

27270

Высочайше учрежденная Особая Высшая Комиссія для
всесторонняго изслѣдованія желѣзнодорожнаго дѣла въ
Россіи.

~~39584~~
В. LXXXVII. (87)



КЪ ВОПРОСУ
О ПРОЧНОСТИ РЕЛЬСЪ.

Н. Петровъ.

С. ПЕТЕРБУРГЪ.

Тип. М. Д. Ломковскаго  Думская ул., д. № 5.

1912.

27240

Высочайше учрежденная Особая Высшая Комиссія для
всесторонняго изслѣдованія желѣзнодорожнаго дѣла въ
Россіи.

В. LXXXVII.

КЪ ВОПРОСУ
О ПРОЧНОСТИ РЕЛЬСЪ.

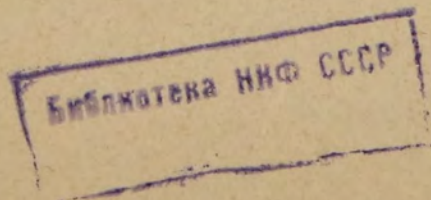
Н. Петровъ.



С. ПЕТЕРБУРГЪ.

Тип. М. Д. Ломковскаго  Думская ул., д. № 5.

1912.



10

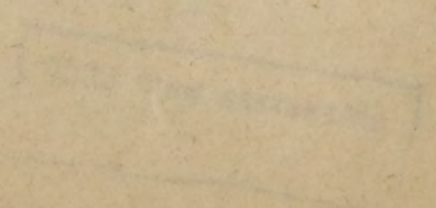
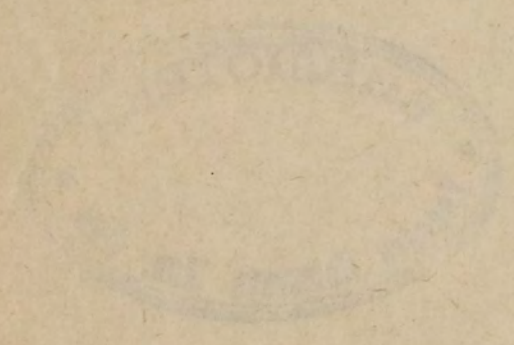
Содержание
1. Введение
2. Описание предмета исследования
3. Методика исследования
4. Результаты исследования
5. Заключение

ВВЕДЕНИЕ

К. П. ВОЛКОВ

О ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

84514



ВЫСОЧАЙШЕ учрежденная Особая Высшая Комиссія
 для всесторонняго изслѣдованія желѣзнодорожнаго дѣла
 въ Россіи.



Слѣдующіе Труды Комиссіи:

А) вышли изъ печати и продаются въ магазинѣ Риккера,
 Невскій 14

№№ вы- Въ магазинахъ «Новаго Времени», Невскій 40 и Гольстена, Цѣна.
 пусковъ. Загородный пр. 13. Р. К.

- | | | |
|-------|--|------------|
| I. | Краткій историческій обзоръ событій, предшествовавшихъ учрежденію Особой Высшей Комиссіи для всесторонняго изслѣдованія желѣзнодорожнаго дѣла въ Россіи (2-ое изд.) | —75 |
| II. | Историческій очеркъ учрежденія, подъ предѣтельствомъ Генераль-Адъютанта Графа Э. Т. Баранова, Комиссіи для изслѣдованія желѣзнодорожнаго дѣла въ Россіи. В. Саловъ | —20 |
| III. | Нѣсколько соображеній, полезныхъ при разсмотрѣніи смѣтъ путей сообщенія на 1908 г. Н. Петровъ | 1 — |
| IV. | О числѣ служащихъ и рабочихъ на русскихъ желѣзныхъ дорогахъ. Н. Петровъ | Исчерпанъ |
| V. | Финансовое положеніе русской желѣзнодорожной сѣти и главнѣйшія причины ухудшенія его въ послѣдніе годы. Н. Петровъ | 3 — |
| VI. | Обзоръ финансовыхъ результатовъ эксплуатаціи казенныхъ жел. дор. въ различныхъ государствахъ за 1905 г. по даннымъ «Archiv für Eisenbahnwesen» 1907 и 1908 г.г. | Исчерпанъ. |
| VII. | О пользованіи товарнымъ подвижнымъ составомъ на сѣти русскихъ желѣзныхъ дорогъ Европейской Россіи 1894—1906 г.г. Н. Петровъ | —75 |
| VIII. | Объ учетѣ товарнаго вагоннаго парка. С. Н. Кульжинскій | Исчерпанъ. |
| IX. | Записка Н. К. Гофмана. О главныхъ мастерскихъ для починки подвижного состава; о главныхъ матеріальныхъ складахъ; объ испытательныхъ лабораторіяхъ и о техническихъ конторахъ при службѣ подвижного состава и тяги, — на казенныхъ желѣзныхъ дорогахъ | —50 |
| X. | Министерство Путей Сообщенія и желѣзнодорожное дѣло И. Рербергъ | Исчерпанъ. |

- | | | |
|--------|--|------------|
| XI. | Объ административной организаціи желѣзнодорожныхъ установленій въ Россіи. А. Фроловъ | 3 — |
| XII. | О хозяйственности управленія казенныхъ желѣзныхъ дорогъ. Н. Петровъ | 1 — |
| XIII. | Къ разсмотрѣнію смѣты желѣзныхъ дорогъ на 1909 г. Н. Петровъ | Исчерпанъ. |
| XIV. | Очеркъ счетоводства американскихъ желѣзныхъ дорогъ. Докладъ А. Н. Панта на международномъ желѣзнодорожномъ конгрессѣ въ Вашингтонѣ въ 1905 г., перевелъ Н. Петровъ | 3 — |
| XV. | Таблицы результатовъ эксплуатаціи русскихъ желѣзныхъ дорогъ за 1895—1907 г.г. | Исчерпанъ. |
| XVI. | Краткое изложеніе заключеній сѣзда начальниковъ дорогъ по нѣкоторымъ вопросамъ, включеннымъ въ программу занятій сего сѣзда, состоявшагося 27 января—3 февраля 1909 г. | Исчерпанъ. |
| XVII. | Краткія соображенія по вопросу объ организаціи русскихъ желѣзныхъ дорогъ. Ю. А. Львовъ | Исчерпанъ. |
| XVIII. | Къ вопросу о частныхъ желѣзныхъ дорогахъ въ Россіи. С. Кульжинскій | Исчерпанъ. |
| XIX. | Схематическая карта желѣзныхъ дорогъ съ указаніемъ тяговыхъ участковъ, коренныхъ и оборотныхъ депо для торговаго движенія и главныхъ паровозныхъ и вагонныхъ мастерскихъ | Исчерпанъ. |
| XX. | Описаніе существующаго порядка счетоводства и отчетности на русскихъ желѣзныхъ дорогахъ. Приложение къ докладу И. И. фонъ-Рихтера, помощника начальника С.-Петербурго-Варшавской желѣзной дороги, о счетоводствѣ на международномъ желѣзнодорожномъ конгрессѣ въ Вашингтонѣ въ 1905 г. | Исчерпанъ. |
| XXI. | Должностныя лица въ Пруссіи. Г. Демарсіяль. Переводъ В. Ивановскаго | Исчерпанъ. |
| XXII. | Отчетность и хозяйство на русскихъ желѣзныхъ дорогахъ. С. Кульжинскій | Исчерпанъ. |
| XXIII. | Главные причины чрезвычайнаго роста расхода русскихъ желѣзныхъ дорогъ съ 1903 по 1907 г.г. и мѣра вліянія этихъ причинъ. Н. Петровъ | 4 — |
| XXIV. | I. Отчетъ по осмотру Тульскихъ паровозныхъ и Московскихъ вагонныхъ мастерскихъ Московско-Курской жел. дор. и главныхъ мастерскихъ Московско-Брестской жел. дор., произведенному въ | |

	августъ мѣсяцъ 1909 года, по порученію г. Предсѣдателя ВѢСОЧАЙШЕ учрежденной Особой Высшей Комиссіи для всесторонняго изслѣдованія желѣзнодорожнаго дѣла въ Россіи.	
	II. Реорганизациа главныхъ желѣзнодорожныхъ мастерскихъ по принципу для современнаго интенсивнаго механическаго производства. Инж.-Техн. П. П. Рицconi	Исчерпанъ.
XXV.	Перевозка почты по желѣзнымъ дорогамъ. С. Кульжинскій	Исчерпанъ.
XXVI.	Швейцарскіе союзные желѣзнодорожные законы	Исчерпанъ.
XXVII.	О государственномъ сборѣ съ желѣзнодорожныхъ перевозокъ въ Россіи	—75
XXVIII.	Экономическое значеніе русскихъ желѣзныхъ дорогъ. Н. Петровъ	Исчерпанъ.
XXIX.	Правительственные источники образованія капиталовъ желѣзныхъ дорогъ. Н. Петровъ	—20
XXX.	О дѣятельности сѣздовъ желѣзныхъ дорогъ за сорокъ лѣтъ существованія 1869—1909 г.г.	Исчерпанъ.
XXXI.	О наивыгоднѣйшемъ расположеніи мастерскихъ для ремонта подвижнаго состава. С. Кульжинскій	—75
XXXII.	Матеріалы по вопросу о реорганизации управленія русскихъ желѣзныхъ дорогъ	Исчерпанъ.
XXXIII.	Свѣдѣнія и данныя о мастерскихъ русскихъ желѣзныхъ дорогъ и о нѣкоторыхъ заграничныхъ. Н. Антошинъ	1 50
XXXIV.	Передача государственныхъ земель желѣзнымъ дорогамъ въ Соединенныхъ Штатахъ Сѣверной Америки. С. Кульжинскій	Исчерпанъ.
XXXV.	Къ вопросу о частномъ желѣзнодорожномъ строительствѣ, Проф. П. П. Мигулинъ	Исчерпанъ.
XXXVI.	О развитіи русской желѣзнодорожной сѣти. С. Кульжинскій	—75
XXXVII.	Матеріалы по обслѣдованію Южныхъ желѣзныхъ дорогъ	3 —
XXXVIII.	Матеріалы по обслѣдованію Юго-Западныхъ желѣзныхъ дорогъ	3 —
XXXIX.	Матеріалы по обслѣдованію Екатерининской желѣзной дороги	3 —
XL.	Матеріалы по вопросу о реорганизации отчетности казенныхъ желѣзныхъ дорогъ. Часть I	3 —
XLI.	Тоже. Часть II	3 —

№№ вы- пусковъ.		Цѣна. Р. К.
XLII.	Тоже. Часть III	3 —
XLIII.	Причины дефицитовъ русской желѣзнодорожной сѣти въ первые годы XX вѣка. Н. Петровъ	— 50
XLIV.	Паровозный паркъ казенныхъ желѣзныхъ дорогъ, мѣры къ его улучшенію въ связи съ сокращеніемъ эксплуатаціонныхъ расходовъ, проектъ расходовъ, проектъ распредѣленія мощныхъ паровозовъ типа $\frac{4}{5}$ по сѣти казенныхъ жел. дор. Инж. С. Кульжинскій и Л. Элькинъ	3 —
XLV.	Планъ района обращенія паровозовъ типа $\frac{4}{5}$ на сѣти каз. ж. д. Инж. С. Кульжинскій и Л. Элькинъ	Исчер- панъ.
XLVI.	Уставы русскихъ желѣзнодорожныхъ Обществъ. Часть I. Уставы Обществъ, эксплуатирующихъ желѣзныя дороги общаго значенія	5 —
XLVII.	Тоже. Часть II. Уставы Обществъ, эксплуатирующихъ подъѣздные пути; условія сооружеія и эксплуатаціи подъѣздныхъ путей и вѣтвей	5 —
XLVIII.	Тоже. Часть III. Выдержки изъ уставовъ Обществъ, не получившихъ осуществленія	2 —
XLIX.	Состоящая при Министерствѣ Финансовъ Комиссія о новыхъ желѣзныхъ дорогахъ и ея дѣятельность. Часть I. 1896—1902 г. Н. Ермиловъ	3 —
L.	Исслѣдованіе разницъ въ показаніяхъ доходовъ казен. жел. дорогъ по исполненію росписи и по эксплуатаціоннымъ отчетамъ управленій этихъ дорогъ	2 —
LI.	Выгоды, полученныя желѣзными дорогами въ 1909 г. отъ урожая и отъ улучшенія своего хозяйства съ 1907 г. Н. Петровъ	— 75
LII.	Матеріалы по обслѣдованію Сѣверныхъ желѣзныхъ дорогъ	3 —
LIII.	Перевозка скоропортящихся продуктовъ и снабженіе ими городовъ въ Россіи и за границу. М. П. Федорова	1 —
LIV.	Мексиканскій законъ о желѣзныхъ дорогахъ. Аргентинскій законъ о желѣзнодорожныхъ обществахъ	1 —
LV.	Матеріалы по обслѣдованію Сѣверо-Западныхъ желѣзныхъ дорогъ	3 —
LVI.	Матеріалы по обслѣдованію Николаевской желѣзной дороги	3 —

LVII.	Первое приближеніе къ опредѣленію наименьшаго пробѣга товарныхъ поѣздовъ на данной линіи. Н. Петровъ	1 25
LVIII.	О реорганизациі Центральныхъ Установленій Министерства Путей Сообщенія по управленію желѣзными дорогами. С. Кульжинскій	1 —
LIX.	Отвѣтственность русскихъ желѣзныхъ дорогъ въ цифрахъ. М. П. Федорова	1 50
LX.	Критерій для желѣзныхъ дорогъ и его примѣненіе. Н. Петровъ	—50
LXI.	Вѣтви общаго пользованія, выстроенныя на средства частныхъ предпринимателей и переданныя въ собственность казны. П. Соловьевъ подъ ред. С. Кульжинскаго	1 —
LXII.	Статья 683 ч. 1 т. X Свода законовъ, исторія и анализъ ея въ связи съ данными для ея пересмотра. Г. Н. Каргановъ	1 50
LXIII.	Очерки финансовой организациі Сѣверо-Американскихъ желѣзныхъ дорогъ. Стюартъ Даджетъ. Перев. съ англ. М. С. Модель, подъ ред. С. Н. Кульжинскаго	3 —
LXIV.	О нормальныхъ размѣрахъ оборотныхъ капиталовъ на казенныхъ желѣзныхъ дорогахъ. К. Ходоровскій	1 50
LXV.	О скорости слѣдованія грузовъ по русскимъ жел. дор. С. Кульжинскій	— 50
LXVI.	Матеріалы по обслѣдованію Сызрано-Вяземской жел. дор.	3 —
LXVII.	Матеріалы по обслѣдованію Самаро-Златоустовской жел. дор.	3 —
LXVIII.	Матеріалы по обслѣдованію Либаво-Роменской жел. дороги	3 —
LXIX.	Матеріалы по обслѣдованію Сибирской жел. дор.	3 —
LXX.	Свѣдѣнія и данныя объ англійскихъ желѣзнодорожныхъ мастерскихъ, о вопросахъ сл. тяги, связанныхъ съ ними, и сравненіе съ русскими. Н. Антошинъ	—75
LXXI.	Желѣзныя дороги и бюджетъ. С. Кольсонъ. Переводъ съ франц. В. Л. Лѣсковецъ, подъ ред. К. Я. Загорскаго	1 50
LXXII.	О сооруженіи желѣзнодорожныхъ подъѣздныхъ путей. С. Кульжинскій	1 50

№№ вы- пусковъ.	Цѣна. Р. К.
LXXIII. Къ вопросу о реорганизаціи желѣзнодорожныхъ и государственныхъ финансовъ. Г. Кирхгофъ. Перев. съ нѣм. Ю. Н. Кульжинскаго	1 —
LXXIV. Матеріалы по вопросу о подъѣздныхъ путяхъ къ казеннымъ жел. дор. Часть I. Отвѣты порайонныхъ комитетовъ на письмо г. управляющаго дѣлами О. В. Комиссіи и перечень жел. дорогъ, вопросъ о постройкѣ которыхъ возбуждался общественными учрежденіями за время съ 1895 г.	2 —
LXXV. Матеріалы по вопросу о подъѣздныхъ путяхъ къ казеннымъ жел. дорогамъ. Часть II. Отвѣты начальниковъ казенныхъ жел. дорогъ на письмо управляющаго дѣлами О. В. Комиссіи	2 —
LXXVI. Экономическое положеніе Сибирской магистрали	1 —
LXXVII. О перевозкѣ грузовъ по русскимъ жел. дорогамъ со скоростью пассажирскихъ поѣздовъ. И. Я. Мірославскій	1 —
LXXVIII. Матеріалы по обслѣдованію Головного участка Амурской ж. д.	— 50
LXXIX. Матеріалы по обслѣдованію Пермской ж. д.	3 —
LXXX. Размѣры и постепенность необходимаго сооруженія жел. дор. и средства для осуществленія ихъ. Н. Петровъ	1 —
LXXXI. Воздѣйствіе Правительства на желѣзнодорожные тарифы. Гуго Мейеръ. Переводъ съ англійскаго М. С. Модель, подъ ред. С. Н. Кульжинскаго	3 —
LXXXII. Протяженіе новыхъ желѣзныхъ дорогъ въ разныхъ областяхъ Европейской Россіи. Н. Петровъ	— 75
LXXXIII. Вѣчная мерзлота и сооруженія на ней. Н. Богдановъ	1 50
LXXXIV. Проектъ Общаго Устава Россійскихъ жел. дор. К. П. Змирловъ	4 —
LXXXVII. Къ вопросу о прочности рельсъ. Н. Петровъ	1 50
LXXXVIII. Уставы русскихъ желѣзнодорожныхъ Обществъ. Уставы Об-въ эксплуатирующихъ жел. дороги общаго значенія (дополненіе къ вып. XLVI)	5 —

№№ вы-
пусковъ.

Цена.
Р. К.

Б) Печатаются:

- LXXXV. Матеріалы по обслѣдованію Закавказскихъ жел.
дорогъ. —
- LXXXVI. Таблицы результатовъ эксплуатаціи русскихъ же-
лѣзныхъ дорогъ за 1895 — 1911 гг. (дополн. и
исправл. изданіе, вып. XV) —
- LXXXIX. Уставы русскихъ желѣзнодорожныхъ Обществъ.
Уставы Обществъ, эксплуатирующихъ подъѣздные
пути; условія сооруженія и эксплуатаціи подъѣзд-
ныхъ путей и вѣтвей (Дополненіе къ вып. XLVII) —
-

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Изученіе вопроса о прочности рельсъ, дѣлающееся уже нѣсколько десятилѣтій, шло двумя путями. Одинъ изъ нихъ относится къ области наблюденій и опытовъ, другой путь былъ указанъ соображеніями теоретическаго свойства.

Въ предлагаемой статьѣ идетъ рѣчь о теоретическомъ изученіи въ связи съ наблюденіями и опытами.

О необходимости обоихъ путей съ полною ясностью высказывались лица, занимавшіеся изученіемъ вопроса о прочности рельсъ. Такъ Фламашъ въ статьѣ: «Recherches sur la flexion des rails» ¹⁾ высказавъ, что на основаніи *однихъ* математическихъ изслѣдованій, даже самаго высокаго свойства, нельзя получить практически полезныхъ опредѣленій, относящихся къ рельсу подверженному опредѣленнымъ условіямъ, непосредственно затѣмъ говорить и о возможности разрѣшить вопросъ о прочности рельсъ путемъ наблюденій и опытовъ. Вотъ его сужденія:

«Опытъ былъ привлеченъ къ освѣщенію сторонъ недоступныхъ вычисленіямъ. Я самъ, предпринявъ, съ давнихъ лѣтъ, рядъ опытовъ съ моимъ дефлектографомъ, уже получилъ нѣкоторые результаты о которыхъ будетъ сказано далѣе. Господа Коюаръ во Франціи, Астъ въ Австріи и еще другіе далеко впередъ подвинули наблюденія надъ изгибомъ рельсъ при посредствѣ очень удобныхъ приборовъ; но, несмотря на всю важность и даже неожиданность самыхъ первыхъ установленій, остается еще сдѣлать *все* на пути опытнаго изученіе вопроса. Это вызывается сложностью наблюдаемаго явленія, требующей огромнаго рода опытовъ, необходимыхъ потому, что нѣтъ возможности

¹⁾ Bulletin de la Com. Intern. du Congrès des chemins de fer Octob. 1904 p. 906.

устанавливать по произволу обстоятельства сопровождающія опытъ».

Призванный высказаться относительно практическаго значенія разныхъ существующихъ способовъ изучаемаго явленія, Фламашъ предложилъ свою элементарную теорію статическаго изгиба рельсъ, опираясь на факты, указанные опытомъ.

Въ статьяхъ: *Essais effectués au moyen du stremmatographe* и *Le rail placé sur des supports flexibles* *) Дудлей справедливо замѣчая, что математическій анализъ ограничивается изученіемъ явленій при условіяхъ лишь нѣкотораго приближеннаго подобія существующимъ въ дѣйствительности обстоятельствамъ, поэтому онъ считаетъ необходимымъ изученіе путемъ наблюдений и при посредствѣ своего прибора, стремматографа, достигъ очень важныхъ результатовъ. Тѣмъ не менѣе, говоря, что Фламашъ сильно настаиваетъ на вліяніи «динамическихъ нагрузокъ въ случаяхъ движенія поѣздовъ съ большою скоростью», замѣчено, что дѣйствительно при увеличеніи скорости происходитъ быстрое увеличеніе напряженія въ фибрахъ рельса, *вызываемое причинами еще не определенными и для которыхъ, изъ бывшихъ наблюдений, удалось найти еще мало указаній.*

Упомянувъ о неправильности въ формѣ колесныхъ шинъ, Дудлей ограничивается указаніемъ, что неправильность формы увеличиваетъ удары, но ни мало не пытается найти связь между формой и размѣрами неправильностей въ формѣ шины или рельса съ одной стороны и силою удара съ другой. Онъ не дѣлаетъ такой попытки потому, что разрѣшеніе подобнаго вопроса не можетъ быть достигнуто никакими опытами и доступно только теоріи.

Вполнѣ правильныя мнѣнія Фламаша и Дудлея о недостаткахъ математическихъ теорій, опредѣляющихъ дѣйствіе колеса на рельсъ относятся къ тѣмъ теоріямъ, которыя были у нихъ въ виду.

*) Bulletin de la Com. Intern. du Congrès des chemins de fer Decem. 1904.

Теперь математическая теорія, принявъ въ моихъ изслѣдованіяхъ другое направленіе, освободилась отъ необходимости предполагать, что катящееся по рельсу колесо имѣетъ совершенно правильную круглую форму и что оно дѣйствуетъ на совершенно прямолинейной формы рельсъ, при томъ имѣющій длину всего въ одинъ пролетъ между серединами двухъ смежныхъ шпаль, поддерживаемый неподвижными опорами. Она получила теперь возможность принимать въ расчетъ длину рельса въ три и пять пролетовъ, вводить въ расчетъ не неподвижныя, а упругія опоры, поддерживающія рельсъ даже и при неоднобразной подбивкѣ шпаль, вводя въ вычисленія неправильности въ формахъ шины и рельса. Всѣ эти обстоятельства теперь можно вводить въ вычисленія, опредѣляющія вліяніе скорости на динамическое дѣйствіе колеса на рельсъ.

Такимъ образомъ, теорія поставлена въ возможность опредѣлять динамическое дѣйствіе отдѣльнаго колеса на рельсъ при условіяхъ если и не тождественныхъ съ дѣйствительными, то настолько близкихъ къ практическимъ, что путемъ сличенія результатовъ, доставленныхъ теоріею съ результатами наблюденій, можно получать заключенія вполне примѣнимыя къ практикѣ.

Такія сличенія теоретическихъ исчисленій съ результатами опытовъ Дудлея показали, что, съ точностью вполне достаточною для практическихъ цѣлей, теоретическіе результаты исчисленій, относящихся къ одиночному колесу, могутъ быть примѣнены и въ случаяхъ дѣйствія на рельсъ многихъ колесъ, когда разстояніе между осями смежныхъ колесъ настолько больше разстоянія между серединами смежныхъ шпаль, какъ это было при опытахъ Дудлея, превосходя 4 и 5 пролетовъ.

Результаты сличеній теоретическихъ выводовъ съ наблюденіями Дудлея приведены въ предлагаемой статьѣ.

Н. Петровъ.

Къ вопросу о прочности рельсъ.

Предсѣдатель Инженернаго Совѣта далъ инженеру І. Р. Стецевичу порученіе, разсмотрѣть вопросъ о напряженіяхъ въ рельсахъ въ связи съ установленіемъ надлежащаго соотвѣтствія между типами рельсъ, наибольшими нагрузками на оси подвижнаго состава, разстояніями между шпалами и наибольшими скоростями движенія, принявъ во вниманіе послѣдніе труды Инженеръ-Генерала Н. П. Петрова. Инженеръ І. Р. Стецевичъ въ представленномъ докладѣ разсматриваетъ поставленный ему вопросъ шире. Авторъ доклада далъ ему заголовокъ: «по вопросу о допускаемыхъ напряженіяхъ въ рельсахъ и въ остальныхъ составныхъ частяхъ верхняго строенія».

Въ свою очередь я, получивъ отъ Предсѣдателя Инженернаго Совѣта предложеніе высказаться по содержанію упомянутаго доклада, считаю необходимымъ представить нѣсколько небольшихъ замѣчаній относительно составныхъ частей верхняго строенія, разсмотрѣнныхъ докладчикомъ, прежде обсужденія вопроса о рельсахъ, придерживаясь порядка изложенія принятаго въ докладѣ. Эти замѣчанія нужны, между прочимъ, и для выясненія той степени точности, съ которою разсматриваемые вопросы разрѣшаются и могутъ быть разрѣшаемы.

Толщина балластнаго слоя. Указывается, что у насъ установлена толщина подъ подошвою шпаль въ 38 сантим., хотя при разстояніи между подошвами шпаль въ 47 сантим.

и разстояніи между серединами шпаль въ 69 сантим., можно было бы ограничиться толщиной въ 26 сантим. По Асту толщина балласта должна быть 40 сантим., а по формулѣ Шнейдера надо было бы принять въ среднемъ 56,4 сантим. Очевидно, что крайніе предѣлы относятся почти какъ 1:2 и, слѣдовательно, нельзя считать эти указанія хорошо обоснованными.

Определение численной величины коэффициента C . Для русскихъ ж. д. принять однообразный для всѣхъ дорогъ коэффициентъ $C = 4$. По опытамъ Гентшеля, при деревянныхъ шпалахъ, $C = 3,33$. На Саратовской дорогѣ, по опытамъ инженера Стецевича, было определено $C = 3,5$ и даже, при другомъ способѣ определенія, $C = 2,5$. По наблюденіямъ инженера Васютинскаго $C =$ отъ 4,1 до 5,4. Авторъ предлагаетъ принимать для песчаныхъ балластовъ $C = 3$, а для крупнаго остраго песка съ примѣсью гравія, гальки или щебня $C = 5$.

Астъ указываетъ, что опытные данныя опредѣляютъ $C = 3$ и $C = 8$. Наконецъ, въ этомъ подраздѣленіи авторъ говоритъ: разница въ сопротивляемости верхняго строенія при хорошемъ и плохомъ балластѣ столь велика и увѣренность въ постоянствѣ сопротивленія столь существенна, что, при хорошихъ балластахъ, можетъ быть допущенъ болѣе легкій типъ рельсъ, и этотъ факторъ при расчетахъ сопротивленій верхняго строенія долженъ быть опредѣленно принятъ къ учету. Способъ этого учета авторомъ не указывается и принять его къ учету можно не иначе, какъ пользуясь предложенною мною теоріею. Въ моей статьѣ (1903 г., стр. 36) показано, что, если при коэффициентѣ балласта $C = 3,4$ средняя величина напряженія $R'_{max} = 2200$, то при $C = 6,8$ средняя величина напряженія $R'_{max} = 1900$ т. е. меньше почти на 15%. Другими словами, вмѣсто рельса съ моментомъ инерціи 1250 с^4 можно было бы взять $I = 900 \text{ с}^4$ или рельсы вѣсомъ въ $24\frac{1}{2}$ фунта вмѣсто $28\frac{1}{2}$ фунтовъ въ футѣ. Вѣрность этого теоретическаго заключенія авторомъ доклада не оспаривается и, повидимому, предложенная

мною теорія хорошо разрѣшаетъ вопросъ о значеніи балласта и должна быть принята, какъ указываетъ приведенная далѣе таблица 13.

Распределение давленій по длинѣ шпалы. Давленіе рельсъ на шпалу передается ею вмѣстѣ съ ея вѣсомъ балласту, и это послѣднее давленіе распределяется по подошвѣ шпалы не равномерно. Средняя величина этого давленія составляетъ нѣкоторую долю α отъ наибольшаго, приходящагося на квадратную единицу поверхности. Величина α мѣняется вмѣстѣ съ упругостью балласта или съ величиною коэффициента C . За границей принимаютъ $\alpha = 0,9$, а у насъ считаютъ $\alpha = 0,89$.

Авторъ предлагаетъ принимать, при $C = 3$, $\alpha = 0,92$ и при $C = 5$, $\alpha =$ отъ 0,89 до 0,88. Въ виду грубаго опредѣленія величины C , едва ли есть основаніе отказываться отъ опредѣленія α довольно круглымъ числомъ 0,9.

Предельное допускаемое давленіе на балластѣ, передаваемое поперечиною. Данныя относящіяся къ этому предмету довольно шатки и повидимому авторъ рекомендуетъ принимать давленіе p на кв. сантиметръ, при $C = 4$ или 5, равнымъ 3 килогр., а при $C = 3$, принимаетъ $p = 2,5$ килогр. Съ этимъ заключеніемъ слѣдовало бы согласиться.

Разстояніе между шпалами и распределение шпалъ по длинѣ рельса. Разстоянія между поперечинами дѣлаются весьма различныя. Они уменьшаются у концовъ рельса и увеличиваются около середины его длины. У насъ подъ рельсомъ въ 35 футъ длиною, при чемъ на версту приходится 100 рельсъ, помѣщаютъ на версту 1300, 1400, 1500 и 1600 поперечинъ, или кладутъ подъ рельсомъ 13, 14, 15 и 16 поперечинъ. Среднія разстоянія между серединами поперечинъ при этомъ оказываются 82,6 сантим., 76,2 сантим., 71,1 сантим. и 66,6 сантим.

Авторъ не признаетъ это размѣщеніе рациональнымъ, говоря, что на Саратовской ж. дорогѣ, при слабомъ верхнемъ строеніи, констатирована остающаяся деформация рельсъ, по ихъ длинѣ, съ пониженіями у стыковъ.

Вмѣстѣ съ этимъ авторъ указываетъ, что въ нѣкоторыхъ новѣйшихъ укладкахъ, при длинѣ звена въ 12 метровъ, помѣщаются 17 и 18 поперечинъ. При этомъ средняя длина разстоянія между серединами поперечинъ около 70,6 сантим. и 66,6 сантим. Наконецъ, авторъ считаетъ необходимымъ рассмотретьъ еще, полезно ли сближать поперечины еще болѣе, на примѣръ, до 18 штукъ подъ рельсомъ длиною 10668 сантим. или доводить среднее разстояніе до 59,4 сантим. Соглашаясь, что подбивка поперечинъ, при разстояніи между серединами ихъ въ 50 сантим. еще возможна, онъ опасается, что безъ сближенія поперечинъ у стыка не получится однообразное въ продольномъ направленіи сопротивленіе пути и рельсы получаютъ деформацію у стыковъ, какъ это и обнаружено на американскихъ дорогахъ.

Со своей стороны считаю не лишнимъ обратить вниманіе на мое замѣчаніе, помѣщенное на стр. 71 изслѣдованія 1907 г., указывающее, что вмѣстѣ съ тѣмъ какъ сближеніе поперечинъ уменьшаетъ моментъ силъ изгибающихъ рельсъ, оно увеличиваетъ динамическій коэффициентъ. Таблица, помѣщенная на стр. 43 доклада, вычисленная его авторомъ, показываетъ увеличеніе динамическихъ коэффициентовъ при уменьшеніи разстоянія между серединами поперечинъ при очень малой изношенности рельсъ. Вліяніе этого разстоянія, при большей изношенности рельсъ, должно быть значительно. Во всякомъ случаѣ вліяніе этого разстоянія поддается теоретическому изученію и въ каждомъ частномъ случаѣ можетъ быть изслѣдовано и опредѣлено теоретически. Приведенная далѣе таблица 12 даетъ относящіяся сюда чрезвычайно важныя указанія.

Напряженія въ рельсахъ, проявляющіяся подъ вліяніемъ статической нагрузки.

Въ этомъ отдѣлѣ прежде всего разсматривается рельсъ, лежащій на четырехъ точкахъ опоры, имѣющихъ упругое

основаніе, при одинаковыхъ разстояніяхъ между опорами и при нагрузкѣ рельса по срединѣ между двумя средними опорами.

Для этого частнаго случая указываются какъ моментъ силъ изгибающихъ рельсъ, взятый относительно точки поддерживающей нагрузку, такъ и величина опусканія этой точки подъ вліяніемъ нагрузки. Формулы, выражающія эти величины, приведены въ двухъ видахъ: съ одной стороны, тѣ которыя даны Циммерманомъ и съ другой, мои. Кромѣ того указаны формулы, опредѣляющія доли полной нагрузки, приходящіяся на двѣ ближайшія къ нагрузкѣ шпалы. Эти формулы приведены въ видахъ, данныхъ Гофманомъ и Шведлеромъ, и въ видѣ, данномъ мною.

Формулы Циммермана, повидимому показались докладчику несогласными съ моими, взятыми въ томъ видѣ, на которомъ онъ остановился. Такъ надо полагать въ виду сказаннаго (стр. 17), что представляется весьма важнымъ сравнить результаты, полученные для момента внѣшнихъ силъ и для осадки рельса по формуламъ Циммермана и по формуламъ Н. Петрова.

Эта потребность сравненія явилась, благодаря двумъ недосмотрамъ. Прежде всего было упущено изъ вида, что формулы Циммермана и мои выведены совершенно точно и различаются только тѣмъ, что формулы Циммермана относятся къ опредѣленному частному случаю, а мои относятся къ общему; но, послѣ введенія въ мои формулы всѣхъ условій принятаго Циммерманомъ частнаго случая, тѣ и другія формулы абсолютно ни въ чемъ не различаются и, слѣдовательно, не могутъ вызывать надобности сравнивать ихъ результаты.

Другое упущеніе состояло въ томъ, что упрощеніе моихъ формулъ соотвѣтственно принятію $\delta = 0,5$ не было доведено до конца.

Остановивъ упрощеніе моихъ формулъ на полдорогѣ, докладчикъ получилъ ихъ въ такомъ видѣ, въ которомъ онѣ кажутся совсѣмъ не похожими на формулы Циммермана.

Дѣйствительно, въ докладѣ приведены мои формулы въ слѣдующемъ упрощенномъ видѣ:

$$\frac{Q}{P} = \frac{180 A^2 + 181,5 A + 8,625}{720 A^2 + 336 A + 15}$$

$$\frac{x}{P} = \frac{180 A^2 - 13,5 A + 1,125}{720 A^2 + 336 A + 15},$$

тогда какъ по Циммерману

$$\frac{Q}{P} = \frac{24 A + 23}{96 A + 40}$$

$$x = \frac{24 A - 3}{96 A + 40}$$

но кажущееся различіе вполнѣ исчезаетъ, если числители и знаменатели моихъ формулъ будутъ освобождены отъ ихъ общихъ множителей.

Общимъ множителемъ этихъ числителей и знаменателемъ оказывается $\frac{60 A + 3}{8}$.

Раздѣливъ числителей и знаменателей моихъ не вполнѣ упрощенныхъ формулъ, на $\frac{60 A + 3}{8}$, получаются формулы вполнѣ тождественныя съ формулами Циммермана.

Далѣе показано, что по Циммерману при нагрузкѣ рельса по срединѣ средняго, между четырьмя шпалами пролета, величина изгибающаго момента внѣшнихъ силъ

$$M = \frac{8 \gamma + 7}{8 (2 \gamma + 5)}$$

и величина осадки рельса въ той же срединѣ

$$y = \frac{16 \gamma^2 + 112 \gamma + 11}{32 \gamma (2 \gamma + 5)}$$

а по моимъ не вполнѣ упрощеннымъ формуламъ

$$M = (1,5 X + 0,5 Q) l$$

$$\text{и } y = \frac{(9A - 0,125)Q - (3A + 1,875)X}{6 K A}.$$

но стоитъ вставить въ эти два послѣднія уравненія вышеупомянутыя вполнѣ упрощенныя формулы, выражающія Q

и X и затѣмъ раздѣлить числителей и знаменателей полученныхъ дробей на ихъ общихъ множителей, такъ и получатся формулы

$$M = \frac{48A + 7}{8(12A + 5)}$$

$$y = \frac{576A^2 + 672A + 11P}{192A(12A + 5)K}$$

наконецъ, вставляя $\gamma = 6A$ и $D = K$, получатся формулы вполне тождественныя съ формулами Циммермана.

Если бы не было упущено, что частный случай, ни въ какомъ случаѣ не можетъ не согласоваться съ общимъ при одинаковыхъ условіяхъ, то не было бы надобности въ приложеніи № 2 табл. 1 вычислять y и M по формуламъ Циммермана и по моимъ и полученныя при расчетахъ различія указали бы только ошибки въ исчисленіяхъ и въ приложеніяхъ № 3 и 4, въ таблицахъ № 2 и 3 не были бы приведены ошибочныя опредѣленія величинъ M и y .

Что касается формулы Шведлера

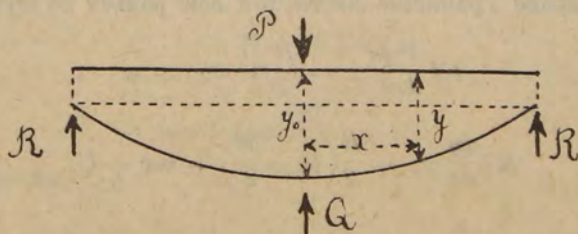
$$Q = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} P,$$

выведенной въ предположеніи, что кусокъ рельса, длиною въ два пролета, опирается на три упругія опоры и нагруженъ силою P , приложенною надъ среднею опорю, или формулы Гофмана

$$Q = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} P,$$

найденной для рельса безграничной длины, опирающагося на равно отстоящія упругія опоры и поддерживающаго нагрузки P , расположенныя надъ опорами, черезъ одну, то прежде всего не лишне упомянуть, что выводы ихъ такъ просты и даже шаблонны *), что едва ли стоитъ на-

*) Выводъ этихъ формулъ слѣдующій:
Формула Шведлера.



зывать ихъ именами ихъ авторовъ и было бы важнѣе упомянуть тѣ условія, при которыхъ онѣ выведены.

Формула получаемая изъ предложенной мною

$$Q = \frac{\gamma^2 + 6,05\gamma + 1,725}{4\gamma^2 + 12,2\gamma + 3}$$

Для равновѣсія силъ должно быть $P = 2R + Q$

Дифференціальное уравненіе изогнутой оси, при коэффициентѣ упругости E , моментѣ инерціи рельса I и k , представляющемъ коэффициентъ, при которомъ

$R = ky_1$ и $Q = ky_0$, — будетъ: $EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -R(l-x)$; $EI \frac{dy}{dx} = -R\left(lx - \frac{x^2}{2}\right) + C_1$,
и $EIy = -R\left(\frac{lx^2}{2} - \frac{x^3}{2 \cdot 3}\right) + C_1 x + C_2$.

Такъ какъ при $x = 0$, $\left(\frac{dy}{dx}\right) = 0$ и $y_0 = \frac{Q}{k}$, то $C_1 = 0$ и $EI \frac{Q}{k} = C_2$

При $x = l$, $ky_1 = R$ и слѣдовательно $EI \frac{R}{k} = -R \frac{l^3}{3} + \frac{EI}{k} Q$,

$$\text{или } \left(\frac{EI}{kl^3} + \frac{1}{3}\right) R = \frac{EI}{kl^3} Q$$

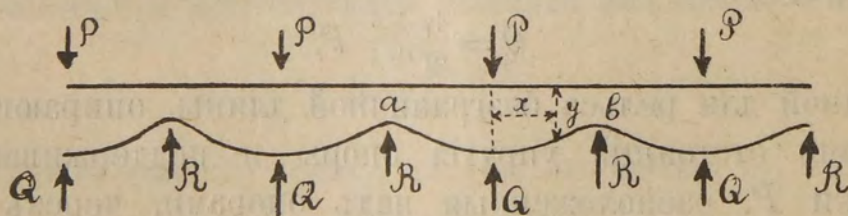
Такъ какъ $R = \frac{P-Q}{2}$, то обозначая $\frac{EI}{kl^3} = A$ оказывается что

$$Q = \frac{6A + 2}{2A + 1} \frac{P}{2}$$

Если обозначить $A = \frac{1}{6} \gamma$, то

$$Q = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2} P$$

Формула Гофмана.



Для равновѣсія силъ надо чтобы

$$P = R + Q$$

Разсматривая часть рельса ab и замѣчая, что въ точкѣ b касательная горизонтальна, надо отмѣтить, что въ этой точкѣ внутри рельса долженъ быть нѣкоторый моментъ m , производимый силами, дѣйствующими правѣе точки b .

Дифференціальное уравненіе изогнутой оси рельса будетъ

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{R}{2}(l-x) + m$$

$$EI \frac{dy}{dx} = -\frac{R}{2}\left(lx - \frac{x^2}{2}\right) + mx + C$$

относится къ случаю передачи рельсомъ давленія на четыре упругія опоры, когда нагрузка оказывается надъ одною изъ двухъ среднихъ опоръ.

Разница въ относительной сложности этихъ формулъ очевидна, но зато весьма велика и разница въ условіяхъ, къ которымъ онѣ относятся, а вмѣстѣ съ тѣмъ и разница въ результатахъ, ими доставляемыхъ, какъ видно изъ слѣдующей таблицы 1.

Таблица № 1.

γ	В е л и ч и н а Q	
	По формулѣ Гофмана.	По формулѣ Н. Петрова.
1.5	0.538	0.531
3	0.520	0.455
4.5	0.513	0.417
6	0.510	0.395
9	0.507	0.369
12	0.505	0.354

$$\text{и } EIy = -\frac{R}{2} \left(\frac{lx^2}{2} - \frac{x^3}{2 \cdot 3} \right) + m \frac{x^2}{2} + C_1 x + C_2$$

Такъ какъ при $x=0$, $\left(\frac{dy}{dx}\right)_0 = 0$ и $y_0 = \frac{Q}{k}$, то $C_1 = 0$ и $C_2 = \frac{EI}{k} Q$

Затѣмъ при $x=l$, $\left(\frac{dy}{dx}\right)_l = 0$ и $y^2 = \frac{R}{k}$, то

$$-\frac{R}{2} \frac{l^2}{2} + ml = 0 \text{ или } m = \frac{R}{4} l$$

$$\text{и } \left(\frac{EI}{kl^3} + \frac{1}{24} \right) R = \frac{EI}{kl^3} Q$$

Это послѣднее уравненіе въ мѣстѣ съ

$$P = R + Q$$

$$\text{даетъ } Q = \frac{4\gamma + 1}{8\gamma + 1} P$$

или формулу Гофмана.

Очевидно, что одну изъ этихъ формулъ нельзя замѣнять другою. Результаты вычисленій, помѣщенныхъ въ таб. № 1 (Приложеніе къ докладу № 2), относятся только къ формуламъ Циммермана и моимъ, но исчисленій величины Q по формуламъ Шведлера или Гофмана совсѣмъ не приведено.

Приведенныя формулы Циммермана и моя признаются авторомъ доклада основными. Онъ пишетъ: «такъ какъ какія бы соображенія ни были положены въ основу опредѣленія напряженія отъ динамическихъ эффектовъ, таковыя выражаются умноженіемъ статическихъ напряженій на нѣкоторый коэффиціентъ, измѣняющійся или нѣтъ въ зависимости отъ скорости поѣздовъ». Приведенное здѣсь дословно мнѣніе автора доклада есть результатъ недоразумѣнія. Прежде всего потому, что всѣ ученые изслѣдованія динамическаго дѣйствія колеса на рельсъ, начиная со Стокса и до Циммермана включительно, были направлены къ опредѣленію динамическаго дѣйствія колеса на рельсъ, помимо опредѣленія связи между динамическимъ и статическимъ дѣйствіями. Основное ихъ дифференціальное уравненіе дано Стоксомъ (Stokes, Mathematical and physical papers Vol II p. 179). вмѣстѣ съ тѣмъ, Циммерманъ первый показалъ, что наибольшее динамическое дѣйствіе колеса на рельсъ не соотвѣтствуетъ средней точкѣ рельса между шпалами, при поддержкѣ рельса двумя неподвижными опорами, т. е. не соотвѣтствуетъ той точкѣ, къ которой относится моментъ изгибающихъ силъ, опредѣляемый формулою Циммермана или частнымъ видомъ предложенной мною формулы. Только въ составленной мною теоріи, впервые, изучается соотношеніе между динамическими и статическими дѣйствіями, и въ замѣну вышеупомянутаго основнаго уравненія Стокса, мною даны два разностныя уравненія 2 и 3 (стр. 22, 1903 дек.) и къ нимъ присоединяется при четырехъ опорахъ, еще уравненіе 6 (стр. 15, 1903. дек.) а при шести опорахъ уравненіе 44 (стр. 14. 1904. іюн.). Но я долженъ былъ пользоваться не частнымъ

видомъ моеѣ присоединенной формулы, приведеннымъ докладчикомъ, на стр. 17 доклада, а полною формулою. Пользованіе и этою полною формулою было сдѣлано съ оговорками. Одна изъ нихъ состояла въ томъ, что формулою, завѣдомо не включавшею въ расчетъ нагрузки рельса отъ колесъ сосѣднихъ съ разсматриваемымъ, допущены потому, что нѣтъ такихъ опытовъ, которые дали бы для примѣненія теоріи таблицу, вѣрно выражающую статическіе прогибы рельса подъ вліяніемъ всѣхъ дѣйствующихъ на него нагрузокъ. Вторая оговорка, при началѣ примѣненія моеѣ теоріи къ опытамъ Дудлея, сдѣлана на основаніи сличенія теоретическихъ опредѣленій статическихъ моментовъ, опредѣленныхъ по формуламъ, относящимся къ четыремъ опорамъ и къ шести опорамъ, съ опытными данными. Когда сличенія показали, что передача рельсомъ всѣхъ получаемыхъ имъ давленій вызываетъ статическіе моменты мало отличающіеся, въ большинствѣ случаевъ, отъ моментовъ при передачѣ давленія одного колеса на четыре опоры и въ рѣдкихъ случаяхъ отъ передачи давленія, на шесть опоръ, тогда только было оправдано примѣненіе моихъ полныхъ формулъ (6 и 44), относящихся къ четыремъ и шести опорамъ. Только съ такими оговорками можно пользоваться моими формулами, приведенными докладчикомъ на стр. 68 и 69. Онѣ должны быть названы основными, потому что на таблицахъ, составленныхъ по этимъ формуламъ, основываются всѣ вычисленія величинъ искомымъ отношеній между динамическимъ и статическимъ дѣйствіями колеса.

Никакихъ подобныхъ вычисленій на основаніи формулы Циммермана, или упрощенной моеѣ, дѣлать нельзя, а потому названіе этихъ формулъ основными можетъ быть примѣнено къ нимъ только по недоразумѣнію. Затѣмъ, и самъ авторъ доклада, въ своихъ вычисленіяхъ, приведенныхъ въ приложеніяхъ №№ 6, 7, 8, 9 и 10, пользуется не формулою Циммермана и не сокращенною моею, а полною моею формулою, относящеюся къ четыремъ опорамъ, не имѣя возможности безъ этой формулы сдѣлать эти вычисленія.

Наконецъ, извѣстно, что статическіе изгибы рельса существенно зависятъ отъ числа опоръ, на которыя рельсъ передаетъ давленіе колеса. Величина моментовъ силъ относительно точки по срединѣ длины рельса между опорами, при $A = 2$, оказывается при двухъ опорахъ $M_2 = 0,25 Pl$, при четырехъ опорахъ $M_4 = 0,444 Pl$ и при шести опорахъ $M_6 = 0,475 Pl$.

Предпочтеніе одной изъ этихъ формулъ, отдаваемое докладчикомъ M_4 , передъ двумя остальными, должно быть строго обосновано; но докладъ не содержитъ никакихъ соображеній или ссылокъ, побуждающихъ остановиться именно на величинѣ M_4 съ тѣмъ, чтобы по праву утверждать, что эта формула даетъ тѣ величины усилій статическихъ, которыя надо умножать на нѣкоторый динамическій коэффициентъ, тогда какъ теорія указываетъ совершенно иные формулы и приемы для опредѣленія наибольшаго отклоненія динамическихъ дѣйствій отъ соотвѣтствующихъ статическихъ.

Плодомъ недоразумѣнія надо признать и фразу докладчика: «Коэффициентъ (динамическій), измѣняющійся или нѣтъ, въ зависимости отъ скорости поѣзда». Сомнѣваться въ зависимости коэффициента отъ скорости невозможно. Зависимость эта указывается и теоріею и практикою. Если бы отъ скорости поѣзда онъ не зависѣлъ, то по путямъ, допускающимъ малыя скорости, можно было бы ходить съ какими угодно большими скоростями.

Примѣненіе формулы Циммермана, относящейся къ положенію колеса посрединѣ пролета между 4 шпалами, безъ особыхъ соображеній, оправдывающихъ это примѣненіе недопустимо, такъ какъ самъ Циммерманъ показалъ, что, въ случаѣ двухъ неподвижныхъ опоръ, поддерживающихъ рельсъ, наибольшее давленіе двигающагося вполне правильнаго колеса будетъ не посрединѣ пролета между шпалами, а послѣ прохода колесомъ этой точки, приблизительно на четверти пролета отъ той шпалы, къ которой колесо приближается.

Величина пониженія рельса y , при динамическомъ дѣйстви колеса, находится въ зависимости отъ пониженія рельса h_i , при статическомъ дѣйстви колеса, y_i получается дѣйствительно умноженіемъ h_i на коэффициентъ, опредѣляемый особымъ уравненіемъ, или просто второю частью уравненія (1) (1905 г. стр. 9); но основными формулами, опредѣляющими статическія пониженія рельса y_i ; будутъ не тѣ, которыя были приведены выше, относящіяся къ срединѣ пролета, а тѣ, которыя даны мною въ 1903 и 1904 годахъ.

При четырехъ опорахъ

$$y = \frac{1}{6Ak} \{ [-6A - 6 + (6A + 11)\delta - 6\delta^2 + \delta^3] Y + [12A - 1 - (6A - 3)\delta - 3\delta^2 + \delta^3] R \} \text{ и}$$

$$Y = \frac{72A^2 - 36A + (216A^2 + 6A - 2)\delta + (72A - 3)\delta^2 + (12A + 5)\delta^3}{720A^2 + 336A + 15}$$

$$R = \frac{144A^2 + 126A + (72A^2 + 138A + 12)\delta - (36A - 18)\delta^2 - (36A + 15)\delta^3}{720A^2 + 336A + 15}$$

При шести опорахъ уравненія гораздо болѣе сложны.

Величины y , соотвѣтственныя этимъ формуламъ, вычисленныя при $P = 10000$, при $k = 10000$, $k = 20000$, $k = 30000$ и $k = 40000$, для величинъ A въ $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{2}$ и 2 и для величинъ δ равныхъ 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 и 0,5 приведены въ таблицахъ. Для урав. (33) въ табл. III (зап. Т. О. дек. 1903 г., стр. 17), а для шести опоръ въ табл. IV (зап. Т. О. іюнь 1905 г.).

Помимо составленія подобныхъ таблицъ опредѣленіе динамическаго дѣйстви правильнаго, а равно и неправильнаго колеса, при разныхъ скоростяхъ, по рельсу, поддерживаемому подвижными опорами, недостижимо.

Самъ авторъ составилъ такія таблицы и помѣстилъ въ своемъ приложеніи 6 стр. 97 и въ приложеніи 7, 100, 102 и 104.

По поводу упомянутых мною уравнений и таблицъ, опредѣляющихъ пониженіе разныхъ точекъ рельса подѣ дѣйствіемъ статической нагрузки, слѣдуетъ упомянуть, что на нихъ нельзя еще основывать точныхъ заключеній о динамическомъ дѣйствіи колесъ подвижного состава. Дѣйствительно, изгибы рельса подѣ давленіемъ многихъ колесъ, естественно, должны отличаться отъ изгибовъ подѣ вліяніемъ одного колеса. Вполнѣ сознавая это различіе, я написалъ въ первой же статьѣ ¹⁾ слѣдующія строки:

Предлагаемый теперь способъ примѣнимъ, однако, только въ тѣхъ случаяхъ, въ которыхъ, путемъ наблюденія надъ рельсами, при крайне медленномъ передвиженіи по рельсу нагруженныхъ колесъ, найдено, что опусканіе точки прикосновенія рельса съ колесомъ, отъ положенія этой же точки рельса совсѣмъ не нагруженнаго, всегда пропорціонально силѣ давленія на рельсъ.

На основаніи такихъ опытовъ, должна быть составлена или по вычисленіямъ, или по наблюденіямъ, таблица, или сдѣланъ чертежъ, гдѣ можно было бы найти величину опусканія каждой точки рельса подѣ даннымъ грузомъ.

Несмотря на такое сознаніе, были сдѣланы таблицы, вычисленныя при дѣйствіи одного колеса на рельсъ, положенный на 4 и на 6 опоръ. На основаніи этой таблицы были сдѣланы опредѣленія динамическаго дѣйствія для того, чтобы, пользуясь новою теоріею, попытаться найти вліяніе разныхъ обстоятельствъ на напряженіе въ рельсѣ и попробовать найти способъ къ устраненію хотя бы самыхъ грубыхъ заблужденій, вызываемыхъ измѣненною формулою Винклера, относительно динамическаго дѣйствія колесъ на рельсы. Какъ было уже упомянуто, примѣненіе такихъ вычисленій къ опредѣленію напряженія въ рельсахъ подѣ динамическимъ дѣйствіемъ колесъ было допущено только послѣ сличенія результатовъ, полученныхъ

¹⁾ Вліяніе поступательной скорости колеса на напряженіе въ рельсѣ. Записки И. Р. Т. О. Февраль 1903 г., стр. 32.

теоретически, съ результатами опытовъ Дудлея, когда сличеніе показало, что такую теорією пользоваться можно съ достаточной точностью (1907 г. стр. 38).

Приведенныя въ докладѣ на стр. 18 соображенія, расчеты и наблюденія, опредѣляющія вліяніе вѣса рельсовъ, шпаль и системы грузовъ, принадлежащихъ колесамъ, отличаются несогласіемъ авторовъ этихъ соображеній и расчетовъ. Такъ, было найдено

Т а б л и ц а 2.

при $\gamma =$	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5
По теоретическимъ исчисленіямъ инж. Холодецкого, ста- тической моментъ уменьшается на .	9 ^o / _o	—	4 ^o / _o	—	8.1 ^o / _o	12 ^o / _o	13,5 ^o / _o	15 ^o / _o
Согласно вычисле- ній Ast'a . . .	—	5 ^o / _o	9 ^o / _o	15 ^o / _o	20 ^o / _o	24 ^o / _o	27 ^o / _o	—

По исчисленіямъ Ast'a уменьшеніе оказывается почти вдвое значительнѣе, чѣмъ по расчетамъ инженера Холодецкого.

Всѣ эти результаты не даютъ, однако, матеріала для переработки формулъ, опредѣляющихъ моментъ изгибающихъ силъ не относительно середины рельса между шпалами, а относительно любой точки пролета.

Для теоретическаго изслѣдованія упомянутыхъ вліяній эта переработка совершенно необходима и безъ такого изслѣдованія невозможно найти вѣрную связь между статическими и динамическими изгибами рельса. Мнѣніе Дудлея, приведенное на стр. 19, доклада не подвигаетъ впередъ разъясненіе этой связи. Таблица же, приведенная на стр. 20 для доказательства, что моментъ внѣшнихъ силъ, при одномъ и томъ же наибольшемъ напряженіи въ рельсѣ, увеличивается не пропорціонально увеличенію вѣса, не

указывая ничего новаго вообще, можетъ, однако, вводить въ заблужденіе.

Для рельсъ, принятыхъ у насъ типовъ, процентное увеличеніе момента внѣшнихъ силъ возрастаетъ быстрѣе увеличенія вѣса, въ другомъ отношеніи, чѣмъ приведено въ таблицѣ стр. 20 доклада. Эти отношенія для нашихъ типовъ указаны въ таблицѣ 3.

Таблица 3.

Типы рельсъ.	Вѣсъ рельса въ фун. на пог. футъ.	% увеличеніе вѣса сравнительно съ типомъ IV.	Напряж. 21 килогр. на кв. мил.		Напряж. 28 килогр. на кв. мил.	
			Моментъ внѣшн. силъ килогр.-сант. 21 W.	% увеличеніе момента сравнит. съ IV.	Моментъ внѣшн. силъ кил. сант. 28 W.	% увеличеніе момента сравнит. съ IV.
IV	22.5	—	248010	—	330680	—
III	24.5	8.9	309960	25	413280	25
II	28.5	26.7	382200	54	509600	54
I	32.2	44.4	441000	78	588000	78

Таблица 3 приведена, главнымъ образомъ, для нагляднаго доказательства неправильности высказаннаго въ докладѣ (стр. 21) мнѣнія, что будто при повышеніи напряженія, увеличеніе вѣса, увеличиваетъ допустимый моментъ внѣшнихъ силъ болѣе значительно.

Будто увеличеніе вѣса рельса на 16,7%; 33,3%; 66,7% увеличиваетъ моменты сопротивленія, при напряженіи въ 21 кил. на кв. мил., на 15,2%; 45,9% и 112,4% и моменты, соотвѣтствующіе напряженію въ 28 кил. на кв. миллиметръ на 38,6%; 75,6% и 147,9%.

Такое вліяніе повышеннаго напряженія противорѣчитъ самымъ элементарнымъ указаніямъ теоріи, признаваемой докладомъ, гдѣ (стр. 19) приведено уравненіе $R = \frac{M}{W}$.

Изъ чего видно, что моменты силъ M увеличиваются пропорціонально напряженію R .

Ошибочное заключеніе доклада, на основаніи таблицы (стр. 20), явилось вслѣдствіе упущенія изъ вида упомяну- таго теоретическаго уравненія и оставшейся потому не замѣченной ошибки, вкравшейся въ таблицу.

Ошибочно показанъ моментъ внѣшнихъ силъ, соот- вѣтствующій № 1, при напряженіи въ 28 килогр. на кв. миллиметръ. Онъ долженъ быть больше момента при напряженіи въ 21 кил. на кв. милл. въ отношеніи 28 къ 21. Если при напряженіи 21 кил., моментъ равенъ 270.050, при напряженіи 28 килогр. моментъ долженъ быть $270.050 \times \frac{28}{21} = 360.070$, а не 299.200, какъ показано въ таблицѣ. Принимая для № 1 моментъ въ 360.070 найдемъ для № 2 увеличеніе 16% вмѣсто 38,6; для № 3 найдемъ 45,9% вмѣсто 75,6% и для № 4 найдемъ 106% вмѣсто 147,9%. Не полное совпаденіе процентовъ, соответствующихъ напряженіямъ въ 21 и 28 килогр., есть результатъ не точнаго опредѣленія моментовъ.

Затѣмъ, докладъ (стр. 21) напоминаетъ, что формула Циммермана для опредѣленія момента изгибающихъ силъ, принимающая въ расчетъ дѣйствіе одного только груза и игнорирующая дѣйствіе сосѣднихъ грузовъ, даетъ результа- ты преувеличенные, но и тутъ не дается указаній для исправленія невѣрнаго опредѣленія.

Относительно опорныхъ давленій указывается (стр. 22), что по исчисленіямъ инж. Холодецкаго опорныя со- противленія получаютъ значительно большія, чѣмъ по формуламъ Шведлера или Гофмана.

Инженеръ Холодецкій нашель, что для четырех- осныхъ паровозовъ, при разстояніи между осями въ 1,5 или 2 раза превосходящими разстояніе между серединами смежныхъ поперечинъ, при возрастаніи γ , возрастаютъ опорныя давленія.

При возрастаніи γ до $\frac{1}{2}$, 1, 2, увеличиваются опор- ныя давленія на $1\frac{1}{2}\%$, 19,7%, 39%.

Такъ какъ γ возрастаетъ до 5,81, то вопросъ этотъ получаетъ серьезное значеніе.

Дальнѣйшія соображенія доклада теперь не приводятся, такъ какъ они непосредственно не относятся къ верхнему строенію.

Не возражая противъ замѣчаній, касающихся упомянутыхъ формулъ, при опредѣленіи статически дѣйствующихъ нагрузокъ, надо сказать, что ни упомянутыми формулами, ни совокупностью ихъ со сдѣланными докладчикомъ замѣчаніями, нельзя будетъ воспользоваться при разрѣшеніи главнѣйшаго вопроса, которому посвященъ весь докладъ, т. е. вопроса о напряженіяхъ въ рельсахъ и въ остальныхъ составныхъ частяхъ верхняго строенія.

При опредѣленіи опорныхъ давленій въ табл. 1 было показано, что опорное давленіе, опредѣленное по формулѣ Гофмана, составляетъ при $\gamma = 1,5$ всего 0,538 нагрузки одиночнаго груза. При бѣльшихъ величинахъ γ эта доля уменьшается.

Такъ какъ при движеніи колесъ опорныя давленія увеличиваются, то докладъ (стр. 51) предлагаетъ увеличивать статическую величину въ 1,5 раза.

Послѣ умноженія на 1,5 найдемъ величину опорнаго давленія $0,538 \times 1,5 \times P = 0,807 P$. При динамическомъ же дѣйствіи колеса, какъ видно изъ чертежа, составленнаго авторомъ доклада на основаніи исчисленій, сдѣланныхъ по предложенной мною теоріи, наибольшее давленіе двигающагося колеса, производимое на рельсъ надъ самою поперечиною, очень мало отличается отъ наибольшаго динамическаго давленія и, слѣдовательно, значительно превосходитъ величину P .

Оба эти обстоятельства указываютъ, что ни формулою Циммермана, опредѣляющею моментъ силъ изгибающихъ рельсъ, ни формулами Шведлера или Гофмана, опредѣляющими давленіе на шпалу, а затѣмъ и на балластъ, — пользоваться нельзя.

Вычисленія, сдѣланныя для нѣсколькихъ конкрет-

ныхъ случаевъ, приведенныхъ въ приложеніи № 5, принимая во вниманіе нагрузки разныхъ осей паровозовъ и верхняго строенія, пользуясь формулами Клапейрона, показали приблизительно величины тѣхъ погрѣшностей въ опредѣленіи моментовъ силъ изгибающихъ рельсъ и тѣхъ опорныхъ давленій, которыми поддерживается рельсъ, при статическомъ дѣйствіи грузовъ, принимая въ расчетъ не все дѣйствующія нагрузки, а нагрузку одного лишь колеса. Эти погрѣшности достигаютъ 32%. Величины погрѣшностей, приведенныхъ въ приложеніи № 5 и на стр. 25 и 26 доклада, даютъ поводъ къ заключенію, что и мои формулы, немного болѣе точныя, чѣмъ формула Циммермана, только болѣе сложны, но не болѣе полезны. Поэтому надо ихъ или пополнить формулами вродѣ формулъ Клапейрона, или отбросить за ненужностью. Такое заключеніе было бы не основательно. Выводъ формулъ, относящихся не къ опредѣленному положенію груза, а ко всякимъ его положеніямъ, былъ необходимъ потому, что, какъ будетъ видно далѣе, теорія даетъ возможность довольно вѣрно оцѣнивать вліяніе разныхъ элементовъ на динамическое дѣйствіе колесъ. Примѣненіе ихъ направляется къ исчисленію величинъ статическихъ пониженій не одной только середины рельса между шпалами, что только и достигается формулою Циммермана, но и пониженій другихъ точекъ на всемъ протяженіи рельса между двумя средними опорами. Безъ исчисленій такого рода пониженій, относящихся къ любой точкѣ на этомъ послѣднемъ протяженіи, нельзя было бы приступить къ разрѣшенію вопроса о вліяніи и скорости, и неправильности формы колесной шины и другихъ элементовъ на динамическое дѣйствіе колеса.

Вліянія, оставшіяся донинѣ безъ уясненія, были слѣдующія: коэффициентъ балласта C , разстоянія между серединами поперечинъ L , неправильная подбивка одной изъ поперечинъ, неправильная форма колеса, неправильная форма рельса, величина поступа-

тельной скорости V , величина момента инерции рельса I . Общая совокупность всѣхъ перечисленныхъ вліяній опредѣлялась путемъ наблюдений и величина динамическаго коэффициента опредѣлялась разными наблюдателями въ 1,5; 2; 3 и болѣе по сравненію со статическимъ дѣйствіемъ (стр. 27), а часто наблюдались динамическія давленія и меньше статическихъ. Для оцѣнки всѣхъ этихъ вліяній необходимо составленіе таблицъ величинъ h для разныхъ точекъ рельса подъ вліяніемъ статическаго дѣйствія грузовъ. Въ первой же моей статьѣ о вліяніи поступательной скорости колеса на напряжение въ рельсѣ (стр. 32) сказано, что предлагаемый теперь способъ примѣнимъ только въ тѣхъ случаяхъ, въ которыхъ путемъ наблюдений опредѣлены опусканія разныхъ точекъ рельса подъ дѣйствіемъ статическихъ нагрузокъ. При отсутствіи такихъ наблюдений, пришлось ограничиться составленіемъ таблицы III (И. Р. Т. О. дек. 1903 г. стр. 17) и Таб. VII, IX стр. 15 и 17 (И. Р. Т. О., іюнь 1904 г.). Улучшеніе этихъ таблицъ введеніемъ въ нихъ вліянія дѣйствующихъ дѣйствительно грузовъ было бы вполнѣ желательно, и составило бы большой шагъ впередъ; но авторъ доклада такого улучшенія не сдѣлалъ такъ же, какъ не могу и я сдѣлать теперь, не обращаясь къ соотвѣтственно организованнымъ опытамъ. Во всякомъ случаѣ, выводъ результатовъ, практически полезныхъ, на основаніи неполной формулы, сдѣланъ былъ, какъ уже упомянуто было выше, послѣ сличенія теоретическихъ исчисленій съ данными опытовъ (1907 г. стр. 27—38).

Напряженія въ рельсахъ подъ вліяніемъ динамическихъ усилій.

Всѣ наблюдатели признаютъ, что динамическое дѣйствіе подвижнаго состава бываетъ больше статическаго, но значеніе отдѣльныхъ элементовъ оцѣнивается очень различно.

Авторъ доклада, отказавшись отъ пользованія формулою Винклера, замѣчаетъ, прежде всего, (стр. 30 и 31), что

въ моемъ трудѣ принимаются во вниманіе напряженія въ рельсахъ только отъ вертикальныхъ изгибовъ рельсъ, при движеніи колесъ разнѣй нагрузки съ разными скоростями, но не имѣлись въ виду общія условія устойчивости пути, какъ въ вертикальной, такъ и особенно въ горизонтальныхъ плоскостяхъ. Между тѣмъ, Инженерному Совѣту приходится выработать указанія о примѣненіи такихъ типовъ верхняго строенія, которые обезпечили бы безопасность движенія при возрастающихъ скоростяхъ или увеличенныхъ нагрузкахъ на ось. По смыслу этого замѣчанія, позволительно думать, что авторъ доклада попытается пополнить допущенный мною пробѣлъ. Но въ заключеніи своемъ онъ ничего такого не сдѣлалъ, такъ какъ о горизонтальныхъ усиліяхъ не говоритъ ни слова. Прежде обсужденія формулъ, выражающихъ динамическій коэффициентъ, авторъ доклада признавалъ необходимымъ остановиться на опытныхъ данныхъ. Въ таблицѣ (стр. 31) приведены максимальныя колебанія нагрузки рессоръ сверхъ указанныхъ мною наблюденій.

Веберъ приводитъ перегрузки рессоръ частью болѣе значительныя 96%, частью менѣе значительныя 50% и, наконецъ, среднюю ихъ величину 75%. Трудно понять для чего можетъ быть нужна эта средняя арифметическая, особенно, имѣя въ виду вопросъ о безопасности движенія по жел. дорогамъ. Въ моей статьѣ (1907 г., стр. 42) приведены результаты наблюденій Бріера, сдѣланныхъ на хорошемъ пути.

Далѣе (32 стр. внизу), въ докладѣ приведена таблица наблюденій Коюара. Въ этой таблицѣ показаны наблюденія на путяхъ безъ подкладокъ и на путяхъ съ подкладками. На первыхъ путяхъ наибольшая перегрузка составляетъ 113%, а на путяхъ съ подкладками 57%. Приведены и и среднія величины, не имѣющія опять никакого значенія.

Изъ наблюденій Фламаша приводится указаніе (стр. 32 внизу), что по измѣреніямъ общаго прогиба рельсъ, такъ и осадки шпалъ, на хорошо содержимыхъ путяхъ, динамическій эффектъ отъ колесъ паровоза при скоростяхъ

до 80 килом. въ часъ, имѣетъ небольшое значеніе, увеличивая отъ 20% до 70% статическія нагрузки. Къ сожалѣнію, не указывается, какія имѣются въ виду статическія нагрузки.

По опытамъ инженера Васютынского (стр. 33) подъ паровозными колесами динамическое давленіе на шпалу такое же, какъ статическое, а для тендера равно полуторному статическому.

Подобный результатъ для паровозныхъ колесъ, конечно, слѣдуетъ приписать случайности. По моей теоріи давленіе колеса то увеличивается, то уменьшается, и опыты въ механической лабораторіи Purdue University U. S. N. A. ¹⁾ (такъ же какъ и многія мои вычисленія) показали, что ведущая ось можетъ даже подскакивать на 3—6 милл.

Для рельсъ подъ паровозными колесами, какъ указано на стр. 33 доклада, динамическое дѣйствіе равно 1,44—1,60 статическаго. Далѣе (стр. 33 послѣдняя строка), указывается, что осѣданіе шпаль, опредѣленное теоретически (по не указанной теоріи) значительно (въ 3,—4 раза) менѣе опредѣленнаго опытомъ (см. докладъ, стр. 34 вверху): такъ,

теоретически	8,5%—14%,
по опыту	39%—50%.

Относительно опытовъ Дудлея (стр. 34), производившаго наблюденія на правильныхъ рельсахъ и при неизношенныхъ бандажахъ, говорится, что опыты, произведенные имъ при скоростяхъ 105 килом. въ часъ, онъ считаетъ недостаточно удовлетворительными, но, тѣмъ не менѣе, указываетъ, что для рельсъ въ 39,69 кил. (29,6 фун. въ пог. футѣ) при скорости 105 кил. въ часъ, по сравненію со скоростью 1,6 кил., напряженіе увеличивалось въ 3 раза.

¹⁾ Холодецкій. Исслѣдованіе вліянія внѣшнихъ силъ. (См. у меня таб. III, стр. 77 $y_{0,5} = 0,0189$ и $y_{0,6} = -0,542$; табл. VI стр. 83, $y_{0,3} = -0,0160$; табл. VII стр. 84 и 85 $y_{0,5} = -0,020$, $y_{0,6} = -0,830$, $y_{0,7} = 0,0629$, $y_{0,8} = -0,0377$, табл. XI стр. 92 и 93, $y_{0,4} = -0,0574$; $y_{0,5} = -0,1840$, $y_{0,6} = -0,2398$, $y_{0,7} = -0,2091$ и $y_{0,8} = -0,0975$.)

Для рельсъ въ 49,61 кил. (37 фун. въ пог. футѣ) при тѣхъ же условіяхъ напряженіе увеличилось въ 2 раза.

Эти фактическія данныя, по мнѣнію Дудлея, не могутъ еще служить для установленія общаго правила. Съ этимъ послѣднимъ мнѣніемъ никакъ нельзя не согласиться. Данныхъ приводится дѣйствительно слишкомъ мало для вывода общаго правила. Для оцѣнки опытовъ Дудлея, съ точки зрѣнія предложенной мною теоріи, надо имѣть въ виду величину A , относящуюся къ опыту.

На стр. 111 (1907 г.) находимъ, что моментъ инерціи рельса $J = 1186$. При каменномъ балластѣ надо считать $C = 8$, длину полушпалы 122 сант., ширину ея 22,9; слѣдовательно, $k = 0,92 \times 122 \times 22,9 = 25700$; разстояніе между срединами шпаль $l = 51$ сант.; слѣдовательно,

$$A = \frac{2.000.000 \times 1186}{25700 \times 133000} = 0,7.$$

По таб. VШ стр. 86 (1907 г.) при $A = 0,5$, при скорости 100 и при впадинѣ 0,4 сант. $m = \left(\frac{y_i}{h_i}\right)_{max.} = 2,11$. По табл. XII стр. 94 (1907) при $A = 1$, скорости 100 верстѣ и глубинѣ впадинѣ 0,4 сант. $m = \left(\frac{y_i}{h_i}\right)_{max.} = 2,24$. Слѣдовательно, при $A = 0,7$ величина динамическаго коэффиціента при скорости 100 верстѣ и впадинѣ 0,4 должна быть нѣкоторою среднею между 2,11 и 2,24, приблизительно = 2,2. Это послѣднее число, найденное теоритически, менѣе 3, полученныхъ на опытѣ. Но, если при опытѣ была перегрузка рессоры только въ половину наблюдавшейся Бриеромъ, то опытѣ и долженъ былъ дать число больше 2,2 и слѣдовательно, могъ дать и 3.

Второй опытъ относится къ рельсу съ моментомъ инерціи $J = 1982$, при $l = 57$ и при величинѣ $A = 1,03$. При величинѣ $A = 1,03$ или почти 1, находимъ для колеса съ впадиною 0,4 сант. при скорости 100 вер. въ таб. XII стр. 96 (1907 г.), $\frac{M_d}{M_c} = 2,26$, немного больше 2, найденныхъ опытомъ, что легко могло явиться, если впадина была немного меньше 0,4 сант.

Авторъ доклада, приводя (стр. 34) два различные результата наблюдений 3 и 2, не приводит никакихъ соображений относительно достоинствъ этихъ опытовъ. Совершенно не выяснено, слѣдуетъ ли полученное различіе результатовъ опытовъ принимать какъ признакъ негодности ихъ обоихъ, или надо, почему-либо отдать предпочтеніе тому или другому и затѣмъ отбросить опытъ неудавшійся.

При изученіи сложнаго явленія путемъ опытовъ крайне необходимо выяснить способъ для правильной оцѣнки достоинствъ опыта. Если, по свойству наблюдаемаго явленія и по принятому для наблюдений способу, нельзя ожидать, что наблюдение всегда будетъ показывать, на примѣръ, наибольшую или наименьшую величину, то надо выяснить степень вѣроятности, что наблюденная величина отличается отъ наибольшей или отъ наименьшей не болѣе, чѣмъ на заданную долю изучаемой величины.

Исчисленія, сдѣланныя авторомъ доклада, выраженные графически въ приложеніи 10, показываютъ, что точка соприкосновенія колеса съ рельсомъ описываетъ нѣкоторую волнообразную линію. Дѣйствительная линія должна отличаться болѣе или менѣе отъ начерченной потому, что подъ вліяніемъ многихъ нагрузокъ на рельсъ статическія его изгибы не вполне согласны съ принятыми при исчисленіяхъ. Тѣмъ не менѣе волнистая форма линіи не подлежитъ никакому сомнѣнію и объ этомъ знаетъ авторъ доклада, такъ какъ указываетъ не только данныя, опредѣляющія болѣе, или менѣе значительныя давленія катящагося колеса, но упоминаетъ и опыты въ Purdue University, при которыхъ колесо, подпрыгивая, не производило никакого давленія. Длина волны не можетъ быть всегда въ кратномъ отношеніи съ разстояніями между серединами шпалъ и потому, при различныхъ наблюденіяхъ, на опредѣленной точкѣ рельса, гдѣ можетъ быть установленъ приборъ (стремматографъ, на примѣръ) для наблюдений, можетъ являться не одна и та же часть волны. Поэтому, при разныхъ наблюденіяхъ надъ однимъ и тѣмъ же коле-

сомъ и при однѣхъ и тѣхъ же скоростяхъ, будутъ неизменно получаться различныя показанія. Самое большое или самое малое изъ полученныхъ показаній и должно быть принимаемо въ расчетъ для опредѣленія наибольшихъ или наименьшихъ изгибовъ. Только большой рядъ опытовъ можетъ обезпечить увѣренность, что наблюденіями была уловлена величина немного отличающаяся отъ самой большой или отъ самой малой. Величина вѣроятности, что при данномъ числѣ опытовъ была усмотрѣна величина, отличающаяся отъ наибольшей не болѣе чѣмъ на заданную долю, опредѣляется формулою, данною мною (И. Р. Т. О. іюль и авг. 1906 г.)—уравненіе 21 и 22 и таблица 12 и 13. Эти соображенія указываютъ, что приведенные два опыта ничуть другъ друга не опровергаютъ, а дополняютъ одинъ другого, указывая, что первый даетъ болѣе близкую величину отношенія между динамическимъ и статическимъ напряжениями.

Для сужденія о результатахъ, приведенныхъ въ таблицѣ опытовъ Дудлея (стр. 35 доклада), надо, прежде всего, отмѣтить, что въ этой таблицѣ, изъ числа данныхъ, относящихся къ опытамъ, приведены не всѣ способныя оказывать существенное вліяніе на наблюдаемый результатъ. Вовсе не указаны не только неправильности въ формѣ колесныхъ шинъ, но не указаны и величины C —коэффициента балластнаго слоя. За отсутствіемъ въ таблицахъ Дудлея этихъ указаній, приведенныя въ таблицѣ динамическіе коэффициенты взяты прямо изъ моихъ таблицъ XIX — XXII (1907 г.) безъ указанія къ какимъ величинамъ C они относятся. Вычислены они были мною въ предположеніи $A = 2$. Этому предположенію соотвѣтствуютъ довольно различныя величины C отъ $C = 2,6$ до $C = 5,76$. Для уясненія того значенія, которое принадлежитъ величинѣ C , составлена теперь новая таблица 4.

Т а б л и ц а № 4.

№	Р е л ь с ы.					Изгиб. мом.		На- грузка Р кило- гр.	Скорости верстъ въ часъ.								
	I	A	n	C	l	Дина- мич. по наблюд.	Статич. при пе- редачъ дав. на 4 рель- са.		22,5	24	52	64,4	67,6	70,8			
								Динамич. коэффиценты.									
1	1832	0.65	1.501	8	57.1	140577	106271	4960	1.32							пер. пар. тел. сред. ведущ.	
						233119	175485	8190	1.32								
							140577	115167	4960	1.22							
							233119	190224	8190	1.22							
						2		140577	123747	4960	1.12						
							2	1.776	2.6	233119	207636	8190	1.11				
2	1982	1.06	1.633	8	57.1	112932	107130	4596		1.05					пер. пар. тел. перед. ведущ.		
						438170	305140	13090	1.43								
							112932	114415	4596	0.99							
							438170	325950	13090	1.35							
						2		112932	116520	4596	0.97						
							2	1.776	4.25	438170	331860	13090	1.31				
3	1892	1.44	1.708	8	50.3	167511	113640	5291			1.47				пер. пар. тел. зад. ведущ.		
						319522	206404	9610	1.55								
							167511	119810	5291	1.40							
							319522	217572	9610	1.47							
						2		167511	118165	5291	1.42						
							2	1.776	5.76	319522	214620	9610	1.49				
4	1186	0.885	1.584	8	50.8	164325	92530	4600				1.77			тенд. тел. сред. вел. тел. зад. вел. тел.		
						338112	212640	10000	1.59								
							164325	105283	4600	1.56							
							338112	228801	10000	1.48							
						2		164325	103200	4600	1.59						
							2	1.776	3.54	338112	224300	10000	1.51				
							0.885	1.584	8	310225	125729	6250	2.39				
										300912	69022	3340	4.36				
										223356	69022	3340	3.23				
							1.42	1.705	5	310225	143049	6250	2.17				
										300912	74267	3340	4.05				
										223356	74267	3340	3.01				
							2	1.776	3.54	310225	140200	6250	1.21				
										300912	77000	3340	3.89				
				223356	77000	3340	2.89										
5	1186	0.885	1.584	8	50.8	176823	100385	5000				1.76			пер. пар. тел. пер. ведущ. пер. пар. тел.		
						353647	203888	10000	1.73								
							176823	108014	5000	1.64							
							353647	219384	10000	1.61							
						2		176823	112500	5000	1.57						
							2	1.776	3.54	353647	225888	10000	1.57				
6	1186	0.885	1.584	8		139601	100385	5000				1.39			зад. пар. тел. пер. ведущ. зад. вед. тел. зад. пар. тел. зад. вед. тел.		
						353647	200771	10000	1.76								
							186135	84925	4230	2.18							
							139601	108014	5000	1.29							
							353647	216000	10000	1.64							
							186135	91379	4230	2.03							
							2	1.776	3.54	139601	112500	5000	1.24				
										353647	225000	10000	1.57				
										186135	95200	4230	1.91				

Изъ этой таблицы видно какое существенное значеніе имѣетъ величина C . Въ опытахъ подь № 1 можно усмотрѣть, что, принимая одну и ту же величину динамическаго момента опредѣленную опытомъ, но, исчисляя статическіе моменты соотвѣтственно тому или другому значенію C , получаютъ очень различныя величины динамическихъ коэффициентовъ. Такъ, допуская, что $C = 2,6$, опредѣляется динамическій коэффициентъ въ 1,11; при $C = 5$ коэффициентъ оказывается равнымъ 1,22, а при $C = 8$ величина коэффициента опредѣляется въ 1,32. Этотъ послѣдній болѣе перваго на 19%. Въ опытахъ подь № 5, при $C = 3,54$ коэффициентъ опредѣленъ въ 1,57, а при $C = 8$ онъ получаетъ величину 1,76.

Очевидно, что величинами динамическихъ коэффициентовъ, помѣщенными въ табл. 4 или въ таблицѣ доклада, надо пользоваться съ оговорками, указывающими, къ какой величинѣ C они относятся.

Другое обстоятельство, имѣющее не менѣе существенное вліяніе на опредѣленіе динамическаго коэффициента, — это неправильность формы колеснаго обода. Числа, опредѣляющія величины моментовъ изгибающихъ силъ, при динамическомъ дѣйствіи колесъ, были найдены не только при измѣненіи поступательной скорости колесъ, но еще и при разныхъ отступленіяхъ колесныхъ шинъ отъ совершенно правильной круглой формы. Упуская изъ виду эти неправильности въ формѣ шинъ, нельзя было бы объяснить очень большія напряженія въ рельсахъ, вызванныхъ тендерными и особенно вагонными колесами.

Результаты теоретическихъ вычисленій, помѣщенныхъ въ таблицахъ (1907 г.) отъ V до XVI были получены при двухъ предположеніяхъ относительно вида колесной шины. Одно предположеніе имѣло въ виду впадину на колесѣ глубиною 0,4 сант., а другое — вполнѣ правильное, круглое колесо. Таблицы указываютъ, что существованіе впадинъ глубиною 0,4 сантим. увеличиваетъ динамическое дѣйствіе колеса почти вдвое сравнительно съ дѣйствіемъ вполнѣ правильнаго круглаго колеса.

Для правильнаго пониманія нѣкоторыхъ чиселъ, полученныхъ при опытахъ и приведшихъ къ опредѣленію динамическихъ коэффиціентовъ дробями, указывающими, что въ этихъ случаяхъ динамическое дѣйствіе было меньше статическаго, слѣдуетъ обратиться или къ таблицамъ (1907 г.) отъ V по XVI или къ страницамъ 122—123 доклада. Изъ нихъ видно, что точка прикосновенія колеса съ рельсомъ описываетъ волнистую линію. Волны этой линіи располагаются относительно опоръ весьма разнообразно. Надъ измѣрительнымъ приборомъ (стремматографомъ) могли являться всевозможныя части волны отъ самыхъ пониженныхъ, соотвѣтствующихъ самымъ большимъ динамическимъ дѣйствіямъ, до самыхъ верхнихъ соотвѣтственныхъ самымъ малымъ динамическимъ дѣйствіямъ.

Остановливаясь на изученіи вліянія скорости на увеличеніе динамическаго дѣйствія колеса на рельсъ, слѣдуетъ выбирать изъ среды чиселъ, относящихся къ какой-нибудь опредѣленной скорости, наибольшія изъ показаній. Относительно этихъ наибольшихъ слѣдуетъ имѣть въ виду, что они, только болѣе или менѣе, близки къ наибольшимъ и съ очень малою вѣроятностью могутъ быть принимаемы за дѣйствительныя наибольшія.

Среднія величины динамическаго коэффиціента, указываемыя въ докладѣ, не могутъ имѣть никакого значенія. Объ нихъ, съ увѣренностью, можно сказать только одно, — что онѣ еще менѣе даютъ понятія о наибольшемъ динамическомъ дѣйствіи, чѣмъ самыя большія изъ найденныхъ прямымъ наблюденіемъ и, въ большинствѣ случаевъ, не достигающихъ самыхъ большихъ дѣйствительныхъ вліяній.

Поэтому нельзя согласиться съ мнѣніемъ докладчика, полагающимъ, что для скоростей 64—71 верста, опытъ указываетъ величину динамическаго коэффиціента 1,55, потому что при скорости 64,4 версты въ таблицѣ 4 находимъ числа 1,59 и 1,51, что даетъ въ среднемъ 1,55 и изъ опытовъ при скорости 70,8 версты находимъ коэффи-

цієнтъ 1,24 и 1,57, а въ среднемъ 1,41. Эти среднія ничего не указываютъ.

Но прежде установленія величины динамическихъ коэффициентовъ, на основаніи данныхъ таблицы 4, надо къ сдѣланнымъ уже замѣчаніямъ, касавшимся динамическихъ моментовъ, присоединить необходимыя замѣчанія къ опредѣленію статическихъ моментовъ.

Статическіе моменты, показанные въ таблицѣ 4 вычислены по формулѣ $n \frac{PL}{4}$. Величины P и L даны опытами, а величина n зависитъ отъ величины A , которая, въ свою очередь, зависитъ отъ величины C . Для опредѣленія этой послѣдней есть одно только указаніе. Въ описаніи опыта упоминается, что балластъ каменный. При такомъ упоминаніи, можно принимать величину $C = 5$, а еще вѣроятнѣе $C = 8$.

Въ таблицѣ 4 приведены статическіе моменты, соотвѣтствующіе каждому изъ этихъ предположеній, и по этимъ моментамъ вычислены динамическіе коэффициенты. Бѣльшимъ величинамъ C соотвѣтствуютъ и бѣльшія величины динамическихъ коэффициентовъ. Такъ какъ величина $C = 8$ представляется болѣе вѣроятною, чѣмъ $C = 5$, то и динамическіе коэффициенты болѣе значительные представляются тоже болѣе вѣроятными.

Поэтому, если при скорости 64,4 версты переднему колесу паровозной телѣжки (опыты № 4), соотвѣтствуетъ коэффициентъ 1,77, а переднему ведущему 1,59, а по опытамъ № 6, при скорости 70,8 заднему колесу паровозной телѣжки соотвѣтствуетъ 1,39 и переднему ведущему 1,76, то болѣе вѣроятнымъ коэффициентомъ надо считать 1,77. Эта величина болѣе принимаемой докладчикомъ величины 1,55 на 14%.

Принимая величину 1,77, надо еще твердо помнить, что она найдена для не изношенныхъ колесъ и что нѣтъ никакихъ указаній на проявленіе при опытахъ какихъ-нибудь значительныхъ перегрузокъ рессоръ. Это озна-

чаетъ, что динамическіе коэффиціенты, соотвѣтствующіе колесамъ изношеннымъ и при большихъ перегрузкахъ рессоръ, могутъ быть значительно больше 1,77.

Необходимость принимать во вниманіе изношенность колесныхъ шинъ признается и докладомъ, гдѣ на стр. 36 написано:—только нѣкоторые изъ тендерныхъ и вагонныхъ колесъ, вѣроятно, со значительными выбоинами на бандажахъ, произвели эффектъ въ двухъ случаяхъ весьма значительный, приближающійся къ напряженіямъ ведущихъ колесъ паровоза.

Для болѣе отчетливаго пониманія того вліянія, которое можетъ имѣть неправильная форма колесъ приводится таблица 5 съ результатами теоретическихъ исчисленій динамическихъ коэффиціентовъ.

Таблица 5

динамическихъ коэффиціентовъ для колеса со впадиной глубиною 0,4 сант. и для правильнаго колеса, опредѣленныхъ теоретически.

Величина А	Скорость V верст.	Наибольшее отношеніе динамическаго дѣйствія къ статическому, опредѣленное по наибольшей величинѣ $\frac{y_i}{h_i}$		Номеръ таблицы въ сочиненіи 1907 г.	Величина δ
		Для колеса со впадин.	Для соверш. круглаго.		
0.5	25	1.21	1.04	б. V	0.4
0.5	50	2.15	1.04	VI	0.8
0.5	75	2.18	1.06	VII	0.4
0.5	100	2.24	1.09	VIII	1.0
1.0	25	1.16	1.04	IX	0.7
1.0	50	2.17	1.07	X	0.7
1.0	75	2.34	1.10	XI	0.3
1.0	100	2.25	1.12	XII	1 и 0.8
2.0	25	1.19	1.05	XIII	0.8
2.0	50	1.99	1.10	XIV	0.8
2.0	75	2.53	1.14	XV	0.5
2.0	100	2.31	1.19	XVI	0.1

Изъ этой таблицы видно, что нерѣдко встрѣчающаяся неправильность съ глубиною впадины въ 0,4 сант. даетъ динамическій коэффиціентъ вдвое болѣе коэффиціента, соотвѣтствующаго круглому колесу.

По этимъ даннымъ, для опредѣленія величины A , принимая $C=8$, можно установить слѣдующія опредѣленія:

Таблица № 6.

A	V	По таблицѣ впадина 0,4см.	По наблюденію.	По таблицѣ впадина 0.	Названіе колесъ.
0.65	22.5	1.21	1.32	1.04	} Паровозныя колеса.
1.06	24	1.21	1.43	1.04	
1.44	52	2.09	1.55	1.08	
0.885	64.4	2.25	1.77	1.08	
0.885	67.6	2.25	1.76	1.08	
0.885	70.8	2.25	1.76	1.08	
0.885	64.4	2.25	2.39	1.08	
—	—	—	4.36	—	} Тендерныя колеса.
—	—	—	3.23	—	
0.885	70.8	2.25	2.18	1.08	} Вагонныя колеса.

Числа взятыя изъ таблицы 4 и помѣщенные въ таблицѣ 6, относятся въ величинѣ $C=8$.

По этимъ даннымъ, для опредѣленія величины A , принимая $C=5$, можно установить слѣдующія опредѣленія:

Таблица 7.

A	V	$\frac{y_i}{h_i}$ по таблицѣ для впадины 0,4.	По наблюденію при $C=5$.	$\frac{y_i}{h_i}$ по таблицѣ для правильного колеса.	Названіе колесъ.
1.04	22.5	1.16	1.22	1.04	} Колеса паровоза.
1.70	24	1.18	1.35	1.05	
2.30	52	1.99	1.47	1.05	
1.42	64.4	2.30	1.56	1.10	
1.42	67.6	2.30	1.64	1.10	
1.42	70.8	2.30	1.64	1.10	
1.42	64.4	2.30	2.17	1.10	
—	—	—	4.05	—	} Вагонныя колеса.
—	—	—	3.01	—	
1.42	70.8	2.30	2.03	1.10	

Числа, помѣщенные въ таблицѣ 7, относятся къ $C=5$.

Числа обѣихъ таблицъ явно указываютъ увеличеніе динамическаго коэффиціента, опредѣленнаго наблюденіемъ Дудлея, при увеличеніи скорости колеса отъ 22 до 71 вер. въ часъ. Но надо согласиться съ докладомъ, что одними этими числами нельзя ограничиться для установленія зависимости динамическаго коэффиціента отъ скорости. Дудлей не могъ установить эту зависимость потому, что онъ не имѣлъ способа для правильной оцѣнки вліяній всѣхъ элементовъ, отъ которыхъ зависитъ величина динамическаго коэффиціента.

Теперь, несмотря на существованіе такой теоріи, которая позволяетъ исчислять вліянія всѣхъ элементовъ, нельзя вполнѣ воспользоваться услугами теоріи для исправленія результатовъ сдѣланныхъ Дудлеемъ наблюденій, потому, что совершенно неизвѣстны бывшія отступленія формы обода отъ совершенно правильной круглой.

Изъ таблицъ 6 и 7 видно, что числа динамическихъ коэффиціентовъ, несмотря на нѣкоторое преуменьшеніе ихъ,—все же больше коэффиціентовъ, соотвѣтствующихъ тѣмъ же скоростямъ, но вычисленнымъ для вполнѣ правильныхъ колесъ, и, слѣдовательно, на испытанныхъ колесахъ были болѣе, или менѣе значительныя неправильности формы шинъ. Съ другой стороны, изъ тѣхъ же таблицъ 6 и 7 видно, что найденные наблюденіемъ динамическіе коэффиціенты, въ большинствѣ случаевъ, значительно меньше коэффиціентовъ, вычисленныхъ теоретически и соотвѣтствующихъ тѣмъ же скоростямъ колесъ со впадинами глубиною въ 0,4 сант. Это показываетъ, что неправильности были менѣе значительны и что впадины были менѣе глубоки, чѣмъ 0,4 сант.

Остановливаясь на опытахъ съ паровозными колесами Нью-Йоркъ Центральной и Рѣки Гудзонъ дороги и замѣчая, что впадина въ 0,2 сант. глубиною производитъ динамическое дѣйствіе, составляющее всего 0,75 дѣйствія, производимаго впадиною глубиною 0,4 сант., составлена та-

блица 8, въ которой помѣщены, въ столбцѣ третьемъ, 75% величинъ $\frac{y_i}{h_i}$, указанныхъ въ таб. 6.

Т а б л и ц а 8.

А	У вертик. въ ra .	Динамическіе коэффиц.			Напряженія въ рельсѣ кв. на кв. миллиметр.	Названіе колесъ.
		При глубинѣ вда- даны въ 0,2 С = 8 $\left(\frac{y_i}{h_i}\right)$ макс. опре- дѣлен. теоретич.	По наблюденію.	При совершенно правильно кругл. формѣ колесъ опредѣлено тео- ретически.		
1.44	52	1.57	1.55	1.08	17.10	Заднее ведущее.
0.885	64.4	1.79	1.77	1.08	18.80	Переднее ведущее.
0.885	67.6	1.79	1.76	1.08	18.93	Переднее ведущее.
0.885	70.8	1.79	1.76	1.08	18.93	Переднее ведущее.

Изъ этой таблицы видно, что теоретически опредѣленные динамическіе коэффиціенты, соотвѣтствующіе впадинѣ глубиною 0,2 сант., почти не отличаются отъ коэффиціентовъ, опредѣленныхъ опытами.

Это обстоятельство позволяетъ заключить, что на упомянутой дорогѣ опыты производились надъ колесами, мало изношенными, и показываетъ примѣнимость теоріи опре-

дѣленія наибольшей величины отношенія динамическаго дѣйствія къ статическому. Вмѣстѣ съ тѣмъ приходится думать, что опыты съ паровозами на центральной дорогѣ Нью-Джерсей и опыты съ тендерными и вагонными колесами на Нью-Йоркѣ Центральной и Рѣки Гудзонъ производились надъ колесами съ значительными впадинами, превосходящими въ глубинѣ 0,4 сантимерта. Къ числу такихъ относятся опыты съ паровозами № 1 табл. 4 и опыты съ тендерными и вагонными колесами изъ № 4 таб. 4.

Въ заключеніе обзора 16 опытовъ, выбранныхъ авторомъ доклада изъ числа 79 опытовъ Дудлея, приведенныхъ мною въ табл. XIX—XXIV (1907 г.), можно сказать, что теоретическіе расчеты динамическихъ коэффиціентовъ обнимаютъ всѣ тѣ опытные результаты, которые относятся къ колесамъ, не слишкомъ изношеннымъ, не бывшимъ въ виду при примѣненіи перечисленныхъ формулъ къ опредѣленнымъ случаямъ. Теорія вполне подтверждается этими опытными данными и нуждается только въ расширеніи приложеній къ случаямъ болѣе изношенныхъ колесъ. Поэтому, нельзя не согласиться съ мнѣніемъ автора доклада (стр. 35 стр. 10 и 11), что изъ приведенной имъ таблицы «все таки получаются интересные выводы». Есть поводъ и къ сожалѣнію, высказанному докладчикомъ, но только не въ упоминаемомъ имъ отношеніи. Пожалѣть надо не о томъ, что опыты относятся не къ одному и тому же типу рельса и не къ одному и тому же типу паровоза. Типъ рельса характеризуется достаточно величиною момента инерціи его. Главное обстоятельство относящееся къ паровозу, дающему нагрузку указано. Отсутствие указаній, относящихся къ расположенію всѣхъ нагрузокъ не имѣетъ существеннаго значенія, потому, что, при сличеніи теоріи съ опытами, нельзя было бы воспользоваться этими указаніями. Самъ авторъ доклада, обсуждая приведенные имъ конкретные случаи, не указалъ, какъ слѣдовало бы установить, опредѣленіе величинъ h , для этихъ конкретныхъ случаевъ, не въ срединѣ пролета, а для всѣхъ точекъ рельса.

Сожалѣнія достойно отсутствіе указаній, опредѣляющихъ износъ шины колеса. Громадное значеніе этого износа вполне явно выступаетъ въ таблицахъ 6, 7 и 8, изъ которыхъ видно, что динамическое дѣйствіе колеса со впадиною глубиной 0,4 сант. вдвое и даже болѣе, чѣмъ вдвое превосходитъ динамическое дѣйствіе вполне круглаго колеса.

Вполнѣ правильная мысль автора доклада (стр. 31), что, раньше разсмотрѣнія теоретическихъ выводовъ, надо привести данныя, почерпнутыя изъ наблюденій, недостаточно выполняется, при разсмотрѣніи только указанныхъ имъ опытовъ Дудлея. Для правильности заключеній, основываемыхъ на данныхъ опытовъ, необходимо остановить вниманіе на всѣхъ опытахъ и выяснить, какое отношеніе имѣютъ эти опыты къ разсматриваемой теоріи. При изученіи динамическихъ коэффициентовъ надо уяснить себѣ, должны ли они быть непремѣнно больше единицы, или они могутъ быть и меньше единицы. Если они могутъ имѣть значеніе меньше единицы, то какое значеніе слѣдуетъ имъ придавать. Это значеніе можетъ быть полезно не только потому, что даетъ матеріалъ для сужденія о величинѣ изучаемаго отношенія, но можетъ быть полезно потому, что поможетъ установленію правильной оцѣнки достоинства произведенныхъ опытовъ. Если по существу изучаемаго явленія, коэффициенты должны быть и больше единицы и меньше ея, то отсутствіе этихъ меньшихъ величинъ должно вселять подозрѣніе относительно правильности производства опытовъ.

Въ виду правильной оцѣнки опытовъ составлена таблица 9, заключающая данныя, относящіяся ко всѣмъ опытамъ Дудлея, не принятымъ во вниманіе авторомъ доклада.

Т а б л и ц а № 9.

Мом. инерции I сант.	$A = \frac{EI}{k^3}$	Коеффиц. n Таб. XI.	Коеффиц. постил. шпалы c	Расстояние между ср. шпал. l сант.	Нагрузка P килогр.	Наибольшее напр. въ рел. R сант.	Изгибающ. моменты.		Скорость V вер. въ часъ.						Описание колесъ.							
							Дина- миче- ский по набл. RW	Стати- ческий при 4 шпал. nP_0l	22.5	24	52	64.4	57.6	70.8		Динамическіе коэффиц.						
1332	1.04	1.628	5	57.1	4960	6.81	140577	115410	1.21									пер. пар. тел.				
					4960	3.79	68575	115410	0.59												зад. пар. тел.	
					8190	8.80	181731	190575	0.95												перед. ведущее.	
					8190	11.29	233119	190575	1.22													сред. ведущее.
					8190	11.29	229723	190575	1.20													зад. ведущее.
					6200	6.97	144003	144270	1													пер. пар. тенд. тел.
					6200	3.49	72002	144270	0.50													зад. пер. тенд. тел.
					6200	3.82	78853	144270	0.55													пер. зад. тенд. тел.
					6200	4.32	89144	144270	0.62													зад. зад. тенд. тел.
					7200	7.64	157521	167539	0.94													пер. ваг. тел.
					7200	5.48	113058	167539	0.67													зад. ваг. тел.
					7200	4.15	85720	167539	0.51													пер. вед. ваг. тел.
					7200	5.48	113058	167539	0.67													зад. зад. ваг. тел.
					7200	5.48	113058	167539	0.67													пер. ваг. тел.
					7200	3.99	82293	167539	0.49													зад. пер. ваг. тел.
					7200	3.79	68575	167539	0.41													третье ваг. кол.
					7200	5.65	116582	167539	0.74													четверт. ваг. кол.
									0.04								при впад. 0.					
									1.16								при впад. 0.4 сант.					
1982	1.70	1.744	5	57.1	4596	4.15	112932	112660		1.00								пер. пар. тел.				
					4596	3.82	103886	112660	0.92											зад. пар. тел.		
					13090	16.11	438170	325890	1.35											пер. ведущее.		
					13090	6.64	180692	325890	0.55												сред. ведущее.	
					8709	7.80	212306	216220	0.98												зад. ведущее.	
					6830	6.14	167132	169889	0.98												пер. пер. тенд. тел.	
					6830	4.32	117446	169889	0.70												зад. пер. тенд. тел.	
					6824	7.14	194251	169889	1.14												пер. втор. тенд. тел.	
					6824	6.81	185205	169889	1.09												зад. втор. тенд. тел.	
														1.04								при впад. 0.
									1.21								при впад. 0.4 сант.					
1892	2.30	1.800	5	50.3	5291	8.97	167511	119770			1.40							пер. пар. тел.				
					5291	4.48	83755	119770	0.70											зад. пар. тел.		
					11770	8.97	167511	266448	0.63											перед. ведущее.		
					11770	14.26	272989	266448	1.03												сред. ведущее.	
					9610	17.10	319522	217523	1.47												зад. ведущее.	
					6800	11.12	207445	153930	1.35												пер. пер. тенд. тел.	
					6800	4.65	86868	153930	0.56												зад. пер. тенд. тел.	
					6580	4.82	89967	169090	0.53												пер. зад. тенд. тел.	
					6580	4.77	100922	169090	0.60												зад. зад. тенд. тел.	
														1.08								при впад. 0.
									2.09								при впад. 0.4 сант.					

Р е л ь с ы.					Изгибающ. моменты.		На- грузка ко- леса Р	Скорости версть въ часъ.						Описание колесъ.					
I	A	n	c	l	Дина- мич. по набл.	Стати- ческий при 4 шпал. $\frac{nPl}{4}$		22.5	24	52	64.4	67.6	70.8						
							Динамическіе коэффиц.												
1186	0.885	1.584	8	50.8	40334	95640	4600							0.42	зад. паров. тел.				
					276106	201200	10000										1.37	среднее ведущее.	
					232669	201200	10000											1.15	зад. ведущее.
					152013	124730	6200											1.22	пер. пер. тенд. тел.
					164425	124730	6200											1.32	зад. пер. тенд. тел.
					332669	124730	6200											2.67	зад. зад. тенд. тел.
					111678	67190	3340											1.66	пер. пер. ваг. тел.
					117890	67190	3340											1.75	сред. ваг. тел.
					96166	67190	3340											1.43	зад. ваг. тел.
					136501	67190	3340											2.03	пер. зад. ваг. тел.
													1.08	при впад. 0.					
													2.25	при впад. 0.4 сант.					
1186	0.885	1.584	8	50.8	93067	100780	5000							0.92	зад. паров. тел.				
					322624	201560	10000										1.60	зад. ведущее.	
					134402	100580	5000										1.33	пер. тенд. тел.	
					105479	100580	5000										1.05	зад. пер. тенд. тел.	
					117890	100580	5000										1.17	пер. зад. тенд. тел.	
					148900	100580	5000										1.48	зад. зад. тенд. тел.	
					127189	80667	4010										1.57	пер. пер. ваг. тел.	
					167412	80667	4010										2.07	сред. ваг. тел.	
					111678	80667	4010										1.38	зад. пер. ваг. тел.	
					130289	80667	4010										1.74	пер. втор. ваг. тел.	
					110050	80667	4010										1.36	сред. втор. ваг. тел.	
					117890	80667	4010										1.17	зад. зад. ваг.	
																		1.08	при впад. глуб. 0.
													2.25	при впад. глуб. 0.4 сант.					
1186	0.885	1.584	8	50.8	297813	201100	10000							1.48	зад. ведущее.				
					99266	100580	5000										0.99	пер. тенд. тел.	
					145800	100580	5000										1.49	зад. пер. тенд. тел.	
					127189	100580	5000										1.26	пер. зад. тенд. тел.	
					179922	100580	5000										1.79	зад. зад. тенд. тел.	
					127189	80667	4010										1.57	пер. пер. ваг. тел.	
					136501	80667	4010										1.69	сред. ваг. тел.	
					105479	80667	4010										1.31	зад. пер. тенд. тел.	
					105479	85094	4230										1.24	пер. втор. ваг. тел.	
					158212	85094	4230										1.86	сред. втор. ваг. тел.	
													1.08	при впад. глуб. 0.					
													2.25	при впад. глуб. 0.4 сант.					

Эта таблица составлена при предположеніи, что коэффициентъ балласта $C=5$ и $C=8$ и изъ нихъ видно, что при $C=5$ величины A и n получились болѣе значительны, чѣмъ при $C=8$, а динамическіе коэффициенты оказались нѣсколькими меньшими, приблизительно на 5%—8%.

Въ таблицѣ 9 помѣщено большое число опытовъ, доставившихъ коэффициентъ менѣе единицы, т. е. указавшихъ, что динамическое дѣйствіе меньше статическаго. Явленіе это объясняется просто, припоминая, что движеніе колеса волнообразное. При волнообразномъ движеніи точки прикосновенія колеса съ рельсомъ такія явленія не только возможны, но и необходимы. Вѣроятность ихъ появленія одинакова съ вѣроятностью явленія случаевъ, при которыхъ динамическое дѣйствіе больше статическаго. Но число опытовъ, доставившихъ отношеніе меньше 1, значительно меньше числа опытовъ, давшихъ больше 1. Поэтому, еслѣ основаніе предполагать, что Дудлей не считалъ нужнымъ приводить всѣ безъ изъятія свои опыты. Есть нѣкоторое сомнѣніе и въ полной точности приводимыхъ данныхъ. Эти сомнѣнія вызываются величинами наблюдаемыхъ изгибающихъ моментовъ, вызванныхъ колесами при скорости 22,5 вер., опредѣленныхъ въ трехъ случаяхъ, при одинаковой нагрузкѣ вагонныхъ колесъ въ 7.200 килогр., совершенно одинаковыми числами 113.058 килогр. сант., не различающимися даже въ единицахъ килогр. сантиметровъ. Такое же полное совпаденіе динамическихъ изгибающихъ моментовъ замѣчается и въ наблюденіяхъ при скорости 70,8 километр. Есть два опыта, для которыхъ динамическій моментъ опредѣленъ въ 127.189 и два другихъ въ 105.479 килогр. сантиметровъ. Эти обстоятельства заставляютъ принимать величины, данныя наблюденіями, съ не очень большою точностью. Затѣмъ, при разсмотрѣніи наблюденій, приведенныхъ въ табл. 9, надо помнить, что приводимыя данныя характеризуютъ не только вліяніе скорости движенія колесъ, но и вліяніе неправильности формы колеснаго бандажа. Для составленія сужденій о примѣнимости пред-

ложенной теоріи къ оцѣнкѣ явленій, подвергнутыхъ наблюденіямъ, подъ числами, выражающими динамическіе коэффициенты, приведены величины динамическихъ коэффициентовъ, вычисленныхъ мною и указанныхъ въ табл. V—XVI для колесъ со впадинами глубиною 0,4 сант. и для колесъ совершенно круглыхъ, для скоростей, относящихся къ разсматриваемой группѣ наблюденій.

Приведенные, такимъ образомъ, теоретически опредѣленные, динамическіе коэффициенты должны заключать между собою всѣ коэффициенты, полученные наблюденіями, если только подвергнутыя наблюденію колеса имѣли наружную форму своихъ шинъ, не отступавшую отъ совершенно правильной формы болѣе, чѣмъ на глубину впадинъ въ 0,4 сантиметра.

Этому требованію удовлетворяютъ всѣ опыты при скорости въ 24 версты въ часъ за исключеніемъ наблюденій съ заднимъ колесомъ передней тендерной телѣжки, повидимому, представлявшему болѣе значительныя неправильности формы. Кромѣ этого колеса, всѣ другія дали динамическій коэффициентъ въ теоретически найденныхъ предѣлахъ 1,04 и 1,21. Одно упомянутое колесо дало коэффициентъ 1,84.

Результаты опредѣленій динамическихъ коэффициентовъ, превышавшихъ единицу, при скорости 52 вер., тоже помѣстились между теоретическими предѣлами. То же самое надо сказать о коэффициентахъ, найденныхъ при скоростяхъ 64,4; 67,6 и 70,8. Число наблюденій, относящихся къ этимъ тремъ группамъ, — 32.

Всѣ эти опыты показали, что теоретическое опредѣленіе предѣловъ динамическихъ коэффициентовъ вполне примѣнимо къ разсмотрѣннымъ случаямъ.

Изъ всего изложеннаго объ опытахъ Дудлея можно заключить, что для опредѣленія предѣловъ динамическихъ коэффициентовъ, при скоростяхъ до 71 километра и при обыкновенныхъ допустимыхъ неправильностяхъ формы колеснаго обода, при впадинахъ, не превышающихъ по глу-

бинѣ 0,4 сант., можно пользоваться моими (1907 г.) таблицами отъ I до XVI. Это заключеніе можно назвать не только интереснымъ, но и практически примѣнимымъ, а стало быть, и практически полезнымъ.

На стр. 36 авторъ доклада пишетъ, какъ выше упомянуто, что, для одного и того же типа верхняго строенія по №№ 4, 5 и 6 и разныхъ паровозовъ, при скоростяхъ 64—71 вер., подъ паровозными колесами получается средній коэффициентъ 1,51, мало уклоняющійся (1,41—1,57) для отдѣльныхъ случаевъ. Допуская возможность основывать заключенія о напряженіяхъ въ рельсахъ, на среднихъ величинахъ динамическихъ коэффициентовъ, надо бы принять въ расчетъ и коэффициентъ изъ группы 6, относящійся къ заднему колесу паровозной телѣжки и выраженный числомъ 1,24, при чемъ средняя величина между 1,24 и 1,57 была бы уже не 1,51, а только 1,40; но нельзя допустить самую возможность дѣлать заключеніе на основаніи среднихъ величинъ. Наибольшія напряженія въ рельсѣ опредѣлятся, во всякомъ случаѣ, наибольшею величиною изгибающаго момента.

Въ опытахъ подъ № 6 показанъ для задняго колеса паровозной телѣжки коэффициентъ 1,24, при этомъ напряженіе въ подошвѣ рельса опредѣлено въ 7,47 килогр. на кв. сант., а для ведущаго колеса того же паровоза показанъ коэффициентъ 1,57, и напряженіе въ рельсѣ опредѣлено въ 18,93 килгр. на кв. сантиметръ. Въ таблицѣ (стр. 35) противъ коэффициентовъ 1,24 и 1,57 авторъ доклада указываетъ среднюю величину 1,41, которой должно соответствовать какое-то среднее напряженіе, заключающееся между 7,47 и 18,93 килограмма. Такое соображеніе не можетъ привести ни къ какому, практически полезному, результату.

Задаваясь цѣлью опредѣлить размѣры рельса такъ, чтобы напряженія въ немъ не превосходили заранѣе опредѣленной величины, надо въ расчетъ вводить не среднія величины возможныхъ напряженій, а самыя большія изъ этихъ возможныхъ.

Что касается самых чиселъ, приведенныхъ въ докладѣ (стр. 35), то надо сказать, что при хорошо проведенныхъ результатахъ расчетовъ, приведенныхъ въ табл. 4, числа динамическихъ коэффициентовъ надо нѣсколько исправить.

Изъ опытовъ группъ: 4, 5 и 6 видно, что для паровозныхъ колесъ наибольшія величины при $C = 8$, и скорости 64,4 былъ 1,59, при скорости 67,6 былъ 1,73 и при скорости 70,8 былъ 1,76. Эти величины сгруппированы въ слѣдующей табл. 10.

Т а б л и ц а 10.

Величины.	Скорости верстъ.		
	64,4	67,6	70,8
C	64,4	67,6	70,8
	Динамическіе коэффициенты.		
8	1,59	1,73	1,76
5	1,48	1,61	1,64

Отсюда видно, что при коэффициентѣ балласта $C = 8$ и при неправильностяхъ въ формѣ колесныхъ шинъ, допускающихъ впадины глубиною 0,2 сант., надо опредѣлять динамическій коэффициентъ въ 1,76; а при такихъ же неправильностяхъ колесъ, но при коэффициентѣ балласта $C = 5$, надо опредѣлить динамическій коэффициентъ въ 1,64. При коэффициентѣ балласта, предлагаемомъ докладомъ $C = 4$, вѣроятно, можно будетъ понизить коэффициентъ еще на $\frac{1}{3}$ разницы между 1,76 и 1,64, или всего на 0,04 и опредѣлять въ 1,60. Таблица 10 указываетъ, что подъ ведущими колесами паровозовъ, съ телѣжками впереди, динамическія усилія, при скоростяхъ до 71 вер. въ часъ, достигаютъ увеличенія сравнительно со статическими усиліями до $1\frac{3}{4}$ или до $1\frac{2}{3}$, но не 1,5. Различіе въ увеличеніи почти въ 17%.
 Изъ Цоссенскихъ опытовъ нельзя вывести никакихъ основательныхъ заключеній, по недостатку многихъ необходимыхъ данныхъ.

Итакъ, на основаніи обзора и критическаго обсужденія данныхъ опыта, при дальнѣйшихъ соображеніяхъ о прочности рельсъ, при коэффиціентѣ балласта $C = 5$ и при неправильности колесныхъ шинъ, допускающей впадины въ 0,2 сантиметра глубиною, надо принимать въ расчетъ динамическій коэффиціентъ въ 1,64, но не 1,5, т. е. почти на 10% болѣе, предлагаемаго докладомъ.

Опредѣленіе напряженій въ рельсъ подъ вліяніемъ динамическихъ усилій по формуламъ профессора Н. П. Петрова.

По поводу этого заглавія слѣдуетъ сказать, что для опредѣленія динамическихъ усилій я не предлагалъ никакихъ формулъ, въ общепринятомъ смыслѣ, почти всегда эмпирическихъ. Я поступалъ такъ, какъ долженъ поступать инженеръ, желающій примѣнять точные методы для разрѣшенія сложныхъ инженерныхъ вопросовъ, помнящій знаменитое изрѣченіе Понсле: безъ свѣточа теоріи практика не можетъ итти къ истинному совершенствованію. Избравъ этотъ путь, для разрѣшенія вопроса о динамическихъ усиліяхъ, производимыхъ колесомъ, катящимся по рельсу, было обращено вниманіе на основное дифференціальное уравненіе, опредѣляющее пониженіе рельса подъ давленіемъ катящагося колеса (48) (1903 г.). Уравненіе это давно было извѣстно еще знаменитому Англійскому математику Стоксу, но, несмотря на работы знаменитыхъ французскихъ ученыхъ съ Сень-Венаномъ во главѣ, оставалось не проинтегрированнымъ, въ условіяхъ, осуществляющихся на практикѣ. Чтобы побороть эту, остававшуюся непреодолимою, трудность, я замѣнилъ рѣшеніе ее двумя разностными уравненіями, послѣ чего интегрированіе сдѣлалось возможнымъ, безъ малѣйшаго ослабленія точности. Такимъ образомъ, образовалась предложенная мною теорія, разрѣшающая вопросъ о вліяніи поступательной скорости колеса на напряженія въ рельсъ. Правильность математическаго приема, избраннаго мною, под-

тверждена однимъ изъ извѣстныхъ математиковъ нашихъ, профессоромъ Московскаго университета Н. Е. Жуковскимъ. Онъ даже доказалъ математически одно изъ свойствъ траекторіи точки прикосновенія колеса съ рельсомъ, послѣ того, какъ это свойство было открыто мною при графическомъ примѣненіи теоріи.

Правильность теоріи въ докладѣ не опровергается, но обращается вниманіе на ошибочное составленіе мною таб. XIII (1907 г.), представляющей произведеніе $m n$, гдѣ m есть динамическій коэффициентъ, вычисленный для даннаго верхняго строенія для колеса, имѣющаго данный вѣсъ и извѣстную неправильность шины, для рессоръ данной упругости и для опредѣленной скорости поступательнаго движенія колеса; а n есть отношеніе момента статически дѣйствующей на рельсъ нагрузки и опорныхъ сопротивленій относительно данной точки къ подобному же моменту въ случаѣ только двухъ опоръ. Авторъ доклада полагаетъ, что причина очень большихъ различій между величинами произведеній $m n$, показанными въ таб. XIII, и тѣми величинами, которыя были вычислены имъ, заключается въ неподходящемъ выборѣ мною величинъ n . По его мнѣнію, въ таб. XIII слѣдовало помѣщать произведенія m и n , относящіяся къ одной и той же точкѣ, или, другими словами, къ одному и тому же δ , а не ставить во всѣхъ случаяхъ n , относящееся къ $\delta = 0,5$. Далѣе будетъ сказано почему въ таблицу XIII я взялъ вездѣ n соотвѣтствующее $\delta = 0,5$. Теперь же надо отмѣтить, что главная причина существенныхъ различій въ опредѣленіи величинъ произведенія $m n$, взятыхъ изъ таблицы XIII и вычисленныхъ авторомъ доклада, заключается не въ ошибочномъ выборѣ величины n , а въ крупномъ различіи величинъ m , приведенныхъ въ таб. XII, по сравненію съ величинами m , вычисленными докладчикомъ. Эти различія явились несмотря на одинаковость приемовъ вычисленій, сдѣланныхъ съ одной стороны мною для составленія таб. XII, и, съ другой стороны, доклад-

чикомъ въ его приложеніяхъ №№ 5, 6 и 7. Но различія оказались потому, что мои вычисленія сдѣланы, предполагая глубину впадины на колесѣ въ 0,4 сантиметра, а докладчикомъ для впадины на шинѣ колеса глубиною въ 0,2 сантиметра. Вліяніе глубины впадины было мною указано еще въ 1905 г. Тамъ (стр. 24) написано, что $\left(\frac{y_i}{h_i}\right)_{max}$, относящееся къ впадинѣ глубиною 0,2 сант., составляетъ 0,7 отъ величины $\left(\frac{y_i}{h_i}\right)_{max}$, относящейся къ впадинѣ глубиною въ 0,4 сант.

Сравнивая величины m , вычисленные докладчикомъ при впадинѣ 0,2 сант. и помѣщенные въ таблицѣ доклада, на стр. 42, съ величинами m , вычисленными мною для впадины 0,4 сант. и помѣщенными въ таб. XII, находимъ отношенія 0,7, 0,69 и 0,66, т. е. почти то самое, что было мною ранѣе указано. Почти также относятся между собою и произведенія m и n , данныя въ таб. XIII и приведенныя докладчикомъ. Эти отношенія суть 0,67; 0,66 и 0,62. Ясно, что почти все различіе произведеній зависитъ отъ различій множимаго m и очень мало остается на долю различія величинъ n .

Обращаясь теперь къ вопросу, какія величины n слѣдовало бы вводить въ таб. XIII тѣ ли, которыя были введены мною и соотвѣтствовали $\delta = 0,5$ или, согласно мнѣнію докладчика, — тѣ, которыя соотвѣтствовали бы величинѣ δ , опредѣленному величиною $\left(\frac{y_i}{h_i}\right)_{max}$. Еслибы вопросъ состоялъ въ опредѣленіи динамическаго коэффициента, отвѣчающаго данному мѣсту, то слѣдовало бы поступить согласно мнѣнію докладчика; но таб. XIII была составлена съ другою цѣлью. Она предназначалась для того, чтобы опредѣлить наибольшій возможный динамическій коэффициентъ.

Въ самомъ докладѣ указанъ случай, въ которомъ усматривается какъ бы поступательное движеніе волнъ (стр. 44), при чемъ можетъ случиться, что наибольшее

углубленіе траекторіи точки прикосновенія колеса съ рельсомъ, можетъ оказаться посрединѣ пролета между двумя шпалами; при этомъ n будетъ имѣть наибольшую величину. Ни я въ прежнихъ моихъ сочиненіяхъ, ни докладчикъ нынче, не нашли способовъ къ избѣжанію въ практикѣ такихъ неблагопріятныхъ совпаденій. Пока можно ожидать, что послѣ нѣкотораго движенія колеса, наибольшее углубленіе траекторіи придется посрединѣ пролета, до тѣхъ поръ рискованно вводить въ таблицу XIII величину n , не наибольшую, а какую то другую, найденную вычисленіемъ, относящимся къ какому-нибудь числу волнъ, можетъ быть недостаточно большому.

По этимъ соображеніямъ таблица XIII должна заключать величины n , соотвѣтствующія $\delta = 0,5$ и для случая глубины впадинъ—равной 0,4 должна быть оставлена безъ измѣненія. Для случая же глубины впадины 0,2 сант. должна быть составлена другая таблица въ замѣну таб. XIII, но пользоваться этою новою таблицею при расчетахъ прочности рельсъ едва ли достаточно осторожно потому, что трудно устранить изъ практики движеніе колесъ со впадинами глубиной въ 0,4 сант., не допуская впадинъ глубиною болѣе 0,2 сант.

Затѣмъ, на стр. 42 доклада опредѣлено отношеніе динамическаго коэффиціента къ статическому въ случаѣ возможной перегрузки рессоры до $1,6 P_0$, такой коэффиціентъ названъ полнымъ динамическимъ коэффиціентомъ. Съ точки зрѣнія моей теоріи эти коэффиціенты, составляющіе произведение $1,6 m$ опредѣлены невѣрно. Теорія опредѣляетъ отношеніе между динамическимъ и статическимъ дѣйствіемъ одной и той же нагрузки. Если для опредѣленія динамическаго дѣйствія принимаемая нагрузка $P = 1,6 P_0$, то и при опредѣленіи статическаго дѣйствія при исчисленіи величинъ h_i надо принимать ту же нагрузку $P = 1,6 P_0$.

Если опредѣленный теоретически динамическій моментъ $M_d = 1,6 m.n \frac{Pl}{4} = 1,6 \times 2,435 \times \frac{10000 \times 69}{4} = 672061$,

то и соответственный статический моментъ будетъ

$$M_c = 1,6 n \frac{Pl}{4} = 1,6 \times 1,428 \times \frac{10000 \times 69}{4} = 1,6 \times 255783 = 409253 \text{ и } \frac{Md}{M_c} = \frac{672061}{409253} = 1,64 = m.$$

Какъ и показано въ таблицѣ на стр. 42 при скорости 50 вер. $m = 1,642$. Этотъ статический моментъ соответствуетъ, однако, не спокойному дѣйствию нагрузки, а усиленному давленію рессоры, вызываемому колебаніями груза, поддерживаемаго рессорою. Если, дѣйствительно, колебанія рессоры увеличиваютъ давленіе нагрузки въ 1,6 раза и послѣднее остается безъ замѣтныхъ измѣненій при проходѣ цѣлаго пролета, то динамическое дѣйствіе будетъ превышать вполне спокойное статическое дѣйствіе въ то же число разъ и отношеніе динамическаго къ совершенно спокойному статическому дѣйствию будетъ

$$m \times 1,6 = 1,64 \times 1,6 = 2,62$$

какъ указано авторомъ доклада.

Часто ли случается совпаденіе наибольшей величины $\left(\frac{y_i}{h_i}\right)_{max}$ съ серединою пролета между шпалами и вмѣстѣ съ тѣмъ съ такимъ увеличеніемъ перегрузки рессоры, которое превышало бы спокойное дѣйствіе груза, поддерживаемаго рессорою, въ 1,6 раза, теперь опредѣлить невозможно. Таблица 8, въ которой приведены динамическіе коэффициенты, опредѣленные теоретически, при впадинѣ глубиною 0,2 сант. и рядомъ приведены коэффициенты, опредѣленные наблюденіемъ, въ предположеніи, что $C = 8$, показываетъ, что эти два ряда коэффициентовъ почти не различаются. Это даетъ право предполагать, что при наблюденіяхъ Дудлея совсѣмъ не было существенныхъ перегрузокъ рессоръ. Въ виду крайне малой вѣроятности совпаденія всѣхъ неблагоприятныхъ обстоятельствъ, увеличивающихъ напряженія въ рельсѣ можно бы и не вводить въ расчеты прочности рельсѣ возможные перегрузки рессоръ, ограничиваясь величинами $m n \frac{PoL}{4}$ и требуя, притомъ, чтобы наибольшее напряженіе въ рельсѣ не превосходило

осторожно установленной величины. Я предпочиталъ не упускать изъ вида никакихъ случайностей, какъ бы ни была мала ихъ вѣроятность, на зато величину напряженія въ рельсѣ ограничивалъ однимъ, ясно установленнымъ требованіемъ, основаннымъ на изученіи существующихъ рельсъ или тѣмъ, чтобы напряженіе не превосходило предѣла упругости матеріала рельсъ.

Такой способъ дѣйствія вполне согласуется съ расчетами, относящимися къ рессорамъ.

Опредѣленіе наибольшихъ напряженій въ рельсахъ при помощи табл. XIII, включающей въ себѣ динамическіе коэффициенты m , соотвѣтствующіе впадинамъ глубиною 0,4 сант., вмѣсто болѣе вѣроятной для опытовъ Дудлея глубины 0,2 сант., должно увеличивать расчетную величину, противъ наблюдавшейся Дудлеемъ, въ отношеніи коэффициентовъ, соотвѣтствующихъ этимъ глубинамъ, т. е. въ отношеніи $1:0,66 = 1,5$, т. е. полтора раза. Включеніе же въ формулу, опредѣляющую изгибающій моментъ, перегрузки рессоры, встрѣчающейся на хорошо содержимыхъ путяхъ $1,6 P_0$, увеличить расчетное напряженіе еще въ 1,6 раза. Такимъ образомъ, принимаемое мною допустимое расчетное напряженіе должно быть больше наблюдаемаго Дудлеемъ 18,93 (см. табл. 8) и составляетъ $18,93 \times 1,5 \times 1,6 = 45,43$ килгр. на кв. милл. Эту величину, или указанную въ докладѣ (стр. 43) 50,96, не слѣдуетъ считать чѣмъ то абсурднымъ. Подобныя напряженія могутъ встрѣчаться только изрѣдка, но отвергать ихъ невозможно. Допускать такія напряженія въ рельсахъ вполне позволительно, такъ какъ предѣлъ упругости рельсовой стали при изгибѣ можно считать въ 50 килогр. на кв. милл. Чтобы избѣжать неожиданностей въ такомъ важномъ дѣлѣ, какъ опредѣленіе условій движенія по желѣзнымъ дорогамъ, лучше основывать расчеты на явномъ допущеніи предѣла упругости, чѣмъ принимать предѣлъ напряженій, рекомендуемый докладомъ на неизвѣстныхъ основаніяхъ въ 20 килогр. на кв. сант. (стр. 52), и допускающій какое то неизвѣстное увеличеніе.

Докладъ, содержащій предложеніе принять для расчетовъ число 20, не приводитъ никакихъ указаній, побудившихъ остановиться на этомъ числѣ. Оно во всякомъ случаѣ очень близко къ напряженіямъ, опредѣленнымъ Дудлеемъ. Въ табл. 8 указаны числа 18,80; 18,93 и 18,93, но, принимая ихъ во вниманіе, надо имѣть въ виду, что они были получены при опытахъ съ неизношенными, колесами, когда динамическіе коэффициенты почти не отличались отъ коэффициентовъ, опредѣленныхъ теоретически для колесъ со впадинами въ 0,2 сант., что указываетъ и отсутствіе замѣтныхъ перегрузокъ рессоръ. Эти замѣчанія указываютъ, что въ случаѣ движенія колесъ со впадинами въ 0,4 сант. напряженіе можетъ увеличиться въ 1,5 раза; а появленіе перегрузокъ и на путяхъ хорошо содержимыхъ можетъ увеличивать напряженіе въ 1,6 раза. Одновременное появленіе обоихъ неблагоприятныхъ обстоятельствъ можетъ увеличить напряженіе въ $1,5 \times 1,6 = 2,4$ раза и напряженіе въ рельсѣ, вмѣсто допущенныхъ при благопріятномъ обстоятельствѣ 20 килогр., можетъ появиться $20 \times 2,4 = 48$ килогр. на кв. сант. Эти соображенія надо имѣть въ виду, обсуждая вопросъ: слѣдуетъ-ли на основаніи опытовъ Дудлея съ неизношенными колесами замѣнить составленную мною табл. XII, а затѣмъ и табл. XIII другими таблицами, въ которыхъ принимались бы въ расчетъ глубины впадинъ въ 0,2 сант. вмѣсто 0,4 сант. По моимъ понятіямъ, на такой вопросъ надо отвѣтить отрицательно. Впадины глубиною въ 0,4 сант. встрѣчаются на практикѣ желѣзныхъ дорогъ, какъ показали и мои наблюденія и наблюденія датскаго инженера Буссе (1907 г., стр. 41). Мало того, и надо еще добавить, что бываютъ впадины и глубже 0,4 сант. Поэтому, предпочтительнѣе сохранить табл. XIII, не замѣняя ее новою, указанною въ докладѣ на стр. 43. Относительно этой таблицы надо еще замѣтить, что въ ней неумѣстно употреблено названіе помѣщенныхъ чиселъ динамическими коэффициентами. Въ таблицѣ помѣщены не динамическіе

коэффициенты m , а произведения ихъ на 1,6.

Итакъ, опредѣленіе напряженій въ рельсѣ, по предложенной мною теоріи, можно сказать, не отличается по существу отъ напряженій, предлагаемыхъ докладомъ, но различіе этихъ опредѣленій состоитъ въ степени отчетливости дѣйствій. Въ моихъ предложеніяхъ всѣ допущенія приняты съ полною отчетливостью. Докладчикъ предлагаетъ допускать тѣ же самыя напряженія, но не приводитъ яснаго отчета объ ожидаемыхъ величинахъ напряженій.

Видоизмѣненныя формулы Винклера, указанныя въ техническихъ условіяхъ магистральныхъ жел. дор.

По отношенію къ этому отдѣлу слѣдуетъ отмѣтить, что при зависимости динамическихъ коэффициентовъ не только отъ скорости, при данныхъ величинахъ характеризующихъ верхнее строеніе, но еще болѣе отъ неправильнаго вида колеса, или отъ глубины впадинъ, то при кривыхъ подъ номеромъ VI, на стр. 45 доклада, надо бы упомянуть, что онѣ относятся къ впадинѣ глубиною 0,2 сан., а кривая VII относится къ впадинѣ глубиною 0,4 сан.

Данныя, полученныя изъ опытовъ: Данныя, полученныя путемъ наблюденій и опытовъ при изученіи вопросовъ изъ области естественныхъ наукъ не только полезны, но и необходимы при условіи надлежащаго пользованія ими. Самое пользованіе оказывается простымъ только при изученіи предмета, находящагося въ зависимости отъ одного независимаго перемѣннаго, но увеличеніе числа независимыхъ перемѣнныхъ, опредѣляющихъ изучаемую величину, можетъ очень осложнять пользованіе опытными данными. При этомъ послѣднемъ пользованіи оно можетъ быть полезно только при томъ условіи, когда

съ полною точностью будетъ извѣстно, какая изъ переменныхъ независимыхъ сохраняетъ свою независимость и какимъ именно значеніямъ остальныхъ независимыхъ переменныхъ соотвѣтствуютъ сдѣланныя наблюденія.

Однимъ изъ самыхъ яркихъ примѣровъ, указывающихъ какъ различны могутъ быть показанія опыта при отсутствіи опредѣленнаго указанія всѣхъ условій испытанія, могутъ служить данныя относительно коэффициента тренія въ машинахъ, при смазываніи однимъ и тѣмъ же спермацетнымъ масломъ. Опыты были сдѣланы отличными экспериментаторами во Франціи Гирномъ и въ Америкѣ Терстономъ.

Ни въ искусствѣ наблюдателей, ни въ точности указаній ихъ приборовъ сомнѣнія не могло быть, но въ то время, когда Гирнъ опредѣлялъ величину коэффициента тренія въ 0,5, Терстонъ опредѣлилъ въ 0,002. Первая величина коэффициента въ 250 разъ больше второй. Этими указаніями опытовъ нельзя было пользоваться ни для какихъ цѣлей до тѣхъ поръ пока не явилась теорія тренія въ машинахъ. Она указала, что треніе зависитъ не только отъ свойствъ смазывающей жидкости, но еще отъ величины поверхности тренія отъ относительной скорости трущихся твердыхъ тѣлъ и отъ температуры смазывающаго слоя. Когда всѣ эти вліянія были приняты во вниманіе и введены въ расчетъ согласно указаніямъ теоріи, тогда все противорѣчіе опытныхъ данныхъ исчезло и эти данныя послужили къ подтвержденію явившейся вновь теоріи.

Нѣчто подобное оказывается и при изученіи вопроса о динамическомъ коэффициентѣ. Среди опытовъ Дудлея находимъ въ табл. XXII подъ ваг. колесомъ 0,37, а въ табл. XXI такъ же подъ ваг. колесомъ 3,89. Въ табл. XIX для паровозныхъ колесъ и 0,83 и 1,57.

Въ то же время уже извѣстно, что этотъ динамическій коэффициентъ зависитъ и отъ свойствъ верхняго строенія пути и отъ скорости поступательнаго движенія колеса и

отъ неправильной формы колесной шины и отъ неправильности вида поверхности катанія рельса и въ особенности отъ положенія той точки, волнообразной траекторіи точки прикосанія колеса съ рельсомъ, которая окажется надъ измѣрительнымъ приборомъ (стремматографомъ) въ моментъ наблюденія. Теорія дала теперь возможность вѣрно оцѣнивать вліяніе этихъ неправильностей и надлежащимъ образомъ понимать, указываемыя опытомъ величины динамическихъ дѣйствій, не превышающихъ величины статическихъ.

Въ таблицѣ 7 видимъ, что динамическій коэффициентъ при правильномъ кругломъ колесѣ отличается отъ статическаго при скорости въ 71 верстѣ, всего на 10⁰/о; а при изношенномъ колесѣ, имѣющемъ впадину глубиною въ 0,4 саж., онъ отличается отъ статическаго на 130⁰/о. По исчисленію докладчика при колесѣ со впадиною въ 0,2 сант., отличается на 68,56⁰/о (табл. на стр. 42) и по опыту Дудлея (табл. 8) на 77⁰/о.

При такихъ условіяхъ нельзя останавливаться на какихъ бы ни было опытныхъ данныхъ, опредѣляющихъ динамическій коэффициентъ, и основывать на нихъ заключеніе о его величинѣ, не указывая съ точностью ни свойствъ верхняго строенія и особенно величины *C*, ни неправильностей въ формѣ обода и рельса.

Упомянутыя въ докладѣ опытные данныя, признаваемые авторомъ доклада, заслуживающими наибольшаго довѣрія, взяты изъ опытовъ Дудлея и инженера Васютинскаго и затѣмъ близко подходящія къ нимъ данныя изъ опытовъ Фламанша и опытовъ Саратовской дороги.

Опытамъ Дудлея и Васютинскаго придается особое довѣріе, какъ сказано въ докладѣ, «въ силу тѣхъ приѣмовъ и измѣрительныхъ приборовъ, которыми пользовались означенные изслѣдователи» (стр. док. 46).

Останавливаясь, прежде всего, на степени довѣрія къ результатамъ опытовъ, не слѣдуетъ смѣшивать довѣрія къ искусству наблюдателя или къ точности его приборовъ,

съ довѣріемъ къ возможности составлять правильныя заключенія, на основаніи полученныхъ чиселъ.

При всемъ искусствѣ наблюдателя, при всей его добросовѣстности и точности приборовъ, но при невозможности устанавливать всѣ условія опытовъ, можетъ случиться, что опытъ будетъ произведенъ при условіяхъ не способныхъ характеризовать изучаемое явленіе. Если нѣтъ у наблюдателя такой теоріи, которая указывала бы большую или меньшую важность всякихъ вліяній, то нѣкоторыя изъ этихъ вліяній могутъ быть упущены или незамѣчены. Надо сказать болѣе, если нѣтъ такой теоріи, которая приводила бы къ единству разнообразныя фазы явленія, то результаты наблюденій самыхъ искусныхъ наблюдателей могутъ оказаться бесполезными.

Затѣмъ обращаясь къ самимъ результатамъ наблюденій и къ способу пользованія ими докладчикомъ, надо замѣтить, что онъ упоминаетъ только среднія величины изъ полученныхъ опытами величинъ. При томъ даются среднія не изъ всѣхъ данныхъ, доставленныхъ наблюденіями, а изъ данныхъ, нѣкоторымъ образомъ, избранныхъ.

Есть много такихъ практически важныхъ явленій, въ которыхъ среднія величины играютъ важную роль, наприкладъ, теплотворная способность топлива, расходъ котораго опредѣляется среднею величиною способности; или расходъ воды въ потокѣ, средняя величина котораго опредѣляетъ общую величину работы текущей воды. Но въ вопросахъ прочности предметовъ и особенно въ вопросахъ безопасности движенія по желѣзнымъ дорогамъ, среднія величины динамическаго коэффициента не имѣютъ значенія. Форма волнообразныхъ линій, приведенныхъ въ докладѣ (стр. 122—123) показываетъ, что средняя величина всѣхъ безъ исключенія динамическихъ дѣйствій не можетъ замѣтно отличаться отъ статическаго дѣйствія. По этому все вниманіе должно быть обращено на наибольшія величины динамическихъ коэффициентовъ. Что касается упоминаемыхъ въ докладѣ среднихъ величинъ динамиче-

скихъ коэффициентовъ для паровозныхъ колесъ отъ 1,5 до 1,7, то какъ выше было уже упомянуто, по опытамъ Дудлея они были опредѣлены путемъ сравненія моментовъ изгибающихъ динамическихъ усилій, со статическими моментами, исчисленными мною для рельсъ, опирающихся на четыре шпалы, при разныхъ величинахъ C . Результаты этихъ сравненій существенно различны при допущеніи разныхъ величинъ C . Такъ при $C = 8$ коэффициентъ 1,76 (табл. 4), а при $C = 5$ всего 1,56.

Теорія заставляетъ, однако, имѣть въ виду, что наблюденныя величины динамическихъ коэффициентовъ, относятся не только къ разнымъ скоростямъ не превышающимъ 80 верстъ въ часъ, а еще и къ такимъ неправильнымъ формамъ колесныхъ шинъ, при которыхъ глубина впадины была не больше 0,2 сантиметровъ, и при отсутствіи значительныхъ перегрузокъ рессоръ.

Теорія указываетъ также, что при увеличеніи износа колесъ увеличивается динамическій коэффициентъ. Опытъ подтверждаетъ это указаніе тѣмъ, что опыты Дудлея, съ вагонными и тендерными колесами, показали величину динамическаго коэффициента въ 3,89 при предположеніи, что $C = 3$, а принимая $C = 8$ то и величину 4,36, а опыты Фламаша при $C = 8$ дали 3,2. Прямыхъ опытныхъ указаній, относящихся къ изношеннымъ паровознымъ колесамъ нѣтъ, хотя и мои наблюденія и наблюденія Буссе удостовѣряютъ пользованіе паровозами, у которыхъ на колесахъ были впадины глубиною 0,4 сант. Этотъ пробѣлъ опыта пока восполняется теоріей. Показанія ея, исчисленныя авторомъ доклада, для колесъ со впадинами 0,2 сант., вполне удовлетворительно согласуются съ указаніями опытовъ при предположеніи, что $C = 8$ и даже оказываются немного меньше опытныхъ при допущеніи, что $C = 5$. Это обстоятельство позволяетъ предполагать, что теоретическія исчисленія, сдѣланныя въ случаѣ существованія впадины глубиною 0,4 сантиметра, будутъ удовлетворительно согласоваться съ дѣйствительными.

Такимъ образомъ опытные данныя, освѣщенные моею теоріею, побуждаютъ принимать при расчетахъ прочности рельсъ, динамическій коэффициентъ, для паровозныхъ колесъ не 1,77 какъ указываетъ таб. 8, а 2,3 какъ указываетъ таб. 7 (принимая въ расчетъ впадины болѣе глубокія, чѣмъ при опытахъ Дудлея); для тендерныхъ колесъ 3,2 (по Фламашу) и для вагонныхъ колесъ 4 (по Дудлею).

Если примемъ бывшіе при опытахъ Дудлея наибольшія нагрузки

колесъ паровозныхъ.	13.090
» тендерныхъ	6.824
» вагонныхъ	7.200

то динамическія нагрузки надо считать

для паровозныхъ колесъ	$2,3 \times 13090 = 30100$
тендерныхъ	$3,2 \times 6824 = 21800$
вагонныхъ	$4 \times 7200 = 28800$

Динамическое дѣйствіе вагонныхъ колесъ сильно изношенныхъ немного только менѣе довольно изношенныхъ паровозныхъ.

Наконецъ, что касается вліянія скоростей выше 80 верстъ въ часъ, то указанія теоріи объ уменьшеніи динамическаго дѣйствія колесъ послѣ 75 верстъ, признаваемое докладомъ неоправданнымъ никакими опытами, на противъ опытомъ подтверждается. Въ самомъ докладѣ (стр. 32) приведено замѣчаніе Коюара, что прогибы рельсъ почти пропорціональны скоростямъ, но только до известнаго предѣла, послѣ котораго прогибы уменьшались, а именно послѣ скоростей 60—80 километровъ въ часъ, когда уже нагрузка не успѣвала производить свой эффектъ.

Остается еще сказать о динамическомъ давленіи паровозныхъ колесъ на шпалу, определенномъ опытами инженера Васютинскаго (док. стр. 33). По этимъ опытамъ динамическое давленіе на шпалу подъ паровозными колесами такое же какъ статическое, а подъ тендерами дина-

мическое равно полуторному статическому. Это указание вызываетъ два разныхъ объясненія. Одно изъ нихъ то, что паровозные колеса были чрезвычайно правильной формы. Теорія уже указала (таб. 5), что динамическое давленіе совершенно правильныхъ круглыхъ колесъ, очень мало отличается отъ статическаго. Другое объясненіе то, что опытъ съ паровозными колесами происходилъ при условіяхъ не характеризующихъ явленіе. Кривыя троекторіи точки прикосновенія колеса съ рельсомъ, показанныя въ докладѣ (стр. 122 — 123) ясно указываютъ, что иногда динамическое давленіе колеса надъ шпалою бываетъ вдвое больше статическаго хотя случается, что надъ шпалою и вовсе не происходитъ динамическаго давленія. Опытъ инженера Васютинскаго могъ происходить при такихъ случайныхъ условіяхъ, когда динамическое давленіе мало отличалось отъ статическаго. Теорія указываетъ, что этотъ опытъ долженъ быть признанъ не характеризующимъ явленія.

Только большой рядъ опытовъ, опредѣляющихъ давленіе колеса надъ шпалою, можетъ съ достаточною вѣроятностію уловить величину давленія колеса близкаго къ наибольшей.

Всѣ соображенія о вѣроятности опредѣленія наибольшаго давленія въ данномъ мѣстѣ, съ даннымъ приближеніемъ мною указаны были въ 1906 г. подъ заглавіемъ:— число опытовъ, обезпечивающихъ опредѣленной величины вѣроятность наблюденія напряженій, заключенныхъ въ данныхъ предѣлахъ.

Итакъ данныя, полученные изъ опытовъ требуютъ освѣщенія ихъ съ точки зрѣнія теоріи, чтобы пріобрѣсти практически полезное значеніе.

Данныя, полученныя на основаніи теоретическихъ формулъ.

Въ этомъ отдѣлѣ указывается, что динамическіе коэффициенты, опредѣленные по моимъ таблицамъ, для случаевъ движенія довольно изношенныхъ колесъ, доходящіе до величины около 4 (стр. 47, стр. 5 снизу), слѣдуетъ считать нѣсколько преувеличенными. Поэтому приходится напомнить, что такую величину указали опыты Дудлея съ вагоннымъ колесомъ (табл. 4 опыты № 4). Затѣмъ надо не упускать изъ вида, что докладъ придаетъ особое значеніе среднимъ величинамъ изъ полученныхъ опытами коэффициентовъ, а теоретическія изслѣдованія указываютъ не среднія динамическія дѣйствія, а тѣ, которыя соотвѣтствуютъ данному частному случаю. Здѣсь не лишнее еще разъ замѣтить, что средняя величина всей совокупности динамическихъ дѣйствій, по теоретическимъ соображеніямъ, должна быть очень близка къ статическому дѣйствию, и слѣдовательно теоріи нельзя приписать преувеличенное опредѣленіе среднихъ величинъ динамическаго дѣйствія. Причина такой близости средняго динамическаго дѣйствія къ статическому, судя по формѣ кривыхъ, указанныхъ въ докладѣ (стр. 122—123), состоитъ въ томъ, что сколько времени динамическое дѣйствіе бываетъ больше статическаго, столько же времени оно бываетъ меньше его. Отклоненія динамическаго дѣйствія отъ статическаго въ ту и другую сторону почти одинаковы (1907, стр. 38). Теоретическія изслѣдованія указываютъ возможные наибольшія динамическія дѣйствія. Примѣненіе ихъ къ расчетамъ прочности рельсъ, обезпечивая указаніе наибольшихъ усилій, дѣйствующихъ на рельсъ, даетъ право допускать въ матеріалѣ рельсъ, и вообще верхняго строенія, наибольшія напряженія, указываемыя свойствами употребленныхъ матеріаловъ, не прибѣгая къ скрытому допущенію напряженій, значительно превосходящихъ принятыя при расчетѣ нормы, безъ яснаго сознанія о величинѣ этихъ повышен-

ныхъ напряженій. Съ скрытымъ допущеніемъ, завѣдомо очень большихъ напряженій, необходимо мириться, вводя въ расчетъ не наибольшія динамическія усилія, но, допуская такіе расчеты, уменьшается и расчетная норма. Самыя преуменьшенія расчетныхъ нормъ дѣлаются всегда изъ опасенія, что дѣйствительныя усилія, которымъ можетъ подвергаться рассчитываемая часть, могутъ быть значительно больше, вводимыхъ въ расчетъ. Если отъ такихъ расчетовъ нельзя отказываться, когда нѣтъ средствъ предвидѣть наибольшія вѣроятныя силы, то въ тѣхъ случаяхъ, когда изученіе дѣла даетъ способы для предвидѣнія наибольшихъ силъ, которымъ будетъ подвергаться рассчитываемая часть, гораздо правильнѣе принимать въ расчетъ эти наибольшія усилія и допускать наибольшія напряженія матеріала, не переходя только за предѣлъ упругости. Руководствуясь этимъ именно соображеніемъ я и вводилъ въ таблицы, опредѣляющія величины силъ дѣйствующихъ на рельсъ, вліянія такихъ неправильностей въ формѣ колесъ, которыя были больше встрѣчавшихся при опытахъ Дудлея, но не больше замѣченныхъ другими наблюдателями (Буссе). Это *т* дало поводъ къ заключенію докладчика, что мои формулы даютъ нѣсколько преувеличенные коэффициенты динамическаго дѣйствія. Стоитъ въ мои таблицы ввести вліяніе, соответствующее незначительнымъ износамъ колесныхъ шинъ и оставить безъ вниманія перегрузки рессоръ и мои опредѣленія не будутъ отличаться отъ опредѣленій принятыхъ въ докладѣ. Такой способъ дѣйствія считаю, однако, не правильнымъ.

Что касается кривыхъ, изображенныхъ на стр. 45 доклада и представляющихъ зависимость динамическихъ коэффициентовъ отъ скоростей, среди которыхъ четыре вычислены по моей теоріи и о которыхъ сказано, (стр. 47 внизу и 48 начало), что онѣ послѣ 75 верстъ обращаются въ прямую линію параллельную оси абсцисъ, надо сказать, что по теоріи онѣ послѣ 75 вер. вовсе не переходятъ въ прямую. Напротивъ онѣ остаются кривыми, но

послѣ 75 вер. не повышаются, а понижаются. Прямая получается только потому, что при расчетахъ, относящихся къ скоростямъ свыше 75 верстъ въ часъ, слѣдуетъ производить расчетъ какъ бы для случая относящагося къ 75 верстамъ, когда динамическій коэффициентъ достигаетъ своей наибольшей величины насколько онъ зависитъ отъ скорости.

Приведенное мною, на основаніи теоретически составленныхъ таблицъ, положеніе, что если можно ходить со скоростью 75 вер. въ часъ, то можно ходить и со скоростью 100 вер., докладчикъ отмѣчаетъ (стр. 48) не оправданными опытами данными, хотя въ докладѣ (стр. 32) приведено указаніе Коюара, оправдывающее мое положеніе, и затѣмъ (стр. 34) замѣчаніе Дудлея, что въ Америкѣ, какъ практика, такъ и теорія показали, что при правильныхъ гладкихъ рельсахъ и не изношенныхъ бандажахъ, увеличенія напряженія въ рельсахъ не являются препятствіями для движенія со скоростями въ 97, 113 и 129 километровъ въ часъ.

Далѣе (стр. 48 док.) докладчикъ полагаетъ, что вліяніе факторовъ, отброшенныхъ мною какъ менѣе значительныхъ, возрастаетъ на дѣлѣ въ большей мѣрѣ, чѣмъ показываютъ теоретическіе выводы. Реальнымъ примѣромъ, говоритъ онъ, могутъ служить опытные данныя по перегрузкѣ рессоръ. Теорія моя вовсе не касается перегрузки рессоръ и потому никакія опытные данныя, касающіяся перегрузки рессоръ не могутъ служить указаніемъ недостаточности теоретическихъ выводовъ.

Всѣ предшествовавшія заключенія доклада указывали на преувеличенныя результаты моей теоріи и потому, за отсутствіемъ указанія тѣхъ отброшенныхъ мною факторовъ, которые могли бы повліять на увеличеніе теоретическихъ результатовъ, трудно дать объясненіе. Отброшенные мною факторы (1907 г., стр. 52) были: дѣйствіе противовѣсовъ, неправильности въ формѣ поверхности катанія рельсъ, дурная подбивка шпаль, инерція массы са-

мага рельса при образованіи общаго его прогиба и вибраціи рельсъ. Если бы къ этому перечню прибавили упущеніе нагрузокъ, производимыхъ колесами сосѣдними съ изучаемымъ колесомъ, то это было бы ошибочно. Вліяніе это не было оставлено безъ изученія. Способы этого изученія, въ подробности мною описаны (1907 г., стр. 26 до 38).

Два раза происходило это изученіе. Въ первый разъ въ 1905 г. и результаты его изложены въ желѣзнодорожномъ дѣлѣ (№№ 27—28). Во второй разъ въ 1907 г. какъ указано въ докладѣ моемъ Инженерному Совѣту на стр. 26—38.

При первомъ изъ этихъ двухъ изученій обнаружено, что при опытахъ Дудлея разстоянія между серединами колесъ (2319—2669) были настолько велики по сравненію съ пролетами между серединами шпаль (508 милл.), что дѣйствіе одного колеса на рельсъ должно было передаваться на 5 или на 6 шпаль.

Распредѣленія нагрузки одиночного колеса на 6 шпаль, исчисленные для разныхъ величинъ A и именно для $A = 1,8$ или $\gamma = 10,8$, для $A = 1,5$ или $\gamma = 9$ и для $A = 1$ или $\gamma = 6$ показали слѣдующее:

при $A = 1,8$ всѣ шесть шпаль подвергаются давленію только при положеніи колеса въ средней трети пролета между серединами шпаль, причемъ на крайніе шпалы приходится на болѣе 0,024 полного давленія колеса. При нахожденіи колеса въ первой или въ послѣдней трети пролета, т. е. при величинахъ δ отъ 0 до $\frac{1}{3}$ или $\frac{2}{3}$ до 1 одна изъ крайнихъ шпаль наиболѣе удаленная, не только не подвергается давленію, а должна притягивать рельсъ.

При $A = 1,5$ всѣ шпалы подвергаются давленію только при положеніи колеса въ срединѣ пролета, причемъ на крайнія шпалы приходится всего 0,0056 полной нагрузки. При всѣхъ другихъ положеніяхъ колеса, одна изъ крайнихъ шпаль должна притягивать рельсъ.

Наконецъ, при $A = 1$ всѣ шпалы никогда не подвергаются давленію. При нахожденіи колеса въ средней трети

пролета между шпалами давленію подвержены только 4 среднія шпалы и двѣ крайнія должны притягивать; а при остальныхъ положеніяхъ колеса давленіе распредѣляется на пять шпаль и шестая, крайняя шпала, притягиваетъ, доводя свое притяженіе, можетъ быть съ постороннею помощію, до 0,04288 полного давленія колеса.

Это указываетъ, что исчисленіе статическихъ прогибовъ рельса, опирающагося на шесть упругихъ опоръ, происходило, хотя и не при полномъ принятіи въ расчетъ дѣйствія колесъ сосѣднихъ, но все же при нѣкоторомъ принятіи этого дѣйствія.

Затѣмъ, принимая во вниманіе, что при неизношенныхъ колесахъ динамическое дѣйствіе одинаково уклоняется отъ статическаго какъ въ сторону увеличенія, такъ и въ сторону уменьшенія, надо ожидать, что средняя величина всѣхъ динамическихъ моментовъ должна быть одинакова со средней величиной правильно опредѣленныхъ, соотвѣтственныхъ статическихъ моментовъ. Вычисленія показали, что среднія величины статическихъ моментовъ превышаютъ соотвѣтственныя среднія величины динамическихъ моментовъ для паровозныхъ колесъ на 0,09 ихъ величины, для тендерныхъ на 0,10 и вагонныхъ на 0,12.

Эти весьма согласныя отклоненія давали право придти къ одному изъ двухъ предложеній, объясняющихъ эти уклоненія: или допустить нѣкоторую неправильность трудныхъ опредѣленій по указаніямъ стремматографа, или, можетъ быть, нѣкоторую преувеличенность въ опредѣленіи статическихъ моментовъ изгибающихъ силъ, въ предположеніи, что нагрузка колесомъ рельса передается имъ на 6 равно упругихъ опоръ, тогда какъ она передается на меньшее ихъ число.

Въ настоящее время всѣ статическія моменты, относящіеся къ опытамъ Дудлея, помѣщенные въ таблицѣ 9, опредѣлены въ предположеніи, что $C = 5$ и что рельсъ передаетъ дѣйствующую на него нагрузку на 4 равноупругія опоры.

На основаніи этой таблицы 9 найдены среднія величины динамическихъ и статическихъ моментовъ для всѣхъ опытовъ Дудлея, сдѣланныхъ при скоростяхъ отъ 22,5 до 70,8 верстъ въ часъ.

Изъ всѣхъ 24 опытовъ съ паровозными колесами найдено: средняя величина динамическаго момента 203296 кил. сант. и средняя величина статическаго момента 188090 кил. сант. или менѣе на 8⁰/₀.

Изъ всѣхъ 20 опытовъ съ тендерными колесами найдена средняя величина динамическаго момента 139320 кил. сант. и средняя величина статическаго момента 143708 или болѣе на 3⁰/₀.

Изъ всѣхъ 26 опытовъ надъ вагонными колесами найдено: средняя величина динамическаго момента 131514 кил. сан. и средняя величина статическаго момента 124870 кил. сан. или менѣе на 5⁰/₀.

Эти сравненія позволяютъ заключить, что моменты силъ изгибающихъ рельсъ, вызываемыхъ однимъ колесомъ, близь котораго, ни спереди, ни сзади нѣтъ другихъ нагруженныхъ колесъ, опирающихся на тотъ же рельсъ, поддерживаемый четырьмя равно упругими опорами, при опытахъ Дудлея, мало отличались отъ моментовъ силъ, дѣйствительно дѣйствующихъ на рельсъ подъ вліяніемъ колесъ подвижнаго состава.

Отсюда слѣдуетъ, что принятый при теоретическомъ изученіи способъ приближеннаго опредѣленія изгибовъ рельса можетъ быть допущенъ не опасаясь существенныхъ погрѣшностей.

Вмѣстѣ съ этимъ приведенныя сравненія служатъ хорошимъ указаніемъ практической примѣнимости, предложенной мною теоріи опредѣленія напряженій въ рельсахъ при различныхъ обстоятельствахъ.

Другое дальнѣйшее изученіе возможности примѣненія способовъ опредѣляющихъ изгибы рельса при статическомъ дѣйствіи одного колеса къ случаямъ встрѣчавшимся при опытахъ Дудлея, когда разстоянія между центрами колесъ въ 5, въ 6 разъ превосходили разстоянія между

серединами шпаль, было изложено въ моемъ изслѣдованіи представленномъ Инженерному Совѣту въ 1907 г. (на стр. 26 до 38). Оно также показало возможность пользоваться расчетами, относящимися къ одиночному колесу, опирающемуся на рельсъ, поддерживаемыми упругими опорами числомъ отъ 4 до 6.

На основаніи этихъ изученій выяснилась возможность принимать въ расчетахъ, примѣняемыхъ къ подвижному составу со многими колесами прогибы рельсъ какъ бы они происходили подъ дѣйствіемъ одного колеса, при поддержкѣ рельса четырьмя упругими опорами. О неправильности этихъ способовъ изученія въ докладѣ ничего не упоминается. Въ послѣдней части этого отдѣла въ докладѣ говорится, что при современномъ положенія вопроса ни по теоретическимъ соображеніямъ, ни на основаніи опытныхъ данныхъ не представляется возможнымъ производить расчеты по сопротивленію верхняго строенія для скоростей свыше 70—80 верстъ. Эти слова находятся въ явномъ противорѣчій съ фактомъ существованія желѣзныхъ дорогъ по которымъ происходитъ движеніе поѣздовъ со скоростями болѣе 80 верстъ въ часъ. Трудно допустить, чтобы инженеры допускали такое движеніе безъ всякихъ расчетовъ. Разрѣшеніе увеличивать скорость на путяхъ рассчитанныхъ для движенія со скоростью 80 верстъ слѣдуетъ, по мнѣнію докладчика, предоставлять съ условіемъ постепеннаго увеличенія скорости, послѣ предварительнаго изслѣдованія и укрѣпленія пути.

Но чѣмъ надо руководствоваться въ опредѣленіи способовъ и размѣровъ улучшенія пути въ отношеніи балласта, числа шпаль на версту и ихъ размѣровъ, или увеличенія вѣса рельсъ, объ этомъ въ докладѣ не упоминается вовсе. Всѣ эти улучшенія, повидимому, предполагается дѣлать ощупью не рѣдко лицами не всегда обезпеченными отъ самыхъ превратныхъ понятій о вліяніи тѣхъ или иныхъ предполагаемыхъ улучшеній. Все изложенное, думаю, не колеблетъ пользы примѣненія моей теоріи, о чемъ далѣе будетъ сказано подробнѣе.

Возможность ошибочныхъ понятій у практическихъ дѣятелей, нерѣдко весьма полезныхъ на ихъ служебныхъ постахъ, была уже отчасти указана выше, но еще болѣе рельефнымъ примѣромъ могутъ служить нѣкоторыя соображенія Дудлея о полномъ напряженіи рельса въ разныхъ его участкахъ. Такъ по понятіямъ Дудлея первый участокъ рельса составляетъ часть его, находящуюся впереди паровозной телѣжки, до середины промежутка между задней телѣжечной осью и переднюю ведущую осью. Для этого участка опредѣляются напряженія на кв. единицу: отъ сжатія въ подошвѣ рельса передъ переднимъ колесомъ телѣжки, отъ растяженія въ подошвѣ подъ переднимъ колесомъ телѣжки, отъ сжатія подъ серединою между колесами телѣжки, отъ растяженія подъ заднимъ ея колесомъ и половины сжатія, соотвѣтствующаго срединѣ разстоянія между заднимъ телѣжечнымъ колесомъ и переднимъ ведущимъ колесомъ. Сумму всѣхъ этихъ напряженій Дудлей называетъ полнымъ напряженіемъ рельса въ первомъ участкѣ. Подобныя же суммы опредѣляются и для другихъ участковъ.

Эти суммы не только не опредѣляютъ полного напряженія рельса, но не имѣютъ абсолютно никакого физическаго значенія.

Соображенія эти изложены въ статьѣ: *Essais effectués au moyen du stremmatographe. Page 2085. Bulletin de la Com. Intern. Dec. 1904.*

Заключеніе Докладчика.

Въ заключеніи говорится объ отмѣнѣ циркуляра 1903 г. № 14; о толщинѣ балластнаго слоя; о величинѣ коэффициента этого слоя $C = 3$, или $C = 5$; о длинѣ поперечинъ; объ опредѣленіи величины D въ формулѣ Циммермана, или, лучше бы сказать, о величинѣ α входящей въ D , соотвѣтственно величинѣ C ; о максимальномъ давленіи на балласть при разныхъ C и о распредѣленіи шпаль по длинѣ рельса. Не намѣреваясь дѣлать по этимъ предметамъ какихъ-либо замѣчаній въ виду предложенія со-

хранить для нихъ существующія правила, исключая лишь длины шпаль на кривыхъ путяхъ при скорыхъ поѣздахъ, остается подойти къ двумъ послѣднимъ частямъ заключенія.

Опредѣленіе моментовъ внѣшнихъ силъ и опорныхъ давленій статической нагрузки.

Опредѣленіе этихъ моментовъ можетъ быть нужно для двухъ различныхъ цѣлей. Одна цѣль состоитъ въ опредѣленіи изгибовъ рельса, при разныхъ положеніяхъ груза и для составленія той основной таблицы, которая необходима для примѣненія моеѣ теоріи и для изслѣдованія, при ея помощи, вліянія всѣхъ элементовъ, требующихъ вниманія при опредѣленіи прочности рельса. Другая цѣль имѣетъ въ виду моментъ относительно точки рельса по срединѣ пролета, между шпалами, для того чтобы при помощи нѣкотораго динамическаго коэффиціента составить уравненіе, опредѣляющее величину момента сопротивленія условной прочности. Вторая цѣль очевидно проще и должна получить предпочтеніе, если теорія отвергается какъ ошибочная, или не примѣнимая.

Ошибочность теоріи никто не доказывалъ и не указывалъ, а примѣнимость и польза ея указаній обнаружилась съ полною ясностью разными указанными выше обстоятельствами. Она оказалась въ полномъ согласіи съ наблюденіями практиковъ относительно важнаго вліянія свойствъ балласта. Она вполне объясняетъ замѣчаніе Коюара, указавшаго, что при скоростяхъ выше 60—80 верстъ нагрузка не успѣваетъ произвести свой эффектъ. Она дала возможность вполне отчетливо понять почему опыты Дудлея показали съ одной стороны динамическіе коэффиціенты меньше единицы т. е. такія динамическія дѣйствія, которыя меньше статическихъ и съ другой стороны, при крайне неправильныхъ колесахъ, динамическіе коэффиціенты, соотвѣтствующіе динамическому дѣйствию въ три, четыре раза превосходящему дѣйствіе статическихъ силъ.

Болѣе того. Она дала возможность вычислить динамическіе коэффиціенты для довольно изношенныхъ колесъ со впадиною въ 0,4 сант. и для совершенно круглыхъ колесъ и затѣмъ (таб. 9), показала, что динамическіе коэффиціенты для всѣхъ приводимыхъ Дудлеемъ случаевъ наблюдений съ малоизношенными колесами находятся, какъ и слѣдуетъ, между исчисленными теоретически предѣльными коэффиціентами. Въ таблицѣ 8, наконецъ, видно, что теоретически вычисленные, динамическіе коэффиціенты для весьма вѣроятной при опытахъ Дудлея, неправильности колесъ, со впадинами 0,2 сант., при скоростяхъ 52—70,8 почти не отличаются отъ найденныхъ опытнымъ путемъ. Послѣ всего этого нельзя утверждать, что теорія не примѣнима. Не непримѣнимость ее, въ предложенномъ мною видѣ, усматриваютъ въ опредѣленіи слишкомъ большихъ величинъ динамическихъ коэффиціентовъ, которые оказались слишкомъ значительными и при исчисленіи, предложенномъ докладчикомъ (стр. 43 доклада). При разсмотрѣніи таблицы доклада (стр. 43) упускаютъ однако изъ вида ошибочное названіе приведенныхъ въ ней чиселъ. Эти числа вовсе не представляютъ динамическихъ коэффиціентовъ т. е. отношеній динамическаго дѣйствія къ статическому при передачѣ рельсомъ давленія на одно и тоже число шпаль. Они указываютъ отношеніе динамическаго дѣйствія, при передачѣ давленія на четыре шпалы, къ такому воображаемому статическому, которое получилось бы при передачѣ давленія на двѣ шпалы. Чтобы (стр. 43) получить настоящіе динамическіе коэффиціенты, надо числа таблицы раздѣлить на соотвѣтственныя величины n , т. е. на числа всегда большія единицы и достигающіе до 1,6, а послѣ такого уменьшенія табличные коэффиціенты уже мало отличаются отъ опредѣленныхъ наблюдениями (табл. 9). Итакъ, нѣтъ основанія признавать теорію не примѣнимою.

Для примѣненія теоріи надо однако умѣть опредѣлять изгибающіе моменты относительно любой точки рельса,

находящейся въ промежуткѣ между серединами двухъ шпаль. Точнаго теоретическаго опредѣленія такихъ моментовъ, принимая въ расчетъ всѣ дѣйствующіе на рельсъ нагрузки, не имѣется и приходится ограничиваться болѣе, или менѣе приближеннымъ способомъ. Поэтому въ моемъ сочиненіи (1907 г. стр. 38), на основаніи изученія опытовъ Дудлея, признано возможнымъ, принимать въ основу расчетовъ предположеніе, что въ большинствѣ случаевъ давленіе колесъ подвижнаго состава производитъ изгибы рельса близкіе къ изгибамъ, производимымъ одиночнымъ колесомъ при передачѣ давленія на рельсъ, опирающійся на четыре шпалы и въ рѣдкихъ только случаяхъ на шесть шпаль.

На этомъ основаніи моментъ статически дѣйствующихъ силъ, изгибающихъ рельсъ, можетъ быть опредѣленъ, по найденнымъ мною и упомянутымъ выше формуламъ, въ видѣ $n \frac{PL}{4}$, гдѣ n можетъ быть подставлено изъ данной мною таблицы IX.

Докладчикъ, преслѣдуя вторую цѣль опредѣленія момента статически дѣйствующихъ силъ относительно середины рельса, не указывая причинъ почему надо принимать въ расчетъ передачу давленія колеса на рельсъ, не двумъ, не шести, а именно четыремъ упругимъ опорамъ, предлагаетъ опредѣлять по формулѣ Циммермана.

Такимъ образомъ, въ конечномъ результатѣ оба опредѣленія наибольшаго статическаго момента одинаковы. Однако, далѣе является различіе въ пользованіи этою величиною момента. По приведеннымъ мною соображеніямъ (1907 г. стр. 26—38) моментъ надо принимать въ той величинѣ, какъ она опредѣлилась моею формулою, а по мнѣнію докладчика, надо моментъ, опредѣленный по формулѣ Циммермана, уменьшить. Для паровозовъ, не имѣющихъ ни бѣгунковъ, ни телѣжки, онъ предлагаетъ уменьшать на половину вліянія смѣжной оси, а для другихъ паровозовъ уменьшеніе должно быть опредѣлено по формуламъ Клапейрона (докл. стр. 50). Для паровозовъ съ

телѣжкой или бѣгункомъ впереди должно быть опредѣлено уменьшеніе момента подъ первую ведущую осью, вслѣдствіе вліянія вѣса бѣгунка и смежной ведущей оси. Хотя уменьшенія эти, судя по исчисленіямъ доклада (стр. 24), могутъ достигать 32%, но ни одинъ изъ предлагаемыхъ способовъ опредѣленія наибольшаго статическаго момента изгибающихъ силъ не сопоставленъ съ результатами опытовъ Дудлея или какихъ-либо иныхъ.

Чтобы сколько-нибудь оцѣнить надежность такого опредѣленія при исчисленіяхъ прочности рельсъ допустимъ, что по свойствамъ паровозовъ, съ которыми дѣлалъ опыты Дудлей, слѣдуетъ уменьшать моментъ, исчисленный по формулѣ Циммермана для паровозовъ съ бѣгункомъ, на 32%. Въ такомъ случаѣ, для передняго ведущаго колеса (таб. 4 опытъ № 4) надо было бы принять, при $C = 8$, не 212640, а $0,68 \times 212640 = 144495$, а при $C = 5$, вмѣсто 228801 принять 155584. При найденномъ Дудлеемъ динамическомъ моментѣ 338112 нашли бы динамическіе коэффициенты не 1,59 и 1,48, а $\frac{338112}{144495} = 2,34$ и $\frac{338112}{155584} = 2,17$.

Для паровоза шедшаго со скоростью 70,8 (таб. 4 опытъ № 6), статическіе моменты опредѣлились бы: при $C = 8$ не 200771, а $0,68 \times 200771 = 136504$ и при $C = 5$ не 216000, а $0,68 \times 216000$ и при динамическомъ моментѣ указанномъ Дудлеемъ 353647 нашли бы динамическіе коэффициенты не 1,76 и 1,64, а $\frac{353647}{136504} = 2,59$ и $\frac{353647}{146880} = 2,40$.

Если теорія, доставившая для упомянутыхъ скоростей и изношенныхъ колесъ, со впадинами 0,4 сант., указавшая коэффициенты 2,25 и для колесъ со впадиною 0,2 сант. всего 1,79, считается докладчикомъ неудовлетворительною, потому что приводитъ къ опредѣленію слишкомъ большихъ динамическихъ коэффициентовъ, то еще менѣе можно согласиться со способомъ опредѣленія наибольшаго статическаго момента, предложеннымъ въ докладѣ.

Съ мнѣніемъ доклада объ уменьшеніи момента, изгибающихъ силъ, для передней ведущей оси паровозовъ съ

телѣжкою впереди, трудно согласиться при внимательномъ разсмотрѣніи опытовъ Дудлея. Въ табл. 9 видно, что извсѣхъ шести группъ опытовъ, только въ группахъ относящихся къ скоростямъ 22,5 и 52 версты моменты изгибающихъ силъ и напряженіе въ рельсѣ, подъ передней ведущею осью были меньше, чѣмъ подъ другими ведущими осями. Во всѣхъ другихъ группахъ самые большіе моменты и самыя большія напряженія въ рельсѣ были именно подъ переднею ведущею осью.

Распредѣленіе напряженій показано въ слѣдующей таблицѣ 10.

Т а б л и ц а № 10.

Скорость версть въ часъ.	Напряженіе въ килограммахъ по квадратн. сантим. и моменты изгибающихъ силъ въ килограммахъ и сантиметрахъ.				
	Подъ перед. осью паров. телѣжки.	Подъ задней осью паров. телѣжки.	Подъ первой ведущей осью.	Подъ средней ведущей осью.	Подъ задней ведущей осью.
22,5	6,81 (4960) 140577	3,79 (4960) 68575	8,80 (8190) 181731	11,29 (8190) 233119	11,29 (8190) 229723
24	4,15 (4596) 112932	3,82 (4596) 103886	16,11 (13090) 438170	6,64 (13090) 180692	7,80 (8709) 212306
52	8,97 (5291) 167511	4,48 (5291) 83755	8,97 (11770) 167511	14,26 (11770) 272989	17,10 (9610) 319522
64,4	8,80 (4600) 164325	2,16 (4600) 40334	18,10 (10000) 338122	14,78 (10000) 276106	12,46 (10000) 232669
67,6	9,47 (5000) 176823	4,98 (5000) 93067	18,93 (10000) 353647	— —	17,27 (10000) 322624
70,8	6,31 (5000) 117890	7,47 (5000) 139601	18,93 (10000) 353647	— —	15,94 (10000) 297813

Въ скобкахъ показаны давленія колесъ на рельсъ въ килограммахъ, при статическомъ дѣйствіи грузовъ.

Поэтому при опредѣленіи динамическаго коэффиціента, слѣдуетъ отдать предпочтеніе предложенной мною теоріи. Ей надо отдать предпочтеніе тѣмъ болѣе потому, что она включаетъ въ свои расчеты всѣ существенные элементы, имѣющіе вліяніе на величину динамическаго коэффиціента, а такимъ образомъ и на величину динамическаго момента, изгибающаго рельсъ.

Опорныя давленія докладъ предлагаетъ опредѣлять по формуламъ Шведлера или Гофмана. Обѣ эти формулы опредѣляютъ давленіе на опору не болѣе 0,6 полного статическаго давленія колесъ. Между тѣмъ кривыя приведенныя въ докладѣ (стр. 122—123) указываютъ, что бывають случаи когда динамическое давленіе достигаетъ двойной статической нагрузки. Поэтому, осторожнѣе принимать этотъ способъ опредѣленія, приходящагося на шпалу и допускать давленіе на балластъ вмѣсто 2 или 3 килограммовъ—въ 3 до 5 килогр.

Вліяніе динамическихъ усилій (стр. 51 докл.). Динамическія усилія, производимыя колесами подвижнаго состава на рельсы, не находятся въ какомъ нибудь опредѣленномъ отношеніи къ основнымъ свойствамъ подвижнаго состава или пути. Онѣ зависятъ отъ свойствъ балласта, отъ нагрузки колесъ, отъ скорости и особенно отъ степени правильности формы колесныхъ шинъ. Это хорошо извѣстно и практикамъ и теоретикамъ. Теорія теперь не ограничивается однимъ упоминаніемъ о связи динамическихъ силъ отъ перечисленныхъ обстоятельствъ, но даетъ возможность опредѣлять степень вліянія каждаго обстоятельства на величину динамическихъ силъ. Теорія указала, что динамическое дѣйствіе совершенно круглыхъ колесъ очень немного превосходитъ статическое (см. таб. 5). Впадины глубиною въ 0,2 сант. увеличивають динамическое дѣйствіе приблизительно на 75% сверхъ статическаго, а впадины глубиною въ 0,4 сант. повышають

статическое почти на 150% (стр. 5). Опыты разных наблюдателей указывают, что при очень изношенных колесах динамическое дѣйствіе еще больше превышает статическое. Къ этимъ вліяніямъ формы колесъ могутъ еще присоединяться перегрузки рессоръ, достигающихъ даже на хорошо содержимыхъ путяхъ 60%. Очевидно, что при разрѣшеніи вопроса о прочности рельсъ недостаточно упомянуть о динамическихъ усиліяхъ и что надо ясно сказать какія именно усилія слѣдуетъ имѣть въ виду. Расчетъ можно вести двумя разными путями. Можно ввести въ расчетъ усилія, соотвѣтствующія немного изношеннымъ колесамъ и нечувствительнымъ перегрузкамъ, вродѣ тѣхъ, какія встрѣчались при опытахъ Дудлея, и при этомъ допускать въ рельсахъ небольшія напряженія, съ тѣмъ, чтобы при неблагоприятныхъ условіяхъ, когда будутъ двигаться колеса довольно изношенные и когда, вмѣстѣ съ тѣмъ, явятся значительныя перегрузки рессоръ, когда по этимъ причинамъ, въ рельсахъ будутъ развиваться напряженія превосходящія норму, принятую при расчетѣ, чтобы эти напряженія не достигали опасныхъ величинъ. Принимаемая для такихъ расчетовъ норма, лучше всего указывается многолѣтнимъ опытомъ съ многочисленными попытками. Рельсы такимъ образомъ рассчитанные, могутъ служить удовлетворительно. Но о степени цѣлесообразности избранной для расчетовъ нормы нельзя будетъ составить никакого вѣрнаго сужденія. Въ особенности трудно будетъ сдѣлать правильность выбора нормы, въ случаѣ если она будетъ избрана съ излишней осторожностью. Другой способъ расчета можетъ состоять въ томъ, чтобы остановиться на усиліяхъ, соотвѣтствующихъ допускаемымъ значительнымъ износамъ колесъ и большимъ перегрузкамъ, принимая вмѣстѣ съ тѣмъ норму напряженія, извлеченную изъ разсмотрѣнія рельсовъ существующихъ дорогъ въ такихъ же тяжелыхъ условіяхъ, или прямо допуская напряженія достигающія предѣла упругости матеріала рельса.

Первый способ предлагается докладомъ, второй былъ предложенъ мною. Въ конечномъ выводѣ оба эти предложенія приводятъ къ одинаковымъ опредѣленіямъ момента сопротивленія рельса и отличаются одинъ отъ другого только отчетливостью понятій о томъ, что должно происходить въ матеріалѣ рельса.

Докладъ, говоря о динамическомъ вліяніи, появляющемся на путяхъ, предназначенныхъ для движенія со скоростями не свыше 75 верстъ, предлагаетъ принимать однообразный динамическій коэффициентъ. Въ виду отсутствія указанія къ чему относится требованіе однообразія надо думать, что оно относится съ разнымъ скоростямъ. Величину динамическаго коэффициента для паровозныхъ колесъ предлагается принимать въ наибольшемъ размѣрѣ, данномъ опытами именно 1,7, хотя величина эта была найдена, опредѣляя статическій моментъ по формулѣ Циммермана безъ вышеуказанныхъ уменьшеній, вызываемыхъ сосѣдними колесами, при наблюденіяхъ надъ неизношенными колесами, при отсутствіи замѣтныхъ перегрузокъ рессоръ и хотя извѣстно, что для колесъ изношенныхъ теоретическій коэффициентъ значительно больше, да и опытный, правда для колесъ не паровозныхъ, а тендерныхъ и вагонныхъ, былъ полученъ вдвое большій.

При отсутствіи прямыхъ опытныхъ указаній, относящихся къ изношеннымъ паровознымъ колесамъ, нельзя, ссылаясь на опыты, утверждать, что увеличеніе динамическаго коэффициента, зависящее отъ неправильности формы паровозныхъ колесъ, одинаковой съ неправильностью тендерныхъ или вагонныхъ, будетъ происходить не по одному и тому же общему закону. Теоретическое разрѣшеніе этого вопроса, ничего не упускающее, включаетъ въ себѣ только массу колеса и не допускаетъ возможности существованія разныхъ законовъ. Поэтому надо заключить, что неправильность формы паровозныхъ колесъ будетъ увеличивать динамическое дѣйствіе ихъ въ одинаковой степени съ увеличеніемъ, соответствующимъ тендернымъ и вагоннымъ

колесамъ. При опредѣленіи изгибающаго момента, согласно вышеуказанному, предлагается докладомъ (стр. 57) допускать въ новыхъ рельсахъ норму напряженія въ 20 килограммовъ на кв. миллим. съ тѣмъ, чтобы въ изношенныхъ рельсахъ эта норма напряженія не повышалась болѣе чѣмъ на 25⁰/о.

Почему, при особенно благопріятныхъ обстоятельствахъ, напряженіе въ рельсѣ должно ограничиваться величиною 20 килограммовъ и до какой величины оно можетъ возрасти при обстоятельствахъ особенно неблагопріятныхъ, докладъ не приводитъ никакихъ объясненій.

Безъ серьезныхъ объясненій едва ли можно рѣшиться на такое измѣненіе требованія техническихъ условій проектированія и сооруженія магистралей, при которомъ допускаемое напряженіе въ 14 килогр. на кв. миллим. замѣняется напряженіемъ въ 20 килогр., т. е. увеличивается почти на 43⁰/о.

Чтобы составить представленіе о тѣхъ напряженіяхъ въ рельсѣ, получившихъ размѣры согласно съ указаннымъ правиломъ, при неблагопріятныхъ условіяхъ движенія изношенныхъ колесъ съ допустимыми однако впадинами, глубиною въ 0,4 сантиметра, надо принять въ расчетъ слѣдующія соображенія. Динамическое дѣйствіе изношеннаго колеса вызываетъ коэффициентъ 2,34 вмѣсто 1,7, т. е. увеличиваетъ напряженіе въ $\frac{2,34}{1,7} = 1,38$ раза; а перегрузка рессоры можетъ увеличить напряженіе даже на хорошо содержимыхъ путяхъ въ 1,6 разѣ. Все увеличенное напряженіе въ новомъ рельсѣ достигнетъ величины $20 \times 1,38 \times 1,6 = 44$ килограмма на кв. миллиметръ; а въ рельсѣ изношенномъ будетъ $1,25 \times 44 = 55$ килогр. Напряженіе въ новомъ рельсѣ въ 44 килгр., недостигающее предѣла упругости, можетъ быть допущено, а напряженіе 55 килограммовъ, превышающее предѣлъ упругости, являться не будетъ и замѣнится неупругими деформаціями рельса. Въ виду нежелательности допускать неупругія измѣненія въ старыхъ рельсахъ надо сдѣлать одно изъ двухъ: или умень-

шить норму 20 килогр. настолько, чтобы напряжение въ такихъ рельсахъ не превышало предѣла упругости 50 килгр., причемъ вмѣсто 20 надо принимать 18; или не допускать износъ рельсовъ до уменьшенія момента сопротивленія на 25⁰/. Обыкновенно такого большого износа и не бываетъ и онъ не превосходитъ 12,5⁰/, а въ такомъ случаѣ напряжение въ изношенномъ рельсѣ будетъ $1,125 \times 44 = 49$, что допустимо. Слѣдовательно правило, предложенное въ докладѣ, можетъ быть допущено съ однимъ измѣненіемъ. Норма 20 килогр. можетъ быть сохранена, но въ изношенныхъ рельсахъ моментъ сопротивленія не долженъ быть меньше нормальнаго болѣе чѣмъ на 12,5⁰/% вмѣсто 25⁰/%.

Величины напряженій при неблагоприятныхъ обстоятельствахъ, достигающія 45 или 50 килогр. на кв. милл. по значительности ихъ величины, могутъ быть приняты не иначе какъ послѣ провѣрки ихъ практическими приборами.

Въ таблицѣ 7 видно, что при опытахъ Дудлея съ изношенными шинами и безъ замѣтныхъ перегрузокъ рессоръ, при динамическомъ коэффициентѣ въ 1,76, напряжение въ рельсѣ было 18,93 килограмма на кв. милл. Слѣдовательно при движеніи по этимъ рельсамъ колесъ изношенныхъ, которымъ соответствуетъ динамическій коэффициентъ въ 2,34 и при перегрузкѣ рессоръ до 1,6 или при общемъ увеличеніи динамическаго дѣйствія въ $\frac{2,34 \times 1,6}{1,76} = 2,13$, напряжение должно доходить до $18,93 \times 2,13 = 40$ килогр.

По исчисленіямъ сдѣланнымъ мною, по даннымъ профессора Л. Ф. Николаи (1907 г., стр. 61 и 62), наибольшее напряжение выдерживаемое нашими рельсами, при самыхъ неблагоприятныхъ условіяхъ было отъ 45,08 до 50,9 килогр. на кв. миллим.

Такимъ образомъ, отдавая предпочтеніе вполне яснымъ опредѣленіямъ, слѣдуетъ динамическій моментъ изгибающихъ силъ опредѣлять по предложенной мною формулѣ

$1,6 T \frac{PL}{4}$ вставляя величину T изъ табл. XIII. вмѣстѣ съ тѣмъ нормою напряженій, при неблагопріятныхъ условіяхъ, считать 45 до 50 килогр. на кв. мил.

Въ такомъ случаѣ W —моментъ сопротивленія рельсъ опредѣлится изъ уравненія:

$$W_1 = \frac{1,6 T}{4.500} \times \frac{PoL}{4} \text{ или } W_2 = \frac{1,6 T}{5.000} \times \frac{PoL}{4} \text{ сантим.}$$

При $A = 0,8$ и при скорости 75 вер. по табл. XIII $T = 3,76$, слѣдовательно $W_1 = 0,001.337 \frac{PoL}{4}$ или

$$W_2 = 0,001.203 \frac{PoL}{4}.$$

Принимая правило предложенное въ докладѣ, моментъ изгибающій опредѣляется по формулѣ Циммермана, или все равно по упрощенной моей, величиною $\frac{nPoL}{4}$ съ умноженіемъ его на 1,7 будетъ всего $1,7 \frac{nPoL}{4}$. Норма напряженія допускается докладомъ въ 2.000 кил. на кв. сантим. и слѣдовательно моментъ сопротивленія опредѣляется изъ уравненія $W = \frac{1,7 n}{2.000} \frac{PoL}{4}$.

При $A = 0,8$ величина $n = 1,555$, слѣдовательно

$$W = 0,001.314 \frac{PoL}{4}.$$

Наибольшее изъ двухъ выше опредѣленныхъ по моимъ формуламъ W , больше указаннаго докладомъ W всего на 1,5% и практическаго значенія не имѣетъ.

Отсюда видно, что оба опредѣленія величины момента сопротивленія практически не различаются въ отношеніи конечныхъ численныхъ результатовъ, но, принимая опредѣленіе доклада, извѣстно только, что при благопріятныхъ случаяхъ движеніе неизношенныхъ колесъ напряженіе въ рельсѣ можетъ быть около 20 килогр. на кв. миллим. и остается неизвѣстнымъ какое напряженіе можетъ развиваться въ случаяхъ неблагопріятныхъ, при движеніи колесъ съ впадинами часто допустимой глубины. Можно предполагать, что выборъ нормы 20 килогр. сдѣланъ слишкомъ осторожно и рельсы спроектированы съ

излишнимъ вѣсомъ, но съ такимъ основаніемъ же можно ожидать, что выборъ нормы былъ слишкомъ смѣлъ и что проектированные рельсы имѣютъ недостаточный вѣсъ. Примѣненіе предложеннаго мною способа устраняетъ эти сомнѣнія и потому представляется болѣе предпочтительнымъ.

Опорныя давленія опредѣляются докладомъ въ зависимости отъ устройства паровозовъ. Въ случаяхъ когда разстояніе между осями колесъ паровоза превосходитъ двойное разстояніе между осями шпаль по формулѣ Шведлера или Гофмана. При болѣе близкомъ расположеніи паровозныхъ осей предлагается исправлять результаты упомянутыхъ формулъ, посредствомъ формулъ Клапейрона. Опредѣленные такимъ образомъ, опорныя давленія увеличиваются въ 1,5 раза.

Дать по этому предмету вполне обоснованное указаніе теперь нельзя. Но, если опредѣлить статическое давленіе, приходящееся надъ шпалою, при передачѣ давленій на четыре шпалы, по моей формулѣ, вводя въ нее $\delta = 0$, а затѣмъ по указанію кривыхъ, приведенныхъ въ докладѣ стр. 122—123, полученное давленіе удвоить, то предложеніе доклада мало отличается отъ моего предложенія. Такъ, принимая формулу Гофмана, при $A = 1$ давленіе будетъ опредѣлено по правилу доклада въ $0,51 \times \times 1,5 = 0,77 P$, а по предложенному мною способу (табл. 1, стр. 12,1903) при $\delta = 0$, $Q = 0,3950$, а удвоенное даетъ $2 \times 0,3950 = 0,79 P$. Эти два опредѣленія тоже почти не различаются, но предложенное мною правило болѣе ясно. Оно основано на свойствѣ троэкторіи точки прикосновенія катящагося колеса съ рельсомъ. Что же касается формулъ Шведлера и Гофмана, то какъ выше было упомянуто, первая выведена въ предположеніи, что давленіе колеса передается рельсомъ на три упругія опоры, когда колесо находится надъ среднею опорою; а вторая найдена въ предположеніи, что одинаковыя нагрузки прижимаютъ рельсъ, опирающійся на безчисленное число другихъ опоръ при

расположеніи нагрузокъ прямо надъ опорами и при томъ черезъ одну опору. Насколько то или другое изъ упомянутыхъ условій близко подходят къ дѣйствительности въ докладѣ не упоминается.

Причина, побуждающая увеличивать въ 1.5 раза результаты, получаемые съ помощію формулъ Шведлера или Гофмана, въ докладѣ тоже не выяснена.

Послѣднее предложеніе докладчика, состоитъ въ томъ, чтобы увеличеніе скорости послѣ 80 верстъ могло послѣдовать лишь послѣ указанія управленіемъ дороги тѣхъ мѣръ, которыя должны быть приняты для укрѣпленія верхняго строенія пути. Это предложеніе можетъ быть допущено не иначе, какъ съ указаніемъ тѣхъ правилъ и нормъ, которыми управленіе дороги должно руководиться при опредѣленіи упомянутыхъ мѣръ.

Теорія даетъ теперь оцѣнку вліянія свойствъ балласта, разстоянія между шпалами, момента инерціи и момента сопротивленія рельсъ, неправильнаго вида колесныхъ шинъ и скоростей.

Управленіе дороги, пользуясь теоріей, разрѣшитъ правильно вопросъ о допущеніи или недопущеніи требуемой скорости, провѣривъ представляютъ-ли всѣ вышеупомянутые элементы надлежащую совокупность, при которой требуемая скорость не вызывала бы недопустимыхъ напряженій въ частяхъ верхняго строенія.

Такимъ образомъ, управленіе дороги въ отношеніи силъ, дѣйствующихъ въ вертикальномъ направленіи, должно руководствоваться предложенною мною теорією, а въ отношеніи силъ горизонтальныхъ тѣми указаніями опыта русскихъ и иностранныхъ дорогъ, которыми оно можетъ располагать.

Чтобы облегчить первую часть этой работы составлена слѣдующая таблица 11, указывающая величину коэффициента S передъ величиною момента $\frac{PL}{4}$ для опредѣленія момента сопротивленія рельсъ.

Т а б л и ц а № 11.

Коэффициентовъ $S = \frac{16 mn}{4500}$ при опредѣленіи m и n по таб. XIII.

А	В е л и ч и н ы с к о р о с т и v в е р с т ь.			
	25	50	75	100
0,2	0,000424	0,000845	0,000845	0,000845
3	494	976	976	976
4	554	1077	1077	1077
5	600	1162	1162	1162
6	650	1240	1244	1248
7	671	1279	1290	1294
8	692	1325	1336	1347
9	711	1351	1386	1393
1,0	729	1372	1436	1443
1,1	743	1382	1472	1482
1,2	753	1379	1504	1522
1,3	764	1379	1528	1549
1,4	771	1372	1553	1578
1,5	782	1362	1575	1603
1,6	789	1347	1589	1624
1,7	792	1329	1602	1642
1,8	799	1223	1616	1653
1,9	802	1294	1623	1663
2,0	806	1269	1634	1673

Если наибольшее напряженіе будетъ допущено не въ 4.500 килогр. на кв. сант. какъ можно было бы допустить руководясь опытомъ и американскихъ и нашихъ дорогъ, а 5.000 кил. на кв. сант., что соотвѣтствуетъ предѣлу упругости, то моменты сопротивленія W , показанные въ этой таблицѣ, надо уменьшить на 10%.

Наибольшая допустимая нагрузка P опредѣляется изъ уравненія:

$$P = \frac{4W}{SL}$$

При помощи табл. 11 вычислены наибольшія нагрузки, допускаемыя при скорости 75 верстъ въ часъ для установленныхъ у насъ четырехъ типовъ рельсъ, въ предположеніи, что $C = 3$, $C = 4$ и $C = 5$ при шпалахъ длиною 1,25 саж., шириною въ подошвѣ 25 сантиметровъ и $\alpha = 0,9$. Результаты исчисленій приведены въ табл. 12 для новыхъ и для поношенныхъ рельсъ, потерявшихъ въ моментъ сопротивленія 12—13%.

Таблица № 12.

Типъ рельса.	Коэффициентъ балласта c .	Величина k абсолют. килогр.	Разст. между средн. шпальт l сант.	Рельсъ новый.					Рельсъ подержанный.					
				Моменты инерции рельса I кил. сан.	Моменты сопротивления рельса W кил. сан.	Величина $A = \frac{EI}{kl^3}$	Коэффициентъ s при скорости $V = 75$ верстъ.	Статич. давлен. колеса на рел. P килогр.	Моменты инерции рельса I_1 кил. сан.	Моменты сопротивления рельса W_1 кил. сан.	Величина $A_1 = \frac{EI}{kl^3}$	Коэффициентъ s_1 при скорости $V = 75$.	Статич. давлен. колеса на рел. P_1 .	
I пог. фут. 32,5 фунт.	3	9.000	89	1476	210	0.465	0.001121	8420	1123	186.5	0.354	0.001030	8130	
			80			0.640	0.001261	8330			0.488	0.001151	8100	
			74			0.809	0.001339	8470			0.615	0.001250	8060	
	4	12.000	69	1222	182	1	0.001436	8490	963	162.5	0.760	0.001317	8210	
			89			0.349	0.001025	9231			0.266	0.000931	9000	
			80			0.480	0.001161	9040			0.366	0.001043	8940	
	5	15.000	74	925.7	147.6	0.606	0.001247	9100	756.9	134.4	0.461	0.001129	8930	
			69			0.75	0.001313	9270			0.570	0.001219	8870	
			89			0.279	0.000948	9950			0.215	0.000865	9690	
	II пог. фут. 28,5 фунт.	3	9.000	89	1222	182	0.385	0.001061	7710	963	162.5	0.303	0.000979	7460
				80			0.530	0.001186	7670			0.418	0.001091	7450
				74			0.670	0.001275	7710			0.528	0.001184	7420
		4	12.000	69	925.7	147.6	0.825	0.001336	7890	756.9	134.4	0.695	0.001245	7510
				89			0.289	0.000962	8740			0.277	0.000880	8030
				80			0.398	0.001075	8700			0.313	0.000989	8020
5		15.000	74	707.3	118.1	0.502	0.001164	8690	542.5	103.7	0.396	0.001073	8180	
			69			0.609	0.001248	8680			0.414	0.001196	7880	
			89			0.231	0.000886	9230			0.182	0.000912	8910	
III пог. фут. 24,5 фунт.		3	9.000	89	1222	182	0.318	0.000994	9150	963	162.5	0.251	0.000912	8910
				80			0.402	0.001078	9130			0.317	0.000993	8840
				74			0.494	0.001157	9120			0.390	0.001061	8830
		4	12.000	69	925.7	147.6	0.292	0.000966	6870	756.9	134.4	0.239	0.000886	6820
				89			0.402	0.001078	6840			0.328	0.001004	6690
				80			0.508	0.001167	6830			0.415	0.001089	6670
	5	15.000	69	707.3	118.1	0.625	0.001255	6820	542.5	103.7	0.511	0.001170	6660	
			89			0.219	0.000870	7670			0.176	0.000905	7430	
			80			0.301	0.000977	7580			0.246	0.000988	7360	
	IV пог. фут. 22,5 фунт.	3	9.000	74	925.7	147.6	0.381	0.001066	7510	963	162.5	0.312	0.000988	7360
				69			0.469	0.001136	7560			0.383	0.001060	7360
				89			0.175	0.000886	9230			0.143	0.000841	8000
		4	12.000	80	707.3	118.1	0.241	0.000899	8210	542.5	103.7	0.197	0.000841	8000
				74			0.305	0.000971	8220			0.249	0.000909	8000
				69			0.375	0.001051	8140			0.307	0.000987	7920
5		15.000	89	925.7	147.6	0.223	0.000875	6070	756.9	134.4	0.171	0.000892	6160	
			80			0.307	0.000983	6010			0.236	0.000892	6160	
			74			0.888	0.001064	6000			0.298	0.000973	5760	
IV пог. фут. 22,5 фунт.		3	9.000	69	707.3	118.1	0.480	0.001144	5980	542.5	103.7	0.366	0.001042	5760
				89			0.167	0.000870	7670			0.128	0.000905	7430
				80			0.230	0.000884	6680			0.177	0.000876	6400
		4	12.000	74	925.7	147.6	0.291	0.000964	6600	963	162.5	0.224	0.000876	6400
				69			0.360	0.001037	6880			0.276	0.000945	6370
				89			0.134	0.000886	9230			0.103	0.000841	8000
	5	15.000	80	707.3	118.1	0.184	0.000888	7300	542.5	103.7	0.142	0.000876	6400	
			74			0.233	0.000960	7130			0.179	0.000945	6370	
			69			0.288	0.000960	7130			0.220	0.000871	6910	

Результы этихъ исчисленій чрезвычайно поучительны. Они указываютъ:

1) что улучшение балласта, увеличивающее величину его коэффициента C съ 3 до 5, позволяет увеличивать допускаемую нагрузку при тяжелыхъ рельсахъ на 15—17%, а при легкихъ рельсахъ на 20%.

2) что увеличеніе числа шпаль съ 1.300 до 1.600 на версту не увеличиваетъ наибольшую допускаемую нагрузку, потому что на сколько уменьшеніе разстоянія между шпалами уменьшаетъ изгибающій статическій моментъ, на столько онъ увеличиваетъ жесткость пути и, тѣмъ самымъ увеличиваетъ динамическое дѣйствіе колеса.

Съ точки зрѣнія, разсматривающей дѣйствіе вертикальныхъ силъ увеличеніе числа шпаль бесполезно, хотя и не вредно замѣтнымъ образомъ, но это увеличеніе можетъ быть не только полезно, но и необходимо для успѣшнаго противодѣйствія горизонтальнымъ силамъ. Извилистое движеніе паровоза производитъ иногда очень большія горизонтальныя усилія, разстраивающія путь.

3) недопущеніе колесъ со впадинами глубже, 0,2 сантиметра, уменьшая динамическій коэффициентъ m , съ 2,34 до 1,76, уменьшаетъ величину m на 25% и такимъ образомъ позволяет увеличивать нагрузку P_0 на 25%.

4) если обстоятельства, ухудшающія состояніе пути, напримѣръ, пучины, заставляютъ опасаться перегрузокъ рессоръ до $2,13 P_0$ вмѣсто $1,6 P_0$ то нагрузка P должна быть уменьшаема на 33%. Или должно уменьшать скорость.

Величина наибольшихъ нагрузокъ осей при принятыхъ типахъ рельсъ, не только новыхъ но и изношенныхъ и при употребленіи колесъ съ шинами, имѣющими впадины въ 0,4 сантиметра и при скоростяхъ до 75 верствъ можетъ быть опредѣлена слѣдующими округленными числами тоннъ, указанными въ таблицѣ 13.

Т а б л и ц а № 13.

		C=3	C=4	C=5
		число тоннъ нагруз. оси.		
Типъ I	32,5 фун. на 1 футъ . .	16	18	19
» II	28,5 » » » » . .	15	16	17,5
» III	24,5 » » » » . .	13,25	15	16
» IV	22 ¹ / ₂ » » » » . .	11,5	13	14

Допуская въ рельсахъ напряженіе до предѣла упру-
гости при изгибѣ рельсовой стали т. е. до 5.000 кило-
граммовъ на квадратный сантиметръ, на мѣсто принятаго
при составленіи табл. 12—4.500 килогр., надо всё указан-
ныя въ таблицѣ статическія давленія колесъ на рельсы,
увеличить на 10%.

Нагрузки, указанные въ таблицѣ 13 могутъ быть уве-
личены при условіи лучшаго содержанія пути вызываю-
щаго перегрузки рессоръ менѣе чѣмъ на 60% или при
требованіи лучшаго состоянія колесныхъ шинъ.

Эти результаты теоріи, при полной ясности расче-
товъ, едва-ли могутъ быть названы преувеличенными, или
неоправданными опытомъ.

Почти полное согласіе доклада, опирающагося, какъ
онъ полагаетъ, на опыты съ результатами не принимае-
мой имъ теоріи относительно опредѣленія величины мо-
мента сопротивленія рельса, заслуживаетъ самаго серьез-
наго вниманія. Изученіе вопроса о прочности рельса, на-
правлявшееся двумя разными путями, практическимъ и
теоретическимъ, и приведшее къ одинаковымъ резуль-
татамъ, доказываетъ, что оба способа изученія были вы-
полнены удовлетворительно и въ настоящее время не
только не исключаютъ другъ друга, а напротивъ другъ
друга пополняютъ и подкрѣпляютъ. Каждый изъ спосо-
бовъ и теперь нуждается въ другомъ.

Практическій способъ нуждается въ теоріи потому, что она освѣщаетъ ему путь при изученіи вліянія элементовъ, дѣйствующихъ одновременно и способныхъ какъ парализовать другъ друга, такъ и усиливать одинъ другого. Сверхъ того онъ даетъ возможность приводить къ единству разныя фазы одного и того же явленія.

Теоретическій способъ нуждается въ практическомъ, потому, что сложность теоретическаго разрѣшенія нѣкоторыхъ частей вопроса, представляетъ и по нынѣ непреодолимыя трудности при постановкѣ вопроса, неупускающей ничего изъ вида.

До настоящаго времени нѣтъ средствъ, безъ указаній опыта, составить ту таблицу, выражающую изгибы рельса, подъ вліяніемъ всѣхъ опирающихся на него колесъ и всѣхъ скрѣпленныхъ съ нимъ шпаль, безъ которой примѣненіе теоріи къ стыковымъ частямъ рельса невозможно.

Пополненіе со стороны теоріи, нужно практическому способу потому, что добившись, посредствомъ множества попытокъ такого опредѣленія размѣровъ рельсъ, при которомъ достаточно знать статическую нагрузку осей и затѣмъ не опасаться за прочность рельсъ, онъ не даетъ яснаго понятія о томъ, что происходитъ въ матеріалѣ рельса и не даетъ увѣренности, что рельсу не даны излишне большіе размѣры и не увеличенъ безъ надобности его вѣсъ. При томъ громадномъ количествѣ рельсъ, которое теперь нужно желѣзнымъ дорогамъ всякое даже не очень большое излишнее увеличеніе вѣса рельсовъ можетъ требовать крупныхъ лишнихъ расходовъ.

Теоретическій способъ нуждается въ дополненіи, доставляемомъ практикой, потому что, получивъ опредѣленіе размѣровъ рельсъ, по соображеніямъ, относящимся къ частямъ, находящимся между шпалами, одинаковое съ опредѣленіемъ практиковъ, онъ можетъ распространить тоже опредѣленіе размѣровъ и на стыковыя части.

Для самостоятельнаго теоретическаго изученія вертикальныхъ давленій всѣхъ опирающихся на рельсъ ко-

лесъ, какъ въ частяхъ рельса между шпалами, такъ и въ стыковыхъ частяхъ нужны особо организованные опыты, требующіе чрезвычайно точныхъ приборовъ и очень искусныхъ наблюдателей. Описание организаци и производства такихъ опытовъ представлено будетъ особо.

Въ заключеніе всего можно сказать, что составленныя теперь табл. 10, 12 и 13 дополненныя указаніями объ опредѣленіи давленій на шпалы, а въ случаяхъ надобности принимать въ расчетъ разныя скорости, еще дополненныя прежде составленною мною табл. XIII (1907 г.), даютъ полный отвѣтъ на предложенный, 23 іюня 1910 г. № 679, Предсѣдателемъ Инженернаго Совѣта Инженеру Стецевичу вопросъ: о напряженіяхъ въ рельсахъ въ связи съ установленіемъ надлежащаго соотвѣтствія между типами рельсъ, наибольшими нагрузками на оси подвижного состава, разстояніями между шпалами и наибольшими скоростями движенія, принимая во вниманіе послѣдніе труды Инженеръ-Генерала Н. П. Петрова.

Н. Петровъ.

7 сентября
1912 г.

