

# ВИРТУАЛЬНАЯ ДЛИНА

II

ЕЯ ПРИМѢНЕНІЕ

КЪ ПОСТРОЙКѢ И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЖЕЛѢЗНЫХЪ ДОРОГЪ.

ИЗСЛѢДОВАНИЕ

Инженера **А. ЛИНДНЕРА.**

Обнародовано по желанію департамента желѣзныхъ дорогъ  
въ Швейцаріи.

ПЕРЕВЕЛЪ СЪ ИЗДАНІЯ 1879 ГОДА

Инженеръ **Л. Клейнборгъ.**

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія министерства путей сообщенія (А. Бевке).

по фонтанкѣ, № 99.

1880.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 17 іюля 1880 г.

## ПРЕДИСЛОВІЕ.

---

Для личных цѣлей я нѣсколько лѣтъ тому назадъ приступилъ къ разработкѣ изслѣдованія, которое въ настоящее время излагаю на слѣдующихъ страницахъ.

Примѣненіе выработанныхъ мною формулъ дало столь удовлетворительные результаты, что какъ они, такъ и одобреніе департамента желѣзныхъ дорогъ въ Швейцаріи побудили меня къ обнаруженію сего моего труда.

Въ частности я старался добыть возможно точныя формулы и коэффициенты; однако, въ общемъ, ихъ нельзя считать безусловно годными, такъ какъ для этого прежде всего недостаетъ приуроченной къ принципу виртуальныхъ протяженій формы изложенія статистическихъ данныхъ.

Приведенные здѣсь примѣры ограничиваются однѣми только швейцарскими дорогами, ибо въ моемъ распоряженіи не было точныхъ данныхъ относительно уклоновъ и кривыхъ какихъ бы то ни было дорогъ другихъ странъ. Но такъ какъ швейцарскія желѣзныя дороги обладаютъ весьма разнообразными уклонами и кривыми, то, поэтому, упрекъ въ односторонности приведенныхъ мною примѣровъ не можетъ имѣть здѣсь мѣста. Кромѣ того, при этомъ, не надо упускать изъ виду, что географическое положеніе данной дороги не имѣетъ никакого вліянія на принципъ виртуальныхъ протяженій.

Цѣль настоящаго изслѣдованія будетъ достигнута, если люди, обладающіе спеціальными позваніями, поближе ознакомятся съ методомъ «виртуальныхъ протяженій» и соблаговолятъ сообщить свои замѣчанія относительно пробѣловъ, вызванныхъ главнымъ образомъ существующей системой группировки статистическихъ данныхъ.

Цюрихъ, въ сентябрѣ 1878 г.

**Авторъ.**

# ОГЛАВЛЕНИЕ.

	СТР.
<b>I. Введение</b> . . . . .	1
1) Эквивалентная длина ирландскихъ дорогъ . . . . .	2
2) Виртуальная длина Гега (Ghega) . . . . .	3
3) Капитализация стоимости эксплуатации Рекля (Rökl) . . . . .	4
4) Метода Гейне (Heune) . . . . .	9
5) Виртуальная длина Рамбо (Rambaux) . . . . .	11
6) Саксонская формула . . . . .	12
7) Исчисленія инспекціи швейцарскихъ дорогъ . . . . .	13
8) Виртуальная длина горныхъ дорогъ . . . . .	14
9) Исчисленіе эксплуатационныхъ расходовъ и приведенныхъ протяженій Лаунгардта (Launhardt) . . . . .	—
<b>II. Основаніе и исчисленіе виртуальныхъ протяженій</b> . . . . .	23
1) Сопротивленіе на горизонтальной и прямолинейной дорогѣ . . . . .	24
2) Сопротивленіе на уклонахъ . . . . .	32
3) Сопротивленіе на кривыхъ . . . . .	47
4) Главная формула виртуальной длины . . . . .	58
5) Вычисленіе виртуальныхъ протяженій нѣкоторыхъ дорогъ . . . . .	60
<b>III. Примѣненіе метода виртуальныхъ протяженій</b> . . . . .	81
1) Сравненіе двухъ вариантовъ . . . . .	—
2) Возможная величина нагрузки поѣзда . . . . .	87
3) Опредѣленіе уклоновъ, направленныхъ противоположно главному движенію . . . . .	88
4) Количество потребляемаго угля . . . . .	91
5) Изнашиваемость отъ тормажения . . . . .	97
6) Стоимость эксплуатаціи . . . . .	111
7) Назначеніе тарифовъ . . . . .	115
8) Слѣвіе двухъ дорогъ . . . . .	130
9) Направленіе транспортировки . . . . .	134
Замѣчанія . . . . .	136

## I. ВВЕДЕНИЕ.

---

Для возможно точнаго опредѣленія достоинства какой нибудь существующей или вновь проектируемой желѣзной дороги въ техническомъ и финансовомъ отношеніяхъ, недостаточно знать одну только стоимость ея постройки, но при этомъ слѣдуетъ также ознакомиться и съ расходами по ея эксплуатаціи. Остальные факторы, какъ напр. вліяніе общаго и мѣстнаго законодательства и прочія измѣняющіяся обстоятельства, можно здѣсь разсматривать только тогда, когда ихъ вліяніе на стоимость эксплуатаціи выразится въ опредѣленной денежной формѣ.

Стоимость постройки разсматриваемой дороги всегда не трудно найти при помощи предварительныхъ вычисленій. И если при этомъ опредѣлить еще стоимость эксплуатаціи въ зависимости отъ существующихъ на ней уклоновъ и кривыхъ, то цѣль нашихъ изслѣдованій будетъ достигнута. Также можно сравнить проценты съ затраченнаго капитала съ выигрышемъ или проигрышемъ при эксплуатаціи и такимъ образомъ опредѣлить годичную ренту дороги.

Детальное опредѣленіе упомянутыхъ расходовъ по эксплуатаціи требуетъ весьма обширныхъ вычисленій и въ особенности когда желательна добыть въ этомъ отношеніи возможно точные результаты.

Поэтому уже давно зародилась мысль о выполненіи этой столь сложной работы для какой нибудь одной дороги, находящейся въ извѣстныхъ однообразныхъ условіяхъ, а всѣ остальные дороги и въ особенности вновь проектируемыя сравнить съ нею, какъ съ разъ навсегда избранной базой сравненія. Отыскавши теперь всѣ сопротивленія, существующія на этой образцовой дорогѣ, и необходимую для ихъ преодоленія силу тяги, остается только для каждой другой дороги опредѣлить величину ея сопротивленій и сравнить ихъ съ принятой единицей мѣры. Отсюда возникло понятіе о «виртуальныхъ протяженіяхъ», по которому дѣйствительная длина изслѣдуемаго участка дороги сравнивается съ тождественной длиной воображаемаго пути, принятаго за базу сравненія.

Оба метода — капитализация стоимости эксплуатации и виртуальные протяжения — нашли себя своих сторонников. Но при этом замѣчательно то, что первый изъ нихъ, не смотря на всю свою обстоятельность и сложность, сдѣлался все-таки преобладающимъ, тогда какъ методъ «виртуальной линіи», при всей своей простотѣ и возможности всесторонняго примѣненія, почти совершенно вышелъ изъ употребленія.

Причина тому кроется главнымъ образомъ въ разнообразіи данныхъ, которыя были приняты для образцовыхъ дорогъ и которыя поэтому внесли замѣшательство въ понятіе о «виртуальныхъ протяженіяхъ» и послужили такимъ образомъ причиною противорѣчія въ отыскиваемыхъ результатахъ. Но для уничтоженія такого недоразумѣнія стоитъ труда оправдать этотъ методъ «виртуальной длины» посредствомъ введенія въ него однообразнаго базиса и такимъ образомъ сдѣлать его вполне пригоднымъ для всеобщаго примѣненія.

Насколько оправдывается только-что приведенная причина неупотребленія «виртуальной длины», видно будетъ изъ слѣдующаго сопоставленія существующихъ методовъ съ ихъ преимуществами и недостатками.

### 1) Эквивалентная длина ирландскихъ дорогъ.

Уже въ 1838 году — въ своемъ отчетѣ о вновь проектированныхъ ирландскихъ желѣзныхъ дорогахъ (*Civil Engineers and Architects Journal Nov. 1838, стр. 378*)—англичане замѣнили обыкновенныя дороги съ подъемами и спусками «эквивалентнымъ протяженіемъ» горизонтальной дороги.

Коммиссія, составлявшая этотъ отчетъ, была того мнѣнія, что вліяніе уклоновъ можно вообще опредѣлить только математическимъ путемъ; но существовавшія тогда теоретическіе принципы, которые должны были рѣшить настоящій вопросъ, подавали поводъ къ такимъ несообразностямъ, что коммиссія ограничилась только практическимъ изслѣдованіемъ вліянія уклоновъ при помощи наилучшихъ приспособленій, которыми она тогда располагала.

Результаты этихъ изслѣдованій изложены въ 8 таблицахъ, въ которыхъ эквивалентная горизонтальная дорога восстановлена для четырехъ типовъ машинъ, при силѣ тяги въ 100 и 50 тоннъ брутто (со включеніемъ паровоза) и для спусковъ и подъемовъ — отъ  $\frac{1}{90}$  до  $\frac{1}{1500}$ .

Для образца достаточно будетъ привести здѣсь только первыя двѣ таблицы, составленныя для паровоза 1-го класса (котораго машина вѣситъ 12 тоннъ, а тендеръ—6 тоннъ).

Таб. I. Для паровозов I класса. Грузъ-брутто 100 т.				Таб. II. Для паровозов I класса. Грузъ-брутто 50 т.			
Уклоны или наклонныя поперхн.	Эквивалентныя горизонт. дор.			Уклоны или наклонныя поперхности.	Эквивалентныя горизонт. дор.		
	поднимающ.	опускающ.	среднее изъ обѣихъ.		поднимающ.	опускающ.	среднее изъ обѣихъ.
1: 90	2,50	1,00	1,75	1: 90	1,99	1,00	1,49
95	2,42	1,00	1,71	95	1,94	1,00	1,47
100	2,39	1,00	1,69	100	1,89	1,00	1,44
110	2,23	1,00	1,61	110	1,81	1,00	1,40
120	2,12	1,00	1,56	120	1,74	1,00	1,37
130	2,04	1,00	1,52	130	1,68	1,00	1,34
140	1,96	0,83	1,46	140	1,64	1,00	1,32
160	1,84	0,83	1,33	160	1,56	0,83	1,20
180	1,79	0,83	1,31	180	1,49	0,83	1,16
200	1,67	0,83	1,25	200	1,44	0,83	1,13
250	1,53	0,83	1,18	250	1,36	0,83	1,09
300	1,45	83	1,14	300	1,30	0,83	1,06
350	1,38	0,83	1,10	350	1,25	0,83	1,04
400	1,33	0,83	1,08	400	1,22	0,83	1,02
500	1,27	0,83	1,05	500	1,18	0,83	1,01
750	1,18	0,83	1,01	750	1,12	0,88	1,00
1000	1,13	0,85	1,00	1000	1,09	0,91	1,00
1500	1,09	0,90	1,00	1500	1,06	0,94	1,00

Отсюда видно, что въ то время эквивалентную длину ставили въ существенной зависимости отъ размѣровъ паровоза и силы тяги; поэтому, вслѣдствіе возможности значительнаго разнообразія въ комбинаціи этихъ измѣняющихся величинъ, эквивалентная длина одной и той-же дороги получила безчисленное множество значеній.

Такия разнообразныя числа никоимъ образомъ не могутъ служить для сравненія дорогъ между собою; и это только доказываетъ, что силу тяги слѣдуетъ вынуть изъ расчета, ибо для желѣзной дороги перемѣна типа паровозовъ имѣетъ такое-же значеніе, какъ для грунтовой дороги замѣна воловъ лошадьми.

## 2) Виртуальная длина Гега (Ghega).

Въ первый разъ въ 1844 году Карль Гега приводитъ, въ своемъ сочиненіи о желѣзныхъ дорогахъ Балтиморъ и Гойо (Wien, Kaulfuss We. Prandel & Co.), слово «*виртуальныя протяженія*» (Virtual-Längen), почему онъ повидимому и долженъ считаться первымъ, употребившимъ это слово въ настоящемъ его значеніи.

При подъемѣ въ  $\frac{1}{n}$  и дѣйствительной длинѣ  $b$ , виртуальная длина  $V_1$  по Гега будетъ:

$$V_1 = b \left( 1 + \frac{280}{n} \right).$$

Число 280 произошло отъ того, что Гега принялъ 8 англійскихъ фунтовъ сопротивленія на одну тонну (2.240 англ. фунтовъ); поэтому 1 фунтъ сопротивленія приходится на 280 фунтовъ груза.

Для опредѣленія сопротивленія на кривыхъ, Гега опирается на опытахъ 1842 года, по которымъ сопротивленіе на кривыхъ равно (т. е. къ существующему сопротивленію на прямой  $a$  прибавить величину равную)

$$\begin{array}{l} \frac{a}{2} \text{ при радиусѣ въ } 400' \text{ англ.} \\ \text{и } a \text{ » » » } 200' \text{ »} \end{array}$$

но это для цѣлой только окружности.

Отсюда онъ выводитъ, что «виртуальная длина» кривой, въ англ. футахъ, есть  $1256a$ . Если теперь обозначимъ сумму всѣхъ центральныхъ угловъ черезъ  $Z$  и раздѣлимъ ее на  $360^\circ$ , то виртуальная длина будетъ

$$V_2 = 1256. Z \text{ англ. футовъ.}$$

Такимъ образомъ, общая виртуальная длина подъемовъ и кривыхъ по Гега есть

$$V = b \left( 1 + \frac{280}{n} \right) + 1256. Z \text{ (въ англ. футахъ).}$$

Хотя эта формула очень проста и основана на весьма раціональныхъ умозаключеніяхъ, однако она, повидимому, совершенно забыта. И во всякомъ случаѣ было-бы далеко цѣлесообразнѣе измѣнить въ этой формулѣ коэффициенты и сдѣлать ее такимъ образомъ болѣе годною къ употребленію, чѣмъ предать забвенію вѣрно избранный путь Гега.

## 3) Капитализація стоимости эксплуатаціи Рекля (Röckl).

Въ началѣ шестидесятыхъ годовъ А. Рекль, предсѣдатель коммисіи, занимавшейся тогда проектированіемъ желѣзныхъ дорогъ въ Баваріи, ввелъ въ употребленіе капитализацію вѣроятныхъ расходовъ по эксплуатаціи вновь проектируемыхъ желѣзныхъ дорогъ.



Въ основаніи его расчетовъ лежитъ слѣдующая идея:—что наибольшіе размѣры поѣздовъ, возможные для данной дороги, обуславливаются ея наибольшимъ сопротивленіемъ движенію или тѣмъ ея участкомъ, на которомъ потребуется наибольшая сила тяги.

Нельзя вообще отрицать справедливость такого воззрѣнія; однако, отсюда нельзя еще опредѣлить стоимость эксплуатаціи дороги, такъ какъ значительная часть этой стоимости зависитъ отъ количества поѣздовъ, необходимыхъ для удовлетворенія данному движенію; притомъ необходимо также принять во вниманіе длину и сопротивление остальныхъ участковъ, на которыхъ сила тяги уже бываетъ другою.

Если для примѣра взять уклонъ въ  $10\text{‰}$ <sup>1)</sup>, то размѣры передвигаемыхъ по немъ грузовъ обуславливаются силою существующихъ локомотивовъ, и сообразно съ этимъ опредѣлится количество поѣздовъ предполагаемаго движенія; при этомъ изнашиваемость подвижного состава и рельсовъ, а также количество топлива—уже будетъ различно, смотря по тому существуетъ-ли настоящій уклонъ на протяженіи всѣхъ примѣрно 20-ти верстъ или только 1 или 2 изъ нихъ будутъ имѣть этотъ подъемъ.

Оставляя въ сторонѣ это главное возраженіе, прослѣдимъ далѣе ходъ вычисленій Ребля.

Руководствуясь упомянутымъ правиломъ, прежде всего приходилось опредѣлить наибольшее сопротивленіе пути, т. е. опредѣлить силу тяги того участка дороги, гдѣ наибольшіе уклоны совпадаютъ съ кривыми наименьшихъ радіусовъ.

Но чтобы установить какую нибудь связь между сопротивленіями въ кривыхъ и сопротивленіями на уклонахъ, первыя замѣнялись эквивалентными величинами послѣднихъ; при этомъ принималось, что сопротивленіе на кривой,

имѣющей 300 метр. въ радіусѣ,	равно сопротивленію на уклонѣ въ $\frac{1}{160}$
» 360 » » » » » » » »	» $\frac{1}{189}$
» 450 » » » » » » » »	» $\frac{1}{280}$
» 540 » » » » » » » »	» $\frac{1}{418}$
» 600 » » » » » » » »	» $\frac{1}{700}$

<sup>1)</sup> Этотъ знакъ— $\text{‰}$  — обозначаетъ *тысячныя доли—pro mille*, такъ напр.,  $0,1\text{‰}=0,0001$ ;  $1\text{‰}=0,001$ ;  $10\text{‰}=0,01$ ;  $100\text{‰}=0,1$ ,  $1,5\text{‰}=0,0015$ .

выше 700 » может сравниться съ сопротивленіемъ на горизонтальномъ пути.

Эти равнозначущія величины, какъ мы дальше пояснимъ, не вполне точны, а пока ограничимся только тѣмъ замѣчаніемъ, что тогда еще не имѣли результатовъ тѣхъ опытовъ, какіе существуютъ въ настоящее время и на которыхъ можно было-бы основываться.

Рекль совершенно справедливо, или какъ мы дальше пояснимъ, приблизительно вѣрно принимаетъ, что сопротивленіе на уклонѣ, сложенное съ величиною самаго уклона, равно сопротивленію на горизонтальномъ пути; при этомъ сопротивленіе на горизонтальномъ пути онъ выражаетъ величиною въ  $\frac{1}{280}$ .

Также и относительно этой послѣдней величины мы впоследствии приведемъ болѣе подробныя свѣдѣнія, пока-же замѣтимъ, что опыты новѣйшаго времени указываютъ на возможность уменьшенія этой величины вдвое.

И такъ, при помощи всѣхъ этихъ соображеній и данныхъ, Рекль находитъ, что для какой-нибудь дороги, имѣющей уклоны, примерно въ  $\frac{1}{100}$ , и кривыя съ радіусами въ 300 метровъ, сопротивление движенію будетъ

$$W = \frac{1}{280} + \frac{1}{100} + \frac{1}{160} \text{ или}$$

$$W = \frac{1}{50}$$

т. е. необходимая сила тяги для данной дороги должна составлять  $\frac{1}{50}$  часть передвигаемаго по ней валового груза.

Относительно экспедиціонныхъ расходовъ Рекль принимаетъ слѣдующія данныя:

Во-первыхъ онъ полагаетъ, что эти послѣднія состоятъ изъ постоянной величины, заключающей въ себѣ расходы по службѣ движенія, эксплуатаціи и управленія, и изъ переменной, обнимающей расходы по ремонту и силѣ тяги.

Если обозначимъ черезъ

$K$ —расходы по эксплуатаціи,

$\alpha$ —постоянные расходы,

$\beta$ —коэффициентъ,

$W$ —наибольшее сопротивленіе,

то изъ вышесказаннаго получается слѣдующая формула:

$$K = \alpha + \beta W$$

Далѣе Рекль принимаетъ, что расходы по эксплуатаціи

а) для такъ называемой англійской системы желѣзныхъ дорогъ (гдѣ уклоны не превосходятъ 1 : 200 и кривыя имѣютъ радіусы не менѣе чѣмъ въ 600 метровъ, почему  $W = \frac{1}{280} + \frac{1}{200} + \frac{1}{700} = \frac{1}{100}$ ) равны 5.700 фл. южно-герм. в.

б) для такъ называемой американской системы дорогъ <sup>1)</sup> (гдѣ уклоны доходятъ до  $\frac{1}{100}$ , а радіусы кривыхъ уменьшаются до 300 метровъ, почему  $W = \frac{1}{280} + \frac{1}{100} + \frac{1}{160} = \frac{1}{50}$ ) равны 7.800 фл. южно-герм. в.

Если вставить обѣ эти данности въ выраженіе для  $K$ , то получимъ

$$5.700 = \alpha + \frac{\beta}{100}$$

$$7.800 = \alpha + \frac{\beta}{50}$$

Изъ этихъ двухъ уравненій можно теперь опредѣлить до сихъ поръ еще неизвѣстныя величины  $\alpha$  и  $\beta$ , а именно:

$$\alpha = 3.600$$

$$\beta = 210.000$$

вставивъ эти величины, получимъ

$$K = 3.600 + 210.000 W \text{ въ южно-герм. фл.}$$

Принятая въ настоящей формулѣ двѣ величины не одинаковы для разныхъ странъ. Во первыхъ расходы по эксплуатаціи, какъ для наибольшаго сопротивленія въ  $\frac{1}{50}$ , такъ и для  $\frac{1}{100}$ , получаютъ въ каждой странѣ особое значеніе, зависящее отъ мѣстныхъ условий; поэтому настоящая формула получить особое значеніе для величинъ  $\alpha$ —постоянный расходъ и  $\beta$ —коэффициентъ.

Также допущеніе, что постоянный расходъ  $\alpha$  одинаковъ для различныхъ размѣровъ движенія—невыполнѣе основательно, ибо данное число служащихъ должно увеличиться вмѣстѣ съ возрастаніемъ движенія свыше опредѣленнаго предѣла, почему и поверстный расходъ дороги также значительно увеличится, и тогда въ формулѣ постоянная величина  $\alpha$  уже получитъ большее значеніе. Также и переменные расходы существенно зависятъ отъ размѣровъ движе-

<sup>1)</sup> Такое раздѣленіе желѣзнодорожныхъ системъ и ихъ обозначеніе—принятое въ Германіи, совсемъ неизвѣстно въ Америкѣ. Тамъ на первостепенныхъ дорогахъ, какъ, напр., на центральной пенсильванской, на бальтиморско-ойо, существуютъ еще большіе уклоны, а существующая въ Америкѣ система вагоновъ допускаетъ весьма незначительные радіусы, изъ которыхъ вѣрѣдко встрѣчаются даже въ 180 метровъ.

ніа, и коэффициентъ  $\beta$ , принятый въ формулѣ равнымъ 210.000 получить вдвое большую величину, если только движеніе удвоится и число поѣздовъ будетъ вдвое болѣе того числа, которое было принято при его вычисленіи.

Чтобы показать какимъ образомъ примѣняется формула Рекля въ дѣйствительности, выберемъ для примѣра дорогу, идущую изъ Веттингена (около Бадена) до Цоффингена. Теперь она проходитъ черезъ Веттингенъ, Баденъ, Аарау, Ольтенъ и Цоффингенъ. Мы-же допустимъ, что на всемъ ея протяженіи нѣтъ такихъ мѣстностей, которыя-бы обусловливали ея настоящее направленіе, и что, имѣя свободный выборъ, эту дорогу можно провести или черезъ Аарау и Ольтенъ (N. O. V. и S. C. V.), или-же черезъ Ленцбургъ и Саффенвилъ (S. N. V.).

Руководствуясь теоріей Рекля, необходимо первымъ долгомъ опредѣлить направленіе обѣихъ линій и размѣры затрачиваемаго на нихъ капитала. Допустимъ, что, сообразуясь съ теперь существующими направленіями дорогъ N. O. V. и S. C. V. съ одной стороны и S. N. V. съ другой стороны, эти опредѣленія возможны, такъ что стоимость постройки одного километра <sup>1)</sup> линіи Веттингенъ - Баденъ - Аарау - Ольтенъ - Цоффингенъ, имѣющей въ длину 50,4 кил. = 208.389 фр., а стоимость километра линіи <sup>2)</sup> Веттингенъ-Меллинггенъ-Ленцбургъ-Цоффингенъ, имѣющей въ длину 41,2 кил. = 191.000 фр.

Линія *Веттингенъ-Аарау-Цоффингенъ* имѣетъ свое наибольшее сопротивленіе на подъемѣ въ 12‰ и при радиусѣ кривой въ 300 метровъ; поэтому

$$W = \frac{1}{280} + \frac{1}{83} + \frac{1}{160} = \frac{1}{46} \text{ и}$$

$$K = 3.600 + 210.000 \times \frac{1}{46} = 8.165 \text{ фл. южно-герм. в.} = 17.500 \text{ фр.}$$

Капитализируя расходы эксплуатаціи 5‰-ми, на каждый километръ придется . . . 350.000 фр.

а на 50,4 кил. придется . . . . . 17.640.000 фр.

стоимость сооруженія = 50,4  $\times$  208.389 = 10.502.800 >

въ общемъ 28.142.800 фр.

<sup>1)</sup> Эта стоимость взята изъ отчета 1855 года о расходахъ по постройкѣ N. O. V. дороги, имѣющей въ длину 101,2 кил., изъ которыхъ каждый обошелся среднимъ счетомъ въ 208.389 фр., а валовой сборъ на каждый изъ нихъ = 11.425 фр.

<sup>2)</sup> Эта стоимость взята среднимъ счетомъ изъ предположенныхъ расходовъ въ 16.620.000 фр. по постройкѣ линіи Винтертуръ-Цоффингенъ, имѣющей въ длину 87 килом. Въ дѣйствительности эта стоимость слишкомъ мала.

Линія *Веттминенъ-Ленцбургъ-Цоффиненъ* имѣеть свое наибольшее сопротивленіе на подъемѣ въ 14,5‰ и кривой радіуса въ 300 метр.; поэтому

$$W = \frac{1}{280} + \frac{1}{69} + \frac{1}{160} = \frac{1}{41} \text{ и}$$

$$K = 3.600 + 210.000 \times \frac{1}{41} = 8.720 \text{ фл. южно-герм. в.} = 18.690 \text{ фр.}$$

капитализируя 5‰, расходы по эксплуатаціи, на каждый километр придется . . . . . 373.800 фр.

а на 41,2 кил. придется . . . . . 15.400.560 фр.

стоимость сооруженія = 41,2 × 191.000 = 7.869.200 »

въ общемъ 23.269.760 фр.

И такъ, по формулѣ Рекля выходитъ, что выгоднѣе направить линію черезъ Ленцбургъ, ибо въ этомъ случаѣ капитализированные расходы по эксплуатаціи уже даютъ 2½ мил. сбереженій; прибавляя сюда еще уменьшеніе расходовъ на постройку, получимъ, что дорога черезъ Ленцбургъ даетъ въ общемъ около 5 мил. сбереженій.

#### 4) Метода Гейне (Heune).

Теорія Гейне имѣеть близкое сходство съ теоріей Рекля. Въ своемъ трактатѣ «О выборѣ направленій желѣзныхъ дорогъ (Das Traciren von Eisenbahnen. Wien, bei Hölder)», Гейне вычисляетъ расходы по эксплуатаціи въ зависимости отъ австрійскихъ мѣстныхъ условій и даетъ (на стр. 200, 4-е изданіе) слѣдующую формулу:

$$R'' = C' + 0,182E' + \frac{(C' + 0,182E') 40,6}{g}$$

гдѣ

$R''$  обозначаетъ годичный расходъ по эксплуатаціи на милю въ австр. фл.

$E'$  » годичный валовой сборъ въ австр. фл.

$C'$  » постоянную величину, которая для разныхъ  $E$  бываетъ различна, и именно:  
 когда  $E' \cong 75.000$  фл., то  $C' = 13.470$  фл.  
 »  $E' > 75.000$  фл. »  $C' = 23.070$  »

$\frac{1}{g}$  » уклонъ дороги.

Эта формула отъ введенія величины  $C'$ , обозначающей существующіе расходы по эксплуатаціи, получила преимущество передъ формулой Рекля, ибо ея значеніе возрастаетъ вмѣстѣ съ увеличеніемъ движенія на дорогѣ. При какомъ значеніи для  $E'$  постоян-

ная величина  $C'$  еще может равняться 23.070 фл.—всегда не трудно определить. До сихъ поръ нигдѣ еще движеніе не возрасло до такихъ размѣровъ, чтобы появилась надобность въ утроеніи обыкновеннаго контингента служащихъ.

Дальнѣйшее преимущество формулы Гейне состоитъ въ томъ, что здѣсь расходы по эксплуатаціи поставлены въ нѣкоторой зависимости отъ валовыхъ сборовъ, и такимъ образомъ переменный коэффициентъ, который Рекль въ своей формулѣ сдѣлалъ постояннымъ и принялъ равнымъ 210.000, здѣсь примѣняется соответственно возрастанію движенія дороги, зависящаго въ свою очередь отъ валового сбора.

При такихъ преимуществахъ формула Гейне имѣетъ однако тотъ недостатокъ, что въ ней не обращено вниманія на сопротивленія движенію въ кривыхъ. Этотъ пробѣлъ можно пополнить, если подъ выраженіемъ  $\frac{1}{g}$  будемъ подразумѣвать не только уклоны дороги, но и кривыя наименьшихъ радіусовъ, замѣненные равнозначущими уклонами, такъ чтобы

$$\frac{1}{g} = \frac{1}{g'} + \frac{1}{g''} \text{ гдѣ}$$

$$\frac{1}{g'} \text{ — подъемъ,}$$

$$\frac{1}{g''} \text{ — эквивалентная величина кривой.}$$

Если примѣнить формулу Гейне къ вышеприведенному при- мѣру, Веттингено-Цофингенской дороги, то, не обращая вниманія на только что упомянутую поправку, получимъ, что для линіи *Веттингенъ-Аарау-Ольтенъ-Цофингенъ*

$$\frac{1}{g} = \frac{1}{83}$$

$E' = 11.425$  фр. (въ 1855 г.) валового сбора на километръ или на австр. милю 34.275 фл. австр. в.;

откуда  $C' = 13.470$ ;

почему  $R'' = 13.470 + 0,182 \cdot 34275 + \frac{13470 + 0,182 \cdot 34275}{83} \cdot 40,6 =$   
 $= 19708 + \frac{19708 \cdot 40,6}{83} = 29348$  фл. австр. в. на милю  
 $= 9783$  фр. на километръ,

а на 50,4 километра всей дороги . . . . . 493.063 фр. ;  
 капитализируя эту сумму 5-ю процентами, полу-  
 чимъ капиталъ въ . . . . . 9.861.260 фр.

Для линіи *Веттингенъ-Ленцбургъ-Цоффингенъ*

$$\frac{1}{g} = \frac{1}{69};$$

допуская одинаковое движеніе, получимъ

$$R'' = 13470 + 0,182.34275 + \frac{13470 + 0,182.34275}{69} \cdot 40,6 =$$

$$= 19708 + 285,62.40,6 = 31304 \text{ фл. австр. в. на милю}$$

$$= 10435 \text{ фр. на километр},$$

а на 41,2 километра всей дороги. . . . . 429.922 фр.;

капитализируя 5-ю процентами эту сумму, получимъ

капиталъ въ. . . . . 8.598.440 фр.

Сравнивая полученные результаты по Реклю съ результатами

по Гейне, капитализированные расходы по эксплуатаціи будутъ:

для Веттингенъ-Аарау-Цоффингенъ: по Реклю . . 17.640.000 фр.

по Гейне . . 9.861.260 »

для Веттингенъ-Ленцбургъ-Цоффингенъ: по Реклю . 15.400.560 »

по Гейне . 8.598.440 »

Итакъ формула Реклю дала бѣльшіе результаты чѣмъ формула Гейне и эта разница возникла главнымъ образомъ отъ неодинаковости мѣстныхъ условій, принятыхъ въ основаніи формулъ.

Не смотря на это обстоятельство, ни одной изъ этихъ формулъ нельзя еще отвергнуть и при ихъ употребленіи остается только измѣнить ихъ коэффициенты сообразно съ мѣстными условіями. Однако обѣ эти формулы грѣшатъ въ томъ отношеніи, что въ нихъ не выдѣляются тѣ участки дороги, на которыхъ встрѣчаются наибольшія трудности, и кромѣ того ошибочно допускаютъ, что эти трудности, на обоихъ сравниваемыхъ участкахъ, находятся въ одинаковой пропорціи по всей длинѣ дороги.

Такъ какъ эти допущенія въ большинствѣ случаевъ не основательны, точно также какъ и въ вышеприведенныхъ примѣрахъ, то и результаты, получаемые при помощи обѣихъ этихъ формулъ, не вѣрны.

### 5) Виртуальная длина Рамбо (Rambaux).

Почти въ то самое время, когда Гейне выступилъ съ своей методой, Рамбо, въ своемъ отчетѣ объ альпійскихъ желѣзныхъ дорогахъ (1865 г.), снова вводитъ въ употребленіе «виртуальныя протяженія». Полагая при этомъ, что сопротивленія дороги исключительно зависятъ отъ ея абсолютныхъ подъемовъ, онъ прибавляетъ къ дѣйствительной длинѣ дороги еще нѣкоторое удлинненіе, которое соотвѣтствовало-бы общей высотѣ существующихъ на ней подъемовъ.

Того-же возрѣнія придерживался Гельвагъ (Hellwag) въ своемъ отчетѣ о готтардской желѣзной дорогѣ (1876 г.), гдѣ онъ принимаетъ для дороги, имѣющей уклонъ въ  $25\text{‰}$ , удлиненія въ 800 метровъ на каждые 10 метровъ подъема. Но такъ какъ при уклонѣ въ  $25\text{‰}$  каждый километръ достигаетъ высоты 25-ти метровъ, а на 10 метровъ подъема считается 800 метровъ удлиненія пути, то на 25 метровъ подъема слѣдуетъ считать  $2,5 \cdot 800 = 2.000$  метровъ удлиненія и на мѣсто одного настоящаго километра пути съ уклономъ въ  $25\text{‰}$  слѣдуетъ считать 3 виртуальныхъ километра пути.

Противъ исчисленій Рамбо можно сдѣлать слѣдующія два возраженія: во первыхъ онъ вычисляетъ виртуальную длину въ зависимости отъ однихъ только подъемовъ, причемъ онъ выпускаетъ изъ виду сопротивленія въ кривыхъ; во вторыхъ подъ названіемъ «обыкновенная дорога» онъ подразумѣваетъ такую именно, которая имѣетъ уклонъ въ  $6\text{‰}$ . Такимъ образомъ подъ «виртуальнымъ протяженіемъ» дороги, съ которой сравниваются другія дороги, имѣющія одинаковые съ нею расходы по эксплуатаціи, онъ подразумѣваетъ дорогу съ  $6\text{‰}$  уклономъ.

Если теперь принять во вниманіе, что сопротивленіе движенію на дорогѣ съ уклономъ въ  $6\text{‰}$  всегда втрое болѣе, чѣмъ на горизонтальной дорогѣ, то уже нельзя будетъ допустить, чтобы сопротивленія такой дороги, которая имѣетъ  $6\text{‰}$  уклонъ, могли быть приняты за единицу сравненія.

### 6) Саксонская формула.

Въ Саксоніи употребляется формула, основанная на возрѣніи Рамбо. Опираясь на статистическія данныя за 1858 и 1859 гг., тамъ пришли къ заключенію, что виртуальная длина  $L_1$  какой нибудь дороги равна:

$$L_1 = L + 150(h + h_1) + 18,489\Sigma\alpha$$

гдѣ  $L$ —дѣйствительная длина дороги,

$h$  и  $h_1$ —абсолютная высота подъемовъ въ обоихъ направленіяхъ;  
 $\Sigma\alpha$ —сумма центральныхъ угловъ всѣхъ кривыхъ.

Если положенія Рамбо изобразимъ уравненіемъ, то получимъ слѣдующую формулу:

$$L_1 = L + 80(h + h_1)$$

Изъ сравненія обѣихъ этихъ формулъ видно, что вышеприведенные недостатки ученія Рамбо значительно сокращены въ саксонской формулѣ. Здѣсь обращено должное вниманіе на сопротивленія въ кривыхъ, а сопротивленія на подъемахъ почти удвоены,



а поэтому для единицы сравнения виртуальной длины уже принята не дорога съ  $6^{\circ}/_{\infty}$  уклономъ, но дорога съ уклономъ около  $2^{\circ}/_{\infty}$ .

Однако саксонская формула, точно также какъ и рамбоевская имѣеть нѣкоторыя неточности, которыя ближайшимъ образомъ состоятъ въ томъ, что въ нихъ сопротивленія на уклонахъ приняты пропорціональными абсолютной высотѣ подъема. Если-бы можно было допустить, что каждая дорога имѣеть совершенно равномѣрный уклонъ, то неточность формулы обнаружится во всякомъ случаѣ только при крутыхъ уклонахъ, а для обыкновенныхъ дорогъ (Adhäsionsbahnen) формулу эту въ принципѣ еще можно будетъ примѣнить; но такъ какъ часто случается, что наибольшій подъемъ какой нибудь дороги значительно разнится отъ ея подъема средней величины, то для дорогъ съ пологими даже уклонами невѣрно будетъ допустить, хоть приблизительно, что сопротивленія движению на подъемахъ находятся въ прямой зависимости отъ вертикальных высотъ этихъ-же подъемовъ, именно потому, что дорога, на которой наибольшій подъемъ значительно разнится отъ ея средняго подъема, представляетъ далеко болѣе сопротивленія движению, чѣмъ та, которая хотя и достигаетъ той-же высоты, но у которой максимальный подъемъ немногимъ разнится отъ ея средняго подъема, считая при этомъ, что средній подъемъ дороги тѣмъ точнѣе, чѣмъ большее число частныхъ подъемовъ принято во вниманіе при его вычисленіи.

Дальнѣйшая погрѣбность саксонской формулы заключается въ томъ, что въ ней сопротивленія въ кривыхъ поставлены въ прямой зависимости отъ суммы ихъ центральныхъ угловъ, иначе говоря, что сопротивленія на пологихъ кривыхъ такія-же, какъ и на крутыхъ; такимъ образомъ въ формулѣ безъ дальнихъ оцѣнокъ принятъ средній радіусъ, для котораго коэффициентъ опредѣленъ эмпирически. Эта формула относительно сопротивленія въ кривыхъ, въ свое время, годилась для саксонскихъ желѣзныхъ дорогъ; въ настоящее-же время она столько-же непримѣнима для саксонскихъ, сколько и для другихъ дорогъ, ибо предположенный тогда средній радіусъ теперь не существуетъ.

### 7) Исчисленія инспекціи швейцарскихъ дорогъ.

Для посланія отъ союзнаго совѣта къ союзному собранію Швейцаріи (11-го сентября 1873 г.) о возвышеніи тарифа на дорогахъ съ крутыми уклонами, техническо-инспекторскій отдѣлъ департамента желѣзныхъ дорогъ составилъ таблицу, основанную на вычисленіи виртуальныхъ протяженій.

Въ ней положено, что если сопротивленіе дороги съ  $10^{\circ}/_{\infty}$  уклономъ принять=1, то сопротивленія на другихъ дорогахъ, на которыхъ

$$\text{уклонъ} — 15^{\circ}/_{\infty} = 1,38$$

$$20^{\circ}/_{\infty} = 1,80$$

$$25^{\circ}/_{\infty} = 2,24$$

$$30^{\circ}/_{\infty} = 2,70$$

$$35^{\circ}/_{\infty} = 3,22$$

$$40^{\circ}/_{\infty} = 3,78$$

$$45^{\circ}/_{\infty} = 4,38$$

$$50^{\circ}/_{\infty} = 5,00$$

По этой таблицѣ, виртуальная длина какой нибудь дороги, имѣющей подъемъ въ  $40^{\circ}/_{\infty}$ , будетъ въ 3,78 болѣе настоящей ея длины.

Также и здѣсь пропущено изъ виду сопротивленіе въ кривыхъ и дорога съ уклономъ въ  $10^{\circ}/_{\infty}$  принята за единицу.

### 8) Виртуальная длина горныхъ дорогъ.

Въ началѣ семидесятыхъ годовъ приступили къ постройкѣ горныхъ дорогъ со значительными уклонами, причемъ ихъ часто сравнивали съ обыкновенными дорогами (Adhäsionsbahnen); однако, въ настоящемъ случаѣ, для сравненія принимали другую единицу мѣры и именно  $25^{\circ}/_{\infty}$  уклонъ; причемъ подъ виртуальнымъ протяженіемъ подразумѣвали тогда такую длину обыкновенной дороги, которая при  $25^{\circ}/_{\infty}$  уклонѣ достигала той-же высоты, что и сравниваемая дорога.

Такъ, напр., виртуальная длина дороги Витцнау-Риги опредѣлялась слѣдующимъ образомъ: эта дорога имѣетъ дѣйствительную длину въ 7 километровъ и абсолютный подъемъ въ 1.310 метровъ. И чтобы эту высоту въ 1.310 метровъ достигнуть  $25^{\circ}/_{\infty}$  уклономъ, надо, чтобы протяженіе дороги было  $\frac{1.310}{25} = 52$  километра. Это протяженіе въ 52 километра называется виртуальнымъ протяженіемъ относительно дѣйствительной длины въ 7 километровъ.

### 9) Ичисленіе эксплуатаціонныхъ расходовъ и приведенныхъ протяженій Лаунгардта (Launhardt).

Такъ какъ «вѣрное опредѣленіе виртуальной длины, которая оказалась-бы вполне цѣлесообразной, до сихъ поръ выходило весьма неудачнымъ», то поэтому г. Лаунгардтъ въ послѣднее время снова

обратился къ вычисленію расходовъ по эксплуатаціи, ставя ихъ при этомъ въ зависимость отъ существующихъ на дорогѣ подъемовъ и кривыхъ. (Ergenzung zu dem Handbuch für specielle Eisenbahntechnik von Heusinger v. Waldegg. Leipzig. Engelmann 1877).

При этомъ онъ выводитъ для стоимости эксплуатаціи слѣдующую формулу:

$$K = \left( f + es + \frac{B_0(w+s)}{(z-w-s)L} \right) (l_0 + l_1) + \frac{B_1 - B_0}{(z-w-s)L} \left[ wl_0 + \frac{1}{2} wl_1 + \frac{1}{2} h_1 + 0,00003 a_0 + 0,000015 a_1 - 0,002 \lambda_0 - 0,001 \lambda_1 \right]$$

здѣсь обозначено чрезъ

$K$  — стоимость перевозки одной тонны-брутто по всей длинѣ дороги;

$f$  — стоимость подвижного состава (расходы по приобрѣтенію и содержанію вагоннаго парка) на тонно-километръ. Эта величина  $f$  будетъ иная для товарнаго движенія, чѣмъ для пассажирскаго, и выведена изъ статистическихъ данныхъ правительственныхъ желѣзныхъ дорогъ Пруссіи, а именно:

0,27 пфенига <sup>1)</sup> на тонно-километръ (брутто) товарнаго поѣзда;

0,544 пфенига на тонно-километръ (брутто) пассажирскаго движенія.

$e$  — покилометровый расходъ на содержаніе поѣздной прислуги; на основаніи спеціальныхъ наблюденій этотъ расходъ равняется 2 пфенигамъ;

$s$  — измѣряющій уклонъ дороги; это число годится въ то же время для обозначенія числа тормазныхъ кондукторовъ на каждую тонну общаго вѣса поѣзда;

$B_0$  — стоимость пробѣга локомотива (безъ вагоновъ) на локомотиво-километръ; на основаніи ближайшихъ изслѣдованій эта стоимость равна 50 пфенигамъ;

$w$  — коэффициентъ сопротивленія, который въ общемъ соотвѣтствуетъ предѣлу безвреднаго уклона и который равенъ

для товарныхъ поѣздовъ = 0,003

» пассажирскихъ » = 0,0055

» вурьерскихъ » = 0,01

$z$  — коэффициентъ силы тяги, который равенъ

для товарныхъ поѣздовъ = 0,05 + 2. $s$

» пассажирскихъ » = 0,01 + 2. $s$

$L$  — вѣсъ локомотива съ тендеромъ въ тоннахъ;

<sup>1)</sup> 100 пфениговъ составляютъ одну марку.

- $l_0$  — общая длина, въ километрахъ, всѣхъ участковъ дороги, не имѣющихъ вредныхъ уклоновъ;
- $l_1$  — общая длина всѣхъ участковъ дороги, имѣющихъ вредные уклоны;
- $h_1$  — общая высота подъёмовъ тѣхъ участковъ, которые имѣютъ вредные уклоны;
- $B_1$  — стоимость локомотива, работающаго съ полною силою тяги, на километръ; найдено, что эта стоимость равна
- $$B_1 = 50 + 24.Z \text{ пфениговъ, гдѣ } Z = \text{приходящейся}$$
- на ведущія колеса силѣ тяги,
- или  $Z = z \cdot L$ , поэтому
- $$B_1 = 50 + 24 \cdot z \cdot L;$$
- $a_0$  — сумма всѣхъ центральныхъ угловъ кривыхъ, лежащихъ на безвредныхъ уклонахъ;
- $\lambda_0$  — общая длина всѣхъ кривыхъ, лежащихъ на безвредныхъ уклонахъ;
- $a_1$  — сумма всѣхъ центральныхъ угловъ кривыхъ, лежащихъ на вредныхъ уклонахъ;
- $\lambda_1$  — общая длина всѣхъ кривыхъ, лежащихъ на вредныхъ уклонахъ.

Подъ измѣряющимъ уклономъ дороги Лаунгардтъ подразумѣваетъ слѣдующую величину:

$$s = s_1 + c, \text{ гдѣ } s_1 \text{ есть наибольшій уклонъ дороги, а}$$

$c$  — коэффициентъ сопротивленія, обнаруживающагося на наименьшей кривой, лежащей на наибольшемъ уклонѣ.

Коэффициентъ сопротивленія на кривой Лаунгардтъ выражаетъ слѣдующей формулой:

$$c = \frac{1,7}{r} - 0,002, \text{ гдѣ } r \text{ обозначаетъ въ метрахъ радиусъ наименьшей кривой.}$$

Разумѣется, что по этой формулѣ, члены которой часто имѣютъ двойное значеніе, приходится дѣлать вычисленія для товарнаго и пассажирскаго движеній, независимо одно отъ другого.

Для сравненія получаемыхъ результатовъ изъ формулы Лаунгардта съ результатами изъ формулъ Регля и Гейне, сдѣлаемъ здѣсь расчетъ вышеприведеннаго примѣра.

На линіи Веттингенъ-Аарау-Цофингенъ, 12‰ составляетъ максимальный уклонъ, почему  $s_1 = 0,012$ . Наименьшія кривыя, лежащія на наибольшихъ уклонахъ, имѣютъ 300 метровъ въ радиусѣ, стало быть коэффициентъ сопротивленія на кривой

$$c = \frac{1,7}{300} - 0,002 = 0,00366.$$

поэтому измѣряющій уклонъ дороги есть

$$s = 0,012 + 0,00366 = 0,01566$$

Изъ всего протяженія дороги, 25,67 километра горизонтальны или имѣютъ уклоны ниже 0,003; эти послѣднія части дороги заключаютъ въ себѣ 4,58 километра кривыхъ, радиусъ которыхъ не достигаетъ 850 метровъ и которыхъ сумма центральныхъ угловъ равняется 533,6 градуса.

Затѣмъ 7,08 километра имѣютъ уклоны отъ 0,003 до 0,0055, посредствомъ которыхъ достигается въ общемъ высота въ 29 метровъ = 0,029 километра. На этихъ протяженіяхъ находится 0,93 километра кривыхъ, которыхъ радиусы ниже 850 метровъ и которыхъ сумма центральныхъ угловъ составляетъ въ общемъ 87,5 градуса. Эти участки съ уклонами въ 0,003 — 0,0055 вредны для товарнаго движенія и, наоборотъ, безвредны для пассажирскаго движенія.

Наконецъ 17,65 километра пути лежатъ на уклонахъ отъ 0,0055 до 0,012 и достигаютъ въ общемъ  $160,6^m = 0,16$  километра высоты. Длина кривыхъ на этихъ участкахъ съ радиусами ниже 850 метровъ имѣетъ въ общемъ 4,4 километра, а сумма ихъ центральныхъ угловъ = 565,9 градусовъ.

Паровозы, какъ товарные такъ и пассажирскіе, имѣютъ 40 тоннъ вѣсу.

Коэффициентъ силы тяги выражается

$$\left. \begin{array}{l} \text{при товарныхъ поѣздахъ: } z = 0,05 + 2s \\ \text{» пассажирскихъ } \quad \quad \quad z = 0,02 + 2s \end{array} \right\} \text{ гдѣ } s = 0,01566$$

Остальныя величины формулы имѣютъ слѣдующія значенія:

	для товарныхъ поѣздовъ.	для пассажирскихъ поѣздовъ.
$f =$	0,27	0,544
$e =$	2	2
$s =$	0,01566	0,01566
$B_0 =$	50	50
$w =$	0,003	0,0055
$z =$	0,08133	0,05133
$L =$	40	40
$l_0 =$	25,67	32,75
$l_1 =$	24,73	17,65
$B_1 = 50 + 960.$	0,08133	50 + 960. 0,05133
$h_1 =$	0,189	0,16
$\alpha_0 =$	533,6	621,1

	для товарных поѣздовъ.	для пассажирскихъ поѣздовъ.
$a_1 =$	653,4	565,9
$\lambda_0 =$	4,58	5,51
$\lambda_1 =$	5,33	4,4

По вставленіи этихъ величинъ въ формулу, получимъ, что  
 для товарныхъ поѣздовъ  $K=41,2002$  пфеннига  
 » пассажирскихъ »  $K=86,269$  »

Теперь остается еще отыскать годовою оборотъ пассажирскаго и товарнаго движенія, отнесеннаго ко всему протяженію разсматриваемой дороги. Для этого воспользуемся статист. отчетами швейцарскихъ ж. дорогъ и примемъ его какъ среднее число изъ общаго оборота 1875 года. Такимъ образомъ получимъ:

511.720 тоннъ-брутто товарныхъ поѣздовъ			
и 221.560 » » пассажир.			
въ суммѣ 733.280 » »			

И тогда годовая стоимость эксплуатаціи, считая

$$511.720 \text{ тоннъ по } 41,200\text{mk} = 210.830 \text{ маркамъ};$$

$$221.560 \text{ » » } 86,269\text{mk} = 191.140 \text{ »}$$

$$\text{будетъ въ общемъ } 409.970 \text{ марокъ} = 512.462 \text{ фр.}$$

Капитализируя эту сумму пятью процентами получимъ капиталъ въ 10.249,240 фр.

Конкурирующая линія Веттингенъ - Ленцбургъ - Цофингенъ имѣетъ наибольшій уклонъ въ  $14,5\text{‰}$ , почему  $s_1=0,0145$ .

На этомъ наибольшемъ уклонѣ лежатъ наименьшія кривыя, имѣющія 300 метровъ въ радиусѣ; поэтому коэффициентъ сопротивленія на кривой будетъ

$$c = \frac{1,7}{300} - 0,002 = 0,00366$$

а измѣряющій уклонъ дороги будетъ

$$s = 0,0145 + 0,00366 = 0,01816$$

Изъ всего протяженія дороги, 12,41 километра горизонтальны или имѣютъ уклоны не свыше 0,003. На этихъ послѣднихъ участкахъ находится 1,44 километра кривыхъ, которыхъ радиусы не превышаютъ 850 метр. и которыхъ сумма центральныхъ угловъ составляетъ въ общемъ 2.049 градусовъ.

Далѣе на этой дорогѣ имѣется еще 4,25 километра, лежащихъ въ уклонахъ отъ 0,003 до 0,0055 и поднимающихся въ общемъ на высоту въ 18,66 метра = 0,0166 километра. Эти участки заключаютъ въ себѣ 0,31 километра кривыхъ съ радиусами, не превышающими 850 метровъ и которыхъ сумма центральныхъ угловъ в 1

общемъ равна 35,2 градуса. Уклоны этихъ участковъ благоприятны для пассажирскаго движенія и, наоборотъ, не благоприятствуютъ товарному движенію.

Наконецъ остальные 24,53 километра лежатъ на уклонахъ отъ 0,0055 до 0,0145 и достигаютъ общей высоты въ 263,31 метра = 0,26331 километра. Протяженіе кривыхъ, лежащихъ на этихъ частяхъ пути, равно 8,93 километра, съ радіусами не превышающими 850 метровъ; сумма же центральныхъ угловъ этихъ кривыхъ равна 1207,8 градуса.

Всѣ паровозовъ остается тотъ-же, какъ и на конкурирующей линіи, т. е. въ 40 тоннъ.

Коэффициентъ силы тяги равенъ:

$$\text{для товарныхъ поѣздовъ } z = 0,05 + 2s$$

$$\text{» пассажир. } \quad \text{» } \quad z = 0,02 + 2s$$

здѣсь на мѣсто  $s$  слѣдуетъ вставить 0, 01816.

Теперь на мѣсто буквъ формулы Лаунгардта слѣдуетъ вставить слѣдующія величины:

	для товарныхъ поѣздовъ.	для пассажирскихъ поѣздовъ.
$f =$	0,27	0,544
$e =$	2	2
$s =$	0,01816	0,01816
$B_0 =$	50	50
$w =$	0,003	0,0055
$z =$	0,08632	0,05632
$L =$	40	40
$l_0 =$	12,41	16,66
$l_1 =$	28,78	24,53
$B_1 = 50 + 960 \cdot 0,08632$		$50 + 960 \cdot 0,05632$
$h_1 =$	0,28197	0,26331
$a_0 =$	204,9	240,1
$a_1 =$	1243	1207,8
$\lambda_0 =$	1,44	1,75
$\lambda_1 =$	9,24	8,93

Подставивъ въ формулѣ всѣ эти величины, получимъ, что

для товарныхъ поѣздовъ  $K = 36,77847$  пфеннига

» пассажир.           »            $K = 78,400$            »

При томъ-же движеніи, что и на другой сравниваемой линіи, стоимость эксплуатация будетъ

511.720 тоннъ по  $36,778^{**} = 188.200$  марокъ

221.560   »   »    $78,400^{**} = 173.700$    »

въ общемъ 361.900 марокъ = 452.375 фр.

Капитализируя эту сумму пятью процентами, получимъ капиталъ въ 9.047.500 фр.

Итакъ линія Веттингенъ-Ленцбургъ-Цоффингенъ со своимъ капиталомъ въ 9.047.500 фр., сравнительно съ линіей Веттингенъ-Аарау-Цоффингенъ съ капиталомъ въ 10.249.240 фр., представляетъ круглымъ счетомъ 120.000 фр. экономіи въ расходахъ по эксплуатаціи.

Если сравнить теперъ эти послѣдніе результаты съ результатами, выведенными изъ формулъ Рекля и Гейне, то не трудно будетъ замѣтить, что въ формулѣ Лаунгардта обращено только вниманіе на непосредственные расходы по передвиженію поѣздовъ, между тѣмъ какъ общіе и экспедиціонные расходы выпущены изъ виду. Поэтому формула Лаунгардта, сравнительно съ другими формулами, всегда дастъ, при опредѣленіи стоимости эксплуатаціи, слишкомъ малые выводы.

Изъ вышеприведеннаго примѣра уже видно, что хотя въ немъ выпущено много расчетовъ, которыхъ исполненіе было-бы возможно только по сравненіи продольныхъ профилей обѣихъ сравниваемыхъ дорогъ, однако расчеты по формулѣ Лаунгардта оказались настолько сложными, что поневолѣ рождается сомнѣніе въ возможности обширнаго ея примѣненія на практикѣ, и проектирующій инженеръ врядъ-ли станетъ ею пользоваться.

Кромѣ того, формула Лаунгардта, не смотря на всю тщательность своего построенія, заслуживаетъ однако и въ этомъ отношеніи нѣкоторое возраженіе.

И именно—изъ сопротивленій движенію на уклонахъ и кривыхъ въ формулѣ введены только тѣ изъ нихъ, которыя являются на среднихъ уклонахъ и среднихъ кривыхъ и которыя, какъ мы выше, при обзорѣннн саксонской формулы, доказали, всегда даютъ ложные результаты.

Однако нельзя не согласиться съ тѣмъ, что, вслѣдствіе подраздѣленія уклоновъ на вредные и безвредные, среднее ихъ значеніе раздѣлилось надвое, почему и ошибка, простекающая отъ введенія въ формулу однихъ только среднихъ уклоновъ, значительно уменьшается, но тѣмъ не менѣе и эти двѣ среднія величины все-таки не даютъ вѣрныхъ результатовъ.

Дальнѣйшій недостатокъ формулы Лаунгардта заключается въ томъ, что въ ней обращено вниманіе на однѣ только обыкновенныя дороги (*adhäsionsbahnen*): вѣсъ локомотива, его сдѣпленіе, стоимость силы тяги, пользованіе живой силой для преодоленія внезапнаго увеличенія сопротивленія и т. п., — все это такія величины, которыя



спеціально прировнены для обыкновенныхъ желѣзныхъ дорогъ, и поэтому настоящая формула можетъ употребляться исключительно для этихъ только дорогъ.

Въ виду этого спрашивается теперь: чѣмъ руководствоваться для сравненія двухъ конкурирующихъ дорогъ, изъ которыхъ одна должна быть построена по системѣ зубчатыхъ зацѣпленій, или даже когда обѣ эти дороги должны быть построены по этой системѣ?

Если при этомъ обратить еще вниманіе на то обстоятельство, что въ формулѣ Лаунгардта сопротивленія на уклонахъ выражены въ приблизительной только формѣ и въ особенности для крутыхъ уклоновъ, какъ напр. для 250‰, существующаго на дорогѣ черезъ Риги, то окажется (не смотря уже на ошибочное допущеніе, принятое для исчисленія благоприятныхъ уклоновъ), что эта формула совсѣмъ непригодна для сравненія горныхъ дорогъ между собою.

Кромѣ вышеприведенной формулы, Лаунгардтъ даетъ еще одну формулу для опредѣленія стоимости перевозки по дорогѣ съ извѣстными уклонами и кривыми. Эта послѣдняя формула основана на принципѣ виртуальныхъ протяженій или, какъ самъ Лаунгардтъ выражается, на «приведенныхъ протяженіяхъ, Reducirten Betriebslängen», при чемъ онъ замѣняетъ предварительно найденные расходы транспортировки другими подобными-же расходами, но по прямолинейному и горизонтальному пути.

Эта формула имѣетъ слѣдующій видъ:

для товарнаго движенія:

$$l_0 = l \left[ 1 + \frac{2,3533 + 5 \cdot s}{0,047 + s} s + \frac{1,5 + 60 \cdot s}{0,047 + s} (s_1 - w) + \frac{1,5 + 60 \cdot s}{0,047 + s} c \right]$$

для пассажирскаго движенія:

$$l_0 = l \left[ 1 + \frac{0,636 + 1,856 \cdot s}{0,0145 + s} s + \frac{0,2228 + 22,28 \cdot s}{0,0145 + s} (s_1 - w) + \frac{0,2228 + 22,28 \cdot s}{0,0145 + s} c \right]$$

гдѣ, кромѣ вышеприведенныхъ обозначеній,

$l_0$  — приведенное протяженіе пути,

$l$  — дѣйствительная длина пути.

Такъ какъ эта приведенная длина построена исключительно на вышеозначенныхъ данностяхъ, принятыхъ для опредѣленія расходовъ по эксплуатаціи, то само собою разумѣется, что и настоящая формула представляетъ всѣ тѣ недостатки, которые нами отмѣчены при обсужденіи предыдущей формулы.

При описаніи всѣхъ вышеприведенныхъ методовъ\*) сравненія желѣзныхъ дорогъ между собою, нами доказано, что тѣ изъ нихъ, которые имѣютъ цѣлью опредѣленіе стоимости эксплуатаціи, построены или на невѣрныхъ данныхъ, или-же требуютъ слишкомъ пространныхъ вычисленій. Если при этомъ обратить еще вниманіе на то обстоятельство, что формулы, непосредственно опредѣляющія стоимость эксплуатаціи, совсѣмъ не нужны для техника, для котораго мѣра сравненія можетъ быть столько-же пригодной или даже болѣе полезной вслѣдствіе разнообразія и измѣненія величины денежныхъ знаковъ, и, наконецъ, имѣя еще въ виду, что эти формулы допускаютъ сравненіе однѣхъ только обыкновенныхъ дорогъ между собою, тогда какъ исключаютъ при этомъ всякую возможность сравненія другихъ дорогъ, построенныхъ по необыкновенной системѣ, или этихъ послѣднихъ съ первыми—обыкновенными дорогами,—то придемъ къ тому окончательному выводу, что, для сравненія желѣзныхъ дорогъ между собою, лучше всего воспользоваться методомъ «виртуальныхъ протяженій».

---

\*) Изъ литературныхъ произведеній, имѣющихъ нѣкоторое отношеніе къ настоящему труду, слѣдуетъ указать на статьи:

«Selbstkosten des Eisenbahnbetriebes» von Julius Schabö. См. Organ f. Fortschritte 1875, стр. 121.

«Leistungsfähigkeit der Güterlocomotiven» von Koch. Organ f. Fortschritte. 1875, стр. 75, 109, 139.

«Untersuchungen über den Einfluss der Steigungen und Curven» von Gustav Menzel. Fürsters Badzeitung 1876.

## II. Основаніе и исчисленіе виртуальныхъ протяженій.

Для передвиженія опредѣленнаго груза по какому нибудь нормальному, вполне намъ извѣстному, пути, имѣющему въ длину 1 километръ, понадобится извѣстная работа, которую мы обозначимъ черезъ  $A$ .

Для передвиженія того же груза по другому пути; имѣющему хоть и ту же длину, но другіе уклоны и кривыя, понадобится также и другая работа, которую обозначимъ черезъ  $A'$ .

Если теперь окажется, что работа  $A'$  въ  $x$  разъ болѣе работы  $A$ , то это можно будетъ понять такъ—что работа на протяженіи  $x$  километровъ нормального пути равна работѣ на протяженіи одного только километра второго пути, или этотъ послѣдній имѣетъ  $x$  километровъ виртуальной длины.

Такое опредѣленіе виртуальныхъ протяженій, принятое съ самаго начала, впоследствии измѣнилось, какъ видно изъ вышеприведенныхъ формулъ.

Въ этихъ формулахъ работу всегда принимали тождественной сопротивленію движенія поѣзда, которое необходимо преодолѣть. Но при этомъ многіе ошибочно выпускали изъ виду сопротивленіе въ кривыхъ, почему ихъ формулы оказались невѣрными.

За нормальную дорогу, которая въ то же время должна была служить единицей мѣры, принимали такую именно, которая, имѣя 3<sup>0</sup>/<sub>00</sub> уклонъ, затѣмъ 6<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> и наконецъ 25<sup>0</sup>/<sub>00</sub> уклонъ, ни коимъ образомъ не могла служить единицей мѣры; поэтому «виртуальныя протяженія» давали столь разнообразныя результаты, что не могли вызвать къ себѣ довѣрія,

Желая утвердить понятіе о виртуальной длинѣ на прочномъ основаніи, необходимо прежде всего принять рациональную единицу

мѣры, которая лучше всего выражается посредствомъ горизонтальной и прямолинейной дороги.

Поэтому понятіе о виртуальной длинѣ мы опредѣляемъ слѣдующимъ образомъ:

Виртуальною длиною какого нибудь протяженія дороги, имѣющаго уклоны и кривыя, называется такая длина воображаемой, горизонтальной и прямолинейной дороги, которая одному и тому же грузу, движущемуся съ одной и той же скоростью, представляетъ тѣ-же сопротивленія движенію и требуетъ поэтому, одинаковой дѣйствующей (виртуальной) силы тяги для ихъ преодоленія.

«Wirtuelle Länge einer in Steigungen und Curve liegenden Bahnstrecke nennt man die Länge einer horizontal und gerade gedachten Bahn, welche einer Zugsgeschwindigkeit und Zugbelastung auch die gleichen Zugwiderstände entgegensetzt, und deshalb die gleiche wirksame (virtuelle) Zugkraft zu Ueberwindung benöthigt».

Изъ этого опредѣленія виртуальной длины видно, что желая ее найти, необходимо прежде всего узнать какія вообще бываютъ сопротивленія движенію, которыя мы для упрощенія нашихъ изслѣдованій раздѣлимъ на три слѣдующія категоріи:

- 1) Сопротивленіе на горизонтальной и прямолинейной дорогѣ.
- 2) Сопротивленіе на уклонахъ (подъемахъ и спускахъ).
- 3) Сопротивленіе на кривыхъ.

Только послѣ точнаго опредѣленія этихъ трехъ пунктовъ возможно будетъ составить главное уравненіе для виртуальной длины.

### 1) Сопротивленіе на горизонтальной и прямолинейной дорогѣ.

Сопротивленіе движенію по горизонтальной и прямолинейной дорогѣ можно опредѣлить двоякимъ образомъ.

Вопервыхъ изслѣдовать самостоятельно всѣ частные случаи сопротивленія движенію, пронстекающія какъ отъ тренія вагоновъ между собою и съ рельсами, такъ и отъ сопротивленія воздуха и неровности пути, который на практикѣ всегда уклоняется отъ своего теоретическаго начертанія, а затѣмъ совокупить всѣ частныя сопротивленія въ одно общее.

Такой приемъ опредѣленія сопротивленія окажется весьма полезнымъ только для изслѣдованія конструціи деталей подвижного

остава, ибо трение на цапфахъ, примѣрно, зависитъ отъ относительной величины діаметровъ колесъ и цапфъ и отъ качества смазочнаго матеріала; трение между колесами и рельсами зависитъ отъ формы шинъ и головки рельса и т. д.; между тѣмъ какъ для опредѣленія виртуальной длины оно окажется слишкомъ сложнымъ и большей частью также невѣрнымъ; и это именно потому, что здѣсь встрѣчается столько разныхъ зависимостей, что ихъ трудно привести къ одному общему знаменателю.

Второй приемъ опредѣленія сопротивленія съ цѣлью отысканія виртуальной длины основанъ на непосредственномъ наблюденіи надъ движущимся поѣздомъ и представляетъ далеко менѣе трудностей, давая при этомъ болѣе точные результаты, чѣмъ по первому способу. Однако формулы основанныя на этомъ приемѣ все-таки расходятся между собою въ представляемыхъ ими выводахъ. Но это объясняется просто тѣмъ, что въ прежнее время измѣрительные приборы не давали вполне вѣрныхъ результатовъ; мы же для нашей цѣли вовсе не требуемъ абсолютной единицы мѣры, нуждающейся въ особенной точности, но сопротивленія на горизонтальной и прямолинейной дорогѣ принимаемъ за масштабъ измѣренія большихъ сопротивленій криволинейнаго и наклоннаго пути. Такимъ образомъ наша мѣра, основанная на принципѣ сравненія, хоть и представляетъ нѣкоторыя неточности, но за то менѣе чувствительныя.

Впрочемъ, послѣдніе опыты, произведенные во Франціи Вильминомъ, Дьедонне и Гебгардомъ (Vuillemin, Dieudonné и Guehard) на восточной желѣзной дорогѣ, были настолько обстоятельны и точны, что всѣ выводы, на нихъ основанные, сходны между собою; поэтому, при настоящемъ состояніи техники, они могутъ считаться вполне вѣрными, и опасенія, вызванныя прежними опытами относительно возможности допущенія невѣрной единичной мѣры, не могутъ имѣть здѣсь мѣста.

Такимъ образомъ нѣтъ причины обращаться къ старымъ формуламъ, и въ настоящее время можно довольствоваться одними только новыми данностями.

Однако безъинтересно будетъ узнать, какое понятіе прежде имѣли о размѣрахъ сопротивленія движенію по горизонтальному и прямолинейному пути. Поэтому считаемъ не лишнимъ привести здѣсь всѣ сюда относящіяся формулы, которыя Г. Мейеръ уже отчасти собралъ и помѣстилъ въ III томѣ руководства для желѣзнодорожной техники Геузингера фонъ-Вальдеггъ.

1) Памбуръ находитъ, что если

$W$ —сопротивленіе поѣзда въ англійскихъ фунтахъ,  
 $Q$ —вѣсъ вагоновъ и тендера въ англійскихъ тоннахъ,  
 $v$ —скорость ѣзды въ англійскихъ миляхъ въ часъ,  
 $A$ —площадь, на которой воздухъ производитъ давленіе ( $=70 \square'$   
 + въ 10 разъ болѣе кв. футовъ, чѣмъ вагоновъ въ поѣздѣ),  
 $W_\epsilon$ —собственное сопротивленіе локомотива (въ 10 разъ болѣе  
 фунтовъ, чѣмъ тоннъ въ локомотивѣ),—

$$\text{то } W = \left(1 + \frac{1}{7}\right) (6Q + 0,002687Av^2) + W_\epsilon$$

2) Гардингъ и Скоттъ Руссель находятъ, что если

$W$ —сопротивленіе поѣзда въ англійскихъ фунтахъ,  
 $Q$ —вѣсъ поѣзда безъ локомотива въ англійскихъ тоннахъ,  
 $v$ —скорость ѣзды въ англійскихъ миляхъ въ часъ,  
 $A$ —поперечная площадь передняго вагона въ англійскихъ  
 кв. футахъ,

$$\text{то а) } W = Q \left(6 + \frac{v}{3}\right) + 0,0025 Av^2$$

$W_1$ —сопротивленіе поѣзда въ килограммахъ,  
 $Q$ —вѣсъ поѣзда въ тоннахъ франц. (по 1000 килограммъ)  
 $v$ —скорость поѣзда въ метрахъ, въ секунду,—

$$\text{то б) } W_1 = Q(2,68 + 0,3323v) + 0,0609 Av^2$$

3) Гучъ и Севелль (Goosch и Sewell) находятъ, что если

$W$ —сопротивленіе поѣзда въ англійскихъ фунтахъ,  
 $Q$ —вѣсъ поѣзда безъ локомотива и тендера въ англійскихъ  
 тоннахъ,  
 $q$ —вѣсъ локомотива вмѣстѣ съ тендеромъ въ англійскихъ  
 тоннахъ,  
 $B$ —объемъ поѣзда въ англ. куб. футахъ,—

$$\text{то а) } W = Q \left(6 + \frac{v}{15}\right) + q \left(5 + \frac{v}{2} + 0,00004Qv^2\right) + 0,00002Bv^2$$

$W_1$ —сопротивленіе поѣзда въ килогр.,  
 $Q$ —вѣсъ поѣзда въ тоннахъ франц. (по 1.000 кил.) безъ  
 локомотива и тендера,

$q$ —вѣсъ локомотива и тендера въ тоннахъ,

$B$ —объемъ поѣзда въ куб. метрахъ,

$$\text{то б) } W_1 = 2,68Q + 0,0185.v.Q + 0,000124Bv^2 + 2,23q + 0,138.g.v \\ + 0,0000068 Q.g.v^2$$

- 4) Редтенбахеръ передѣлываетъ формулы Памбура, Гардинга и Гуча и находитъ, что если

$W$ —сопротивленіе поѣзда въ килограммахъ,

$Q$ —вѣсъ вагоновъ поѣзда въ тоннахъ (французскихъ),

$q$ — » локомотива и тендера въ тоннахъ (французскихъ).

$v$ —скорость ѣзды въ метрахъ, въ часъ,

$A$ —передняя площадь поѣзда въ кв. метрахъ,

$a$ —поперечная площадь вагона въ кв. метрахъ,

$n$ —число вагоновъ,—

$$\text{то } W = (3,11 + 0,077v) Q + (7,25 + 0,577v) q + \\ + 0,0704 \left( A + \frac{1}{4} \cdot a \cdot n \right) v^2$$

- 5) Рильманъ (Rühlmann) находитъ, что если

$W$ —сопротивленіе поѣзда въ килограммахъ,

$Q$ —вѣсъ вагоновъ и тендера въ тоннахъ (французскихъ по 1000 кил.),

$q$ —вѣсъ локомотива въ тоннахъ (французскихъ),

$v$ —скорость поѣзда въ километрахъ, въ часъ,

$A$ —площадь сопротивленія воздуха,—

$$\text{то } W = Q(1,8 + 0,1v) + q(4,5 + 0,3 \cdot v) + 0,009Av^2$$

- 6) Кларкъ, по инымъ Гасвелль, полагаетъ когда,

$W$ —сопротивленіе поѣзда въ англійскихъ фунтахъ,

$v$ —скорость ѣзды въ англійскихъ миляхъ,

$q$ —вѣсъ цѣлаго поѣзда (включая локомотивъ) въ англійскихъ тоннахъ,—

$$\text{то } W = \left( 8 + \frac{v^2}{171} \right) Q$$

- 7) Грове придаетъ этой формулѣ для своихъ расчетовъ машинъ слѣдующее видоизмѣненіе:

когда  $W$ —сопротивленіе поѣзда въ килограммахъ,

$Q$ —вѣсъ цѣлаго поѣзда (вмѣстѣ съ локомотивомъ), въ тоннахъ (французскихъ),

$v$ —скорость ѣзды въ метрахъ въ секунду,

$$W = \left( 2,25 + \frac{v^2}{80} \right) Q \text{ при благоприятныхъ условіяхъ, а именно:}$$

тяжелые поѣзда свыше 100 тоннъ, хоро-

шее содержаніе пути и вагоновъ, кривыя большихъ радіусовъ и тихій вѣтерокъ,

и  $W = \left(4 + \frac{v^2}{50}\right) Q$  при неблагоприятныхъ условіяхъ.

8) Велькнеръ находитъ по опытамъ на ганноверскихъ желѣзныхъ дорогахъ, что если

$W$ —сопротивленіе въ дюймо-фунтахъ,

$q$ —вѣсъ локомотива съ тендеромъ въ тоннахъ.

$Q$ —вѣсъ вагоновъ поѣзда въ тоннахъ,

$v$ —скорость ѣзды въ географическихъ миляхъ, въ секунду,—

то  $W = q(16 + 0,5v^2) + Q(7 + 0,1v^2)$ .

9) По ганноверскимъ опытамъ, произведеннымъ въ 1860 г. между Минденомъ и Ганноверомъ для поѣздовъ, нагруженныхъ углемъ, найдено, что если

$W$ —сопротивленіе поѣзда въ килограммахъ,

$Q$ —вѣсъ поѣзда (съ локомотивомъ) въ килограммахъ,—

то  $W = \frac{Q}{592}$  пока скорость ѣзды равняется отъ 3,5 до 3 метр. въ сек.

и  $W = \frac{Q}{465}$  » » » » » » » 9,4—11 » » »

10) Вильеминъ, Дьедоннэ и Гебгардъ (Vuillemin, Dieudonné и Guébbard) нашли изъ опытовъ, произведенныхъ на восточной желѣзной дорогѣ во Франціи, что если

$W$ —сопротивленіе поѣзда въ килограммахъ,

$Q$ —вѣсъ поѣзда безъ локомотива и тендера въ тоннахъ французскихъ,

$v$ —скорость ѣзды въ часъ, въ километрахъ,

$A$ —передняя поперечная площадь поѣзда въ кв. метрахъ,

a) для товарныхъ поѣздовъ, гдѣ  $v = 11—32$  килом.,

то  $\alphaW = (1,65 + 0,05.v) Q$ , когда вагоны смазываются масломъ

»  $\beta$ )  $W = (2,3 + 0,05.v) Q$  » » » саломъ.

b) для пассажирскихъ поѣздовъ, гдѣ  $v = 50—65$  килом.,

$W = (1,8 + 0,08v) Q + 0,006 Av^2$ ;

c) для курьерскихъ поѣздовъ, гдѣ  $v^2 = 70—80$  килом.,

$W = (1,8 + 0,14v) Q + 0,004 Av^2$ .

11) Австрійская южная дорога нашла, что во время тихой погоды, когда

$W$ —сопротивленіе поѣзда въ килограмм.,

$Q$ —вѣсъ поѣзда безъ локомотива и тендера въ тоннахъ (франц.)



				для 8-колесных вагоновъ	для 4-колесных вагоновъ
то при	2	миляхъ	скорости въ часъ	$W=2,25Q$	$W=2,33Q$
»	2—3	»	»	$W=2,42Q$	— —
»	3—4	»	»	$W=2,68Q$	— —
»	4—5	»	»	$W=2,92Q$	$W=2,73Q$
»	5—6	»	»	$W=3,15Q$	$W=2,9Q$
»	6—7	»	»	— —	$W=3,21Q$

12) Кельнъ-минденская дорога опредѣлила изъ опытовъ, произведенныхъ ею при тихой погодѣ, въ 1866—1869 гг., что если

$W$ —сопротивленіе поѣзда въ килограммахъ,

$Q$ —вѣсъ поѣзда безъ локомотива и тендера въ тоннахъ французскихъ (по 1000 килогр.),

скорости въ метр.  
въ секунду

то а)	для ненагруж. поѣзда при	7,2	$W=2,792Q$	} при средней скорости 8,85 м., $W=3,871Q$	
»	»	»	11,161		$W=3,816Q$
b)	»	нагруж.	»	5,975	} при средней скорости 8,3 м., $W=2,05Q$
»	»	»	»	10,862	

Железа теперь себѣ представить общую картину выводовъ, получаемыхъ отъ всѣхъ только-что приведенныхъ 12 формулъ, необходимо ихъ примѣнить къ изслѣдованію силы тяги въ слѣдующихъ 2 случаяхъ: во первыхъ опредѣлить, какихъ она бываетъ размѣровъ для данного поѣзда, а затѣмъ, какъ она измѣняется относительно 2 поѣздовъ, разнящихся между собою какъ своимъ вѣсомъ, такъ и своею скоростію.

Оба эти случая приведены нами въ особой таблицѣ, гдѣ помѣщены выводы всѣхъ формулъ для одного товарнаго и одного курьерскаго поѣзда.

Одинъ изъ этихъ поѣздовъ — товарный — принять слѣдующихъ размѣровъ:

вѣсъ вагоновъ безъ локомотива и тендера = 295 англ. тоннъ = 300 т. франц.;

вѣсъ тендера = 12 англійскихъ тоннъ = 12 т. франц.;

» локомотива = 29 тоннъ англ. = 30 тоннъ франц.;

скорость ѣзды = 3,9 геогр. миль въ часъ,

= 18,6 англ. » » »

= 30 вилом. » » »

= 8,3 метра въ секунду

число вагоновъ = 20 штукъ,

поперечная площадь вагона или поѣзда =  $54 \square'$  англ. =  $5 \square$  м.;

объемъ поѣзда = 600 куб. метровъ;

число ведущихъ осей = 2 штук.

Для предполагаемаго курьерскаго поѣзда приняты слѣдующія величины:

вѣсъ вагоновъ безъ локомотива и тендера = 49 тоннъ англ. = 50 т. франц.;

вѣсъ тендера = 12 тоннъ англ. = 12 т. франц.,

» локомотива = 29 тоннъ англ. = 30 т. франц.;

скорость ѣзды = 9,1 геогр. миль въ часъ,

= 43,4 англ. » » »

= 70 килом. » » »

= 19,4 метр. » секунду,

число вагоновъ = 6 штук.;

поперечная площадь вагона или поѣзда =  $54 \square'$  англ. =  $5 \square$  м.

объемъ поѣзда = 180 куб. метр.;

число ведущихъ осей = 1 штук.

1. По формулѣ.	2. Товар. поѣздъ.		3. Курьер. поѣздъ.		6. Замѣчанія.
	W въ кггр.	$\frac{W}{Q}$	W въ кггр.	$\frac{W}{Q}$	
Памбура . . . . .	1327	0,003878	542	0,00588	Q=вѣсъ цѣлаго поѣзда.
Гардинга . . . . .	1652	0,005508	954	0,01908	Q=вѣсъ поѣзда съ тендеромъ безъ локомотива.
Гуча . . . . .	1389	0,004061	1384	0,01504	Q=вѣсъ цѣлаго поѣзда.
Редтенбахера . . . . .	1776	0,005192	1236	0,01343	do
Рыльмана . . . . .	1943	0,005678	1531	0,01664	do
Кларка . . . . .	1526	0,004463	793	0,00861	do
Грове, при благопр. условіяхъ . . . . .	1064	0,003111	640	0,00695	do
Грове, при неблагопр. условіяхъ . . . . .	1836	0,005378	1060	0,01153	do
Вельянера . . . . .	1774	0,005187	1087	0,01182	do
Гановерь 1860 . . . . .	736	0,002151	198	0,00215	do
Вильмина при маслѣ . . . . .	945	0,003150	678	0,01356	Q=вѣсъ брутто безъ локомотива.
» » салѣ . . . . .	1140	0,003800			
Австр. южной дороги . . . . .	819	0,002730	} за невмѣвѣемъ обывтовъ.		do
Кельнь-Минденской дороги . . . . .	615	0,002050			

Изъ столбца приведенной таблицы видно, что болѣе старинныя формулы даютъ слишкомъ большія сопротивленія для медленной ѣзды, и нѣкоторыя изъ нихъ, какъ видно изъ 4 столбца, даютъ также большія величины даже для быстрой ѣзды.

Далѣе изъ столбца замѣчаній видно, что въ нѣкоторыхъ формулахъ не введенъ вѣсъ локомотива; поэтому величины столбцовъ 2 и 4 нельзя еще считать вполне достаточными для точнаго сравненія всѣхъ этихъ формулъ между собою, и для этой цѣли явилась необходимость въ вычисленіи всѣхъ величинъ  $\frac{W}{Q}$ , помѣщенныхъ въ столбцахъ 3 и 5.

Формула Вильемина, Дьедонне и Гебгарда считается въ настоящее время одною изъ самыхъ лучшихъ формулъ и имѣетъ всеобщее распространеніе. Она, какъ уже было упомянуто, основана на весьма обстоятельныхъ опытахъ новѣйшаго времени и, соответствуя нынѣшнимъ условіямъ движенія, даетъ совершенно вѣрные результаты для всякаго рода поѣздовъ; поэтому мы ею воспользуемся также и здѣсь.

Если теперь обратить вниманіе на то обстоятельство, что главное движеніе на желѣзныхъ дорогахъ обуславливается преимущественно перевозкою товаровъ, которыхъ бываетъ, судя, напр., по данностямъ прусскихъ дорогъ за

	а) вѣсъ пассажировъ по 1 $\frac{1}{2}$ цент.	б) вѣсъ багажа и товаровъ цент. netto	или в больше, чѣмъ а, въ
1865 г.	2073471611	46271110906	23 раза
1867 »	2262997971	56075548763	25 »
1869 »	3403649173	79295406502	23 »
1871 »	4967565205	101611570784	20 »
1872 »	4716535127	118168955615	26 »
1873 »	5341455859	114146498470	27 »

по крайней мѣрѣ въ 20 разъ болѣе пассажировъ, то при вычисленіи виртуальныхъ протяженій придется, главнымъ образомъ, руководствоваться однимъ только товарнымъ движеніемъ и въ случаѣ, если бы требованія пассажирскаго движенія принять даже одинаковыми съ товарнымъ и при этомъ совсѣмъ его отбросить, то ошибка, отсюда проистекающая, не превзойдетъ  $\frac{1}{20}$  или 5%.

Если, кромѣ того, включить курьерское и пассажирское движеніе въ товарное, т. е. обставить ихъ одинаковыми условіями, то въ общемъ результатъ отъ этого получится ошибка не болѣе 1%; при этомъ мы сохранимъ точность, идущую выше требованій метода виртуальныхъ протяженій и поэтому вполне достаточную.

Такимъ образомъ всѣ эти соображенія вполне оправдываютъ принятіе формулы

$$W = (1,65 + 0,05v) Q \dots \dots \dots (1)$$

для выраженія сопротивленій на горизонтальномъ и прямолинейномъ пути, гдѣ

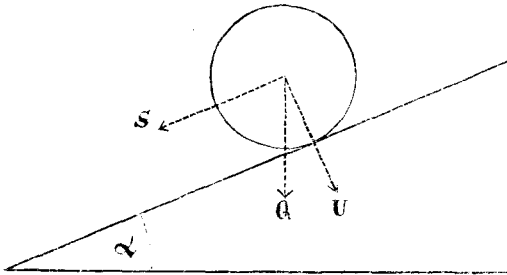
$W$  = сопротивленіе въ килограммахъ,

$v$  = скорость ѣзды въ километрахъ, въ часъ,

$Q$  = вѣсъ поѣзда въ тоннахъ.

## 2) Сопротивленіе на уклонахъ.

Въ случаѣ наклоненія пути, кромѣ силы сопротивленія движенію, всегда существующей на горизонтальномъ пути, является еще дѣйствіе силы тяжести. ◆



Обозначивъ черезъ

$\alpha$ —уголъ наклоненія поверхности къ горизонту,

$Q$ —общій вѣсъ поѣзда,

$\frac{1}{m}$ —коэффициентъ сопротивленія на горизонтальномъ пути,

$W_1$ —сопротивленіе на наклонномъ пути,—

то изъ приложеннаго чертежа видно, что для поѣздовъ, идущихъ въ гору

$$W_1 = U + S$$

$$U = \frac{1}{m} Q \cdot \text{Cos} \alpha$$

$$S = Q \cdot \text{Sin} \alpha$$

$$W_1 = \frac{1}{m} \cdot Q \cdot \text{Cos} \alpha + Q \cdot \text{Sin} \alpha$$

Для поѣздовъ-же, движущихся подъ гору, сила тяжести дѣйствуетъ въ смыслѣ противоположномъ силѣ тренія, почему

$$W_1 = \frac{1}{m} \cdot Q \cdot \text{Cos} \alpha - Q \cdot \text{Sin} \alpha,$$

и общая формула сопротивленія выразится слѣдующимъ образомъ:

$$W_1 = \frac{1}{m} \cdot Q \cdot \text{Cos} \alpha \pm Q \cdot \text{Sin} \alpha.$$

Сопротивленіе на горизонтальномъ пути нами уже дано въ ур. (1).

$W = (1,65 + 0,05v) Q$  въ килограммахъ, или

$$W = \frac{1,65 + 0,05v}{1000} Q \text{ въ тоннахъ.}$$

Кoeffициентъ сопротивленія есть  $\frac{W}{Q}$ , или

$$\frac{W}{Q} = \frac{1,65 + 0,05v}{1000} \text{ тоннъ.}$$

Этотъ коэффицентъ сопротивленія мы обозначили выше черезъ  $\frac{1}{m}$ ; поэтому

$$\frac{1}{m} = \frac{1,65 + 0,05v}{1000}. \text{ Подставивъ это, получимъ}$$

$$W_1 = \frac{1,65 + 0,05v}{1000} \cdot Q. \text{ Cosa} \pm Q. \text{ Sina} \dots \dots (2)$$

Примѣняя теперь эти найденныя сопротивленія къ отысканію виртуальной длины дороги и обозначивъ при этомъ черезъ  $L$ —дѣйствительную длину дороги, наклоненной подъ угломъ  $\alpha$ , и  $L_1$ —соотвѣтственную ей виртуальную длину, то изъ опредѣленія понятія о виртуальной длинѣ будемъ имѣть, что

$$\frac{L}{L_1} = \frac{W}{W_1}, \text{ откуда } L_1 = L \frac{W_1}{W}$$

Обозначивъ теперь отношеніе  $\frac{W}{W_1}$  черезъ  $a$  и вставивъ его, то

$$L_1 = La.$$

Такимъ образомъ  $a$  является коэффицентомъ, показывающимъ, во сколько разъ сопротивленіе движенію поѣзда по наклонному пути больше сопротивленія на горизонтальномъ пути, или во сколько разъ виртуальная длина дороги больше соотвѣтственной ей дѣйствительной длины. Этотъ коэффицентъ при дальнѣйшемъ нашемъ изслѣдованіи назовемъ

виртуальнымъ коэффицентомъ.

Для опредѣленія этого виртуальнаго коэффицента подставимъ въ уравненіе

$$a = \frac{W_1}{W}$$

выше найденныя величины для  $W_1$  и  $W$ ; тогда будемъ имѣть, что

$$a = \frac{W_1}{W} = \frac{\frac{1,65 + 0,05v}{1000} \cdot Q \cdot \text{Cosa} \pm Q \cdot \text{Sina}}{\frac{1,65 + 0,05v}{1000} \cdot Q} \dots \dots (3)$$

Здѣсь необходимо замѣтить, что сравненіе сопротивленій движенію по двумъ различнымъ наклоннымъ путямъ возможно только при условіи одинаковости вѣса поѣздовъ и скорости движенія,

иначе говоря, дорогу, имѣющую уклонъ, тогда только возможно сравнить съ горизонтальною дорогою, когда для этой послѣдней предназначается тотъ-же вѣсъ поѣзда  $Q$ , движущійся съ тою-же скоростью  $v$ , какъ и на наклонномъ пути.

Стало бытъ, въ ур. 3 числитель и знаменатель содержать величину  $Q$  и  $v$ , имѣющія одинаковыя значенія, почему  $Q$  можно исключить, и уравненіе приметъ слѣдующій видъ

$$a = \frac{(1,65 + 0,05v) \text{ Cos} \alpha \pm 1000 \text{ Sin} \alpha}{1,65 + 0,05 v} \dots \dots \dots (4).$$

Выше было указано, что виртуальныя протяженія должны разсматриваться относительно одного только товарнаго движенія, и здѣсь, какъ и тамъ, надо имѣть въ виду одни только товарныя поѣзда, но никакъ не пассажирскіе и курьерскіе.

Для товарныхъ поѣздовъ, движущихся вверхъ по наклоннымъ путямъ, существуютъ на практикѣ слѣдующія среднія скорости, которыя, для безопасности движенія, сохраняются также и для поѣздовъ, идущихъ подъ гору, и именно:

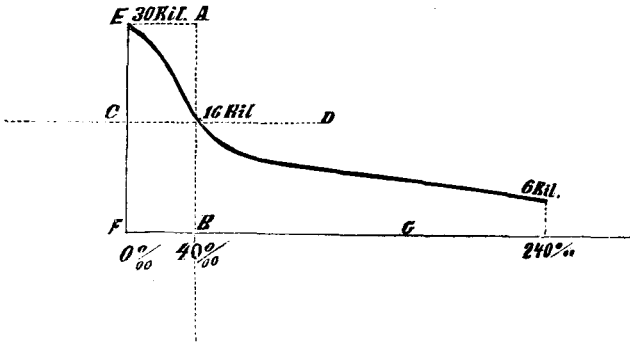
на	0 <sup>o</sup> / <sub>100</sub>	уклонѣ	30	километровъ	въ	часъ.
»	25 <sup>o</sup> / <sub>100</sub>	»	24	»	»	»
»	40 <sup>o</sup> / <sub>100</sub>	»	16	»	»	»
»	90 <sup>o</sup> / <sub>100</sub>	»	11	»	»	»
»	200 <sup>o</sup> / <sub>100</sub>	»	7	»	»	»
»	240 <sup>o</sup> / <sub>100</sub>	»	не	вполнѣ	6	»

Желая составить таблицу значеній виртуальнаго коэффиціента для всевозможныхъ уклоновъ, необходимо допустить непрерывное уменьшеніе скорости поѣзда, которое соответствовало бы данному возрастанію уклоновъ пути; при этомъ нельзя, однако, отступать отъ существующихъ на практикѣ скоростей.

Если вышеприведенныя скорости изобразить въ видѣ кривой, такъ чтобы различныя уклоны образовали абсциссы и соответственныя имъ скорости, взятая изъ практики—ординаты, то получимъ кривую, сходную съ двумя вѣтвями касающихся между собою параболъ.

При уклонахъ возрастающихъ отъ 0<sup>o</sup>/<sub>100</sub> до 25<sup>o</sup>/<sub>100</sub> скорость уменьшается только постепенно; но далѣе до 40<sup>o</sup>/<sub>100</sub> скорость быстро уменьшается. Начиная-же отъ этого послѣдняго уклона, имѣющаго примѣненіе только на горныхъ дорогахъ, скорости опять уменьшаются только постепенно.

Поэтому  $40\%$  принято здѣсь точкою касанія обѣихъ параболъ.  
Принимая  $AB$  и  $CD$  за оси координатъ, получимъ слѣдующія уравненія:



для верхней параболы:

$$y_1 = \sqrt{px_1}$$

для нижней параболы:

$$y_2 = \sqrt{px_2}$$

Если переимѣнить систему координатъ на  $EFG$ , то

$$x_1 = 40 - x$$

$$x_2 = x - 40$$

$$y_1 = y - 16$$

$$y_2 = 16 - y$$

и по постановкѣ получимъ

$$y = 16 + \sqrt{p(40-x)}$$

$$y = 16 - \sqrt{p(x-40)}$$

Когда  $x = 0$ , то  $y = 30$

когда  $x = 240$ , то  $y = 6$

Поэтому

$$30 = 16 + \sqrt{40p}$$

$$6 = 16 - \sqrt{p \cdot 200}$$

$$14 = \sqrt{40p}$$

$$10 = \sqrt{200p}$$

$$p = 4,9$$

$$p = 0,5$$

и уравненія параболъ будутъ:

$$y = 16 + \sqrt{4,9(40-x)}$$

$$y = 16 - \sqrt{0,5(x-40)}$$

Изъ этихъ двухъ уравненій можно составить одно общее слѣдующимъ образомъ:

$$y = 16 \left\{ \begin{array}{l} + \sqrt{4,9(40-x)} \\ - \sqrt{0,5(x-40)} \end{array} \right.$$

Такъ какъ мы скорость выше обозначили через  $v$ , то, обозначивъ при этомъ уклоны, выраженные въ  $\%$  доляхъ, через  $m$ , это уравненіе приметъ слѣдующій видъ:

$$v = 16 \left\{ \begin{array}{l} + \sqrt{4,9(40-m)} \\ - \sqrt{0,5(m-40)} \end{array} \right. \dots \dots \dots (5).$$

Это есть значеніе для  $v$  изъ уравненія (4) виртуальнаго коэффициента.

Для небольших уклонов эта формула может быть значительно сокращена, ибо тогда  $\text{Cos}\alpha$  близокъ къ 1 и  $\text{Sin}\alpha$  сравнивается почти съ  $\text{tg}\alpha$ . За предѣлъ такихъ уклоновъ, при которыхъ формула можетъ быть сокращена, лучше всего принять  $40^{\circ}/_{\infty}$ ; это тѣмъ возможнѣе, что при такихъ уклонахъ скорость  $v$  въ выведенномъ для нея уравненіи измѣняетъ свое значеніе.

Итакъ до  $40^{\circ}/_{\infty}$  подъема принимаемъ  $\text{Cos}\alpha=1$  и  $\text{Sin}\alpha=\text{tg}\alpha$ , и тогда ур. (4) приметъ слѣдующій видъ:

$$a = \frac{1,65 + 0,05v \pm 1000\text{tg}\alpha}{1,65 + 0,05v}.$$

Если назвать черезъ  $n$  длину пути, поднимающагося на 1 высоты, то

$$\text{tg}\alpha = \frac{1}{n} \text{ и}$$

$$1000 \text{tg}\alpha = \frac{1000}{n};$$

$$\text{но такъ какъ } \frac{1}{n} \text{ при } 1^{\circ}/_{\infty} = \frac{1}{1000},$$

$$\text{» } 2^{\circ}/_{\infty} = \frac{2}{1000},$$

$$\text{» } 3^{\circ}/_{\infty} = \frac{3}{1000} \text{ и т. д., то } \frac{1000}{n} = m,$$

гдѣ  $m$  есть величина уклона въ «тысячныхъ доляхъ», и послѣднее уравненіе будетъ:

$$a = \frac{1,65 + 0,05v \pm m}{1,65 + 0,05v} \dots \dots \dots (6).$$

Вставивъ сюда значеніе для  $v = 16 + \sqrt{4,9(40 - m)}$ , получимъ

$$a = \frac{2,45 + \sqrt{0,49 - 0,01225m} \pm m}{2,45 + \sqrt{0,49 - 0,01225m}}, \text{ или}$$

$$a = 1 \pm \frac{m}{2,45 + \sqrt{0,49 - 0,01225m}} \dots \dots \dots (7).$$

Для уклоновъ выше  $40^{\circ}/_{\infty}$  мы сохранили вышевыведенное уравненіе (4):

$$a = \frac{(1,65 + 0,05v) \text{Cos}\alpha \pm 1000\text{Sin}\alpha}{1,65 + 0,05v}$$

Вставивъ сюда значеніе для  $v$  изъ ур. (5)

$$v = 16 - \sqrt{0,5(m - 40)}$$

получимъ

$$a = \frac{(2,45 - \sqrt{0,00125m - 0,05}) \text{Cos}\alpha \pm 1000\text{Sin}\alpha}{2,45 - \sqrt{0,00125m - 0,05}}$$

но такъ какъ  $\text{Sin}\alpha = \text{tg}\alpha$ ,  $\text{Cos}\alpha$ , то

$$a = \text{Cos}\alpha \pm \frac{1000.\text{tg}\alpha.\text{Cos}\alpha}{2,45 - \sqrt{0,00125m - 0,05}}$$



и, какъ прежде доказано,  $1000 \operatorname{tg} \alpha = m$ , поэтому

$$a = \operatorname{Cos} \alpha \pm \frac{m \cdot \operatorname{Cos} \alpha}{2,45 - \sqrt{0,00125m - 0,05}} \dots \dots \dots (8)$$

По обоимъ этимъ уравненіямъ 7 и 8 составлена слѣдующая таблица А (стр. 38—46), содержащая величины коэффициентовъ  $a$  какъ для подъемовъ, такъ и для спусковъ.

Такъ какъ по вышепринятому

$$a = \frac{W_1}{W}, \text{ гдѣ } W_1 \text{ — сопротивленіе на подъемѣ,}$$

$$W \text{ — сопротивленіе на горизонтали, —}$$

$$\text{то } W_1 = aW$$

$$\text{Но } W = \frac{1,65 + 0,05v}{1000} Q,$$

$$\text{поэтому } W_1 = a \frac{1,65 + 0,05v}{1000} Q.$$

Далѣе по уравненію 5

$$v = 16 \begin{cases} + \sqrt{4,9(40 - m)} \\ - \sqrt{0,5(m - 40)} \end{cases}$$

Подставивъ эту величину для  $v$  въ предъидущее уравненіе, получимъ

$$W_1 = \frac{a}{1000} \left[ 2,45 \frac{+ \sqrt{4,9(40 - m)}}{- \sqrt{0,5(m - 40)}} \right] \cdot Q \dots \dots (9).$$

Изъ этого уравненія (9) и при помощи таблицы А, дающей величины для  $a$ , можно получить величину сопротивленія движенію  $W_1$  въ тоннахъ, для даннаго  $Q$ —вѣса поѣзда въ тоннахъ и  $m$ —уклона въ тысячныхъ доляхъ.

Табл. А. Виртуальный коэффициент  $a$  для подъемов и спусков.

‰	Для подъемов.	Для спусков.	‰	Для подъемов.	Для спусков.
<b>0</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>3</b>	<b>1,9605</b>	<b>0,0395</b>
<b>0,1</b>	<b>1,0317</b>	<b>0,9683</b>	<b>3,1</b>	<b>1,9929</b>	<b>0,0071</b>
<b>0,2</b>	<b>1,0635</b>	<b>0,9365</b>	<b>3,2</b>	<b>2,0252</b>	<b>-0,0252</b>
<b>0,3</b>	<b>1,0953</b>	<b>0,9047</b>	<b>3,3</b>	<b>2,0576</b>	<b>-0,0576</b>
<b>0,4</b>	<b>1,1271</b>	<b>0,8729</b>	<b>3,4</b>	<b>2,0899</b>	<b>-0,0899</b>
<b>0,5</b>	<b>1,1589</b>	<b>0,8411</b>	<b>3,5</b>	<b>2,1223</b>	<b>-0,1223</b>
<b>0,6</b>	<b>1,1908</b>	<b>0,8092</b>	<b>3,6</b>	<b>2,1547</b>	<b>-0,1547</b>
<b>0,7</b>	<b>1,2226</b>	<b>0,7774</b>	<b>3,7</b>	<b>2,1871</b>	<b>-0,1871</b>
<b>0,8</b>	<b>1,2545</b>	<b>0,7455</b>	<b>3,8</b>	<b>2,2196</b>	<b>-0,2196</b>
<b>0,9</b>	<b>1,2864</b>	<b>0,7136</b>	<b>3,9</b>	<b>2,2520</b>	<b>-0,2520</b>
<b>1</b>	<b>1,3183</b>	<b>0,6817</b>	<b>4</b>	<b>2,2845</b>	<b>-0,2845</b>
<b>1,1</b>	<b>1,3502</b>	<b>0,6498</b>	<b>4,1</b>	<b>2,3170</b>	<b>-0,3170</b>
<b>1,2</b>	<b>1,3822</b>	<b>0,6178</b>	<b>4,2</b>	<b>2,3495</b>	<b>-0,3495</b>
<b>1,3</b>	<b>1,4142</b>	<b>0,5858</b>	<b>4,3</b>	<b>2,3820</b>	<b>-0,3820</b>
<b>1,4</b>	<b>1,4461</b>	<b>0,5539</b>	<b>4,4</b>	<b>2,4146</b>	<b>-0,4146</b>
<b>1,5</b>	<b>1,4782</b>	<b>0,5218</b>	<b>4,5</b>	<b>2,4472</b>	<b>-0,4472</b>
<b>1,6</b>	<b>1,5102</b>	<b>0,4898</b>	<b>4,6</b>	<b>2,4798</b>	<b>-0,4798</b>
<b>1,7</b>	<b>1,5423</b>	<b>0,4577</b>	<b>4,7</b>	<b>2,5124</b>	<b>-0,5124</b>
<b>1,8</b>	<b>1,5743</b>	<b>0,4257</b>	<b>4,8</b>	<b>2,5450</b>	<b>-0,5450</b>
<b>1,9</b>	<b>1,6064</b>	<b>0,3936</b>	<b>4,9</b>	<b>2,5777</b>	<b>-0,5777</b>
<b>2</b>	<b>1,6385</b>	<b>0,3615</b>	<b>5</b>	<b>2,6104</b>	<b>-0,6104</b>
<b>2,1</b>	<b>1,6706</b>	<b>0,3294</b>	<b>5,1</b>	<b>2,6431</b>	<b>-0,6431</b>
<b>2,2</b>	<b>1,7028</b>	<b>0,2972</b>	<b>5,2</b>	<b>2,6758</b>	<b>-0,6758</b>
<b>2,3</b>	<b>1,7349</b>	<b>0,2651</b>	<b>5,3</b>	<b>2,7085</b>	<b>-0,7085</b>
<b>2,4</b>	<b>1,7671</b>	<b>0,2329</b>	<b>5,4</b>	<b>2,7413</b>	<b>-0,7413</b>
<b>2,5</b>	<b>1,7993</b>	<b>0,2007</b>	<b>5,5</b>	<b>2,7741</b>	<b>-0,7741</b>
<b>2,6</b>	<b>1,8315</b>	<b>0,1645</b>	<b>5,6</b>	<b>2,8069</b>	<b>-0,8069</b>
<b>2,7</b>	<b>1,8637</b>	<b>0,1363</b>	<b>5,7</b>	<b>2,8398</b>	<b>-0,8398</b>
<b>2,8</b>	<b>1,8960</b>	<b>0,1040</b>	<b>5,8</b>	<b>2,8726</b>	<b>-0,8726</b>
<b>2,9</b>	<b>1,9283</b>	<b>0,0717</b>	<b>5,9</b>	<b>2,9055</b>	<b>-0,9055</b>

‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.	‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.
<u>6</u>	<u>2,9383</u>	<u>-0,9383</u>	9,5	4,1033	-2,1033
6,1	2,9713	-0,9713	9,6	4,1370	-2,1370
6,2	3,0042	-1,0042	9,7	4,1707	-2,1707
6,3	3,0372	-1,0372	9,8	4,2045	-2,2045
6,4	3,0701	-1,0701	9,9	4,2382	-2,2382
6,5	3,1032	-1,1032	<u>10</u>	<u>4,2720</u>	<u>-2,2720</u>
6,6	3,1362	-1,1362	10,1	4,3059	-2,3059
6,7	3,1692	-1,1692	10,2	4,3397	-2,3397
6,8	3,2023	-1,2023	10,3	4,3736	-2,3736
6,9	3,2354	-1,2354	10,4	4,4075	-2,4075
<u>7</u>	<u>3,2685</u>	<u>-1,2685</u>	10,5	4,4414	-2,4414
7,1	3,3016	-1,3016	10,6	4,4753	-2,4753
7,2	3,3348	-1,3348	10,7	4,5093	-2,5093
7,3	3,3679	-1,3679	10,8	4,5433	-2,5433
7,4	3,4011	-1,4011	10,9	4,5773	-2,5773
7,5	3,4343	-1,4343	<u>11</u>	<u>4,6113</u>	<u>-2,6113</u>
7,6	3,4676	-1,4676	11,1	4,6454	-2,6454
7,7	3,5008	-1,5008	11,2	4,6795	-2,6795
7,8	3,5341	-1,5341	11,3	4,7136	-2,7136
7,9	3,5674	-1,5674	11,4	4,7477	-2,7477
<u>8</u>	<u>3,6007</u>	<u>-1,6007</u>	11,5	4,7819	-2,7819
8,1	3,6340	-1,6340	11,6	4,8160	-2,8160
8,2	3,6674	-1,6674	11,7	4,8502	-2,8502
8,3	3,7008	-1,7008	11,8	4,8845	-2,8845
8,4	3,7342	-1,7342	11,9	4,9187	-2,9187
8,5	3,7676	-1,7676	<u>12</u>	<u>4,9530</u>	<u>-2,9530</u>
8,6	3,8011	-1,8011	12,1	4,9873	-2,9873
8,7	3,8346	-1,8346	12,2	5,0216	-3,0216
8,8	3,8681	-1,8681	12,3	5,0560	-3,0560
8,9	3,9016	-1,9016	12,4	5,0904	-3,0904
<u>9</u>	<u>3,9352</u>	<u>-1,9352</u>	12,5	5,1248	-3,1248
9,1	3,9688	-1,9688	12,6	5,1592	-3,1592
9,2	4,0024	-2,0024	12,7	5,1937	-3,1937
9,3	4,0360	-2,0360	12,8	5,2282	-3,2282
9,4	4,0696	-2,0696	12,9	5,2627	-3,2627

‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.	‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.
<u>13</u>	5,2973	—3,2973	16,5	6,5248	—4,5248
13,1	5,3319	—3,3319	16,6	6,5604	—4,5604
13,2	5,3665	—3,3665	16,7	6,5960	—4,5960
13,3	5,4011	—3,4011	16,8	6,6317	—4,6316
13,4	5,4358	—3,4358	16,9	6,6674	—4,6674
13,5	5,4705	—3,4705	<u>17</u>	6,7032	—4,7032
13,6	5,5052	—3,5052	17,1	6,7390	—4,7390
13,7	5,5400	—3,5400	17,2	6,7748	—4,7748
13,8	5,5748	—3,5748	17,3	6,8107	—4,8107
13,9	5,6096	—3,6096	17,4	6,8466	—4,8466
<u>14</u>	5,6444	—3,6444	17,5	6,8825	—4,8825
14,1	5,6793	—3,6793	17,6	6,9185	—4,9185
14,2	5,7142	—3,7142	17,7	6,9545	—4,9545
14,3	5,7491	—3,7491	17,8	6,9906	—4,9906
14,4	5,7841	—3,7841	17,9	7,0267	—5,0267
14,5	5,8190	—3,8190	<u>18</u>	7,0628	—5,0628
14,6	5,8541	—3,8541	18,1	7,0990	—5,0990
14,7	5,8891	—3,8891	18,2	7,1352	—5,1352
14,8	5,9242	—3,9242	18,3	7,1714	—5,1714
14,9	5,9593	—3,9593	18,4	7,2076	—5,2076
<u>15</u>	5,9944	—3,9944	18,5	7,2440	—5,2440
15,1	6,0295	—4,0295	18,6	7,2803	—5,2803
15,2	6,0647	—4,0647	18,7	7,3167	—5,3167
15,3	6,0999	—4,0999	18,8	7,3531	—5,3531
15,4	6,1352	—4,1352	18,9	7,3895	—5,3895
15,5	6,1704	—4,1704	<u>19</u>	7,4260	—5,4260
15,6	6,2057	—4,2057	19,1	7,4625	—5,4625
15,7	6,2411	—4,2411	19,2	7,4991	—5,4991
15,8	6,2764	—4,2764	19,3	7,5356	—5,5356
15,9	6,3118	—4,3118	19,4	7,5723	—5,5723
<u>16</u>	6,3472	—4,3472	19,5	7,6089	—5,6089
16,1	6,3826	—4,3826	19,6	7,6456	—5,6456
16,2	6,4181	—4,4181	19,7	7,6824	—5,6824
16,3	6,4536	—4,4536	19,8	7,7191	—5,7191
16,4	6,4892	—4,4892	19,9	7,7559	—5,7559

‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.	‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.
<u>20</u>	<u>7,7928</u>	<u>-5,7928</u>	<u>23,5</u>	<u>9,1054</u>	<u>-7,1054</u>
20,1	7,8297	-5,8297	23,6	9,1436	-7,1436
20,2	7,8666	-5,8666	23,7	9,1818	-7,1818
20,3	7,9035	-5,9035	23,8	9,2201	-7,2201
20,4	7,9405	-5,9405	23,9	9,2584	-7,2584
20,5	7,9775	-5,9775	<u>24</u>	<u>9,2967</u>	<u>-7,2967</u>
20,6	8,0146	-6,0146	24,1	9,3350	-7,3350
20,7	8,0517	-6,0517	24,2	9,3735	-7,3735
20,8	8,0888	-6,0888	24,3	9,4119	-7,4119
20,9	8,1260	-6,1260	24,4	9,4505	-7,4505
<u>21</u>	<u>8,1632</u>	<u>-6,1632</u>	<u>24,5</u>	<u>9,4891</u>	<u>-7,4891</u>
21,1	8,2004	-6,2004	24,6	9,5278	-7,5278
21,2	8,2377	-6,2377	24,7	9,5665	-7,5665
21,3	8,2751	-6,2751	24,8	9,6054	-7,6054
21,4	8,3124	-6,3124	24,9	9,6442	-7,6442
21,5	8,3498	-6,3498	<u>25</u>	<u>9,6832</u>	<u>-7,6832</u>
21,6	8,3872	-6,3872	25,1	9,7222	-7,7222
21,7	8,4247	-6,4247	25,2	9,7613	-7,7613
21,8	8,4622	-6,4622	25,3	9,8004	-7,8004
21,9	8,4998	-6,4998	25,4	9,8396	-7,8396
<u>22</u>	<u>8,5373</u>	<u>-6,5373</u>	<u>25,5</u>	<u>9,8789</u>	<u>-7,8789</u>
22,1	8,5750	-6,5750	25,6	9,9182	-7,9182
22,2	8,6126	-6,6126	25,7	9,9577	-7,9577
22,3	8,6503	-6,6503	25,8	9,9971	-7,9971
22,4	8,6880	-6,6880	25,9	10,0366	-8,0366
22,5	8,7258	-6,7258	<u>26</u>	<u>10,0763</u>	<u>-8,0763</u>
22,6	8,7636	-6,7636	26,1	10,1159	-8,1159
22,7	8,8014	-6,8014	26,2	10,1556	-8,1556
22,8	8,8393	-6,8393	26,3	10,1955	-8,1955
22,9	8,8772	-6,8772	26,4	10,2353	-8,2353
<u>23</u>	<u>8,9151</u>	<u>-6,9151</u>	<u>26,5</u>	<u>10,2753</u>	<u>-8,2753</u>
23,1	8,9531	-6,9531	26,6	10,3152	-8,3152
23,2	8,9912	-6,9912	26,7	10,3553	-8,3553
23,3	9,0292	-7,0292	26,8	10,3954	-8,3954
23,4	9,0673	-7,0673	26,9	10,4356	-8,4356

‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.	‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.
<u>27</u>	<u>10,4759</u>	<u>-8,4759</u>	<u>30,5</u>	<u>11,9297</u>	<u>-9,9297</u>
27,1	10,5162	-8,5162	30,6	11,9726	-9,9726
27,2	10,5566	-8,5566	30,7	12,0156	-10,0156
27,3	10,5970	-8,5970	30,8	12,0587	-10,0587
27,4	10,6376	-8,6376	30,9	12,1018	-10,1018
27,5	10,6782	-8,6782	<u>31</u>	<u>12,1450</u>	<u>-10,1450</u>
27,6	10,7188	-8,7188	31,1	12,1883	-10,1883
27,7	10,7595	-8,7595	31,2	12,2317	-10,2317
27,8	10,8003	-8,8003	31,3	12,2751	-10,2751
27,9	10,8411	-8,8411	31,4	12,3187	-10,3187
<u>28</u>	<u>10,8821</u>	<u>-8,8821</u>	31,5	12,3623	-10,3623
28,1	10,9231	-8,9231	31,6	12,4059	-10,4059
28,2	10,9641	-8,9641	31,7	12,4497	-10,4497
28,3	11,0053	-9,0053	31,8	12,4935	-10,4935
28,4	11,0465	-9,0465	31,9	12,5374	-10,5374
28,5	11,0878	-9,0878	<u>32</u>	<u>12,5814</u>	<u>-10,5814</u>
28,6	11,1291	-9,1291	32,1	12,6255	-10,6255
28,7	11,1706	-9,1706	32,2	12,6697	-10,6697
28,8	11,2121	-9,2121	32,3	12,7141	-10,7141
28,9	11,2537	-9,2537	32,4	12,7587	-10,7587
<u>29</u>	<u>11,2954</u>	<u>-9,2954</u>	32,5	12,8034	-10,8034
29,1	11,3371	-9,3371	32,6	12,8483	-10,8483
29,2	11,3789	-9,3789	32,7	12,8934	-10,8934
29,3	11,4209	-9,4209	32,8	12,9386	-10,9386
29,4	11,4628	-9,4628	32,9	12,9841	-10,9841
29,5	11,5049	-9,5049	<u>33</u>	<u>13,0297</u>	<u>-11,0297</u>
29,6	11,5470	-9,5470	33,1	13,0751	-11,0751
29,7	11,5893	-9,5893	33,2	13,1213	-11,1213
29,8	11,6315	-9,6315	33,3	13,1674	-11,1674
29,9	11,6739	-9,6739	33,4	13,2137	-11,2137
<u>30</u>	<u>11,7163</u>	<u>-9,7163</u>	33,5	13,2601	-11,2601
30,1	11,7589	-9,7589	33,6	13,3068	-11,3068
30,2	11,8014	-9,8014	33,7	13,3535	-11,3535
30,3	11,8441	-9,8441	33,8	13,4005	-11,4005
30,4	11,8869	-9,8869	33,9	13,4476	-11,4476

‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.	‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.
<u>34</u>	13,4949	-11,4949	<u>37,5</u>	15,3472	-13,3472
34,1	13,5423	-11,5423	37,6	15,4135	-13,4135
34,2	13,5900	-11,5900	37,7	15,4848	-13,4808
34,3	13,6378	-11,6378	37,8	15,5492	-13,5492
34,4	13,6857	-11,6857	37,9	15,6185	-13,6185
34,5	13,7339	-11,7339	<u>38</u>	15,6890	-13,6890
34,6	13,7822	-11,7822	38,1	15,7604	-13,7604
34,7	13,8307	-11,8307	38,2	15,8329	-13,8329
34,8	13,8793	-11,8793	38,3	15,9064	-13,9064
34,9	13,9281	-11,9281	38,4	15,9809	-13,9809
<u>35</u>	13,9771	-11,9771	<u>38,5</u>	16,0565	-14,0565
35,1	14,0263	-12,0263	38,6	16,1331	-14,1331
35,2	14,0756	-12,0756	38,7	16,2107	-14,2107
35,3	14,1251	-12,1251	38,8	16,2893	-14,2893
35,4	14,1747	-12,1747	38,9	16,3690	-14,3690
35,5	14,2246	-12,2246	<u>39</u>	16,4498	-14,4498
35,6	14,2746	-12,2746	39,1	16,5315	-14,5315
35,7	14,3247	-12,3247	39,2	16,6142	-14,6142
35,8	14,3751	-12,3751	39,3	16,6981	-14,6981
35,9	14,4256	-12,4256	39,4	16,7829	-14,7829
<u>36</u>	14,4763	-12,4763	<u>39,5</u>	16,8687	-14,8687
36,1	14,5271	-12,5271	39,6	16,9556	-14,9556
36,2	14,5790	-12,5790	39,7	17,0435	-15,0435
36,3	14,6319	-12,6319	39,8	17,1325	-15,1325
36,4	14,6859	12,6859	39,9	17,2225	-15,2225
36,5	14,7408	-12,7408	<u>40</u>	17,3127	-15,3143
36,6	14,7968	-12,7968	41	17,9647	-15,9663
36,7	14,8539	-12,8539	42	18,4837	-16,4855
36,8	14,9119	-12,9119	43	18,9834	-16,9853
36,9	14,9710	-12,9710	44	19,4741	-17,4761
<u>37</u>	15,0311	-13,0311	<u>45</u>	19,9596	-17,9616
37,1	15,0923	-13,0923	46	20,4419	-18,4440
37,2	15,1545	-13,1545	47	20,9221	-18,9243
37,3	15,1768	-13,1768	48	21,4009	-19,4032
37,4	15,2819	-13,2819	49	21,8787	-19,8811

‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.	‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.
<u>50</u>	<u>22,3560</u>	<u>-20,3585</u>	<u>85</u>	<u>39,2707</u>	<u>-37,2779</u>
51	22,8330	-20,8356	86	39,7636	-37,7709
52	23,3098	-21,3125	87	40,2570	-38,2645
53	23,7866	-21,7894	88	40,7509	-38,7586
54	24,2635	-22,2664	89	41,2454	-39,2532
55	24,7405	-22,7435	<u>90</u>	<u>41,7404</u>	<u>-39,7484</u>
56	25,2178	-23,2209	91	42,2359	-40,2442
57	25,6954	-23,6986	92	42,7320	-40,7405
58	26,1734	-24,1768	93	43,2287	-41,2373
59	26,6517	-24,6552	94	43,7259	-41,7346
<u>60</u>	<u>27,1306</u>	<u>-25,1342</u>	95	44,2240	-42,2330
61	27,6098	-25,6135	96	44,7218	-42,7309
62	28,0894	-26,0932	97	45,2205	-43,2299
63	28,5697	-26,5737	98	45,7198	-43,7294
64	29,0502	-27,0543	99	46,2196	-44,2293
65	29,5315	-27,5357	<u>100</u>	<u>46,7199</u>	<u>-44,7299</u>
66	30,0132	-28,0175	101	47,2208	-45,2309
67	30,4954	-28,4998	102	47,7221	-45,7324
68	30,9781	-28,9827	103	48,2240	-46,2345
69	31,4616	-29,4663	104	48,7263	-46,7371
<u>70</u>	<u>31,9454</u>	<u>-29,9502</u>	105	49,2292	-47,2401
71	32,4298	-30,4348	106	49,7325	-47,7325
72	32,9148	-30,9199	107	50,2364	-48,2478
73	33,4750	-31,4803	108	50,7408	-48,7524
74	33,8865	-31,8920	109	51,2456	-49,2574
75	34,3730	-32,3786	<u>110</u>	<u>51,7510</u>	<u>-49,7630</u>
76	34,8603	-32,8661	111	52,2568	-50,2690
77	35,3482	-33,3541	112	52,7623	-50,7757
78	35,8365	-33,8425	113	53,2699	-51,2826
79	36,3255	-34,3318	114	53,7772	-51,7901
<u>80</u>	<u>36,8148</u>	<u>-34,8212</u>	115	54,2849	-52,2980
81	37,3050	-35,3115	116	54,7931	-52,8065
82	37,7956	-35,8023	117	55,3019	-53,3154
83	38,2867	-36,2936	118	55,8363	-53,8500
84	38,7785	-36,7855	119	56,3206	-54,3347



‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.	‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.
<u>120</u>	<u>56,8308</u>	<u>-54,8451</u>	155	74,9532	-72,9768
121	57,3412	-55,3557	156	75,4782	-73,5021
122	57,8522	-55,8670	157	76,0034	-74,0276
123	58,3637	-56,3786	158	76,5291	-74,5536
124	58,8756	-56,8908	159	77,0550	-75,0798
125	59,3879	-57,4034	<u>160</u>	<u>77,5814</u>	<u>-75,6065</u>
126	59,9007	-57,9164	161	78,1081	-76,1335
127	60,4143	-58,4302	162	78,6351	-76,6609
198	60,9276	-58,9438	163	79,1625	-77,1886
129	61,4418	-59,4582	164	79,6903	-77,7166
<u>130</u>	<u>61,9563</u>	<u>-59,9730</u>	165	80,2184	-78,2451
131	62,4713	-60,4882	166	80,7469	-78,7739
132	62,9867	-61,0039	167	81,2757	-79,3030
133	63,5025	-61,5200	168	81,8048	-79,8325
134	64,0189	-62,0366	169	82,3343	-80,3622
135	64,5355	-62,5534	<u>170</u>	<u>82,8641</u>	<u>-80,8924</u>
136	65,0525	-63,0708	171	83,3944	-81,4230
137	65,5701	-63,5886	172	83,9254	-81,9544
138	66,0880	-64,1067	173	84,4555	-82,4848
139	66,6063	-64,6253	174	84,9866	-83,0162
<u>140</u>	<u>67,1250</u>	<u>-65,1443</u>	175	85,5171	-83,5470
141	67,6442	-65,6638	176	86,0498	-84,0801
142	68,1638	-66,1837	177	86,5819	-84,6125
143	68,6837	-66,7038	178	87,1142	-85,1452
144	69,2040	-67,2244	179	87,6469	-85,6782
145	69,7247	-67,7454	<u>180</u>	<u>88,1820</u>	<u>-86,2135</u>
146	70,2458	-68,2668	181	88,7132	-86,7452
147	70,7674	-68,7887	182	89,2467	-87,2790
149	71,2893	-69,3108	183	89,7808	-87,8135
149 .	71,8116	-69,8334	184	90,3150	-88,3480
<u>150</u>	<u>72,3342</u>	<u>-70,3564</u>	185	90,8496	-88,8830
151	72,8573	-70,8797	186	91,3844	-89,4182
152	73,3641	-71,3868	187	91,9196	-89,9436
153	73,9045	-71,9275	188	92,4549	-90,4894
154	74,4287	-72,4520	189	92,9907	-91,0274

‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.	‰	Для подъемовъ.	Для спусковъ.
<u>190</u>	<u>93,5267</u>	<u>—91,5619</u>	<u>220</u>	<u>109,7314</u>	<u>—107,7781</u>
191	94,0630	—92,0986	221	110,2751	—108,3222
192	94,5996	—92,6355	222	110,8193	—108,8668
193	95,1364	—93,1727	223	111,3637	—109,4116
194	95,6736	—93,7102	224	111,9083	—109,9566
195	96,2110	—94,2480	225	112,4078	—110,4566
196	96,7487	—94,7861	226	112,9981	—111,0473
197	97,2867	—95,3244	227	113,5433	—111,5929
198	97,8250	—95,8630	228	114,0882	—112,1383
199	98,3634	—96,4019	229	114,6348	—112,6853
<u>200</u>	<u>98,9029</u>	<u>—96,9418</u>	<u>230</u>	<u>115,1806</u>	<u>—113,2315</u>
201	99,4413	—97,4806	231	115,7268	—113,7781
202	99,9806	—98,0202	232	116,2731	—114,3249
203	100,5203	—98,5602	233	116,8196	—114,8718
204	101,0601	—99,1005	234	117,3664	—115,4190
205	101,6002	—99,6409	235	117,9133	—115,9663
206	102,1405	—100,1817	236	118,4605	—116,5140
207	102,6814	—100,7229	237	119,0078	—117,0617
208	103,2220	—101,2639	238	119,5553	—117,6097
209	103,7630	—101,8053	239	120,1030	—118,1578
<u>210</u>	<u>104,3068</u>	<u>—102,3495</u>	<u>240</u>	<u>120,6507</u>	<u>—118,7060</u>
211	104,8485	—102,8916	241	121,1989	—119,2545
212	105,3904	—103,4338	242	121,7473	—119,8034
213	105,9325	—103,9763	243	122,2957	—120,3523
214	106,4748	—104,5191	244	122,8444	—120,9014
215	107,0174	—105,0620	245	123,3933	—121,4507
216	107,5579	—105,6030	246	123,9423	—122,0002
217	108,1007	—106,1462	247	124,4915	—122,5498
218	108,6440	—106,6899	248	125,0407	—123,0995
219	109,1874	—107,2337	249	125,5903	—123,6495
			<u>250</u>	<u>126,1399</u>	<u>—124,1996</u>

### 3) Сопротивленіе на кривыхъ.

Относительно сопротивленій на кривыхъ въ настоящее время еще не имѣется совершенно точныхъ данныхъ. Правда, путемъ теоретическихъ разсужденій выведены для этой цѣли особыя формулы; но эти послѣднія зависятъ отъ столькихъ частныхъ, какъ, напр., отъ возвышенія наружнаго рельса, отъ коничности обода колеса, разстоянія между осями, діаметра колесъ и проч., что не могутъ дать общаго понятія о сопротивленіи въ кривыхъ, которое такъ необходимо для нашихъ изслѣдованій.

Впрочемъ, существуютъ также и опытные данныя, на основаніи которыхъ и выведены формулы, опредѣляющія эти сопротивленія; но эти опыты слишкомъ необстоятельны, чтобы на нихъ можно было основываться.

Изъ теоретически выведенныхъ формулъ заслуживаютъ вниманія

1) Редтенбахера.

$$W = f \cdot Q \cdot \frac{b}{2} + \frac{l}{2}$$

гдѣ

$b$ —ширина пути,

$l$ —разстояніе между осями,

$\rho$ —радіусъ кривой

$Q$ —вѣсъ вагона,

$f$ —коэффициентъ тренія между колесами и рельсами

2) Пердоннѣ

$$W = f_1 (P + p) \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + \left(\frac{e}{2}\right)^2} + f_2 \frac{(P + p) v}{g \cdot \rho \cdot R} \sqrt{2Rh + h^2}$$

гдѣ

$f_1$ —коэффициентъ тренія между рельсомъ и ребордами колесъ,

$f_2$ —коэффициентъ сцѣпленія (adhäsion) колесъ и рельса,

$P$ —вѣсъ вагона съ грузомъ въ килограммахъ,

$p$ —вѣсъ колесъ съ осями въ килограммахъ,

$b$ —ширина пути въ метрахъ,

$e$ —разстояніе между осями въ метрахъ,

$\rho$ —радіусъ кривой въ метрахъ,

$v$ —скорость поѣзда въ километрахъ, въ часъ,

$R$ —радіусъ колесъ въ метрахъ,

$h$ —высота реборды обода колеса въ метрахъ.

3) С. М. ф. Бауерфейнда.

$$W = 2240 \cdot f \cdot M \frac{a+e}{r} \text{ т}$$

гдѣ

$f$ —скользящее треніе ( $\frac{1}{10}$ ),

$M$ —нагрузка въ тоннахъ,

$a$ —разстояніе между осями, въ баварскихъ футахъ,

$r$ —радіусъ кривой, въ баварскихъ футахъ,

$e$ —ширина пути, въ бавар. футахъ.

На основаніи практическихъ опытовъ составлены слѣдующія формулы:

4) М. М. ф. Веберъ нашелъ изъ произведенныхъ опытовъ, что сопротивленіе на кривой, имѣющей

300 метровъ въ радіусѣ,	одинаково съ сопротивленіемъ на подъемѣ въ	$\frac{1}{160}$
360    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "		$\frac{1}{189}$
450    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "		$\frac{1}{260}$
540    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "		$\frac{1}{418}$
600    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "		$\frac{1}{700}$
выше 750    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "    "	на горизонтальн. пути	

Эти данныя принялъ также и Рекль въ своей формулѣ, опредѣляющей расходы по эксплуатаціи.

5) Англійскіе инженеры принимаютъ, на основаніи произведенныхъ ими опытовъ, что сопротивленіе на кривой равно сопротивленію на уклонѣ въ

$$\frac{1}{n},$$

гдѣ  $n$  обозначаетъ радіусъ кривой въ ярдахъ (по 3 фута).

6) Въ Германіи также сравнили, на основаніи опытовъ, произведенныхъ на брауншвейгскихъ дорогахъ, сопротивленіе на кривой съ сопротивленіемъ на уклонѣ въ

$$\frac{1}{6\rho},$$

причемъ  $\rho$  обозначаетъ радіусъ кривой въ брауншвейгскихъ рутенахъ (Ruthen) (по 4,57 м.).

Впослѣдствіи эту формулу принаровили къ метрическимъ мѣрамъ, и въ такомъ видѣ она употребляется повсемѣстно въ настоящее время, и именно

$$0,76 \frac{1}{r},$$

гдѣ  $r$  есть радіусъ въ метрахъ.

7) Гасвелль (Haswell) также выражаетъ сопротивленіе на кривой равнозначающимъ сопротивленіемъ на уклонахъ, въ зависимости, однако, отъ длины поѣзда.

По Гасвеллю

$$W_2 = 0,01 \cdot a \cdot W_1$$

гдѣ  $W_2$ —сопротивленіе на кривой,

$W_1$ —сопротивленіе на горизонтальномъ. пути,

$a$ —центральный уголъ, соотвѣтствующій длинѣ поѣзда,

т. е.  $a = \frac{360 \cdot Z}{2 \cdot r \cdot \pi}$ , если  $Z$ —длинѣ поѣзда, а  $r$ —радіусу кривой.

$$\begin{aligned} \text{Поэтому } W_2 &= \frac{0,01 \cdot 360 \cdot Z}{2 \cdot r \cdot \pi} \cdot W_1 \\ &= \frac{0,572958 \cdot Z}{r} \cdot W_1. \end{aligned}$$

Далѣе сопротивленіе на горизонтальномъ пути Гасвелль вычисляетъ по его-же формулѣ, приведенной нами въ отдѣлѣ о сопротивленіяхъ на горизонтальномъ пути подъ номеромъ 6:

$$W_1 = \left( 8 + \frac{v^2}{171} \right) Q$$

въ англійскихъ мѣрахъ,

или  $W = (3,5713 + 0,001008v^2) Q$

въ метрич. мѣрахъ, такъ что

$W$ —есть сопротивленіе въ килограммахъ,

$Q$ —вѣсъ поѣзда въ тоннахъ,

$v$ —скорость въ километрахъ, въ часъ, которая нами принята въ настоящемъ случаѣ такую же, какъ и на горизонтальномъ пути, въ 30 километровъ (эта формула также годна и для горизонтальнаго пути).

По подстановкѣ получимъ:

$$W_2 = \frac{0,572958 \cdot Z}{r} (3,5713 + 0,001008 \cdot 30^2) Q,$$

или, выражая  $W_2$  въ тоннахъ, получимъ:

$$\frac{W_2}{Q} = \frac{0,572958 \cdot Z}{1000 \cdot r} \cdot 4,4785$$

$$\frac{W_2}{Q} = \frac{0,002566}{r} \cdot Z$$

Привести здѣсь сравненіе вышеприведенныхъ теоретическихъ формулъ было бы излишне, такъ какъ онѣ непригодны для нашихъ изслѣдованій вслѣдствіе ограниченности ихъ примѣненія; но зато не безынтересно будетъ привести здѣсь сравненіе формулъ 4, 5 и 6 для всѣхъ случаевъ, изслѣдованныхъ Веберомъ.

Если при этомъ замѣнить кривыя эквивалентными уклонами, то окажется, какъ видно изъ слѣдующей таблички, что сопротивленія на кривыхъ сравниваются съ сопротивленіями на уклонахъ.

Радиусъ въ метрахъ.	П О Д Ъ Е М Ы		
	по даннымъ фонъ - Вебера.	по даннымъ англійскимъ.	по даннымъ нѣмецкимъ.
300	1 : 160	1 : 328	1 : 394
360	1 : 189	1 : 394	1 : 518
450	1 : 260	1 : 492	1 : 592
540	1 : 418	1 : 590	1 : 710
600	1 : 700	1 : 656	1 : 862
выше 750	1 : ∞	свыше 1 : 820	свыше 1 : 987

Данности Вебера въ сравненіи съ другими приведенными формулами даютъ слишкомъ большія сопротивленія движенію.

Для возможности сравненія формулъ 4, 5 и 6 съ формулой 7, вычислены и приведены въ слѣдующей таблицѣ для эквивалентныхъ подъемовъ величины  $\frac{W_1}{Q}$  по вышеприведенному 9 уравненію.

$$\frac{W_1}{Q} = \frac{a}{1000} \left[ 2,45 + \sqrt{4,9 (40 - m)} \right],$$

а также и  $\frac{W_2}{Q}$  по формулѣ Гасвеля

$$\frac{W_2}{Q} = \frac{0,002566}{r} \cdot Z,$$

при предположеніи, что длина поѣзда  $Z=150$  метрамъ.

Радиусъ кривой въ метрахъ.	Сопротивленіе поѣзда въ тоннахъ на каждую тонну нагрузки—брутто			
	по фонъ-Веберу.	по англійской формулѣ.	по нѣмецкой формулѣ.	по Гасвеллю.
300	0,04623	0,03164	0,02927	0,00128
360	0,04195	0,02927	0,02587	0,00107
450	0,03524	0,02655	0,02496	0,00086
540	0,02831	0,02496	0,02343	0,00071
600	0,02343	0,02391	0,02195	0,00064
свыше 750	0,01645	ниже 0,02244	ниже 0,02144	0,00051

Формула Гасвелля даетъ слишкомъ малыя величины, и если даже допустить въ ней несоразмѣрно большую длину поѣзда, какъ напр. въ 300 метровъ, то и тогда ея результаты все-таки будутъ около 10 разъ менѣе тѣхъ результатовъ, которые выведены изъ наблюдений въ Англии и Германіи. Эта формула основана на опытахъ, произведенныхъ съ американскими вагонами, имѣющими безъ исключенія подвижныя оси; поэтому она приблизительно вѣрна для этой только системы подвижного состава, между тѣмъ какъ для условій движенія, существующихъ на европейскихъ дорогахъ, эта формула совсѣмъ непримѣнима (вслѣдствіе крайне невѣрныхъ результатовъ, получаемыхъ при ея примѣненіи къ нашимъ дорогамъ), почему и было бы излишне принять ее здѣсь во вниманіе.

Такимъ образомъ всѣ формулы, не исключая также нѣмецкой и англійской, оказываются непригодными для нашей цѣли.

Но тѣмъ не менѣе въ новѣйшее время сдѣлано Бедекеромъ (Bödecker) весьма обширное научно-теоретическое изслѣдованіе относительно сопротивленій на кривыхъ и ихъ вліяній, которыя онъ привелъ въ согласіе съ практическими данностями. Этотъ замѣчательный трудъ помѣщенъ въ «Строительной хроникѣ» за 1873 г. (Zeitschrift für Bauwesen von Erbkam. 1873. Seite 345 — 388) и даетъ для настоящаго времени единственно-вѣрные результаты относительно сопротивленій на кривыхъ.

Въ своемъ изслѣдованіи Бедекеръ приходитъ къ тому заключенію, что если игру между ребордой колеса и головкой рельса принять среднимъ счетомъ отъ 10 м.м. до 25 м.м., а наклоненіе поверхности обода колеса (коничность) въ  $\frac{1}{20}$  и коэффициентъ тренія между колесами и рельсами въ  $\frac{1}{4}$ , т. е.

$$f = \frac{1}{4}.$$

то сопротивленіе движенію на какойнибудь кривой, имѣющей въ радіусѣ  $R$  метровъ, равно сопротивленію движенія на соответственномъ уклонѣ, какъ это показано въ нижеслѣдующей таблицѣ, гдѣ для каждаго радіуса имѣются соответственные уклоны для обоихъ чаще всего употребляемыхъ случаевъ взаимнаго удаленія осей.

Радиусы $R$ въ метрахъ.	П О Д Ъ Е М Ы	
	при разстояніи между осями	
	въ 3 метра.	въ 3,85 метра.
300	1 : 384	1 : 328
350	1 : 456	1 : 384
400	1 : 525	1 : 442
450	1 : 599	1 : 503
500	1 : 752	1 : 612
550	1 : 831	1 : 678
600	1 : 893	1 : 735
650	1 : 1116	1 : 883
700	1 : 1206	1 : 952
750	1 : 1295	1 : 1019
800	1 : 1386	1 : 1086
900	1 : 1568	1 : 1233
1000	1 : 2614	1 : 1376
1100	1 : 2644	1 : 1521
1200	1 : 2698	1 : 2210
1300	1 : 2704	1 : 2280
1400	1 : 2829	1 : 2354
1600	1 : 3560	1 : 2866
2000	1 : 3945	1 : 3206
2400	1 : 5186	1 : 3547

Величины, приведенныя въ послѣдней таблицѣ, надо считать нормальными, такъ какъ при ея составленіи имѣлись въ виду однѣ только среднія величины какъ тренія, такъ и коничности колесъ и зазора между ихъ ребордами и рельсами.

Теперь возникаетъ слѣдующій вопросъ: какимъ образомъ обобщить эту таблицу, которая основана на измѣняющейся величинѣ—разстоянія между колесными осями.

Съ перваго взгляда казалось - бы, что такъ какъ въ таблицѣ приняты два крайнія и наиболѣе употребительныя разстоянія между



осями, то для эквивалентныхъ уклоновъ надобно принять среднія изъ приведенныхъ въ таблицѣ величинъ; но на дѣлѣ окажется, что такимъ путемъ мы нисколько не приблизимся къ дѣйствительности, и уклоны, полученные такимъ образомъ, безъ сомнѣнія, окажутся слишкомъ малыми.

И въ самомъ дѣлѣ, принимая во вниманіе данности Гошлера (Traité pratique etc. III vol., p. 321), по которымъ

среднее разстояніе между осями пассаж.

вагоновъ (4-колесныхъ) равна . . . . . 3,85 метр.

среднее разстояніе между осями товар-

ныхъ вагоновъ. . . . . 3,03 »

то окажется, что изъ обоихъ столбцовъ таблицы Бедекера одинъ изъ нихъ,—расчитанный для разстоянія между осями въ 3,85 метр.—соотвѣтствуетъ пассажирскимъ вагонамъ, а другой—съ 3 метрами разстоянія между осями—соотвѣтствуетъ товарнымъ вагонамъ.

Далѣе по статистическимъ выводамъ на всѣхъ прусскихъ желѣзныхъ дорогахъ, помѣщеннымъ въ нижеслѣдующей таблицѣ, видно, что движеніе товарныхъ вагоновъ значительно болѣе пассажирскихъ и что числовое отношеніе между тѣми и другими почти постоянно.

Г О Д Ы.	Сдѣланныхъ осе-километровъ		Отношеніе пассажирскихъ вагоновъ къ товарнымъ.
	пассажирскихъ вагоновъ.	товарныхъ вагоновъ.	
1865	260938269	1404516657	1 : 5
1867	269381943	1655644350	1 : 6
1869	466733644	2304407446	1 : 5
1871	562776421	2726907371	1 : 5
1872	621037980	3154580633	1 : 5
1873	740103420	3777646465	1 : 5

Желая воспользоваться этимъ обстоятельствомъ для вычисленія сопротивленія на кривой, необходимо допустить, что по ней движутся нормальные поѣзды, въ которыхъ на каждый пассажирскій вагонъ приходится по 5 товарныхъ вагоновъ, и сообразно съ этимъ вычислить среднія сопротивленія кривой.

Такъ, напр., если кривая имѣетъ 300 метровъ въ радіусѣ, то она представляетъ:

- 1) для товарныхъ вагоновъ то самое сопротивленіе, что и на уклонѣ, въ  $\frac{1}{384}$ , или на 2,6‰, которое по таблицѣ А (стр. 38) въ 1,8315 болѣе, чѣмъ сопротивленіе на горизонтальномъ пути;
- 2) для пассажирскихъ вагоновъ это сопротивленіе одинаково съ сопротивленіемъ на уклонахъ въ  $\frac{1}{328}$ , или на 3,05‰, которое по таблицѣ А (стр. 38) въ 1,9767 разъ больше чѣмъ на горизонтальномъ пути.

Имѣя теперь въ виду, что товарныхъ вагоновъ бываетъ на кривой въ 5 разъ болѣе, чѣмъ пассажирскихъ, то и ея сопротивленіе относительно товарныхъ вагоновъ слѣдуетъ принять во вниманіе 5 разъ, тогда какъ для пассажирскихъ 1 только разъ, почему и среднее сопротивленіе на кривой будетъ въ

$$5 \times 1,8315 = 9,1575$$

$$1 \times 1,9767 = 1,9767$$

$$11,1342:6 = 1,8557 \text{ разъ болѣе}$$

чѣмъ на прямомъ горизонтальномъ пути.

Такимъ образомъ мы въ состояніи опредѣлить для всѣхъ случаевъ, приведенныхъ въ таблицѣ Бедекера, во сколько разъ сопротивленіе  $W_2$  на кривой болѣе сопротивленія  $W$  на горизонтальномъ и прямолинейномъ пути, или какъ велико отношеніе

$$\frac{W_2}{W}$$

Если теперь здѣсь, точно также какъ и выше, при уклонахъ, обозначить черезъ  $L$  дѣйствительную длину пути, лежащаго въ кривой радіуса  $R$ , а черезъ  $L_2$  соответственную ей виртуальную длину, то по смыслу виртуальныхъ протяженій

$$\frac{L}{L_2} = \frac{W}{W_2} \text{ или}$$

$$L_2 = L \cdot \frac{W_2}{W}$$

Вставивъ сюда  $\frac{W_2}{W} = b$ , получимъ

$$L_2 = b \cdot L$$

Этотъ виртуальный коэффициентъ  $b$ , показывающій, во сколько разъ виртуальная длина, влѣдствіе сопротивленія отъ кривизны пути, должна быть болѣе дѣйствительной длины дороги, уже можетъ быть вычисленъ для кривыхъ всѣхъ тѣхъ радіусовъ, которые выбраны Бедкеромъ.

Найденныя такимъ образомъ величины помѣщаемъ въ ниже-  
слѣдующей таблицѣ.

$R =$	Подъемы въ ‰ ДОЛЯХЪ для разстояній между ОСЯМИ ВЪ		$5a'$	$a''$	$6b$	$b$
	3 МЕТРА.	3,85 МЕТРА.				
300	2,60	3,05	9,1575	1,9767	11,1342	1,8557
350	2,19	2,60	8,4980	1,8315	10,3295	1,7216
400	1,90	2,26	8,0320	1,7221	9,7541	1,6257
450	1,67	1,99	7,6635	1,6353	9,2988	1,5498
500	1,33	1,63	7,1190	1,5198	8,6388	1,4398
550	1,20	1,47	6,9110	1,4686	8,3796	1,3967
600	1,12	1,36	6,7830	1,4333	8,2163	1,3694
650	0,89	1,13	6,4160	1,3598	7,7758	1,2959
700	0,83	1,05	6,3205	1,3242	7,6447	1,2741
750	0,77	0,98	6,2095	1,3119	7,5324	1,2554
800	0,72	0,92	6,1450	1,2928	7,4378	1,2396
900	0,64	0,81	6,0175	1,2577	7,2752	1,2125
1000	0,38	0,72	5,6035	1,2290	6,8325	1,1387
1100	0,37	0,65	5,5880	1,2067	6,7947	1,1324
1200	0,37	0,45	5,5880	1,1430	6,7310	1,1218
1300	0,36	0,45	5,5720	1,1430	6,7150	1,1192
1400	0,35	0,42	5,5560	1,1335	6,6895	1,1149
1600	0,28	0,35	5,4440	1,1112	6,5552	1,0925
2000	0,26	0,31	5,4130	1,0985	6,5115	1,0852
2400	0,19	0,28	5,3015	1,0889	6,3904	1,0651

Простая арифметическая интерполяція между этими числами не можетъ имѣть мѣста, такъ какъ величины сопротивленій на кривой не уменьшаются въ простой пропорціи съ возрастаніемъ радиусовъ кривыхъ.

И, наоборотъ, съ уменьшеніемъ радиусовъ кривыхъ ниже 300 метровъ, какъ часто это бываетъ на горныхъ дорогахъ, сопротив-

ленія на нихъ также не увеличиваются въ прямомъ отношеніи къ этому уменьшенію радіусовъ.

Поэтому въ подобныхъ случаяхъ лучше воспользоваться нѣмецкой формулой, основанной на таблицѣ Бедекера.

Общая нѣмецкая формула слѣдующая:

$$W = \frac{1}{\alpha R}$$

Если для величины для  $\alpha$  принять значенія, согласныя съ данными изъ таблицы Бедекера, то окажется что эти значенія постоянно мѣняются. Въ слѣдующей таблицѣ даны эквивалентные подъемы для разныхъ радіусовъ при обоихъ главныхъ разстояніяхъ между осями вагоновъ; въ ней также видно постоянно измѣняющееся значеніе для  $\alpha$ .

Радіусы въ метрахъ.	Эквивалентные подъемы при разстояніи между осями въ		Радіусы въ метрахъ.	Эквивалентные подъемы при разстояніи между осями въ	
	3 МЕТРА.	3,85 МЕТРА.		3 МЕТРА.	3,85 МЕТРА.
300	$\frac{1}{1,280R}$	$\frac{1}{1,093R}$	900	$\frac{1}{1,743R}$	$\frac{1}{1,370R}$
350	$\frac{1}{1,303R}$	$\frac{1}{1,097R}$	1000	$\frac{1}{2,614R}$	$\frac{1}{1,376R}$
400	$\frac{1}{1,312R}$	$\frac{1}{1,105R}$	1100	$\frac{1}{2,403R}$	$\frac{1}{1,383R}$
450	$\frac{1}{1,331R}$	$\frac{1}{1,118R}$	1200	$\frac{1}{2,248R}$	$\frac{1}{1,842R}$
500	$\frac{1}{1,504R}$	$\frac{1}{1,224R}$	1300	$\frac{1}{2,080R}$	$\frac{1}{1,754R}$
550	$\frac{1}{1,511R}$	$\frac{1}{1,233R}$	1400	$\frac{1}{2,020R}$	$\frac{1}{1,681R}$
700	$\frac{1}{1,723R}$	$\frac{1}{1,456R}$	1600	$\frac{1}{2,225R}$	$\frac{1}{1,791R}$
750	$\frac{1}{1,726R}$	$\frac{1}{1,359R}$	2000	$\frac{1}{1,972R}$	$\frac{1}{1,603R}$
800	$\frac{1}{1,732R}$	$\frac{1}{1,350R}$	2400	$\frac{1}{2,161R}$	$\frac{1}{1,477R}$

Желая теперь найти эквивалентные подъемы съ ихъ сопротивленіями для промежуточныхъ радіусовъ, интерполируютъ соотвѣтственные коэффициенты, и такимъ образомъ является возможность вычислить для нихъ коэффициентъ  $b$  такъ же какъ и для случаевъ, приведенныхъ Бедкеромъ.

Для радіусовъ ниже 300 метровъ, коэффициентъ  $\alpha$  изъ формулы  $\frac{1}{\alpha R}$  уменьшаемъ въ той же степени, въ какой онъ убываетъ въ результатахъ Бедекера и принимаемъ

для радіуса въ 250 метр.  $\alpha=1,255$

»       »       » 200   »    $\alpha=1,230$

причемъ, точно также какъ и выше, вычисляемъ коэффициенты  $b$  для промежуточныхъ радіусовъ посредствомъ интерполяціи.

Эти величины для  $\alpha$  приняты въ томъ только предположеніи, что разстояніе между осями вагоновъ наименьшее, ибо нельзя допустить, чтобы по такимъ кривымъ двигались вагоны съ бѣльшимъ разстояніемъ между осями.

Такимъ образомъ составлена слѣдующая таблица  $B$ , содержащая въ себѣ величины коэффициентовъ  $b$  для радіусовъ отъ 10 до 10 метровъ. И въ случаѣ, если окажется надобность въ промежуточныхъ величинахъ, то и ихъ также не трудно будетъ найти посредствомъ простой пропорціи, такъ какъ разницы между имѣющимися въ таблицѣ величинами незначительны.

Табл. В.

Виртуальныхъ коэффициентовъ  $b$  для кривыхъ.

Радиусы въ метрахъ.	$b$	Радиусы въ метрахъ.	$b$	Радиусы въ метрахъ.	$b$
120	3,4409	530	1,4131	940	1,1830
130	3,0734	540	1,4035	950	1,1756
140	2,9219	550	1,3967	960	1,1682
150	2,7807	560	1,3913	970	1,1608
160	2,6595	570	1,3858	980	1,1534
170	2,5614	580	1,3803	990	1,1461
180	2,4602	590	1,3848	1000	1,1387
190	2,3852	600	1,3694	1050	1,1356
200	2,3073	610	1,3547	1100	1,1324
210	2,2390	620	1,3400	1150	1,1271
220	2,1774	630	1,3253	1200	1,1218
230	2,1190	640	1,3106	1250	1,1205
240	2,0684	650	1,2959	1300	1,1192
250	2,0219	660	1,2916	1350	1,1171
260	1,9799	670	1,2872	1400	1,1149
270	1,9411	680	1,2828	1450	1,1093
280	1,9024	690	1,2785	1500	1,1037
290	1,8669	700	1,2741	1550	1,0981
300	1,8557	710	1,2703	1600	1,0925
310	1,8266	720	1,2665	1650	1,0915
320	1,8003	730	1,2628	1700	1,0906
330	1,7741	740	1,2591	1750	1,0897
340	1,7477	750	1,2554	1800	1,0888
350	1,7216	760	1,2522	1850	1,0879
360	1,7016	770	1,2490	1900	1,0870
370	1,6819	780	1,2458	1950	1,0861
380	1,6652	790	1,2427	2000	1,0852
390	1,6455	800	1,2396	2100	1,0802
400	1,6257	810	1,2368	2200	1,0751
410	1,6118	820	1,2341	2300	1,0701
420	1,5957	830	1,2314	2400	1,0651
430	1,5797	840	1,2287	2500	1,0630
440	1,5658	850	1,2260	2600	1,0610
450	1,5498	860	1,2233	2700	1,0590
460	1,5273	870	1,2206	2800	1,0570
470	1,5049	880	1,2179	2900	1,0550
480	1,4822	890	1,2152	3000	1,0529
490	1,4600	900	1,2125	3500	1,0440
500	1,4398	910	1,2052	4000	1,0350
510	1,4302	920	1,1978	4500	1,0299
520	1,4227	930	1,1904	5000	1,0248

## 4) Главная формула виртуальной длины.

Выше мы нашли, что виртуальная длина дороги относительно уклоновъ есть  $L_1 = a \cdot L$ ,  
относительно кривыхъ есть  $L_2 = b \cdot L$ .

Поэтому удлинение дороги

отъ уклоновъ будетъ  $L_1 - L = a \cdot L - L$ ,

отъ кривыхъ будетъ  $L_2 - L = b \cdot L - L$ .

дѣйствительная же длина дороги есть  $L = L$

Такъ какъ виртуальная длина дороги состоитъ изъ этихъ трехъ величинъ, то она будетъ равняться

$$V_1 = L + a \cdot L - L + b \cdot L - L$$

или, по сокращеніи,

$$V_1 = L (a + b - 1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Изъ таблицы А видно, что виртуальный коэффициентъ  $a$  имѣетъ отрицательныя величины для всѣхъ спусковъ, начиная съ  $3,2\%$ . Если при этомъ данная дорога не имѣетъ кривыхъ, иначе говорд, если  $b=1$ , то начиная отъ спуска въ  $3,2\%$ , величина  $a+b-1$  и выѣтъ съ нею и виртуальная длина дороги будутъ отрицательны. Эта-то отрицательная длина и поглощается дѣйствіемъ тормазовъ.

Если кривая съ радиусомъ, примѣрно, въ 300 метровъ находится на уклонѣ, то въ такомъ случаѣ  $b=1,8557$ , и величина  $a+b-1$  будетъ отрицательною только тогда, когда отрицательная величина для  $a$  будетъ больше величины  $-0,8557$ , что случится при спускѣ свыше  $5,7\%$  уклона.

Но такъ какъ эти отрицательныя величины поглощаются дѣйствіемъ тормазовъ, то при опредѣленіи виртуальныхъ протяженій ихъ нѣтъ надобности вычислять; но зато при примѣненіи виртуальныхъ протяженій мы ихъ вычислимъ, именно потому, что тогда мы получимъ подходящія цифры, выражающія величину истиранія посредствомъ тормажения.

Случается иногда, что на нѣкоторыхъ дорогахъ, какъ, наприм., вблизи рудниковъ, нагруженные поѣзды движутся по одному только направленію, и въ такомъ случаѣ виртуальную длину слѣдуетъ опредѣлять относительно этого только направленія. Но большею частью нагруженные поѣзды движутся по обѣимъ направленіямъ дороги; и поэтому ея виртуальная длина должна быть опредѣлена относительно к а ж д а г о изъ обѣихъ направленій, и тогда средняя изъ двухъ величинъ дастъ окончательную виртуальную длину дороги.

Желая показать на примѣрѣ общій ходъ вычисленій и найденными при этомъ результатами воспользоваться при примѣненіи виртуальныхъ протяженій, вычислены въ слѣдующемъ параграфѣ виртуальныя протяженія нѣкоторыхъ дорогъ по существующимъ официальнымъ даннымъ относительно ихъ направленій и уклоновъ.

5) Вычисленіе виртуальныхъ протяженій нѣкоторыхъ дорогъ.

1. Аарау-Ольтень.

Станци.	Протяженія въ метрахъ.	Подъ-емы въ ‰	Спуски въ ‰	Радиусы кривой въ метр.	Т У Д А.				ОБРАТНО.				Средняя виртуальная длина и виртуальная зависимость.
					Коеф. фиціен. a	Коеф. фиціен. b	(a+b-1)	Виртуальная длина въ метр.	Коеф. фиціен. a	Коеф. фиціен. b	(a+b-1)	Виртуальная протяженія въ метрахъ.	
Аарау . . . . .	241,7	0	—	∞	1	1	1	242	1	1	1	242	
	1290	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	отрицат.	4,272	1	4,272	5510	
	242,7	0,9	—	∞	1,286	1	1,286	312	0,713	1	0,713	173	
	535,8	0,9	—	3000	1,286	1,053	1,339	717	0,713	1,053	0,766	410	
	1040,7	0,9	—	∞	1,286	1	1,286	1338	0,713	1	0,713	742	
	609	6	—	∞	2,938	1	2,938	1790	-0,938	1	-0,938	отрицат.	
	437,1	6	—	600	2,938	1,360	3,307	1445	-0,938	1,369	-0,569	"	
	5,7	6	—	∞	2,938	1	2,938	17	-0,938	1	-0,938	"	
159,3	0	—	∞	1	1	1	159	1	1	1	159		
<b>Schönenwerth .</b>	<b>4562</b>						<b>6020</b>				<b>7236</b>		<i>v. d.</i> = 6,626 <i>v. z.</i> = 1,452
	606,9	0	0	∞	1	1	1	607	1	1	1	607	
	500,1	0	—	900	1	1,212	1,212	606	1	1,212	1,212	606	
	230,4	5,05	—	900	2,626	1,212	2,838	654	-0,626	1,212	-0,414	отрицат.	
	334,5	5,05	—	∞	2,626	1	2,626	878	-0,626	1	-0,626	"	
	769,1	0	0	∞	1	1	1	769	1	1	1	769	<i>v. d.</i> = 2,748 <i>v. z.</i> = 1,125
<b>Dänikon . . . .</b>	<b>2441</b>						<b>3514</b>				<b>1982</b>		
	520,6	0	—	∞	1	1	1	521	1	1	1	521	
	839,7	8	—	∞	3,600	1	3,600	3023	-1,600	1	-1,600	отрицат.	
	45,9	8	—	540	3,600	1,403	4,003	184	-1,600	1,403	-1,197	"	
	563,1	3,2	—	540	2,025	1,403	2,428	1367	-0,025	1,403	-0,378	"	
	60,9	6,5	—	540	3,103	1,403	3,506	213	-1,103	1,403	-0,800	отрицат.	
	289,2	6,5	—	∞	3,103	1	3,103	897	-1,103	1	-1,103	"	
	134,7	6,5	—	720	3,103	1,266	3,369	453	-1,103	1,266	-0,837	"	
	253,8	1,7	—	720	1,542	1,266	1,808	459	0,457	1,266	0,723	183	
	477,3	1,7	—	∞	1,542	1	1,542	736	0,457	1	0,457	218	
	465	6,25	—	∞	3,021	1	3,021	1404	-1,021	1	-1,021	отрицат.	
	33	6,25	—	1380	3,021	1,116	3,137	103	-1,021	1,116	-0,905	"	
	219	0	—	1380	1	1,116	1,116	244	1	1,116	1,116	244	
	601,8	—	1,2	1380	0,617	1,116	0,733	441	1,382	1,116	1,498	901	
	59,4	—	1,2	∞	0,617	1	0,617	37	1,382	1	1,382	82	
	488,1	—	1,2	510	0,617	1,430	1,047	511	1,382	1,430	1,812	884	
	242,7	0	—	510	1	1,430	1,430	347	1	1,430	1,430	347	
	434,7	0	—	∞	1	1	1	435	1	1	1	435	
	416,4	0	—	510	1	1,430	1,430	595	1	1,430	1,430	595	
	254,7	0	—	∞	1	1	1	255	1	1	1	255	
<b>Oltien . . . . .</b>	<b>6400</b>						<b>12225</b>				<b>4878</b>		<i>v. d.</i> = 8,552 <i>v. z.</i> = 1,336
	13,403						21,759				14,096		

Средняя виртуальная длина . . . . . 17,928  
 Дѣйствительная длина . . . . . 13,403  
 Виртуальная зависимость . . . . . 1,323  
 Максимальный коэффициентъ . . . . . 4,272



2. Веттинген-Баден-Ленцбург-Цоффингенъ (Национальная дорога).

Станциі.	Протяженіи		Спускъ въ ‰	Радиусъ кривой въ метр.	ТУДА			ОБРАТНО.				Средняя виртуальная длина и виртуальная зависимость.		
	въ метрахъ.	‰			Кoeffициенты а	Кoeffициенты б	(а+б) / 2	Виртуальная длина въ метр.	Кoeffициенты а	Кoeffициенты б	(а+б) / 2		Виртуальная длина въ метр.	
Wettingen .	489	0	—	∞	1	1	1	489	1	1	1	489		
	11	0	—	300	1	1,856	1,856	20	1	1,856	1,856	20		
	187	14,5	—	300	5,819	1,856	6,675	1248	-3,819	1,856	-2,963	отрицат.		
	86,5	14,5	—	∞	5,819	1	5,819	503	-3,819	1	-4,819	"		
	66,52	11,5	—	400	5,819	1,626	6,445	428	-3,819	1,626	-3,193	"		
	52,50	14,5	—	∞	5,819	1	5,819	305	-3,819	1	-3,819	"		
	90,98	14,5	—	350	5,819	1,722	6,541	595	-3,819	1,722	-3,097	"		
Baden . . . .	189,02	2	—	350	1,638	1,722	2,360	446	0,361	1,722	1,083	205		
	129,98	2	—	∞	1,638	1	1,638	213	0,361	1	0,361	47		
	8,5	2	—	285	1,638	1,884	2,522	21	0,361	1,884	1,245	10		
	372,42	14	—	285	5,644	1,884	6,528	2431	-3,644	1,884	-2,760	отрицат.		
	35,2	14	—	∞	5,644	1	5,644	198	-3,644	1	-3,644	"		
	227,11	14	—	300	5,644	1,856	6,500	1476	-3,644	1,856	-2,788	"		
	124,03	14	—	∞	5,644	1	5,644	700	-3,644	1	-3,644	"		
	354,74	14	—	400	5,644	1,626	6,270	2224	-3,644	1,626	-2,018	"		
	40,27	11	—	400	4,611	1,626	5,237	211	-2,611	1,626	-1,955	"		
	467,55	11	—	∞	4,611	1	4,611	2156	-2,611	1	-2,611	"		
	333,36	11	—	800	4,611	1,240	4,851	1617	-2,611	1,240	-2,371	"		
	113,68	11	—	∞	4,611	1	4,611	524	-2,611	1	-2,611	"		
	484,05	11	—	1000	4,611	1,139	4,750	2299	-2,611	1,139	-2,472	"		
	390,44	11	—	∞	4,611	1	4,611	1800	-2,611	1	-2,611	"		
Dättwyl . . .	299,93	0	—	∞	1	1	1	300	1	1	1	300		
	1,68	0	—	300	1	1,856	1,856	3	1	1,856	1,856	3		
	385,14	—	13	300	-3,297	1,856	-2,441	отрицат.	-5,297	1,856	6,153	2370		
	121,49	—	13	∞	-3,297	1	-3,297	"	-5,297	1	5,297	643		
	224,14	—	13	1000	-3,297	1,139	-3,158	"	-5,297	1,139	5,436	1218		
	1406,06	—	13	∞	-3,297	1	-3,297	"	-5,297	1	5,297	7448		
	89,73	—	13	1000	-3,297	1,139	-3,158	"	-5,297	1,139	5,436	488		
	130,63	—	13	∞	-3,297	1	-3,297	"	-5,297	1	5,297	692		
Mellingen . . .	310	—	2	∞	0,361	1	0,361	112	1,638	1	1,638	508		
	35,98	—	12	∞	-2,953	1	-2,953	отрицат.	4,953	1	4,953	178		
	467,10	—	12	400	-2,953	1,626	-2,953	"	4,953	1,626	5,579	2606		
	302,09	—	12	∞	-2,953	1	-2,953	"	4,953	1	4,953	1496		
	431,35	0	—	∞	1	1	1	481	1	1	1	481		
	44,99	12	—	∞	4,953	1	4,953	183	-2,953	1	-2,953	отрицат.		
	263,83	12	—	400	4,953	1,626	5,579	1472	-2,953	1,626	-2,327	"		
	240,01	12	—	∞	4,953	1	4,953	1189	-2,953	1	-2,953	"		
	301,47	12	—	300	4,953	1,856	5,809	1751	-2,953	1,856	-2,097	"		
	91,81	12	—	∞	4,953	1	4,953	455	-2,953	1	-2,953	"		
	194,98	12	—	300	4,953	1,856	5,809	1133	-2,953	1,856	-2,097	"		
	82,86	12	—	∞	4,953	1	4,953	410	-2,953	1	-2,953	"		
	122,56	12	—	500	4,953	1,440	5,393	661	-2,953	1,440	-2,513	"		
	590,85	12	—	∞	4,953	1	4,953	2926	-2,953	1	-2,953	"		
	153,63	12	—	600	4,953	1,369	5,322	817	-2,953	1,369	-2,584	"		
	Mägenwyl	32,25	0	—	600	1	1,369	1,369	44	1	1,369	1,369	44	
		467,95	0	—	∞	1	1	1	468	1	1	1	468	
619		5	—	∞	2,610	1	2,610	1616	-0,610	1	-0,610	отрицат.		
300,84		0	—	∞	1	1	1	301	1	1	1	301		
343,25		0	—	1000	1	1,139	1,139	391	1	1,139	1,139	391		
Othmarsingen.	611,59	0	—	∞	1	1	1	611	1	1	1	611		
	268,79	0	—	600	1	1,369	1,369	368	1	1,369	1,369	368		
	237,88	0	—	∞	1	1	1	238	1	1	1	238		
	13,25	0	—	600	1	1,369	1,369	18	1	1,369	1,369	18		
	47,48	10,5	—	600	4,441	1,369	4,810	228	-2,441	1,369	-2,072	отрицат.		
	332,85	10,5	—	∞	4,441	1	4,441	478	-2,441	1	-2,441	"		
	176,79	10,5	—	300	4,441	1,856	5,297	936	-2,441	1,856	-1,585	"		
	152,87	10,5	—	∞	4,441	1	4,441	689	-2,441	1	-2,441	"		
	153,62	0	—	∞	1	1	1	154	1	1	1	154		
	206,72	0	—	300	1	1,856	1,856	384	1	1,856	1,856	384		
	66,92	0	—	∞	1	1	1	67	1	1	1	67		
	1571,12	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	отрицат.	4,272	1	4,272	6712		
449,39	—	10	696,4	-2,272	1,276	-1,996	"	4,272	1,276	4,548	2044			
10,96	—	0	696,4	1	1,276	1,276	" 14	1	1,276	1,276	14			
Lenzburg . . .	434,73	—	0	∞	1	1	1	435	1	1	1	435		
	11,10	—	4,5	∞	-0,447	1	-0,447	отрицат.	2,447	1	2,447	27		
	307,32	—	4,5	500	-0,447	1,440	-0,007	"	2,447	1,440	2,887	887		
	1035,60	—	4,5	∞	-0,447	1	-0,447	"	2,447	1	2,447	2534		
	1169,50	—	0	∞	1	1	1	1169	1	1	1	1169		
19617,93							41406				36063			

Станция.	Протяжения въ метрах.	Подъ- емы въ ‰	Спуски въ ‰	Ради- усы при- ной въ метр.	Т У Д А.			Виртуаль- ная длина въ метр.	ОБРАТНО.			Средняя виртуаль- ная длина и вир- туальная зависи- мость.
					Кoeffи- циенты. а	Кoeffи- циенты. б	(а+ б-1)		Кoeffи- циенты. а	Кoeffи- циенты. б	(а+ б-1)	
Hunzenschwyl.	19617,93	—	2	∞	0,361	1	0,361	41406	1,638	1	1,638	36068
	322,59	—	2	1000	0,361	1,139	0,500	116	1,638	1,139	1,777	528
	127,41	—	2	∞	1	1	1	64	1,638	1,139	1,777	226
	300	0	—	∞	1	1	1	300	1	1	1	300
	957,14	3,5	—	∞	2,122	1	2,122	2031	-0,122	1	-0,122	отрицат.
	591,25	0	—	∞	1	1	1	591	1	1	1	591
	298,71	0	—	1000	1	1,139	1,139	340	1	1,139	1,139	340
	273,42	0	—	∞	1	1	1	273	1	1	1	273
	205,47	0	—	300	1	1,856	1,856	381	1	1,856	1,856	381
	68,61	—	10	300	-2,272	1,856	-1,416	отрицат.	4,272	1,856	5,128	352
	276,12	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4,272	1179
	253,94	—	10	1000	-2,272	1,139	-2,133	"	4,272	1,139	4,411	1120
	188,32	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4,272	804
	252,70	0	—	∞	1	1	1	253	1	1	1	253
	95,78	0	—	450	1	1,550	1,550	148	1	1,550	1,550	148
120,22	8	—	450	3,601	1,550	4,151	499	-1,601	1,550	-1,051	отрицат.	
82,40	8	—	∞	3,601	1	3,601	296	-1,601	1	-1,601	"	
124,88	8	—	320	3,601	1,800	4,401	549	-1,601	1,800	-0,801	"	
51,12	0	—	320	1	1,800	1,800	92	1	1,800	1,800	92	
Suhr	487,60	0	—	∞	1	1	1	488	1	1	1	488
	80	0	—	400	1	1,626	1,626	130	1	1,626	1,626	130
	47,78	0	—	∞	1	1	1	48	1	1	1	48
	430	10	—	∞	4,272	1	4,272	1837	-2,272	1	-2,272	отрицат.
	266,13	9	—	∞	3,935	1	3,935	1047	-1,935	1	-1,935	"
	116,04	9	—	800	3,935	1,240	4,175	484	-1,935	1,240	-1,695	"
	217,83	9	—	∞	3,935	1	3,935	857	-1,935	1	-1,935	"
	400	5,5	—	∞	2,774	1	2,774	1109	-0,774	1	-0,774	"
	53,36	6	—	∞	2,938	1	2,938	158	-0,938	1	-0,938	"
	35,76	6	—	2000	2,938	1,085	3,023	108	-0,938	1,085	-0,853	"
	310,98	6	—	∞	2,938	1	2,938	914	-0,938	1	-0,938	"
	200	1	—	∞	1,318	1	1,318	263	-0,682	1	0,682	136
	270,70	7	—	∞	3,268	1	3,268	884	-1,268	1	-1,268	отрицат.
	212,89	7	—	700	3,268	1,274	3,542	754	-1,268	1,274	-0,994	"
	16,41	7	—	∞	3,268	1	3,268	54	-1,268	1	-1,268	"
Entfelden	400	0	—	∞	1	1	1	400	1	1	1	400
	519,65	5	—	∞	2,610	1	2,610	1356	-0,610	1	-0,610	отрицат.
	80,35	5	—	1000	2,610	1,139	2,749	221	-0,610	1,139	-0,471	"
	11,57	6	—	1000	2,938	1,139	3,077	35	-0,938	1,139	-0,799	"
	288,43	6	—	∞	2,938	1	2,938	847	-0,938	1	-0,938	"
	500	6,5	—	∞	3,103	1	3,103	1551	-1,103	1	-1,103	"
	500	4	—	∞	2,284	1	2,284	1142	-0,284	1	-0,284	"
	115,65	7	—	∞	3,268	1	3,268	378	-1,268	1	-1,268	"
	314,73	7	—	500	3,268	1,440	3,708	1167	-1,268	1,440	-0,828	"
	19,72	7	—	∞	3,268	1	3,268	64	-1,268	1	-1,268	"
Kölliken	449,89	0	—	∞	1	1	1	450	1	1	1	450
	239,11	12	—	∞	4,953	1	4,953	991	-2,953	1	-2,953	отрицат.
	81,57	12	—	1000	4,953	1,139	5,092	415	-2,953	1,139	-2,814	"
	188,01	12	—	∞	4,953	1	4,953	931	-2,953	1	-2,953	"
	169,25	12	—	700	4,953	1,274	5,227	884	-2,953	1,274	-2,679	"
	231,27	12	—	∞	4,953	1	4,953	1145	-2,953	1	-2,953	"
	90,78	12	—	600	4,953	1,369	5,322	483	-2,953	1,369	-2,584	"
	122,84	10	—	600	4,272	1,369	4,641	570	-2,272	1,369	-1,903	"
	235,49	10	—	400	4,272	1,626	4,898	1153	-2,272	1,626	-1,646	"
	432,84	10	—	∞	4,272	1	4,272	433	-2,272	1	-2,272	"
	490,69	11,7	—	∞	4,850	1	4,850	2380	-2,850	1	-2,850	"
	158,25	11,7	—	1000	4,850	1,139	4,989	789	-2,850	1,139	-2,711	"
	332,2	11,7	—	∞	4,850	1	4,850	1611	-2,850	1	-2,850	"
	132,33	11,7	—	2000	4,850	1,085	4,935	653	-2,850	1,085	-2,765	"
	115,32	11,7	—	∞	4,850	1	4,850	559	-2,850	1	-2,850	"
205,8	11,7	—	600	4,850	1,369	5,219	1074	-2,850	1,369	-2,481	"	
129,4	11,7	—	∞	4,850	1	4,850	627	-2,850	1	-2,850	"	
212,2	11,7	—	800	4,850	1,240	5,090	1080	-2,850	1,240	-2,610	"	

Станци.	Протяженіа въ метрахъ.	Подъ- емы въ ‰	Спуски въ ‰	Ради- усы кри- вой въ метр.	Т У Д А.				ОБРАТНО.				Средняя виртуаль- ная длина и вир- туальная зависи- мость.
					Ковффи- циенты. a	Ковффи- циен. b	(a+b-1)	Виртуаль- ная длина въ метр.	Ковффи- циенты. a	Ковффи- циен. b	(a+b-1)	Виртуаль- ная длина въ метр.	
Safenwyl . .	169,5	11,7	—	∞	4,850	1	4,850	822	-2,850	1	-2,850	"	
	36,2	11,7	—	1000	4,850	1,139	4,989	181	-2,850	1,139	-2,711	"	
	10,9	0	—	1000	1	1,139	1,139	12	1	1,139	1,139	12	
	438,1	0	—	∞	1	1	1	438	1	1	1	438	
	5,17	0	—	500	1	1,440	1,440	7	1	1,440	1,440	7	
	202,5	11	—	500	4,611	1,440	5,051	1023	-2,611	1,440	-2,171	отрицат.	
	47,9	11	—	∞	4,611	1	4,611	221	-2,611	1	-2,611	"	
	222,3	11	—	500	4,611	1,440	5,051	1123	-2,611	1,440	-2,171	"	
	105,30	0	—	500	1	1,440	1,440	151	1	1,440	1,440	151	
	27,50	0	—	∞	1	1	1	27	1	1	1	27	
	410,70	—	12	∞	-2,953	1	-2,953	83868	4,953	1	4,953	2034	
	228,50	—	12	600	-2,953	1,369	-2,584	отрицат.	4,953	1,369	5,322	1216	
	376,60	—	12	∞	-2,953	1	-2,953	"	4,953	1	4,953	1865	
	207,20	—	12	500	-2,953	1,440	-2,513	"	4,953	1,440	5,393	1117	
	100,80	—	12	∞	-2,953	1	-2,953	"	4,953	1	4,953	499	
	242,30	—	12	800	-2,953	1,240	-2,713	"	4,953	1,240	5,193	1258	
	668,40	—	12	∞	-2,953	1	-2,953	"	4,953	1	4,953	3310	
	225,50	—	12	700	-2,953	1,274	-2,679	"	4,953	1,274	5,227	1179	
24,59	—	6,5	700	-1,103	1,274	-0,829	"	3,103	1,274	3,377	83		
105,10	—	6,5	∞	-1,103	1	-1,103	"	3,103	1	3,103	326		
270,30	—	6,5	300	-1,103	1,856	-0,247	"	3,103	1,856	3,959	1070		
Zofingen . . Средняя пас. зданія . . .	418,39	—	10	300	-2,272	1,856	-1,416	"	4,272	1,856	5,128	2145	
	169,30	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4,272	723	
	66,50	—	10	500	-2,272	1,440	-1,832	"	4,272	1,440	4,712	313	
	210,50	—	10	300	-2,272	1,856	-1,416	"	4,272	1,856	5,128	1079	
	101,90	—	10	500	-2,272	1,440	-1,832	"	4,272	1,440	4,712	480	
	33,40	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4,272	143	
	224,00	—	5	∞	-0,610	1	-0,610	"	2,610	1	2,610	585	
	791,99	—	0	∞	1	1	1	792	1	1	1	792	
	84,00	—	0	600	1	1,369	1,369	115	1	1,369	1,369	115	
	126,56	—	6	600	-0,938	1,369	-0,569	отрицат.	2,938	1,369	3,307	418	
	150,39	—	6	400	-0,938	1,626	-0,312	"	2,938	1,626	3,564	536	
	51,38	—	6	∞	-0,938	1	-0,938	"	2,938	1	2,938	151	
	222,06	—	0	∞	1	1	1	222	1	1	1	222	
	70	—	0	600	1	1,369	1,369	96	1	1,369	1,369	96	
227,93	—	0	∞	1	1	1	228	1	1	1	228		
Итого . . .	41,195							85,321				66,925	
					Средняя виртуальная длина . . 76,123				Виртуальная зависимость . . . 1,845				
					Дѣйствительная длина . . . 41,195				Максимальный коэффициентъ . 6,675				

### 3. Веттинген-Баден-Бругг-Ольтен-Аарбург-Цофингенъ.

Северо-восточная дорога                      и                      Центральная дорога.

Станци.	Протяженіе въ метрахъ.	Подъёмы въ ‰	Спуски въ ‰	Радиусы кривой въ метр.	ТУДА.				ОБРАТНО.				Средняя виртуальная длина и виртуальная зависимость.		
					Коэф. фицien. a	Коэф. фицien. b	(a+b-1)	Виртуальная длина въ метр.	Коэф. фицien. a	Коэф. фицien. b	(a+b-1)	Виртуальная протяженіе въ метрахъ.			
<b>Wettingen . .</b>	487	0	—	∞	1	1	1	487	1	1	1	487	в. д.=2,263 в. з.=1,264		
	13	0	—	350	1	1,722	1,722	22	1	1,722	1,722	22			
	331	—	6	350	-0,819	1,722	-0,216	отрицат.	2,938	1,722	3,660	1211			
	34,7	—	6	∞	-0,819	1	-0,938	"	2,938	1	2,938	102			
	107,9	—	6	500	-0,819	2,440	-0,498	"	2,938	1,440	3,378	364			
	66,4	—	6	∞	-0,819	1	-0,938	"	2,938	1	2,938	195			
	328	0	—	∞	1,819	1	1	328	1	1	1	328			
	73,5	0	—	270	1,638	1,941	1,941	142	1	1,941	1,941	142			
	4,71	0	—	∞	1,638	1	1	5	1	1	1	5			
	180	0,4	—	∞	1,638	1	1,127	203	0,873	1	0,873	157			
	162,92	0	—	∞	1,644	1	1	163	1	1	1	163			
<b>Baden . . . .</b>	<b>1789,13</b>							<b>1350</b>				<b>3176</b>			
	221,77	0	0	∞	1	1	1	222	1	1	1	222			
	22,71	0	—	240	1	2,068	2,068	47	1	2,068	2,068	47			
	160,29	—	—	240	-0,938	2,068	0,130	21	2,938	2,068	4,006	642			
	205,71	—	6	360	-0,938	1,702	-0,236	отрицат.	2,938	1,702	3,640	749			
	40,95	—	6	360	-2,272	1,702	-1,570	"	4,272	1,702	4,974	204			
	199,29	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4,272	851			
	160,2	—	10	450	-2,272	1,550	-1,722	"	4,272	1,550	4,822	772			
	80,04	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4,272	342			
	205,92	—	10	450	-2,272	1,550	-1,722	"	4,272	1,550	4,822	993			
	104,91	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4,272	448			
	139,17	—	10	1500	-2,272	1,104	-2,168	"	4,272	1,104	4,376	609			
	593,58	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4,272	2536			
	275,34	—	10	600	-2,272	1,369	-1,903	"	4,272	1,369	4,641	1278			
	371,82	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4,272	1588			
	226,32	—	10	450	-2,272	1,550	-1,722	"	4,272	1,550	4,822	1091			
	153,24	—	10	1500	-2,272	1,104	-2,168	"	4,272	1,104	4,376	671			
	379,95	—	10	450	-2,242	1,550	-1,722	"	4,272	1,550	4,822	1832			
	104,25	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1,104	272	445			
	266,1	—	10	450	-2,272	1,550	-1,722	"	4,272	1,550	822	1283			
<b>Turgi . . . .</b>	<b>600,66</b>	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4 272	2566		в. д.=10,360 в. з.=2,114	
	199,8	—	10	3000	-2,272	1,053	-2,219	"	4,272	1,053	4 325	864			
	8,46	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4 272	36			
	179,52	0	0	∞	1	1	1	180	1	1	1	180			
<b>Brugg . . . .</b>	<b>4900</b>							<b>470</b>				<b>20249</b>			
	346,23	0	0	∞	1	1	1	346	1	1	1	346			
	529,2	0	—	660	1	1,292	1,292	684	1	1,292	1,292	684			
	209,82	—	10	660	-2,272	1,292	-1,980	отрицат.	4,272	1,292	4,564	958			
	210,18	—	10	∞	-2,272	1	-2,272	"	4,272	1	4,272	898			
	120	0	—	∞	1	1	1	120	1	1	1	120			
	750	—	1,6	∞	0,489	1	0,489	367	1,510	1	1,510	1132			
	116,64	0	—	∞	1	1	1	117	1	1	1	117			
	153,36	0	—	600	1	1,369	1,369	210	-1	1,369	-1,369	210			
	117,27	12	—	600	4,953	1,369	5,322	624	-2,953	1,369	-2,584	отрицат.			
	412,05	12	—	∞	4,953	1	4,953	2041	-2,953	1	-2,953	"			
	107,94	12	—	600	4,953	1,369	5,322	574	-2,953	1,369	-2,584	"			
	422,16	12	—	∞	4,953	1	4,953	2091	-2,953	1	-2,953	"			
	265,56	12	—	300	4,953	1,856	5,809	1543	-2,953	1,856	2,097	"			
	41,01	0	—	300	1	1,856	1,856	76	1	1,856	1,856	76			
	44,58	0	0	∞	1	1	1	45	1	1	1	45			
<b>Schinznach . .</b>	<b>3846</b>							<b>8838</b>				<b>4586</b>	в. д.=6,712 в. з.=1,745		
	222,51	0	0	∞	1	1	1	223	1	1	1	223			
	173,31	0	—	450	1	1,550	1,550	269	1	1,550	1,550	269			
	23,61	0	—	∞	1	1	1	24	1	1	1	24			
	600	—	2	∞	0,361	1	0,361	216	1,638	1	1,638	982			
	1086,39	—	5	∞	-0,610	1	-0,610	отрицат.	2,610	1	2,610	2835			
	363,42	—	5	750	-0,610	1,255	-0,355	"	2,610	1,255	2,865	1041			
	110,19	—	5	∞	-0,610	1	-0,610	"	2,610	1	2,610	288			
	340,77	0	—	∞	1	1	1	341	1	1	1	341			
	233,73	0	—	360	1	1,702	1,702	398	1	1,702	1,702	398			
	114,0	0	—	∞	1	1	1	114	-1	1	-1	114			
	709,11	8	—	∞	3,601	1	3,601	2553	-1,601	1	-1,601	отрицат.			
	190,89	8	—	450	3,601	1,550	4,151	792	1,601	1,550	1,051	"			
	34,5	2,5	—	450	1,799	1,550	2,349	81	0,201	1,550	0,751	26			
	412,2	2,5	—	∞	1,799	1	1,799	741	0,201	1	0,201	43			
	153,3	2,5	—	450	1,799	1,550	2,349	360	0,201	1,550	0,751	115			
	79,65	0	—	450	1	1,550	1,550	123	1	1,550	1,550	123			
	17,42	0	—	∞	1	1	1	17	1	1	1	17			
<b>Wettingen . .</b>	<b>4865</b>							<b>6252</b>				<b>6839</b>	в. д.=6,545 в. з.=1,345		

68

69

Станция	Протяжения в метрах.	Подъ- емы в ‰	Спуска в ‰	Ради- усы кривой в метр.	ТУДА.			Виртуаль- ная длина в метр.	ОБРАТНО.			Средняя виртуаль- ная длина и вир- туальная зависи- мость.	
					Ковф- фициен. a	Ковф- фициен. b	(a+b-1)		Ковф- фициен. a	Ковф- фициен. b	(a+b-1)		
Wildegg . . .	171,28	0	—	300	1	1	1	171	1	1	1	171	
	164,25	0	—	600	1	1,369	1,369	225	1	1,369	1,369	225	
	617,4	0	—	300	1	1	1	617	1	1	1	617	
	107,4	3	—	300	1,960	1	1,960	210	0,039	1	0,039	4	
	266,67	3	—	900	1,960	1,212	2,172	579	0,039	1,212	0,251	67	
	525,9	3	—	300	2,960	1	1,960	1031	0,039	1	0,039	21	
	30,96	0	—	300	1	1	1	31	1	1	1	31	
	273,6	0	—	600	1	1,369	1,369	374	1	1,369	1,369	374	
	417,66	0	—	300	1	1	1	418	1	1	1	418	
	217,5	0	—	450	1	1,550	1,550	337	1	1,550	1,550	337	
	51,39	0	—	300	1	1	1	51	1	1	1	51	
	258,66	0	—	450	1	1,550	1,550	401	1	1,550	1,550	401	
	10,23	0	—	300	1	1	1	10	1	1	1	10	
	193,92	—	1	300	0,682	1	0,682	132	1,318	1	1,318	256	
	289,95	—	1	450	0,682	1,550	1,232	357	1,318	1,550	0,868	542	
	116,13	—	1	300	0,682	1	0,682	79	1,318	1	4,318	153	
	562,10	0	0	300	1	1	1	562	1	1	1	562	
	<b>4275</b>							<b>5585</b>				<b>4240</b>	<i>с. д.=4,913</i> <i>с. з.=1,149</i>
	Rupperswyl	226,39	0	—	300	1	1	1	226	1	1	1	226
		99,81	0	—	450	1	1,550	1,550	155	1	1,550	1,550	155
274,08		10	—	450	4,272	1,550	4,822	1322	-2,272	1,550	-1,722	отрицат.	
103,74		10	—	300	4,272	1	4,272	443	-2,272	1	-2,272	"	
126,15		10	—	450	4,272	1,550	4,822	608	-2,272	1,550	-1,722	"	
66,03		10	—	300	4,272	1	4,272	282	-2,272	1	-2,272	"	
720		0	—	300	1	1	1	720	1	1	1	720	
758,97		10	—	300	4,272	1	4,272	3242	-0,272	1	-2,272	отрицат.	
65,61		10	—	450	4,272	1,550	4,822	316	-0,272	1,550	-1,722	"	
585,42		10	—	300	4,272	1	4,272	2501	-0,272	1	-2,272	"	
277,80		0	0	300	1	1	1	278	1	1	1	278	
<b>3084</b>								<b>10093</b>				<b>1379</b>	<i>с. д.=5,736</i> <i>с. з.=1,859</i>
Aarau . . . .		22,2	0	0	300	1	1	1	22	1	1	1	22
		32,64	10	—	300	4,272	1	4,272	139	-2,272	1	-2,272	отрицат.
	193,26	10	—	1800	4,272	1,089	4,361	843	-2,272	1,089	-2,183	"	
	74,10	10	—	300	4,272	1	4,272	317	-2,272	1	-2,272	"	
	1200	3	—	300	1,960	1	1,960	2352	0,039	1	0,039	47	
	1200	3,5	—	300	2,122	1	2,122	2546	-0,122	1	-0,122	отрицат.	
	630	0	—	300	1	1	1	630	1	1	1	630	
	517,2	—	5,8	300	-0,872	1	-0,872	отрицат.	2,872	1	2,872	1485	
	50,7	0	—	300	1	1	1	51	1	1	1	51	
	1094,67	1,26	—	300	1,401	1	1,401	1534	0,598	1	0,598	655	
	198,93	1,26	—	1350	1,401	1,117	1,518	302	0,598	1,117	0,715	142	
	135	1,26	—	300	1,401	1	1,401	189	0,598	1	0,598	81	
	508,3	0	—	300	1	1	1	508	1	1	1	508	
	<b>5857</b>							<b>9433</b>				<b>3621</b>	<i>с. д.=6,527</i> <i>с. з.=1,114</i>
	Schönenwerth.	241,7	0	—	300	1	1	1	242	1	1	1	242
		1290	—	10	300	-2,272	1	-2,272	отрицат.	4,272	1	4,272	5510
242,7		0,9	—	300	1,286	1	1,286	312	0,714	1	0,714	173	
535,8		0,9	—	3000	1,286	1,053	1,339	717	0,714	1,053	0,767	410	
1040,7		0,9	—	300	1,286	1	1,286	1338	0,714	1	0,714	742	
609		6	—	300	2,938	1	2,938	1789	-0,938	1	-0,938	отрицат.	
437,1		6	—	600	2,938	1,369	3,307	1445	-0,938	1,369	-0,569	"	
5,7		6	—	300	2,938	1	2,938	18	-0,938	1	-0,938	"	
159,3		0	0	300	1	1	1	159	1	1	1	159	
<b>4562</b>								<b>6020</b>				<b>7236</b>	<i>с. д.=6,628</i> <i>с. з.=1,452</i>
Dänikon . . . .	606,9	0	—	300	1	1	1	606	1	1	1	606	
	500,1	0	—	900	1	1,212	1,212	607	1	1,212	1,212	607	
	230,4	5,05	—	900	2,369	1,212	2,838	654	-0,626	1,212	-0,414	отрицат.	
	334,5	5,05	—	300	2	1	2,626	878	-0,626	1	-0,626	"	
	769,1	0	—	300	1	1	1	769	1	1	1	769	
<b>2441</b>							<b>3514</b>				<b>1982</b>	<i>с. д.=2,748</i> <i>с. з.=1,125</i>	

Станция.	Протяжение в метрах.	Пок- сы в ‰	Спуски в ‰	Ради- ус кривой в метр.	Т У Д А.				ОБРАТНО.			Средняя виртуаль- ная длина и вир- туальная зависи- мость.	
					Коеф- фициен. a	Коеф- фициен. b	(a+b-1)	Виртуаль- ная длина в метр.	Коеф- фициен. a	Коеф- фициен. b	(1-a-b)		Виртуаль- ная протя- жения в метрах.
	520,6	0	—	∞	1	1	1	520	1	1	1	520	
	839,7	8	—	∞	3,601	1	3,601	3024	-1,601	1	-1,601	отрицат.	
	45,9	8	—	540	3,601	1,403	4,004	184	-1,601	1,403	-1,198	"	
	563,1	3,2	—	540	2,025	1,403	2,428	1367	-0,025	1,403	0,378	"	213
	60,9	6,5	—	540	3,103	1,403	3,506	213	-1,103	1,403	-0,700	отрицат.	
	289,2	6,5	—	∞	3,103	1	3,103	897	-1,103	1	-1,103	"	
	134,7	6,5	—	720	3,103	1,266	3,369	453	-1,103	1,266	-0,837	"	
	253,8	1,7	—	720	1,542	1,266	1,808	459	0,458	1,266	0,724	"	184
	477,3	1,7	—	∞	1,542	1	1,542	736	0,458	1	0,458	"	218
	465,0	6,25	—	∞	3,020	1	3,020	1404	-1,020	1	-1,020	отрицат.	
	33	6,25	—	1380	3,020	1,116	3,136	103	-1,020	1,116	-0,904	"	244
	219	0	—	1380	1	1,116	1,116	244	1	1,116	1,116	"	901
	601,8	—	1,2	1380	0,618	1,116	0,734	442	1,382	1,116	1,498	"	82
	59,1	—	1,2	∞	0,618	1	0,618	36	1,382	1	1,382	"	884
	488,1	—	1,2	510	0,618	1,430	1,048	511	1,382	1,430	1,812	"	347
	242,7	0	—	510	1	1,430	1,430	347	1	1,430	1,430	"	435
	434,7	0	—	∞	1	1	1	435	1	1	1	"	595
	416,4	0	—	510	1	1,430	1,430	595	1	1,430	1,430	"	255
	254,7	0	—	∞	1	1	1	255	1	1	1	"	
Olten . . . .	<b>6400</b>							<b>12225</b>				<b>4876</b>	с. д.=8,552 с. з.=1,336
	347,1	0	0	∞	1	1	1	347	1	1	1	347	
	4,2	0	0	1500	1	1,104	1,104	5	1	1,104	1,104	5	
	310,8	0,8	—	1500	1,254	1,104	1,358	422	0,745	1,104	0,849	264	
	285,9	0,8	—	∞	1,254	1	1,254	358	0,745	1	0,749	213	
	115,5	5,17	—	∞	2,665	1	2,665	308	-0,665	1	-0,665	отрицат.	
	277,8	5,17	—	900	2,665	1,212	2,877	799	-0,665	1,212	-0,453	"	
	184,5	10	—	900	4,272	1,212	4,484	827	-2,272	1,212	-2,060	"	
	1058,1	10	—	∞	4,272	1	4,272	4520	-2,272	1	-2,272	"	
	149,1	5,14	—	∞	2,656	1	2,656	396	-0,656	1	-0,656	"	
	220,2	0	0	∞	1	1	1	220	1	1	1	220	
	294	0	0	300	1	1,856	1,856	546	1	1,856	1,856	546	
	461,8	0	0	∞	1	1	1	462	1	1	1	462	
Aarburg . . .	<b>3709</b>							<b>9210</b>				<b>2057</b>	с. д.=5,633 с. з.=1,518
	729,5	0	0	∞	1	1	1	729	1	1	1	729	
	397,5	6,5	—	∞	3,103	1	3,103	1233	-1,103	1	-1,103	отрицат.	
	394,2	0	—	∞	1	1	1	394	1	1	1	394	
	48,9	0	—	1500	1	1,104	1,104	54	1	1,104	1,104	54	
	119,4	9	—	1500	3,935	1,104	4,039	482	-1,935	1,104	-1,831	отрицат.	
	1500,6	9	—	∞	3,935	1	3,935	5905	-1,935	1	-1,935	"	
	690	0	—	∞	1	1	1	690	1	1	1	690	
	32,9	5	—	∞	2,610	1	2,610	86	-0,610	1	-0,610	отрицат.	
	243,5	8	—	∞	2,601	1	3,601	877	-1,601	1	-1,601	"	
	61,7	0	—	∞	1	1	1	62	1	1	1	62	
	69	0	—	600	1	1,369	1,369	94	1	1,369	1,369	94	
	172,8	0	—	∞	1	1	1	173	1	1	1	173	
Средина Zofin- gen . . . .	<b>4,460</b>							<b>10779</b>				<b>2196</b>	с. д.=6,487 с. з.=1,454
Итого . . . .	<b>50,404</b>							<b>83,791</b>				<b>62,471</b>	

Средняя виртуальная длина . . . . . 73,131  
Действительная длина . . . . . 50,404  
Виртуальная зависимость . . . . . 1,431  
Максимальный коэффициент . . . . . 5,809

4. Этлибергская дорога.

Станция.	Протяжения в метрах.	Подъ- емы в ‰	Спуски в ‰	Ради- усы кри- вой в метр.	Т У Д А.				ОБРАТНО.				Средняя виртуаль- ная длина и вир- туальная зависи- мость.
					Коеф- фициен. а	Коеф- фициен. б	(a+b-1)	Виртуаль- ная длина в метр.	Коеф- фициен. а	Коеф- фициен. б	(a+b-1)	Виртуаль- ная проти- жения в метрах.	
Zürich . . .	139,08	0	—	∞	1	1	1	139	1	1	1	139	
	90,43	25	—	∞	9,683	1	9,683	876	-7,683	1	-7,683	отрицат.	
	33,68	25	—	200	9,683	2,307	10,990	370	-7,683	2,307	-6,376	"	
	35,89	25	—	∞	9,683	1	9,683	347	-7,683	1	-7,683	"	
	34,7	0	—	∞	1	1	1	35	1	1	1	"	35
	15,3	0	—	200	1	2,307	2,307	35	1	2,307	2,307	"	35
	111,37	—	12,5	200	-3,125	2,307	-1,818	отрицат.	5,125	2,307	7,432	"	828
	66,21	—	12,5	∞	-3,125	1	-3,125	"	5,125	1	5,125	"	339
	22,42	—	12,5	400	-3,125	1,626	-2,499	"	5,125	1,626	5,751	"	129
	50	0	—	400	1	1,626	1,626	81	1	1,626	1,626	"	81
	145,8	10	—	400	4,272	1,626	4,898	714	-2,272	1,626	-1,646	отрицат.	
	56,39	10	—	∞	4,272	1	4,272	241	-2,272	1	-2,272	"	
	33,16	10	—	300	4,272	1,856	5,128	170	-2,272	1,856	-1,416	"	
	24,65	10	—	∞	4,272	1	4,272	105	-2,272	1	-1,272	"	
	22,71	0	—	∞	1	1	1	23	1	1	1	"	23
	48,37	0	—	150	1	2,781	2,781	134	1	2,781	2,781	"	134
	40,44	0	—	∞	1	1	1	40	1	1	1	"	40
	82,29	0	—	150	1	2,781	2,781	229	1	2,781	2,781	"	229
	119,14	0	—	∞	1	1	1	119	1	1	1	"	119
	127,43	0	—	180	1	2,460	2,460	313	1	2,460	2,460	"	313
	120,78	15	—	180	5,994	2,460	7,454	900	-3,994	2,460	-2,534	отрицат.	
	15,22	15	—	∞	5,994	1	5,994	91	-3,994	1	-3,994	"	
	171,95	30	—	∞	11,716	1	11,716	2014	-9,716	1	-9,716	"	
	119,21	30	—	400	11,716	1,626	12,342	1471	-9,716	1,626	-9,090	"	
	24,84	30	—	∞	11,716	1	11,716	291	-9,716	1	-9,716	"	
	454,0	20	—	∞	7,793	1	7,793	3535	-5,793	1	-5,793	"	
	100,42	30	—	∞	11,716	1	11,716	1176	-9,716	1	-9,716	"	
	199,53	30	—	1000	11,716	1,139	11,855	2366	-9,716	1,139	-9,577	"	
	24,91	40	—	1000	17,313	1,139	17,452	435	-15,313	1,139	-15,173	"	
	415,09	40	—	∞	17,313	1	17,313	7186	-15,313	1	-15,313	"	
	300	50	—	∞	22,356	1	22,356	6706	-20,358	1	-20,358	отрицат.	
	43,89	10	—	∞	4,272	1	4,272	187	-2,272	1	-2,272	"	
	56,11	10	—	300	4,272	1,856	5,128	288	-2,272	1,856	-1,416	"	
	112,15	55	—	300	24,740	1,856	25,596	2870	-22,743	1,856	-21,837	"	
	94,35	55	—	∞	24,740	1	24,740	2334	-22,743	1	-22,743	"	
	61,49	55	—	200	24,740	2,307	26,047	1601	-22,743	2,307	-21,436	"	
	96,59	55	—	∞	24,740	1	24,740	2389	-22,743	1	-22,743	"	
	44,92	55	—	180	24,740	2,460	26,200	1177	-22,743	2,460	-21,233	"	
	139,77	55	—	∞	24,740	1	24,740	3458	-22,743	1	-22,743	"	
	136,66	55	—	360	24,740	1,702	25,442	3477	-22,743	1,702	-22,041	"	
	177,41	55	—	∞	24,740	1	24,740	4389	-22,743	1	-22,743	"	
	89,38	55	—	180	24,740	2,460	25,200	2252	-22,743	2,460	-21,233	"	
	7,28	55	—	∞	24,740	1	24,740	180	-22,743	1	-22,743	"	
	230	57	—	∞	25,695	1	25,695	5909	-23,698	1	-23,698	"	
	18,42	53	—	∞	23,786	1	23,786	438	-21,789	1	-21,789	"	
	113,45	53	—	300	23,786	1,856	24,642	2795	-21,789	1,856	-20,933	"	
	90,93	53	—	∞	23,786	1	23,786	2162	-21,789	1	-21,789	"	
	37,82	53	—	250	23,789	2,022	24,808	938	-21,789	2,022	-20,767	"	
	23,84	53	—	∞	23,786	1	23,786	567	-21,789	1	-21,789	"	
	33,54	53	—	150	23,786	2,781	25,567	908	-21,789	2,781	-20,008	"	
	10,95	55	—	150	24,740	2,781	25,521	279	-22,743	2,781	-22,743	"	
	25,92	55	—	∞	24,740	1	24,740	641	-22,743	1	-22,743	"	
	23,8	55	—	150	24,740	2,781	26,521	630	-22,743	2,781	-20,962	"	
	62,53	55	—	∞	24,740	1	24,740	1547	-22,743	1	-22,743	"	
	96,85	55	—	300	24,740	1,856	25,596	2478	-22,743	1,856	-21,837	"	
	118,63	55	—	∞	24,740	1	24,740	2935	-22,743	1	-22,743	"	
	187,33	55	—	400	24,740	1,626	25,366	4752	-22,743	1,626	-22,117	"	
	252,01	55	—	∞	24,740	1	24,740	6235	-22,743	1	-22,743	"	
	235,02	55	—	180	24,740	2,460	25,200	5922	-22,743	2,460	-21,233	"	
	125,43	7	—	180	3,268	2,460	4,728	593	-1,268	2,460	0,192	"	24
	44,59	7	—	∞	3,268	1	3,268	146	-1,268	1	-1,268	отрицат.	
	196,41	60	—	∞	27,130	1	27,130	5328	-25,134	1	-25,134	"	
	292,92	60	—	500	27,130	1,440	27,570	3075	-25,134	1,440	-24,694	"	
	60,87	60	—	∞	27,130	1	27,130	1646	-25,134	1	-25,134	"	
	6,98	62	—	∞	23,089	1	23,089	196	-26,093	1	-26,093	"	
	293,87	62	—	180	23,089	2,460	29,549	8831	-26,093	2,460	-24,633	"	
	30,65	62	—	∞	23,089	1	23,089	861	-26,093	1	-26,093	"	
	146,03	62	—	150	23,089	2,781	29,870	4363	-26,093	2,781	-24,312	"	
	11,48	0	—	150	1	2,781	2,781	32	2,781	2,781	2,781	"	32
	26,54	0	—	∞	1	1	1	26	1	1	1	"	26
	77,94	0	—	150	1	2,781	2,781	217	2,781	2,781	2,781	"	217
	217,41	67	—	150	30,495	2,781	32,276	7017	-23,499	2,781	-26,718	отрицат.	

Станциі.	Протяженія въ метрахъ.	Подъ- емы въ ‰	Спуски въ ‰	Ради- усы кри- вой въ метр.	ТУДА.				ОБРАТНО.				Средняя виртуаль- ная длина и вир- туальная зависи- мость.
					Кoeffи- циенты <i>a</i>	Кoeffи- циен. <i>b</i>	( <i>a</i> + <i>b</i> - <i>l</i> )	Виртуаль- ная длина въ метр.	Кoeffи- циенты <i>a</i>	Кoeffи- циен. <i>b</i>	( <i>a</i> - <i>b</i> - <i>l</i> )	Виртуаль- ная длина въ метр.	
Uetliberg . .	39,95	67	—	∞	30,495	1	30,495	1218	-28,499	1	-28,499	отрицат.	
	480,43	67	—	135	30,495	2,998	32,493	15610	-28,499	2,998	-26,501	"	
	132,57	67	—	∞	30,495	1	30,495	4044	-28,499	1	-28,499	"	
	209,64	67	—	150	30,495	2,781	32,276	6766	-28,499	2,781	-26,718	"	
	69,66	70	—	150	31,945	2,781	33,726	2349	-29,950	2,781	-28,169	"	
	16,92	70	—	∞	31,945	1	31,945	541	-29,950	1	-29,950	"	
	182,23	70	—	200	31,945	2,307	33,252	6059	-29,950	2,307	-28,643	"	
	50,61	70	—	∞	31,945	1	31,945	1617	-29,950	1	-29,950	"	
	210,37	70	—	200	31,945	2,307	33,252	6995	-29,950	2,307	-28,643	"	
	94,27	70	—	∞	31,945	1	31,945	3011	-29,950	1	-29,950	"	
	172,93	70	—	150	31,945	2,781	33,726	5832	-29,950	2,781	-28,169	"	
	12,15	70	—	∞	31,945	1	31,945	388	-29,950	1	-29,950	"	
	90,67	0	—	∞	1	1	1	91	1	1	1	91	
	<b>9166,82</b>					<b>185,732</b>				<b>2,834</b>			
	Средняя виртуальная длина . . . . .												94,283
Дѣйствительная длина . . . . .												9,167	
Виртуальная зависимость . . . . .												10,285	
Максимальный коэффициентъ . . . . .												33,726	



5) Дорога Витцнау-Риги (съ зубчатой рейкой).

Станци.	Протяженіе въ метрахъ.	Подъѣмы въ ‰	Спуски въ ‰	Радиусы въ метр.	Т У Д А.				ОБРАТНО.				Средняя виртуальная длина и виртуальная зависимость.
					Кoeffициентъ а	Кoeffициен. б	$\frac{1}{r} + \frac{1}{s}$	Виртуальная длина въ метр.	Кoeffициенты а	Кoeffициен. б	$\frac{1}{r} + \frac{1}{s}$	Виртуальная длина въ метр.	
Vitzнау . .	45,0	0	—	∞	1	1	1	45	1	1	1	45	
	220,8	66	—	∞	30,013	1	30,013	6627	— 28,017	1	— 28,017	отрицат.	
	4,2	66	—	180	30,013	2,460	31,473	132	— 28,017	2,460	— 26,557	”	
	68,4	177,2	—	180	86,688	2,460	88,148	6029	— 84,719	2,460	— 83,259	”	
	6,6	177,2	—	∞	86,688	1	86,688	572	— 84,719	1	— 84,719	”	
	17,5	250	—	∞	126,140	1	126,140	2207	— 124,200	1	— 124,200	”	
	151,68	250	—	180	126,140	2,460	127,600	19352	— 124,200	2,460	— 122,740	”	
	61,9	250	—	∞	126,140	1	126,140	7808	— 124,200	1	— 124,200	”	
	36,0	250	—	180	126,140	2,460	127,600	4594	— 124,200	2,460	— 122,740	”	
	52,2	250	—	∞	126,140	1	126,140	6584	— 124,200	1	— 124,200	”	
	16,5	250	—	180	126,140	2,460	127,600	2105	— 124,200	2,460	— 122,740	”	
	147,3	250	—	∞	126,140	1	126,140	18580	— 124,200	1	— 124,200	”	
	18,3	250	—	180	126,140	2,460	127,600	2334	— 124,200	2,460	— 122,740	”	
	52,0	250	—	∞	126,140	1	126,140	6559	— 124,200	1	— 124,200	”	
	105,1	250	—	180	126,140	2,460	127,600	13411	— 124,200	2,460	— 122,740	”	
	66,9	250	—	∞	126,140	1	126,140	8439	— 124,200	1	— 124,200	”	
	71,1	250	—	180	126,140	2,460	127,600	9072	— 124,200	2,460	— 122,740	”	
	233,7	250	—	∞	126,140	1	126,140	29478	— 124,200	1	— 124,200	”	
	94,64	250	—	180	126,140	2,460	127,600	12075	— 124,200	2,460	— 122,740	”	
	51,56	234	—	180	117,366	2,460	118,826	6127	— 115,419	2,460	— 113,959	”	
	14,8	234	—	∞	117,366	1	117,366	1737	— 115,419	1	— 115,419	”	
	15,93	234	—	180	117,366	2,460	118,826	1893	— 115,419	2,460	— 113,959	”	
	75,87	250	—	180	126,140	2,460	127,600	9679	— 124,200	2,460	— 122,740	”	
	41,7	250	—	∞	126,140	1	126,140	5260	— 124,200	1	— 124,200	”	
	320,1	250	—	180	126,140	2,460	127,600	40845	— 124,200	2,460	— 122,740	”	
	16,59	250	—	∞	126,140	1	126,140	2092	— 124,200	1	— 124,200	”	
	16,21	182	—	∞	89,247	1	89,247	1447	— 87,279	1	— 87,279	”	
	126,0	182	—	180	89,247	2,460	80,707	11429	— 87,279	2,460	— 85,819	”	
	37,79	182	—	∞	89,247	1	89,247	3372	— 87,279	1	— 87,279	”	
	23,11	238	—	∞	119,555	1	119,555	2763	— 117,610	1	— 117,610	”	

Станция.	Протяжение в метрах.	Подъ- ем в ‰	Спуск в ‰	Ради- ус кри- вой в метр.	ТУДА.				ОБРАТНО.				Средняя виртуаль- ная длина и вир- туальная зависи- мость.
					Кoeffи- циенты a	Кoeffи- циент. b	( $\frac{1}{a+b}$ )	Виртуаль- ная длина в метр.	Кoeffи- циенты a	Кoeffи- циент. b	( $\frac{1}{a+b}$ )	Виртуаль- ная длина в метр.	
Freiberg . .	51,89	238	—	180	119,555	2,460	121,015	6279	-117,610	2,460	-116,150	отрицат.	
	70,21	242	—	180	121,747	2,460	123,207	8650	-119,803	2,460	-118,343	"	
	134,18	242	—	∞	121,747	1	121,747	16336	-119,803	1	-119,803	"	
	14,62	162,1	—	∞	78,688	1	78,688	1150	-76,713	1	-76,713	"	
	47,7	162,1	—	180	78,688	2,460	80,148	3823	-76,713	2,460	-75,253	"	
	12,68	162,1	—	∞	78,688	1	78,688	998	-76,713	1	-76,713	"	
	75,0	250	—	∞	126,140	1	126,140	9460	-124,200	1	-124,200	"	
	16,0	172	—	∞	83,925	1	83,925	1342	-81,954	1	-81,954	"	
	27,0	120	—	∞	56,831	1	56,831	1534	-54,845	1	-54,845	"	
	17,0	209	—	∞	103,763	1	103,763	1764	-101,805	1	-101,805	"	
	42,22	234	—	∞	117,366	1	117,366	4955	-115,419	1	-115,419	"	
	58,5	234	—	180	117,366	2,460	118,826	6951	-115,419	2,460	-113,959	"	
	31,28	234	—	∞	117,366	1	117,366	3671	-115,419	1	-115,419	"	
	39,0	160	—	∞	77,581	1	77,581	3026	-75,606	1	-75,606	"	
	105,0	250	—	∞	126,140	1	126,140	13245	-124,200	1	-124,200	"	
	163,42	222	—	∞	110,819	1	110,819	18109	-108,867	1	-108,867	"	
	21,3	222	—	180	110,819	2,460	112,279	2391	-108,867	2,460	-107,407	"	
	59,9	222	—	∞	110,819	1	110,819	6638	-108,867	1	-108,867	"	
34,38	222	—	180	110,819	2,460	112,279	3860	-108,867	2,460	-107,407	"		
22,62	236,5	—	180	118,734	2,460	120,194	2719	-116,788	2,460	-115,328	"		
133,38	236,5	—	∞	118,734	1	118,734	15837	-116,788	1	-116,788	"		
Romiti . . .	39,0	120	—	∞	56,831	1	56,831	2216	-54,845	1	-54,845	"	
	150,0	176	—	∞	86,050	1	86,050	12907	-84,080	1	-84,080	"	
	180,0	205	—	∞	101,600	1	101,600	18288	-99,641	1	-99,641	"	
	25,62	250	—	∞	126,140	1	126,140	3232	-124,200	1	-124,200	"	
	19,8	250	—	180	126,140	2,460	127,600	2526	-124,200	2,460	-122,740	"	
	254,58	250	—	∞	126,140	1	126,140	32111	-124,200	1	-124,200	"	
	387,72	228,5	—	∞	114,361	1	114,361	44340	-112,412	1	-112,412	"	
	6,9	228,5	—	180	114,361	2,460	115,821	799	-112,412	2,460	-110,952	"	
	85,38	228,5	—	∞	114,361	1	114,361	9764	-112,412	1	-112,412	"	
	Kaltbad . .	42,0	120	—	∞	56,831	1	56,831	2387	-54,845	1	-54,845	"
69,0		226	—	∞	112,998	1	112,998	7797	-111,047	1	-111,047	"	
111,0		168	—	∞	81,805	1	81,805	9080	-79,832	1	-79,832	"	

Staffelhöhe .	97,62	238	—	∞	119,555	1	119,555	11671	-127,610	1	-117,610	"
	130,38	238	—	180	119,555	2,460	121,015	11778	-117,610	2,460	-116,150	"
	90,0	203,5	—	180	100,790	2,460	102,250	9202	-98,830	2,460	-97,370	"
	15,42	106	—	180	49,732	2,460	51,192	789	-47,744	2,460	-46,284	"
	2,58	106	—	∞	49,732	1	49,732	128	-47,744	1	-47,744	"
	7,92	70	—	∞	31,945	1	31,945	253	-29,950	1	-29,950	"
	84,0	70	—	180	31,945	2,460	33,405	2806	-29,950	2,460	-28,490	"
	18,0	70	—	∞	31,945	1	31,945	575	-29,950	1	-29,950	"
	25,28	70	—	180	31,945	2,460	33,405	844	-29,950	2,460	-28,490	"
	60,0	104	—	180	48,726	2,460	50,186	3050	-46,737	2,460	-45,277	"
Staffel . . .	97,72	108	—	180	50,741	2,460	52,201	5101	-48,752	2,460	-47,292	"
	2,83	108	—	∞	50,741	1	50,741	143	-48,752	1	-48,752	"
	29,07	35	—	∞	13,977	1	13,977	406	-11,977	1	-11,977	"
	49,2	35	—	180	13,977	2,460	15,437	759	-11,977	2,460	-10,517	"
	77,8	35	—	∞	13,977	1	13,977	1087	-11,977	1	-11,977	"
	58,5	35	—	180	13,977	2,460	15,437	903	-11,977	2,460	-10,517	"
	73,8	35	—	∞	13,977	1	13,977	1031	-11,977	1	-11,977	"
	80,1	35	—	180	13,977	2,460	15,437	1236	-11,977	2,460	-10,517	"
	54,4	35	—	∞	13,977	1	13,977	760	-11,977	1	-11,977	"
	29,23	35	—	180	13,977	2,460	15,437	451	-11,977	2,460	-10,517	"
Staffel . . .	18,77	58	—	180	26,173	2,460	27,633	519	-24,177	2,460	-22,717	"
	156,0	58	—	∞	26,173	1	26,173	4083	-24,177	1	-24,177	"
	36,6	58	—	180	26,173	2,460	27,633	1011	-24,177	2,460	-22,717	"
	28,63	58	—	∞	26,173	1	26,173	749	-24,177	1	-24,177	"
	15,0	88	—	∞	40,751	1	40,751	611	-38,758	1	-38,758	"
	28,97	150	—	∞	72,334	1	72,334	2095	-70,356	1	-70,356	"
	31,03	150	—	180	72,334	2,460	73,794	2290	-70,356	2,460	-68,896	"
	90,0	111	—	180	52,257	2,460	53,717	4834	-50,269	2,460	-48,809	"
	15,0	136	—	180	65,052	2,460	66,512	998	-63,071	2,460	-61,611	"
	15,0	201	—	180	99,441	2,460	100,901	1513	-97,480	2,460	-96,020	"
Staffel . . .	46,97	220	—	180	109,731	2,460	111,191	5223	-107,778	2,460	-106,318	"
	56,03	220	—	∞	109,731	1	109,731	6038	-107,778	1	-107,778	"
	4,97	204	—	∞	101,060	1	101,060	502	-99,100	1	-99,100	"
	43,8	204	—	180	101,060	2,460	102,250	4490	-99,100	2,460	-97,640	"
	88,8	204	—	∞	101,060	1	101,060	8974	-99,100	1	-99,100	"
	30,0	204	—	180	101,060	2,460	102,520	3076	-99,100	2,460	-97,640	"
	1,63	204	—	∞	101,060	1	101,060	165	-99,100	1	-99,100	"
	112,37	188	—	∞	92,455	1	92,455	10389	-90,489	1	-90,489	"
	7,63	188	—	180	92,455	2,460	93,915	716	-90,489	2,460	-89,029	"
	26,1	103	—	180	48,224	2,460	49,684	1297	-46,234	2,460	-44,774	"

Станциѣ.	Протяженіѣ въ метрахъ.	Подъ- емы въ ‰	Спуски въ ‰	Ради- усы кри- вой въ метр.	Т У Д А.				ОБРАТНО.				Средняя виртуаль- ная длина и вир- туальная зависи- мость.
					Ковффи- ціенты. <i>a</i>	Ковф- ficien. <i>b</i>	$\frac{1}{(a+b)}$	Виртуаль- ная длина въ метр.	Ковффи- ціенты. <i>a</i>	Ковф- ficien. <i>b</i>	$\frac{1}{(a+b)}$	Виртуаль- ная длина въ метр.	
Култ. . . . .	22,37	88	—	180	40,751	2,460	42,211	944	-38,758	2,460	-37,298	»	
	16,43	88	—	∞	40,751	1	40,751	669	-38,758	1	-38,758	»	
	23,87	200	—	∞	98,903	1	98,903	2361	-96,942	1	-96,942	»	
	105,0	200	—	180	98,903	2,460	100,363	10538	-96,942	2,460	-95,482	»	
	1,33	200	—	∞	98,903	1	98,903	131	-96,942	1	-96,942	»	
	45,0	98	—	∞	46,120	1	46,120	2075	-44,129	1	-44,129	»	
	82,4	58	—	∞	26,269	1	26,269	2164	-24,272	1	-24,272	»	
	17,8	45	—	∞	20,201	1	20,201	359	-18,203	1	-18,203	»	
	12,8	6	—	∞	2,938	1	2,938	38	-0,938	1	-0,938	»	
	5,09	0	—	∞	1	1	1	5	1	1	1	5	
	7,026							656,622				50	
	<p>Средняя виртуальная длина . . . . . 328,336</p> <p>Дѣйствительная длина . . . . . 7,026</p> <p>Виртуальная зависимость . . . . . 46,731</p> <p>Максимальный коэффициентъ . . . . . 127,600</p>												

### III. Примѣненіе метода виртуальной длины.

#### 1) Сравненіе двухъ вариантовъ.

Въ началѣ этого труда уже было замѣчено, что взаимное сравненіе двухъ направленій линіи желѣзной дороги или такъ называемыхъ вариантовъ возможно только при помощи технического масштаба. Другой способъ сравненія—посредствомъ сопоставленія эксплуатационныхъ расходовъ напередъ исчисленныхъ по особымъ формуламъ, въ основаніи которыхъ поставлены тѣ или другія общественно-финансовыя условія, всегда неудовлетворителенъ и вдобавокъ выходитъ изъ круга дѣятельности техника, имѣющаго цѣлью только выборъ направленія линіи.

При этомъ послѣднемъ способѣ ему приходится отыскивать на обоихъ сравниваемыхъ вариантахъ не только всѣ трудные пункты, отъ которыхъ зависитъ величина нагрузки поѣздовъ, но также опредѣлить величину расхода угля и размѣры изнашиваемости пути; но все это столь неопредѣленныя величины, что только принципъ виртуальныхъ протяженій избавитъ техника отъ затрудненій, сопряженныхъ съ ихъ отысканіемъ.

И это именно потому, что виртуальныя протяженія выражаютъ собою всѣ эти зависимости въ опредѣленной цифровой формѣ и, пользуясь ими, изслѣдывающій инженеръ можетъ весьма легко и просто сдѣлать чисто техническое сравненіе между двумя вариантами, выразивши это слѣдующимъ образомъ: такой-то вариантъ представляетъ столько сопротивленій движенію поѣзда, сколько ихъ представляетъ  $n$  километровъ прямолинейнаго и горизонтальнаго пути, а другой вариантъ представляетъ этихъ-же сопротивленій столько, сколько только  $n'$  километровъ такого же пути.

Въ случаѣ—когда два варианта представляютъ одиѣ и тѣ же конструктивныя издержки, то виртуальная длина сразу указываетъ какому изъ нихъ надо отдать преимущество, ибо тотъ вариантъ

потребуется меньше расходов по эксплуатации, которого виртуальная длина меньше.

(Было бы, разумеется, излишне распространяться здесь о томъ, что меркантильные соображения относительно проведения линии через данную мѣстность выходятъ изъ круга дѣятельности проектирующаго инженера, которому всегда назначаются опредѣленные пункты, черезъ которые онъ долженъ провести данную линію).

Въ примѣненіи этого случая къ примѣру рассмотримъ здѣсь уже прежде упомянутый участокъ дороги Веттингенъ-(Баденъ)-Цоффингенъ:

Занимавшійся проведеніемъ національной дороги свободно могъ выбрать направленіе дорогъ сѣверо-восточной и центральной черезъ Бруггъ-Аарау-Ольтенъ-Аарбургъ или ограничиться кратчайшимъ путемъ между Баденомъ и Цоффингеномъ.

Если теперь допустить, что въ силу мѣстныхъ условий стоимость постройки кратчайшей линіи будетъ такая же, какъ и линіи Баденъ-Цоффингенъ-Ольтенъ, то возникающій при этомъ вопросъ—какую изъ обѣихъ линій слѣдуетъ окончательно выбрать, разрѣшается очень просто, посредствомъ виртуальныхъ протяженій.

Изъ расчетовъ выше приведеннаго примѣра видно, что хотя дѣйствительная длина линіи Веттингенъ-Бруггъ-Ольтенъ-Цоффингенъ имѣетъ 50,404 километровъ, а линія Веттингенъ-Ленцбургъ-Цоффингенъ только 41,195 километра, однако виртуальная длина первой линіи есть 73,131 километра, второй-же 76,021 километра.

Поэтому выборъ направленія національной дороги черезъ Ленцбургъ будетъ меньше рациональнымъ чѣмъ черезъ Бруггъ и Ольтенъ, ибо на ней стоимость силы тяги больше.

Въ другомъ совершенно видѣ представляются соображенія относительно выбора направленія линій, когда стоимость ихъ постройки неодинаковы.

И въ такомъ случаѣ является необходимость въ исчисленіи эксплуатационныхъ расходовъ для каждой изъ изслѣдуемыхъ линій отдѣльно, а затѣмъ, капитализируя эти расходы, прибавить полученный капиталъ къ стоимости постройки соотвѣтственнаго участка пути. Полученная такимъ образомъ сумма представляетъ собою тотъ капиталъ, проценты съ котораго отчасти покрываютъ ренту съ капитала, ушедшаго на постройку, отчасти-же покрываютъ годовые расходы по эксплуатации, и который вмѣстѣ съ тѣмъ указываетъ совершенно опредѣленно на преимущества одной линіи передъ другой.

Если предстоит сравнение двухъ линій  $A$  и  $B$  и притомъ окажется, что стоимость постройки линіи  $A=K_1$ , линіи  $B=K_2$  и виртуальная длина линіи  $A$  есть  $l_1$ , линіи  $B=l_2$  километра; далѣе, если эксплуатаціонные расходы на каждый тонна-километръ горизонтальнаго и прямолинейнаго пути есть  $a$  и притомъ предвидится движеніе, состоящее изъ  $t$  тоннъ-брутто груза, то стоимость эксплуатаціи на линіи

$$A=l_1 \cdot a \cdot t$$

$$B=l_2 \cdot a \cdot t \text{ и}$$

капитализированные 5-ю ‰ эксплуатаціонные расходы будутъ на линіи  $A=20 l_1 \cdot a \cdot t$

$$\text{» » } B=20 l_2 \cdot a \cdot t;$$

весь-же потраченный капиталъ  $M$ , состоящій изъ конструктивныхъ и эксплуатаціонныхъ расходовъ, будетъ

$$\text{для линіи } A; M_1=K_1+20 l_1 \cdot a \cdot t \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

$$\text{» » } B; M_2=K_2+20 l_2 \cdot a \cdot t \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

и если въ результатѣ окажется, что  $M_1 > M_2$ , то линіи  $A$  надо отдать предпочтеніе передъ линіей  $B$ , а въ противномъ случаѣ, линіи  $B$  передъ  $A$ .

Здѣсь значеніе для  $a$  опредѣляется, какъ это ниже будетъ подробно изложено во главѣ о расходахъ по эксплуатаціи, сообразно съ мѣстными условіями данной страны, а величина движенія  $t$  всегда извѣстна напередъ изъ предварительныхъ коммерческихъ соображеній относительно пользы предпріятія.

Какъ числовой примѣръ приведемъ линію Веттингенъ-Цофингенъ, всѣ данности которой уже приведены въ первомъ отдѣлѣ этой книги.

I. Линія Веттингенъ-Баденъ-Аарау-Ольтенъ-Цофингенъ, имѣя 50,4 километра дѣйствительной длины, стоила въ 1855 году по 208.389 франковъ за километръ.

II. Линія Веттингенъ-Ленцбургъ-Цофингенъ имѣетъ въ длину 41,2 километра и стоила-бы по предположенію (см. введеніе) по 191.000 фр. за километръ.

Допуская, что эти повидимому невысокія стоимости постройки вѣрны, и принимая на нихъ движеніе, согласно съ средними выводами статистическихъ данныхъ швейцарскихъ желѣзныхъ дорогъ за 1875 годъ, въ 733.280 тоннъ-брутто, долженствующихъ пройти по всей линіи, то въ нашей формулѣ будетъ

$$K_1=50,4 \cdot 208389=10502800 \text{ фр.}$$

$$K_2=41,2 \cdot 191000=7869200 \text{ фр.}$$

$$t=733280 \text{ тоннъ.}$$

Виртуальныя протяженія обѣихъ этихъ участковъ уже вычислены въ вышеприведенныхъ примѣрахъ, и именно:

$$l_1 = 73,131$$

$$l_2 = 76,021$$

Принимая теперь, что стоимость перевозки одной тонны груза на протяженіи одного километра равна среднимъ счетомъ 1 сантиметру, то

$$a = 0,01 \text{ фр.}$$

$$\text{и } M_1 = 10502800 + 10725100 = 21227900 \text{ фр.}$$

$$M_2 = 7869200 + 11148935 = 19018135 \text{ фр.}$$

Отсюда видно, что линія II болѣе выгодна. Но это вѣрно при томъ только предположеніи, что предполагаемые конструктивные расходы дѣйствительно такъ незначительны, какъ это было принято, эксплуатаціонные же расходы всегда останутся большими, такъ какъ второй членъ формулы для  $M$  представляетъ большую сумму капитализированныхъ расходовъ по эксплуатаціи.

При сравненіи только что полученныхъ выводовъ съ тѣми изъ нихъ, которые получены на этомъ же примѣрѣ въ первомъ отдѣлѣ этой книги, оказывается, что относительно эксплуатаціонныхъ расходовъ тамъ получены какъ разъ противоположные результаты что могло случиться только вслѣдствіе неточности формулъ и вслѣдствіе допущенія среднихъ данностей.

Уже при вступленіи было упомянуто, что количество движенія оказываетъ существенное вліяніе на величину расходовъ по эксплуатаціи, что также видно будетъ далѣе при опредѣленіи этихъ расходовъ. Теперь же не лишне будетъ показать, какое вліяніе оказываетъ количество движенія на самый выборъ направленія линіи.

Сохраняя вышеприведенный примѣръ сравненія двухъ линій  $A$  и  $B$  съ ихъ данностями, допустимъ, что первая изъ нихъ  $A$  проведена въ обходъ горы, другая же линія  $B$  соединяетъ тѣ же оконечные пункты, что и первая линія, но идетъ черезъ гору. Линія  $A$  кромѣ своей болѣе длинны встрѣчаетъ еще значительныя конструктивныя трудности по пути, такъ что стоимость ея постройки  $K_1$  значительно болѣе стоимости постройки другой линіи  $K_2$ . И наоборотъ, линія  $B$ , имѣя значительные уклоны, не представляетъ особыхъ трудностей на пути и стоимость ея постройки относительно незначительна, но за то, отъ присутствія на ней крутыхъ укло-

новъ, стоимость ея эксплуатаціи громадна и поэтому-же ея виртуальная длина  $l_2$  значительно болѣе чѣмъ  $l_1$ .

Величины  $M_1$  и  $M_2$  изъ приведенныхъ уже уравненій (11) и (12):

$$M_1 = K_1 + 20 l_1 \cdot a \cdot t$$

$$M_2 = K_2 + 20 l_2 \cdot a \cdot t$$

измѣняются съ измѣненіемъ величины  $t$  слѣдующимъ образомъ:

Если  $t$  слишкомъ мала, то  $M_1$  всегда почти болѣе чѣмъ  $M_2$ , ибо  $K_1 > K_2$ , и если даже въ тоже время  $l_1$  будетъ  $< l_2$ , то все-таки, при очень маленькомъ  $t$ , произведение  $20 \cdot l \cdot a \cdot t$  будетъ незначительно въ сравненіи съ величиною  $K_1$ .

И наоборотъ, если  $t$  очень велико, то въ силу тѣхъ-же причинъ, но въ обратномъ смыслѣ,  $M_2$  всегда почти  $>$  чѣмъ  $M_1$ .

Такъ какъ  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $l_1$ ,  $l_2$  и  $a$  всегда напередъ извѣстны, то изъ слѣдующаго уравненія

$$K_1 + 20 l_1 \cdot a \cdot t = K_2 + 20 l_2 \cdot a \cdot t$$

должно найти величину  $t$ ,

$$t = \frac{K_1 - K_2}{20a(l_2 - l_1)} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (13)$$

одинаковое для обѣихъ вариантовъ. Но если это  $t$  болѣе найденной для него предѣльной величины, то слѣдуетъ отдать предпочтеніе линіи  $A$ , ибо она потребуетъ тогда менѣе расходовъ, если-же  $t$  менѣе, то горная линія  $B$  выгоднѣе.

Покажемъ теперь все это на числовомъ примѣрѣ:

Въ 1874 году инженеръ Дардье (Dardier) запроектировалъ узкоколейную желѣзную дорогу отъ С.-Галленъ до Теуфена, имѣющую въ длину 9,008 километра и требовавшей для постройки 2.400.000 фр. Этотъ узкоколейный путь имѣлъ  $30^{\circ}/_{\infty}$  уклоны и кривыя съ радіусами въ 100 метровъ; ея виртуальная длина будетъ 44,3 километра.

Этому проекту сопоставленъ въ 1876 году другой проектъ съ нормальной шириною пути, по которому движеніе предположено произвести при помощи зубчатыхъ зацѣпленій. По этому проекту дорога проводится по кратчайшему разстоянію между С.-Галленомъ и Теуфеномъ и по предварительнымъ расчетамъ потребовалось-бы на постройку 1.900.000 фр. Длина этой дороги равна 6,55 километра, а ея виртуальная длина есть 47,4 километра.

Хотя для дорогъ съ зубчатымъ зацѣпленіемъ расходы по эксплуатаціи на виртуальный тонно-километръ нѣсколько менѣе, чѣмъ на обыкновенной дорогѣ (гдѣ движеніе происходитъ при помощи сцѣп-



ленія волею съ рельсами), однако примемъ ихъ здѣсь одинаковыми, и именно въ 1 сантимъ.

Подставивъ теперь въ уравненіи 13

$$t = \frac{K_1 - K_2}{20 a (l_2 - l_1)}$$

слѣдующія значенія

$$K_1 = 2400000 \text{ фр.}$$

$$K_2 = 1900000 \text{ »}$$

$$l_1 = 44,3 \text{ километра}$$

$$l_2 = 47,4 \text{ »}$$

$$a = 0,01 \text{ фр.}$$

получимъ

$$t = \frac{2400000 - 1900000}{0,2(47,4 - 44,3)} = \frac{500000}{0,62} = 806450 \text{ тоннъ-брутто.}$$

И такъ, если годовой оборотъ грузовъ превзойдетъ 806450 тоннъ, то слѣдуетъ выбирать болѣе дорогую дорогу, но съ болѣе дешевой эксплуатаціей, т. е. объѣзжать гору посредствомъ дороги сцѣпленія. Если-же этотъ оборотъ менѣе, то слѣдуетъ переѣзжать гору посредствомъ дороги зацѣпленія (зубчатого).

Теперь посмотримъ какое было движеніе на главныхъ швейцарскихъ дорогахъ въ 1875 году, а именно:

по дорогѣ Эмменталь . . .	173770	тоннъ
» » Готгардъ . . .	231377	»
» » Тоггенбургъ . . .	235222	»
» » Національной . . .	245050	»
» » Юра-Бернъ . . .	251916	»
» » Соединеннымъ швей- царскимъ . . .	523568	»
» » Восточно-швейцар.	806014	»
» » Сѣверо-восточной .	930807	»
» » Центральной . . .	968385	»

По этимъ даннымъ трудно допустить, чтобы движеніе между С.-Галленомъ и Теуфеномъ поднялось до 806450 тоннъ и поэтому второй проектъ дороги съ зубчатымъ зацѣпленіемъ заслуживаетъ предпочтеніе.

Отсюда мы видимъ, что изъ двухъ конкурирующихъ вариантовъ иногда бываетъ болѣе выгоднымъ выбирать какъ разъ тотъ, у котораго виртуальная длина больше и при извѣстныхъ условіяхъ слѣдуетъ выбирать линію не съ болѣе дешевой эксплуатаціей, но съ болѣе дешевой конструкціей.

И такъ какъ въ настоящее время возведеніе великихъ интернаціональныхъ дорогъ съ громадными движеніями въ большинства случаевъ уже окончено, а вновь строящіяся дороги бывають лишь мѣстными—второстепенными и не имѣють такого громаднаго движенія, то поэтому подобные случаи повторяются теперь значительно болѣе чѣмъ въ прежнее время.

## 2) Возможная величина нагрузки поѣзда.

Нагрузка поѣзда зависитъ отъ двухъ величинъ. Во-первыхъ отъ силы тяги локомотивовъ; причемъ предполагается, что не только проектирующему инженеру дается напередъ сила паровозовъ, но что эти послѣдніе будутъ работать съ полнымъ напряженіемъ. И если это допущеніе не вполне справедливо для обыкновенныхъ дорогъ (Adhäsionsbahnen) съ большими подъемами, то-всетаки оно примѣнимо для необыкновенныхъ дорогъ (съ зубчатымъ зацѣпленіемъ) и при взвѣшиваніи преимуществъ послѣднихъ дорогъ (съ зацѣпленіемъ) передъ первыми (съ сцѣпленіемъ) на это обстоятельство слѣдуетъ всегда обратить вниманіе.

Здѣсь мы задались цѣлью изслѣдовать самый путь, а не его движитель, поэтому величину нагрузки поѣзда разсмотримъ съ этой только стороны, и именно въ зависимости отъ максимальныхъ сопротивленій дороги.

Изъ сказаннаго ясно, что если какой-нибудь паровозъ въ состояніи передвигать по горизонтальному и прямолинейному пути опредѣленный валовой грузъ  $A$  (со включеніемъ вѣса машины) съ нѣкоторой скоростію, то по другому пути, сопротивленія котораго въ 10 разъ болѣе чѣмъ на первомъ, тотъ-же паровозъ въ состояніи перевести только  $\frac{A}{10}$ .

Въ таблицѣ виртуальныхъ коэффициентовъ даны отношенія, показывающія во сколько разъ сопротивленія на уклонахъ и кривыхъ болѣе чѣмъ на прямолинейномъ и горизонтальномъ пути, а въ самыхъ исчисленіяхъ виртуальныхъ протяженій величина  $a + b - 1$  представляетъ коэффициентъ для участковъ дороги съ извѣстными уклонами и радіусами кривыхъ.

Мѣсто и величину максимальнаго уклона не трудно найти, если только настоящіе расчеты повести точно такимъ-же образомъ какъ и вышеприведенные примѣры.

Если теперь величина  $(a + b - 1)_m$  представляетъ максимально-виртуальный коэффициентъ, то величина

$$L = \frac{A}{(a+b-1)^m} \dots \dots \dots (14)$$

представить наибольший валовой груз поезда.

На участкѣ Веттингенъ-Ленцбургъ-Цофингенъ, этотъ максимумъ находится между Веттингеномъ и Баденомъ и составляетъ число въ 6,675.

Этотъ максимумъ обозначаетъ, что въ этомъ мѣстѣ существуютъ сопротивленія въ 6,675 разъ большія чѣмъ на горизонтальномъ и прямолинейномъ пути.

Паровозы національной дороги, при собственномъ вѣсѣ въ 40 тоннъ и среднемъ коэффициентѣ сцепленія въ  $\frac{1}{6}$ , способны передвигать 1280 тоннъ-брутто со скоростью въ 25 километровъ; эти же паровозы на участкѣ Веттингенъ-Цофингенъ нельзя нагрузить больше чѣмъ

$$\frac{1280}{6,675} = 192 \text{ тоннами-брутто.}$$

Остальная-же часть дороги имѣетъ болѣе умѣренные уклоны и кривые; однако, не желая припрягать на участкѣ Веттингенъ-Баденъ еще одного паровоза, вѣсъ поездовъ этой дороги не можетъ превосходить 192 тоннъ-брутто, что составляетъ около 12-ти нагруженныхъ вагоновъ.

Дороги сѣверо-восточная и центральная имѣютъ на своей конкуррирующей линіи Веттингенъ-Цофингенъ болѣе благоприятныя условія для нагрузки; ея виртуально-максимальный коэффициентъ находится между Турги и Бруггъ и равняется 5,809. Стало быть, тотъ-же локомотивъ въ 40 тоннъ вѣса потянетъ съ тою же скоростью всего

$$\frac{1280}{5,809} = 220 \text{ тоннъ-брутто.}$$

Что при крупныхъ транспортахъ возможно-большая нагрузка поездовъ играетъ важную роль на удешевленіе стоимости перевозки, это уже давно замѣчено, и первоначальныя формулы, какъ напр. Рекля, на этомъ основываются.

О нагрузкѣ поездовъ намъ представится еще случай поговорить въ отдѣлѣ объ эксплуатационныхъ расходахъ, теперь-же мы только этимъ и ограничимся.

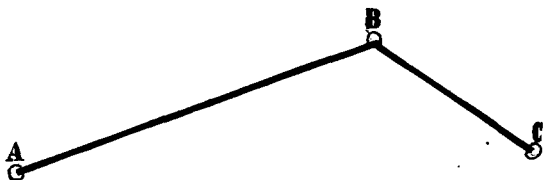
### 3. Опредѣленіе уклоновъ, направленныхъ противоположно главному движенію.

Часто случается, что дороги, проведенныя по весьма производительной мѣстности, перевозятъ товары по одному только направленію; въ обратную-же сторону движутся только пустые вагоны.

Въ подобныхъ случаяхъ допускается заложение болѣе крупныхъ уклоновъ, направленныхъ противоположно движенію пустыхъ вагоновъ, при условіи, конечно, большей дешевизны постройки дороги.

Вопросъ о величинѣ этихъ обратныхъ уклоновъ разрѣшается очень просто при помощи виртуальныхъ протяженій.

Представимъ себѣ продольную профиль дороги  $ABC$  и допустимъ, что отъ ея производительнаго пункта  $A$  товары движутся по направленію къ  $C$ , а отсюда въ обратномъ направленіи идутъ только пустопорожніе вагоны. Далѣе допустимъ, что наиболѣе выгодный уклонъ части  $AB$ , дающій возможность пройти водораздѣлъ  $B$ , есть  $n\%$  и радиусы ея кривыхъ есть  $\text{см.}$ , то при этихъ данныхъ не трудно будетъ найти изъ таблицъ виртуально-максимальный коэффициентъ  $a+b-1$  для части пути  $AB$ .



Если теперь допустить, что предполагаемые для этой дороги паровозы въ состояніи передвигать по горизонтальному и прямолинейному пути (при извѣстномъ коэффициентѣ сцепленія) грузъ въ  $A$  тоннъ, то нагрузка поѣзда опредѣлится изъ ур. 14:

$$L = \frac{A}{a+b-1} \text{ тоннъ.}$$

Если далѣе пустой вагонъ имѣетъ вѣсъ  $p$ , его нагрузка  $q$  тоннъ, то одинъ локомотивъ въ состояніи будетъ перевести по участку  $AB$

$$\frac{A}{(a+b-1)(p+q)}$$

груженыхъ вагоновъ.

Желая теперь тотъ-же локомотивъ пустить съ полнымъ грузомъ по части пути  $BC$ , то при сохраненіи тѣхъ-же наименьшихъ радиусовъ  $\text{см.}$ , которые допущены на части  $AB$ , максимальный грузъ поѣзда, вычисленный подобно предыдущему, будетъ

$$\frac{A}{x+b-1} \text{ тоннъ,}$$

гдѣ  $x$  есть виртуальный коэффициентъ для отыскиваемого уклона. Но такъ какъ по направленію отъ  $C$  до  $B$  движутся только пустые вагоны, то чтобы достигнуть найденный вѣсъ поѣзда, онъ долженъ состоять изъ

$$\frac{A}{(x+b-1)p} \text{ вагоновъ.}$$

Тѣ-же вагоны, которые передвигаются отъ  $A$  къ  $C$ , возвращаются обратно отъ  $C$  къ  $A$ , и поэтому всегда существуетъ слѣдующее равенство:

$$\frac{A}{(a+b-1)(p+q)} = \frac{A}{(x+b-1)p}.$$

Отсюда слѣдуетъ, что вслѣдствіе равенства  $A = A$ , сила тяги со-всѣмъ исключается изъ уравненія, которое по сокращеніи приметъ слѣдующій видъ:

$$(a+b-1)(p+q) = (x+b-1)p \text{ или}$$

$$x = a + \frac{q}{p}(a+b-1). \dots \dots \dots (15)$$

Изъ таблицъ  $A$  отыскивается теперь опредѣляемый уклонъ между  $A$  и  $B$ , соответствующее полученному виртуальному коэффициенту  $x$ .

Объяснимъ это числовымъ примѣромъ:

Было принято, что дорога черезъ Арлбергъ будетъ снабжать Швейцарію венгерскимъ хлѣбомъ, а обратно изъ Швейцаріи черезъ Арлбергъ пойдутъ одни только пустые вагоны. Было также положено, что австрійское правительство приметъ проектъ имперской генераль-инспекціи 1872 года, по которому на восточной сторонѣ отъ Арлберга (между Ландекомъ и Арлбергомъ) имѣлись уклоны въ  $25\text{‰}$  съ радіусомъ кривыхъ въ 250 метровъ; но при этомъ осталось не рѣшеннымъ, какими уклонами снабдить дорогу къ западу отъ Арлберга. Было также желаніе сдѣлать эти подъемы по возможности круглыми, такъ чтобы черезъ нихъ могли пройти одни только пустые вагоны изъ Швейцаріи. Виртуальный коэффициентъ  $a$  для  $25\text{‰}$  уклона по нашей таблицѣ = 9,683, а виртуальный коэффициентъ  $b$  для радіуса въ 250 метр. = 2,022.

При обыкновенномъ вѣсѣ товарныхъ вагоновъ  $p = 6$  тоннъ и ихъ нагрузкѣ  $q = 10$  тоннъ, наше уравненіе

$$(15) \dots x = a + \frac{q}{p}(a+b-1) \text{ будетъ}$$

$$x = 9,683 + \frac{10}{6}(9,683 + 2,022 - 1) = 9,683 + 17,841 = 27,524.$$

Эта величина 27,524 по нашей таблицѣ есть виртуальный коэффициентъ  $60\text{‰}$  подъема. Стало бытъ на восточной сторонѣ отъ Арлберга (отъ Блундеца къ Арлбергу) могутъ совпадать одновременно  $60\text{‰}$  уклоны съ кривыми, имѣющими въ радіусѣ 250 метровъ.

Предположеніе — будто на обратномъ пути слѣдуютъ одни только пустопорожніе вагоны не всегда оправдывается. Здѣсь такое предположеніе мы привели въ видѣ только примѣра; на дѣлѣ-же приходится принимать  $\frac{1}{2}$  или  $\frac{3}{4}$  нагрузки, но такой случай вычисляется подобнымъ-же образомъ.

#### 4. Количество потребляемого угля.

Расходъ угля прямо зависитъ отъ количества расходуемаго пара, который въ свою очередь пропорціоналенъ величинѣ сопротивленій; поэтому съ возрастаніемъ сопротивленій на пути возрастаетъ также и количество потребляемаго угля.

Если бы паровозы расходовали паръ на однѣ только сопротивленія движенію, то расходъ угля былъ-бы пропорціоналенъ виртуальной длинѣ дороги, ибо эта послѣдняя пропорціональна сопротивленіямъ, и на каждый виртуальный километръ пришлось бы одинаковое количество угля. Но на дѣлѣ не такъ:—паровозъ имѣетъ свои внутреннія сопротивленія машины, совершенство въ устройствѣ топки не одинаково, и наконецъ сама система паровоза допускаетъ различную экономію въ расходѣ пара, такъ что расходъ угля на каждый виртуальный тонно-километръ различенъ. Если при этомъ еще взять во вниманіе различіе въ качествѣ угля, то ясно будетъ, что каждая дорога расходуетъ различное количество угля.

Разнообразіе въ расходахъ угля зависитъ, главнымъ образомъ, отъ его нагрѣвательной способности. Такъ, Готшалъ приводитъ въ своемъ отчетѣ о движеніи на Бреннерѣ и Земмерингѣ за 1870 и 1871 года, что австрійскій бурый уголь на 47—80% хуже шлезвигскаго. Еще измѣнчивѣе бываетъ нагрѣвательная способность кокса, часто употребляемаго для отопленія паровозовъ.

Это разнообразіе въ нагрѣвательной способности горючаго матеріала можно однако обойти, — стоитъ только каждый сортъ топлива сравнить съ однимъ какимъ нибудь нормальнымъ углемъ.

Если такимъ нормальнымъ углемъ принять, напримѣръ, уголь изъ Сааръ, который въ настоящее время распространенъ по всей Швейцаріи и большей части Германіи, то причины неправильности въ расходѣ угля ограничатся однимъ только паровозомъ и въ такомъ случаѣ не трудно будетъ найти то количество угля, которое израсходуетъ каждый паровозъ во время пробѣга одного километра горизонтальнаго и прямолинейнаго пути.

Такой теоретическій расчетъ послужитъ на пользу для улучшенія конструкціи паровозовъ; но что касается потребностей эксплоатаціи, то такой расчетъ непримѣнимъ, такъ какъ въ него нельзя включить расходы угля по случаю растопокъ, стоянокъ, а также сопротивленія воздуха движенію и проч.

Поэтому и въ настоящемъ случаѣ, точно также какъ при опредѣленіи сопротивленій на горизонтальномъ пути, лучше всего вос-

пользоваться общими цифрами, выведенными из практики; но для этого необходимо собрать точныя свѣдѣнія о размѣрахъ движенія по желѣзнымъ дорогамъ и о количествѣ угля, израсходованнаго при этомъ.

Сравненіе достоинствъ угля швейцарскихъ желѣзныхъ дорогъ оказывается излишнимъ, ибо тамъ идетъ въ употребленіе одинъ только сортъ угля — саарскій, принятый нами за нормальный, но за то обзоръ тамошнихъ дорогъ весьма затруднителенъ вслѣдствіе чрезвычайнаго разнообразія въ ихъ уклонахъ; поэтому выбираемъ здѣсь, для сравненія, только такія дороги, которыхъ статистическія данныя разработаны съ достаточной для нашей цѣли полнотою.

### Движеніе на швейцарскихъ дорогахъ въ 1873 г.

НАЗВАНІЯ ДОРОГЪ.	Пробѣгъ въ километрахъ.	Средній вѣсъ въ тоннахъ.	Тонно- километръ.
<b>1) Бернская, правительственная:</b>			
локомотивовъ . . . . .	356435,4	42	14970287
осей пассажирскихъ вагоновъ . . . . .	2737309	2,884	7894399
осей товарныхъ вагоновъ . . . . .	5874096	2,7335	16056841
пассажировъ . . . . .	14920089	0,075	1119007
товаровъ . . . . .	—	—	7943376
			47983910
<b>2) Вевелійская:</b>			
локомотивовъ . . . . .	17154	14	240156
осей пассажирскихъ вагоновъ . . . . .	132956	4,875	648160
осей товарныхъ вагоновъ . . . . .	61782	2,7335	168879
пассажировъ . . . . .	564632	0,075	42347
товаровъ . . . . .	—	—	3700
			1103242
<b>3) Центральная:</b>			
локомотивовъ . . . . .	2201132	45,84	100899891
осей пассажирскихъ вагоновъ . . . . .	16358567	2,846	46556481
осей товарныхъ вагоновъ . . . . .	50653392	2,7335	138461046
пассажировъ . . . . .	84440438	0,075	6333032
товаровъ . . . . .	—	—	67629359
			359879809
<b>4) Юрская, промышленная:</b>			
локомотивовъ . . . . .	173061	47,5	8220398
осей пассажирскихъ вагоновъ . . . . .	1177263	3,014	3548271
осей товарныхъ вагоновъ . . . . .	1416453	2,7335	3871873
пассажировъ . . . . .	9432315	0,075	707424
товаровъ . . . . .	—	—	1070980
			17418946
<b>5) Оъверо-восточная:</b>			
локомотивовъ . . . . .	2115130	44,262	93619884
осей пассажирскихъ вагоновъ . . . . .	18895796	3,507	66267556
осей товарныхъ вагоновъ . . . . .	44341338	2,7335	121207047

НАЗВАНІЯ ДОРОГЪ.	Пробѣгъ въ километрахъ.	Средній вѣсъ въ тоннахъ.	Тонно- километръ.
пассажировъ . . . . .	99586287	0,075	7468972
товаровъ . . . . .	—	—	57230735
			345794194
<b>6) Ригійская (Витцнау):</b>			
локомотивовъ . . . . .	24290	12,5	303625
осей пассажирскихъ вагоновъ . . . . .	34766	2	69532
осей товарныхъ вагоновъ . . . . .	13814	1,5	20721
пассажировъ . . . . .	567868	0,075	42590
товаровъ . . . . .	—	—	20954
			457422
<b>7) Восточная швейцарская:</b>			
локомотивовъ . . . . .	2243742	48,892	109701034
осей пассажирскихъ вагоновъ . . . . .	16824664	3,190	53670677
осей товарныхъ вагоновъ . . . . .	53170958	2,7335	145342814
пассажировъ . . . . .	82002796	0,075	6150210
товаровъ . . . . .	—	—	64541561
			379406296
<b>8) Тоггенбургская:</b>			
локомотивовъ . . . . .	84790	25,6	2170624
осей пассажирскихъ вагоновъ . . . . .	521700	4,093	2135318
осей товарныхъ вагоновъ . . . . .	650010	2,7335	1776802
пассажировъ . . . . .	3550862	0,075	266315
товаровъ . . . . .	—	—	600941
			6950000
<b>9) Соединенная швейцарская:</b>			
локомотивовъ . . . . .	1387840	45,6	63285504
осей пассажирскихъ вагоновъ . . . . .	11815100	2,865	33850261
осей товарныхъ вагоновъ . . . . .	21539670	2,7335	58878687
пассажировъ . . . . .	60564398	0,075	4542330
товаровъ . . . . .	—	—	22515267
			183072049

Виртуальные протяженія этихъ дорогъ трудно опредѣлить за недостаткомъ необходимыхъ для этого статистическихъ данныхъ; только дорога черезъ Риги представляетъ исключеніе въ этомъ отношеніи, и для нея уже выше приведены соответственные вычисления. Для всѣхъ же остальныхъ дорогъ виртуальные длины вычислены только приблизительно по планамъ и продольнымъ профилямъ, имѣющимся въ статистическихъ отчетахъ швейцарскихъ желѣзныхъ дорогъ.

Такимъ образомъ, ихъ виртуальные протяженія, вслѣдствіе допущенія среднихъ величинъ, вышли, во всякомъ случаѣ, ниже дѣйствительности.

Въ слѣдующей таблицѣ приведены виртуальные протяженія, вмѣстѣ съ виртуальными зависимостями этихъ дорогъ.



ДОРОГИ.	ПРОДОЛЬНАЯ				
	Длина въ километр.	Подъемъ въ ‰	Спускъ въ ‰	Т У Д А	
				Коефф. а	Виртуал. длина въ километр.
1. Бернская правительственная . . .	41,689 11,012 18,688	7,49 — 0	— 6,71 0	3,43 отриц. 1	142,993 — 18,688
2. Беделейская . . . . .	2,211 2,089	1,50 0	— —	1,48 1	3,272 2,089
3. Центральная . . . . .	118,934 60,904 77,511	7,51 — 0	— 9,99 0	3,44 отриц. 1	409,133 — 77,511
4. Юрская промышленная . . . . .	24,990 8,092 2,771	23,99 — 0	— 15,99 0	9,29 отриц. 1	232,157 — 2,771
5. Сѣверо-восточная:					
а) Штамнець . . . . .	62,857 83,961 64,824	6,75 — 0	— 5,81 0	3,18 отриц. 1	199,885 — 64,824
б) Цюригъ-Цугъ-Люцернъ . . . . .	25,922 18,430 16,179	7,55 — 0	— 8,60 0	3,45 отриц. 1	89,431 — 16,179
в) Билахъ-Регенсбергъ . . . . .	1,380 7,794 10,768	5,00 — 0	— 4,05 0	2,61 отриц. 1	3,602 — 10,768
6. Восточная швейцарская . . . . .	116,070 119,009 79,584	7,82 — 0	— 9,60 0	3,54 отриц. 1	410,888 — 79,584
7. Тоггенбургская . . . . .	11,779 3,535 9,943	7,07 — 0	— 7,49 0	3,29 отриц. 1	38,752 — 9,943
8. Соединенныя швейцарскія . . . . .	133,111 73,503 63,187	5,58 — 0	— 8,06 0	2,80 отриц. 1	372,711 — 63,187

ДОРОГИ.	ПРОФИЛЬ.			ПЛАНЪ				Общая виртуальная длина въ километр.	Дѣйствительная длина въ километрахъ.	Виртуальная зависимость.
	ОБРАТНО		Средняя виртуал. длина въ километр.	Длина въ километр.	Средний радиусъ.	Коеф. б	Виртуал. длина въ километр.			
	Коефф. а	Виртуал. длина въ километр.								
1. Бернская правительственная . . .	отриц. 3,17 1	— 34,907 18,688	107,638	26,162 45,227	592 ∞	1,38 1	36,104 45,227 81,331	117,580	71,389	1,64
2. Беделейская . . . . .	0,52 1	1,150 2,089	4,300	2,034 2,266	318 ∞	1,8 1	3,661 2,266 5,927	5,927	4,300	1,38
3. Центральная . . . . .	отриц. 4,27 1	— 260,059 77,511	412,107	71,641 185,708	608 ∞	1,36 1	97,431 185,708 283,139	437,897	257,349	1,70
4. Юрская промышленная . . . . .	отриц. 6,34 1	— 51,303 2,771	144,501	16,535 19,318	614 ∞	1,35 1	22,322 19,318 41,640	150,288	35,853	4,19
5. Сѣверо-восточная:										
а) Штамнець . . . . .	отриц. 2,87 1	— 240,966 64,824	285,250	62,058 149,584	612 ∞	1,35 1	83,777 149,584 233,361	306,969	211,642	1,45
б) Цюригъ-Цугъ-Люцернъ . . . . .	отриц. 3,80 1	— 70,034 16,179	95,911	24,334 36,197	530 ∞	1,41 1	34,311 36,197 70,508	105,888	60,531	1,75
в) Билахъ-Регенсбергъ . . . . .	отриц. 2,30 1	— 17,926 10,768	21,532	7,259 12,683	825 ∞	1,23 1	8,928 12,683 21,611	23,201	19,942	1,16
6. Восточная швейцарская . . . . .	отриц. 4,14 1	— 492,697 79,584	531,376	146,937 167,726	668 ∞	1,29 1	189,548 167,726 357,274	574,000	314,663	1,82
7. Тоггенбургская . . . . .	отриц. 3,43 1	— 12,125 9,943	35,381	9,200 16,057	459 ∞	1,53 1	14,076 16,057 30,133	40,257	25,257	1,59
8. Соединенныя швейцарскія . . . . .	отриц. 3,62 1	— 266,080 63,187	382,582	79,840 189,961	594 ∞	1,38 1	110,179 189,961 300,140	412,921	269,801	1,53

Если въ расходу угля на тонно-километръ, или другого топлива, переведеннаго на уголь, прибавить еще тотъ уголь, который уходитъ во время производства маневровъ, во время стоянокъ, при растопкѣ, на службѣ резерва и проч., то отношеніе этого расхода къ количеству перевезенныхъ грузовъ по наклонному пути и по воображаемому горизонтальному пути выразится слѣдующимъ образомъ:

НАЗВАНІЯ ДОРОГЪ 1873.	Движеніе:— тонно-килом.- брутто.	РАСХОДЪ УГЛ.		Дѣйстви- тель- ная длина.	Виртуальная длина.	Виртуальная зависимость.	Движеніе:— вирт. тонно- километръ- брутто.	Расходъ угля на вирт. тонно- килом.-брутто.
		Въ объемъ тоннъ.	На тонно- километръ.					
			килог.					килог.
Бернская прав.	47983910	2976,21	0,06203	71,389	117,580	1,64	78693612	0,03781
Беделійская.	1103242	98	0,08882	4,300	5,927	1,38	1522474	0,06436
Центральная	359879809	23867,3	0,06632	257,349	437,897	1,70	611795675	0,03901
Юрская пром.	17418946	2833	0,16264	35,853	150,288	4,19	72985383	0,03881
Сѣверо-восточ.	345794194	19666,21	0,05687	292,115	436,058	1,49	515233349	0,03817
Ригійская	457422	784	1,71395	7,026	328,336	46,73	21375361	0,03668
Восточ. швейц.	379406296	25951	0,06839	314,663	573,987	1,82	690529459	0,03757
Тоггенбургская	6950000	402	0,05784	25,257	40,357	1,59	11050500	0,03637
Соедин. швейц.	183072049	11776	0,06432	269,802	412,921	1,53	280100231	0,04204
		88353,72					2283276044	0,03869

Изъ настоящей таблицы видно, что, не смотря на то обстоятельство, что расходъ угля на тонно-километръ чрезвычайно различенъ и измѣняется отъ 0,05687 до 1,7139, однако этотъ-же расходъ на виртуальный тонно-километръ остается почти одинаковымъ для всѣхъ дорогъ, за исключеніемъ одной только беделійской, гдѣ этотъ расходъ почти вдвое болѣе.

Впрочемъ беделійская линия весьма коротка, и топливо, положенное въ паровозъ, не вполне сгораетъ на пути во время движенія, но лишь догораетъ во время стоянокъ; кромѣ того, въ показанный расходъ топлива еще, повидимому, включенъ уголь, идущій на движеніе парова. Поэтому, оставивъ ненормальныя условія этой дороги, общій расходъ горючаго матеріала на тонно-километръ-брутто будетъ 0,03668 до 0,04204 килограмма.

Весьма незначительный расходъ угля замѣчается на дорогѣ черезъ Риги, гдѣ паровозъ работаетъ съ полнымъ напряженіемъ вслѣдствіе его передвиженія при помощи зубчатого зацѣпленія, тогда какъ на дорогахъ, работающихъ съ помощію сцѣпленія, часто сила парова на крутыхъ уклонахъ пропадаетъ даромъ. Еще благопріятнѣе

будетъ расходъ на дорогахъ Артъ-Риги и Роршахъ-Гейденъ, ибо горизонтальное положеніе котла паровоза много способствуетъ къ наивыгоднѣйшему сгоранію топлива. Опредѣленіе расхода угля на этихъ желѣзныхъ дорогахъ возможно будетъ только послѣ ихъ осуществленія.

Колебаніе въ окончательныхъ выводахъ относительно расходовъ угля зависитъ, какъ мы выше упомянули, отъ индивидуальныхъ особенностей конструкціи паровоза; однако, при обстоятельномъ изслѣдованіи этого предмета, — для чего въ настоящее время не имѣется достаточно данныхъ, — можно будетъ убѣдиться, что этотъ расходъ всегда бываетъ ниже выведеннаго средняго числа въ 0,038 килограмма на виртуальный тонно-километръ. Поэтому можно допустить, что средній расходъ угля на тонно-километръ есть 0,037 килограмма и тогда для каждой дороги, уклоны и кривыя которой извѣстны, можно будетъ напередъ вычислить ея вѣроятный расходъ угля въ зависимости отъ предполагаемаго движенія.

Для примѣра сдѣлаемъ расчетъ угля, израсходованнаго въ 1876 году на этлибергской дорогѣ.

Ея виртуальная зависимость, какъ вычислено выше = 10,285; поэтому на тонно-километръ валового груза приходилось:

$$10,285 \times 0,037 = 0,38 \text{ килограмма угля.}$$

Такъ такъ въ годовомъ отчетѣ этой дороги не показано какое количество и по какому уклону перевезено строительныхъ матеріаловъ, то намъ приходится ограничиться однимъ только правильнымъ транспортомъ, который равенъ по этому отчету:

		Тонно-кило- метръ.
26007,8	локомотиво-километр. по 24 тонны вѣса . . . . .	624187
4648	пассажирск. вагоновъ по 5,75 » и 9,1 килом. протяж. пути	242788
95208	пассажировъ по 0,075 » и 9,1 » » »	64979
75,7	тонны багажа } по 9,1 » » »	5789
560,45	» товаровъ }	
		937743

Умножая эти 937743 тонно-километровъ на 0,38 килогр., получимъ 356 тоннъ угля—величина близкая къ дѣйствительности, если принять во вниманіе количество угля, ушедшаго на перевозку строительныхъ матеріаловъ.

### 5) Изнашиваемость отъ тормаженія.

На спускѣ въ 3,2‰ сила тяжести превосходитъ силу тренія на горизонтальномъ и прямолинейномъ пути, почему виртуальный коэффициентъ для всѣхъ спусковъ, начиная отъ этого предѣла, бы-

ваетъ всегда отрицательнымъ. Иначе говоря, въ настоящемъ случаѣ не существуетъ сопротивленій движенію, но наоборотъ—является постоянная движущая сила, которую необходимо умѣрить посредствомъ тормаженія; въ противномъ-же случаѣ скорость поѣзда слишкомъ увеличится.

Во сколько разъ эта движущая сила болѣе сопротивленія на горизонтальномъ и прямолинейномъ пути, точно также какъ и абсолютная величина этого сопротивленія, видно изъ приведенныхъ таблицъ виртуальныхъ коэффиціентовъ, и поэтому не трудно опредѣлить работу тренія какъ между тормазными колодками и ободами колесъ, такъ и между этими послѣдними и рельсами.

Это треніе, уменьшающее движущую силу поѣзда, вызываетъ изнашиваемость рельсовъ и ободовъ колесъ, почему его необходимо поставить въ прямой зависимости отъ виртуальныхъ коэффиціентовъ разсматриваемаго участка пути.

Такъ, напр., при  $6^{\circ}/_{\infty}$  спускѣ, виртуальный коэффиціентъ есть 0,938, т. е. на такомъ уклонѣ сила тяжести вызываетъ постоянную силу, которая въ 0,938 разъ больше, чѣмъ сопротивленія на горизонтальномъ и прямолинейномъ пути. Но такъ какъ эти сопротивленія по урав. (1) есть

$$W = (1,65 + 0,05 v) Q,$$

то дѣйствіе силы тяжести будетъ такое же, какъ дѣйствіе груза въ  $(1,65 + 0,05 v) Q \cdot 0,938$ ,

а ея работа будетъ

$$(1,65 + 0,05 v) Q \cdot 0,938 v \text{ тонно-километръ въ часъ.}$$

Зная теперь величину работы тренія, необходимую для совершеннаго истиранія матеріала, изъ котораго построены ободы и рельсы, при помощи вышеприведенной формулы опредѣлится еще тотъ грузъ  $Q$ , который при употребленіи этого матеріала возможно будетъ перевозить по настоящему уклону въ  $6^{\circ}/_{\infty}$ . Но такъ какъ величина тренія зависитъ не только отъ качества матеріала, но также и отъ формы рельса и обода, то поэтому ее возможно опредѣлить только на основаніи непосредственныхъ опытовъ.

Относительно этого предмета въ настоящее время существуютъ одни только достовѣрные опыты Штоккерта (центрального инспектора сѣверной дороги императора Фердинанда), изложенные также въ извѣстномъ сочиненіи Heusinger v. Waldegg: «Handbuch über specielle Eisenbahntechnik» и обнародованные въ «Organ für die Fortschritte etc.» за 1873 г., стр. 71.

Но эти опыты, къ сожалѣнію, не имѣютъ никакого соприкосно-

венія съ болѣе крутыми уклонами, ибо наибольшій уклонъ сѣверной дороги, на которой они производились, не превосходитъ  $\frac{1}{150}$  или  $6,66\%$ , тогда какъ въ настоящее время часто встрѣчаются уклоны въ  $50$  и  $70\%$ . Но какъ бы то ни было, а опытами Штоккерта приходится довольствоваться за неимѣніемъ другихъ, болѣе удовлетворительныхъ данныхъ, ибо существующіе еще опыты, какъ, напр., инженера Меннеля, произведенные на восточной желѣзной дорогѣ, въ Баваріи, между Нюренбергомъ и Нейбирхеномъ и обнародованные въ журналѣ «Zeitschrift des bayer. Architekten-und Ingenieurvereins, 1870», обнимаютъ слишкомъ короткій промежутокъ времени и произведены на весьма незначительномъ пространствѣ; при томъ они сопровождались такими случайностями, что ихъ результаты при однихъ и тѣхъ же условіяхъ, т. е. при одинаковыхъ уклонахъ и кривыхъ, разнятся между собою на  $200$  и до  $300\%$ . Ясно, что, поэтому, они совершенно непригодны. И если результаты, полученные на основаніи опытовъ Штоккерта и при помощи виртуальныхъ протяженій, надо считать только временными, впредь до новыхъ изслѣдованій, то изъ дальнѣйшихъ нашихъ разсужденій ясно видно будетъ, какъ важно положить виртуальную длину въ основаніе новыхъ изслѣдованій относительно истираемости рельсовъ.

Штоккертъ даетъ для разныхъ спусковъ слѣдующіе коэффициенты, при допущеніи совершеннаго изнашиванія рельсовъ отъ движущагося по нимъ валового груза:

$\%$	Коэффициенты.
1	0,280
1,11	0,310
1,25	0,350
1,43	0,400
1,66	0,470
2	0,560
2,5	0,700
3,33	0,930
4	1,120
5	1,400
6,66	1,870

Эту таблицу слѣдуетъ понимать такимъ образомъ:

что если грузъ въ  $P$  центнеровъ, движущійся по спуску въ  $6,66\%$ , въ состояніи произвести совершенное истираніе рельсовъ,

то на горизонтальномъ пути такіе же рельсы изотрутся отъ груза ббльшаго на величину въ  $1,870P$ , или отъ груза

$$P + 1,870P \text{ или } P(1 + 1,870).$$

Эта таблица даетъ также непосредственно величину истиранія, которое, если принять равнымъ единицѣ на  $0\text{‰}$  спускѣ, то на

1 ‰	= 1,28
1,11 ‰	= 1,31
1,25 ‰	= 1,35
1,43 ‰	= 1,40
1,66 ‰	= 1,47
2 ‰	= 1,56
2,5 ‰	= 1,70
3,33 ‰	= 1,93
4 ‰	= 2,12
5 ‰	= 2,40
6,66 ‰	= 2,87

Желая сравнить рядъ Штоккерта съ виртуальными коэффициентами, необходимо прежде всего отыскать величину того спуска дороги, котораго виртуальный коэффициентъ = 0. Это можно найти изъ вышеприведеннаго уравненія (7)

$$a = 1 - \frac{m}{2,45 + \sqrt{0,49 - 0,01225 m}}$$

Если  $a = 0$ ,

то  $m^2 - 4,8877 m = -5,5125$ ,

или  $m = 3,122075\text{‰}$

Интерполируя коэффициентъ истираемости Штоккерта между двумя величинами

2,5 ‰	= 1,700
и 3,33 ‰	= 1,930, то получится
для 3,122 ‰	= 1,871

и обѣ таблицы представляются слѣдующимъ образомъ:

спуски въ ‰	коэффициенты Штоккерта	коэффициенты виртуальные.
0	1	1
1	1,28	0,6817
1,11	1,31	0,6530
1,25	1,35	0,6338
1,43	1,40	0,6535
1,66	1,47	0,5091
2	1,56	0,3615

2,5	1,70	0,2007
3,122	1,871	0
3,333	1,930	—0,0683
4	2,120	—0,2845
5	2,400	—0,6104
6,66	2,870	—1,1560

Отсюда видно, что коэффициенты Штоккерта постоянно возрастают, между тѣмъ какъ виртуальные коэффициенты, остаются положительными только до  $0-3,122^{\circ}/_{\infty}$  и, начиная отсюда, сохраняютъ отрицательный знакъ, постепенно возрастая вмѣстѣ съ увеличеніемъ спусковъ пути. Это надо понимать слѣдующимъ образомъ: съ увеличеніемъ спусковъ возрастаетъ также и истираемость рельсовъ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, уменьшаются сопротивленія движению поѣзда, такъ что при спускахъ ниже  $3,122^{\circ}/_{\infty}$  они становятся отрицательными и образуютъ при этомъ движущую силу, избытокъ которой необходимо поглощать дѣйствіемъ тормазовъ.

Такимъ образомъ мы видимъ, что не существуетъ никакой связи между коэффициентами Штоккерта и виртуальными; однако эта связь сейчасъ-же обнаружится, если принять во вниманіе слѣдующее соображеніе:

Истираніе рельсовъ зависитъ отъ двухъ причинъ—во-первыхъ, отъ тормаженія и, во вторыхъ, отъ самой скорости ѣзды.

Уже давно замѣчено, что съ увеличеніемъ скорости ѣзды изнашиваемость также возрастаетъ. Этотъ фактъ подтверждаетъ также и Штоккертъ въ своихъ обширныхъ наблюденіяхъ на дорогѣ императора Фердинанда. На незначительныхъ спускахъ, гдѣ еще существуютъ сопротивленія и, поэтому, движеніе поѣзда поддерживается парами, скорость его всегда бываетъ нѣсколько больше, и въ этомъ случаѣ разумное правило—ѣздить съ одинаковою скоростью какъ въ гору, такъ и подъ гору—рѣдко соблюдается. Поэтому теперь становится понятнымъ, отчего при движеніи на спускахъ отъ 0 до  $3,122^{\circ}/_{\infty}$ , когда сопротивленія начинаютъ уменьшаться, величина истиранія, наоборотъ, увеличивается. На этомъ основаніи коэффициентъ Штоккерта долженъ постоянно возрастать и именно до тѣхъ поръ, пока спускъ настолько увеличится, что для замедленія скорости движущагося по немъ поѣзда необходимо прибѣгнуть къ помощи тормазовъ.

Какъ только-что упомянуто, тормаженіе поѣзда должно начать съ  $3,122^{\circ}/_{\infty}$  уклона, ибо, начиная отсюда постоянно дѣйствующая

сила тяжести вызывает постепенное ускорение движения поезда, согласное съ измѣненіями виртуальнаго коэффициента.

Итакъ, на спускѣ свыше 3,122‰ истираніе рельсовъ происходитъ не только отъ скорости, но и отъ тормажения. Что-же касается величины самой скорости, то она съ увеличеніемъ спуска остается одинаковой какъ на 3,122 ‰, ибо, съ прекращеніемъ дѣйствія пара, поезду даютъ такой же ходъ, какой онъ имѣлъ подъ парами, и, въ случаѣ увеличенія этого хода, его замедляютъ тормажениемъ.

Изнашиваніе, вызываемое величиною скорости, должно, вслѣдствіе ея постоянства, оставаться также постояннымъ и равняться, по Штоккерту, 1,871. Остальное-же истираніе на крутыхъ спускахъ происходитъ отъ тормажения.

Если теперь изъ коэффициента изнашиваемости Штоккерта вычесть постоянную величину истираемости, происходящую отъ скорости, то получимъ коэффициенты изнашиваемости, которая происходитъ исключительно отъ дѣйствія тормазовъ.

Эти коэффициенты суть слѣдующіе:

при 3,112‰	= 1,871 — 1,871 = 0
» 3,333‰	= 1,930 — 1,871 = 0,059
» 4 ‰	= 2,120 — 1,871 = 0,249
» 5 ‰	= 2,400 — 1,871 = 0,529
» 6,66 ‰	= 2,870 — 1,871 = 0,999

Сравнивая теперь коэффициенты истираемости отъ тормажения съ соотвѣстственными виртуальными коэффициентами, оказывается, что первые составляютъ круглымъ счетомъ 86‰ послѣднихъ, и таблица Штоккерта, выведенная изъ практическихъ наблюденій, возрастаетъ почти одинаково съ виртуальнымъ коэффициентомъ, а именно:

	истираніе отъ тормажения.	вирт. коэффициентъ отрицательно.
при 3,112‰	0	0
» 3,333‰	0,059	0,0683
» 4 ‰	0,249	0,2845
» 5 ‰	0,529	0,6104
6,66 ‰	0,999	1,1560

Такимъ образомъ является возможность для болѣе крутыхъ уклоновъ вывести коэффициенты истираемости изъ виртуальныхъ коэффициентовъ и при помощи этихъ послѣднихъ продолжать рядъ Штоккерта слѣдующимъ образомъ.



спуски въ %.	вирт. коэффициент. отрицательно.	истирание отъ тормажения.	истирание отъ скорости.	полное исти- рание.
7	1,268	1,090	1,871	2,961
8	1,601	1,377	1,871	3,248
9	1,935	1,664	1,871	3,535
10	2,275	1,954	1,871	3,825
11	2,611	2,245	1,871	4,116
12	2,953	2,540	1,871	4,411
13	3,297	2,835	1,871	4,706
14	3,644	3,134	1,871	5,005
15	3,994	3,435	1,871	5,306
16	4,347	3,738	1,871	5,609
17	4,703	4,045	1,871	5,916
18	5,063	4,354	1,871	6,225
19	5,426	4,666	1,871	6,537
20	5,793	4,982	1,871	6,853
21	6,193	5,300	1,871	7,171
22	6,537	5,622	1,871	7,493
23	6,915	5,947	1,871	7,818
24	7,297	6,275	1,871	8,146
25	7,683	6,607	1,871	8,478

и т. д.

Съ перваго раза покажется страннымъ, что въ предъидущемъ изложеніи выпущено изъ виду истирание при *пздѣ въ гору*, но принимая во вниманіе, что при одномъ и томъ-же грузѣ величина истираемости отъ ѣзды въ гору остается одинаковою съ величиною истираемости отъ ѣзды по горизонтальному пути, которая принята за коэффициентъ въ 1; не упуская далѣе изъ виду, что коэффициенты Штоккерта, взятые изъ практики, составляютъ полную истираемость, изъ которой выдѣляется только та величина, которая проистекаетъ исключительно отъ тормажения,—то убѣдимся въ основательности такого пробѣла.

Относительно истираемости въ кривыхъ выведены изъ опытовъ Штоккерта слѣдующіе коэффициенты:

Радіусъ	=	1000	кляфтеровъ <sup>1)</sup> ;	коэффициент.	=	0,15
»	=	900	»	»	=	0,17
»	=	800	»	»	=	0,19
»	=	700	»	»	=	0,21
»	=	600	»	»	=	0,25

<sup>1)</sup> Одинъ австр. клястеръ = 6 футамъ и 2,676 дюйм. англ. = 0,889 саж.

Радиусъ	=	500	кляфтеровъ;	коэффициентъ	=	0,30
»	=	400	»	»	=	0,38
»	=	300	»	»	=	0,50
»	=	200	»	»	=	0,75

Эти коэффициенты слѣдуетъ понимать такимъ образомъ: что движущійся по кривой грузъ произведетъ на рельсы такое же дѣйствіе, какое производитъ движущійся по прямому пути тотъ же грузъ, но увеличенный на величину этихъ коэффициентовъ. Поэтому, если принять истираемость на прямолинейномъ пути=1, то истираемость на кривыхъ съ вышеприведенными радиусами по Штоккерту будетъ: 1,15; 1,17; 1,19 и т. д.

Сравненіе этихъ коэффициентовъ съ виртуальными показываетъ, что и они также постоянно возрастаютъ и что соотвѣтственные виртуальные коэффициенты, среднимъ счетомъ, на 93% менѣе, чѣмъ коэффициентъ истираемости, и именно:

Радиусы		виртуальные коэффициенты	прибавивъ сюда 7%	получ. коэффициен- ты истираемости
въ кляфтер.	въ метрахъ			
1000	1900	1,087	0,076	1,163
900	1710	1,090	0,076	1,166
800	1520	1,103	0,077	1,180
700	1330	1,119	0,078	1,195
600	1140	1,127	0,078	1,205
500	950	1,176	0,082	1,258
400	760	1,252	0,088	1,340
300	570	1,386	0,097	1,483
200	380	1,665	0,116	1,781

Такъ получаются, приблизительно, всѣ коэффициенты Штоккерта.

Однако весьма близкой связи между ними невозможно достигнуть, ибо виртуальные коэффициенты построены на общихъ среднихъ числахъ, между тѣмъ какъ наблюденія относительно истираемости въ кривыхъ произведены только на одной дорогѣ императора Фердинанда, имѣющей свои особенности, какъ разстояніе между осями колесъ, такъ и проч.

Такимъ образомъ, виртуальные коэффициенты даютъ среднія, совершенно достаточныя для употребленія, цифры относительно истираемости какъ отъ тормаженія, такъ и отъ кривизны путей, и въ результатѣ всѣхъ вышеприведенныхъ разсужденій могутъ служить слѣдующія таблицы, дающія величину истираемости рельсовъ.

Коэффициентъ истираемости  $C_m$  для спусковъ въ  $m$  ‰  
есть при:

Спуски въ ‰	Ковѣ. истираемости.	Спуски въ ‰	Ковѣ. истираемости.	Спуски въ ‰	Ковѣ. истираемости.
0	1	7,5	3,104	16,5	5,762
1	1,28	8	3,248	17	5,916
1,11	1,31	8,5	3,390	17,5	6,069
1,25	1,35	9	3,535	18	6,225
1,43	1,40	9,5	3,679	18,5	6,381
1,66	1,47	10	3,825	19	6,537
2	1,56	10,5	3,970	19,5	6,695
2,5	1,70	11	4,116	20	6,853
3,122	1,871	11,5	4,263	20,5	7,011
3,333	1,930	12	4,411	21	7,171
3,5	1,976	12,5	4,558	21,5	7,332
4	2,115	13	4,706	22	7,493
4,5	2,255	13,5	4,855	22,5	7,655
5	2,396	14	5,005	23	7,818
5,5	2,536	14,5	5,155	23,5	7,981
6	2,678	15	5,306	24	8,146
6,5	2,819	15,5	5,457	24,5	8,311
7	2,961	16	5,609	25	8,478

Коэффициентъ истираемости  $C_p$  для кривыхъ радіуса  $p$   
метр. есть при:

Радіусы въ метр.	Ковѣ. истираемости.	Радіусы въ метрахъ.	Ковѣ. истираемости.	Радіусы въ метрахъ.	Ковѣ. истираемости.
200	2,468	800	1,326	1800	1,165
250	2,163	850	1,312	1900	1,163
300	1,986	900	1,297	2000	1,161
350	1,842	950	1,257	2200	1,150
400	1,740	1000	1,219	2400	1,139
450	1,658	1100	1,211	2600	1,135
500	1,541	1200	1,200	2800	1,131
550	1,495	1300	1,197	3000	1,127
600	1,465	1400	1,193	3500	1,117
650	1,387	1500	1,181	4000	1,107
700	1,363	1600	1,168	4500	1,102
750	1,343	1700	1,163	5000	1,097
				∞	1,070

Годичный расход рельсов зависит, в каждом частном случае, от качества материала и формы самого рельса, кроме того, от их стоимости и в особенности от того взгляда, которого придерживаются относительно размеров изнашиваемости, допускаемой на практикѣ. Поэтому виртуальная длина не можетъ дать достаточно вѣрныхъ цифръ для опредѣленія этого расхода; но, тѣмъ не менѣе, въ общемъ, его среднее значеніе все-таки можно найти, слѣдующимъ, именно, образомъ:

Штоккертъ полагаетъ, что до полного изнашиванія рельсовъ по нимъ могутъ пробѣжать грузы

въ 400—500 милліоновъ центнеровъ-брутто при уклонахъ пути въ 3,33‰  
240 " " " " " " " " 6,66‰

Примѣняя къ этимъ цифрамъ коэффиціенты истираемости Штоккерта, получимъ, что это изнашиваніе равняется той изнашиваемости горизонтальнаго пути, по которому пробѣжить

въ первомъ случаѣ 772—965 милліоновъ центнеровъ-брутто  
во второмъ случаѣ 688 " " "

Поэтому примемъ <sup>1)</sup>, что на прямомъ, горизонтальномъ пути подлежатъ перемѣнѣ такіе рельсы, по которымъ уже прошло круглымъ счетомъ

700 милліоновъ центнеровъ-брутто, или  
35 " тоннъ-брутто.

Если же теперь допустимъ, что по горизонтальному пути ежегодно проходитъ  $t$  тоннъ валового груза, то перемѣна рельсовъ послѣдуетъ черезъ каждые  $\frac{35000000}{t}$  лѣтъ.

Обозначивъ черезъ  $K$  франковъ стоимость новыхъ рельсовъ для одного километра пути, а черезъ  $k$  франковъ стоимость изношенныхъ рельсовъ, подлежащихъ перемѣнѣ, то по прошествіи  $\frac{35000000}{t}$  лѣтъ стоимость рельсовъ одного километра пути будетъ  $K - k$  франковъ.

Въ большинствѣ случаевъ дорога не горизонтальна и не прямолинейна. Допустимъ, что она имѣетъ  $m$ ‰ подъемъ и кривыя съ

<sup>1)</sup> Функъ сообщаетъ въ своемъ трактатѣ «о продолжительности рельсовъ», помѣщенномъ въ Zeitschrift für Baukunde, I Heft. 1878 г., что на дорогахъ съ слабыми уклонами и пологими кривыми, гдѣ поезда не тормазятся, изнашиваемость рельсовъ изъ бессемеровской стали составляетъ одинъ милліметръ въ вышину, если по нимъ пробѣгаетъ 10—12 милліоновъ тоннъ валового груза. Но такъ какъ изнашиваемость такого рельса часто можно допустить до 15 милліметровъ, то 150—180 милліоновъ тоннъ надо разсматривать какъ максимальное число для рельсовъ изъ бессемеровской стали лучшаго достоинства.

радіусами въ  $\rho$  метровъ. Тогда, по вышеприведеннымъ коэффициентамъ, истираемость отъ присутствія этихъ уклоновъ и кривыхъ будетъ въ  $C_m + C_p - 1$  разъ болѣе и поэтому рельсы продержатся не  $\frac{35000000}{t}$  лѣтъ, какъ на горизонтальномъ пути, но на величину  $C_m + C_p - 1$  менѣе, т. е. всего  $\frac{35000000}{t(C_m + C_p - 1)}$  лѣтъ, и за этотъ промежутокъ времени рельсы одного километра пути обойдутся въ  $K - k$  франковъ.

Желая теперь вносить ежегодно одинаковыя суммы для образованія капитала на возобновленіе рельсовъ, то, принимая что суммы эти будутъ приносить 5%, ежегодный взносъ на каждый километръ будетъ

$$E = \frac{(K - k) 0,05}{\frac{35000000}{t(C_m + C_p - 1)} - 1} \cdot 1,05$$

Выберемъ числовой примѣръ.

Этлибергская дорога имѣетъ на протяженіи 809' метровъ подъемъ въ 70‰ и кривыя 150 метр. въ радіусѣ.

Спрашивается—черезъ какой промежутокъ времени потребуется возобновленіе рельсовъ на этомъ участкѣ, если предполагаемое на немъ движеніе будетъ такое же какъ и въ 1875 году.

Это движеніе по годовому отчету 1875 г. было слѣдующее:

локомотиво-километръ—29935,2 или 3289 оборотовъ	по 24 тонны	= 78936 т.
пассажирскихъ вагоновъ—4304	по 5,75 тонны	= 24748 »
товарныхъ вагоновъ—2 × 2029	по 3,75 тонны	= 15217 »
пассажировъ—90182	по 0,075 тонны	= 6764 »
товаровъ—963,75 тонны		= 969 »
багажу—49,86 тонны		= 50 »
строительныхъ матерьяловъ 2028,5 × 7,5		= 15214 »
		<hr/>
		141898 т.

стало быть среднимъ счетомъ  $t = 142000$  тонны.

Для спуска въ 70‰ виртуальный коэффициентъ = 29,950; коэффициентъ же истиранія рельсовъ бываетъ въ 0,86 разъ болѣе, т. е.

$$29,950 \times 0,86 = 25,757$$

$$+ 1,871$$

$$C_m = 27,628$$

Для кривой съ радіусомъ въ 150 метр. виртуальный коэффициентъ = 2,781; коэффициентъ изнашиваемости на 7‰ болѣе, стало быть  $C_p = 2,976$ .

Поэтому общая истираемость рельсовъ будетъ въ

7,6228 + 2,976 — 1 = 29,604 разъ больше, чѣмъ на горизонтальномъ и прямолинейномъ пути.

Такимъ образомъ продолжительность рельсовъ есть

$$\frac{35000000}{142000 \cdot 29,604} = \frac{35000000}{4203768} = 9 \text{ лѣтъ.}$$

Значить на этомъ участкѣ, съ 70<sup>0</sup>/<sub>00</sub> уклономъ, переменна рельсовъ, при среднемъ достоинствѣ ихъ матеріала, должна будетъ послѣдовать черезъ 9 лѣтъ, т. е. въ 1884 г.

Желая теперь узнать сколько необходимо внести ежегодно въ запасной капиталъ, который бы далъ возможность возобновить свое временно всѣ рельсы дороги, необходимо прежде всего отыскать величины  $C_m$  и  $C_p$  для дѣлой линіи.

### Исчисленіе величины $C_m$ .

длина $l$	уклоны	вирт. коэф- фиц. $a$	0,86a	$C_m$	$C_m \cdot l$
139,03	0	—	—	1	139
160	25	7,683	6,607	8,478	1356
50	0	—	—	1	50
200	12,5	3,125	2,687	4,558	912
50	0	—	—	1	50
260	10	2,272	1,954	3,825	994
440,38	0	—	—	1	440
136	15	3,994	3,435	5,306	721
316	30	9,716	8,356	10,227	3232
454	20	5,793	4,982	6,853	3110
300	30	9,716	8,356	10,227	3068
440	40	15,314	13,170	15,041	6618
300	50	20,358	17,508	19,379	5814
100	10	2,272	1,954	3,825	382
960	55	22,743	19,559	21,430	20573
230	57	23,699	20,381	22,252	5118
320	53	21,789	18,738	20,609	6595
1013,04	55	22,743	19,559	21,430	21709
170,2	7	1,268	1,090	2,961	504
550	60	25,134	21,615	23,486	12917
452,58	62	26,093	22,440	24,311	11732
115,96	0	—	—	1	116
1080	67	28,500	24,510	26,381	28491
809,14	70	29,950	25,757	27,628	22355
90,67	0	—	—	1	91
<u>9,167</u>					<u>156,087</u>

Среднее  $C_m = 17,027$ .

Исчисленіе величины  $C_p$ .

длина $l$	радіусы	вирт. коэфф. $b$	$C_p$	$C_p \cdot l$
4295,84	$\infty$	1	1,07	4596
224,49	1000	1,139	1,219	274
292,92	500	1,440	1,541	451
524,76	400	1,626	1,739	912
226,04	360	1,702	1,821	411
411,72	300	1,856	1,986	818
37,82	250	2,022	2,163	82
614,44	200	2,307	2,468	1517
952,45	180	2,460	2,632	2507
1106,09	150	2,781	2,976	3292
480,43	135	2,997	3,206	1540
<u>9,167</u>				<u>16,400</u>

Среднее  $C_p = 1,790$ .

Итакъ, выше найдено  $t = 142000$

$C_m = 17,027$

$C_p = 1,790$

поэтому средняя продолжительность всѣхъ рельсовъ есть

$$\frac{35000000}{t(C_m + C_p - 1)} = \frac{35000000}{142000 \cdot 17,817} = 14 \text{ лѣтъ}$$

стоимость одного километра рельсовъ 30-ти килограммовъ вѣсомъ:

новыя . . . . .  $K = 13200$

старыя, къ вычету . . . . .  $k = 4800$

$$K - k = 8400$$

или для всей дороги . . . . .  $K - k = 77280$ ,

а на обновленіе рельсовъ слѣдуетъ внести ежегодно въ запасный капиталъ

$$\frac{(K-k) \cdot 0,05}{35000000} = \frac{77280 \cdot 0,05}{14} = 3943 \text{ франка.}$$

$$\frac{1,05}{t(C_m + C_p - 1)} = \frac{1}{105 - 1}$$

Этимъ путемъ опредѣлена одна только часть изнашиваемости отъ тормажения, и именно рельсовъ.

Подобнымъ-же образомъ нетрудно опредѣлить изнашиваемость подвижного состава, величина которой находится въ тѣсной связи съ изнашиваемостью рельсовъ. Но такъ какъ въ нашемъ распоряженіи не имѣется въ настоящее время достаточно данныхъ для одновременнаго вычисленія виртуальной длины опредѣленнаго числа до

рогъ въ зависимости отъ количества движенія и величины изнашиваемости подвижного состава, то по необходимости воздерживаемся теперь отъ этого рода вычислений.

Само собою разумѣется, что всѣ эти соображенія примѣнимы для такихъ только дорогъ, на которыхъ при ѣздѣ подъ гору сила тяжести уничтожается посредствомъ тормаженія бѣгущихъ колесъ.

При другихъ системахъ, какъ, напр., на дорогахъ съ зубчатымъ зацѣпленіемъ, величина истираемости рельсовъ не будетъ возрастать одинаково съ виртуальнымъ коэффициентомъ, ибо живая сила поѣзда замедляется другими средствами (зубчатымъ колесомъ).

На такихъ дорогахъ, построенныхъ не по обыкновенной системѣ, истираемость рельсовъ есть величина постоянная, нисколько не зависящая отъ величины уклоновъ. Эта постоянная величина менѣе, чѣмъ изнашиваемость на прямомъ и горизонтальномъ пути, ибо здѣсь слѣдуетъ принять въ расчетъ одно только треніе 2-го рода (катучее), а треніе отъ извилистости и скорости ѣзды выпускается, такъ какъ эта скорость незначительна.

Сущствующія теперь желѣзныя дороги по системѣ съ зубчатымъ зацѣпленіемъ слишкомъ недолго эксплуатируются, чтобы уже можно было заручиться практическими данными для опредѣленія величины истираемости на нихъ рельсовъ. Однако, желая и теперь уже имѣть нѣкоторыя данности для опредѣленія эксплуатаціонныхъ расходовъ, надо прежде всего не забывать, что величина истираемости на этихъ аномальныхъ дорогахъ значительно ниже, чѣмъ на горизонтальномъ и прямолинейномъ пути, такъ что къ этимъ дорогамъ непримѣнимы ни единичный коэффициентъ Штоккерта, ни допущеніе, что 35.000.000 груза потребуютъ возобновленія рельсовъ. Далѣе:—вслѣдствіе меньшей истираемости рельсовъ, имъ придана меньшая профиль сравнительно съ рельсами обыкновенныхъ дорогъ, и поэтому допускаемые на этихъ дорогахъ размѣры движущихся грузовъ должны значительно уменьшаться, когда рельсы достигнутъ послѣднихъ степеней изнашиваемости.

Хотя количество грузовъ, вполне изнашивающихъ рельсы этихъ дорогъ (съ зубчатымъ зацѣпленіемъ), сравнительно незначительно и на мѣсто 35.000.000 можетъ быть принято всего только 5 милліоновъ груза, однако продолжительность этихъ рельсовъ все таки весьма велика; и для дороги Витцнау-Риги, на которой движеніе 1873 года ограничилось 457.422 километро-тоннами или 65.346 тоннами-брутто, эта продолжительность

будетъ  $\frac{5.000.000}{6534} = 76$  лѣтъ.



Въ дѣйствительности-же это число значительно меньше, такъ какъ въ продолженіи полугода настоящая дорога находится въ бездѣйствіи, почему и рельсы въ это время подвергаются ржавчинѣ.

### 6) Стоимость эксплуатаціи.

Отъ большей или меньшей щедрости въ устройствѣ желѣзнодорожнаго управленія зависитъ до извѣстной степени стоимость эксплуатаціи; но во всякомъ случаѣ она слагается изъ расходовъ по слѣдующимъ статьямъ:

- 1) по управленію дорогою,
- 2) по надзору за исправностью пути,
- 3) по ремонту пути,
- 4) по отправленію и приему поѣздовъ (служба эксплуатаціи),
- 5) по службѣ тяги и подвижного состава,
- 6) по службѣ поѣздовъ (поѣздная прислуга).

Расходы по управленію содержать въ себѣ одну часть постоянную, общую для всѣхъ дорогъ и не зависящую какъ отъ величины эксплуатируемой сѣти, такъ и отъ размѣровъ происходящаго на ней движенія. Эту постоянную часть обозначимъ черезъ  $a$ .

Вторая часть этихъ расходовъ зависитъ отъ размѣровъ управляемой желѣзнодорожной сѣти, и если  $b$  выразить покилометровый расходъ, то  $bl$  дастъ весь расходъ сѣти, состоящей изъ  $l$  километровъ.

Наконецъ, третью часть этихъ-же расходовъ, которая прямо зависитъ отъ количества движенія, обозначимъ черезъ  $v$ , а единичный— черезъ  $c$ .

Такимъ образомъ расходъ  $V$  по общему управленію выразится слѣдующимъ образомъ:

$$V = a + bl + cv$$

Надзоръ за исправностью пути не вполне пропорціоналенъ его дѣйствительному протяженію, но значительно усиливается на болѣе крутыхъ уклонахъ уже потому, что тогда безопасность движенія прямо зависитъ отъ болѣе или менѣе удовлетворительнаго состоянія пути, и такъ какъ крутые уклоны получаютъ свое выраженіе въ виртуальной длинѣ, то, поэтому, стоимость надзора  $A$  находится въ прямомъ отношеніи къ виртуальной длинѣ дороги  $\lambda$ ,

$$\text{и } A = d\lambda$$

гдѣ  $d$  обозначаетъ расходъ на одинъ виртуальный километръ пути.

Ремонтныя издержки отчасти зависятъ отъ атмосферныхъ условій данной мѣстности и сообразно съ этимъ существуетъ равно-

мѣрный покилометровый расходъ  $e$  на все протяженіе дороги въ  $l$  километровъ. Другая часть этого расхода зависитъ отъ размѣровъ движенія и величины уклоновъ, ибо съ ихъ возрастаніемъ увеличивается также и изнашиваемость пути. Если теперь  $v$  изобразить величину движенія, то, вспомнивъ, что сопротивленія движенію на пути выражаются посредствомъ его виртуальной длины  $\lambda$ , получимъ, что эта часть расхода есть

$$v \cdot \lambda \cdot \epsilon$$

гдѣ  $\epsilon$ —расходъ на виртуальный тонно-километръ.

Общая же стоимость содержанія пути  $U$  будетъ

$$U = e \cdot l + v \cdot \lambda \cdot \epsilon$$

Расходы по отправленію и приему поѣздовъ также распадаются на двѣ части, и именно: на всѣхъ станціяхъ дороги, при наималѣйшемъ даже движеніи, имѣется нѣкоторый опредѣленный комплектъ служащихъ, который остается постояннымъ до тѣхъ поръ, пока движеніе не возрастетъ до извѣстныхъ предѣловъ. Этотъ комплектъ служащихъ образуетъ постоянный расходъ, который назовемъ черезъ  $f$  на километръ пути, а на всю дорогу въ  $l$  километровъ пути— $fl$ . Если же движеніе увеличится выше извѣстной нормы, такъ что явится необходимость въ увеличеніи числа экспедиціонныхъ агентовъ на станціи, то и расходы по этому поводу также возрастутъ. Но такъ какъ трудно допустить, чтобы понадобилось одновременное увеличеніе служащихъ на всѣхъ станціяхъ, то и возрастаніе расходовъ также будетъ не внезапное, но постепенное и ихъ можно будетъ распредѣлить равномерно по всей линіи.

Опытъ показалъ, что обыкновенный, неувеличенный контингентъ служащихъ на станціи оказывается достаточнымъ только до тѣхъ поръ, пока движеніе не возрастетъ до 10 поѣздовъ въ день. Если теперь обозначить черезъ  $z$  годовое число поѣздо-километровъ какойнибудь дороги, то, при ея длинѣ въ  $l$  километровъ, по ней ежедневно пройдетъ  $\frac{z}{365 \cdot l}$  поѣздовъ, и величина  $\frac{z}{365 \cdot l} - 10$  будетъ тотъ излишекъ поѣздовъ, который потребуетъ увеличенія служебнаго персонала на нѣкоторыхъ наиболѣе посѣщаемыхъ станціяхъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ возрастаніе расходовъ, которое назовемъ черезъ  $g$  на каждый поѣздъ. Для цѣлаго года увеличеніе этихъ расходовъ будетъ

$$\left( \frac{z}{365 \cdot l} - 10 \right) 365 \cdot g, \text{ или}$$

$$\left( \frac{z}{l} - 3650 \right) g.$$

Такимъ образомъ, экспедиціонные расходы  $E$  составятъ

$$E = f \cdot l + g \left( \frac{z}{v} - 3650 \right).$$

Само собою разумѣется, что когда  $\frac{z}{v} - 3650$  будетъ величиною отрицательною, то второй членъ формулы не слѣдуетъ принимать во вниманіе.

Стоимость силы тяги, къ которой мы также относимъ и изнашиваемость подвижного состава, находится въ прямой зависимости отъ сопротивленій движенія.

Но такъ какъ эти послѣднія зависятъ одинаково какъ отъ величины транспортируемаго груза  $v$ , такъ и отъ виртуальной длины  $\lambda$ , то стоимость силы тяги

$$Z = h \cdot v \cdot \lambda$$

составится изъ произведенія трехъ величинъ, изъ которыхъ, кромѣ только-что обозначенныхъ,  $h$  есть единичный расходъ на виртуальный тонно-километръ.

Наконецъ, расходы по поѣздной службѣ (прислугѣ) зависятъ не только отъ количества движенія  $v$ , но и отъ возможной максимальной нагрузки поѣздовъ. Поѣздная прислуга (мы здѣсь подразумеваемъ, главнымъ образомъ, товарные поѣзды) остается одинаковою, будетъ ли въ поѣздѣ нѣсколькими вагонами больше или меньше; поэтому настоящіе расходы, распределенные равномерно по поѣздамъ, будутъ вообще тѣмъ менѣе, чѣмъ большее количество грузовъ одновременно перевезено по дорогѣ.

Но такъ какъ нагрузка поѣздовъ, какъ уже было сказано въ этомъ отдѣлѣ, зависитъ отъ максимальнаго коэффициента дороги, то поэтому расходы по содержанию поѣздной прислуги находятся въ прямомъ отношеніи къ этому коэффициенту  $m$  и на виртуальный тонно-километръ будутъ  $i \cdot m$ ; гдѣ  $i$  обозначаетъ часть расхода, соответствующаго коэффициенту въ единицу.

Разумѣется, что настоящій расходъ не слѣдуетъ отнести къ дѣйствительной длинѣ дороги, но къ ея виртуальному протяженію, такъ какъ продолжительность ѣзды и, вмѣстѣ съ тѣмъ, ея стоимость вполне зависятъ отъ существующихъ на пути сопротивленій. Такимъ образомъ, расходы по поѣздной службѣ для  $v \cdot \lambda$  километро-тоннъ будутъ

$$F = i \cdot m \cdot v \cdot \lambda$$

Если бы существовали однообразіе и опредѣленная форма въ изложеніи статистическихъ отчетовъ различныхъ желѣзныхъ дорогъ, то нетрудно было бы найти всѣ коэффициенты, которые пока не опредѣлены во всѣхъ вышеприведенныхъ 6 уравненіяхъ, и такимъ

образомъ въ каждомъ частномъ случаѣ легко было бы вычислить соотвѣтственные расходы по всѣмъ статьямъ.

Но подобнаго однообразія въ желѣзнодорожной статистикѣ не существуетъ, и поэтому рѣшеніе настоящаго вопроса приходится отложить впередъ до осуществленія такого предположенія.

Такъ какъ на дѣлѣ трудно ожидать скорой обработки или даже пересоставленія статистическихъ данныхъ, то, поэтому, въ настоящее время приходится довольствоваться отысканіемъ для каждой страны въ отдѣльности, или даже для каждой ея мѣстности, особой связи между расходами по эксплуатаціи и виртуальнымъ оборотомъ валового движенія, существующаго на желѣзныхъ дорогахъ.

Примѣненіе этой идеи лучше всего покажемъ на примѣрѣ и для этого выберемъ тѣ же самыя швейцарскія дороги, которыя нами уже рассмотрѣны въ главѣ о количествѣ потребляемаго угля; (стр. 102 и 103) при этомъ воспользуемся тѣми данностями, которыя приведены въ статистическихъ отчетахъ швейцарскихъ желѣзныхъ дорогъ за 1873 г.

Здѣсь, точно такъ же, какъ и въ только-что упомянутой главѣ, необходимо предварительно замѣтить, что виртуальныя зависимости дорогъ и существовавшія на нихъ движенія, т. е. число тонно-километровъ, вычислены только приблизительно и что, въ сущности, для этого необходимо рассмотретьъ всѣ дороги-цѣлаго района мѣстности, и то въ продолженіе цѣлаго ряда лѣтъ.

Въ слѣдующей таблицѣ отмѣчено число тонно-километровъ приведенныхъ въ ней дорогъ, а во второмъ столбцѣ ихъ валовые расходы по эксплуатаціи, взятые изъ статистическихъ желѣзнодорожныхъ отчетовъ.

При вычисленіяхъ—къ расходамъ по эксплуатаціи слѣдуетъ также отнести и тѣ расходы по производству разныхъ работъ, которые были вызваны потребностями эксплуатаціи и которые, однако, причисляются нѣкоторыми желѣзнодорожными управленіями къ основному капиталу.

Изъ первыхъ двухъ столбцовъ таблицы составленъ ея третій столбецъ, въ которомъ помѣщены расходы въ сантимахъ на тонно-километръ. Изъ этого столбца видно, что эти расходы чрезвычайно разнообразны и измѣняются, въ зависимости отъ характера дороги отъ 1,5 до 48,8 сант. Въ слѣдующей 4-ой колоннѣ приведены виртуальныя зависимости обоихъ протяженій дороги, а отъ раздѣленія чиселъ 3-й колонны на числа 4-й колонны получены числа пятого столбца, выражающія расходъ на виртуальный тонно-километр.

НАЗВАНІЯ ДОРОГЪ.	Тонно-кило-метр.-брутто.	Стоимость экс-плуатации		Виртуаль-ныя зави-симости.	Стоимость вѣса на вирг. тонно-кил.-брутто.
		общая.	натонно-килом.-брутто.		
		ФРАНК.	САНТ.		САНТ.
Бернская, правител. . . . .	47983910	1.207.683	2,516	1,64	1,534
Бедельская . . . . .	4103242	57.145	5,180	1,38	3,753
Центральная . . . . .	359879809	7.359.790	1,998	1,70	1,175
Юрская, промышленная . . . . .	17418946	783.546	4,498	4,19	1,073
Сѣверо-восточная . . . . .	345794194	6.102.567	1,764	1,49	1,184
Ригійская (Витнау) . . . . .	457422	223.423	48,843	46,73	1,045
Восточная швейцарская . . . . .	379406296	6.014.656	1,585	1,82	0,871
Тоггенбургская . . . . .	6950000	160.920	2,315	1,59	1,456
Соединенныя швейцарскія	183072049	3.529.061	1,927	1,53	1,260
Въ общемъ . . . . .	1342065868	25.438.791	1,895		1,107

Независимо отъ одной бедельской дороги, на которой расходъ угля также ненормаленъ, на всѣхъ остальныхъ дорогахъ расходы на виртуальный тонно-километръ-брутто не многимъ разнятся между собою и весьма близки къ средней величинѣ въ 1,107 сантимовъ на виртуальный тонно-километръ-брутто.

Если-же на мѣсто приблизительныхъ виртуальныхъ зависимостей отыскать ихъ болѣе точныя величины, а общіе расходы по эксплуатаціи основательно провѣрить, то окажется, что въ настоящее время для Швейцаріи можно довольствоваться среднимъ числомъ въ 1,1 сант.

### 7) Назначеніе тарифовъ.

Здѣсь не мѣсто заниматься опредѣленіемъ тарифовъ для каковой бы то ни было страны въ отдѣльности, тѣмъ болѣе, что для этого понадобился-бы цѣлый рядъ статистическихъ свѣдѣній, собранныхъ за много лѣтъ.

Но за то мы здѣсь намѣрены указать на тѣ приемы и способы, къ которымъ необходимо прибѣгнуть при опредѣленіи единичной провозной платы.

Для возможности такого опредѣленія необходимо прежде всего отыскать величину расходовъ, производимыхъ желѣзною дорогою, ибо тогда только и возможно знать, какихъ размѣровъ должны быть доходы дороги, которые-бы могли покрыть ея расходы.

Эти послѣдніе состоятъ обыкновенно изъ слѣдующихъ частей:

- 1) изъ расходовъ по эксплуатаціи непосредственно;
- 2) изъ временныхъ расходовъ на ремонтъ верхняго строенія;
- 3) изъ процентовъ на затраченный капиталъ;
- 4) изъ погашенія послѣдняго.

Первыя двѣ статьи расходовъ зависятъ, какъ уже прежде было сказано, отъ тѣхъ сопротивленій, которыя существуютъ на пути при движеніи поѣзда; поэтому ихъ слѣдуетъ сопоставить съ виртуальнымъ протяженіемъ дороги.

Остальныя же двѣ части расходовъ касаются болѣе финансовой стороны предпріятія, зависящей по преимуществу отъ временныхъ мѣстныхъ условий, и поэтому ихъ изслѣдованіе не можетъ имѣть здѣсь мѣста, — развѣ указаніе на ихъ опредѣленіе посредствомъ примѣра.

Если всѣ эти статьи расходовъ отысканы для какой нибудь желѣзнодорожной сѣти, имѣющей извѣстное движеніе, то остается узнать, сколько выпадаетъ расходовъ на виртуальный тонно-километръ-брутто, для котораго ихъ слѣдуетъ принять какъ основной тарифъ.

Отыскавши теперь статистическимъ путемъ, сколько виртуальныхъ тонно-километръ-брутто соотвѣтствуетъ одному виртуальному пассажиро-километру и одному виртуальному тонно-километру грузанетто, опредѣлится средній тарифъ этихъ послѣднихъ.

Навонецъ, при помощи среднихъ тарифовъ, опредѣляются спеціальныя тарифы, и такимъ образомъ вырабатывается вся тарифная система.

Теперь покажемъ на примѣрѣ, какимъ образомъ ведутся настоящіе расчеты.

Для этого выберемъ тѣ самыя швейцарскія дороги, съ ихъ данностями, которыя приведены въ прежнихъ главахъ, и опредѣляемъ:

### 1) Эксплоатаціонные расходы.

Эти послѣдніе расходы уже нами рассмотрѣны въ предыдущей главѣ; поэтому, считая настоящіе расходы на виртуальный тонно-километръ-брутто уже найденными, ограничимся теперь приведеніемъ общихъ издержекъ на среднее годовое движеніе.

### 2) Временные расходы по ремонту верхняго строенія.

Ремонтъ верхняго строенія разлагается на двѣ существенно различныя части; во-первыхъ, изнашиваемость рельсовъ, которая зависитъ, какъ уже прежде было показано, отъ сопротивленія пути движенію и отъ самаго движенія; во-вторыхъ, порча шпаль, которая очень мало зависитъ отъ уклоновъ, кривыхъ и количества движенія, но зато, главнымъ образомъ, отъ атмосферы.

а) изнашиваемость рельсовъ и находящуюся въ связи съ этимъ величину ежегодныхъ взносовъ для образованія капитала на ихъ возобновленіе вычисляемъ попрежнему и опредѣляемъ при этомъ оба коэффициента:

а) Коэффициентъ истираемости вслѣдствіе уклоновъ  $C_m$ .

НАЗВАНІЯ ДОРОГЪ.	Средній уклонъ въ ‰	Варт. коэф- а	0,86a	$C_m$	длина $l$		$C_m \cdot l$		Средній. $C_m$
					частная въ килом.	общая въ килом.	въ част- ности.	въ об- щевъ.	
Бернская, правит.	7,49 6,71 0	1,434 1,169	1,233 1,055	3,104 2,876 1,000	41,689 11,012 18,688	71,389	129,402 31,670 18,688	179,760	2,518
Бедлейская . . .	1,50 0	-0,522	-0,449	1,422 1,000	2,211 2,089	4,300	3,143 2,089	5,232	1,216
Центральная . .	7,51 9,99 0	1,434 2,272	1,233 1,954	3,104 3,825 1,000	118,934 60,904 77,511	257,349	369,171 232,968 77,511	679,650	2,641
Юрская, промышл.	23,99 15,99 0	7,297 4,347	6,275 3,738	8,146 5,609 1,000	24,990 8,092 2,776	35,853	203,568 45,388 2,771	251,727	7,021
Сѣверо-восточная: Штамнетцъ . .	6,75 5,81 0	1,185 0,873	1,019 0,751	2,890 2,622 1,000	62,857 83,961 64,824	211,642	181,657 220,146 64,824	466,627	2,204
Цюрихъ - Цугъ - Люцернъ . .	7,55 8,60 0	1,451 1,801	1,248 1,549	3,119 3,420 1,000	25,922 18,430 16,176	60,531	80,851 63,031 16,179	160,061	2,644
Вилахъ - Регенс- бергъ . . . .	5,0 4,05 0	0,610 0,300	0,525 0,258	2,396 2,129 1,000	1,380 7,794 10,768	19,942	3,306 16,593 10,768	30,667	1,538
въ общемъ						292,115		657,355	2,250
Восточная швейц.	7,82 9,60 0	1,536 2,137	1,321 1,838	3,192 3,709 1,000	116,070 119,009 79,584	314,663	370,495 441,404 79,584	891,483	2,833
Тоггенбургская .	7,07 7,49 0	1,290 1,434	1,109 1,233	2,980 3,104 1,000	11,779 3,535 9,943	25,357	35,101 10,973 9,943	56,017	2,217
Соедин. швейцар.	5,58 8,06 0	0,800 1,618	0,688 1,391	2,559 3,262 1,000	133,111 73,503 63,187	269,801	340,631 239,767 63,187	643,585	2,385

β) Коэффициентъ истираемости вслѣдствіе кривыхъ С<sub>p</sub>.

НАЗВАНІЯ ДОРОГЪ.	Средній радиусъ	Вирт. коэффициентъ	C <sub>p</sub>	длина l		C <sub>p</sub> · l		Средній C <sub>p</sub>
				въ част.ности.	въ общ.щемъ.	въ част.ности.	въ общ.щемъ.	
Бернская, правительств.	592 ∞	1,385 1	1,482 1,07	26,162 45,227	71,389	38,772 48,392	87,164	1,211
Бедлейская . . . . .	318 ∞	1,800 1	1,926 1,07	2,034 2,266	4,300	3,917 3,846	7,763	1,805
Центральная . . . . .	608 ∞	1,358 1	1,453 1,07	71,641 185,708	257,349	104,094 198,707	302,801	1,176
Юрская, промышленная.	614 ∞	1,348 1	1,442 1,07	16,535 19,318	35,853	23,843 20,670	44,513	1,241
Сѣверо-восточная:								
Штамметцъ . . . . .	612 ∞	1,351 1	1,445 1,07	62,058 149,584	211,642	89,674 160,055	249,729	1,171
Цюригъ-Цугъ-Люцернъ	530 ∞	1,413 1	1,512 1,07	24,334 36,197	60,531	36,793 38,731	75,524	1,247
Билахъ-Регенсбургъ .	825 ∞	1,233 1	1,319 1,07	7,259 12,683	19,942	9,575 13,57	23,146	1,110
въ общемъ					292,115		348,399	1,193
Восточная, швейцарская	668 ∞	1,288 1	1,378 1,07	146,937 167,726	314,663	202,478 179,467	381,945	1,213
Тоггенбургская . . . . .	459 ∞	1,527 1	1,634 1,07	9,200 16,057	25,257	15,033 17,181	32,214	1,275
Соединенныя, швейцар.	594 ∞	1,378 1	1,474 1	79,840 189,961	269,801	117,674 189,961	307,635	1,140

Какъ видно изъ этихъ вычисленій, и теперь, подобно тому, какъ и прежде, приняты однѣ только среднія цифры, между тѣмъ какъ для болѣе точнаго исчисленія тарифовъ необходимо предварительно вывести детальныя расчеты для каждой дороги въ отдѣльности.

Если теперь принять, какъ это уже было сдѣлано въ главѣ объ изнашиваемости рельсовъ, (стр. 106) что возобновленіе рельсовъ должно послѣдовать на горизонтальномъ и прямолинейномъ пути послѣ



прохода черезъ нихъ 35.000.000 тоннъ-брутто, то при помощи коэффиціентовъ  $C_m$  и  $C_p$  легко получить для каждой дороги величину тѣхъ грузовъ, которые потребуютъ перемѣны рельсовъ послѣ ихъ пробѣга, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, также нетрудно будетъ найти продолжительность рельсовъ данной дороги, если только будетъ извѣстно количество грузовъ, передвигаемыхъ по ней въ продолженіи одного года.

При этомъ надо замѣтить, что совершенно безразлично—будетъ ли данная дорога объ одномъ или о двухъ путяхъ, ибо въ послѣднемъ случаѣ, при данномъ движеніи, истираемость рельсовъ будетъ вдвое менѣ чѣмъ на одноколейной дорогѣ, почему и ихъ продолжительность удвоится; но зато, по прошествіи двойного времени, придется возобновить также двойное количество рельсовъ.

Расчитывая по прежнимъ даннымъ, что укладка одного километра новыхъ рельсовъ обходится въ . . . . . 13.200 фр. причеъъ вырывается за старыя рельсы . . . . . 4.800 »

то возобновленіе одного километра рельсовъ обходится въ . . . . . 8.400 фр.

Желаая установить срочную плату для образованія капитала, который бы далъ возможность, по прошествіи  $n$  лѣтъ, перемѣнить одновременно всѣ рельсы дороги, то принимая, что ежегодные взносы  $Q$  принесутъ 4,5%, которые должны присоединиться къ цѣлому капиталу, величина  $Q$  опредѣлится изъ слѣдующаго уравненія:

$$Q = \frac{(K-k) \cdot 0,045}{1,045^n - 1}$$

гдѣ  $K-k$  обозначаетъ весь капиталъ, необходимый для укладки новыхъ рельсовъ по всей дорогѣ.

Эти расчеты изложены въ нижеслѣдующей таблицѣ.

Въ ней-же, для дороги черезъ Риги, сдѣлано исключеніе въ томъ, что, вслѣдствіе слабости уложенныхъ на ней рельсовъ, величина груза, изнашивающаго рельсы на горизонтальномъ и прямолинейномъ пути, принята въ 5.000.000 тоннъ-брутто и, наоборотъ, коэффиціентъ изнашиваемости рельсовъ  $C_m + C_p - 1$  принятъ равнымъ 1, такъ какъ на ней существуетъ одно только катучее треніе.

Стоимость возобновленія одного километра рельсовъ и зубчатой рейки принята здѣсь въ 61.000 фр.

Для величины движенія на разныхъ дорогахъ сдѣлано допущеніе, что статистическія данныя за 1873 годъ выведены изъ наблюденій за много лѣтъ и приняты на мѣсто среднихъ величинъ. На дѣлѣ-же это слѣдовало-бы еще сдѣлать.

НАЗВАНІЯ ДОРОГЪ.	$C_m$ .	$C_p$ .	$C_m + C_p - 1$ .	Возобновле- ніе рельсовъ по передви- женіи черезъ нихъ тоннъ- брутто.	1873 годъ принять за нормальный.			Замѣна рельсовъ последуетъ, че- резъ—лѣтъ.	Стоимость рель- совъ всей дороги.	Годичный износъ для рельсовъ, при 4 1/2%.	
					Тоннъ-ки- лометръ- брутто.	Эксплоа- тируемая длина.	Тоннъ- брутто по всей дорогѣ.				
Бернская, правитель- ственная . . . . .	2,518	1,221	3,739	9.360.790	47.983.910	71,389	672.147	14	599.668	31.674	
Бедельская. . . . .	1,216	1,805	3,021	11.585.566	1.103.242	4,300	256.569	45	36.120	260	
Центральная . . . . .	2,641	1,176	3,817	9.169.502	359.879.809	257,349	1.398.411	6,5	2.161.732	293.680	
Юрская, промышленная.	7,021	1,241	8,262	4.236.261	17.418.946	35,853	484.726	8,7	301.165	29.045	
Сѣверо-восточная швейц.	2,250	1,193	3,443	10.165.550	345.794.194	292,115	1.183.760	8,5	2.453.766	243.349	
Ригійская . . . . .	Вслѣдствіе слабости рельсовъ и зубча- той рейки.			1.	5.000.000	457.422	7,026	65.104	76	428.586	705
Восточно-швейцарская.	2,833	1,213	4,046	8.650.518	379.406.296	314,663	1.205.754	7,2	2.643.169	318.975	
Тоггенбургская . . . .	2,217	1,275	3,492	10.022.912	6.950.000	25,257	275.171	36	212.159	2.462	
Соединенныя швейц. .	2,385	1,140	3,525	9.929.080	183.072.049	269,801	678.548	14,6	2.266.330	113.126	

## b) изнашиваемость шпаль.

Относительно изнашиваемости шпаль данности инженера Мозера («Eisenbahn» 1877 Bd. VI, № 21) можно принять за среднія величины, а именно: на каждый километр пути идетъ 1.200 шпаль. Пропитывая еловыя шпалы хлористымъ цинкомъ, стоимость ихъ достигаетъ 5 фр. за штуку или 6.000 фр. на каждый километр. Продолжительность такихъ пропитанныхъ шпаль можно принять въ 10 лѣтъ; поэтому черезъ каждыя 10 лѣтъ необходимо внести въ запасной капиталъ по 6.000 фр. на каждый километр пути, а ежегодно, считая по  $4\frac{1}{2}\%$  доходности со взносовъ, по  $\frac{6000 \cdot 0,045}{1,045^{10} - 1} = 488$  фр.

Принимая теперь во вниманіе все протяженіе вышеприведенныхъ линій, на каждой изъ нихъ приходится дѣлать ежегодные взносы въ запасной капиталъ для возобновленія верхняго строенія:

	общая длина въ килом.	ежегодные взносы.
Бернская, правительственная . . . . .	87,580	42.767 фр.
Бедлейская . . . . .	5,971	2.915 »
Центральная . . . . .	411,773	201.056 »
Юрская, промышленная . . . . .	39,844	19.455 »
Сѣверо-восточная . . . . .	462,906	226.021 »
Ригійская . . . . .	6,160	3.007 »
Восточно-швейцарская . . . . .	469,087	229.039 »
Тоггенбургская . . . . .	28,707	14.077 »
Соединенныя швейцарскія . . . . .	324,557	158.474 »

Здѣсь, въ противоположность изнашиваемости рельсовъ, уже принять во вниманіе не одинъ путь, но такъ, какъ существуетъ въ дѣйствительности.

## 3) Годичные проценты на затраченный капиталъ.

Предварительно надо себѣ уяснить, какія суммы слѣдуетъ отнести къ основному капиталу. Многія желѣзнодорожныя общества относятъ сюда всѣ тѣ расходы по возведенію разныхъ построекъ, которые были вызваны потребностями эксплуатаціи, тогда какъ въ дѣйствительности этого дѣлать не слѣдуетъ и уже прибавленныя суммы должны быть вычитаемы изъ основнаго капитала, изъ котораго слѣдуетъ также вычесть разныя субсидіи, выдаваемыя желѣзнодорожнымъ обществамъ подъ условіемъ срочной уплаты (à fonds perdus); на найденный, такимъ образомъ, дѣйствительный основной капиталъ можно положить  $5\%$ .

## 4) Погашеніе основного капитала.

Цифра въ 2% съ основного капитала для его ежегоднаго погашенія можетъ съ перваго взгляда показаться слишкомъ высокою, ибо тогда полное погашеніе капитала воспослѣдуетъ черезъ 26 лѣтъ. Однако эта норма находитъ свое оправданіе въ томъ соображеніи, что подвижной составъ, черезъ болѣе или менѣе короткій промежутокъ времени, необходимо возобновить, а ожидавшееся возрастаніе движенія на линіи обусловливаетъ также возведеніе новыхъ первостепенныхъ сооружений и т. п. Впрочемъ, при подробномъ исчисленіи тарифовъ всегда является возможность ввести погашеніе основного капитала по статьямъ его составляющимъ, и такъ именно, какъ мы это здѣсь сдѣлали въ статьѣ о возобновленіи верхняго строенія.

При такихъ предположеніяхъ, вычисляются общіе расходы на виртуальный тонно-километръ-брутто или основной тарифъ слѣдующимъ образомъ (см. таблицу на слѣд. стран. 123):

Здѣсь слѣдуетъ еще разъ, и притомъ выразительно, замѣтить, что всѣ данности относительно количества движенія, вмѣстѣ съ расходами по эксплуатаціи, взяты изъ статистическихъ отчетовъ за 1873 годъ, предполагая при этомъ, что эти цифры соотвѣтствуютъ среднимъ числамъ за все время существованія приведенныхъ въ таблицѣ дорогъ.

Хотя на нѣкоторыхъ дорогахъ общіе расходы на виртуальный тонно-километръ-брутто нѣсколько отступаютъ отъ средняго числа въ 2,629 сантимовъ,

однако съ увѣренностью можно сказать, что эта разница значительно уменьшится, если только принять въ расчетъ болѣе точныя виртуальныя зависимости и дѣйствительныя основныя капиталы дорогъ.

Желая перейти отъ общаго основнаго тарифа на виртуальный тонно-километръ-брутто къ частнымъ тарифамъ на виртуальный пассажиро-километръ и на виртуальный тонно-километръ-нетто грузовъ, необходимо прежде всего подсчитать, сколько приходится виртуальныхъ тонно-километровъ насчетъ тары и сколько насчетъ грузовъ-нетто.

Это достигнуто въ слѣдующей таблицѣ, на стр. 124, въ которой опять-таки данности 1873 г. приняты какъ среднія величины изъ результатовъ эксплуатаціи за все время существованія дорогъ (см. табл. на стр. 124).

НАЗВАНІЯ ДОРОГЪ.	Ежегодные взносы въ запасный капи- талъ на возобно- вленіе.		Заграченны капиталы.	5% ст. заграчен- ныхъ капиталовъ.	2% взносы на по- гашеніе потрачен- ныхъ капиталовъ.	Общіе расходы въ годъ.	Сработанныхъ тонно-килоmetro- брутто.	Виртуальные за- висимости.	Сдѣянныхъ вир- туальныхъ тонно- килоmetro-брутто.	Общіе расходы на виртуальн. тонно- килоmetro-брутто.	
	рельсовъ.	шпалъ.									
	ФР.	ФР.	ФР.	ФР.	ФР.	ФР.				САНТ.	
Бернская, правит.	1.207.683	31.674	42.767	18.100.000	905.000	362.000	2.549.124	47983910	1,64	78693612	3,239
Бедельская . . .	57.145	260	2.915	1.200.000	60.000	24.000	144.320	1103242	1,38	1522474	9,479
Центральная . .	7.359.790	293.680	201.056	92.296.574	4.613.838	1.845.932	14.315.296	359879809	1,70	611795675	2,340
Юрская, промыш.	783.546	29.045	19.455	17.024.495	851.225	340.490	2.023.761	17418946	4,19	72985383	2,773
Сѣверо-восточная.	6.102.567	243.349	226.021	82.101.116	4.155.056	1.662.022	12.389.015	345794194	1,49	515233349	2,405
Ригійская (Витц- нау) . . . . .	223.423	705	3.007	2.076.210	103.810	41.524	372.469	457422	46,73	21376730	1,742
Восточно-швейцар.	6.014.656	318.975	229.039	164.876.615	8.243.831	3.297.532	18.104.033	379406296	1,82	690519459	2,621
Тоггенбургская .	160.920	2.462	111.017	4.000.000	200.000	80.000	457.399	6950000	1,59	11050500	4,139
Соединенныя швейцарскія . .	3.529.061	113.126	158.751	83.981.016	4.199.051	1.679.620	9.679.332	183072049	1,53	280100231	3,455
	25.438.791	1.033.276	896.751		23.332.811	9.333.120	60.034.749			2283277413	2,629

НАЗВАНІЯ ДОРОГЪ.	Т О Н Н О - К И Л О М Е Т Р Ъ					Виртуальная зависимость.	ВИРТУАЛЬНЫХЪ ТОННО-КИЛОМЕТРЪ.				
	локомо- тивовъ.	пасса- вагон.	товарн. вагоновъ.	пасса- жировъ.	това- ровъ.		локомо- тивовъ.	пассажи- вагоновъ.	товарныхъ вагоновъ.	пассажи- ровъ.	товаровъ.
Бернская, правит. . . . .	14970287	7894399	16056841	1119007	7943376	1,64	24551270	12946814	26333219	1835172	13027137
Бедельская . . . . .	240156	648160	168879	42347	3700	1,38	331415	894461	233053	58439	5106
Центральная . . . . .	100899891	46556481	138461046	6333032	67629359	1,70	171529815	79146018	235283778	10766154	114989910
Юрская, пром. . . . .	8220398	3548271	3871873	707424	1070980	4,19	34443467	14867255	16223148	2964107	4487406
Сѣверо-восточная. . . . .	93619884	66267556	121207047	7468972	57230735	1,49	139493627	98738658	180598500	11128769	85273795
Ригійская . . . . .	303625	69532	20721	42590	20954	46,73	14188397	3249230	968293	1990231	979210
Восточно-швейц. . . . .	109701034	53670677	145342814	6150210	64541561	1,82	199655882	97680632	264523921	11193382	117465642
Тоггенбургская. . . . .	2170624	2135818	1776802	266315	600941	1,59	3451292	3395155	2825115	423441	955497
Соединенныя швейц. . . . .	63285504	33850261	58878687	4542330	22515267	1,53	96826820	51790899	90084390	6949764	34448358
							684471985	362709122	817173417	47309459	371612061
Тонно-километры локомотивовъ распределяются пропорционально между пассажир. и товарными вагонами слѣдующимъ образомъ . . . . .								210414359	474057654		
Мертвый грузъ для пассажировъ и товаровъ, поэтому, есть . . . . .							573123481	1291231071	573123481	1291231071	
Валовой оборотъ (брутто), пассажировъ и товаровъ . . . . .							—	—	—	620432940	1662843132
Чистый оборотъ (нетто) (тонно-километры пассажировъ переведены на пассажиро- километры, 1 пассажиръ = 75 килогр.) . . . . .							—	—	—	630792787	371612061
1 пассажиро-километръ = среднимъ счетомъ тонно-километрамъ-брутто . . . . .							—	—	—	0,98358	—
1 тонно-километръ-нетто товаровъ = » . . . . .							—	—	—	—	4,4747
Если виртуал. тонно-километръ-брутто стоитъ 2,629 сантим., то: средній тарифъ на 1 виртуал. пассажиро-километръ . . . . .							—	—	—	2,586 сантим.	—
» » » 1 » тонно-километръ-нетто . . . . .							—	—	—	—	11,765 сантим.

Изъ этой таблицы въ результатѣ выходитъ, что средній тарифъ на

1 виртуальный пассажиро-километръ = 2,586 сантимовъ,

1       >       тонно-километръ груза = 11,765       >

Теперь остается еще перейти отъ среднихъ тарифовъ къ спеціальнымъ.

#### а) Плата за провозъ пассажировъ.

Прежде всего необходимо изъ средняго пассажирскаго тарифа въ 2,586 сантим. на каждый виртуальный километръ выдѣлить плату за провозъ пассажировъ въ каждомъ изъ 3 классовъ въ отдѣльности.

При этомъ надо имѣть въ виду слѣдующее основное правило, на которомъ покинтся весь тарифный вопросъ, — что пассажиръ, занимая мѣсто въ вагонѣ какого бы то ни было класса, долженъ платить за провозъ соотвѣтственно транспортируемому валовому грузу.

Чтобы теперь опредѣлить валовой грузъ, выпадающій на долю каждаго пассажира, примемъ во вниманіе только тѣ вагоны, у которыхъ нѣтъ смѣшанныхъ классовъ, и вычислимъ при этомъ тару каждаго класса въ отдѣльности и количество имѣющихся въ вагонахъ мѣсть.

Но обыкновенно изъ всѣхъ мѣсть поѣзда заняты только 32% (такъ найдено на сѣверо-восточной дорогѣ изъ наблюденій за 6 лѣтъ, и это число должно быть принято для всѣхъ дорогъ относительно всѣхъ 3 классовъ); поэтому всю тару слѣдуетъ раздѣлить только на число занятыхъ мѣсть, прибавивъ сюда по 75 килограммовъ чистаго вѣса каждаго пассажира. Получивши такимъ образомъ вѣсъ-брутто одного пассажира каждаго класса, остается только раздѣлить средній его тарифъ въ 2,586 сантим. пропорціонально вѣсу пассажира каждаго изъ трехъ классовъ.

Эти расчеты приведены въ слѣдующей таблицѣ, на стр. 126 и 127.

НАЗВАНИЯ ДОРОГЪ.	I класса вагоны.				II класса вагоны.				III класса вагоны.			
	Количество.	Тара каждаго въ тоннахъ.	Вся тара въ тоннахъ.	Общее число мѣстъ.	Количество.	Тара каждаго въ тоннахъ.	Вся тара въ тоннахъ.	Общее число мѣстъ.	Количество.	Тара каждаго въ тоннахъ.	Вся тара въ тоннахъ.	Общее число мѣстъ.
Бернская, правит. . . . .	4	6,5	26	64	4	6,5	26	128	16	11,25	180	1152
	1	6,5	6,5	12	6	8,5	51	192	20	8,5	170	800
Беделейская . . . . .	—	—	—	—	8	9,75	78	512	2	9,75	19,5	128
Центральная. . . . .	6	6,5	39	96	2	6	12	48	70	11,25	787,5	5040
	6	6,5	39	72	4	6	24	96	—	—	—	—
	2	6,5	13	40	2	6	12	48	—	—	—	—
	5	6,5	32,5	105	5	6	30	160	—	—	—	—
	—	—	—	—	2	11,25	22,5	104	—	—	—	—
Юрская, пром. . . . .	6	6,08	36,48	144	8	5,79	46,32	240	18	5,68	102,24	720
	—	—	—	—	2	5,79	11,58	80	6	7,4	44,40	240
Сѣверо-восточная . . . . .	6	8,3	49,8	108	3	5,25	15,75	72	2	6,75	13,50	64
	6	8,6	51,6	108	14	7,75	108,50	478	4	6	24	128
	1	10,26	10,26	14	10	8,6	86	320	8	6,75	54	352
	5	8,3	41,5	90	6	8,55	51,3	192	27	7,75	209,25	1188
	—	—	—	—	8	12,75	102	448	30	8,1	243	1200
	—	—	—	—	—	—	—	—	4	8,15	32,6	160
	—	—	—	—	—	—	—	—	30	11,75	352,5	2160
Ригійская . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	5	3,99	19,95	270
	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2,65	5,30	60
Восточная швейц. . . . .	6	5,96	35,76	144	1	6,0	6,0	40	20	4,815	96,30	840
Тогенбургская . . . . .	2	6	12	48	1	6,0	6,0	36	1	5,97	5,97	46
	27	6,21	167,67	648	48	6,33	303,84	1920	39	6,16	240,24	1950
	5	6,5	32,5	60	13	7,5	97,5	416	40	6,885	275,40	2000
	9	7,5	67,5	189	5	4,63	23,15	150	15	12,0	180	1080
	6	6,498	38,99	72	3	5	15	90	4	5,96	23,84	200
	5	4,96	24,80	120	—	—	—	—	8	6,7	53,6	400
	—	—	—	—	—	—	—	—	12	4,7	56,4	480
	—	—	—	—	—	—	—	—	4	5,07	20,28	160
	—	—	—	—	2	8,6	17,20	64	8	7,95	63,60	320
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Соединенныя швейц. . . . .	9	6,1	54,90	200	10	5,8	58	160	42	10,84	455,28	3024
	1	9,4	9,40	18	11	9,4	103,40	352	17	5,54	94,18	544
	2	9,4	18,80	40	—	—	—	—	18	9,4	169,20	864
	—	—	807,96	2392	—	—	1307,04	6316	—	—	4084,78	26130
Изъ всѣхъ мѣстъ занято . . .	—	—	—	32%	—	—	—	32%	—	—	—	32%
Или только . . . . .	—	—	—	765	—	—	—	2031	—	—	—	8361
Поэтому на каждое занятое мѣсто приходится тары . . .	—	—	1,056	—	—	—	0,643	—	—	—	0,488	—
Вѣсъ-нетто одного пассажира .	—	—	0,075	—	—	—	0,075	—	—	—	0,075	—
Вѣсъ-брутто одного пассажира	—	—	1,131	—	—	—	0,718	—	—	—	0,563	—
При такихъ условіяхъ приходится дѣлать средній тарифъ на вирт. пассажиро-километ. въ 2,586 сантимъ на 3 класса, а именно: . . . . .	—	—	3,645	—	—	—	2,298	—	—	—	1,814	—



Тарифы, полученные въ предыдущей таблицѣ для всѣхъ трехъ классовъ, надо считать крайними и неизмѣнными; но такъ какъ всегда желательно понизить плату за проѣздъ туда—обратно, также за абонементные билеты, за проѣздъ по случаю гуляній и проч. и проч., то, поѣтому, становится необходимымъ нѣсколько повысить основной тарифъ на обыкновенный проѣздъ пассажировъ.

Если бы за продолжительный періодъ времени было доказано изъ статистическихъ отчетовъ какой нибудь страны (въ нашемъ примѣрѣ для Швейцаріи), что, примѣрно, на 100 пассажировъ приходится

30	пассажировъ съ обыкновенными билетами
40	» » обратными,
	удешевленными на 20%
15	» » билетами для гуляній,
	удешевленными на 40%
15	» » абонементными билетами,
	удешевленными на 50%,

то плата за обыкновенный проѣздъ  $x$  опредѣлится слѣдующимъ образомъ:

въ I классѣ:

$$30x + 40 \left( x - \frac{20x}{100} \right) + 15 \left( x - \frac{40x}{100} \right) + 15 \left( x - \frac{50x}{100} \right) = 100.3,645$$

$$78,5x = 364,5$$

$$x = 4,643$$

во II классѣ:

$$78,5x = 229,8$$

$$x = 2,925$$

въ III классѣ:

$$78,5x = 181,5$$

$$x = 2,311$$

или ѣзда обходится:

	въ I классѣ	во II классѣ	въ III классѣ
обыкновенная на вирт. пассаж.-килом. =	4,643	2,925	2,311
съ обратнымъ » » » » =	3,715	2,340	1,849
на гулянья » » » » =	2,787	1,755	1,387
по абонементу » » » » =	2,321	1,462	1,155 сант.

Для сравненія обыкновенныхъ тарифовъ, рассчитанныхъ сообразно съ дѣйствительною длиною пути, съ тѣми тарифами, которые имѣютъ въ основаніи виртуальное протяженіе пути, приводимъ участокъ дороги Аарау-Гауенштейнъ-Базель съ цѣнами на обыкновенный проѣздъ. Отсюда видно будетъ, что для дорогъ съ пологими уклонами цѣны на проѣздъ, рассчитанныя по ихъ виртуальной длинѣ, нѣсколько понижаются, тогда какъ для крутыхъ уклоновъ — повышаются.

Само собою разумѣется, что такъ какъ эти тарифы вычислены только на основаніи приблизительныхъ статистическихъ данныхъ, то, при введеніи болѣе точныхъ и обстоятельныхъ статистическихъ отчетовъ, эти тарифы измѣнятся.

Отъ А А R A U до:	Сущестующій тарифъ.					Виртуальный тарифъ.				
	Дѣйствительная длина.		Плата за провадь.			Виртуальная длина.		Плата за провадь.		
	Точная въ килом.	Округлен- ная въ килом.	I кл. за кил. 10 саят.	II кл. за кил. 7 саят.	III кл. за кил. 5 саят.	Точная въ килом.	Округлен- ная въ килом.	I кл. за кил. 4,643 саят.	II кл. за кил. 2,925 саят.	III кл. за кил. 2,311 саят.
			фр.	фр.	фр.			фр.	фр.	фр.
Schönenwerth . . . . .	4,562	5	0,50	0,35	0,25	6,628	7	0,35	0,25	0,20
Dänikon . . . . .	7,003	8	0,80	0,60	0,40	9,376	10	0,50	0,30	0,25
Olten . . . . .	13,403	14	1,40	1,00	0,70	17,928	18	0,85	0,55	0,45
Läufelfingen . . . . .	21,876	22	2,20	1,55	1,10	52,066	53	2,50	1,55	1,25
Sommerau . . . . .	27,427	28	2,80	2,00	1,40	74,428	75	3,50	2,20	1,75
Sissach . . . . .	31,607	32	3,20	2,25	1,60	89,571	90	4,20	2,65	2,10
Lausen . . . . .	35,305	36	3,60	2,55	1,80	97,102	98	4,55	2,90	2,30
Liesthal . . . . .	38,345	39	3,90	2,75	1,95	101,736	102	4,75	3,00	2,40
Niederschönthal . . . . .	40,551	41	4,10	2,90	2,05	105,456	106	4,95	3,10	2,45
Pratteln . . . . .	44,390	45	4,50	3,15	2,25	111,334	112	5,20	3,30	2,60
Mutenz . . . . .	47,736	48	4,80	3,40	2,40	115,125	116	5,40	3,40	2,70
Basel . . . . .	52,738	53	5,38	3,80	2,65	123,373	124	5,75	3,65	2,90

## б) Плата за провозъ товаровъ.

Придерживаясь основного положенія, что плата за провозъ каждаго груза должна быть соразмѣрна его валовому вѣсу, можно и здѣсь, какъ и при пассажирскихъ тарифахъ, сначала опредѣлить среднюю плату за провозъ товаровъ, а потомъ уже отъ средней величины перейти къ настоящей.

Но исполненіе этихъ расчетовъ приходится отложить до своевременнаго рѣшенія тарифнаго вопроса, такъ какъ въ настоящее время для этого понадобилась бы масса статистическихъ свѣдѣній относительно перевозки грузовъ съ ихъ разнородными тарифами.

## 8) Сліяніе двухъ дорогъ.

Фактъ сліянія двухъ конкурирующихъ между собою желѣзнодорожныхъ обществъ съ цѣлью улучшенія доходности своихъ дорогъ долженъ въ будущемъ повторяться все чаще и чаще.

Но такъ какъ простое сліяніе не можетъ совершиться безъ того, чтобы одна изъ дорогъ не понесла чувствительныхъ потерь въ пользу другой, ибо, при равномѣрномъ распредѣленіи грузовъ на обѣихъ линіяхъ и при соответственномъ дѣленіи доходовъ, та дорога выгадаетъ, у которой основной капиталъ меньше, или та потеряетъ, у которой расходы по эксплуатаціи значительны, то поэтому между обѣими дорогами должно состояться нѣкоторое предварительное соглашеніе.

Въ основаніи такого соглашенія лучше всего поставить виртуальную длину.

Равномѣрное раздѣленіе доходовъ, обусловливаемое сліяніемъ двухъ дорогъ, оправдывается только тогда, когда обѣ линіи владѣютъ одинаковыми достоинствами.

Преимущество дороги заключается, какъ это уже было показано выше (стр.81), не въ одной только дешевизнѣ ея первоначальной постройки, но также и въ относительной умѣренности ея виртуальной длины, требующей также и незначительныхъ расходовъ по ея эксплуатаціи. Такимъ образомъ, достоинства двухъ дорогъ будутъ одинаковы только при условіи

$$A_1 + B_1 = A_2 + B_2, \text{ гдѣ}$$

$A_1$  — основной капиталъ линіи I,

$B_1$  — капитализированные расходы по эксплуатаціи линіи I;

$A_2$ —основной капиталъ линіи II,  
 $B_2$ —капитализированные рас-  
 ходы по эксплуатаціи ли-  
 ніи II.

Для существующихъ уже дорогъ невозможно, конечно, умѣрить ихъ виртуальную длину, отъ которой зависятъ величины рас-  
 ходовъ по ихъ эксплуатаціи, почему и эти послѣдніе невозможно  
 уменьшить.

Поэтому, желая уравнять значеніе величинъ  $A + B$  обѣихъ до-  
 рогъ, остается не болѣе, какъ выдѣлить соответственную часть изъ  
 основного капитала той дороги, у которой величина эксплуатаціон-  
 ныхъ расходовъ больше.

Величина этой выдѣляемой части опредѣлится при помощи слѣ-  
 дующихъ соображеній. Называя эксплуатаціонные расходы на вир-  
 туальный

$$\begin{aligned} \text{тонно-километръ черезъ} &= b, \\ \text{виртуальную длину дороги I} &= l_1, \\ \text{» » » » II} &= l_2 \end{aligned}$$

и общее движеніе, идущее черезъ всю длину линіи и которое обѣ  
 дороги должны дѣлить между собою поровну, черезъ  $V$ , то, при 5%  
 капитализаціи,

$$B_1 = 20 \cdot \frac{V}{2} \cdot l_1 \cdot b$$

$$B_2 = 20 \cdot \frac{V}{2} \cdot l_2 \cdot b$$

При этихъ значеніяхъ для  $B$ , уравненіе  $A_1 + B_1 = A_2 + B_2$  пре-  
 вратится въ слѣдующее:

$$\begin{aligned} A_1 + 20 \cdot \frac{V}{2} \cdot l_1 \cdot b &= A_2 + 20 \cdot \frac{V}{2} \cdot l_2 \cdot b \quad \text{или} \\ A_1 + 10 \cdot V \cdot b (l_1 + l_2) &= A_2 \end{aligned}$$

Не обращая вниманія на дѣйствительное значеніе величины  $A_2$ ,  
 при сліяніи двухъ дорогъ, его слѣдуетъ принять именно такимъ,  
 какимъ онъ получается изъ послѣдняго уравненія.

Для поясненія всего этого выберемъ уже дважды приведенный  
 примѣръ (стр. 82) конкурирующихъ между собою участковъ дорогъ  
 сѣверо-восточной и центральной съ одной стороны и національ-  
 ной—съ другой стороны—между Баденомъ и Цоффингеномъ.

Для линій:

I. Веттингенъ-Ленцбургъ-Цоффингенъ вирт. длина  $l_1 = 76,021$  килом.  
и затраченный капиталъ  $= A_1$ ,

II. Веттингенъ-Ольтенъ-Цоффингенъ вирт. длина  $l_2 = 73,131$  килом.  
и затраченный капиталъ  $= A_2$ ,

Эксплоатаціонные расходы на 1 виртуальный тонно-километръ-брутто равняются, по опредѣленному выше расчету,  $1,107 = b$  сантимовъ  $= 0,01107$  франковъ.

Принимая теперь движеніе, проходящее черезъ всю линію между Веттингеномъ и Цоффингеномъ (или общее движеніе по всей линіи)  $= 1.800.000$  тоннъ-брутто, получимъ

$$A_2 = A_1 + 1800000 \times 0,01107(76,021 - 73,131) \text{ или}$$

$$A_2 = A_1 + 575.861,$$

т. е. основной капиталъ линіи II, или  $A_2$ , слѣдуетъ принять на 575.861 франкъ больше, чѣмъ основной капиталъ линіи I, или  $A_1$ .

Если же основной капиталъ упомянутаго участка національной дороги есть  $A_1 = 7.869.200$  франковъ, то другой участокъ—сѣверо-восточной центральной—дороги слѣдуетъ при слияніи засчитать въ  $7.869.200 + 575.861$  фр. или 8.445.061 франкъ.

То обстоятельство, что сѣверо-восточная и центральная дороги, о двухъ колеяхъ, имѣютъ болѣе совершенное устройство, слѣдуетъ также принять во вниманіе и къ основному капиталу  $A_1$  прибавить стоимость сооруженія второго пути и затраты на улучшеніе построекъ.

Но эти расчеты здѣсь неумѣстны.

Другой подобный примѣръ будетъ слияніе дорогъ Артъ-Риги и Витцнау-Риги.

I. Дорога Артъ-Риги имѣетъ вирт. длину  $l_1 = 321,012$   
и затраченный капиталъ  $= A_1$

II. » Витцнау-Риги имѣетъ вирт. длину  $l_2 = 328,336$   
и затраченный капиталъ  $= A_2$

И здѣсь эксплуатационные расходы на виртуальный километръ-примемъ  $= b = 1,107$  сант.  $= 0,01107$  фр.

Примемъ также движеніе 1876 года какъ среднее число, и именно:

на дорогѣ Артъ-Риги  $= 31248$  тоннъ брутто

» » Витцнау-Риги  $= 51213$  » »

и общее движеніе  $V = 82461$  тоннъ-брутто

Поэтому  $A_2 = A_1 + 824610.0,01107 (321,012 - 328,336)$ , или

$$A_2 = A_1 - 66.855 \text{ и}$$

$$A_1 = A_2 + 66.855$$

Если теперь основной капиталъ дороги Витцнау-Риги (причемъ протяженіе Штафельгее-Кульмъ съ 1.500 000 фр. причисляется къ дорогѣ Витцнау)  $A_2 = 3.614.797$  фр., то другая дорога Арт-Риги должна зачислить свой основной капиталъ  $A_1$  въ  $3.614.797 + 66.855 = 3.681.652$  франка.

Въ дѣйствительности же эта дорога обошлась почти въ 5 мил. фр. или, точнѣе, въ 4.978.918 фр.; поэтому отсюда надо сбросить 1.297.266 фр.

Хотя при сліяніи дорогъ положено, что движеніе распредѣляется равномѣрно между обѣими линіями, но этимъ еще не доказано, что оно такъ существуетъ въ дѣйствительности.

Наоборотъ:—при первой возможности, транзитное движеніе, не смотря на равномѣрное дѣленіе доходовъ, преимущественно направлять по той линіи, которой виртуальная длина короче, ибо тогда, вслѣдствіе большей дешевизны транспортировки, чистая прибыль увеличится.

Если приведемъ для примѣра конкурирующія линіи Веттингенъ-Цоффингенъ, то увидимъ, что не слѣдуетъ раздѣлять движеніе пополамъ, т. е. пускать 900.000 тоннъ-брутто *via* Ленцбургъ и остальные 900.000 тоннъ *via* Ольтенъ, ибо тогда стоимость эксплуатаціи будетъ

$$\text{на линіи I} = 900000.76,021.0,01107 = 757.397 \text{ фр.}$$

$$\text{» » II} = 900000.73,131.0,01107 = 728.604 \text{ »}$$

$$\text{и въ общемъ} = 1.486.001 \text{ фр.}$$

Если же, наоборотъ, пустить по линіи I только мѣстное движеніе, которое принимаемъ въ 200.000 тоннъ-брутто, а все остальное движеніе направить по линіи II, то эксплуатаціонные расходы будутъ

$$\text{на линіи I} = 200000.76,021.0,01107 = 168.310 \text{ фр.}$$

$$\text{» » II} = 1.600000.73,131.0,01107 = 1.295.296 \text{ »}$$

$$\text{и въ общемъ} = 1.463.606 \text{ фр.}$$

$$\text{и въ результатъ на } 22.395 \text{ фр.}$$

менѣе, чѣмъ въ первомъ случаѣ, и эта экономія пойдетъ въ пользу обоихъ желѣзнодорожныхъ обществъ.

При этомъ нисколько не пострадаетъ та дорога, по которой, вслѣдствіе ея относительной краткости виртуальной длины, будетъ направлено главное движеніе, ибо раньше, чѣмъ начнется уплата по купонамъ, будутъ выдѣлены часть валового сбора на ремонтные расходы и для каждой изъ дорогъ, сообразно ихъ движенію, соотвѣтственная сумма въ запасной капиталъ, на возобновленіе верхняго строенія и подвижного состава.

### 9) Направленіе транспортировки.

Существующее до сихъ поръ правило — считать плату за провозъ товаровъ по дѣйствительной длинѣ дороги — приносить желѣзнодорожнымъ обществамъ значительный вредъ, вслѣдствіе нераціональнаго выбора направленія грузовъ.

Не говоря уже о совершенномъ незнаніи желѣзнодорожнаго агента, какое направленіе транспортировки выгоднѣе для общества въ случаѣ возможности доставлять грузъ къ одному и тому же пункту по двумъ разнымъ направленіямъ, сами товаротправители, не заботясь объ интересахъ компаніи, всегда стараются направить свои товары по направленію, болѣе для себя выгодному.

Представимъ себѣ для примѣра станцію Рупперсвайль, на которой оканчивается Аарг. южная дорога. Всѣ грузы, идущіе изъ Рупперсвайля въ Базель, примутъ, разумѣется, наикратчайшее направленіе, которое, поэтому, для нихъ дешевле, и именно *via Гауенштейнъ*,

ибо: Рупперсвайль-Гауенштейнъ-Базель = 58,713 километра,  
 » -Бетцбургъ-Базель = 70,755 »

Допустимъ, что одна тонна чистаго груза обходится въ 0,2 фр. на километръ, то

*via* Гауенштейнъ = 11,75 фр.  
 » Бетцбургъ = 14,15 »

Такимъ образомъ путь черезъ Гауенштейнъ дешевле для публики на 2,40 фр.

Въ противоположность этой дешевизнѣ, желѣзнодорожному обществу приходится *via* Гауенштейнъ преодолевать болѣе сопротивленій движенію, чѣмъ *via* Бетцбургъ, ибо виртуальная длина участка

Рупперсвайль-Гауенштейнъ-Базель = 130,018 километра,  
 » Бетцбургъ » = 126,938 »

Если принять 0,11 фр. плату за перевозку одной тонны-нетто на разстояніе одного вирт. километра, то за тонну-нетто

via Гауенштейнъ = 14,30 фр.

» Бетцбургъ = 13,95 »

и черезъ Гауенштейнъ дороже на 0,45 фр.

Такимъ образомъ, принятое правило—вычисленіе тарифовъ по дѣйствительной длинѣ пути—приноситъ обществу убытокъ въ 3 почти франка на тонну, и именно потому, что дорога съ большими сопротивленіями, вызывающими также и большіе расходы по эксплуатаціи, должна транспортировать дешевле, чѣмъ другая, конкурирующая съ нею, линія.

Подобныя условія не рациональны и могутъ только служить убѣдительнымъ доказательствомъ въ необходимости основать перевозочные сборы на другой, болѣе неизмѣнной почвѣ, именно на виртуальной длинѣ, принимая ее за тарифную длину, по которой транспортнорочные маршруты уже сами собою выяснятся.

Въ этомъ смыслѣ дополнимъ еще предъидущій примѣръ Гауенштейна и Бетцбурга.

а) Станція отправленія Аарау.

		Вирт. длина или тарифное протя- женіе въ килом.
въ Базель via Гауенштейнъ:	Аарау-Ольтенъ =	18,044
	Ольтенъ-Базель =	105,446
		123,490
въ Базель via Бетцбургъ:	Аарау-Бруггъ =	23,502
	Бруггъ-Базель =	109,964
		133,466

Поэтому Аарау принадлежитъ къ маршруту черезъ Гауенштейнъ.

б) Станція отправленія Рупперсвайль.

въ Базель via Гауенштейнъ:	Рупперсвайль-Аарау =	6,528
	Аарау-Ольтенъ =	18,044
	Ольтенъ-Базель =	105,446
		130,018
въ Базель на Бетцбургъ:	Рупперсвайль-Бруггъ =	16,974
	Бруггъ-Базель =	109,964
		126,938.

Поэтому Рупперсвайль принадлежитъ къ маршруту черезъ Бетцбургъ.



## ЗАМѢЧАНІЯ.

Все изложенное до сихъ поръ еще далеко не исчерпываетъ всѣхъ темы настоящаго изслѣдованія, и дальнѣйшее примѣненіе «принципа виртуальной длины» обнаружится само собою на практикѣ, если только въ извѣстныхъ рѣшающихъ сферахъ будутъ сознаны его настоящее значеніе и важность.

Чтобы привести хоть нѣсколько примѣровъ дальнѣйшаго примѣненія виртуальной длины, упомянемъ лишь, что росписание движенія — и въ особенности по графической методѣ — значительно упростится, если разстояніе между станціями опредѣлится по ихъ виртуальной длинѣ; далѣе—что исчисленіе премій за экономію въ топливѣ будетъ далеко справедливѣе, если въ расчетъ войдетъ виртуальная длина пробѣга паровоза; что вредное побужденіе конкуренціи къ невыгоднымъ желѣзнодорожнымъ предпріятіямъ значительно ослабнетъ, такъ какъ виртуальная длина дастъ возможность безошибочнаго сравненія новой линіи съ уже существующей; что по годовымъ желѣзнодорожнымъ отчетамъ, выработаннымъ на основаніи виртуальной зависимости, сейчасъ видна будетъ цѣлесообразность управленія данною дорогою; этимъ же путемъ также легко выяснятся преимущества какой нибудь транзитной линіи въ экономическомъ отношеніи и т. д.

Но чтобы тѣ или другіе результаты могли со временемъ дѣйствительно осуществиться, настоятельно необходимо измѣнить всѣ законоположенія и распоряженія относительно разработки желѣзнодорожной статистики, а въ основаніи всѣхъ частныхъ выводовъ желѣзнодорожной эксплуатаціи должна быть поставлена виртуальная длина, что также значительно облегчитъ статистическія работы. Но прежде всего необходимо, чтобы каждое желѣзнодорожное общество—и въ особенности болѣе крупныя—обработало всѣ существующія до сихъ поръ наиболѣе важныя статистическія выводы на основаніи виртуальныхъ протяженій, съ тѣмъ чтобы можно было опредѣлить возможно точныя и всюду принятые виртуальные коэффициенты и прочія виртуальныя зависимости.

К О Н Е Ц Ъ .

## О П Е Ч А Т К И.

<i>Стр.</i>	<i>Строка.</i>	<i>Напечатано.</i>	<i>Должно быть.</i>
2	5 сверху	„виртуальной линиѣ“	„виртуальной длины“
6	8 „	что сопротивление на уклонѣ, сложенное съ величиною самого уклона равно сопротивленію на горизонтальномъ пути	что сопротивление на уклонѣ равно сопротивленію на горизонтальномъ пути, сложенному съ величиною самого уклона
6	23 „	экспедиціонныхъ	эксплоатационныхъ
9	6 снизу	7,500	75.000
129	1 „	5,38	5,30
131	8 „	$b(l_1 + l_2)$	$b(l_1 - l_2)$