

Изданіе Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

Инженеръ А. Васютинскій.

НАБЛЮДЕНІЯ
НАДЪ УПРУГИМИ ДЕФОРМАЦІЯМИ
ЖЕЛѢЗНОДОРОЖНАГО ПУТИ.

Представлено въ Совѣтъ Института Инженеровъ Путей Сообщенія
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I
какъ диссертация на степень Адъюнкта Института.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Ю. Н. Эрликъ, Садовая, 9.
1899.

BIBLIOTEKA
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ
Warszawa, Pl. Jedności Robotniczej 1

B. 2861

Печатано по распоряженію Института инженеровъ путей сообщенія
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I.



ND. 125

~~183/3, 541D~~

BG05A/015-01

СОДЕРЖАНИЕ.

	СТР.
I. Введение.	
1. Цель и значение наблюдений	1
2. Аппараты, применявшиеся для наблюдения упругих деформаций	3
II. Аппараты Варшавско-Вѣнской желѣзной дороги.	
1. Общее устройство аппаратовъ	7
2. Устройство зеркалецъ при наблюдении деформаций по вертикальному направлению	11
3. Точность измѣренія деформаций по вертикальному направлению	12
4. Способъ наблюдения деформаций по горизонтальному направлению	12
5. Устройство зеркалецъ при наблюдении вращения рельса	14
6. Фундаменты для аппаратовъ и общее устройство наблюдательнаго поста	15
III. Программа наблюдений и типы верхняго строенія, надъ которыми таковыя производились	18
IV. Наблюдения въ предѣлахъ непрерывности рельсовъ.	
<i>А. Деформации по вертикальному направлению.</i>	
1. Осѣдаемость насыпи и грунта	27
2. Коэффициентъ постели шпаль (Коэффициентъ балласта)	30
3. Изгибъ шпаль	36
4. Осѣданіе шпаль у рельсовъ	38
5. Исправленный коэффициентъ постели шпаль	46
6. Коэффициентъ балласта	48
7. Коэффициентъ полотна дороги	53
8. Давленіе рельса на шпалу	55
9. Длина рельса и число шпаль, которымъ передается давленіе колеса	59
10. Разница между осѣданіемъ шпаль и рельсовъ надъ ними	61
11. Осѣданіе и прогибъ рельса между шпалами	63
12. Постоянная и случайная перегрузка и разгрузка паровозныхъ колесъ	75
13. Динамическое дѣйствіе тендерныхъ колесъ	78

*Б. Деформації по горизонтальному направленію и вслѣдствіе
вращенія рельсовъ.*

1. Боковыя колебанія головки рельса	81
2. Вращеніе рельса около продольной оси.	84
3. Скольженіе рельса на опорахъ	85
4. Силы, производящія боковыя колебанія головки рельса	85
5. Вліяніе вращенія рельса на величину его деформацій по вертикальному на- правленію.	90
V. Деформації верхняго строенія въ стыкахъ	91

А. Стыки съ боковыми накладками.

а) Деформації по вертикальному направленію.

1. Способъ производства наблюденій	92
2. Общій характеръ деформацій	93
3. Вліяніе разныхъ типовъ скрѣпленій на деформації въ стыкахъ	98
4. Осѣданіе рельсовой колесъ въ стыкъ	98
5. Стыки на шпалѣ и на вѣсу	106
6. Длинные накладки	107
7. Продольный угонъ рельсовъ	107

б) Боковыя колебанія и вращеніе рельсовъ

Б. Деформації въ стыкахъ специальныхъ конструкций

1. Стыкъ Рюшеля въ нахлестку	109
2. Стыкъ Неймана съ накладкою впущенной въ рельсы	112
3. Стыки съ приставными рельсами (Stossfangschiene)	114

VI. Заключение	125
---------------------------------	------------

Наблюденія надъ упругими деформациями желѣзнодорожнаго пути.

I. Введеніе.

1. Цѣль и значеніе наблюденій.

Опредѣленіе дѣйствующихъ на сооруженія силъ и вызываемыхъ такими напряженій въ разныхъ частяхъ сооруженій составляетъ одну изъ главнѣйшихъ задачъ инженернаго дѣла, къ рѣшенію которой можно идти двоякимъ путемъ: путемъ теоретическихъ выводовъ и основаннаго на нихъ расчета или же путемъ непосредственнаго наблюденія и регистраціи силъ, какъ причинъ явленія, а равно деформаций, какъ ихъ послѣдствій. При рѣшеніи вопросовъ, касающихся верхняго строенія пути, теоретическій методъ изслѣдованія встрѣчаетъ по настоящее время непреодолимые препятствія. Труды Винклера, Шведлера, Циммермана, Лева, Холодецаго и другихъ послужили лишь къ приближенному рѣшенію простѣйшихъ случаевъ этой крайне трудной задачи, не говоря о томъ, что вводимыя въ расчеты величины сопротивленія и упругости нѣкоторыхъ матеріаловъ верхняго строенія весьма мало изслѣдованы.

Затрудненія въ теоретическомъ рѣшеніи вопросовъ, относящихся къ сопротивленію верхняго строенія пути, происходятъ отчасти отъ неизвѣстности силъ, которымъ таковой подверженъ, отчасти же отъ конструктивныхъ особенностей рельсовой колеи, неизбѣжнаго перерыва ея въ стыкѣ, осѣданія и изгиба шпаль и проч., усложняющихъ означенное рѣшеніе и заставляющихъ прибѣгать къ приближеннымъ расчетамъ, основаннымъ на разнаго рода предположеніяхъ.

Въ такомъ положеніи этого вопроса опредѣленіе работы верхняго строенія пути посредствомъ наблюденія пріобрѣтаетъ особое значеніе, ибо оно не только позволяетъ провѣрить имѣющіеся теоретическіе выводы, но даетъ наиболѣе вѣрныя, непосредственно примѣнимыя для практики результаты въ случаяхъ, когда теорія, по сложности явленій, оказывается безсильною.

Дѣйствительная работа составныхъ частей верхняго строенія пути можетъ быть оцѣнена съ наибольшимъ вѣроятіемъ на основаніи наблюденій надъ *упругою* ихъ деформаціею подѣ влияніемъ дѣйствующихъ силъ. *Постоянныя* измѣненія, происходящія отъ тѣхъ же силъ, свидѣлствуютъ, что напряженіе матеріала отдѣльныхъ частей превзошло предѣлы упругости, а потому даютъ такъ сказать «картину разрушенія», не объясняя, какъ и по какимъ причинамъ таковое произошло.

Рельсовая колея и ея опоры подвержены наибольшимъ деформаціямъ по вертикальному направленію и на таковыя должно быть прежде всего обращено вниманіе.

Вертикальный прогибъ рельса между опорами обнаруживаетъ наибольшую составляющую претерпѣваемаго имъ напряженія. Не менѣе важнымъ является опредѣленіе осѣданія шпаль и ихъ изгиба.

Разсчетъ показываетъ, что степень жесткости опоръ, на которыхъ покоится рельсъ, весьма сильно вліяетъ на работу какъ самого рельса, такъ и стыковыхъ соединеній. Равномѣрное осѣданіе рельсовой колеи подѣ нагрузкою, зависящее преимущественно отъ расположенія шпаль, необходимо для плавности движенія, но значеніе его еще увеличится ежели замѣтимъ, что отъ него, равно какъ и отъ общей жесткости пути, зависитъ временная перегрузка отдѣльныхъ осей и колесъ, вліяющая на величину динамической нагрузки пути.

Очевидно при этомъ, что осѣдаемость шпаль зависитъ отъ сжимаемости балласта и нижняго строенія, которая по настоящее время весьма мало изслѣдована.

Однакоже вертикальныя деформаціи, соотвѣтствуя по направленію наибольшимъ изъ дѣйствующихъ на путь усилій, составляютъ наиболѣе выдающіяся, по далеко не единственныя измѣненія, происходящія въ немъ отъ дѣйствія подвижной нагрузки.

Послѣднее обнаруживается главнымъ образомъ двояко: въ видѣ статической нагрузки отъ вѣса подвижнаго состава, дѣйствующаго на путь вертикально, и въ видѣ силъ, разнаго рода и направленія, проявляющихся при движеніи поѣздовъ.

Какъ извѣстно, направленіе движущей силы паровоза, равно какъ и силы инерціи, приобретаемой подвижнымъ составомъ, не всегда совпадаетъ, даже въ прѣмой линіи, съ направленіемъ пути, по которому происходитъ движеніе, вслѣдствіе чего означенныя силы, кромѣ продольныхъ усилій, обнаруживающихся въ угонѣ рельсовъ, даютъ еще составляющія: по вертикальному направленію, дѣйствующую въ смыслѣ увеличенія статической нагрузки, и по горизонтальному, перпендикулярному къ оси пути, вызывающую горизонтальныя колебанія рельсовой колеи.

Наконецъ вслѣдствіе совокупности означенныхъ силъ, которыя вообще

не проходятъ черезъ центръ тяжести сѣченія рельса, послѣдній подвергается вращенію около продольной оси и скручиванію.

Опредѣленіе деформаций рельса, вызываемыхъ горизонтальными и скручивающими силами, имѣетъ весьма важное значеніе не только въ виду вызываемыхъ таковыми напряженій въ самомъ рельсѣ, но и въ виду дѣйствія ихъ на части, прикрѣпляющія рельсъ къ шпалѣ, ибо какъ извѣстно сопротивленіе рельсовой колеи означеннымъ силамъ вообще весьма незначительно.

Кромѣ того вращеніе рельса около продольной оси можетъ оказать вліяніе на величину кажущейся ихъ деформации по вертикальному направлению, вслѣдствіе чего наблюденія надъ таковою требовали-бы соотвѣтственной поправки.

Деформации рельсоваго стыка, остающагося пока наиболѣе слабою частью колеи, представляютъ особый интересъ, въ виду неудовлетворительности существующихъ его конструкцій, а равно недостаточнаго и по большей части неопредѣленнаго дѣйствія накладокъ или другихъ типовъ рельсовыхъ соединеній, вслѣдствіе чего напряженія въ стыкѣ трудно поддаются расчету.

Изъ вышесказаннаго явствуетъ, что наблюденія, имѣющія цѣлью опредѣленіе работы верхняго строенія, должны съ одной стороны обнимать всѣ части такового, а именно рельсы, скрѣпленія, шпалы и ихъ основаніе, съ другой стороны—не могутъ быть ограничены однимъ элементомъ по длинѣ пути, а должны простираться на все рельсовое звено и рельсовый стыкъ.

2. Аппараты примѣнявшіеся для наблюденія упругихъ деформаций.

Однакоже наблюденіе упругихъ деформаций, въ виду быстроты перемѣненій, является вмѣстѣ съ тѣмъ и болѣе труднымъ. Незначительныя по величинѣ своей, почти неуловимыя для глазъ движенія отдѣльныхъ частей верхняго строенія пути при проходѣ подвижнаго состава не могутъ быть непосредственно измѣрены и регистрація ихъ можетъ быть производима лишь автоматически при помощи особыхъ аппаратовъ.

Не входя въ подробное описаніе сихъ болѣе или менѣе извѣстныхъ аппаратовъ, я позволю себѣ лишь упомянуть, что простѣйшій изъ нихъ примѣненъ былъ инженеромъ Флямашемъ *) на бельгійскихъ казенныхъ желѣзныхъ дорогахъ. Онъ состоялъ изъ неравноплечаго рычага, короткое плечо котораго было подведено подъ головку рельса пути, длинное же было снабжено карапдашемъ, вычерчивавшимъ въ увеличенномъ масштабѣ

*) *Compte rendu du congrès intern. des ch. de fer. Deuxième session. Milan. 1887, vol. III.*

діаграмму колебаній рельса па барабанѣ, вращаемою при помощи часоваго механизма. Барабанъ и ось вращенія рычага были прикрѣплены къ колышку, забитому въ балласть вблизи рельса.

Впослѣдствіи Коюаръ для наблюденій, производившихся на дорогѣ Парижъ-Лионъ-Средиземное море *), пользовался аппаратомъ съ пневматическою передачею. Длинная гуттаперчевая труба закрывалась съ двухъ концовъ перепонками, изъ которыхъ одна принимала колебанія наблюдаемой точки, а другая, повторяя таковыя, вычерчивала при помощи острія ихъ діаграмму на вращающемся барабанѣ, покрытомъ слоемъ сажи.

Въ Россіи первыя подобнаго рода наблюденія производились на Тамбово-Саратовской и Балтійской желѣзныхъ дорогахъ инженеромъ І. Р. Стецевичемъ **) при помощи аппарата его же изобрѣтенія. Устройство этого аппарата въ общихъ чертахъ сходно съ аппаратомъ Коюара, но передача не пневматическая, а гидравлическая.

Все упомянутыя аппараты, въ особенности же два послѣдніе, отличаются въ деталяхъ весьма остроумно придуманнымъ устройствомъ. Къ сожалѣнію, однакоже, они страдаютъ недостатками, присущими въ большей или меньшей степени всякой передачѣ, а именно инерціею ея, расширеніемъ отъ температуры, мертвымъ ходомъ отдѣльныхъ частей и проч. Для устраленія погрѣшностей, происходящихъ отъ вышеприведенныхъ причинъ, а равно отъ измѣняющейся упругости пружинъ и перепонокъ, отъ опаздыванія показаній и другихъ, вводятся поправки и діаграммы перечерчиваются по масштабамъ, измѣняющимся для каждой ординаты. Очевидно однакоже, что самыя точныя поправки не въ состояніи исключить нѣкотораго рода погрѣшностей въ показаніяхъ сихъ аппаратовъ.

Не менѣе важнымъ недостаткомъ этихъ аппаратовъ является устройство ихъ, требующее, чтобы элементъ, который принимаетъ колебанія наблюдаемой точки, имѣлъ опору въ непосредственной ея близости. Пока дѣло идетъ объ относительномъ перемѣщеніи отдѣльныхъ частей верхняго строенія, недостатокъ этотъ не особенно чувствителенъ, въ другихъ же случаяхъ онъ ведетъ, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, къ невѣрнымъ результатамъ.

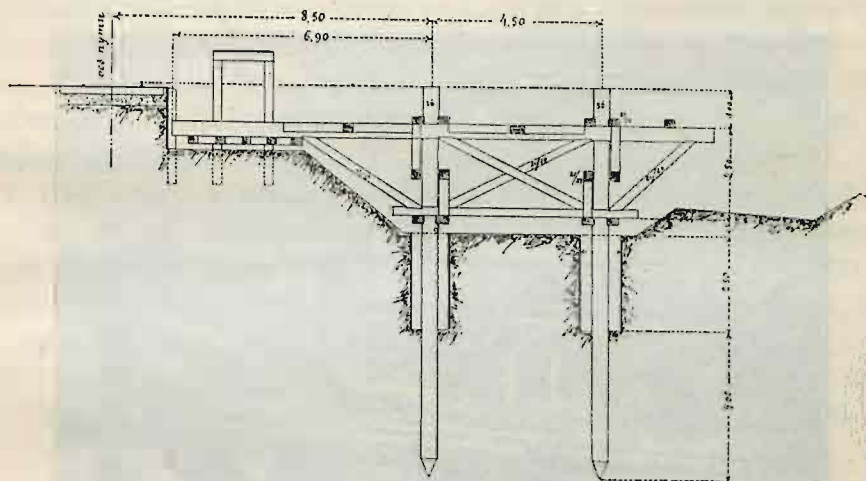
На V-й сессіи международнаго желѣзнодорожнаго конгресса, состоявшейся въ Лондонѣ 1894 г., приведено было въ докладѣ инженера Аста описаніе весьма оригинальнаго по своей идеѣ аппарата, примѣннаго имъ для наблюденій на Сѣверной Австрійской желѣзной дорогѣ. Діаграм-

*) См. Recherches expérimentales des conditions de stabilité des voies en acier, par M. Cotiard. Revue générale des ch. de fer, Octobre 1887.

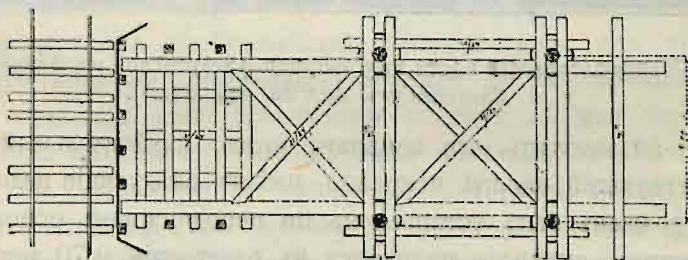
**) См. статья инженера Стецевича въ Журналѣ Министерства Путей Сообщенія, январь 1892 г. и въ Извѣстіяхъ Собранія Инженеровъ Путей Сообщенія №№ 9 и 10, 1895 г.

мы колебаний получаютъ въ немъ при помощи фотографіи, т. е. безъ всякой передачи въ обыкновенномъ смыслѣ этого слова. Съ этою цѣлью имѣется фотографическая камера, въ которой свѣточувствительная пластинка передвигается равномерно въ горизонтальномъ направленіи при помощи часоваго механизма. Пластинка эта закрыта и свѣтъ проникаетъ къ ней лишь черезъ узкую (0,3 мм.) вертикальную щель. Въ наблюда-

Продольный разрезъ.



Планы.



Черт. 1. — Чертежъ свайнаго основанія для аппарата Аста. Мѣры въ метрахъ.

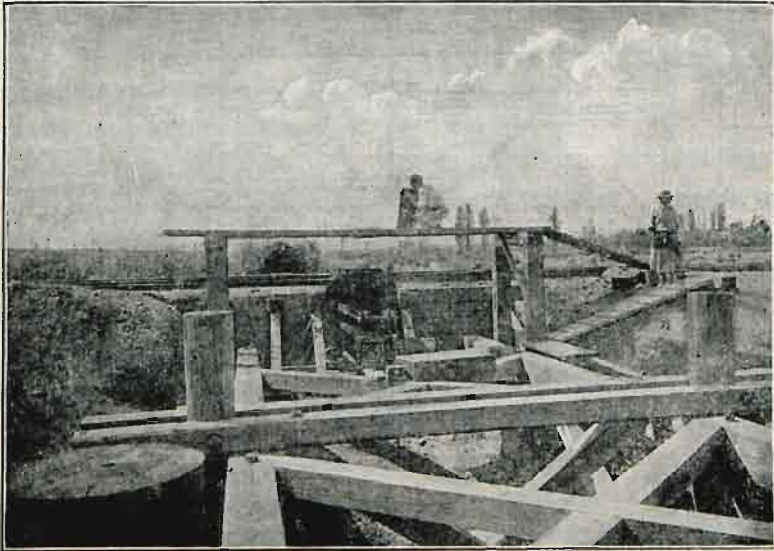
емой точкѣ прикрѣпляется горизонтально металлическая линейка съ блестящимъ отполированнымъ краемъ, изображеніе котораго при пересѣченіи съ вертикальною щелью даетъ на пластинкѣ свѣтлую точку. При вертикальномъ колебаніи наблюдаемой точки и горизонтальномъ передвиженіи пластинки на послѣдней получается діаграмма этого колебанія. Противъ верхней части пластинки имѣется отверстіе, поочередно закрываемое и открываемое черезъ $\frac{1}{2}$ секунды. Такимъ образомъ на діаграммѣ полу-

чается рядъ свѣтлыхъ и темныхъ полосъ, дающихъ возможность опредѣлить скорость движенія.

Весь аппаратъ помѣщается вблизи пути на прочномъ фундаментѣ, изолированномъ отъ окружающаго грунта.

Въ 1897 году предположено было организовать наблюденія надъ верхнимъ строеніемъ пути на Варшавско-Вѣпской жел. дорогѣ и въ виду существенныхъ преимуществъ фотографическаго способа наблюденія рѣшено было примѣнить тотъ-же методъ.

Однакоже при болѣе подробномъ ознакомленіи съ аппаратомъ Аста



Черт. 2.—Наблюдательный постъ на Сѣверной Австрійской желѣзной дорогѣ у ст. Дюренкрутъ (48,6 км. отъ Вѣны).

нельзя было не замѣтить, что аппаратъ этотъ, замѣчательный по своей идее и дѣйствующій вполне исправно, имѣетъ слѣдующіе недостатки:

1. Онъ долженъ быть установленъ на неподвижномъ основаніи такъ, чтобы объективъ аппарата находился въ разстояніи 0,70 метра отъ наблюдаемой точки, т. е. отъ рельсовъ пути. Основаніе для аппарата Аста устроено было въ одномъ случаѣ каменнымъ, въ видѣ столба высотой 8 метровъ, свободно стоящаго на днѣ колодца той же глубины, въ другомъ случаѣ—свайнымъ, при чемъ сваи были тоже на нѣкоторой глубинѣ изолированы отъ окружающаго грунта (черт. 1). Въ виду затрудненій устройства подобнаго рода основаній въ непосредственной близости рельсовой колеи, таковыя были отодвинуты до 7,5 метровъ, самъ же аппаратъ помѣщался на длинныхъ балкахъ, подпертыхъ по серединѣ и поддерживавшихъ однимъ концомъ аппаратъ, вѣсъ котораго былъ урав-

новѣшенъ грузомъ, помѣщеннымъ на другомъ концѣ балокъ (черт. 1 и 2). Значительный вѣсъ аппарата и упругость балокъ позволяли рассчитать, что сотрясенія, которымъ могло быть подвержено основаніе, не смотря на глубину его заложения и солидность устройства, исчезнуть, не достигнувъ аппарата. Помимо такого удаленія фундамента, положеніе самага аппарата вызывало устройство подпорной стѣнки для поддержанія желѣзнодорожной насыпи. Болѣе удаленнаго положенія аппарата отъ рельсовъ пути нельзя было достигнуть, такъ какъ и безъ того, при масштабѣ діаграммъ въ три раза большемъ натуральной величины, длина фотографической камеры получалась въ $3 \times 0,70$, т. е. слишкомъ въ два метра.

2. Вслѣдствіе описанныхъ выше условий положеніе аппарата оставалось постояннымъ, и наблюденія могли производиться лишь на весьма незначительномъ протяженіи рельсовой колеи, напр. у стыка и въ ближайшемъ его сосѣдствѣ.

3. Наблюденія могли производиться лишь въ ясный солнечный день, такъ какъ въ противномъ случаѣ, помимо употребленія самыхъ сильныхъ въ свѣтовомъ отношеніи объективовъ Цейса, сила свѣта, въ виду быстрого движенія чувствительной пластинки и тройнаго увеличенія, являлась недостаточною.

II. Аппараты Варшавско-Вѣнской жел. дороги.

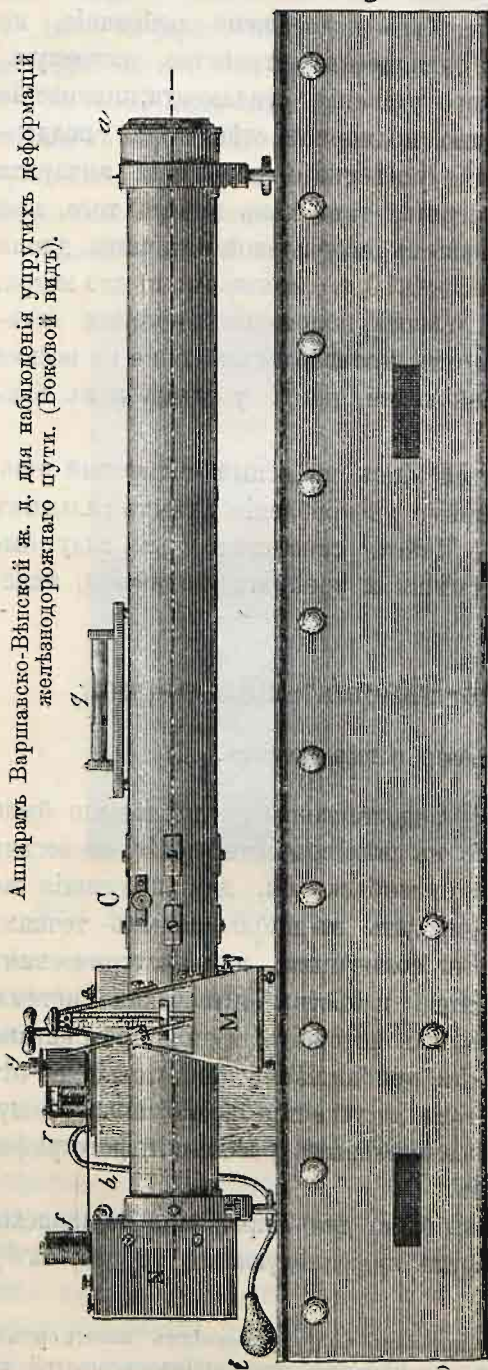
1. Общее устройство аппаратовъ.

Во избѣжаніе указанныхъ выше недостатковъ предположено было мною примѣнить для аппарата слабые въ свѣтовомъ отношеніи, но весьма удобные по другимъ соображеніямъ телеобъективы, для полученія же надлежащаго свѣтоваго эффекта помѣстить въ наблюдаемыхъ точкахъ вышуклыя зеркальца, ярко освѣщенные солнечнымъ или электрическимъ свѣтомъ. Подъ названіемъ телеобъектива извѣстна оптическая система, состоящая изъ двухъ группъ стеколъ, изъ которыхъ задняя, расфривающая, можетъ быть по мѣрѣ надобности приближаема или удаляема отъ передней, собирающей лучи свѣта, чѣмъ достигается возможность получать при помощи телеобъектива со значительныхъ разстояній фотографическіе снимки въ большомъ масштабѣ.

По этой основной мысли построены были для Управленія Варшавско-Вѣнской желѣзной дороги два аппарата нижеслѣдующаго устройства *).

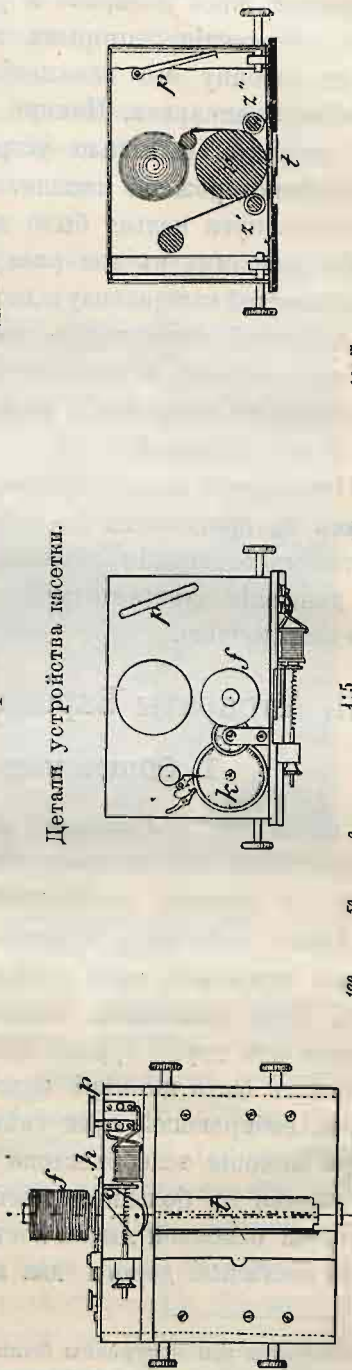
*) Аппараты эти построены были по даннымъ мною указаніямъ инженеромъ-химикомъ Лебедзинскимъ, фабрикантомъ фотографическихъ принадлежностей въ Варшавѣ, который разработалъ детали устройства таковыхъ. Такъ какъ при этомъ оказалось, что имѣющіеся въ продажѣ телеобъективы даютъ недостаточно рѣзкое изображеніе предмета, то г. Лебедзинскій спроектировалъ особое сочетаніе стеколъ, давшее вполне удовлетворительные результаты.

Аппаратъ Варшавско-Вѣнской ж. д. для наблюденія упругихъ деформаций
железнодорожнаго пути. (Боковой видъ).



Черт. 3.

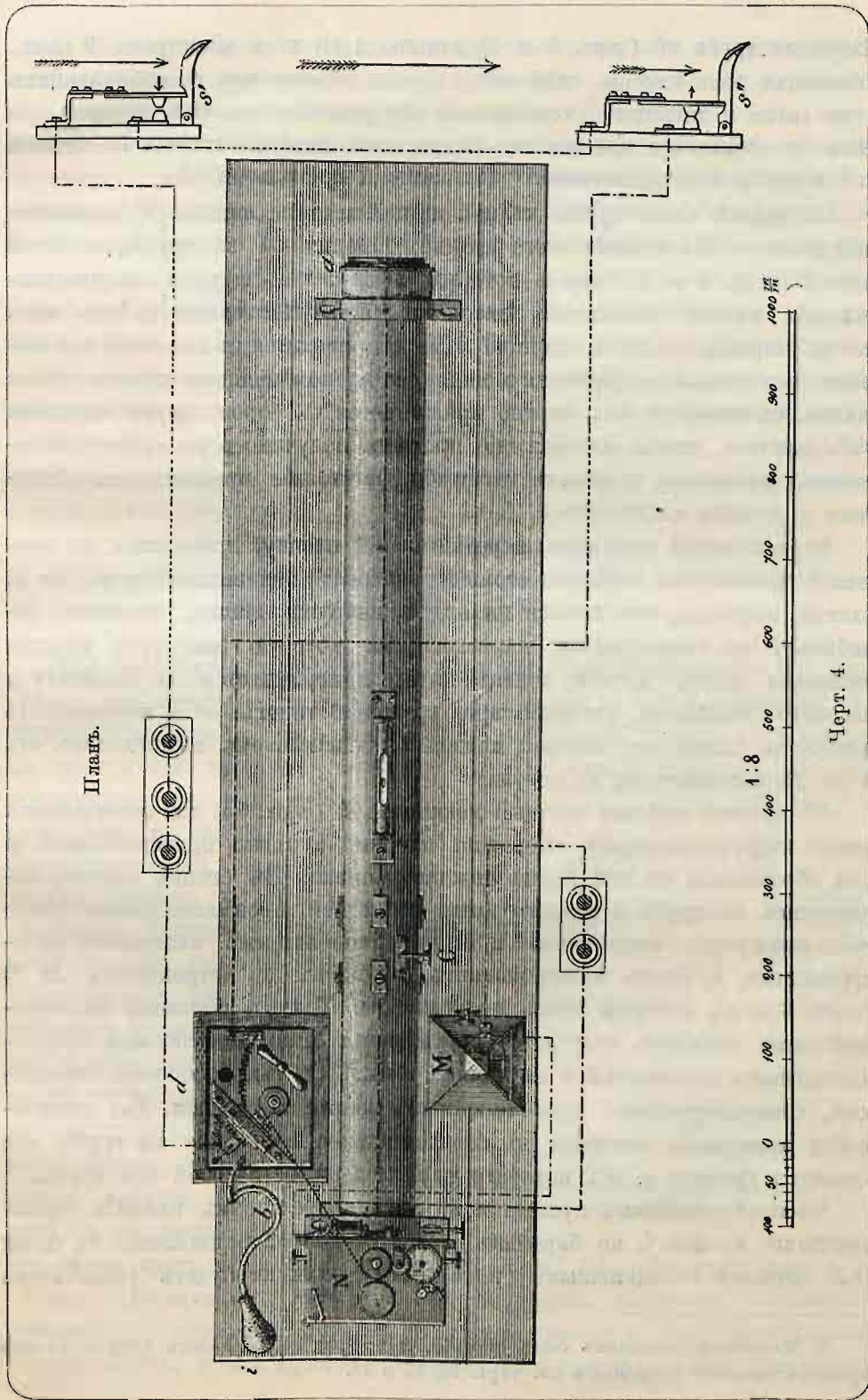
Детали устройства касетки.



Черт. 5^а.

Черт. 5^б.

Черт. 5^в.



Черт. 4.

Латунная труба ab (черт. 3 и 4) длиною 1,18 м. и діаметромъ 9 сант., играющая роль камеры, снабжена спереди объективомъ a , собирающимъ лучи свѣта и дающимъ уменьшенное изображеніе предмета, которое затѣмъ увеличивается при помощи микроскопа, помѣщающагося въ средней части трубы и передвигаемаго при помощи кремальера C .

Въ задней части трубы къ ней прикрѣпляется ящикъ N , замѣняющій кассету. Въ стѣнкѣ этого ящика, обращенной къ трубѣ, имѣется щель t (черт. 5 a, c), черезъ которую лучи свѣта падаютъ на чувствительную пленку (Eastman's transparent film). Последняя имѣетъ видъ ленты шириною 0,12 м., длиною 8 м. и приводится въ движеніе при помощи вертикальнаго рифленаго цилиндра v , помѣщеннаго передъ самою щелью, къ которому она плотно прижимается съ боковъ двумя валиками $z'z''$. Для того, чтобы изображеніе предмета получилось на свѣточувствительной пленкѣ въ тройномъ масштабѣ, разстояніе предмета отъ объектива a должно составлять 3,45 м.

Вертикальный цилиндръ, передвигающій пленку, приводится въ движеніе при помощи отдѣльно стоящаго часоваго механизма d (черт. 3 и 4) такимъ образомъ, что на оси цилиндра, снаружи ящика, посаженъ барабанъ f съ вѣнтообразною нарѣзкою, на которую накрута толстая шелковая нитка. Другой конецъ нитки прикрѣпляется къ барабану g часоваго механизма, который при вращеніи тянетъ ее и передвигаетъ пленку со скоростью, которая можетъ быть измѣняема въ предѣлахъ отъ 5 до 25 сантиметровъ въ секунду.

Въ кассетѣ имѣется счетный механизмъ k (черт. 5b) для отсчитыванія числа израсходованныхъ оборотовъ пленки, а равно приспособленіе p для обозначенія на пей конца каждаго снимка. Въ стѣнкѣ кассеты, обращенной къ трубѣ и немного выше послѣдней, продѣлано тонкое отверстие, поочередно закрываемое и открываемое якоремъ маленькаго электромагнита h . Этотъ электромагнитъ соединенъ съ метрономомъ M *) (черт. 3 и 4), который бьетъ полусекунды. Такимъ образомъ въ верхней части снимковъ получается прерывистая линія, отмѣчающая продолжительность наблюденій и служащая вмѣстѣ съ тѣмъ основною абсциссою, контролирующею прямолинейность движенія пленки. Для возможности приведенія аппарата въ горизонтальное положеніе на трубѣ его ставится уровень q , ось котораго параллельна оптической оси трубы.

Часовой механизмъ пускается въ ходъ посредствомъ нажатія гуттаперчеваго мячика i , но барабанъ g , будучи свободно посаженъ на своей оси, остается неподвижнымъ, пока между ними не будетъ установлена

*) Метрономъ замѣненъ былъ впоследствии при наблюденіяхъ 1898 г. часами хронометреннаго устройства см. черт. 16, 17 и 18.

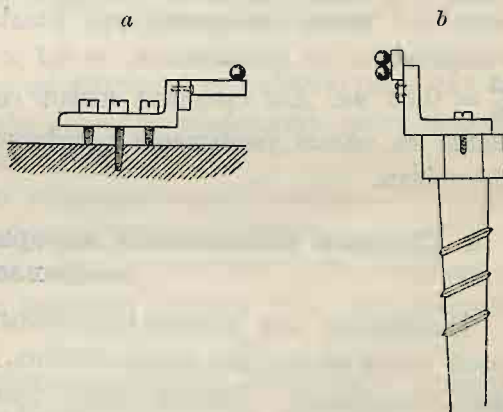
связь. Последнее достигается при помощи электромагнита γ , приподнимающего барабанъ, при чемъ зубчатка, устроенная по верхнему основанію барабана, зацѣпляетъ за зубчатку, насаженную неподвижно на ось. Описаннымъ устройствомъ избѣгается неравномерное передвиженіе пленки въ началѣ движенія часового механизма. Сцѣпленіе и разъединеніе барабана съ осью, на которую онъ насаженъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ приведеніе въ движеніе пленки и его перерывъ, производятся автоматически первою осью паровоза, при помощи электрическихъ контактовъ $s's''$ простѣйшаго устройства, установленныхъ по обоимъ концамъ наблюдательнаго участка. Зная разстояніе, въ которомъ установлены контакты, и продолжительность наблюденія, легко опредѣлить скорость поѣзда, а равно въ данный моментъ положеніе каждой оси по отношенію къ наблюдаемой точкѣ.

Въ точкахъ, деформацію которыхъ требуется наблюсти, укрѣпляются при помощи винтовъ шарики-зеркала діаметромъ 3 мм. изъ отполированной стали (черт. 6).

2. Устройство зеркала при наблюденіи деформаций по вертикальному направленію.

При наблюденіи деформаций по вертикальному направленію всѣ зеркала, наблюдаемыя одновременно, размѣщаются по одной вертикали для возможности опредѣленія относительнаго положенія точекъ по времени. Съ этою цѣлью зеркала укрѣплены на небольшихъ уголкахъ, которые привинчиваются, при помощи

трехъ винтовъ каждый, въ наблюдаемой точкѣ, перенося ее такимъ образомъ на нѣкоторое разстояніе. Винты, прикрѣпляющіе уголокъ съ зеркальцемъ, устроены такъ, что средній притягиваетъ уголокъ къ рельсу, а два крайніе, упираясь въ рельсъ, регулируютъ положеніе зеркала (черт. 6а). Въ одной изъ наблюдаемыхъ точекъ прикрѣпляется двойное зеркальце, въ видѣ двухъ шариковъ, въ постоянномъ другъ отъ друга разстояніи (черт. 6б). Двойное зеркальце служитъ для проверки вертикальнаго масштаба діаграммъ. Установка зеркала по вертикали производится при помощи особаго наугольника, горизонтальная полка котораго опирается на головку рельса. Зеркала



Черт. 6.—Зеркала, служація наблюдательными точками.

освѣщаются солнечными лучами или дуговою электрическою лампою въ 12 амперъ, съ конденсаторомъ, поставленною въ разстояніи 4 футовъ отъ зеркала. Освѣщеніе непосредственно падающими или отраженными помощью зеркала солнечными лучами неудобно, потому что оно имѣется въ распоряженіи лишь въ ясные дни и въ опредѣленные часы, а равно потому, что измѣняетъ свое направленіе и часто закрывается тѣнью отъ подвижнаго состава. Въ виду этого, при производствѣ наблюденій на Варшавско-Вѣнской жел. дорогѣ, было примѣняемо почти исключительно электрическое освѣщеніе.

Столь интенсивное освѣщеніе выпуклаго зеркальца даетъ на матовомъ стеклѣ, вставленномъ вмѣсто кассетки, ярко свѣтящуюся точку, которая почти единственно отражается на свѣточувствительной пленкѣ, ибо остальные части зеркальца и окужающіе его предметы, не обладая достаточною свѣтовою силою при быстромъ движеніи пленки, оставляютъ на ней едва замѣтные слѣды.

3. Точность измѣренія деформаций по вертикальному направленію.

Деформации по вертикальному направленію получались на діаграммахъ въ масштабѣ въ три раза большею натуральной величины. Измѣреніе ихъ производилось съ точностью до 0,2 мм. Такимъ образомъ приведенныя ниже цифры вертикальныхъ осѣданій, прогибовъ и проч. на тонну давленія колеса паровоза, при средней нагрузкѣ на колесо около 6,7 тонны, получены отъ раздѣленія величинъ, непосредственно измѣренныхъ по діаграммамъ, на $6,7 \times 3 \approx 20$ и точность ихъ составляетъ $\frac{0,2}{20} = 0,01$ мм. Для среднихъ цифръ сохраненъ былъ третій десятичный знакъ съ цѣлю уменьшенія погрѣшностей при дальнѣйшихъ съ ними дѣйствіяхъ.

4. Способъ наблюденія деформаций по горизонтальному направленію.

Наблюденіе при помощи описанныхъ аппаратовъ деформаций рельсовой колеи по другимъ направленіямъ, чѣмъ вертикальное, является болѣе затруднительнымъ. Дѣйствительно, при наблюденіи деформаций по вертикальному направленію, горизонтальные перемѣщенія параллельны оптической оси аппарата и почти совпадаютъ съ нею, вслѣдствіе чего вліяніе ихъ могло быть вполне выдѣлено.

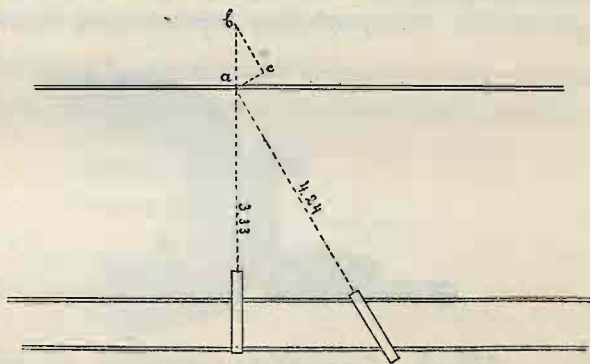
Для полученія тѣмъ-же аппаратомъ діаграммъ горизонтальныхъ перемѣщеній съ устраненіемъ въ показаніяхъ вліянія вертикальныхъ, необходимо было-бы установить оптическую ось аппарата по направленію послѣднихъ, т. е. вертикально у самого рельса, что очевидно несполнимо

Въ виду этого пришлось довольствоваться другимъ, хотя и менѣе удобнымъ расположеніемъ. Съ этою цѣлью аппаратъ былъ приспособленъ для поворачиванія около продольной оси трубы на 90° такъ, чтобы щель, черезъ которую подаетъ свѣтъ на чувствительную пленку, приняла горизонтальное положеніе (черт. 16). Движеніе пленки передъ щелью происходило при этомъ по направленію спизу вверхъ.

Аппаратъ устанавливался подъ угломъ въ 60° къ пути. При этомъ разстояніе его отъ наблюдаемой точки (у рельса) сдѣлалось нѣсколько больше, чѣмъ при положеніи аппарата перпендикулярно къ пути.

При такомъ расположеніи горизонтальныя колебанія рельса получались въ видѣ отклоненій отъ вертикальнаго направленія, въ которомъ двигался фильмъ, вертикальныя-же колебанія ложились по направленію движенія сего фильма.

Такимъ образомъ вертикальныя колебанія рельса не оказывали вліянія на величину горизонтальныхъ колебаній, получавшихся на діаграммѣ, а лишь на положеніе послѣднихъ по ея длинѣ. Однакоже, зная величину вертикальнаго прогиба въ



Черт. 7. — Расположеніе аппаратовъ при наблюденіи деформаций по вертикальному и горизонтальному направленіямъ.

данный моментъ, легко опредѣлить на діаграммѣ соответствующее ему горизонтальное отклоненіе, положеніе котораго опережаетъ этотъ моментъ на величину того-же вертикальнаго прогиба.

Масштабъ полученныхъ такимъ образомъ горизонтальныхъ перемѣщеній опредѣляется на основаніи слѣдующихъ соображеній.

Горизонтальное перемѣщеніе ab (черт. 7) получается на діаграммѣ въ видѣ проекціи ac , дѣйствительная величина которой при углѣ $abc = 30^\circ$ составляетъ $\frac{1}{2} ab$.

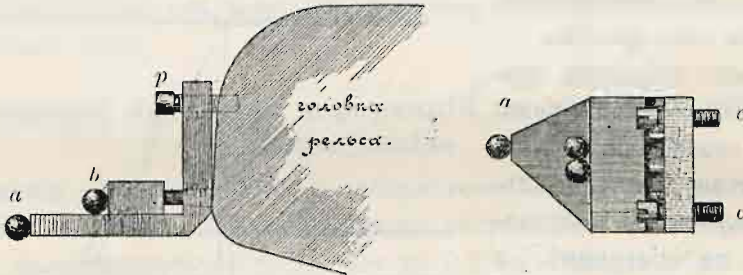
При положеніи аппарата перпендикулярно къ пути, какъ показано въ точкѣ А, изображеніе деформаций получалось на діаграммахъ въ масштабѣ въ три раза большемъ натуральной величины. Вслѣдствіе наклоннаго положенія аппарата В, а слѣдовательно и большаго удаленія его отъ наблюдаемой точки а, увеличительная сила стеколъ сдѣлалась меньше, а именно составляла $2\frac{1}{2}$. А такъ какъ видимая проекція горизонтальныхъ перемѣщеній составляла лишь половину дѣйствительной ихъ величины, то на діаграммахъ онѣ получены въ масштабѣ $\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} = 1\frac{1}{4}$.

На прилагаемыхъ діаграммахъ всѣ деформаціи для удобства сравненія ихъ между собою приведены къ одинаковому масштабу въ три раза больше натуральной величины.

5. Устройство зеркалецъ для наблюденія вращенія рельса.

Вращеніе рельса въ наблюдаемой точкѣ могло быть обнаружено при помощи слѣдующаго устройства зеркалецъ.

Къ уголку *acd* (черт. 8) прикрѣплены были два зеркальца, изъ которыхъ одно къ выступающей его полкѣ, въ точкѣ *a*, другое-же (парное) нѣсколько выше перваго и далѣе отъ аппарата, въ точкѣ *b*. Положеніе зеркальца *b* могло быть регулируемо при помощи винтовъ *c*, такъ чтобы разстояніе между обоими зеркальцами составляло 10 мм., считая центръ



Черт. 8. — Прикрѣпленіе зеркалецъ при наблюденіи вращенія рельса.

отъ центра. Разстояніе это провѣрялось съ большою точностью при помощи особаго микрометра. По вертикальному направленію разстояніе между зеркальцами составляло около 3 мм., а потому они давали двѣ параллельныя линіи въ разстояніи около 9 мм. другъ отъ друга.

При отсутствіи вращенія зеркальца эти давали на діаграммѣ двѣ параллельныя линіи. Если, однакоже, кромѣ деформацій по вертикальному и горизонтальному направленіямъ, рельсъ подвергался-бы вращенію около продольной оси въ томъ или другомъ направленіи, то разстояніе между діаграммами этихъ зеркалецъ должно было увеличиваться или уменьшаться соотвѣтственно вращенію рельса внаружу или во внутрь колеи. Уголъ вращенія, въ виду его незначительности, можетъ быть принятъ равнымъ измѣненію въ вертикальномъ разстояніи зеркалецъ, раздѣленному на разстояніе между ихъ центрами, т. е. на 10. Такъ какъ на діаграммахъ вертикальныя разстоянія получаются въ три раза больше натуральной ихъ величины, то напр. измѣненіе разстоянія между линіями такихъ двухъ зеркалецъ на 0,2 мм. соотвѣтствуетъ углу вращенія:

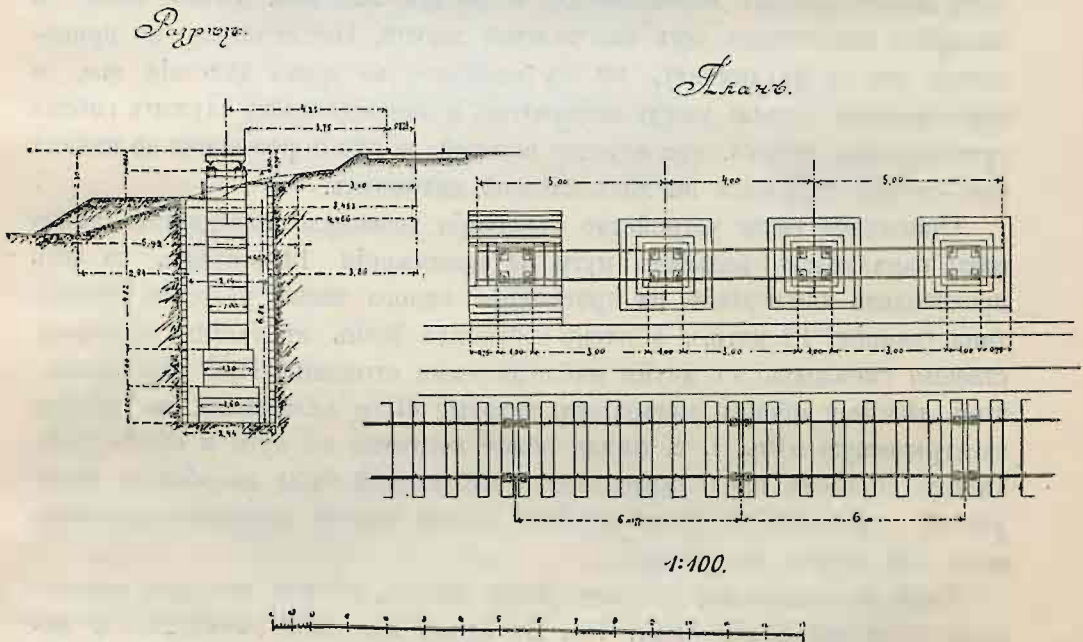
$$\frac{0,2}{3,10} \times \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{1,2}{\pi} = 23'$$

Измѣреніе разстояній между означенными линиями производилось черезъ увеличительное стекло при помощи специально изготовленнаго масштаба съ дѣленіями въ $\frac{1}{5}$ миллиметра. Болѣе мелкія части отсчитывались на глазъ. Такимъ образомъ точность измѣренія составляла не менѣе 0,1 мм., что соотвѣтствуетъ углу вращения на $11\frac{1}{2}'$.

При описанномъ выше устройствѣ аппаратовъ можно было наблюдать одновременно: помощью аппарата *A* (установленнаго перпендикулярно къ оси пути) деформаціи по вертикальному направленію и вращеніе рельса, и помощью аппарата *B* (установленнаго подѣ угломъ въ 60° къ оси пути) деформаціи по горизонтальному направленію въ тѣхъ-же точкахъ.

6. Фундаменты для аппаратовъ и общее устройство наблюдательнаго поста.

Фундаменты и основанія для аппаратовъ устроены были слѣдующимъ образомъ (черт. 9). Въ разстояніи 4,25 метра отъ наружнаго рельса пути и



Черт. 9.—Чертежъ устройства фундаментовъ подѣ аппараты для наблюденія упругихъ деформацій желѣзнодорожнаго пути.

во взаимномъ разстояніи 4 метровъ ось отъ оси вырыты были четыре колодца глубиною 7,40 отъ уровня рельсовъ и сѣченіемъ въ планѣ $2,14 \times 2,14$ м. Въ колодцахъ выведены были изъ кирпича на цементномъ растворѣ столбы сѣченіемъ въ планѣ отъ $1,6 \times 1,6$ м. (у основанія) до 1×1 м. (въ верхней части). Черезъ каждыя 5 рядовъ кирпича положень былъ слой войлока. Такимъ образомъ между кладкою столбовъ и срубамъ колодцевъ остава-

лось пустое, ничѣмъ не заполненное пространство, и движеніе грунта могло передаваться столбамъ лишь черезъ подошву ихъ основанія.

На верхней площадкѣ столбовъ уложены были стальные подушки, прикрѣпленныя къ столбамъ при помощи штырей, задѣланныхъ въ кладку (черт. 9 и 18). Къ подушкамъ прикрѣплена была неподвижно при помощи накладокъ рельсовая колея, на которой покоятся и по которой могутъ быть передвигаемы основанія аппаратовъ. Послѣднія состоятъ каждое изъ трехъ желѣзныхъ балокъ U-образнаго сѣченія, склепанныхъ какъ показано на чертежѣ. Основанія эти, вѣсомъ около 8 пудовъ каждое, привинчиваются къ рельсамъ при помощи особыхъ скобъ. Къ означенному передвижному основанію прикрѣпляется аппаратъ при помощи четырехъ винтовъ, при чемъ высота его можетъ быть измѣняема въ нѣкоторыхъ предѣлахъ при помощи трехъ микрометрическихъ винтовъ, помѣщенныхъ рядомъ съ первыми.

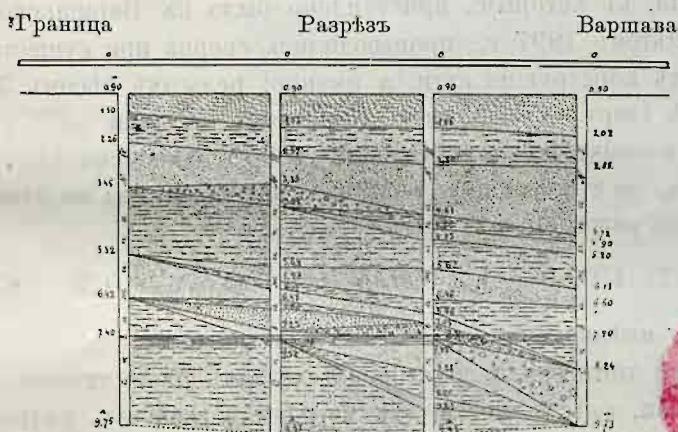
Такимъ образомъ связь между аппаратомъ и каменнымъ фундаментомъ исключительно металлическая и вполне жесткая. Точно также и аппаратъ изготовленъ весь изъ толстой латуни. Наблюдатель не прикасается ни къ фундаменту, ни къ аппарату во время дѣйствія его, и единственною связью между аппаратомъ и наблюдателемъ служитъ гибкая гуттаперчевая трубка, при помощи которой, за нѣкоторое время до начала наблюденія, пускается въ ходъ часовой механизмъ.

Описанное выше устройство основанія позволяло передвигать аппараты параллельно рельсамъ пути на протяженіи 14 метровъ, то есть производить наблюденія на протяженіи одного звена рельсовъ новаго типа (длиною 12 метр.), а равно сосѣднихъ звень въ частяхъ непосредственно смежныхъ съ двумя наблюдаемыми стыками. При одновременномъ дѣйствіи обоихъ аппаратовъ таковыя были включаемы въ общую электрическую цѣпь, т. е. имѣли общіе контакты въ пути и общіе часы. Такимъ образомъ продолжительность наблюденій была въ обоихъ аппаратахъ одинакова и полусекундные удары часовъ значились одновременно на обѣихъ діаграммахъ.

Надъ фундаментами устроенъ былъ навѣсъ, вблизи котораго поставлены были двѣ будки (черт. 15). Въ одной изъ нихъ помѣщалась маленькая электрическая станція, принимавшая электрическую силу отъ динамомашинны и распределявшая ее при посредствѣ коммутаторовъ, реостатовъ, амперметра, вольтметра и проч. дуговымъ лампамъ, освѣщавшимъ зеркальца, или аккумулятору, приводившему въ дѣйствіе электромагниты обоихъ аппаратовъ. Для переговоровъ съ машинистомъ динамомашинны устроенъ былъ телефонъ. Въ той-же будкѣ у окна поставленъ былъ слесарный верстакъ, въ задней-же части ея устроена была маленькая темная камера для замѣны чувствительныхъ пленокъ.

Другая будка служила кладовою для аппаратовъ, а равно помѣщеніемъ для старшаго рабочаго, имѣвшаго присмотръ за наблюдательнымъ постомъ.

Мѣсто избранное для производства наблюдений, расположено на 4-й верстѣ главной линіи у пути № 2 (приходящихъ поѣздовъ). Линія желѣзной дороги проходитъ въ этомъ мѣстѣ по насыпи высотой около 1,5 м., въ прямомъ направленіи и съ незначительнымъ уклономъ въ 0,001. Насыпь эта возведена была въ 1840 году и, согласно произведенному буренію, состоитъ изъ глины съ примѣсью песка. По означен-



Объясненіе обозначеній

- | | | | |
|--|------------------------|--|----------------------|
| | Насыпной песокъ | | Грунтовой песокъ |
| | Песокъ съ примѣсью гна | | — — — — — съ галькою |
| | Мелкій песокъ | | Светлая глина |
| | — — — — — съ галькою | | |

Масштабъ для разрѣза 1:100



Черт. 10.—Исслѣдованіе грунта на 4-й верстѣ главной линіи на мѣстѣ заложения фундаментовъ подъ аппараты для наблюдений деформаций пути.

ному пути проходитъ въ сутки по лѣтнему росписанію 16 пассажирскихъ (включая курьерскіе и скорые) и 12 товарныхъ поѣздовъ, при чемъ скорость пассажирскихъ доходитъ по 60 верстѣ въ часъ, скорость-же товарныхъ, въ виду близости товарной станціи, бываетъ очень незначительна. Такимъ образомъ имѣется возможность производить наблюдения съ небольшими лишь промежутками, необходимыми для перестановки и выѣрки аппарата.

Въ мѣстахъ, избранныхъ для устройства фундаментовъ подъ аппараты, произведено было буреніе (черт. 10), при чемъ оказалось, что до глу-



бины 10 метр. отъ уровня рельсовъ залегаетъ мелкій песокъ, по большей части съ примѣсью ила. На глубинѣ 6,50 метр. попадаютъ прослойки болѣе крупнаго песку съ камнями и глина. Уровень грунтовыхъ водъ оказался на глубинѣ 7,40 метр. отъ рельсовъ пути, и на этой глубинѣ заложено было основаніе фундаментовъ.

III. Программа наблюденій и типы верхняго строенія, надъ которыми таковыя производились.

Наблюденія, къ которымъ приступлено было на Варшавско-Вѣнской жел. дорогѣ лѣтомъ 1897 г., производились сперва при существовавшей въ этомъ мѣстѣ конструкціи пути, а именно: рельсахъ вѣсомъ 31,45 кгр. въ пог. метрѣ (черт. 11), длиною 6 метровъ, укладки 1879 г., и при дубовыхъ брусчатыхъ шпалахъ укладки 1890 г. сѣченіемъ 15 × 25 сант., длиною 2,44 м. по 8 штукъ подъ рельсомъ, размѣщенныхъ по длинѣ рельса въ слѣдующихъ разстояніяхъ:

$$0,25 + 0,675 + 0,80 + 3 \times 0,85 + 0,80 + 0,675 + 0,25 = 6 \text{ метр.}$$

Подкладки имѣлись лишь на стыковыхъ шпалахъ.

Означенный типъ верхняго строенія названъ ниже типомъ I.

Впослѣдствіи, вмѣсто шести 6-ти метровыхъ звеньевъ рельсовъ указанного типа, заложены были три звена рельсовъ типа 38 кгр. въ пог. метрѣ (черт. 12), длиною по 12 метровъ каждое, на 16-ти шпалахъ той же длины и сѣченія, размѣщенныхъ по длинѣ рельса въ слѣдующихъ разстояніяхъ:

$$0,25 + 0,55 + 0,80 \times 13 + 0,55 + 0,25 = 12 \text{ метр.}$$

Рельсы этого типа уложены съ клинообразными подкладками на каждой шпалѣ, прикрѣпленными при помощи 3-хъ костылей.

Наблюденія производились на протяженіи средняго звена.

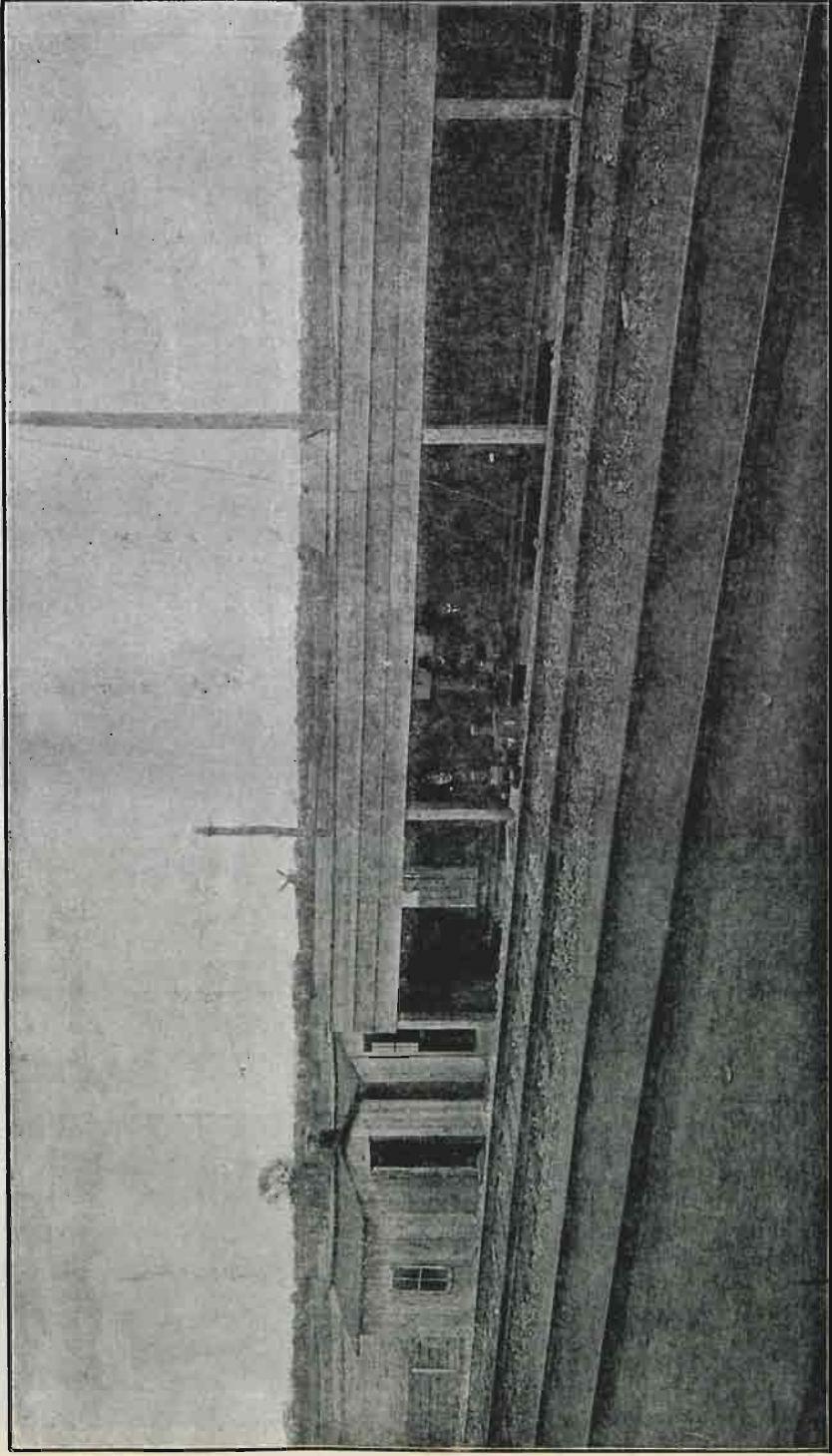
Этотъ типъ верхняго строенія названъ ниже типомъ II *).

При дальнѣйшихъ наблюденіяхъ измѣнена была сперва лишь длина шпалъ, при томъ-же числѣ ихъ, а именно подведены были въ тѣхъ же мѣстахъ шпалы длиною 2,70 метр. (тип. III), а впослѣдствіи тѣ же длинныя шпалы были размѣщены слѣдующимъ образомъ:

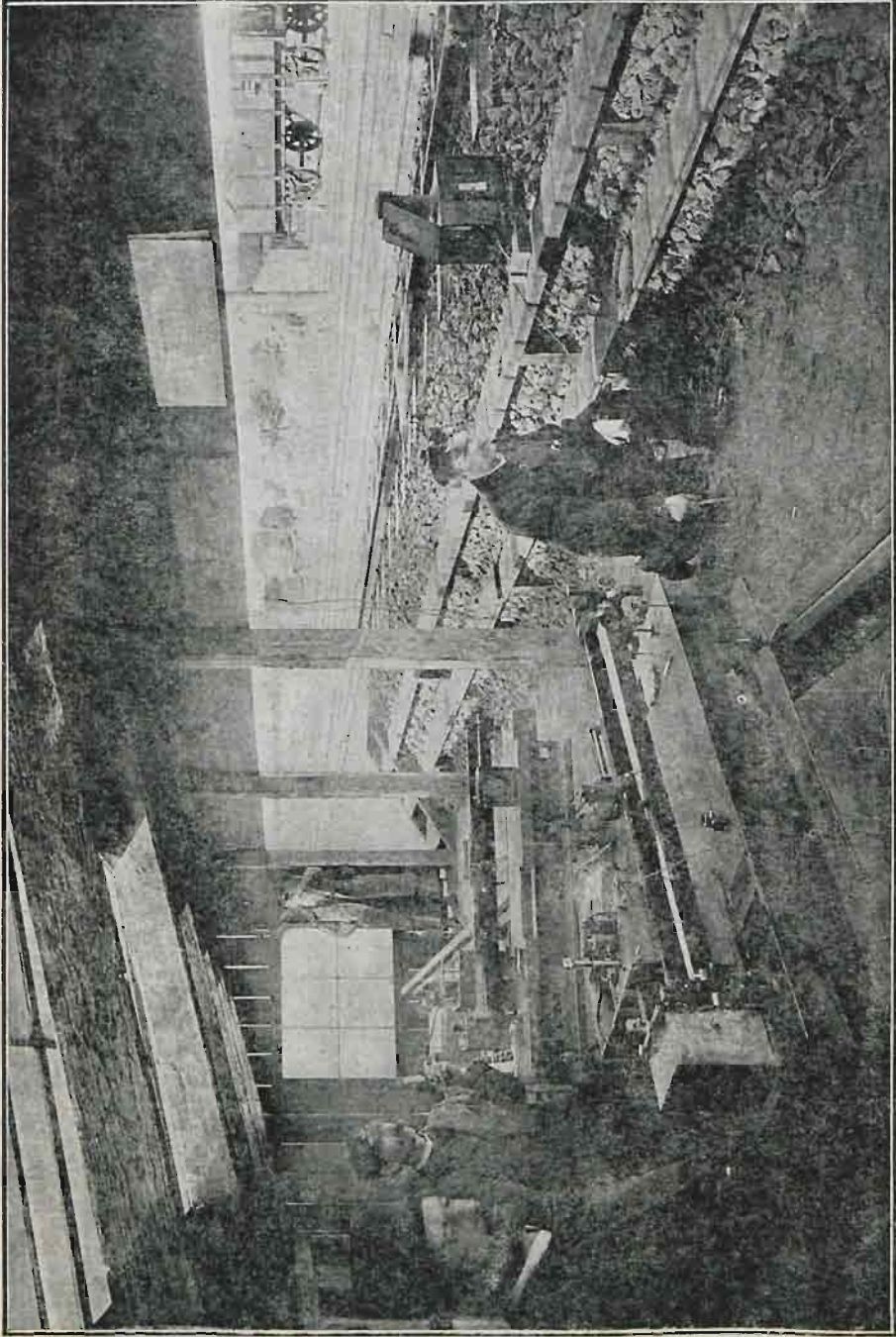
$$0,125 + 0,55 + 0,65 + 0,85 \times 11 + 0,65 + 0,55 + 0,125 = 12,$$

т. е. стыковыя шпалы сдвинуты были до соприкосновенія (типъ IV, черт. 14).

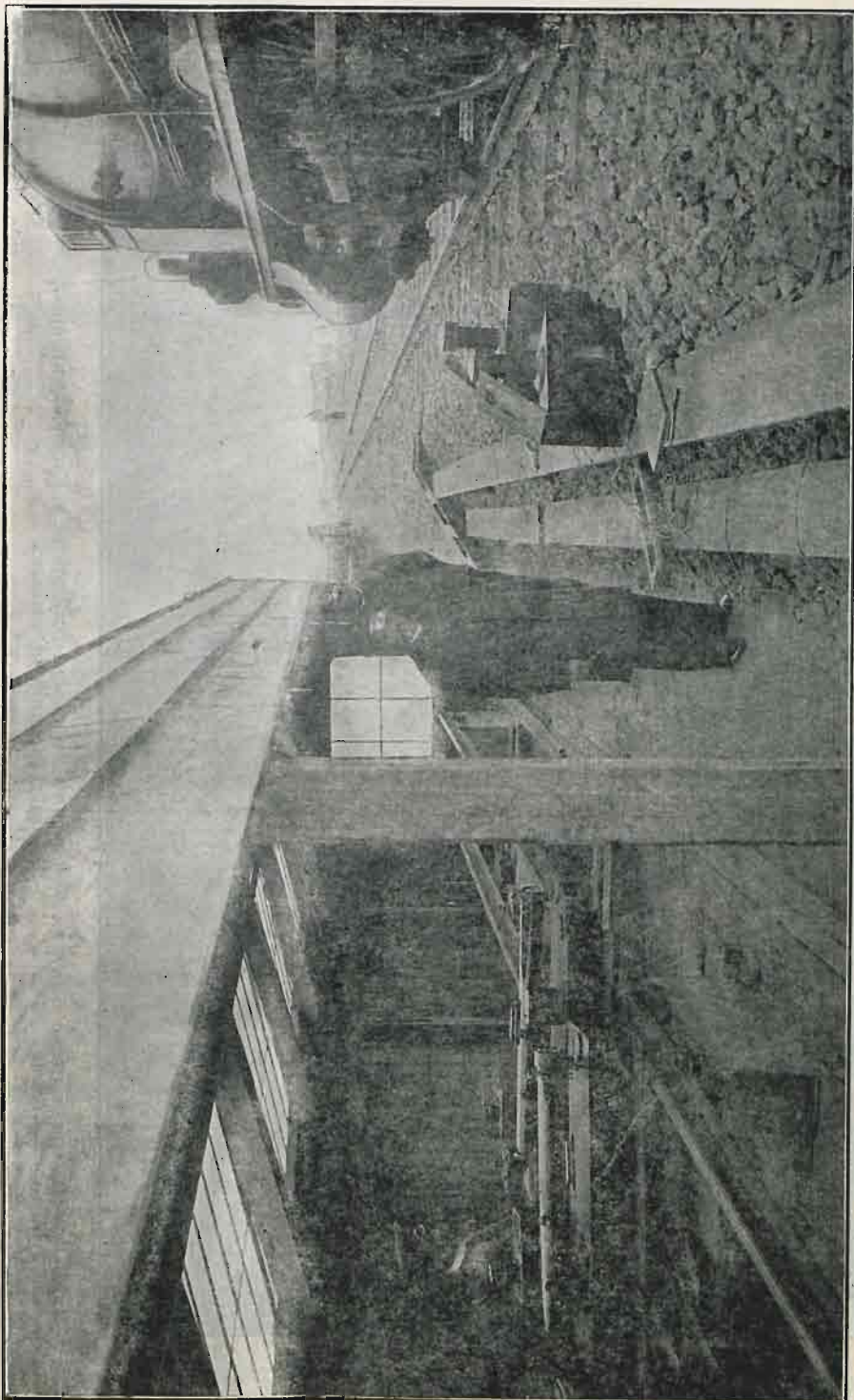
*) Полный проектъ этого типа верхняго строенія приведенъ въ статьѣ Инж. А. Васютынского „Новый типъ стального рельса Варшавско-Вѣнской жел. дороги“ Журналъ М. II. С. 1894 г. кн. II.



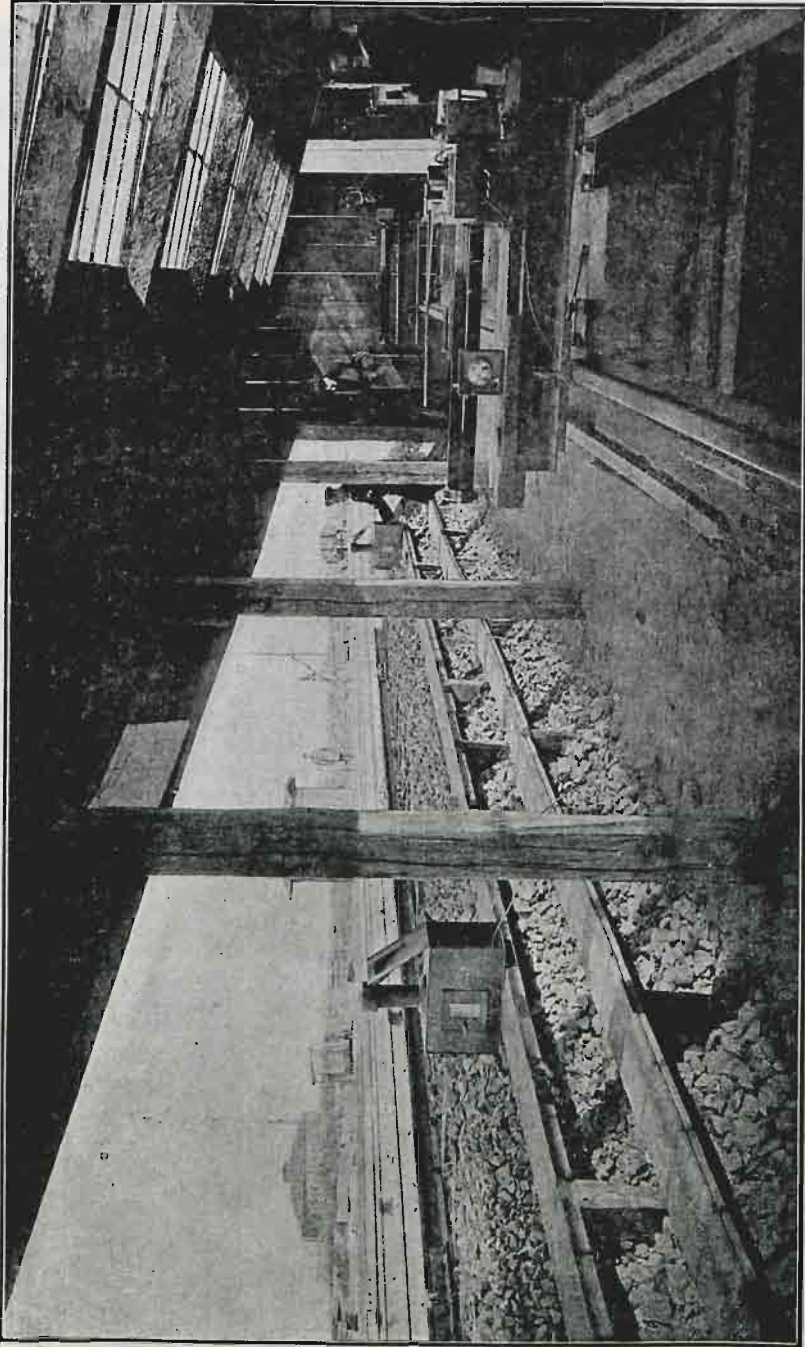
Черт. 15. — Общій видъ наблюдательнаго поста на 4-ой верстѣ Варшавско-Вѣнской жел. дороги.



Черт. 16.—Наблюдательный постъ на 4-ой верстѣ Варшавско-Вилнской ж. д. Расположеніе аппаратовъ при наблюдении одновременныхъ деформаций по вертикальному и горизонтальному направлениямъ.



Черт. 17. — Наблюдательный постъ на 4-й верстѣ Варшавско-Вильской ж. д. Расположеніе аппаратовъ при опредѣленіи
коэффициента постели шпалъ.

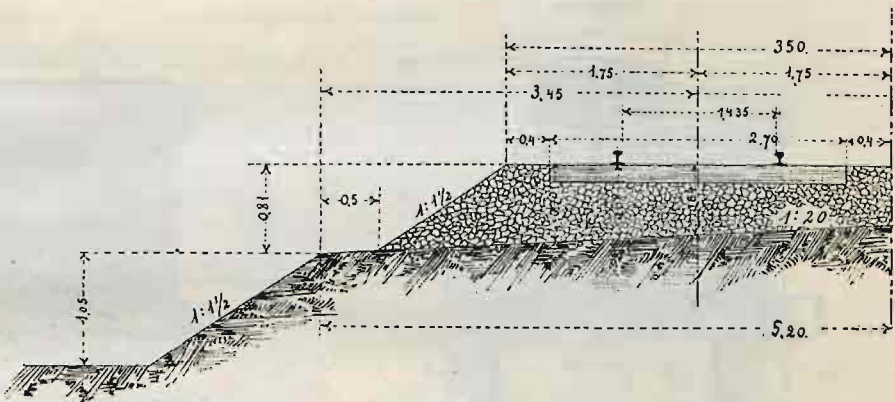


Черт. 18.—Наблюдательный постъ на 4-ой верстѣ Варшавско-Вѣнской ж. д. Расположеніе аппаратовъ при наблюдении деформаций въ стѣнкахъ.

При всѣхъ означенныхъ четырехъ типахъ верхняго строенія балласть оставался тотъ же и состоялъ изъ крупнаго карьернаго песку съ гравиемъ, который вслѣдствіе долголѣтней службы и частыхъ подбивокъ заключалъ значительную примѣсь землистыхъ частицъ.

По роду наблюденій таковыя производились въ 1897 г.:

- 1) надъ сжимаемостью нижняго строенія пути, т. е. насыпи, а равно грунта на разныхъ глубинахъ;
- 2) надъ сжимаемостью балласта съ цѣлью опредѣленія коэффиціента таковаго (для типовъ II и III);
- 3) надъ изгибомъ шпаль съ цѣлью опредѣленія вида упругой линіи шпаль подъ нагрузкою (для типовъ II и III);
- 4) надъ осѣданіемъ всѣхъ шпаль рельсоваго звена, съ цѣлью опре-



Черт. 19.—Нормальный профиль балластнаго слоя (для типовъ IV^a и V).

дѣленія вліянія типа рельса, а равно расположенія и длины шпаль, на величину ихъ осѣданія (для типовъ I, II, III и IV).

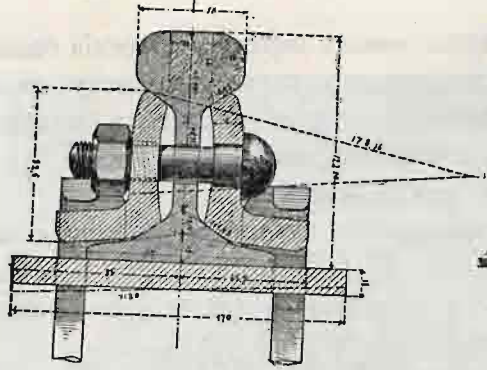
- 5) надъ осѣданіемъ рельсовъ у каждой шпалы и у стыка (для типовъ I, II, III и IV).

Кромѣ того, были наблюдаемы деформаціи стыковъ по вертикальному направленію при слѣдующихъ конструкціяхъ:

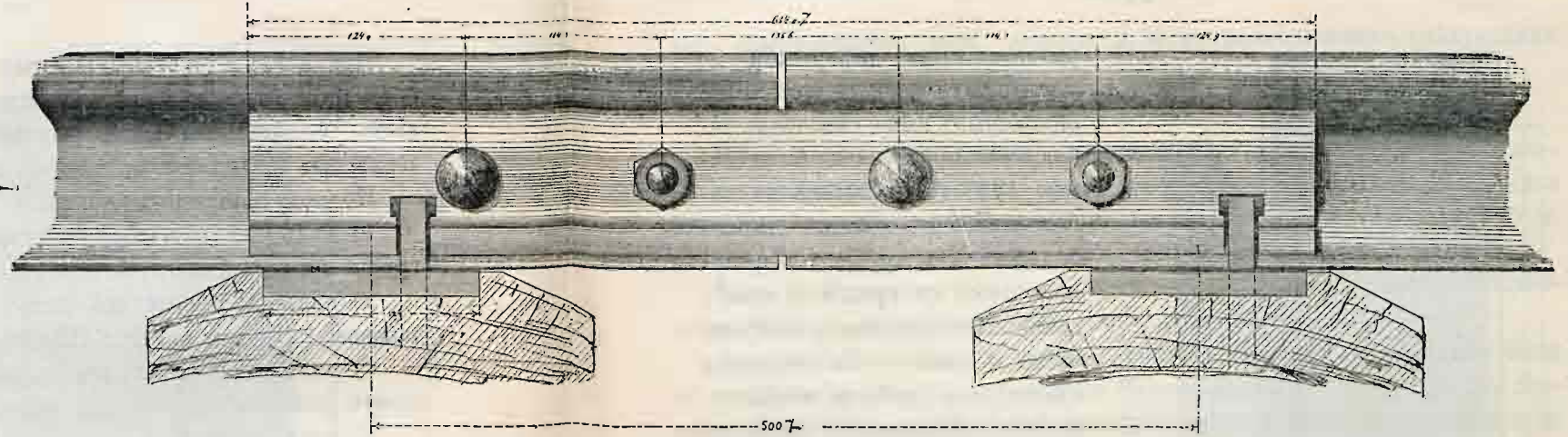
- 1) стыкъ на вѣсу съ угловыми накладками (для типа I, черт. 11.);
- 2) стыкъ на вѣсу съ z-образными накладками и 4-мя болтами (для типовъ II и III, черт. 12);
- 3) стыкъ на вѣсу съ болѣе длинными z-образными накладками и 6-ю болтами (для типа III, черт. 13);
- 4) стыкъ на двухъ шпалахъ (для типа IV, черт. 14).

Съцѣлью изслѣдованія вліянія, которое можетъ произвести на деформаціи улучшение качества балласта и ожидая достигъ этою мѣрою возможнаго уменьшенія вертикальныхъ деформаций, вліяніе которыхъ на діаграммы го-

Разрѣзъ.

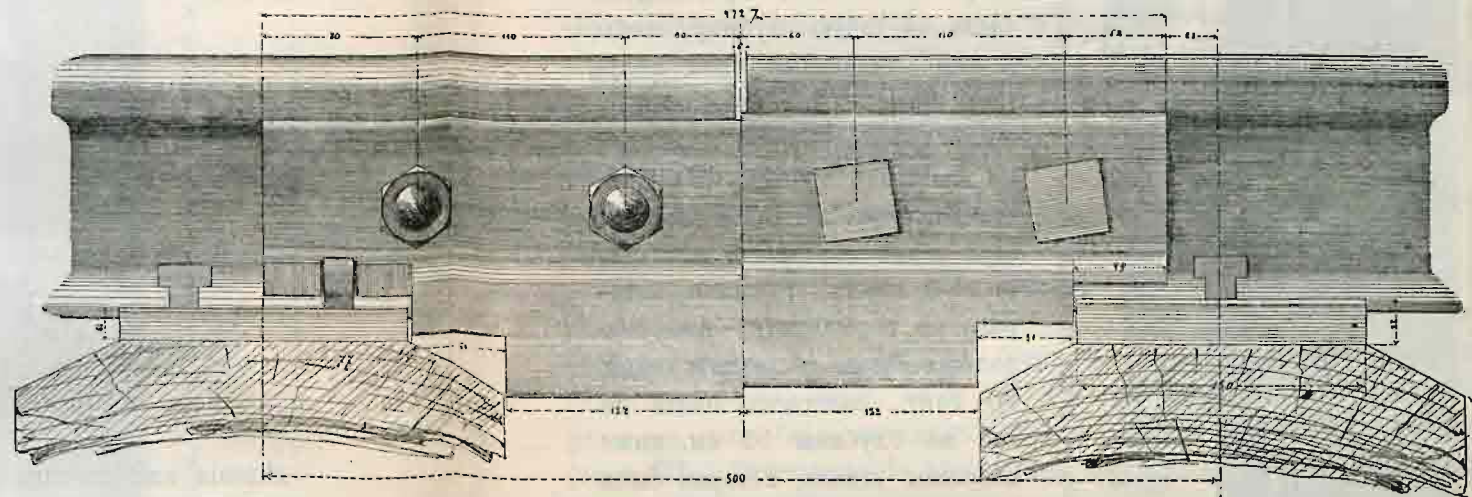
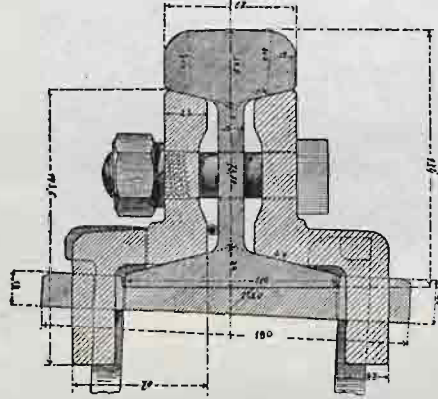


Боковой видъ.



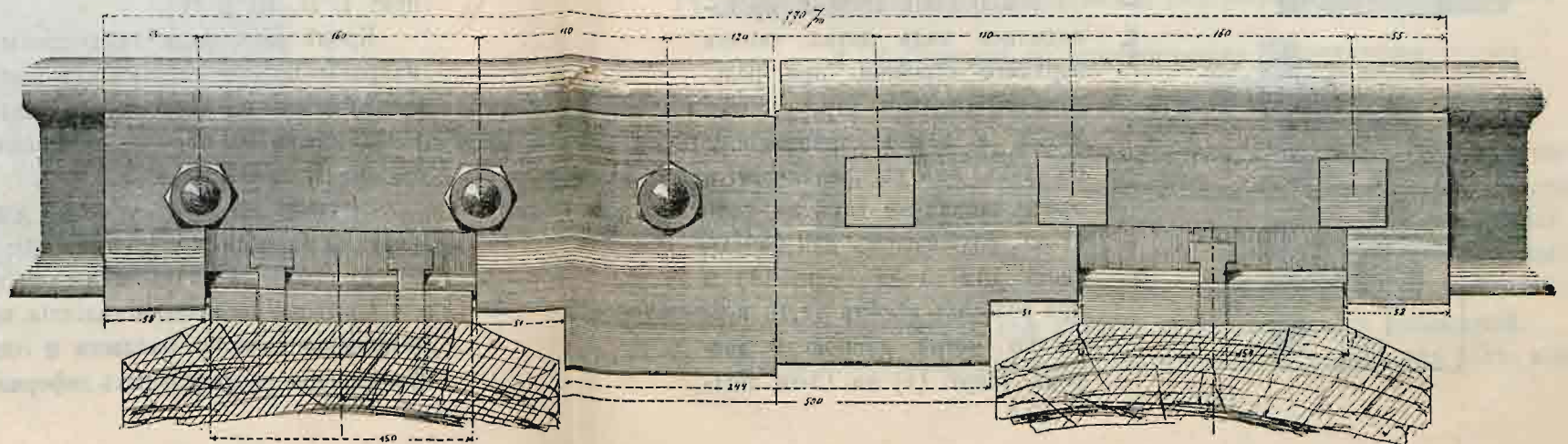
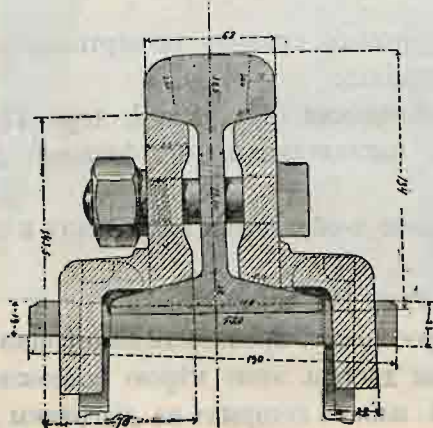
Черт. 11.—Стыкъ съ угловыми накладками для рельсовъ вѣсомъ 31,45 кгр. въ пог. метрѣ.
Боковой видъ съ внутренней стороны съ наружной стороны

Разрѣзъ.

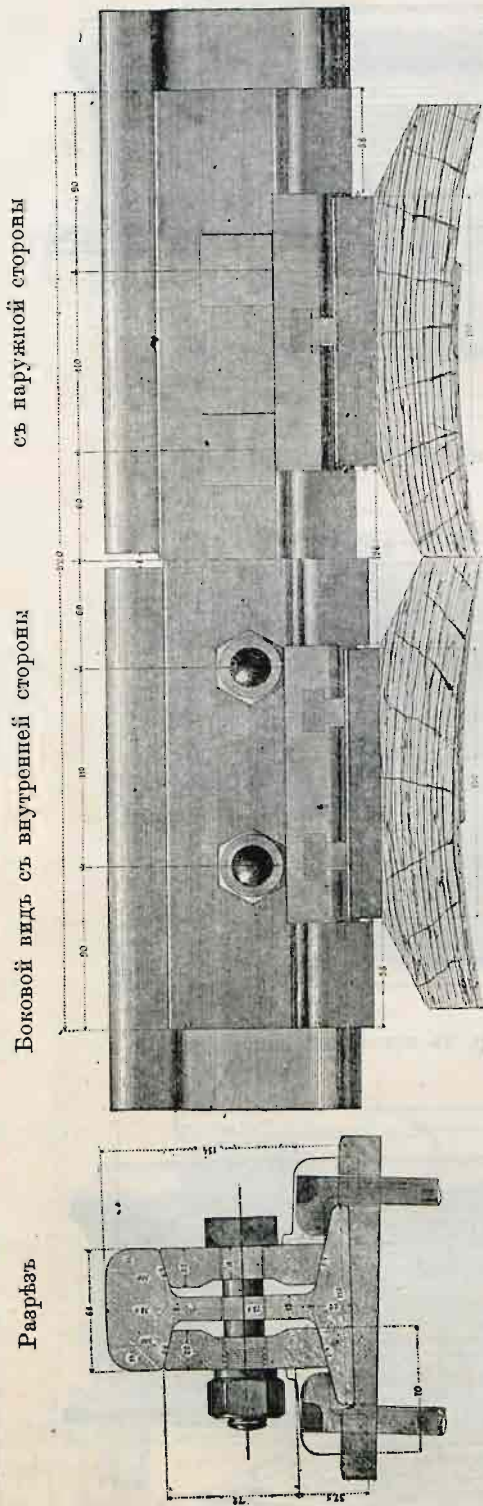


Черт. 12.—Стыкъ съ короткими Z-образными накладками для рельсовъ вѣсомъ 38 кгр. въ погонномъ метрѣ.
Боковой видъ съ внутренней стороны съ наружной стороны

Разрѣзъ.



Черт. 13.—Стыкъ съ длинными Z-образными накладками для рельсовъ вѣсомъ 38 кгр. въ погонномъ метрѣ.



Черт. 14.— Стыкъ на двухъ шпалахъ. Рельсы вѣсомъ 38 кгр. въ пог. футѣ.

ризонтальныхъ деформаций не могло быть вполне устранено описаннымъ выше способомъ наблюдения, приступлено было весною 1898 г. къ замѣнѣ на наблюдательномъ участкѣ стараго балласта изъ крупнаго карьернаго песка съ примѣсью гравія гранитнымъ щебнемъ размѣрами около 4 сантим. — Въ верхнихъ слояхъ, для удобства подбивки, щебень перемѣшанъ былъ съ гранитными осколками. Выемка стараго балласта произведена была на такую глубину, чтобы новый балластный слой получилъ профиль, изображенный на черт. 19, постепенно вводимый на главныхъ линіяхъ Варшавско-Вѣнской желѣзной дороги. При этомъ оказалось, что старый балластъ, толщина котораго по нормальному профилю должна была доставлять лишь 20 сантим., залегаетъ почти до той же глубины 53 см. ниже подошвы шпаль, которая была назначена для щебеночнаго балласта.

Наблюденія 1898 г. производились надъ двумя типами верхняго строенія: при рельсахъ вѣсомъ 38 кгр. въ пог. метрѣ, а равно скрѣпленіяхъ, шпалахъ, ихъ распредѣленіи и проч. такихъ-же какъ въ типѣ IV-мъ, служившемъ для наблюденій 1897 года (черт. 14) и при рельсахъ вѣсомъ 31,45 кгр. въ пог. метрѣ, длиною 9 метровъ, (черт. 11) на 13-ти шпа-

лахъ обыкновеннаго типа, длиною 2,70 м., размѣщенныхъ слѣдующимъ образомъ:

$$0,25 + 0,50 + 0,75 \times 10 + 0,50 + 0,25 = 9 \text{ м.}$$

Первый изъ этихъ типовъ, отличающійся отъ типа IV лишь качествомъ балласта, обозначенъ ниже типомъ IVa, другой-же, отличающійся отъ типа I длиною рельсовъ (9 м., вм. 6 м), длиною шпаль (2,70 м. вм. 2,44 м.) и ихъ распредѣленіемъ, обозначенъ типомъ V.

Типъ V отличается отъ типа I еще тѣмъ, что шпалы, рельсы и скрѣпленія были въ немъ новыя, безъ признаковъ порчи или износа.

Для означенныхъ двухъ типовъ верхняго строенія произведены были по описанному способу наблюденія одновременныхъ деформаций по вертикальному и горизонтальному направленіямъ, а равно вслѣдствіе вращенія рельса, надъ шпалами и по срединѣ между ними (черт. 16).

Затѣмъ, съ цѣлью опредѣленія относительныхъ деформаций рельса по вертикальному направленію, надъ шпалами и по срединѣ между ними, оба аппарата поставлены были рядомъ и перпендикулярно къ оси пути, при чемъ одинъ давалъ діаграммы деформаций надъ шпалою, а другой одновременныя деформации по срединѣ между тою-же шпалою и смежною съ нею.

Для новаго балласта опредѣленъ былъ также коэффициентъ его (черт. 17), а равно осѣданіе грунта на разныхъ глубинахъ.

Наконецъ сняты были діаграммы деформаций въ стыкахъ (черт. 18) типовъ, наблюдавшихся въ 1897 г., а равно въ стыкахъ по типамъ Рюппеля (черт. 51), Неймана (черт. 52) и съ приставнымъ рельсомъ (Stossfangschiene) (черт. 53 и 54). Съ этою цѣлью подъ 12-ти метровымъ рельсомъ дано было шпаламъ такое же расположеніе какъ въ типѣ III (типъ IIIa). Расположеніе аппаратовъ для каждаго рода наблюденій показано на чертежахъ.

IV. Наблюденія въ предѣлахъ непрерывности рельсовъ.

А. Деформации по вертикальному направленію.

1. Осѣдаемость насыпи и грунта.

Какъ было замѣчено выше, опредѣленіе осѣдаемости естественнаго грунта насыпи, а равно балласта, имѣетъ необыкновенно важное значеніе, ибо отъ величины таковыхъ зависятъ напряженія всѣхъ частей верхняго строенія. Съ другой стороны опредѣленіе, насколько можно считать неподвижными опоры, на которыхъ покоились аппараты, даетъ возможность заключить о точности произведенныхъ при помощи этихъ аппаратовъ наблюденій.

Вблизи желѣзнодорожнаго полотна весь грунтъ подверженъ болѣе или