тяги тяжелыхъ товарныхъ паровозовъ съ двойной машиной, системы Малле (Mallet), на Московско-Казанской ж. д., имѣющихъ сцепной вѣсъ 86 тоннъ, т. е. почти одинаковый съ упомянутыми электровозами Балтимора—Огайо, оказалась на столько велика, что заднюю часть поѣзда, во избѣжаніе разрыва стаяжекъ, пришлось прикрѣплять непосредственно къ тендеру при помощи стального каната. Наоборотъ, если сила тяги распределена, какъ на линіи Файе—Шамони, между нѣсколькими вагонами-двигателями, то, при соответствующемъ размѣщеніи ихъ въ поѣздѣ, очевидно можно, не увеличивая напряженія въ стаяжкахъ выше допускаемаго предѣла, увеличить силу тяги, т. е. или число вагоновъ въ поѣздѣ, или предѣльный подъемъ.

Мы только что говорили о томъ, какія выгоды достигаются увеличеніемъ подъема; еще болѣе серьезныя выгоды въ смыслѣ сокращенія эксплуатационныхъ расходовъ могутъ быть достигнуты путемъ увеличенія числа вагоновъ въ поѣздѣ. На самомъ дѣлѣ, цѣлый рядъ желѣзнодорожныхъ эксплуатационныхъ расходовъ зависитъ не столько отъ количества перевозимаго

*) См. Э—во, 1900 г. № 3, стр. 39.

груза, сколько отъ числа поѣздовъ. Таковы расходы на личный составъ поѣздной и паровозной прислуги, расходы по ремонту и отчасти даже по отопленію паровозовъ, наконецъ, расходы по содержанію пути въ исправности, возрастающіе съ увеличеніемъ числа проходящихъ паровозовъ и съ уменьшеніемъ интерваловъ между поѣздами. Извѣстный американскій инженеръ Веллингтонъ въ своемъ классическомъ сочиненіи объ экономическихъ основахъ проведенія желѣзныхъ дорогъ приводитъ подробные расчеты, изъ которыхъ слѣдуетъ, что путемъ сокращенія на данной дорогѣ числа поѣздовъ вдвое при одномъ и томъ же количествѣ перевозимаго груза, эксплуатационные расходы могутъ быть сокращены, на 30%. Поэтому въ послѣднее время, на желѣзныхъ дорогахъ съ большимъ грузовымъ движеніемъ нерѣдко не останавливаются передъ милліонными затратами, что бы путемъ смягченія уклоновъ и др. добиться хотя бы небольшого увеличенія состава поѣздовъ, напримѣръ, на 10%. Можно думать, что уже при настоящемъ состояніи электротехники, на нѣкоторыхъ участкахъ дорогъ съ густымъ товарнымъ движеніемъ и съ труднымъ существующимъ профилемъ, введеніе электрической тяги съ той же цѣлью,—увеличенія состава поѣзда—но только въ гораздо болѣе широкихъ размѣрахъ чѣмъ путемъ переустройства полотна,—не замедлило бы дать громадныя выгоды.

Упомянутая непосредственная экономія при сооруженіи и эксплуатации желѣзныхъ дорогъ еще не исчерпываетъ, однако, всего значенія того переворота въ желѣзнодорожномъ дѣлѣ, который повлечетъ за собой тяга поѣздовъ нѣсколькими электрическими вагонами взамѣнъ паровозовъ.

Примѣненіе товарныхъ поѣздовъ, число вагоновъ въ которыхъ можетъ, смотря по надобности, измѣняться въ широкихъ предѣлахъ, повлечетъ за собой значительное увеличеніе коммерческой скорости перевозки грузовъ по желѣзнымъ дорогамъ, т. е. сокращеніе полного времени затрачиваемаго отъ отправленія груза до его полученія. Скорость эта въ настоящее время чрезвычайно мала, достигая для нашихъ дорогъ вообще не болѣе 100 верстъ въ сутки, т. е. въ среднемъ только 4 версты въ часъ. Такая весьма малая скорость обуславливается, главнымъ образомъ, простоемъ вагоновъ на большихъ и въ особенности узловыхъ станціяхъ *). Собственно же пробѣгъ вагоновъ, вмѣстѣ съ необходимыми остановками для набора воды паровозомъ и пропуска другихъ поѣздовъ, составляетъ только 25% всего времени нахождения вагоновъ въ пути; такъ что, въ сущности, на каждыя сутки движенія товарные вагоны трое сутокъ стоятъ на мѣстѣ.

*) См. статью инж. А. Фролова „Наблюденія надъ манерами“ № 10 Изв. Собр. Инж. Пут. Сообщ. за 1899 г.

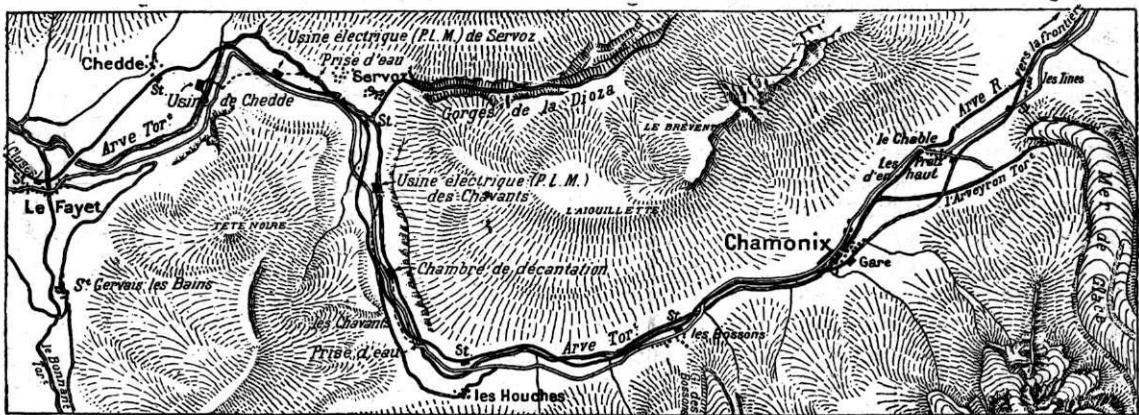
Поэтому, дѣйствительное ускореніе перевозки грузовъ можетъ быть достигнуто не столько увеличеніемъ скорости самыхъ поѣздовъ, сколько уменьшеніемъ такихъ непроизводительныхъ стоянокъ. Одной изъ главныхъ причинъ такихъ стоянокъ является выжиданіе вагонами очереди отправки по данному направленію съ какой-либо узловой станціи. Это выжиданіе можетъ быть обусловлено одной изъ двухъ причинъ, совершенно противоположнаго характера. Или бываетъ, что въ данномъ узлѣ скопляется очень много вагоновъ, которые должны идти по одному и тому же направленію. Такъ какъ по этому направленію можетъ, вообще говоря, отправляться только определенное, ограниченное число поѣздовъ и въ каждомъ поѣздѣ только определенное, наибольшее число вагоновъ, то, очевидно вагоны должны ждать очереди своего отправленія, какъ только пропускная способность линіи, выходящей съ данной узловой станціи, окажется менѣе числа прибывающихъ на нее съ другихъ направленій вагоновъ. Какъ только это скопленіе переходитъ за извѣстный предѣлъ, станція загромождается такими ожидающимися очереди вагонами и, вмѣстѣ съ тѣмъ, перестаетъ исполнять свои функціи по приему и разсортировкѣ вагоновъ разныхъ направленій, тогда уже происходитъ замѣшательство въ движеніи по всѣмъ выпадающимъ въ данный узелъ линіямъ; это замѣшательство со всѣми своими роковыми послѣдствіями въ родѣ задержекъ и т. д. продолжается до тѣхъ поръ, пока данный узелъ не будетъ очищенъ отъ вагоновъ, ожидающихъ очереди отправки.

Однако такіе случаи бываютъ, къ счастью, еще сравнительно рѣдко, только при усиленныхъ по какой-нибудь причинѣ перевозкахъ, превышающихъ пропускную способность дорогъ. Обыкновенно же простой вагоновъ обуславливается причиной прямо противоположнаго характера: слишкомъ слабымъ движеніемъ. Вагонъ, пришедшій на данную узловую станцію, стоитъ на ней до тѣхъ поръ, пока не наберется полное количество вагоновъ, необходимое для возможности отправленія цѣлаго поѣзда по данному направленію; если такой поѣздъ набирается, напримѣръ, разъ въ сутки, что средній простой вагоновъ на этой станціи будетъ 12 часовъ (считая что первые вагоны пришли вскорѣ послѣ ухода предыдущаго поѣзда, а послѣдніе передъ отправленіемъ даннаго).

Предыдущія соображенія ясно указываютъ какое колоссальное значеніе можетъ имѣть возможность, какъ отправленія при усиленномъ движеніи, напримѣръ, вдвое болѣе длиннаго поѣзда по сравненію съ нормальнымъ, такъ и возможности дѣленія этого послѣдняго на нѣсколько малыхъ поѣздовъ въ случаѣ слабого движенія. Подобная эластичность въ эксплуатации не только увеличила бы скорость грузовъ, и предупреждала бы въ нѣкоторыхъ случаяхъ образованіе замѣшательства въ движеніи по

цѣлой сѣти дорогъ, но очевидно еще тѣмъ самымъ и увеличила бы въ значительной степени утилизацію всѣхъ товарныхъ вагоновъ на всѣхъ нашихъ дорогахъ.

Разумѣется, все это относится только къ электрической тягѣ съ помощью нѣсколькихъ вагоновъ-двигателей, какъ, напримѣръ, на линіи Файе—Шамони. При тягѣ же отдѣльными электрическими локомотивами никакихъ существенныхъ выгодъ по сравненію съ паровозами не будетъ, такъ какъ составъ поѣзда также въ этомъ случаѣ ограниченъ сѣльнымъ вѣсомъ локомотива и предѣльнымъ подъемомъ.



Фиг. 1. Направленіе линіи Файе-Шамони.

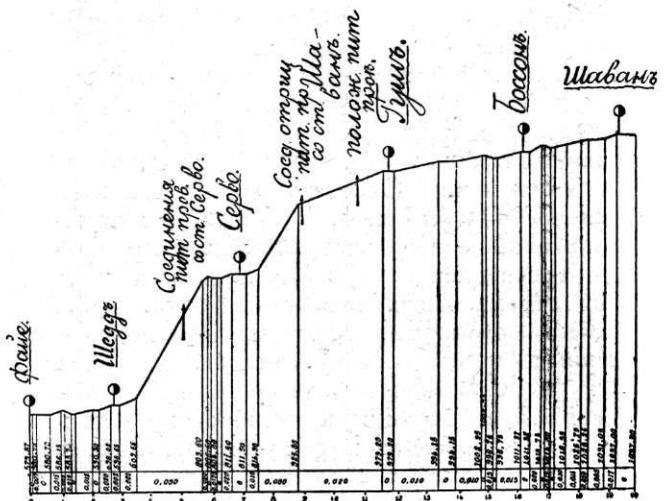
Помимо такого общаго интереса линіи Файе—Шамони въ смыслѣ нагляднаго доказательства возможности достиженія, путемъ примѣненія нѣсколькихъ электрическихъ двигателей въ поѣздѣ, результатовъ совершенно недостижимыхъ паровозомъ, эта линія заслуживаетъ вниманія также и нѣкоторыми деталями своего устройства, обусловленными своеобразными условиями ея сооруженія и эксплуатаціи, къ описанію которыхъ мы теперь и перейдемъ.

Планъ и профиль линіи.

Линія Файе—Шамони находится въ юго-восточномъ углу Франціи, около пункта, гдѣ сходятся границы Франціи, Швейцаріи и Италіи. Линія эта представляетъ изъ себя продолженіе ширококолейной паровой желѣзной дороги отъ Анмассъ (Annemasse) вблизи Женевы до Файе, выстроенной тѣмъ же обществомъ желѣзной дороги Парижъ—Лионъ—Средиземное море. Къ слову сказать, это общество наравнѣ съ другими большими французскими желѣзнодорожными компаниями (Сѣверной ж. д., Западной ж. д.) не мало потрудилося надъ опытами примѣненія у себя электрической тяги; сначала на линіи Монмартръ - Беродьеръ (Montmartre-Beraudiere, 1894), а затѣмъ съ электровозомъ для курьерскихъ поѣздовъ (1899) разработка проекта которыхъ, равно какъ и описываемой дороги, принадлежитъ инженеру Оверъ (M. Auvart).

Какъ видно изъ фиг. 1, линія трассирована въ планѣ, придерживаясь все время долины рѣки Арвѣ, тѣмъ не менѣе, необыкновенная разность высотъ (около 450 метровъ между конечными пунктами, отстоящими всего на разстояніи 19 километровъ), вызвала примѣненіе въ профили вышеупомянутыхъ подъемовъ въ 90 и 80 тысячныхъ (фиг. 2). Такіе подъемы встрѣчаются впрочемъ въ профили только въ двухъ мѣстахъ, занимая всего около 3 километровъ длины; на остальномъ же протяженіи линія идетъ слабыми подъемами не выше 20 тысячныхъ. Минимальный радиусъ закругленій

равняется 150 метрамъ. По всей длинѣ линіи, проходящей въ такой трудной мѣстности пришлось, разумѣется, устроить цѣлый рядъ подпорныхъ стѣнокъ, виадуковъ и тоннелей (фиг. 3, 4, 5). Путь уложенъ рельсами виньольевского типа



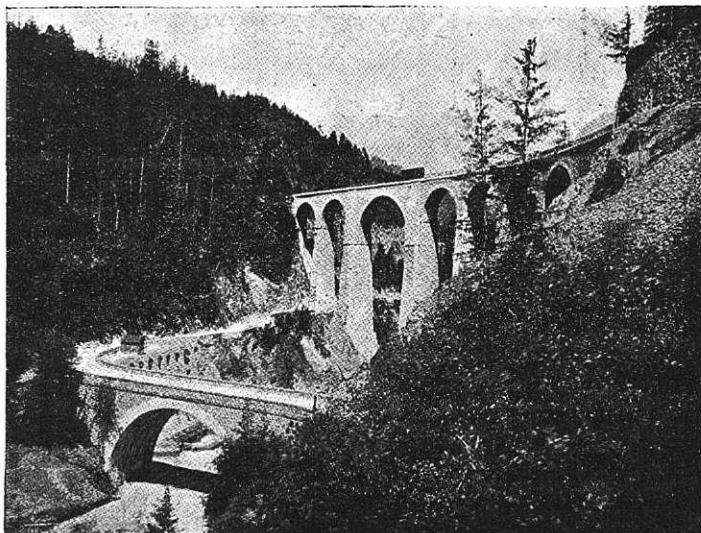
Фиг. 2. Продольный профиль электр. ж. д. Файе-Шамони.

вѣсомъ около 26 фунтовъ въ пог. футѣ. Ширина колеи—одинъ метръ. Чтобы воспрепятствовать вреднымъ движеніямъ рельсового пути на крутыхъ подъемахъ, рельсы прикрѣплены къ

шпаламъ особыми противоугонными уголковыми подкладками, горизонтальная полка которыхъ прикрѣпляется тремя шурупами къ шпалѣ, а вертикальная присоединяется къ шейкѣ рельса

обкладкой щебнемъ, что, повидимому, дало даже лучшіе результаты, нежели менѣе упругое закрѣпленіе въ бетонъ.

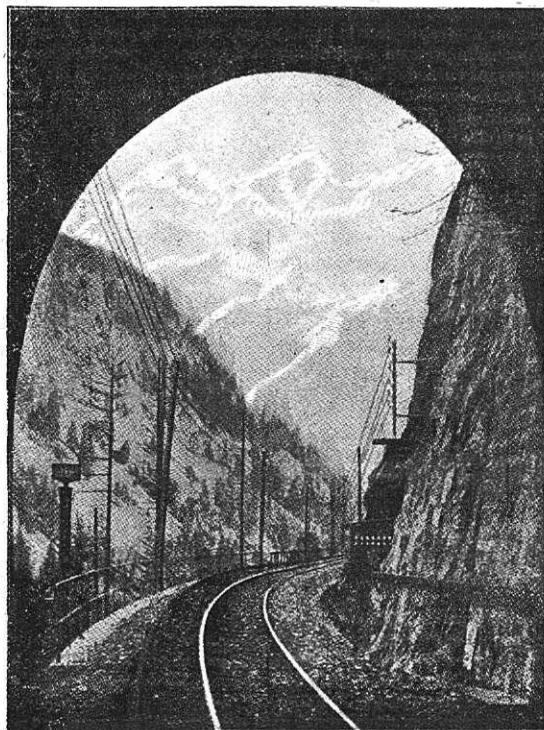
Хотя сила сцепленія колесъ съ рельсами



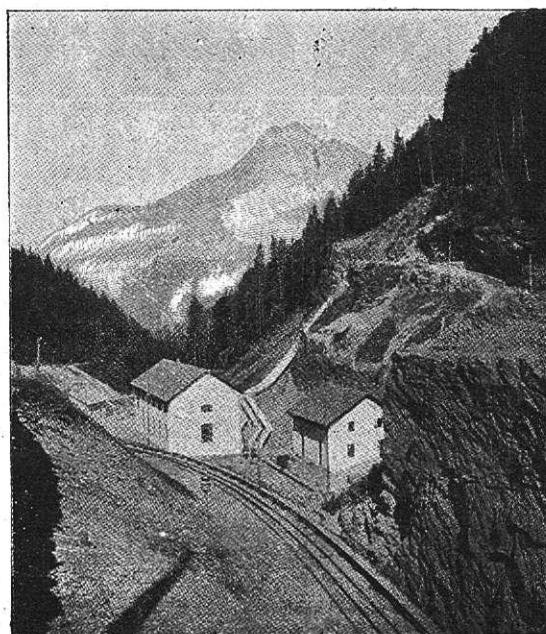
Фиг. 3. Путепроводъ въ С. Мари и приемникъ воды для ст. въ Швацъ.

болтомъ. Кромѣ этого, на спускахъ въ 8 и 9‰ самыя шпалы поддерживаются каждыя 100 ме-

вполнѣ достаточна для того, чтобы поѣздъ двигался по подъему 90 тысячныхъ вверхъ, но при движеніи внизъ это сцепленіе можетъ оказаться недостаточнымъ для того, чтобы противостоять силѣ тяжести, увеличенной живой силой пс-



Фиг. 4. Выходъ изъ туннеля Каскадь.

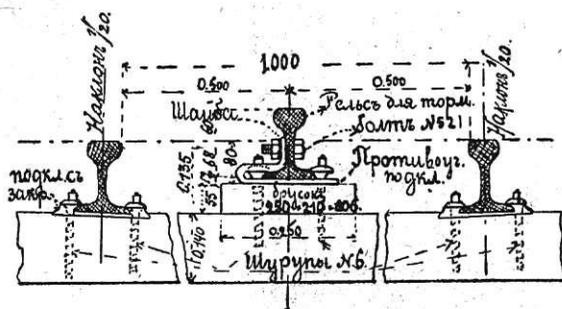


Фиг. 5. Слловая станція въ Серво.

тровъ особыми упорками, состоящими изъ кусковъ рельса, заѣданныхъ либо въ бетонные массивы, либо непосредственно въ полотно съ

ѣзда; отчего могло бы произойти весьма опасное скольженіе колесъ при тормажениі. Поэтому, на всѣхъ такихъ спускахъ, по серединѣ

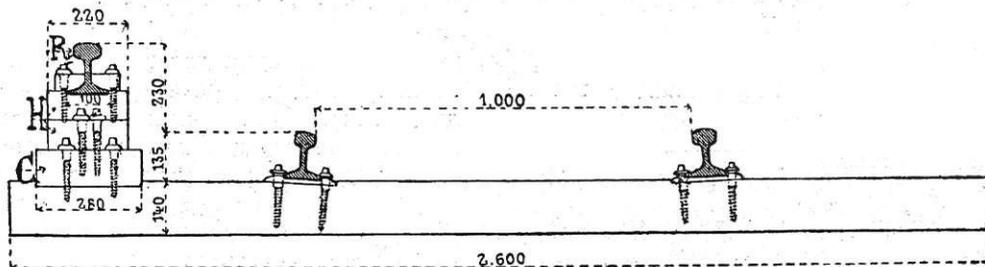
колей, на особыхъ деревянныхъ подкладкахъ уложенъ рельсъ (фиг. 6), предназначенный специально для тормажения посредствомъ укрѣпленныхъ на тѣлѣжкѣ вагона тисковъ, сжимаю-



Фиг. 6. Верхнее строение.

щих головку этого рельса. Рельсъ этотъ удерживается такими же подкладками, какъ и путевые рельсы.

Проводники тока. Питание токомъ вагоновъ производится при напряженіи 550 вольтъ путемъ третьяго рельса, такого же сѣченія какъ



Фиг. 7. Расположеніе третьяго рельса. R—третій рельсъ. H—парафинированный букъ. С—дубъ.

и путевые, расположеннаго сбоку пути, какъ показано на фиг. 7. Изоляторами служатъ куски дерева, пропитанные парафиномъ. Какъ показалъ опытъ, изоляция эта оказалась вполне удовлетворительной: утечка тока не превосходила 1 ампера на километръ пути. вмѣстѣ съ тѣмъ было констатировано интересное и парадоксальное уменьшеніе утечки во время дождя и снѣга, т. е. какъ бы улучшеніе изоляции. Инженеръ Оверъ объясняетъ это тѣмъ, что вода, обмывая пыль съ поверхности деревянныхъ изоляторовъ, увеличивала ихъ сопротивление; сама же по себѣ атмосферная вода, выпадающая въ такихъ высокихъ и необитаемыхъ мѣстахъ, чрезвычайно чиста и поэтому является весьма мало проводящей.

Какъ третій, такъ и путевые рельсы соединяются въ стыкахъ, кромѣ накладокъ, электрическими соединителями изъ мѣдныхъ кабелей діаметромъ 24 миллиметра, присоединяющихся къ стѣжкѣ рельса съ помощью чугунныхъ прокладокъ, покрытыхъ амальгамой (фиг. 8).

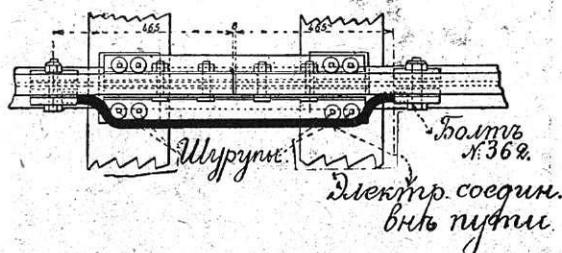
Хорошая проводимость такихъ соединителей имѣла въ настоящемъ случаѣ особенно большое

значеніе, благодаря громадной потребляемой силѣ тока (доходящей до 1000 амперъ на каждый поѣздъ). При постройкѣ дороги установка электрическихъ соединеній была закончена только въ декабрь. Весной, передъ открытіемъ движенія, понятно эти соединенія нуждались въ пересмотрѣ и амальгмировкѣ, и, какъ показалъ опытъ, по мѣрѣ того, какъ эти работы подвигались впередъ, сопротивление линіи быстро падало. Любопытны цифровые результаты измѣреній сопротивления стыковыхъ соединителей между двумя точками третьяго рельса, расположенными по обѣ стороны соединителя и отстоящими другъ отъ друга на 1 метръ.

		Сопротивленіе, въ омахъ.
Неисправленные соединители	среднее	0,000294
	наибольшее	0,007350
Исправленные и амальгмированные	отъ	0,000065
	до	0,000088

т. е. въ среднемъ сопротивление соединителей въ четыре раза меньше по сравненію съ сопротивленіемъ ихъ до исправленія и въ 100 разъ

меньше по сравненію съ нѣкоторыми особенно неисправными соединителями. Сопротивленіе одного метра самаго рельса составляло лишь 0,000049 ома, такъ что при длинѣ въ 12 метровъ соединители этого типа увеличивали со-



Фиг. 8. Электрическое соединеніе третьяго рельса.

противленіе третьяго рельса и пути на 12%, а при неисправномъ на 50%, т. е. въ 1,5 раза.

Центральная станція. Энергія вырабатывается двумя центральными гидравлическими станціями постоянного тока, изъ которыхъ одна въ Серво (Servoz) (фиг. 9) расположена въ пяти, а другая въ Шаванъ (Chavants), въ восьми

километрахъ отъ начальнаго пункта линіи, т. е. Файе. Станціи эти утилизируютъ паденіе-водъ рѣки Арвѣ; главнѣйшія относящіяся къ нимъ данныя собраны въ слѣдующей таблицѣ:

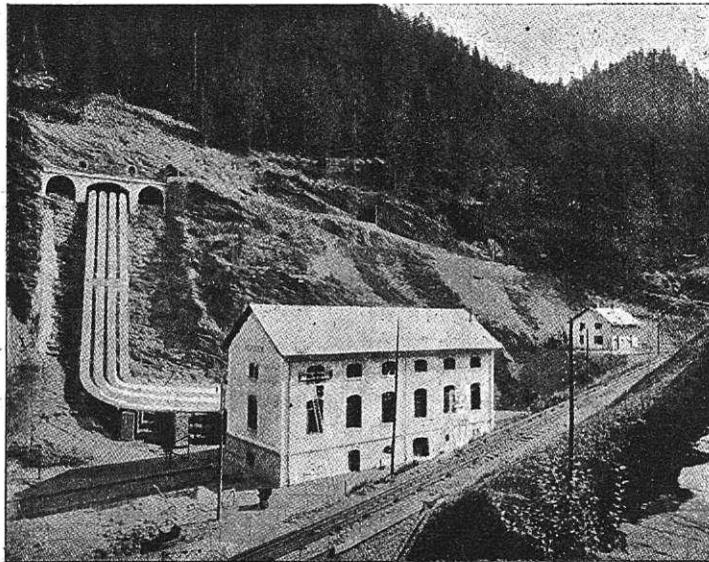
	Станція Серво.	Станція Шаванъ.
Утилизируемое паденіе, въ метрахъ	40	94
Расходъ воды, въ куб. метр., лѣтомъ.	12	11,5
Расходъ воды, въ куб. метр., зимой	6	6
Силовыя группы, киловаттъ .	4×200	4×200
Возбудители, киловаттъ . .	2×40	2×40

бужденіе индукторовъ машины усиливается, такъ что напряженіе остается почти постояннымъ, какъ это видно изъ слѣдующей таблицы:

Нагрузка турбины, въ лош. силахъ.	Число оборотовъ турбины въ минуту.	Сила тока, въ амп.	Напряженіе, въ вольт.
0	615	0	550
62	595	72	577
107	575	124	578
162	550	188	578
214	522	252	568
260	500	312	558
308	470	380	542
342	448	440	522

Не останавливаясь подробно на описаніи этихъ станцій, устройство которыхъ не пред-

Турбины возбудителей снабжены регулято-



Фиг. 9. Силовая станція въ Серво.

ставляетъ чего-либо особеннаго, ограничимся только разсмотрѣніемъ примѣненной въ этомъ случаѣ оригинальной системы регулированія напряженія динамомашинъ. Турбины, приводящія въ движеніе генераторныя динамомашины, не имѣютъ регуляторовъ скорости и поэтому измѣняютъ число своихъ оборотовъ, при переходѣ отъ холостого хода къ полной нагрузкѣ (342 лош. силы), отъ 615 до 448 оборотовъ въ минуту. Чтобы динамомашины давали, тѣмъ не менѣе, токъ постояннаго напряженія, ихъ индукторы снабжены двойной обмоткой, въ родѣ машинъ-компаундъ, хотя регулировка ихъ по существу отлична отъ этихъ послѣднихъ. Именно, одна изъ этихъ обмотокъ пробѣгается независимымъ токомъ постоянной силы, посылаемымъ возбудителемъ. Другая обмотка питается токомъ, составляющимъ всегда одну и ту же долю всего тока, производимаго динамомашинной. Благодаря этому, при возрастаніи нагрузки, хотя число оборотовъ турбины и убываетъ, но зато воз-

рамы, но эти регуляторы приводятся въ дѣйствіе только въ томъ случаѣ, когда измѣняютъ число, работающихъ силовыхъ единицъ или когда включаютъ освѣщеніе станціи.

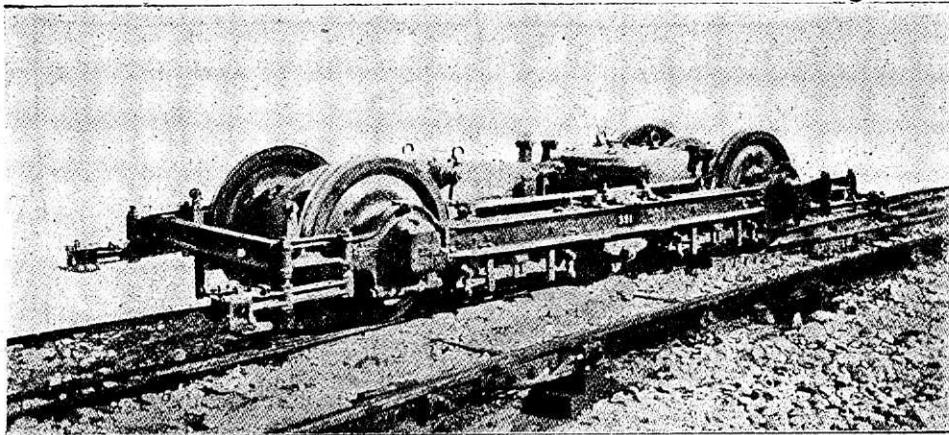
Подвижной составъ. Паркъ дороги состоитъ всего изъ 80 вагоновъ-двигателей, а именно:

	В ѣ с ѣ	
	въ порожн. состояннн	съ нагрузкой
16 багажныхъ вагоновъ съ отдѣленіями для машинистовъ	21,0 тонн.	24 тонн.
8 пассажирскихъ вагоновъ I класса на 24 мѣста. .	19,5 »	22 »
12 пассажирскихъ вагоновъ II класса на 28 мѣствъ .	19,5 »	22 »
16 пассажирскихъ вагоновъ-микствъ I и II класса на 26 мѣствъ	19,5 »	22 »

8 крытыхъ товарныхъ вагоновъ	20	»	30	»
8 товарныхъ платформъ съ высокими бортами	19,5	»	29,5	»
12 товарныхъ платформъ съ низкими бортами	18,5	»	28,5	»

Все вагоны двухосные и снабжены каждый двумя электродвигателями. Причиной, почему

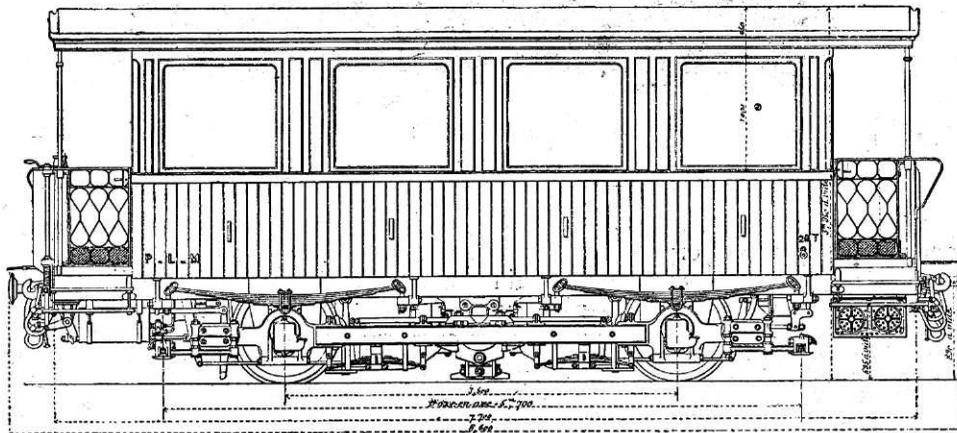
подходящимъ оказалось установить непосредственно на такой двухосной тележке вагоны сравнительно небольшой длины (8,0 метровъ между буферами). Подвѣска вагона очень проста: рама тележки опирается непосредственно на буксовые коробки (фиг. 10), а кузовъ подвѣшенъ къ рамамъ на обыкновенныхъ полуэллиптическихъ листовыхъ рессорахъ (фиг. 11). Все вагоны безъ исключенія имѣютъ совершенно



Фиг. 10. Тележка вагона-двигателя.

въ данномъ случаѣ не примѣнены вагоны на поворотныхъ тележкахъ является слѣдующее обстоятельство. Въ силу большихъ подъемовъ двигатели имѣютъ довольно значительную мощность, около 65 лощ. силъ каждый, при нор-

одинаковыя тележки. Электродвигатели подвѣшены къ тележкамъ съ помощью обратныхъ полуэллиптическихъ листовыхъ рессоръ (фиг. 10) и вмѣстѣ съ тѣмъ присоединены къ осямъ при помощи подшипниковъ на кронштейнахъ.



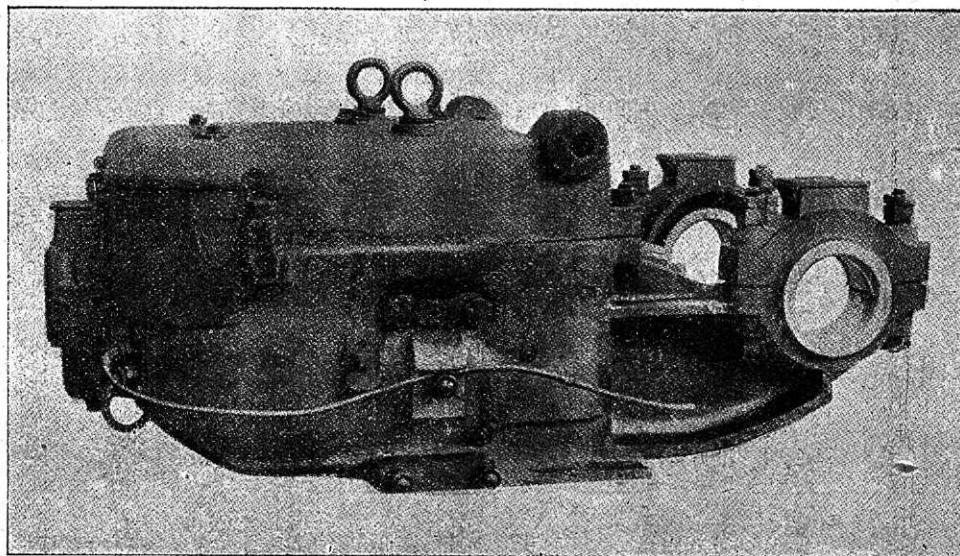
Фиг. 11. Наружный видъ вагона-двигателя.

мальныхъ 275 оборотовъ въ минуту (12 километровъ въ часъ). Размѣры этихъ двигателей получились настолько большіе, что при ширинѣ колеи въ одинъ метръ, оси ихъ якорей пришлось противъ обыкновенія помѣстить перпендикулярно къ колеснымъ осямъ вагона, вслѣдствіе чего тележка получилась очень длинная, именно: разстояніе между ея осями составляетъ 3,5 метра. Въ силу этого наиболѣе

Общій видъ электродвигателя и его разрѣзъ показанъ на фигурахъ 12, 13, 14. Двигатели эти, въ силу ихъ расположенія вдоль оси вагона, имѣютъ коническую зубчатую передачу. Это еще первый случай практическаго примѣненія такой передачи у тяговыхъ электродвигателей. У электродвигателя имѣется коническая шестерня, а на оси надѣто въ холостую коническое зубчатое колесо, приводящее эту ось въ

движение помощью особого эластичного пружинного соединителя. Такое соединение имеет в данном случае большие достоинства в смысле уменьшения вредного действия на зубчатую передачу всяких толчков, испытывае-

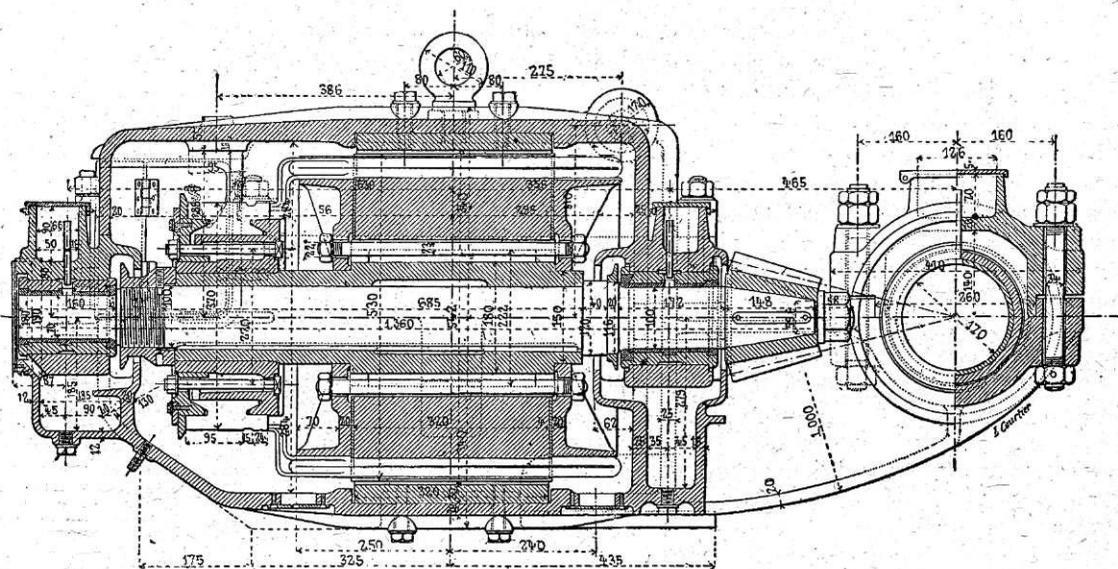
мую нормальную нагрузку в 65 лошадиных сил, при 275 оборотах в минуту и 550 вольтах, непрерывно в течение двух часов; при этом ни в одной из частей температура не поднимается выше, чем на 60°Ц. над окру-



Фиг. 12. Наружный вид электродвигателя.

мых осями, а также смягчения быстрых изменений тягового усилия. Благодаря тщательной нарезке этих колес с помощью специальных машин, а также эластическому соединению, работа конической передачи оказалась в

жающей температурой. Будучи предварительно нагреты до 40°, двигатели оказываются в состоянии выносить без повреждения, в течение десяти минут, нагрузку в 200 ампер. При эксплуатации наблюдалось, что вагон, в семь



Фиг. 13. Продольный разрез электродвигателя.

данном случае в высшей степени удовлетворительной, — коэффициент полезного действия очень высок, а износ зубцов совершенно незначителен.

Электродвигатели в состоянии выносить

в 30 тонн, в состоянии подняться на вес 90 тысячный подъем длиной 2,16 километра при помощи только одного из двух электродвигателей (другой при этом, нарочно для опыта, выключался).

шинасть посылает сжатый воздухъ въ большой цилиндръ А. Тогда большой поршень началъ бы двигаться влѣво, если бы этому не мѣшала штокъ *a* у малаго цилиндра *a*. Очевидно, чтобы преодолѣть это сопротивление, нужно, чтобы давленіе въ цилиндрѣ А достигло нѣкоторой вполне определенной величины, зависящей отъ отношенія площадей большаго и малаго поршня, а также давленія въ вспомогательномъ резервуарѣ. Обозначимъ черезъ *2p* такое давленіе въ большомъ цилиндрѣ А, которое соотвѣтствуетъ равновѣсію двухъ поршней В и *a*. Тогда, если мы пошлемъ въ цилиндръ А воздухъ подъ давленіемъ не *2p*, а большимъ, напримѣръ, *3p*, то равновѣсія уже не будетъ, и, слѣдовательно, большой поршень навѣрное будетъ вталкивать маленькій поршень въ цилиндръ. Это будетъ происходить до тѣхъ поръ, пока поршень В не ударится въ штокъ *b* второго маленькаго цилиндра *β* и не остановится. Чтобы движеніе продолжалось, нужно чтобы давленіе въ большомъ цилиндрѣ А еще увеличилось для преодоленія новаго сопротивления. Если маленькіе цилиндры одинаковыхъ діаметровъ, то давленіе въ большомъ цилиндрѣ должно увеличиться очевидно опять на *2p*, т. е. дѣлаться равнымъ *5p*.

Такихъ маленькихъ цилиндровъ, соотвѣтственно числу разныхъ положеній контроллера, имѣется съ каждой стороны поршня по 5 (на схемѣ показано только 4) и поэтому, чтобы переставлять контроллеры, надо имѣть возможность посылать подъ поршни большаго цилиндра послѣдовательно давленія *3p*, *5p*, *7p*, *9p* и *11p*. Это достигается путемъ поворота машинистомъ особаго маховика, причемъ въ воздухопроводахъ посылается сжатый воздухъ съ постепенно возрастающимъ давленіемъ. Регуляторомъ этого давленія служитъ главный пневматическій двигатель, устроенный почти совершенно такъ же, какъ и описанный вспомогательный. Здѣсь точно также поршни малыхъ цилиндровъ задерживаютъ поршень большаго цилиндра, каждый разъ при определенномъ давленіи; при остановкѣ же большаго цилиндра прекращается автоматически дальнѣйшій впускъ воздуха, который можетъ быть снова начать только путемъ поворота маховика машинистомъ. Возвращеніе контроллеровъ въ среднее натуральное положеніе происходитъ, очевидно, очень быстро при выпускѣ сжатаго воздуха изъ большаго цилиндра ихъ двигателей, такъ какъ поршень этого цилиндра не только не встрѣчаетъ при своемъ возвращеніи никакого сопротивления, но даже подталкивается штоками маленькихъ цилиндровъ, соединенныхъ съ самостоятельнымъ резервуаромъ каждаго вагона. Это же происходитъ при разрывѣ поѣзда, причемъ, кромѣ возвращенія всѣхъ контроллеровъ въ нейтральное положеніе, еще приводятся въ дѣйствіе воздушные тормоза, приводящіе въ дѣйствіе тиски, для захвата тормазнаго рельса.

Дальнѣйшія подробности интересующіеся

этимъ способомъ соединенія вагоновъ-двигателей найдутъ въ «Revue Generale des Chemins de fer» за августъ 1900 г. Мы же скажемъ еще нѣсколько словъ относительно эксплуатаціи и сооруженія дороги.

Обыкновенно поѣзда ходятъ въ составѣ 6 вагоновъ-двигателей, хотя конечно поѣздъ можетъ быть составленъ, по имѣющимся условіямъ сѣпленія всѣхъ колесъ съ рельсами и способу соединенія, и изъ любого числа вагоновъ. Настоящій же составъ ограничивается мощностью центральныхъ станцій и сѣченіемъ проводовъ. Эти послѣднія устройства рассчитаны такимъ образомъ, чтобы промежутки времени между отправленіями поѣздовъ составляли бы:

между 1-мъ и 2-мъ . . .	15 мин.
» 2-мъ » 3-мъ . . .	30 »
» 3-мъ » 4-мъ . . .	15 »
» 4-мъ » 5-мъ . . .	30 »
и т. д.	

Скорость движенія составляетъ на подъемѣ въ 90 тысячныхъ (вверхъ) 13 километровъ въ часъ, на подъемѣ въ 20 тысячныхъ 25 километровъ въ часъ и на площадкѣ—40.

Стоимость всей постройки распределяется приблизительно такъ:

Нижнее и верхнее строеніе и провода (450000 франк. на километръ)	8.500000 франк.
Гидравлическое устройство станціи	1.525000 »
Машинное оборудованіе станціи	475000 »
Итого	10.500000 »

Собственно верхнее строеніе обошлось приблизительно въ 10000 фр., или 40000 руб. за километръ. Такая высокая стоимость объясняется добавочными третьимъ рельсомъ-проводникомъ и еще тормазнымъ рельсомъ, а также, отчасти высокими цѣнами на желѣзо во время постройки въ 1898 году.

Въ заключеніе можно сказать, что принципъ соединенія нѣсколькихъ вагоновъ-двигателей въ одинъ поѣздъ, несомнѣнно имѣющій, какъ было изложено выше, чрезвычайно важное значеніе для переустройства магистральныхъ линій, едва ли, тѣмъ не менѣе, оказался наиболѣе выгоднымъ и целесообразнымъ рѣшеніемъ для самой линіи Файе—Шамони. На самомъ дѣлѣ, въ виду сравнительнаго небольшого грузового движенія, было бы вполне возможно примѣнить зубчатку, которая позволила бы увеличить предѣльный подъемъ не до 70, а до 250 тысячныхъ и тѣмъ сократить длину всего подъема, т. е. самой трудной части линіи съ четырехъ километровъ до полутора. На этомъ короткомъ протяженіи можно было бы даже пользоваться особыми прицѣпными зубчатыми локомотивами, вродѣ того, какъ это дѣлается на линіи Штансштатдт-

Энгельбергъ (Швейцарія) или же примѣнять вагоны приспособленные и для зубчатки и для простого рельсового пути. Самъ авторъ проекта, инженеръ Оверъ, указываетъ, что принятое рѣшеніе въ значительной степени обусловлено тѣмъ, что въ моментъ составленія проекта, т. е. въ первой половинѣ 90-хъ годовъ устройство зубчатыхъ электрическихъ дорогъ было еще мало разработано.

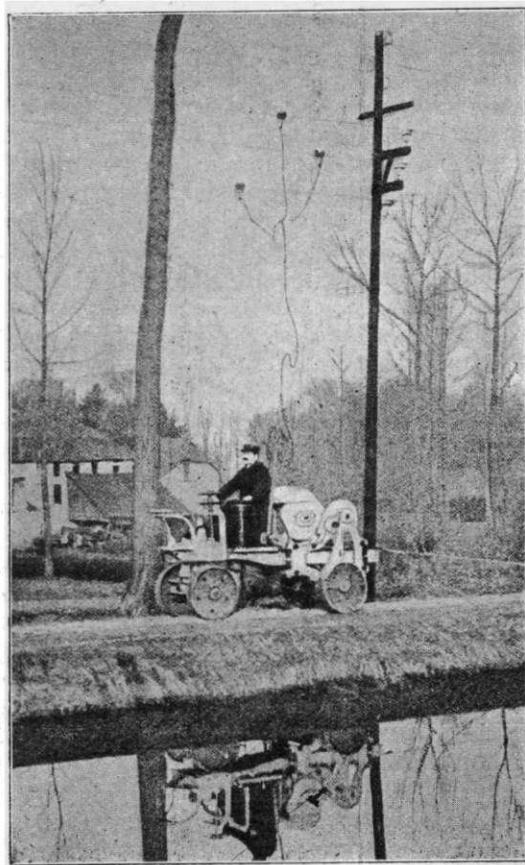
Къ тому же въ силу трамвайнаго характера данной линіи, имѣющей чрезвычайно малую длину и ничтожное грузовое движеніе, на ней едва ли можно будетъ оцѣнить тѣ важныя экономическія послѣдствія, которыя можетъ вызвать въ эксплуатаціи желѣзныхъ дорогъ примѣненіе соединенныхъ вагоновъ-двигателей.

Тѣмъ не менѣе, линія Файе—Шамони, по нашему мнѣнію, имѣетъ весьма большой интересъ, какъ первое практическое подтвержденіе возможности путемъ тяги соединенными электрическими вагонами-двигателями, двигать поѣздъ, состоящій изъ любого числа вагоновъ по очень крутому подъему. Удача опыта этой дороги приводитъ къ косвенному заключенію о возможности значительно увеличить и вообще не фиксировать числа вагоновъ въ товарныхъ поѣздахъ и тѣмъ самымъ указываетъ на возможность, путемъ введенія электрической тяги, коренныхъ улучшеній въ эксплуатаціи магистральныхъ желѣзныхъ дорогъ.

ОБЗОРЪ.

Электрическая тяга на каналахъ. В. Марчантъ. За послѣднее время во Франціи, Бельгіи и Германіи получила довольно значительное развитіе электрическая тяга на каналахъ, представляющая много удобства и обходящаяся дешевле другихъ способовъ передвиженія. Выработано уже нѣсколько типовъ электровозовъ, главными изъ числа которыхъ являются: 1) электровозы, катящіеся по обыкновенной мостовой, 2) по наземнымъ рельсамъ, 3) по надземнымъ рельсамъ и, наконецъ, электрическіе буксиры. Первая система была впервые примѣнена во Франціи Галлю (Galliot). Его электровозъ, названный „электрической лошадью“, питался токомъ посредствомъ надземныхъ проводовъ и троллея, вѣсилъ около 2 тоннъ, развивая мощность 8—10 л. с., и могъ тащить баржу въ 300 т. со скоростью 1,7 мили въ часъ. Токъ былъ постоянный, при 500 в. напряженія. Система была испробована на протяженіи нѣсколькихъ миль Жерару (Gérard) и примѣнена на каналѣ между Шарлеруа и Брюсселемъ. Въ этой системѣ примѣненъ трехфазный токъ, полная длина линіи около 30 миль. Токъ получается съ двухъ станцій, изъ которыхъ одна находится въ Уакеркѣ (Oisquercq) въ 15 м. отъ Брюсселя, а другая въ Ру 4½ мили отъ Шарлеруа, подъ напряженіемъ 6000 в. между проводами, расположенными на столбахъ изъ русской сосны. Изоляторы фарфоровые, испытанные при 20000 в. Токъ высокаго напряженія идетъ къ ряду трансформаторовъ, по 119 килов. расположенныхъ вдоль канала на разстояніи 3-хъ миль одинъ отъ другого. Здѣсь напряженіе понижается до 600 в. между проводами

и идетъ на тѣ же столбы, на которыхъ расположены провода высокаго напряженія. Всѣ три провода низкаго напряженія расположены на одной сторонѣ столбовъ и находятся въ одной, слегка наклоненной къ вертикальной, плоскости. Коэф. пол. д. трансформаторовъ оказался равнымъ 95,7%, при $\cos\varphi=1$. Электровозы катятся по дорожкѣ, устроенной вдоль канала. Собственно замощенная часть этой дорожки имѣетъ въ ширину 2½ ф., но по бокамъ находятся полосы только утрамбованныя, увеличивающія эту ширину до 7—8 ф. Самый электровозъ состоитъ изъ рамы, поставленной на колеса, въ задней части которой поставленъ электродвигатель на 5 лощ. с. По средствомъ зубчатыхъ колесъ и цѣпи онъ скрѣпленъ

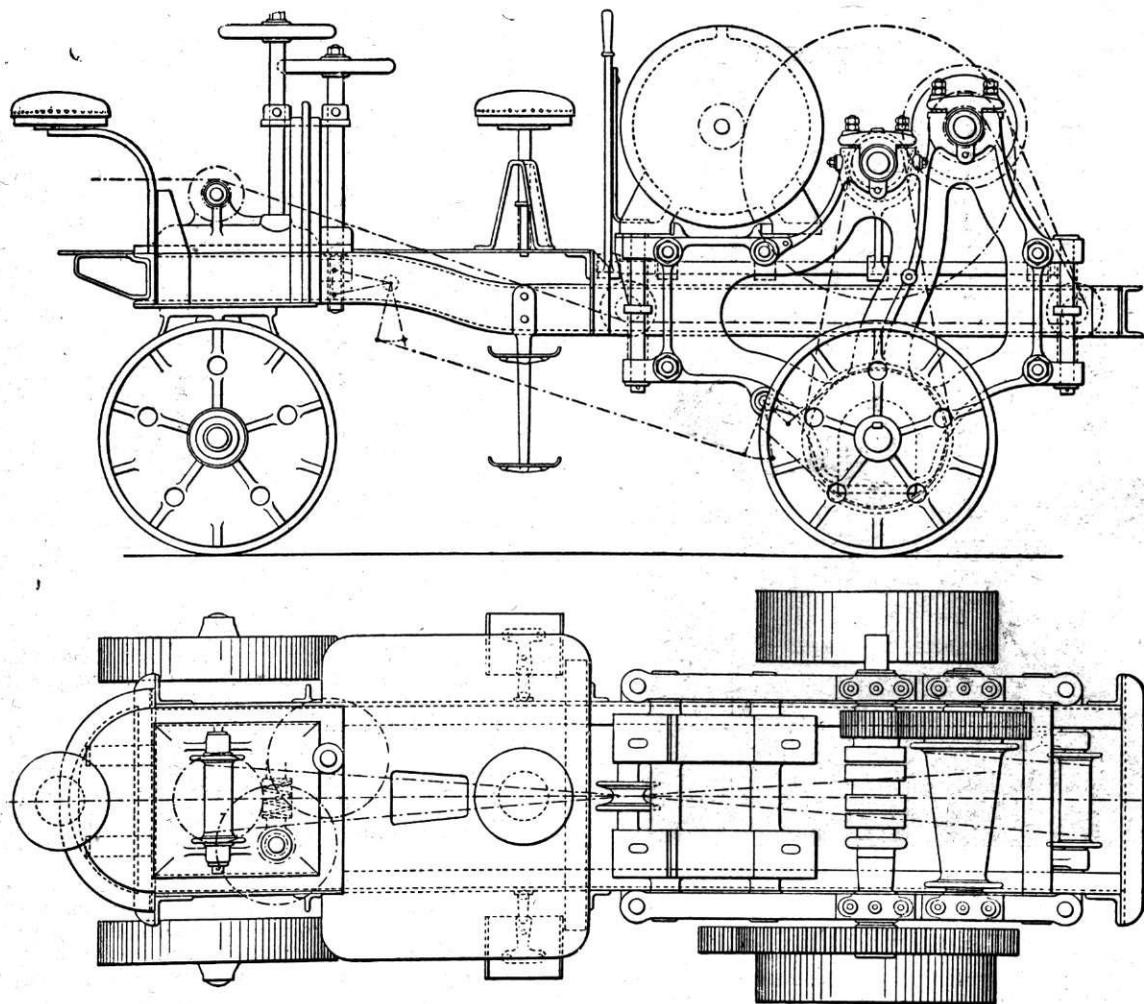


Фиг. 16.

съ задней осью. Управление происходитъ посредствомъ поворачиванія передней оси, какъ въ обыкновенныхъ автомобиляхъ. Колеса сдѣланы изъ закаленной стали; заднія имѣютъ 18 д. въ диаметръ и 6¼ д. ширины, переднія—15 д. и 2½ д., разстояніе между осями 3 ф. 6 д. Между двигателемъ и передней осью помѣщается сѣдло для машиниста и передъ нимъ помѣщается руль. Другое сѣдло находится впереди рулевого аппарата и служитъ для машиниста, когда двигатель идетъ заднимъ ходомъ. Бичева прикрѣпляется въ задней части электровоза. Въ узкихъ мѣстахъ, гдѣ баржа проходитъ съ трудомъ, экипажъ тормозится, двигатель расцѣпляютъ съ задней осью и соединяютъ съ находящимся на рамѣ коническимъ валомъ. Бичева заносится на валъ и двигатель пускается въ ходъ; бичева наматывается на валъ и баржа подтаскивается къ двигателю. При заднемъ ходѣ система блоковъ позволяетъ переносить бичеву на передній конецъ электродвигателя и этимъ пользуются при встрѣчѣ двухъ баржъ. Вслѣдствіе недостаточной ширины дороги два встрѣчныхъ

экипажа не могут разойтись и имъ остается только обмѣняться баржами и идти заднимъ ходомъ. Нормальная скорость электровоза 3 мили въ часъ, но ее можно уменьшить до $1\frac{1}{4}$ м. введеніемъ въ цѣпь статора добавочнаго сопротивленія, расположеннаго звѣздой. Токъ подается въ роторъ по тройному троллею, которые состоятъ изъ алюминиевой рамки съ бронзовымъ колескомъ. Подъ рамкой прикрѣпленъ свинцовый грузъ для пониженія центра тяжести. Общій вѣсъ ихъ $1\frac{3}{4}$ ф. Были построены двѣ модели этихъ электровозовъ, одна вѣсила 2 т., другая нѣсколько меньше. Первая оказалась лучше. Общій видъ такого электровоза изображенъ на фиг. 16; а де-

лось бы соответственно увеличить вѣсъ электровоза. Электродвигатель мощностью въ 10 л. с. можетъ двигать электровозъ безъ баржи со скоростью $5\frac{1}{2}$ и даже $7\frac{1}{2}$ м. въ часъ. При встрѣчѣ двухъ баржъ наступаетъ такое же неудобство, какъ и въ системѣ Жерара. Если рельсы и провода проложены по обѣимъ сторонамъ канала, то затрудненіе, конечно, устраняется само собою; но если путь проложенъ только по одной сторонѣ, то приходится прибѣгать къ обмѣну баржами, какъ у Жерара. Въ этомъ случаѣ каждому электровозу приходится постоянно разбѣжать назадъ и впередъ по одному участку пути длиною отъ $\frac{3}{4}$ до 3 миль. Стоимость постройки линіи Кеттгена



Фиг. 17.

тали устройства на фиг. 17. Что касается до рельсовыхъ системъ, то здѣсь наибольшій интересъ представляетъ система Кеттгена (Köttgen), примѣняемая на каналахъ Финовъ и Тельтовъ въ Германіи*). На фиг. 18 изображенъ общій видъ электровоза Кеттгена; и первое, что бросается въ глаза—это его дисиметрія: вся почти тяжесть сосредоточена на одной парѣ колесъ. Эта пара катится по одному рельсу, причемъ у колесъ имѣются выступы съ обѣихъ сторонъ для предупрежденія бокового скольженія. Вѣсъ всего электровоза—4,400 ф. Онъ предназначенъ для тяги баржъ въ 150 т., со скоростью 2,8 м. въ часъ. При большихъ баржахъ, напр. въ 300—600 т., прии-

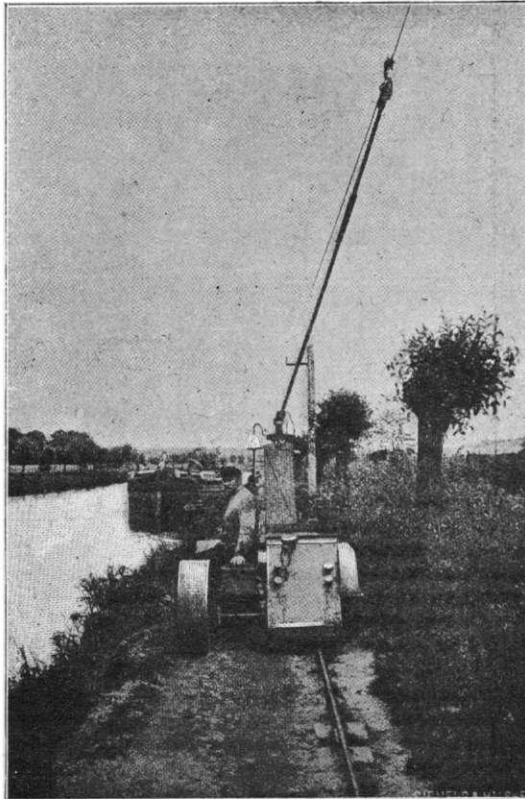
на двухъ берегахъ канала вмѣстѣ съ постройкой электрической станціи доходить до 2.400—4.200 ф. ст., а стоимость провозки колеблется отъ 0,2 до 0,8 пфенн. за тонну-милю при скорости 2,8 м. въ часъ. Другая рельсовая система предложена Жераромъ, но пока еще только приступлено къ ея устройству на каналѣ Шарлеруа. Его система—съ двумя рельсами легкаго трамвайнаго типа Виньоля (20 ф. 1 ярд). Стоимость пути доходитъ до 320 ф. ст. за милю безъ электрической установки. Гораздо менѣе удобны системы съ надземными рельсами. Одна изъ такихъ системъ была предложена Ламбомъ**) и испытана на томъ же каналѣ Финовъ, гдѣ примѣняется систе-

*) См. напр. Труды I Всер. Электрот. Съѣзда, т. III, стр. 92.

**) См. напр. Труды I Всер. Электрот. Съѣзда, т. III, стр. 92.

ма Кеттгена. Здесь электровозъ катится по стальному канату, подвѣшенному на стальныхъ столбахъ. Мощность двигателя 5 лош. с., вѣсъ 2000 ф., скорость $2\frac{1}{2}$ м. въ час. Эта система страдаетъ недостаткомъ, что отъ бокового давления бичевы столбы весьма скоро совершенно расшатываются. Другая, гораздо болѣе удобная, система была предложена Твайтомъ и Каулсемъ (Thwaite, Cauley). Здесь требуется двигатель гораздо меньшаго вѣса. Рельсы имѣютъ форму Z и расположены въ два этажа. При мощности двигателя 2,5 л. с. скорость тяги баржи въ 100 т. можетъ быть доведена до $2\frac{1}{2}$ м. Система эта пока еще нигдѣ не примѣнялась. Послѣдній способъ тяги—это буксиры. Паровые буксиры давно уже повсюду

взявъ за основаніе систему Жерара, получимъ слѣдующее: стоимость электрической установки 500 ф. ст. за милю вмѣстѣ съ трансформаторами; стоимость трансформаторной будки по 35 ф. за 1 килов., расходы по ремонту пути 65 ф. за милю; мощность, потребная на милю пути при годовой тягѣ 4.500000 тоннъ—10 килов. Отсюда стоимость тонны-мили полагается 0,03 пенса. Между тѣмъ при лошадиной тягѣ тонна-миля обходится 0,08 п. Такой же расчетъ показываетъ, что трехфазный токъ имѣетъ въ дѣлѣ передачи на каналы значительныя преимущества предъ двухфазнымъ и постояннымъ въ смыслѣ экономіи мѣди. (Electrician, 1903).



Фиг. 18.

въ ходу и только электрическіе являются новостью. На каналѣ Шарлера употребляютъ буксирныя лодки 40 ф. длиною, приводимыя въ движеніе электродвигателемъ въ 12 лош. л., дѣлающимъ до 800 обор. въ мин. Винтъ при этомъ совершаетъ 300 оборотовъ. Сравнительныя достоинства всѣхъ описанныхъ системъ приведены въ слѣдующей таблицѣ:

	Пол. л.	Число л. с. для получе- нія 1 п. л. с.	Число ф. угля для пол. 1 пол. л. с.
Электровозъ Кеттгена.	0,65	1,34	4,3
Электровозъ Жерара.	0,45	2,2	6,2
Электрическій буксиръ.	0,32	3,1	7,6
Паровой буксиръ.	0,3	3,3	14,8

Что касается выгоды электрической тяги, то

Распределение электрической энергии въ большихъ размѣрахъ. Пользуясь опытомъ уже существующихъ большихъ обществъ, эксплуатирующихъ электрическую энергию въ Америкѣ и въ Европѣ, Ирль вывелъ наиболѣе экономическія основанія, на которыхъ должны строиться будущія большія станціи въ Англіи. Въ нижеприведенной таблицѣ (стр. 48) приведены перечисленныя авторомъ общества.

Во всѣхъ этихъ крупныхъ предпріятіяхъ станціи пользуются силою водопадовъ, при чемъ напряженія токовъ очень высоки; въ Англіи-же уголь будетъ болѣе экономиченъ, чѣмъ сила воды, да и очень высокое напряженіе, за невозможностью проводить воздушныя линіи, не будетъ выгоднымъ.

Нѣсколько предпріятій такого рода уже утверждены англійскимъ парламентомъ; изъ 9 приведенныхъ авторомъ укажемъ на „Lancashire“ съ капиталомъ въ 100 милліоновъ, пятью станціями, эксплуатирующими энергию на пространствѣ около 3000 кв. км. Авторъ доказываетъ выгоду подобныхъ предпріятій, которыя передаютъ энергию различнымъ компаніямъ, концессионерамъ электрическаго освѣщенія или электрическихъ желѣзныхъ дорогъ и крупнымъ потребителямъ, находящимся внѣ сферы дѣйствія существующихъ центральныхъ станцій. Можно себѣ представить, говоритъ авторъ, какое громадное поле открыто еще для дѣйствій, если въ Великобританіи эксплуатируется около 200 станцій и, кромѣ того, взято 270 концессій, половина которыхъ приступила къ работамъ. Остается еще множество мѣстностей, менѣе значительныхъ, не имѣющихъ центральныхъ станцій.

Такъ изъ имѣющихся въ сферѣ дѣйствія компаніи Yorkshire Electric Power Co 157 мѣстностей, только 11 имѣютъ одну центральную станцію, работающую съ коэффициентомъ утилизаціи *) по меньшей мѣрѣ 11%.

Изъ 25 милліоновъ жителей, 1 милліонъ совершенно лишень возможности пользоваться электрической энергіей. Компания эта владѣетъ 27000 заводами и мастерскими, потребляющими до 2 милліоновъ л. с.; и теперь она проектируетъ станцію на 100000 силъ.

Нѣкоторыя изъ нормъ, приводимыхъ авторомъ, опредѣлены англійскимъ Министерствомъ торговли, которое, напримѣръ, рекомендовало брать наибышшее напряженіе въ 3000 вольтъ и давало разрѣшеніе только на установки до 11000 вольтъ. Послѣдній предѣлъ авторъ считаетъ вполне достаточнымъ для линій съ изолированными проводами. При выборѣ той или другой системы принимается во вниманіе родъ требуемой энергіи, ея назначеніе, разстояніе, на которое требуется ее передать, количество, предназначенное для преобразования тѣмъ или другимъ способомъ. Относительно числа періодовъ можно сказать, что для преобразователей наиболѣе удобно 25 періодъ въ 1 сек., но самое экономичное—40 періодъ въ 1 сек. Далѣе авторъ подробно говоритъ о компаніи Yorkshire Power Co; ей принадлежать 4 станціи, рас-

*) Коэфф. утилизаціи—коэфф., указывающій дѣйствительно утилизируемую часть мощности всей станціи.

положенныя большею частью въ промышленныхъ центрахъ, богатыхъ углемъ; наибольшее разстояние, на которое передается токъ, — 19 км.; мощность каждой станціи будетъ доведена до 25000 л. с., по расчету автора эта мощность распределится слѣдующимъ образомъ:

- 15% — на трамваи и желѣзныя дороги легкаго типа, коэффициентъ утилизаціи 50%.
- 60% — на двигатели, коэфф. утилиз. — 30%.
- 25% — концессионерамъ освѣщенія, коэфф. утилизаціи — 11%.

Въ среднемъ, коэфф. утилизаціи — 28%; авторъ принимаетъ 25%. Вѣроятно 20% энергіи возможно будетъ передавать безъ трансформации на пространствѣ въ 5 клм. радиусомъ.

Въ каждой станціи будетъ установлено 4 комплекта машинъ по 5000 л. с. и 5 комплектовъ по 2000; стоимость станціи распределится слѣдующимъ образомъ:

Всякія сооруженія	750000 фр.
Котлы, конденсаторы, насосы и др.	3.000000 "
Распредѣл. доски, повысители напряженія и вся проводка въ станціи	750000 "
Двигатели, генераторы и возбуждители	3.750000 "
Стоимость одной станціи	8.250000 фр.
Стоимость четырехъ	33.000000 "

Что касается проводки, то, хотя, какъ извѣстно, англійское министерство торговли даетъ довольно высокія нормы толщины изоляціи (число киловольтъ \times 1,25 мм.) тѣмъ не менѣе, авторъ при своихъ расчетахъ руководится ими. Вопросъ о соединеніи съ землей центра звѣзды, по мнѣнію автора, слѣдуетъ изслѣдовать спеціально *).

Изолированіе центра звѣзды влечетъ увеличеніе изоляціи кабеля настолько, что стоимость ея увеличивается процентовъ на 7.

Авторъ изслѣдовалъ влияние на стоимость проводки напряженія, потери энергіи въ линіи, плотности тока и длины кабеля. По однимъ изъ приводимыхъ имъ кривыхъ можно видѣть, какъ быстро для даннаго сѣченія мѣди съ повышеніемъ напряженія тока (3000 — 11000) увеличивается стоимость проводовъ; другія кривыя даютъ зависимость стоимости отъ сѣченія мѣди при данномъ напряженіи и, третьи, наконецъ, даютъ зависимость, при данной мощности и при данномъ напряженіи, силы тока, сѣченія и цѣны на километръ отъ плотности тока или паденія напряженія на километръ.

По этимъ кривымъ можно опредѣлить наиболее выгодное напряженіе для каждаго даннаго случая передачи энергіи; эти экономичныя напряженія расположены на одной прямой линіи. Для 100 киловольтъ, напримѣръ, при плотности тока въ 1,55 ампера на кв. мм., наиболее экономичное напряженіе 6000 вольтъ; если же задаться паденіемъ напряженія въ 1% на милю (1609 метр.), то экономичнымъ оказывается напряженіе въ 8000 вольтъ; цѣна же проводки для обоихъ случаевъ почти одна и та же (15.500 и 15.750 фр.). Подобныя же кривыя для 1000 квт. пересѣкаются въ точкѣ, обозначающей 7.500 вольтъ; цѣна проводки въ послѣднемъ случаѣ 16.000 фр. на милю (10.000 фр. — 1 км.).

Общая стоимость уложеннаго кабеля опредѣляется изъ слѣдующихъ частей:

Кабель	16000 фр.
Каналъ для кабеля	2200 "
Желѣзныя трубы, укладка кабеля, заливка	6600 "
Перевозка кабеля	1750 "

*) Такъ, если напряженіе между проводниками 10000 вольтъ, то между однимъ изъ проводниковъ и землей, если центръ звѣзды соединенъ съ землей — 5775 вольтъ, если же центръ изолированъ — всего 5000 вольтъ, но только при условіи, чтобы изоляція въсѣхъ трехъ проводниковъ были вполне одинаковы, чего никогда не бываетъ.

т. е. въ суммѣ около 25.000 фр. на милю *). Министерство торговли считаетъ предѣльной мощностью, которую слѣдуетъ передавать по одному кабелю — 1000 киловольтъ; авторъ же находитъ, что 2 кабеля, каждый для 2000 квт., не обойдутся дороже 3 кабелей для 1000 квт. каждый.

Далѣе авторъ обращается къ слѣдующему интересному вопросу: что выгоднѣе, передавать ли электрическую энергію прямо съ мѣста добычи угля въ различные пункты или построить въ этихъ пунктахъ центральныя станціи и перевозить для нихъ уголь съ мѣста добычи. По его расчету, если передавать съ общей станціи 1,25 милліона киловаттъ въ годъ съ коэффициентомъ утилизаціи 25% на 16 км. на подстанцію, гдѣ токъ трансформируется или преобразовывается въ постоянный, то стоимость 1 квт. увеличивается не болѣе, чѣмъ на 2 сантимата.

Стоимость подстанцій Ирль вычисляется слѣдующимъ образомъ: онъ полагаетъ, что изъ 100.000 номинальных л. с. генераторной станціи, подстанція беретъ 50.000 квт. (84% коэфф. полезн. д; 20% энергіи не передается); пусть будетъ взято 25 подстанцій по 2.000 квт., изъ которыхъ 25% поступитъ въ преобразователи, по 100 фр. за квт., 40% — въ трансформаторы, по 50 фр. за квт., и 35% — во вращающіеся трансформаторы, по 112 фр. за квт. Принявъ въ расчетъ стоимость запасныхъ машинъ, повысителей напряженія, распределительныхъ досокъ, проводки и строеній, Ирль исчисляетъ стоимость всѣхъ 25 подстанцій въ 5,75 милліона. Полная стоимость всего предприятия:

4 силовыхъ станціи по	8.250000	33.000000 фр.
Проводка: магистрали	8.750000	} 22.500000 "
питательная сѣть	8.750000	
распределительная сѣть	5.000000	
Распределительныя доски		250000 "
Подстанціи		5.750000 "
Различныя сооруженія		1.500000 "
Оборотный капиталъ		3.650000 "
Итого	66.650000 фр.	

Что, при установкѣ въ 62.500 квт., даетъ стоимость 1 квт. въ 1.066 фр.

Если считать коэффициентъ утилизаціи 25%, мощность станцій въ годъ будетъ 140 милліоновъ квт.-часовъ, стоимость ихъ — 6.025.000 фр., т. е. 1 квт.-часъ 4,13 сантимата. Ирль приводитъ слѣдующія данныя для полнаго расхода:

Расходъ на станцію	6.025000 фр.
Магистральная сѣть	419000 "
Подстанціи	881000 "
Питательная и распределительная сѣти	619000 "
Итого	7.944000 "

Для вычисленія потери въ проводахъ авторъ полагаетъ, что при передачѣ на 16 клм. при 750 в. 1.000 квт. общее паденіе 10%; для мощности въ 1.100 квт., съ коэфф. утилизаціи 25% наименьшая потеря — $110 \times 0,25^2 = 7$ квт.; наибольшая потеря для 6-часовой работы въ день — 600 квт.-часовъ, средняя — 414 квт.-часовъ или 41,4 на день-милю (1609 м.). Для линіи протяженіемъ въ 350 миль потеря будетъ 5.250.000. Полагая, что станція работаетъ при $\frac{3}{4}$ нагрузки и при вышеприведенномъ распределеніи, и полагая, что, при этихъ условіяхъ, коэфф. полезн. дѣйствія преобразователей, вращающихся и непо-

*) По мнѣнію автора плотность въ 1,55 амп. на мм.² для случая максимальной нагрузки не чрезвычайна; при паденіи напряженія въ 1% она даетъ потерю энергіи — 10 квт. на милю. Конечно, здѣсь нельзя прилагать формулы Томсона, такъ какъ изоляція слишкомъ дорога; формула привела бы къ недопустимому нагреванію.

движных трансформаторовъ — 90,87 и 97,5, авторъ получаетъ коэффиц. полезн. д. всей станціи—92. Далѣе, онъ считаетъ, что потеря постоянного тока, распределяемаго непосредственно отъ станціи въ размѣрѣ 20% полной мощности—2%.

Исходя изъ этихъ данныхъ, онъ приходитъ къ выводу, что общее число продаваемыхъ единицъ—123.700.000; плата за нихъ—7.943.750 фр., т. е. 6,2 сантима за квт.-часъ.

По законамъ относительно такихъ предприятий въ Англіи для концессионеровъ плата за квт.-часъ не можетъ быть назначена болѣе слѣдующихъ:

съ потребляющихъ менѣе 100 часовъ въ 3 мѣсяца	0,30 фр.
съ потребляющихъ отъ 100 до 200 часовъ въ 3 мѣсяца	0,20 "
съ потребляющихъ болѣе 200 часовъ въ 3 мѣсяца	0,10 "

Съ частныхъ лицъ на 20% болѣе. Ирль же, при своемъ коэффицентѣ утилизаціи 25%, опредѣляетъ плату для концессионеровъ 0,11 фр., что даетъ чистую прибыль въ 6.206.250 фр., т. е. 4,5% на 16.600.000 фр. облигаціями и 10,9% на 50.000.000 фр. акціями.

По мнѣнію автора, эти цифры удовлетворяютъ самымъ большимъ ожиданіямъ отъ такихъ предприятий.

Это сообщеніе вызвало рядъ возраженій по поводу цифръ, даваемыхъ Ирлемъ для расхода на провода, для коэфф. утилизаціи и т. п.; но, хотя многіе находили ихъ слишкомъ оптимистичными, есть много основаній предполагать противоположное.

Такъ, Г. Вординггемъ утверждалъ, что, если передавать 1.000 квт. на 40 км. съ коэффицентомъ утилизаціи 25% и при этомъ стоимость проводки считать 45.000 фр. на милю, то уже процентъ на капиталъ, потраченный на самый кабель, даетъ 4,9 сантима на квт.-часъ, тогда какъ стоимость перевозки угля дастъ соотвѣтственно всего 0,59 сантима; г. Ирль замѣтилъ, что проценты (10%), которые принимаетъ г. Вординггемъ для погашенія капитала, слишкомъ высоки, что же касается стоимости проводки, то онъ настаивалъ на своей цифрѣ 25.000 фр. за милю; кромѣ того, по его мнѣнію, въ подобныхъ предприятияхъ наибольшее разстояние для передачи тока должно быть 16 км., а въ такомъ случаѣ плотность тока въ 1,55 амп. на кв. мм. не чрезмѣрна; для случая проводника съ резиновой изолировкой повышение температуры надъ окружающей средой, какъ заявилъ одинъ изъ присутствующихъ, будетъ не болѣе 5,5° Ц. Затѣмъ, по расчету г. Вординггема, потребление угля на квт.-часъ—1,4 кгр., тогда какъ г. Ирль получилъ по даннымъ за 1901 г. станцій Saint-Helens, Liverpool, Central London и Bolton, что средній расходъ угля на квт.-часъ—3,75 кгр.; для маленькихъ станцій расходъ увеличивается до 4,5 кгр.

Если же сдѣлать расчетъ по этимъ даннымъ, то на практикѣ стоимость перевозки угля и стоимость передачи энергіи окажутся равными (1,25 сант. на квт.-часъ).

Возражая другому оппоненту, докладчикъ сказалъ, что нельзя сомнѣваться, что мелкимъ концессионерамъ будетъ выгоднѣе получать токъ отъ общей центральной станціи, чѣмъ строить свои станціи; что же касается до частныхъ лицъ, владѣльцевъ мастерскихъ, то вѣдь они выгадываютъ много мѣста, работа становится опрятнѣе и уходъ упрощается. Онъ даже утверждаетъ, что коэффицентъ утилизаціи всей станціи будетъ болѣе 25%. Что же касается до проводки, то на ней можно еще кое-что сэкономить, т. к. уже достаточно выяснено, что нормы Министерства Горговли слишкомъ высоки.

Компаніи и станціи.	Мощность, въ л. с.	Напряженіе, въ вольтахъ.	Число фазъ и періодовъ.	Наибольшее разстояние передачи.
Шевръ	18.000	5.500	2—45	5,5 км.
Ниагара	50.000	22.000	3—25	30 "
Сенъ-Лоранъ	75.000	2.200	3—25	— "
Падерно	13.000	13.500	3	30 "
Виццола	25.000	12.000	3—60	— "
Фользомъ (Калифорнія).	4.000	11.000	3—60	35 "
Огденъ (Утахъ).	5.000	26.000	3—60	65 "
Прово (Утахъ)	2.000	40.000	3—38	88 "
Общество Гудзонъ Риверъ К ^о	5.000	12.000	3—60	29 "
Монтана	4.000	26.000	3—50	34 "
Редландъ (Калифорнія).	4.000	33.000	3—50	128 "

НОВЫЯ КНИГИ.

Инж. Л. Дрейеръ. Проектированіе динамомашинъ постоянного тока малой и средней мощности. Часть I. Москва. 1903 г. Цѣна 1 руб. 54 стр. въ 8 б. д. л.

Проектъ организациі дѣла подачи первоначальной помощи въ мѣстахъ эксплуатаціи электрической энергіи. Докладъ д-ра В. В. Гориневскаго, отъ имени VI отд. И. Р. Т. О. въ засѣданіи I отдѣла Второго Всероссийскаго Электротехническаго Съѣзда въ Москвѣ, 3 янв. 1902 г. Спб. 1902 г. 46 стр. въ 16 д. л. Ц. 40 коп.

Наставленія для отдѣленія отъ проводовъ лицъ, пострадавшихъ отъ дѣйствія электрическаго тока и Наставленія для подачи первой помощи въ несчастныхъ случаяхъ, происшедшихъ отъ дѣйствія электрическаго тока (до прихода врача). Рекомендованы Вторымъ Всероссийскимъ Электротехническимъ Съѣздомъ 1901—1902 г. въ г. Москвѣ, 28 стр. въ 16 д. л. Ц. 25 коп.

Ф. Грюнвальдъ. Справочная книжка по электрическому освѣщенію. Перевелъ съ 9-го нѣмецкаго изданія инж.-электр. Н. Покотилова. Цѣна 2 руб. Спб. 1903. Изданіе В. Большакова и Голова.

Traité pratique de traction électrique, par L. Barbillon et G. Griffisch. Paris. E. Bernard et C^{ie} 1903. Tome premier. XVI + 752 стр. 514 фиг. въ 8 б. д. л. Цѣна по подпискѣ за 2 тома—30 фр. Въ отд. продажѣ за 2 т.—40 фр.

L'Année Electrique. Elelro-thérapique et Radiographique. Revue annuelle des progrès electriques en 1902, par le Dr. Foveau de Courmelles. Paris. Librairie polytechnique Ch. Béranger, éditeur. 1903. 340 стр. въ 16 д. л. Цѣна 4 фр.

Moteurs pour dynamos. Moteurs à vapeur, Moteurs hydrauliques. Moteurs à gaz et à pétrole. Par Ch. Gruet, ing-electricien. Avec 167 figures dans le texte. Paris. Ch. Béranger, éditeur. 1903. 386 стр. въ 16 д. л.