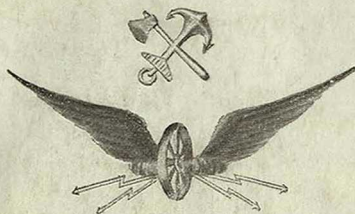


ТРУДЫ
КОМИС. ПО РАССМОТ-
РЕНИИ ВОПРОСОВ О ПРИМЕ-
НЕНИИ ЭЛЕКТР.
ТАГИ НА ПУТЯХ
СООБЩЕНИЯ
1904
6

M $\frac{109}{227}$

кит 2-х страниц

109
227
ТРУДЫ КОМИССИИ ПО РАЗМОТРѢНІЮ ВОПРОСОВЪ
О ПРИМѢНЕНІИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ НА ПУТЯХЪ СООБЩЕНІЯ.



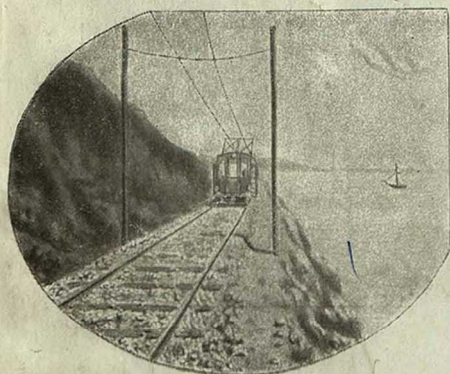
L'énergie, courant le long des câbles électriques se répand à des centaines de kilomètres: on peut déjà prévoir l'époque où elle se transportera plus loin encore et où la houille blanche, serrant de près la houille noire, deviendra le renfort décisif de notre industrie nationale libérée.

Hanotaux.

№ 6.
1904 г.



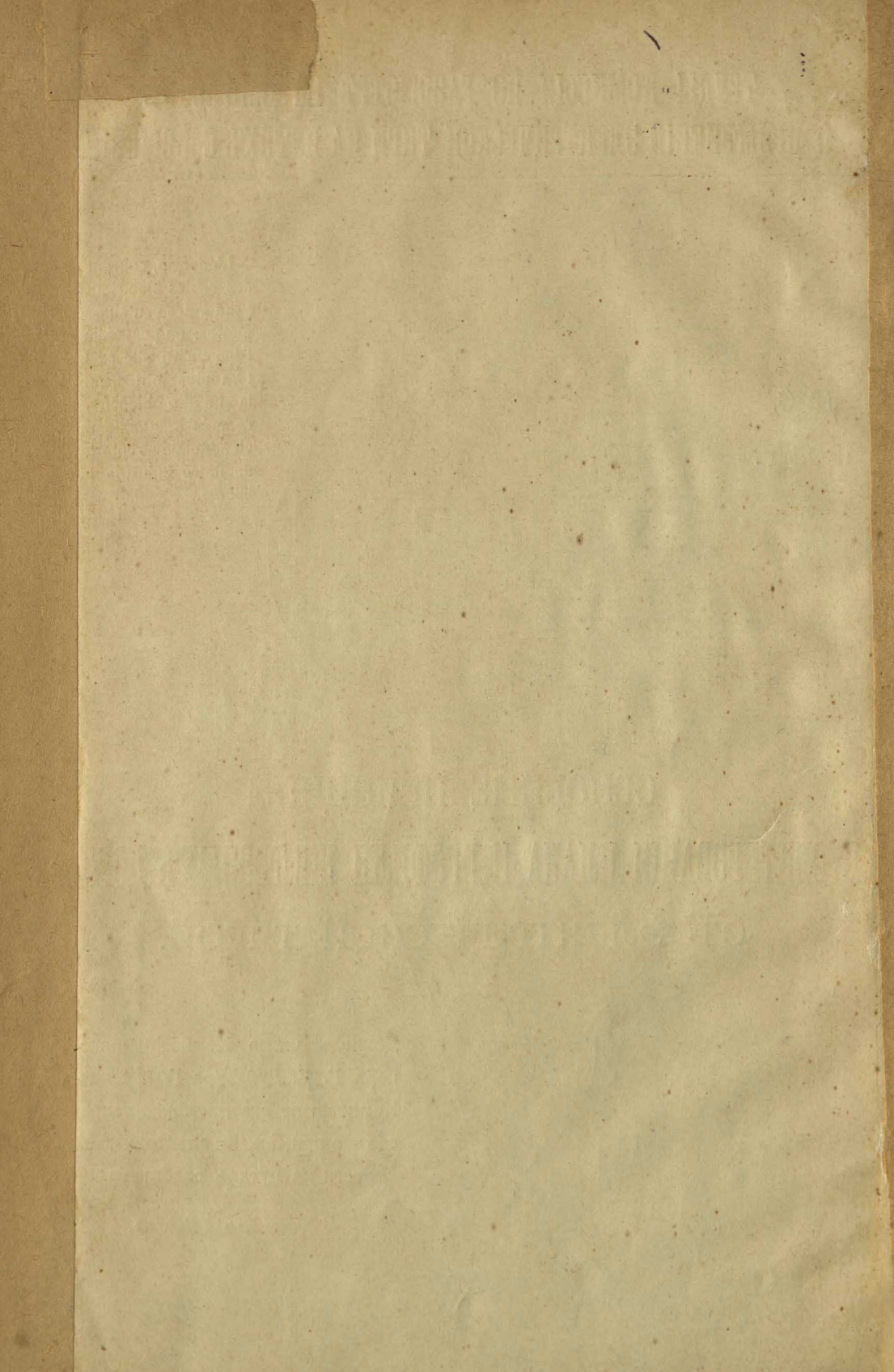
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНА И ПРОФИЛЯ ЖЕЛѢЗНЫХЪ ДОРОГЪ
СЪ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГОЙ.



Докладъ члена Комиссіи инженера Г. Д. Дубелира IV-й секціи Комиссіи по размо­трѣнію вопро­совъ о примѣненіи электрической тяги на путяхъ сообщенія.

4 декабря 1902 г.





Книга имеет:

Печатных листов	Выпуск	В переплетн. един. соедин. №№ вып.	Таблиц	Карт	Иллюстр.	Служебн. №	Наклад и исписка	
2761—45	/	1904. н 6				84	20 143	



ТРУДЫ КОМИССИИ ПО РАЗСМОТРѢНІЮ ВОПРОСОВЪ О ПРИМѢНЕНІИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ НА ПУТЯХЪ СООБЩЕНІЯ.

№ 6.

1904 г.

L'énergie, courant le long des câbles électriques se répand à des centaines de kilomètres: on peut déjà prévoir l'époque où elle se transportera plus loin encore et où la houille blanche, serrant de près la houille noire, deviendra le renfort décisif de notre industrie nationale libérée.

Hanotaux.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЛАНА И ПРОФИЛЯ ЖЕЛѢЗНЫХЪ ДОРОГЪ СЪ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГОЙ.

Докладъ члена Комиссии инженера Г. Д. Дубелира IV-й секціи Комиссии по разсмотрѣнію вопросовъ о примѣненіи электрической тяги на путяхъ сообщенія.

4 декабря 1902 г.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

1904.

Отдѣльный оттискъ изъ Извѣстій Общаго Бюро Совѣщательныхъ Съѣздовъ представителей
русскихъ желѣзныхъ дорогъ.



Печатано по распоряженію Общаго Съѣзда представителей русскихъ желѣзн. дорогъ.

Тип. М. П. С. (Т-ва И. Н. Кушнеревъ и К^о), Фонтанка, 117.

Основные принципы проектированія плана и профиля желѣзныхъ дорогъ съ электрической тягой.

Желѣзнодорожное дѣло составляетъ, несомнѣнно, одну изъ наиболѣе сложныхъ и вмѣстѣ съ тѣмъ первостепенно важныхъ организацій нашего времени: за 75, приблизительно, лѣтъ своего существованія желѣзныя дороги безконечно шагнули впередъ отъ элементарнаго, созданнаго Стефенсономъ въ 1830 году, концепта паровоза, катящаго вагоны съ пассажирами отъ одного города къ другому. Тѣснѣйшая связь со всѣмъ государственнымъ организмомъ и въ частности народнымъ хозяйствомъ заставляетъ въ настоящее время смотрѣть на желѣзныя дороги, какъ на орудіе, обязанное безопасно, срочно и экономно выполнять перевозки, отвѣчающія требованіямъ цѣлой страны. Требования эти возрастаютъ съ каждымъ днемъ и съ каждымъ днемъ задача объ ихъ удовлетвореніи дѣлается все болѣе и болѣе отвѣтственной, сложной и трудной. Малѣйшія ошибки или недостатки въ этомъ дѣлѣ могутъ въ настоящее время повлечь за собой совершенно несоизмѣримыя послѣдствія; поэтому во всемъ желѣзнодорожномъ хозяйствѣ чрезвычайно быстро появляются все новыя и новыя потребности, немедленное удовлетвореніе которыхъ является предметомъ крайней необходимости и во многихъ случаяхъ даже государственной важности.

Вмѣстѣ съ тѣмъ, установившаяся съ переходомъ желѣзныхъ дорогъ въ казну, связь ихъ расходовъ съ общимъ государственнымъ хозяйствомъ заставляетъ удовлетворять новыя желѣзнодорожныя потребности лишь въ общей очереди съ остальными нуждами страны, и благодаря этому наши желѣзныя дороги могутъ фактически вводить лишь такія улучшенія и усовершенствованія, которыя являются наиболѣе неотложными, главнымъ образомъ, съ точки зрѣнія безопасности и срочности перевозокъ и лишь иногда съ экономической точки зрѣнія.

Поэтому, поднимая вопросъ о радикальномъ измѣненіи одного изъ самыхъ основныхъ элементовъ современнаго желѣзнодорожнаго строя—паровой тяги и о переустройствахъ, стоимость которыхъ для отдѣльныхъ линий выразится десятками, а для, хотя бы, части сѣти, сотнями милліоновъ, необходимо, для того, чтобы этотъ вопросъ не относился къ области смѣшныхъ и абсурд-

ныхъ фантазій, изслѣдовать, что именно можетъ дать электрическая тяга въ смыслѣ разрѣшенія и облегченія самыхъ насущныхъ вопросовъ желѣзнодорожнаго дѣла. Довольно распространенная въ электротехнической литературѣ точка зрѣнія, рассматривающая этотъ вопросъ въ томъ смыслѣ, дадутъ-ли необходимыя для осуществленія электрической тяги грандіозныя капиталы ежегодный доходъ въ 6 или въ 7 процентовъ благодаря экономіи въ топливѣ, является здѣсь, очевидно, едва-ли умѣстной. Несомнѣнно, что если бы казна располагала свободными сотнями милліоновъ, имъ можно бы было найти болѣе достойное примѣненіе, нежели отдача ихъ въ обыкновенный ростъ, путемъ введенія электричества на желѣзныхъ дорогахъ.

Если мы условимся рассматривать значеніе электрической тяги именно съ вышеупомянутой точки зрѣнія, т. е. попытаемся изслѣдовать вопросъ, нельзя-ли, благодаря примѣненію новой силы для тяги поѣздовъ, достигнуть какихъ-либо серьезныхъ результатовъ въ области особенно жгучихъ современныхъ вопросовъ желѣзнодорожнаго дѣла, то легко придемъ къ убѣжденію, что такая постановка вопроса является совершенно новой. Дѣйствительно, въ этомъ отношеніи и за границей единственное, что пока еще только затронуто, это стремленіе достигнуть, путемъ введенія электрической тяги, увеличенія скорости пассажирскаго движенія. Не отрицая, конечно, интереса и даже важности возможнаго увеличенія этой скорости до 150—200 километровъ въ часъ, все же нельзя не замѣтить, что вопросъ этотъ можетъ имѣть пока довольно ограниченную сферу примѣненія, такъ какъ, благодаря дороговизнѣ одновременнаго переустройства пути и тяги, такія скорости во всякомъ случаѣ могутъ быть умѣстны лишь на немногихъ линіяхъ съ особенно интенсивнымъ пассажирскимъ движеніемъ.

Что же касается до обыкновенныхъ сторонъ желѣзнодорожнаго дѣла и, въ особенности, грузового движенія, то въ этомъ смыслѣ ни въ Америкѣ, ни въ Европѣ пока не сдѣлано рѣшительно ничего и, слѣдовательно, если бы нашей Коммиссіи путемъ, сначала теоретическихъ изслѣдованій, а затѣмъ, необходимыхъ опытовъ удалось бы добиться какихъ-либо результатовъ, то на этотъ разъ уже мы, въ свою очередь, могли бы подѣлиться съ нашими западными коллегами нашими выводами, которые будутъ несомнѣнно новыми уже въ силу самой постановки вопроса.

Съ перваго же взгляда очевидно, что замѣна пара электри-

своимъ качествомъ повлечетъ за собой коренныя измѣненія въ цѣломъ рядѣ детальныя вопросы какъ сооруженія, такъ и эксплуатаціи желѣзныхъ дорогъ. Предѣльные подъемы, радіусы закругленій, устройство пути, составленіе поѣздовъ, скорость движенія, пропускная способность и много другихъ вопросовъ, болѣе или менѣе установившихся, обуславливаются, главнымъ образомъ, свойствами паровоза и, очевидно, подлежатъ пересмотру по отношенію къ новому роду тяги. При этомъ надо сказать, что условія сооруженія и эксплуатаціи такъ тѣсно связаны между собою по существу, что строго раздѣлять разсмотрѣніе ихъ конечно не представляется ни возможнымъ, ни цѣлесообразнымъ, и, говоря объ условіяхъ сооруженія желѣзныхъ дорогъ съ электрической тягой, намъ неизбѣжно придется имѣть въ виду все время условія ихъ эксплуатаціи. Особенно это важно по отношенію къ вопросамъ о первоначальной стоимости сооруженія; къ экономіи въ этомъ смыслѣ слѣдуетъ относиться особенно осторожно, непремѣнно сравнивая ее съ предстоящими эксплуатационными расходами. Оборотъ эксплуатационныхъ расходовъ можетъ въ какихъ-нибудь два, три года составить сумму, равную затраченной на сооруженіе дороги и потому, очевидно, что съ экономической точки зрѣнія сбереженія въ эксплуатаціи имѣютъ несоизмѣримо болѣе важное значеніе по сравненію съ экономіей въ постройкѣ, имѣющей во многихъ случаяхъ чисто фиктивное значеніе. Если же смотрѣть на желѣзныя дороги не только съ узкой, хозяйственной, но и съ болѣе широкой точки зрѣнія какъ на орудіе для перевозокъ, то значеніе эксплуатационныхъ требованій еще болѣе возрастетъ. Поэтому и нашъ вопросъ, введеніе электрической тяги, нужно разсматривать, имѣя, главнымъ образомъ, въ виду эксплуатацію желѣзныхъ дорогъ. При разсмотрѣніи разныхъ вопросовъ, относящихся къ условіямъ сооруженія и эксплуатаціи магистральныхъ электрическихъ желѣзныхъ дорогъ, слѣдуетъ различать:

- 1) Условія введенія электрической тяги на вновь сооружаемой линіи, всѣ устройства которой могутъ быть спроектированы, имѣя въ виду спеціальныя условія электрической тяги.
- 2) Условія переустройства на электрическую тягу существующей уже линіи, эксплуатація которой производится съ помощью паровозовъ.

Устройство дороги съ примѣненіемъ исключительно электрической тяги можетъ имѣть мѣсто прежде всего тамъ, гдѣ по мѣст-

нымъ условіямъ самое осуществленіе дороги съ паровой тягой чрезвычайно затруднительно или даже вообще неосуществимо. Въ такихъ условіяхъ находится сооруженіе перевальныхъ магистралей черезъ Уральскій и Кавказскій хребты, а также въ горныхъ мѣстностяхъ Сибири. Общее протяженіе такихъ возможныхъ линій, правда, ничтожно сравнительно съ протяженіемъ всей нашей сѣти, но, тѣмъ не менѣе, громадное ихъ значеніе вполне оправдываетъ особенный интересъ и вниманіе, съ которымъ мы должны изслѣдовать возможность ихъ проведенія при условіи пользованія на нихъ электрической тягой.

Затѣмъ вопросъ объ исключительномъ примѣненіи электрической тяги можетъ быть поставленъ также тамъ, гдѣ работа паровоза находится въ особенно для нея невыгодныхъ условіяхъ: таково, напримѣръ, сильно развивающееся въ послѣднее время пригородное пассажирское движеніе и еще нѣкоторые случаи, на которыхъ мы подробно остановимся далѣе.

Въ большинствѣ же случаевъ мы должвы будемъ ставить вопросъ такъ: какія выгоды можетъ дать примѣненіе электрической тяги при тѣхъ самыхъ условіяхъ сооруженія дороги, при которыхъ возможно также и пользованіе паровозами?

Особенности и относительные размѣры товарнаго и пассажирскаго движенія на магистральныхъ линіяхъ.

Условія движенія по магистральнымъ желѣзнымъ дорогамъ весьма существенно отличаются отъ эксплуатаціи линій трамвайнаго характера, на которыхъ такъ быстро и съ такимъ успѣхомъ распространилась электрическая тяга.

Обычный типъ трамвайнаго движенія можетъ быть коротко охарактеризованъ такъ: отправленіе по одиночкѣ сравнительно легкихъ пассажирскихъ вагоновъ (вѣсомъ отъ 8 до 15 тоннъ), движущихся со скоростями отъ 15 до 30 верстъ въ часъ, въ количествѣ 150—200 въ день съ каждаго конечнаго пункта.

Первое и основное отличіе эксплуатаціи магистральныхъ линій составляетъ товарное движеніе, которое какъ по цифрѣ валового дохода, такъ и по числу проходящихъ вагоновъ въ нѣсколько разъ превышаетъ перевозку пассажировъ. О сравнительномъ значеніи товарнаго и пассажирскаго движенія можно судить по слѣдующимъ цифрамъ, относящимся къ работѣ всей сѣти нашихъ дорогъ въ 1900 году.

	Средній валовой доход на версту дороги, въ руб.	Въ % отъ общаго сбора.
Пассажирское движеніе	2.340 руб.	19 ⁰ / ₁₀₀
Товарное движеніе	9.270 „	75 ⁰ / ₁₀₀
Разные сборы	760 „	6 ⁰ / ₁₀₀
Итого	12.370 руб.	100 ⁰ / ₁₀₀

Вмѣстѣ съ тѣмъ оказывается, что на дорогахъ съ наименьшимъ пассажирскимъ движеніемъ эксплуатаціонные расходы на вагоно-версту тоже наименьшіе и наоборотъ. Такимъ образомъ, товарное движеніе, составляя главную задачу желѣзныхъ дорогъ, какъ орудія для внѣшняго и внутренняго товарообмѣна страны, въ то же время составляетъ и главный источникъ ихъ доходности. Поэтому, очевидно, вопросъ о введеніи электрической тяги на линіяхъ магистральнаго значенія долженъ главнымъ образомъ разсматриваться по отношенію къ товарному движенію. Приходится здѣсь еще разъ отмѣтить, что именно эта точка зрѣнія оставлена пока электротехникой безъ всякаго вниманія.

По своей интенсивности товарное движеніе далеко оставляетъ за собою трамвайное движеніе: на нашихъ линіяхъ средняго значенія число вагоновъ, проходящихъ въ одномъ направленіи, составляетъ около 500 за каждыя сутки, а на линіяхъ съ болѣе густымъ движеніемъ достигаетъ до 1000; за границей есть не мало дорогъ, пропускающихъ по нѣсколько тысячъ вагоновъ въ сутки. Сравнительную интенсивность движенія вагоновъ трамвайнаго и товарнаго движенія можно видѣть на работѣ узловыхъ точекъ. Въ точкѣ самаго густого движенія наиболѣе грандіознаго трамвая въ свѣтѣ, Нью-Йоркскаго, *наибольшее* наблюдавшееся прохожденіе вагоновъ достигло 1000 въ день; въ то же время *средняя* работа, напримѣръ, станціи Рязань, Московско-Казанской дороги, составляла за 1900 годъ—1700 вагоновъ въ сутки.

Затѣмъ, характерной чертой грузового движенія является его транзитный характеръ. Вагоны обыкновенно проходятъ безъ перегрузки нѣсколько желѣзныхъ дорогъ и въ одномъ и томъ же поѣздѣ всегда имѣются вагоны, пришедшіе съ разныхъ дорогъ и имѣющіе разное назначеніе. Въ среднемъ, грузы мѣстнаго сообщенія, обращающіеся въ предѣлахъ одной дороги, составляютъ только около 30% общаго количества грузовъ.

Вслѣдствіе этого подвижной составъ, въ большей своей части, не можетъ ограничиться обращеніемъ только на данной дорогѣ и поэтому, не можетъ быть специализированъ, напримѣръ, устройствомъ электрическаго оборудованія.

Что касается пассажирскаго движенія на магистральныхъ линіяхъ, то прежде всего приходится отмѣтить его сравнительно слабую густоту. Число сквозныхъ пассажирскихъ поѣздовъ достигаетъ обыкновенно не болѣе 4—6 паръ въ сутки т. е. всего 30—50 вагоновъ въ каждомъ направленіи; мы видѣли выше, что на трамваяхъ отправляется 200—300 вагоновъ, а товарное движеніе достигаетъ до 500—1000 вагоновъ въ сутки.

Совершенно особенный характеръ носить пригородное дачное движеніе около большихъ городовъ. Число отправляемыхъ ежедневно вагоновъ достигаетъ до 100 и болѣе въ каждомъ направленіи. Частыя остановки, связанныя съ необходимостью чрезвычайнаго быстрого развитія скорости, и выгодность уменьшенія интерваловъ между поѣздами дѣлаютъ условія дачнаго движенія весьма близкими къ условіямъ эксплуатаціи городскихъ дорогъ большой скорости, гдѣ, какъ извѣстно, электрическая тяга занимаетъ уже въ настоящее время исключительно первенствующее положеніе.

Переходя къ детальному разсмотрѣнію измѣненій въ условіяхъ сооруженія и эксплуатаціи желѣзныхъ дорогъ, вызываемыхъ введеніемъ электрической тяги, слѣдуетъ прежде всего остановиться на основныхъ элементахъ трассировки линіи, т. е. на ея планѣ и профили, отъ которыхъ больше всего зависитъ какъ стоимость сооруженія, такъ и цѣлесообразность и выгодность эксплуатаціи дороги.

0. предѣльныхъ подъемахъ.

Наибольшій подъемъ, которымъ пользуются при постройкѣ паровыхъ желѣзныхъ дорогъ колеблется для линій магистральнаго характера отъ 5 до 10 тысячныхъ т. е. отъ 0,5‰ до 1‰.

Наибольшіе подъемы электрическихъ трамваевъ въ десять слишкомъ разъ болѣе этой величины, колеблется обыкновенно отъ 5 до 12‰ (50—120 тысячныхъ). Спрашивается на какихъ-же предѣльныхъ подъемахъ можно остановиться для рельсовыхъ дорогъ магистральнаго значенія, съ электрической тягой? Для отвѣта на этотъ вопросъ, разсмотримъ подробнѣе, чѣмъ собственно обуславливаются тѣ предѣлы, которые мы только что указали.

Предѣльный подъемъ для магистральной желѣзной дороги является, какъ мы уже сказали, основнымъ элементомъ опредѣляющимъ ея сооруженія и эксплуатацію. Осуществленіе этого подъема вызываетъ тѣмъ большія затраты на земляныя работы и искусственныя сооруженія и пр., чѣмъ меньше этотъ подъемъ; съ другой стороны величиной этого подъема опредѣляется наибольшее число вагоновъ которое можетъ быть перевезено въ одномъ поѣздѣ; число это или такъ называемый наибольшій составъ поѣзда имѣетъ чрезвычайно важное значеніе для всей эксплуатаціи.

Число груженыхъ вагоновъ, которое паровозъ можетъ везти по данному подъему, ограничивается двумя факторами:

- 1) тяговой силой паровоза;
- 2) сопротивленіемъ разрыву стяжныхъ приборовъ, соединяющихъ между собой вагоны въ одинъ поѣздъ.

Тяговая сила паровоза ограничивается размѣрами его котла и машины, а также и, главнымъ образомъ, сцѣпленіемъ его колесъ съ рельсами, зависящимъ отъ нагрузки на движущія оси. Сцѣпной вѣсъ ограничивается, въ свою очередь, во-первыхъ, числомъ его ведущихъ осей, представляющихъ въ цѣломъ жесткую базу, затрудняющую прохождение паровоза по кривымъ, и, во-вторыхъ, наибольшей допустимой нагрузкой на эти оси, зависящей отъ размѣровъ верхняго строенія и пролетныхъ частей мостовъ дороги.

При четырехъ спаренныхъ осяхъ и предѣльной нагрузкѣ на каждую ось въ 15 тоннъ, сцѣпной вѣсъ можетъ составить 60 тоннъ, и, соотвѣтственно этому, наибольшая сила тяги на *ободѣ колеса паровоза* при коэффициентѣ сцѣпленія $\frac{1}{6}$ (очень высококомъ) достигнетъ 10.000 кгр. Эта послѣдняя величина составляетъ также предѣлъ разрыва вагонной стяжки нашихъ товарныхъ вагоновъ. Поэтому, хотя увеличеніемъ числа спаренныхъ осей до 5 или примѣненіемъ двухъ машинъ на паровозѣ и при 6 ведущихъ осяхъ, спаренныхъ по 3 (система Малле) сцѣпной вѣсъ паровоза можетъ быть повышенъ до 80—90 тоннъ, тѣмъ не менѣе использовать этотъ сцѣпной вѣсъ, не подвергая поѣздъ опасности разрыва, весьма затруднительно. Такъ, напримѣръ, тяжелые товарные паровозы Московско-Казанской ж. д. системы Малле имѣютъ сцѣпной вѣсъ = 86,0 тоннамъ. Но сила тяги ихъ такъ велика, что для того, чтобы не подвергать стяжекъ чрезмѣрнымъ напряженіямъ понадобилось прибѣгнуть къ особымъ проволочнымъ кана-

тамъ для прикрѣпленія задней части поѣзда непосредственно къ тендеру, что, конечно, сопряжено съ большими неудобствами.

Если сопротивление движенію каждаго вагона на площадкѣ и прямой = r кгр. на тонну, а самая большая сила тяги на крюкѣ тендера, развиваемая паровозомъ и, во всякомъ случаѣ, не превышающая предѣла сцѣпленія его колесъ съ рельсами и сопротивления вагонной стяжки разрыву, = F_{max} , то наибольшее число N вагоновъ, вѣсомъ 20 тоннъ, въ поѣздѣ на подъемѣ въ i тысячныхъ будетъ:

$$N = \frac{F_{max}}{20(r+i)} \dots \dots \dots (1)$$

Такъ, напримѣръ, для нашихъ восьмиколесныхъ товарныхъ паровозовъ компаундъ правительственнаго заказа 1897 г. предѣльные составы поѣздовъ для различныхъ подъемовъ таковы:

Т А Б Л И Ц А I.

Составъ поѣзда для восьмиколеснаго паровоза компаундъ.

Подъемы 5 6 8 10-тысячныхъ

Число груженныхъ вагоновъ . 57 52 44 36

Изъ этой таблицы видно, что при увеличеніи предѣльной величины подъема, напримѣръ, съ 6 до 10-тысячныхъ, составъ поѣзда уменьшается на $\frac{52-36}{52} = 30\%$ и, соотвѣтственно этому, число поѣздовъ которое необходимо для того, чтобы перевести данное число вагоновъ, увеличивается на 45%. Такое увеличеніе числа поѣздовъ, необходимыхъ для перевозки даннаго количества груза требуетъ, конечно, значительнаго увеличенія эксплуатационныхъ расходовъ. На самомъ дѣлѣ, при возрастаніи числа поѣздовъ увеличивается пробѣгъ паровозовъ, а это влечетъ за собой увеличеніе расходовъ на топливо, на содержаніе пути и на личный составъ для паровозовъ, поѣздовъ и станцій.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ II приведено относительное распредѣленіе эксплуатационныхъ расходовъ для всей сѣти русскихъ желѣзныхъ дорогъ въ 1900 г. Во второй графѣ этой таблицы приведено примѣрное увеличеніе этихъ расходовъ, которое можно ожидать при удвоеніи числа поѣздовъ вслѣдствіе увеличенія предѣльнаго подъема; отдѣльные пункты подробно разсмотрѣны въ примѣчаніяхъ къ таблицѣ. Какъ видно, общее увеличеніе расходовъ при удвоеніи числа поѣздовъ составитъ, примѣрно около 40%.

ТАБЛИЦА II.

Измѣненія эксплуатаціонныхъ расходовъ при увеличеніи вдвое числа поѣздовъ, необходимыхъ для перевозки одного и того же количества грузовъ, вслѣдствіе увеличенія предѣльнаго подъема.

НАЗВАНІЕ РАСХОДОВЪ.	Относительная величина въ % отъ общей суммы расходовъ.	При удвоеніи числа поѣздовъ увеличивается.	Или увеличивается на % отъ общей суммы всѣхъ расходовъ.
	по отдѣл. 1	по статьямъ 2—	2×3=4
I. Общіе расходы	—	—	—
1. Центральн. и мѣстн. управленія, служебныя перевозки и проч.	20%	не измѣн.	—
II. Содержаніе, ремонтъ пути и зданій	21,0%	—	—
2. Управление службы Пути	1,3	не измѣн.	—
3. Содержаніе пути	16,0	увел. на 75%	12,0
4. Содержаніе зданій и водоснабж.	3,7	„ „ 10%	0,4
III. Движеніе поѣздовъ	18,5%	—	—
5. Управление службой	1,0	не измѣн.	—
6. Станціонные расходы	11,4	увел. на 30%	3,4
7. Поѣздные расходы	4,1	„ „ 100%	4,1
8. Телеграфъ	2,0	„ „ 50%	1,0
IV. Тяга и подвижной составъ	40,5%	—	—
9. Управление службой	1,0	не измѣн.	—
10. Тяга поѣздовъ	15,0	увел. на 67%	10,0
11. Маневровые паровозы	7,0	не измѣн.	—
12. Исправленіе и возобн. паровозовъ	6,3	увел. на 67%	4,2
13. Содержаніе и исправл. вагоновъ	8,8	не измѣн.	—
14. Мастерскія	2,4	увел. на 25%	0,6
15. Къ этому надо прибавить расходы на погашеніе добав. паров.	100%	—	35,7
	100%	—	4,0
Всего	—	—	около 40,0%

Примѣчанія къ табл. II.

Къ пункту 1. Въ сумму общихъ расходовъ входятъ расходы:

На правленіе, контроль сборовъ и проч. (отд. I)	7,4%
„ управленіе, врачебн. и матеріал. службы (отд. II)	4,4%
„ особые обязательные расходы (отд. VI)	1,3%
„ расходы, вызываемые чрезвычайн. обстоят. (отд. VII)	1,9%
„ расходы по финанс. и дополн. обор. и предпр. (отд. VIII)	0,7%
„ расходы по таксировкѣ службы перевоз. (отд. IX)	4,2%
	<hr/>
	19,9%

что составитъ приблизительно 20% всѣхъ расходовъ.

Къ пункту 3. Въ числѣ расходовъ на содержаніе пути можно считать вполне независимымъ отъ движенія расходъ на зимній ремонтъ, на ремонтъ земляного полотна и отчасти на содержаніе искусственныхъ сооружений; все это вмѣстѣ съ необходимымъ содержаніемъ агентовъ составляетъ около 25% всѣхъ расходовъ на содержаніе пути; остальные же 15%, относящіеся преимущественно къ ремонту верхняго строенія и надзору за путемъ, можно считать прямо пропорціональными числу проходящихъ паровозовъ.

Къ пункту 4. Увеличеніе на 10% относится къ увеличенію ремонта водоснабженія паровозныхъ зданій и жилыхъ домовъ вслѣдствіе удвоенія числа паровозовъ и поѣздовъ.

Къ пункту 6. Сюда относится увеличеніе расходовъ на начальниковъ станцій, ихъ помощниковъ и стрѣлочниковъ вслѣдствіе удвоенія числа поѣздовъ.

Къ пункту 7. Эти расходы можно считать прямо пропорціональными числу поѣздовъ.

Къ пункту 8. Расходы эти наполовину зависятъ отъ размѣровъ движенія.

Къ пункту 10. Изъ расходовъ по тягѣ поѣздовъ слѣдуетъ прежде всего выдѣлять расходы по отопленію паровозовъ, составляющіе $\frac{2}{3}$ всѣхъ расходовъ по тягѣ.

По нормамъ, напр., М.-Курской ж. д. полагается для 8-колесныхъ товарныхъ паровозовъ для 1000 паровозо-верстѣ слѣдующій расходъ нефти:

для 1 паровоза 385 пуд.
 „ 1 вагона 14 „

что даетъ для поѣзда въ 60 вагоновъ

$$385 + 14 \times 60 = \dots\dots\dots 1225 \text{ „}$$

а для двухъ поѣздовъ по 30 вагоновъ

$$2(385 + 14 \times 30) \dots\dots\dots 1610 \text{ „}$$

т. е. на 30% больше на томъ же участкѣ

Но такъ какъ мы предполагаемъ, что не только уменьшается составъ поѣзда, но также одновременно увеличиваются и подъемы, то можно считать, что расходъ топлива увеличится на 50%.

Затѣмъ остальная $\frac{1}{3}$ расходовъ по тягѣ, относящаяся къ смазкѣ и содержанию бригады, очевидно, возрастаетъ пропорціонально общему количеству паровозо-верстѣ, т. е. на 100%. Общее же измѣненіе расходовъ, при удвоеніи числа поѣздовъ будетъ

$$\frac{2}{3} \times 50 + \frac{1}{3} \times 100 = 67\%.$$

Къ пункту 11. Всѣ расходы по тягѣ поѣздовъ составляютъ собственно 22% всей суммы эксплуатаціонныхъ расходовъ.

Изъ этого количества мы отдѣляемъ 7% на тягу паровозовъ для маневровъ безъ поѣздовъ и проч., число которыхъ не зависитъ отъ составовъ.

Къ пункту 12. Такъ какъ только $\frac{2}{3}$ числа всѣхъ паровозовъ удваиваются при удвоеніи числа поѣздовъ, то и расходы по ремонту всѣхъ паровозовъ возрастаютъ только на 67%.

Къ пункту 14. Увеличеніе расходовъ соотвѣтствуетъ увеличенію въ потребности на ремонтъ поѣздныхъ паровозовъ.

Къ пункту 15. Считая стоимость паровоза въ 30,000 руб., стоимость одной поѣздо-версты въ 1 р. 30 к. получимъ стоимость паровоза = 23,000 паровозо-верстѣ. Принимаемъ ежегодный расходъ, на погашеніе и амортизацію новыхъ паровозовъ въ 6% отъ ихъ стоимости, т. е. = 1,400 поѣздо-верстѣ.

Полагая на одинъ паровозъ 35,000 поѣздо-верстѣ въ годъ, получимъ увеличеніе эксплуатаціонныхъ расходовъ на

$$\frac{1.400}{35.000} = 0,04 = 4\%.$$

ТАБЛИЦА III.

Увеличение эксплуатационных расходов для перевозки данного груза при увеличении вдвое числа поездов вследствие увеличения подъема (по Веллингтону).

РАСХОДЪ НА:	% отноше- нiе къ общей суммѣ расхода.	Измѣняется при удвоенiи числа поездовъ.	Всего увеличе- нiе общей суммѣ расхода %.
	1	2	1×2
1. Топливо	7,6	67% болѣе.	5,1
2. Смазка и вода	1,2	67% „	0,8
3. Маневровые паровозы	5,2	не измѣн.	—
4. Ремонтъ паровозовъ	5,6	75%	4,2
5. Расходы на поѣздную прислугу и проч. расходы, постоянные для всякаго поѣзда	15,4	100%	15,4
6. Ремонтъ вагоновъ	12,0	на 10% менѣе	(— 1,2)
7. Возобновленiе рельсъ	2,0	„ 100% бол.	2,0
8. Исправленiе пути	6,0	„	6,0
9. Возобновленiе шпаль	3,0	„	3,0
10. Исправленiе земляного полотна, баласта и проч.	4,0	„	4,0
11. Ремонтъ стрѣлочн. переводовъ	2,5	„	2,5
12. Мосты и зданiя	5,5	не измѣн.	—
13. Станционныя и проч. расходы	30,0	20%	6,0
Всего	100%	—	47,8%

Небезинтересно сопоставить таблицу II съ подобной же таблицей III, взятой изъ сочиненія Wellington'a „The economic theory of railways location“ и составленной примѣнительно къ даннымъ американскихъ желѣзныхъ дорогъ. Wellington полагаетъ возрастаніе эксплуатационныхъ расходовъ при увеличеніи подъема, даже нѣсколько болѣе быстрымъ, нежели то, которое слѣдуетъ изъ табл. II, а именно, онъ получаетъ въ суммѣ возрастаніе на 50%.

Къ этому надо прибавить стоимость погашенія локомотива, составляющую на каждую милю пробѣга примѣрно стоимость 0,017 поѣздо-мили, т. е. 1,7%.

А всего при удвоеніи числа поѣздовъ расходы увеличатся на $\eta = 49,5\%$, или круглымъ числомъ на 50%.

Если бы принять въ основаніе даже цифру табл. II, т. е. 40%, то все же оказалось бы, что въ случаѣ возрастанія подъема съ 6 на 10-тысячныхъ и соответственнаго увеличенія числа поѣздовъ на 45%, эксплуатационные расходы повысятся на $45 \times 0,40 = 18\%$. Если при 6-тысячномъ подъемѣ мы бы могли, напримѣръ, рассчитывать, что расходы по эксплуатации будутъ составлять 70% валового дохода, то при подъемѣ въ 10-тысячныхъ эти расходы будутъ уже составлять:

$1,18 \times 70 = 83\%$ валового дохода, т. е. чистый доходъ сократится почти вдвое (17% вмѣсто 30%). Такимъ образомъ, пониженіе при постройкѣ дороги предѣльнаго подъема до 6 тысячныхъ вмѣсто 10, могло бы оправдаться даже въ томъ случаѣ, если бы для такого уменьшенія подъема потребовалось бы вдвое увеличить строительный капиталъ.

Это и есть причина, заставляющая дѣлать для соблюденія подъема въ 6—8-тысячныхъ цѣлый рядъ насыпей, выемокъ, иногда даже тоннелей, стоящихъ громадные деньги, но тѣмъ не менѣе вполне окупающихся при эксплуатации дороги.

Кромѣ только что разобраннаго нами значенія уменьшенія подъемовъ для удешевленія эксплуатации, еще болѣе важно опредѣляемое этими подъемами ограниченіе пропускной способности данной дороги. Такъ какъ наибольшее число поѣздовъ въ сутки на данной дорогѣ не можетъ превышать нѣкотораго вполне опредѣленнаго предѣла, то максимальное количество груза, которое дорога въ состояніи перевезти въ точности, пропорціонально числу вагоновъ въ поѣздѣ. Слѣдовательно, уменьшеніемъ подъема съ 10

на 6-тысячныхъ мы увеличиваемъ возможное наибольшее количество перевозокъ на $\frac{52-36}{36} = 45\%$.

Насколько измѣняются всѣ вышеприведенныя соображенія при условіи введенія электрической тяги?

Прежде всего основная зависимость между предѣльнымъ подъемомъ и составомъ поѣзда, который локомотивъ въ состояніи тащить на этотъ подъемъ остается очевидно почти таже.

На самомъ дѣлѣ, если даже допустить, что электродвигатели могутъ развивать большую силу тяги, нежели машина паровоза, что сдѣлной въсь электрическаго локомотива можетъ быть увеличенъ выше 60 тоннъ (такъ какъ число осей не ограничивается жесткимъ соединеніемъ спарниками), то во всякомъ случаѣ третье, ограничивающее составъ поѣзда, условіе,—сопротивленіе вагонной стяжки разрыву,—остается то-же, именно 10000 кгр., а поэтому увеличеніе силы двигателей и числа ведущихъ осей локомотива, если бы даже и было возможно, то во всякомъ случаѣ не принесло бы большой пользы. Наибольшее число вагоновъ, прицѣпляемыхъ къ локомотиву, опредѣляется слѣдовательно попрежнему формулой:

$$N = \frac{F \max}{20 (r + i)} = \frac{500}{3 + i} \dots \dots \dots (1 \text{ bis})$$

ТАБЛИЦА IV.

Наибольшій составъ поѣзда, который въ состояніи везти электрической локомотивъ на разныхъ подъемахъ:

На подъемъ въ	6	8	10	12	15	20	25	тысячныхъ.
Число вагоновъ	55	45	35	30	25	20	15	

(Здѣсь число вагоновъ, соответствующее подъемамъ выше 10 тысячныхъ уменьшено на 10% сравнительно съ опредѣляемымъ формулой (1, bis) для нѣкотораго запаса въ виду опасности разрыва поѣзда при такихъ подъемахъ).

Однако, если предыдущія числа табл. IV и соответствуютъ числу вагоновъ, которое былъ бы въ состояніи везти паровой локомотивъ (табл. I), за то значеніе такого уменьшенія состава по-

Поѣзда при увеличеніи подъема будетъ въ смыслѣ эксплуатаціонныхъ расходовъ гораздо менѣе важнымъ, чѣмъ то, которое указано въ таблицѣ П для паровозовъ.

Такъ, увеличеніе расходовъ на топливо, показанное въ таблицѣ П-ой для паровозовъ, зависитъ отъ того, что при маломъ составѣ поѣздовъ паровозы будутъ утилизировать вполне свое топливо только на предѣльныхъ подъемахъ; на остальномъ же протяженіи паровозъ будетъ работать въ условіяхъ, не соответствующихъ его мощности и поэтому не экономичныхъ. При электрической тягѣ, гдѣ расходъ топлива на центральной станціи будетъ общій для нѣсколькихъ поѣздовъ и гдѣ бесполезный вѣсь локомотива, благодаря отсутствію тендера, гораздо меньше, увеличеніе расхода топлива при увеличеніи числа поѣздовъ будетъ возрастать очевидно медленнѣе, чѣмъ указано въ таблицѣ П для паровозовъ.

Затѣмъ расходы по ремонту пути зависятъ какъ отъ прохожденія пути локомотивами и вагонами, такъ и еще отъ того, насколько частое слѣдованіе поѣздовъ затрудняетъ производство ремонтныхъ работъ. При паровой тягѣ вліяніе на путь прохожденія вагоновъ можетъ быть пренебрегаемо по сравненію съ вліяніемъ паровозовъ, съ ихъ тяжелыми противовѣсами, разбивающими путь; можно считать, что стоимость ремонта почти прямо пропорціональна числу проходящихъ паровозовъ. При электрической тягѣ дѣйствіе локомотивовъ на путь можно считать лишь по столько большимъ, по сравненію съ дѣйствіемъ обыкновенныхъ вагоновъ, по скольку тяжелѣе нагрузка на ихъ оси. Поэтому въ этомъ случаѣ расходъ ремонта пути обуславливается лишь общимъ вѣсомъ прошедшаго подвижного состава и при дробленіи одного и того же количества вагоновъ на большее число поѣздовъ будетъ возрастать гораздо медленнѣе, чѣмъ при паровой тягѣ, особенно если интервалы между поѣздами останутся еще достаточно большими для производства работъ по ремонту пути.

Такъ что, въ общемъ, можно сказать, что при электрической тягѣ эксплуатаціонные расходы будутъ возрастать съ увеличеніемъ подъема нѣсколько медленнѣе, чѣмъ при паровой тягѣ и, слѣдовательно, предѣльный подъемъ съ этой точки зрѣнія могъ бы быть немного повышенъ. При этомъ все-таки попрежнему бы пострадала пропускная способность дороги, что, конечно, никоимъ образомъ не могло бы компенсироваться нѣкоторой экономіей въ расходахъ.

Зато совершенно другой результат получится если мы, вмѣсто одного электрическаго локомотива въ поѣздѣ, допустимъ ихъ два, три или болѣе; другими словами, сѣпимъ наши укороченные поѣзда въ одинъ общій поѣздъ. Соотвѣтственно этому число вагоновъ въ поѣздѣ будетъ уже

$$N = \frac{n F \max}{20 (r + i)} \quad (2),$$

гдѣ $F \max$ попрежнему сопротивление вагонной стяжки разрыву, а n число локомотивовъ въ поѣздѣ.

При паровой тягѣ нерѣдко пользуются двумя локомотивами въ поѣздѣ, помѣщая ихъ оба въ головѣ, или одинъ въ головѣ и одинъ въ хвостѣ. Первый способъ имѣетъ цѣлью увеличить силу тяги машины и сѣпной вѣсъ; при второмъ, кромѣ того, имѣется еще въ виду облегчить работу вагонныхъ стяжекъ.

Примѣненіе двойной тяги и подталкивающихъ паровозовъ получило въ настоящее время широкое распространеніе и легло въ основу трассировки многихъ новѣйшихъ линій.

Тѣмъ не менѣе полезное дѣйствіе такой тяги ограничивается, во-первыхъ, увеличеніемъ бесполезнаго вѣса и уменьшеніемъ продуктивности каждой машины въ отдѣльности, во-вторыхъ, и главнымъ образомъ тѣмъ, что число локомотивовъ не можетъ быть взято болѣе двухъ, такъ какъ при паровой тягѣ не представляется возможности вставлять паровозы въ середину поѣзда вслѣдствіе ихъ неправильныхъ движеній. При электрической тягѣ можно думать, что не только возможно распределить нѣсколько локомотивовъ по длинѣ поѣзда, но еще и управлять ими всеми съ одного изъ нихъ, и поэтому число локомотивовъ въ поѣздѣ вообще не ограничивается двумя.

Возвращаясь къ нашимъ вопросамъ объ измѣненіи для такого типа электрическихъ поѣздовъ пропускной способности и эксплуатационныхъ расходовъ въ зависимости отъ подъемовъ, замѣтимъ прежде всего, что зависимость между пропускной способностью и подъемами въ этомъ случаѣ очевидно падаетъ совершенно: на самомъ дѣлѣ, оставляя то же самое число поѣздовъ на данной дорогѣ, мы можемъ сколько угодно увеличивать число вагоновъ въ данномъ поѣздѣ, увеличивая лишь число группъ вагоновъ съ локомотивами, сѣченіе линейныхъ проводовъ и мощность центральной станціи. Пропускная способность можетъ быть

такимъ образомъ во всякое время увеличена безъ измѣненія подъемовъ полотна дороги, и самая величина подъемовъ уже въ этомъ смыслѣ не играетъ никакого значенія.

Что касается до эксплуатаціонныхъ расходовъ то, на первый взглядъ казалось бы, что все равно отправлять ли нѣсколько поѣздовъ уменьшеннаго состава одинъ за другимъ, или же отправлять ихъ одновременно, соединяя въ одинъ длинный поѣздъ.

Однако, помимо уже тѣхъ сокращеній, которыя были нами указаны относительно расходовъ на топливо и ремонтъ пути, благодаря уменьшенію числа поѣздовъ, можно еще рассчитывать на дальнѣйшее значительное сокращеніе расходовъ по пункту 7 таблицы II (на поѣздную прислугу), по пункту 6 (на станціонные расходы), и, наконецъ, при усиленномъ движеніи еще и по пункту 3 вслѣдствіе болѣе удобныхъ условій ремонта пути.

Такимъ образомъ, вызываемое повышеніемъ предѣльныхъ подъемовъ возрастаніе эксплуатаціонныхъ расходовъ, благодаря увеличенію числа локомотивовъ до двухъ или трехъ въ каждомъ поѣздѣ, будетъ при электрической тягѣ сравнительно очень небольшое, въ особенности, если эти добавочные локомотивы будутъ циркулировать не на всемъ протяженіи дороги, а лишь тамъ, гдѣ примѣненіе крутыхъ подъемовъ дастъ дѣйствительно большую экономію въ сооруженіи дороги.

Будемъ исходить изъ состава поѣзда въ 60 груженныхъ вагоновъ, представляющаго величину товарныхъ поѣздовъ, возможныхъ къ обращенію на дорогахъ съ сравнительно легкимъ профилемъ. Зададимся вопросомъ, какіе подъемы можетъ проходить такой поѣздъ, если въ его составѣ будутъ находиться одинъ, два, три электрическихъ локомотива и если сила тяги каждаго изъ этихъ локомотивовъ будетъ использована на предѣльномъ подъемѣ до величины наибольшаго сопротивленія вагонныхъ стяжекъ (около 10000 кгр.)?

Очевидно, что въ этомъ случаѣ на долю каждаго локомотива придется, при двухъ локомотивахъ—половина всего состава поѣзда (30 вагоновъ), при трехъ—20 вагоновъ, а при четырехъ—15 вагоновъ; если всѣ эти локомотивы размѣщены равномерно по длинѣ поѣзда, то такой поѣздъ можетъ преодолѣть какъ разъ такой предѣльный подъемъ, какой бы соответствовалъ одному локомотиву съ 30, 20, 15 вагонами. Поэтому, на основаніи таблицы IV, мы можемъ написать слѣдующую:

Т А Б Л И Ц А V.

Предѣльный подъемъ, по которому можетъ проходить поѣздъ въ 60 груженыхъ вагоновъ съ нѣсколькими электрическими локомотивами.

1) Число локомотивовъ въ поѣздѣ.	1	2	3	4
2) Число вагоновъ на каждый локомотивъ	60	30	20	15
3) Всѣ поѣзда въ тоннахъ, считая каждый локомотивъ по 60 тоннъ .	1260	1320	1380	1440
4) Предѣльный подъемъ . .	5	12	20	25-тысячныхъ.

Слѣдовательно, уже при трехъ электрическихъ локомотивахъ предѣльный подъемъ можетъ быть увеличенъ до 0,020. При этомъ напряженіе вагонныхъ стязжекъ останется то-же, что теперь, т. е. 10.000 килогр.; общій вѣсъ поѣзда для одного и того же груза по сравненію съ паровой тягой увеличится примѣрно всего на 6%. Подобно тому, какъ это мы дѣлали въ таблицѣ II для паровой тяги, подсчитаемъ теперь примѣрно, какъ будутъ измѣняться эксплуатаціонные расходы при возрастаніи подъема отъ 5 до 20-тысячныхъ при электрической тягѣ въ двухъ предположеніяхъ:

а) что поѣзда будутъ вестись однимъ только локомотивомъ каждый, соотвѣтственно чему при 20-тысячномъ подъемѣ составъ каждаго поѣзда долженъ быть = 20 вагонамъ, а число поѣздовъ втрое болѣе по сравненію съ 5-тысячнымъ подъемомъ, и

б) что поѣзда будутъ всегда имѣть составъ въ 60 вагоновъ и число поѣздовъ будетъ постояннымъ при всѣхъ подъемахъ, но что при 20-тысячномъ подъемѣ будетъ включено 3 локомотива вмѣсто одного при 5-тысячномъ.

При этомъ допустимъ, что *относительное* распредѣленіе разныхъ эксплуатаціонныхъ расходовъ будетъ въ случаѣ 5-тысячнаго подъема такое же при электрической тягѣ — какъ при паровой. Допущеніе это, конечно, не можетъ претендовать на точность, но такъ какъ для насъ важенъ только примѣрный характеръ измѣненія расходовъ въ зависимости отъ подъема, то для этой цѣли его можно считать достаточно точнымъ.

Т А Б Л И Ц А VI.

Измѣненіе эксплуатаціонныхъ расходовъ при увеличеніи подъема съ 5 до 20-тысячныхъ при электрической тягѣ.

Предѣльный подъемъ въ тысячныхъ Число вагоновъ въ поѣздѣ . „ электр. лок. въ поѣздѣ	5	20		20	
	60	20		60	
	1	1		3	
СТАТЬИ РАСХОДА.	Въ % отъ общей суммы по табл. II.	Увеличивается относительно на:		Увеличивается относительно на:	
		Что составитъ % отъ общей суммы.		Что составитъ % отъ общей суммы.	
I. Общія расходы	20%	—	—	—	—
1. (Центр. и мѣстн. управл. служ. перевозки)	20%	не изм.	20,0	не изм.	20,0
II. Ремонтъ пути и зданій	21%	—	(29,0)	—	(25,8)
2. Управление службы Пути	1,3	не изм.	1,3	не изм.	1,3
3. Содержаніе пути	16,0	ув.на50%	24,0	ув.на30%	20,8
4. Содержаніе зданій и водоснабженій	3,7	не изм.	3,7	не изм.	3,7
III. Движеніе поѣздовъ	18,5%	—	(34,9)	—	(20,5)
5. Управление службой	1,0	не изм.	1,0	не изм.	1,0
6. Станціонные расходы	11,4	ув.на75%	20,0	не изм.	11,4
7. Поѣздные расходы	4,1	„ „ 150%	10,4	ув.на50%	6,1
8. Телеграфъ	2,0	„ „ 75%	3,5	не изм.	2,0
IV. Тяга и подвижной составъ	40,5%	—	(53,0)	—	(52,5)
9. Управление службой	1,0	не изм.	1,0	не изм.	1,0

СТАТЬИ РАСХОДА.	Въ % отъ общей суммы по табл. II.	Увеличивается относительно на:	Что составитъ % отъ общей суммы.	Увеличивается относительно на:	Что составитъ % отъ общей суммы.
10. Тяга поѣздовъ	15,0	ув.на20%	18,0	ув.на20%	18,0
11. Маневровые локомотивы	7,0	не изм.	7,0	не изм.	7,0
12. Исправленіе и возобновленіе локомотивовъ	6,3	на 150%	15,8	на 150%	15,8
13. Содержаніе и исправленіе вагоновъ	8,8	не изм.	8,8	не изм.	8,8
14. Мастерскія	2,4	не изм.	2,4	не изм.	2,4
	100%	—	136,9	—	118,8
Прибавляя къ этому на погашеніе нов. локомотивовъ			5,1	—	5,2
Всего относит. расходы	100	—	142%	—	124%

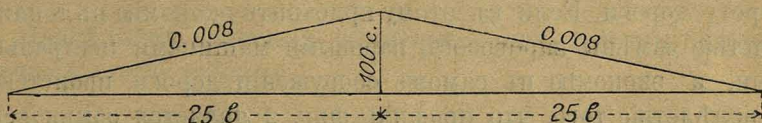
Такъ какъ мы допустили, что эксплуатаціонные расходы (не считая погашенія) при 5-тысячномъ предѣльномъ подъемѣ будутъ одинаковы для паровой и электрической, тяги то на основаніи таблицъ II и VI можно сказать, что, при этомъ допущеніи, напри- мѣръ, расходы для 20-тысячнаго подъема при электрической тягѣ будутъ такіе же, какъ расходы при паровой тягѣ и 10-тысяч- номъ подъемѣ. По сравненію же съ расходами при паровой тягѣ и 20-тысячномъ подъемѣ расходы электрической тяги будутъ въ $\frac{100 + (2 \times 40)}{124} = 1,5$ раза менѣе.

Но все же, повышеніе эксплуатаціонныхъ расходовъ даже и на 24% настолько велико, что вмѣстѣ съ необходимостью пога- шенія довольно большихъ затратъ на электрическія устройства оно могло бы совершенно уничтожить всѣ выгоды пользованія 20-тысячнымъ предѣльнымъ подъемомъ, если бы приходилось

примѣнять такой профиль на всей длинѣ дороги. Къ счастью, однако, обыкновенныя топографическія условія совершенно этого не требуютъ. Для того, чтобы убѣдиться въ этомъ, а также точнѣе указать сферу примѣненія большихъ предѣльныхъ подъемовъ, обратимся къ частному примѣру.

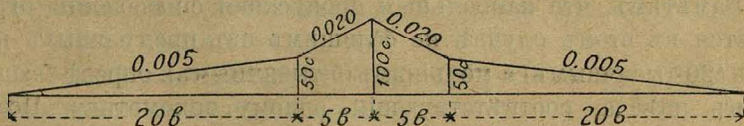
Допустимъ, что намъ требуется перевалить черезъ водораздѣлъ вышиной 100 саж. (величина эта нѣсколько даже превышаетъ высоту водораздѣловъ въ центральной Россіи, составляющую обыкновенно 50—70 саж.).

Пусть профиль этого пересѣченія при условіи 8-тысячнаго предѣльнаго подъема и паровой тяги будетъ таковъ, какъ изображено на фиг. 1.



Фиг. 1.

Допустимъ теперь, что профиль при электрической тягѣ мы спроектируемъ, какъ показано на фиг. 2, т. е. сосредоточимъ 20-тысячный подъемъ не на большемъ протяженіи (10 верстахъ), а на остальномъ пространствѣ (40 верстахъ) будемъ пользоваться



Фиг. 2.

5-тысячнымъ подъемомъ и, слѣдовательно, однимъ локомотивомъ въ поѣздѣ. Въ такомъ случаѣ, принимая эксплуатаціонные расходы при 5-тысячномъ подъемѣ и 60 вагонномъ составѣ за 100, получимъ:

а) для перваго случая сравнительно съ 5-тысячн. подъемомъ.

Увеличеніе числа поѣздовъ согласно таблицы I

$$\frac{57-44}{14} = \infty 30\%.$$

Эксплуатаціонные расходы согласно таблицы II

$$100 + 30 \times 0.40 = 112\%;$$

б) для второго случая эксплуатационных расходов

$$\left(100 \times \frac{40}{50}\right) + \left(124 \times \frac{10}{50}\right) = 104,8\%.$$

Слѣдовательно, разница въ пользу второго случая

$$112 - 104,8 = 7\%$$

всѣхъ эксплуатационныхъ расходовъ.

При 8, на примѣръ, паряхъ поѣздовъ и при средней стоимости поѣздо-версты въ 1 р. 35 к. эта экономія составитъ ежегодную сумму приблизительно въ 30.000 рублей или вообще около 500 р. на версту дороги. Если къ этому прибавить экономію въ топливѣ, вслѣдствіе замѣны паровозовъ паровыми машинами центральной станціи, и экономію въ самомъ сооружеіи дороги, проистекающую вслѣдствіе того, что профиль фиг. 2 является обыкновенно болѣе подходящимъ къ рельефу земной поверхности, нежели профиль фиг. 1, то становится яснымъ, что при пересѣченіи высокихъ водораздѣловъ, глубокихъ рѣчныхъ долинъ, и проч., электрическая тяга, будучи экономнѣе паровой тяги, даетъ возможность, въ то же время, повысить пропускную способность дороги, какъ, на примѣръ, въ разобранномъ случаѣ на цѣлыхъ 30%.

Замѣтимъ, что наибольшая пропускная способность ограничивается въ этомъ случаѣ не болѣшимъ изъ предѣльныхъ подъемовъ (20-тысячнымъ) а меньшимъ (5-тысячнымъ), опредѣляющимъ составъ поѣзда, соотвѣтствующій одному локомотиву. Поэтому именно этотъ меньшій подъемъ долженъ быть возможно малымъ; что же касается до большаго, то увеличеніе его даже до 25-тысячныхъ повлекло бы лишь увеличеніе эксплуатационныхъ расходовъ на 2%—3% безъ всякаго уменьшенія пропускной способности.

Предыдущія соображенія относятся до случая постройки дороги вновь; если же мы обратимся къ существующимъ уже линиямъ, то можемъ сказать, что вводя электрическую тягу и доводя составъ до 60 вагоновъ, мы также можемъ увеличить пропускную способность и сократить эксплуатационные расходы. Такъ, для дорогъ съ 20-тысячнымъ подъемомъ (каковы, на примѣръ, нѣкоторые участки Средне-Сибирской дороги).

	• Паровая тяга.	Электрич. тяга.
Наибольшій составъ поѣзда . . .	20 вагон.	60 вагон.
Число локомотивовъ.	1	3
Эксплоатаціонные расходы, считая за 100 расходы при 5-тысяч- номъ подъемѣ и одномъ и томъ же количествѣ перево- зимаго груза	180	124
Отношеніе эксплуатаціонныхъ рас- ходовъ	100	70
Сравнительная пропускная способ- ность	1	3

Продѣлывая подобныя вычисленія для разныхъ подъемовъ, получимъ такую таблицу:

ТАБЛИЦА VII.

Сравненіе эксплуатаціонныхъ расходовъ и наибольшей пропускной способности для разныхъ подъемовъ при паровой и электрической тягѣ:

Величина предѣльныхъ подъе- мовъ, въ тысячныхъ . . .	10	15	20
Экономія въ эксплуатаціон- ныхъ расходахъ при вве- деніи электрической тяги.	10%	20%	30%
Увеличеніе пропускной способ- ности въ отношеніи . . .	1,67:1	2,4:1	3:1

Такимъ образомъ, чѣмъ больше грузовое движеніе и чѣмъ больше предѣльный подъемъ, тѣмъ выгоднѣе замѣна паровой тяги электрической.

Пассажирское движеніе.

Мы говорили до сихъ поръ исключительно о величинахъ предѣльныхъ подъемовъ, обусловливаемыхъ требованіями товарнаго движенія.

Что касается до электрическихъ пассажирскихъ поѣздовъ, то безъ всякихъ разсужденій ясно, что намѣченные нами для тяжелыхъ товарныхъ поѣздовъ подъемы отъ 5 до 25-тысячныхъ

не представляют никаких препятствий прохождению пассажирских поѣздовъ, имѣющихъ сравнительно небольшой составъ; само же по себѣ пассажирское движеніе, какъ мы видѣли, слишкомъ мало интенсивно сравнительно съ товарнымъ, чтобы вызвать какое-либо серьезное измѣненіе въ экономическомъ значеніи тѣхъ или другихъ подъемовъ. Поэтому, въ наиболѣе распространенномъ случаѣ, когда пассажирское и товарное движеніе происходитъ по однимъ и тѣмъ же путямъ, руководящей нитью для отдѣленія предѣльныхъ подъемовъ можетъ служить грузовое движеніе. Но, съ примѣненіемъ электрической тяги могутъ появиться и такіе случаи, гдѣ пассажирское движеніе будетъ отдѣлено отъ товарнаго на самостоятельные пути. Таковъ случай выдѣленія пригороднаго дачнаго движенія, а также тѣ случаи, когда съ цѣлью уменьшенія чрезмѣрной загруженности линіи и, одновременно, съ цѣлью возможнаго увеличенія скорости пассажирскихъ поѣздовъ, можетъ оказаться выгоднымъ выдѣлить пассажирское движеніе. Какими же предѣльными подъемами можно задаваться при проектированіи подобнаго рода выдѣленныхъ пассажирскихъ линій?

Обратимся сначала къ линіямъ для пригороднаго пассажирскаго движенія, требующимъ частыхъ остановокъ, возможно быстраго развитія скорости при отправленіяхъ со станцій, и возможнаго уменьшенія интервала между поѣздами; величина предѣльнаго подъема въ этомъ случаѣ ограничивается двумя соображеніями.

Прежде всего, для соблюденія условной безопасности требуется, чтобы при наибольшей скорости движенія на наиболѣе крутомъ спускѣ самое энергичное тормаженіе все же не повлекло бы за собой скольженія колесъ. Непрерывные тормазы даютъ обыкновенно отрицательное тяговое усиліе около 60—70 клгр. на тонну вѣса поѣзда, что соответствуетъ убыванію скорости въ каждую секунду на 2,1 до 2,5 километровъ въ часъ. Если задаться коэффициентомъ сцепленія въ $\frac{1}{8}$, т. е. наибольшей силой тягового усилія въ 125 клгр. на тонну, то предѣломъ наибольшаго подъема будетъ $125 - 70 = 55$ или $125 - 60 = 65$ -тысячныхъ, т. е., вообще говоря, наибольшій предѣлъ подъема не долженъ превосходить 60-тысячныхъ.

Съ другой стороны, составъ и электродвигатели поѣздовъ для пригороднаго движенія должны быть, какъ извѣстно, расчи-

таны такимъ образомъ, чтобы при троганіяхъ съ мѣста возможно быстро пріобрѣтать скорость; развиваемая при этомъ сила тяги составляетъ обыкновенно отъ 40 до 50 клгр. на тонну. Очевидно, однако, что разъ составъ поѣзда (сцѣпной вѣсъ и мощность электродвигателей), уже рассчитаны на такую силу тяги, то нѣтъ никакого смысла брать предѣльный подъемъ менѣе 40-тысячныхъ, и слѣдуетъ только избѣгать подъемовъ отъ станцій, замѣняя ихъ по возможности площадками или даже спусками.

Слѣдовательно, окончательно можно сказать, что для пассажирскихъ путей пригороднаго движенія предѣльный подъемъ долженъ заключаться въ предѣлахъ 40—60-тысячныхъ.

Второй указанный нами случай выдѣленія пассажирскихъ путей на всемъ протяженіи желѣзной дороги требуетъ, очевидно, нѣсколько меньшихъ подъемовъ. Величина ихъ опредѣляется той долей вѣса избраннаго состава поѣзда, которую составляетъ одинъ или два вагона-двигателя, находящіяся въ составѣ этого поѣзда.

ТАБЛИЦА VIII.

Предѣльный подъемъ для пассажирскихъ электрическихъ поѣздовъ дальняго слѣдованія.

Отношеніе нагрузки на ведущія оси къ

составу поѣзда	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$
Предѣльный подъемъ	40	30	24	20

Примѣчаніе. Коэффициентъ сцѣпленія принять равнымъ $\frac{1}{8}$.

Примѣръ. Поѣздъ идетъ въ составѣ двухъ вагоновъ-двигателей по 40 тоннъ, между которыми вставлены три обыкновенныхъ вагона по 30 тоннъ; если нагрузка на движущія оси составляетъ половину вѣса вагоновъ двигателей (это будетъ, напр., когда одновременно только одинъ изъ этихъ вагоновъ является движущимъ или же когда только половина осей обоихъ движущихъ вагоновъ снабжена двигателями), то предѣльный подъемъ для такого поѣзда будетъ $\frac{(125-5) 40}{170} = 28$ -тысячнымъ.

Въ виду большихъ скоростей до 80—100 верстъ въ часъ, съ которыми вѣроятно придется считаться при такомъ движеніи, а также въ виду незначительной роли потери времени на троганія съ мѣста на рѣдкихъ сравнительно остановкахъ, можно полагать,

1715960
что наиболѣе рациональнымъ будетъ въ этомъ случаѣ выбирать предѣльные подъемы именно между 20 и 40-тысячными, руководствуясь нормальнымъ составомъ поѣзда, какъ показано къ табл. VIII.

Выводы. Резюмируемъ теперь все изложенное нами относительно предѣльныхъ подъемовъ.

1. При условіи тяги товарныхъ поѣздовъ однимъ электрическимъ локомотивомъ подъемы могутъ быть выбраны лишь немного больше, нежели при паровой тягѣ и, вообще говоря, не должны превышать 6—10-тысячныхъ.

2. При возможности включенія въ составъ поѣзда двухъ или трехъ электрическихъ локомотивовъ, величина предѣльнаго подъема можетъ быть увеличена до 15—20-тысячныхъ. Такое увеличеніе особенно выгодно въ томъ случаѣ, когда такой подъемъ можетъ быть сосредоточенъ въ одной короткой гористой части линіи; въ остальной же равнинной части величина предѣльнаго подъема должна быть по возможности мала, напимѣръ, не превышать 5-тысячныхъ.

3. При введеніи на существующихъ уже линіяхъ электрической тяги, вмѣсто паровой, такая замѣна тѣмъ выгоднѣе, чѣмъ больше предѣльный подъемъ. При величинѣ этого подъема въ 15—20-тысячныхъ электрическая тяга способна втрое повысить наибольшую пропускную способность линіи при одновременномъ значительномъ сокращеніи эксплуатаціонныхъ расходовъ примѣрно на 20—30%.

4. Въ случаѣ выдѣленія пригороднаго пассажирскаго движенія на самостоятельные пути, полотно для этихъ путей можетъ быть запроектировано съ подъемами въ 40—60-тысячныхъ.

5. Для междугороднихъ пассажирскихъ линій съ большими скоростями поѣздовъ и рѣдкими остановками наиболѣе подходящая величина и предѣльнаго подъема заключается между предѣлами 20—40-тысячныхъ.

Заканчивая на этомъ вопросъ о выборѣ предѣльныхъ подъемовъ перейдемъ къ вопросамъ о кривыхъ и о трассировкѣ линій электрическихъ желѣзныхъ дорогъ магистральнаго значенія.

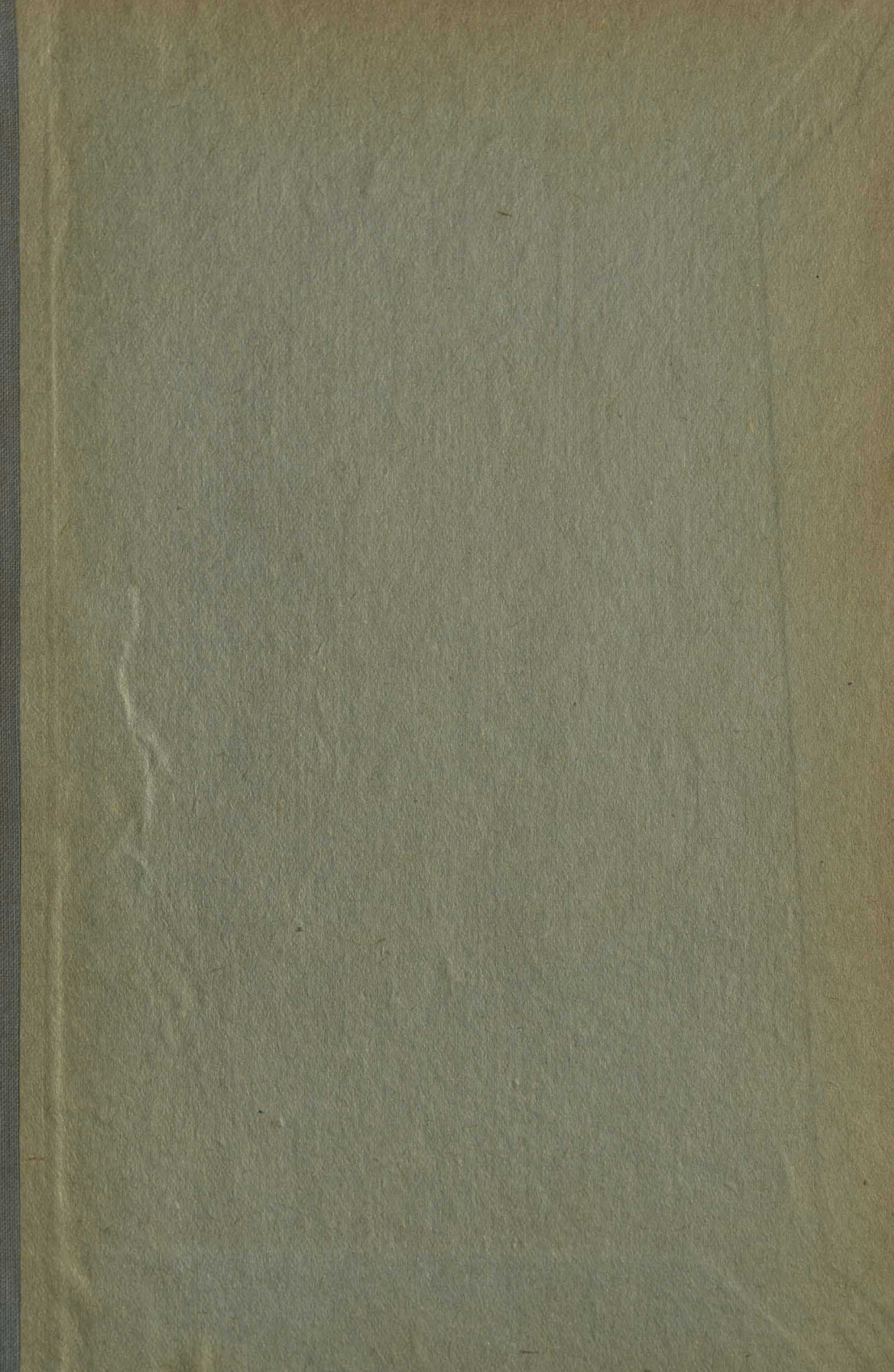




К

Обложка печатана въ типографіи Министерства Путей Сообщенія
(Т-ва И. Н. Кушнерева и К^о), Фонтанка, 117.

print
M





2011143543