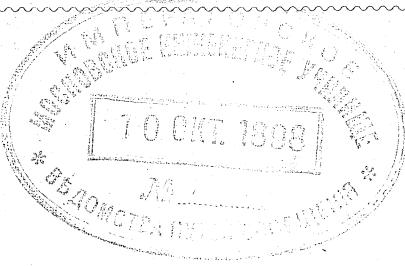


Перм-Южноуральская железная дорога.

625-1 (00)

472.



ИНСТРУКЦІЯ  
для  
УСТРОЙСТВА  
ВЕРХНЯГО СТРОЕНІЯ  
и  
УКЛАДКИ ПУТИ.

отдѣль I-й.



ВЯТКА.  
Губернскія Типографія

1896.



# Инструкция

## для устройства верхняго строенія и укладки пути на Пермь-Котласской желѣзной дорогѣ.

### О т д ъ л ь I.

#### Глава I. Краткое описаніе составныхъ частей верхняго строенія.

##### § 1.

###### Составъ верхняго строенія.

Верхнее строеніе состоитъ изъ рельсовъ со скрѣпленіями, деревянныхъ шпалъ и балласта. Балластный слой поддерживаетъ шпалы, къ которымъ посредствомъ костылей пришиты двѣ линіи рельсовъ, скрѣпленныхъ между собою накладками и болтами. Стыки рельсовъ располагаются на вѣсу, т. е. между шпалами.

##### § 2.

###### Рельсы.

Рельсы Виньолевскаго типа (л. I) въсомъ 18 фунтовъ въ погонномъ футѣ. Нормальная длина рельсовъ 28 футовъ, но нѣкоторое количество рельсовъ, въ общей сложности не свыше 10% всего количества, имѣетъ длину 25'6", 23' и 20'6" \*); въ кривыхъ частяхъ пути, для выравниванія по угольнику стыковъ внутренней колеи, употребляются рельсы длиною 27' 7".

\*). Числа 28', 25', 6'', 23' и 20' 6'' образуютъ ариѳметический рядъ съ разностью 2,5' (0, 357 с.), соответствующей предѣльному нормальному промежутку между центрами шпалъ въ пути между станціями.

Для контрь-рельсовъ на одиночныхъ перебздахъ употребляются рельсы длиною 14'.

Рельсы длиною 28 футъ укладываются въ главный путь Станціонные пути укладываются рельсами нормально укороченными (25' 6", 23' и 20' 6"); но такъ какъ общее количество послѣднихъ рельсовъ болѣе общей длины станціонныхъ путей \*), то часть этихъ рельсовъ идетъ и на укладку главнаго пути

### § 3.

#### Скрепленія.

Рельсовыя скрѣпленія изъ литого или сварочнаго желѣза состоятъ изъ парныхъ фасонныхъ накладокъ, болтовъ съ гайками, подкладокъ и костылей

Подкладки употребляются двухдырныя для стыковыхъ и трехдырныя для кривыхъ работъ отъ 200 до 300 саж. Сообразно сему, имѣются костыли обыкновенные—длиною 140 мм. и стыковые—длиною 155 мм.

На чертежахъ л. I даны размѣры всѣхъ скрѣпленій для 18 фунтовыхъ рельсовъ, а на чертежахъ л. II—для рельсовъ вѣсомъ  $22\frac{1}{2}$  фунта въ погонномъ футѣ

Скрѣпленія, употребляемыя при укладкѣ переводовъ, описаны въ Отдѣлѣ II настоящей Инструкціи.

### § 4.

#### Шпалы.

Для изготошенія шпалъ долженъ служить преимущественно лиственничный, сосновый и еловый лѣсъ хорошаго качества, послѣдней зимней рубки (октябрь, ноябрь, декабрь, январь, февраль и мартъ), вполнѣ здоровый, свѣжій, не сучковатый, не сухоподстойный, мелкослойный (не менѣе 8 годовыхъ слоевъ на погонный дюймъ по радиусу), прямослойный и вообще безъ всякихъ пороковъ, уменьшающихъ его доброкачественность, какъ-то: синевы, гнили, плѣсени, трухлявости, червоточинъ, табачныхъ и гнильыхъ сучьевъ. Не допускается горѣлый лѣсъ, лѣсъ съ трещинами радиальными (сквозными или глубиною болѣе  $1\frac{1}{2}$  вершка) или концентрическими (между слоями), съ двойною заболонью и искривленнымъ (свилевав-

---

\*). Длина станціонныхъ путей составляетъ около 8% длины главнаго пути.

тый) или винтообразнымъ (косослой) сложеніемъ волоконъ.

Части шпалъ подъ рельсами, на протяженіи 6 вершковъ по длинѣ шпалы, не должны имѣть сучьевъ хотя бы и здоровыхъ, но діаметромъ болѣе  $\frac{1}{2}$  вершка. Эти мѣста находятся въ разстояніи отъ концовъ шпалъ (при точной длинѣ шпалы въ 1,15 саж.): начало—на 7 вершковъ и конецъ—на 13 вершковъ.

Изъ еловаго лѣса не допускается изготошеніе шпалъ наименьшихъ допущенныхъ размѣровъ, именно типа № 4 (л. III)

Шпалы должны быть совершенно очищены отъ коры, заболони, сучьевъ и горбинъ (при высотѣ послѣднихъ болѣе одного дюйма), при чмъ сучья и горбины должны быть гладко стесаны, вровень съ общею поверхностью шпалы.

Шпалы должны быть двухъ родовъ: *стыковыя* и *промежуточныя*. Нормальная длина тѣхъ и другихъ 1,15 саж. или 3 арш.  $7\frac{1}{4}$  вершковъ. Наибольшая длина шпалы 1,165 саж. или  $3\frac{1}{2}$  арш. Шпалы длиною менѣе 1,15 саж. не принимаются \*).

Для размѣровъ и вида поперечного сѣченія шпалъ допускаются нѣсколько типовъ (черт. 1 л. III), а именно: №№ 1, 2 и 3—для стыковыхъ и №№ 4, 5, 6, 7 и 8—для промежуточныхъ шпалъ (подробности см. Технич. условія на поставку шпалъ).

Указанные на чертежахъ (л. III) наименьшіе размѣры поперечныхъ сѣченій шпалъ, особенно для толщины ихъ, должны быть сохранены по всей длинѣ шпалы. Исключеніе допускается только для концовъ шпалъ на протяженіи не болѣе 4 вершк., гдѣ можетъ быть допущена толщина на  $\frac{1}{4}$  вершка, а ширина на  $\frac{1}{2}$  вершка менѣе противъ размѣровъ соотвѣтствующаго типа; но въ этихъ случаяхъ должны быть пропущены шаблонами поперечные размѣры на осталъномъ протяженіи шпалы.

---

\* ) Размѣры поперечинъ, укладываемыхъ на верхнемъ строеніи мостовъ и подъ направляющія рамы у мостовъ, указаны на чертежахъ сихъ послѣднихъ; размѣры же поперечинъ, укладываляемыхъ подъ переводы (размѣры переводныхъ брусьевъ) указаны въ Отдѣлѣ II настоящей Инструкціи.

Раздѣлка шпалъ можетъ производиться опилкой или обтеской, или тѣмъ и другимъ способомъ, для разныхъ частей шпалы, за исключеніемъ неширокихъ верхнихъ постелей (шириною менѣе 3 вершковъ), для каковыхъ допускается только обтеска.

Нижнія и верхнія постели брусковыхъ шпалъ вычиливаются или обтесываются правильно по шнуру, при чемъ плоскости ихъ должны быть параллельны между собой.

Боковыя грани шпалъ должны обдѣлываться преимущественно по шнуру, но допускается обдѣлка и по кривымъ поверхностямъ, для сохраненія одинаковой ширины нижней постели, съ тѣмъ, чтобы: 1) стрѣлка кривизны направляющихъ была не болѣе одного вершка, и 2) производящія въ каждомъ поперечномъ сѣченіи были перпендикулярны къ нижней постели шпалы.

Стрѣла кривизны шпалъ (въ планѣ) съ необдѣланными боками недолжна превосходить двухъ вершковъ. Количество шпалъ съ скривизною (въ планѣ) болѣе одного вершка допускается не болѣе пяти процентовъ общаго ихъ количества.

Отеска топоромъ постелей и боковыхъ граней, а также сучьевъ и другихъ неровностей, должна дѣлаться аккуратно и гладко, безъ зарубокъ и отщеповъ.

Концы шпалъ должны быть обрѣзаны перпендикулярно къ ихъ длине по наугольнику.

Шпалы заготовляются въ количествѣ 1550 штукъ на каждую версту, изъ коихъ не менѣе 20% должно быть стыковыхъ шпалъ, при чемъ шпалы сортируются на пластинные и брусковые. Въ путь слѣдуетъ укладывать каждый сортъ отдѣльными участками, не смѣшивая сорта.

## § 5.

### Балластъ. Качества балласта.

Балластный слой, поддерживающій и частью обнимающій шпалы, служить для болѣе равномѣрной передачи давленія рельсовъ полотну и для распределенія этого давленія на большую площадь полотна, для приданія гибкости пути, способствующей боль-

шей мягкости и плавности движенија поѣздовъ, и для облегченія содержанія пути въ полной исправности.

Балластный слой дѣлится на *нижний*—насыпаемый подъ шпалами и *верхний*—насыпаемый въ промежутки между шпалъ (называемые ящиками) и съ боковъ.

Въ зависимости оть своего назначенія, балластъ долженъ удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

1) оказывать возможно большее сопротивленіе боковому движенію и продавливанію отъ тяжести поѣздовъ;

2) для удовлетворенія указанному свойству, обладать возможно большими коэффиціентами тренія и сцепленія частицъ, отъ которыхъ (при данной высотѣ балластного слоя) зависитъ также величина площади полотна, воспринимающей давленіе поѣзда;

3) достаточно сопротивляться стремленію раздвинуться въ стороны отъ сотрясенія, что главнымъ об разомъ зависитъ отъ величины отдѣльныхъ частицъ балласта (чѣмъ эти частицы больше, тѣмъ означенное стремленіе раздвинутться меньше);

4) не разрушаться отъ дѣйствія воды, морозовъ и механическихъ силъ, проявляющихся при проѣздѣ поѣздовъ и при подбивкѣ пути;

5) легко пропускать воду (не содержать болѣе 15% глинистыхъ примѣсей);

6) не разноситься вѣтромъ и вихрями, проявляющимися во время движенія поѣздовъ;

7) легко подбиваться киркой и, уплотняясь при этомъ, оставаться возможно долѣе въ уплотненномъ состояніи;

8) не содержать растительныхъ примѣсей, во избѣженіе проростанія травы, грибовъ и т. п.

Приведеннымъ условіямъ болѣе всего удовлетворяютъ:

а) кварцевый гравій со щебнемъ изъ песчаника, сіенита, гранита \*), известковыхъ и базальтовыхъ камней въ пропорціи примѣрно 2: 5;

---

\*.) Щебень изъ гранита, содержащий много полевого шпата, измельчаясь, даетъ много глины, почему такой щебень не долженъ быть употребляемъ.

б) хрящъ;

в) чистый неглинистый песокъ, достаточно крупный, съ хрящемъ или галькой.

*Верхний балластъ* долженъ быть изъ крупнаго, если возможно, грохоченаго гравія или изъ щебня отъ  $\frac{3}{8}''$  до  $2''$  въ диаметрѣ.

*Нижний балластъ* состоить изъ болѣе мелкаго щебня и гравія или же изъ крупнаго песку.

П р и мѣчаніе. Пригодность карьеровъ и балласта удостовѣряется Начальниками участковъ.

## § 6.

**Нормальный попеченный профиль балластного слоя.**

По окончательной отѣлкѣ ширина балластнаго слоя должна быть по верху между бровками 1,30 саж., откосы полуторные; нормальная толщина слоя, счи-тая надъ бровкой полотна — 0,16 саж.

Нормальный попеченный профиль балластнаго слоя указанъ на чертежѣ 2 л. III.

Въ кривыхъ частяхъ пути наружная бровка балластнаго слоя подымается надъ бровкой полотна болѣе указаннаго на нормальному профилѣ, соотвѣтственно возвышенію наружнаго рельса; внутренняя бровка сохраняетъ нормальную показанную, на чертежѣ, толщину.

У каменныхъ мостовъ на протяженіи длины устоевъ и на протяженіи укладки направляющей рамы и охранныхъ брусьевъ направляющаго треугольника какъ у каменныхъ, такъ и у деревянныхъ мостовъ, толщина балластнаго слоя отъ подошвы шпалъ противъ мѣста расположенія рельсовъ берется въ 0,095 саж. Переходъ отъ этой толщины балластнаго слоя къ нормальной долженъ быть сдѣланъ съ уклономъ въ 0,001.

Въ предѣлахъ укладки направляющей рамы (направляющаго треугольника) балластный слой соотвѣтственно уширяется, согласно указанному на чертежѣ 3 л. III.

При выемкахъ или насыпяхъ изъ глинистыхъ и вообще вязкихъ грунтовъ толщина балластнаго слоя отъ подошвы шпалъ противъ мѣста расположенія рельсовъ назначается въ 0,10 саж. (чертежъ 4 л. III).

Въ скалистыхъ выемкахъ, при балластѣ хорошаго качества, поперечный профиль балластнаго слоя устраивается по чертежу 5 л. III.

Для полнаго устройства балластнаго слоя потребуется на одну версту главнаго пути 125 куб саж. балласта.

## Глава II. Укладка пути.

### § 7.

#### Приведеніе земляного полотна въ окончательный видъ.

До приступа къ укладкѣ пути необходимо провѣрить положеніе оси полотна, для чего по исполненному полотну возстановляютъ линію, промѣряютъ ее, возстановляютъ полныи правильныи пикетажъ и разбиваются кривыя точками черезъ 10 саж. По возстановленной такимъ образомъ линіи дѣлаютъ окончательную нивелировку, и затѣмъ верхняя поверхность полотна должна быть тщательно спланирована и приведена къ нормальному поперечному профилю земляного полотна; недосыпки и пересыпки въ насыпяхъ и переборы и недоборы въ выемкахъ, но не выше 0,03 саж. по высотѣ насыпи или выемки, исправляютъ балластнымъ слоемъ; если же окажется, что разница рабочихъ отмѣтокъ по продольному профилю полотна и выполненныхъ въ натурѣ болѣе 0,03 саж., то исправленіе полотна необходимо сдѣлать земляными работами.

Въ песчаныхъ выемкахъ слой, предназначенный для балласта, долженъ быть перештыкованъ.

### § 8.

#### Укладка шпалъ.

Шпалы до укладки въ путь въ мѣста расположения рельсовъ должны быть соотвѣтственно затесаны. Длина затески вдоль шпалы должна быть (черт. 6 л. III):

на промежуточныхъ шпалахъ 92 мм = 0,0431 саж., на стыковыхъ и промежуточныхъ, на которыхъ укладываются трехдырные подкладки, — 162 мм. = 0,0759 саж.

Ширина затески (поперекъ шпалы) должна быть: на стыковыхъ шпалахъ и промежуточныхъ, на которыхъ кладутся подкладки, а также и брусковыхъ, не ме-

нѣе 0,08 саж., а на промежуточныхъ пластинныхъ безъ подкладокъ--не менѣе 0,05 саж. \*).

Затеска шпалъ производится вручную по желѣзнымъ шаблонамъ (черт. 7 л. III). Въ слѣдующей таблицѣ № 2 даны разстоянія между внутренними и наружными ребрами шаблоновъ для стыковыхъ и промежуточныхъ шпалъ при различныхъ радиусахъ закругленія \*\*).

Таблица № 2

R радиусъ кривой въ сажен.	K ширина колеи въ тысячныхъ саж.	Ширина пути (ша- блонъ для ширины пути).	Шаблоны для зарубки шпалъ.			
			Стыков. и съ подкладк.		Промежуточныхъ.	
			Разстояніе между ребрами шаблона			
			внутренн.	наружн.	внутренн.	наружн.
150	9,60	0,7239	0,6767	0,8286	0,7091	0,7953
200	8,10	0,7224	0,6752	0,8271	0,7076	0,7938
250	6,60	0,7209	0,6737	0,8256	0,7061	0,7923
300	5,10	0,7194	0,6722	0,8241	0,7046	0,7908
350	3,60	0,7179	0,6707	0,8226	0,7031	0,7893
400	2,10	0,7164	0,6692	0,8211	0,7016	0,7878
450	0,60	0,7149	0,6677	0,8196	0,7001	0,7863
Для кривыхъ радиусомъ		болѣе	500 с. и	для прямого пути.		
0	0,7143	0,6671	0,8190	0,6995	0,7857	

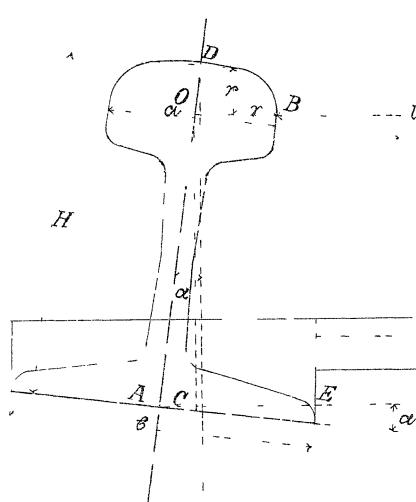
\*) Для 22<sup>1/2</sup> фунтовыхъ рельсовъ длина затески на промежуточныхъ шпалахъ дѣлается 100 мм.=0,04686 саж., на стыковыхъ 175 мм.=0,082 саж.

\*\*) Разстояніе между ребрами шаблона для затески шпалъ опредѣляется изъ слѣдующей формулы:

пусть  $l$ —ширина колеи;

$H$ —высота рельса, считая отъ подошвы до хорды верхняго закругленія головки; а для стыковыхъ шпалъ и шпалъ, на которыхъ кладутся подкладки,  $H$  есть высота отъ подошвы подкладки;  $r$ —радиусъ закругленія головки рельса при сопряженіи съ боковой линіей, ограничивающей головку;

$a$ —ширина головки;  $b$ —ширина подошвы рельса или соотвѣтственно длина подкладки;  $\alpha$ —уголъ наклоненія рельса,  $tga = \frac{1}{2}r$ .



$$L_0 = l + 2(OB - EC) = l + 2OB - 2(AE - AC) = l + 2OB - 2AE + 2AC,$$

$$\text{но } OB = \frac{a}{2} - r + r; \\ \frac{a}{2} - r + r = \frac{a}{2}$$

Затеска должна представлять собой совершенно гладкую плоскость, безъ волнъ, съ уклономъ къ оси пути въ  $1/20$  и должна плотно прилегать къ шаблонамъ; ребра затески, идущія поперекъ шпалы, должны быть параллельны подошвѣ шпалы. Глубина пропила для вырубки ни въ какомъ случаѣ не должна быть болѣе 0,008 саж для промежуточныхъ шпалъ и 0,009 саж. для шпалъ, на которыхъ укладываются подкладки. *Зарубки на шпалахъ передъ укладкой на нихъ рельсовъ должны быть тщательно осмолены.*

### § 9.

Поперечины укладываются такимъ образомъ, чтобы концы съ правой стороны пути, считая отъ Перми къ Котласу, были по шнуру. Съ противоположной стороны концы шпалъ не должны выступать за шнуръ болѣе допускаемаго техническими условіями на поставку шпалъ отступленія отъ нормальной длины ( $3/4$  верш.).

Въ прямыхъ частяхъ пути шпалы укладываются перпендикулярно къ оси пути, а въ кривыхъ частяхъ нормально къ оси—по направленію радиусовъ; при этомъ, такъ какъ въ кривыхъ для выравниванія стыковъ по внутреннему рельсу укладываются укорочен-

$$AE = \frac{b}{2} \cdot \cos \alpha;$$

$$AC = AO \cdot \sin \alpha,$$

$$AO = AD - DO = H - \left[ \left( \frac{a}{2} - r \right) \operatorname{tg} \alpha + r \right].$$

$$\text{Слѣдовательно } L_0 = l + \frac{a - 2r}{\cos \alpha} + 2r - b \cos \alpha + 2 \left\{ H - \left[ \left( \frac{a}{2} - r \right) \operatorname{tg} \alpha + r \right] \right\} \sin \alpha$$

по малости  $\alpha$  ( $\operatorname{arc} \operatorname{tg} \alpha = 2^{\circ}55'$ ) можно принять:  $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{20} \cdot \cos \alpha = 1$ , тогда

$$L_0 = l + a - b + 2 \left( H - \frac{a}{40} + \frac{r}{20} - r \right) \times \frac{1}{20} =$$

$$= l + a + \frac{H}{10} - \frac{a}{400} - b + \frac{r}{200} - \frac{r}{10}, \text{ или, пренебрегая весьма малой величиной}$$

$$\frac{a}{400} \text{ и } \frac{r}{200}, \text{ получимъ } L_0 = l + a + \frac{H}{10} - b - \frac{r}{10}.$$

Такимъ же образомъ разстояніе между наружными ребрами  $L = l + a + \frac{H}{10} + b - \frac{r}{10}$ .

## 10.

ные рельсы (на 5" противъ нормальной длины) съ наибольшей забѣжкой стыка не свыше  $2\frac{1}{2}"$  (см § 15 настоящей Инструкціи), то для возможности правильнаго устройства стыка представляется необходимымъ допустить уклоненіе отъ нормального къ оси (по радиусу) расположенія стыковыхъ шпалъ; отклоненіе это, считая по внутренней кривой, не должно быть болѣе 0,015 саж. Уклоненіе поперечинъ отъ нормального къ оси расположенія допускается также при укладкѣ переводовъ, какъ это указано на детальныхъ чертежахъ послѣднихъ.

На чертежахъ 1—8 л. IV указаны число и расположение поперечинъ подъ рельсами длиною 28', 25' 6", 23' и 20' 6" въ случаяхъ укладки главнаго и станціонныхъ путей. Правильность взаимнаго расположения шпалъ повѣряется рейкой, на которой намѣчено положеніе осей шпалъ. Для определенія числа шпалъ и наибольшаго разстоянія между ихъ осями служить формула:

$$RW = 0,1888 Pl_c, \text{ гдѣ}$$

$R$ —напряженіе въ крайнихъ волокнахъ въ рельсѣ (допускается до 10 килогр. на кв. мм.).

$$W = \frac{I}{Z_0} - \text{моментъ сопротивленія рельса.}$$

$l_c$ —разстояніе между осями среднихъ шпалъ

$P$ —давленіе колеса=6,5 тонны.

Приимѣчаніе. Для  $W$  слѣдуетъ вводить поправку на износъ рельса, каковой для расчета принимать равнымъ по высотѣ головки въ 5 мм.

$$l_c = \frac{RW}{0,1888P}$$

По Винклеру, разстояніе ( $l_k$ ) между стыковой и ближайшей промежуточной шпалой= $0,88 l_c$ ;  $d$ —разстояніе между стыковыми шпалами—принято въ  $0,233^{\circ}$ .

Тогда  $n$ —число шпалъ подъ однимъ рельсомъ длиною  $L$  опредѣлится изъ формулы:

$$L = (n - 3) l_c + 2 \times 0,88 l_c + d, \text{ или } L = (n - 1,24) l_c + d.$$

## § 10.

### Укладка рельсовъ.

Рельсы, какъ въ прямыхъ, такъ и въ кривыхъ частяхъ пути, укладываются со стыкомъ на вѣсу.

Стыки каждой пары противолежащихъ рельсовъ должны лежать въ одной плоскости, нормальной къ оси пути; исключение составляютъ переводы, гдѣ расположение стыковъ указано на детальныхъ чертежахъ, и кривыя, въ которыхъ допускается отклоненіе линіи стыковъ отъ нормального въ указанныхъ предѣлахъ. Правильность расположения стыковъ повѣряется наугольникомъ.

### § 11.

Стыки рельсовъ перекрываются парными угловыми накладками, стянутыми болтами; болты, симметрично расположенные относительно стыка, закладываются такимъ образомъ, чтобы головки пары болтовъ, ближайшихъ къ стыку, были обращены вовнутрь, а пары болтовъ, удаленныхъ отъ стыковъ—внаружу пути. На всѣхъ стыковыхъ шпалахъ укладываются двухдырныя подкладки.

На промежуточныхъ шпалахъ укладываются трехдырныя подкладки въ слѣдующемъ количествѣ:

а) на кривыхъ радиуса отъ 200 до 300 саж. включительно на двухъ шпалахъ каждого звена рельсовъ кладутся подкладки (черт. 9 л. IV);

б) на кривыхъ радиуса отъ 150 до 200 саж. трехдырные промежуточные подкладки кладутся черезъ шпалу (черт. 10 л. IV), и

в) на кривыхъ радиуса 150 саж. и менѣе трехдырные подкладки кладутся на всѣхъ промежуточныхъ шпалахъ (черт. 11 л. IV)

Рельсы пришиваются къ стыковымъ поперечинамъ двумя стыковыми костылями, приходящими черезъ шпунты фасонныхъ накладокъ и дыры подкладокъ.

Къ промежуточнымъ шпаламъ рельсы пришиваются: а) въ прямыхъ частяхъ пути и на кривыхъ радиусовъ болѣе 500 саж.—двумя промежуточными костылями (черт. 12 л. IV); б) на кривыхъ радиуса въ 300 и менѣе саженъ—тремя промежуточными обыкновенными костылями (черт. 9—10 л. IV), и в) на кривыхъ радиуса отъ 301 до 500 саж. рельсы при-

шиваются поперемѣнно двумя и тремя промежуточными костылями (черт. 13 л. IV).

### Т а б л и ц а № 2

количества рельсовыхъ скрѣпленій на версту пути.

Г Л А В Н Ы Й П У Т Ъ.												Станціонные пути.		
Рельсы длиною	28'					25' 6"					28'	25' 6"	20' 6"	
	звенъ 125.					звенъ 137,255.					звенъ 125	звенъ 187,255	звенъ 170,981	
Кривыя . . .	<i>R</i> до 150	<i>R</i> 151-200	<i>R</i> 201-300	<i>R</i> 301-500	<i>R</i> 501-∞	<i>R</i> до 150	<i>R</i> 151-200	<i>R</i> 201-300	<i>R</i> 301-500	<i>R</i> 500-∞				
III Т У К Т Ъ														
Накладки . .	500	500	500	500	500	549	549	549	549	549	500	549	683	
Подкладки двухъ дырныя.	500	500	500	500	500	549	549	549	549	549	500	549	683	
Подкладки трехъ-дырныя.	2500	1500	500	--	--	2471	1098	549	--	--	--	--	--	
Костыли обыкновенные. . .	7500	7500	7500	6250	5000	7413	7413	7413	6314	4941	4500	4392	4780	
Костыли стыковые . . . .	1000	1000	1000	1000	1000	1098	1098	1098	1098	1098	1000	1098	1366	
Болты съ гайками . . . .	1000	1000	1000	1000	1000	1098	1098	1098	1098	1098	1000	1098	1366	

Въ кривыхъ частяхъ пути, при пришивкѣ рельсовъ тремя костылями или при укладкѣ трехдырныхъ подкладокъ, 2 костыля помѣщаются со стороны выпуклости кривой \*), а со стороны, обращенной во внутрь кривой, помѣщается одинъ костыль.

Костыли забиваются въ шахматномъ порядке (т. е. не по одной линіи по длине шпалы, чтобы ее не расколоть) отвѣсно; головка промежуточного костыля должна плотно прилегать сверху и сбоку къ подошвѣ рельса, а стыкового костыля -- къ фасонной накладкѣ; при этомъ стыковой костыль долженъ непремѣнно проходить черезъ шпунтъ накладки.

\*) т. е. съ наружной стороны пути наружнаго рельса и съ внутренней стороны пути внутренняго рельса.

Для правильности забивки костылей рекомендуется производить таковую одновременно двумя рабочими, которые поочередно ударяют въ средину головки костыля, стараясь при этомъ, чтобы костыль сохранялъ перпендикулярное къ шпалѣ положеніе, и чтобы ребро клина костыля было перпендикулярно къ волокнамъ дерева шпалѣ.

Во всякомъ случаѣ, забивка должна производиться съ должною сторожностью, чтобы не смять головки костыля и не расколоть шпалы. Если выдернутый костыль придется забить въ прежнее или другое мѣсто, то предварительно въ старое мѣсто загоняется деревянная пробка.

При забивкѣ костылей въ дубовые или лиственничные шпалы слѣдуетъ предварительно просверлить обыкновеннымъ плотничнымъ буравомъ для костылей дыры діаметромъ не болѣе  $3/8"$  и глубиной до  $2\frac{1}{2}"$ .

## § 12.

### Зазоры между рельсами.

При перекрытии стыковъ парными накладками, между стыками рельсовъ должны быть оставлены промежутки (зазоры), величина которыхъ опредѣляется по формулѣ

$$f = \alpha (T - t) l$$

гдѣ  $f$ —величина зазора,

$\alpha$ —коэффиціентъ линейного расширения стали,

равный 0,00001348 (на одинъ градусъ Реом.).

$T$ —предѣльная температура ( $+40^{\circ}$  Реомюра),

$t$ —температура во время укладки,

$l$ —длина рельса.

Вычисленныя по этой формулѣ величины зазоровъ повѣряются согласно таблицѣ № 3 желѣзными или стальными прокладками.

## Таблица № 3

зазоровъ (въ саж.) между рельсами при различныхъ температурахъ.

<i>t</i> температу- ра укладки пути.	Величина зазора при длинѣ рельса.		Принятая толщина прокла- докъ.	Величина зазора при длинѣ рельса.		Принятая толщина прокла- докъ.
	28'	25'6"		23'	20'6"	
+30	0,00054	0,00049	0,0010	0,00044	0,00039	) 0,0010
+20	0,00108	0,00098	0,0015	0,00089	0,00078	)
+10	0,00162	0,00147	0,0020	0,00133	0,00117	0,0015
0	0,00216	0,00196	0,0025	0,00177	0,00156	0,0020
-10	0,00270	0,00245	0,0030	0,00221	0,00195	0,0025
-20	0,00323	0,00294	0,0035	0,00266	0,00234	0,0030
-30	0,00377	0,00343	0,0040	0,00310	0,00273	0,0035

## § 13.

При доставкѣ балласта поездами укладка пути производится сначала прямо на спланированномъ земляномъ полотнѣ; первоначальную вывѣрку пути для прохода балластныхъ поездовъ слѣдуетъ дѣлать подбивкою шпалъ землею, взятою съ бермъ; по мѣрѣ вывозки балласта производится подъемка пути на нижний балластный слой до проектной высоты, при чёмъ, для предупрежденія застоя воды въ полотнѣ, слѣдуетъ, до разсыпки балласта, приподнять вдавшіяся въ грунтъ шпалы и заровнять образовавшіяся въ землѣ неровности и углубленія. Вообще-же къ вывозкѣ и разсыпкѣ балласта должно быть приступлено по возможности немедленно по укладкѣ, чтобы уменьшить щаду по незабалластированному пути.

При укладкѣ пути непосредственно на балластномъ слоѣ, балластъ разсыпается на высоту до нижней поверхности шпалъ, а по ширинѣ на 0,65 саж. въ обѣ стороны отъ оси пути, что соответствуетъ примѣрно половинному количеству потребнаго къ разсыпкѣ балласта; на этомъ слоѣ производится укладка пути.

Недостающее количество балласта доставляется рабочими поездами.

## § 14.

### **Укладка пути въ прямыхъ частяхъ.**

Въ прямыхъ частяхъ пути вывѣренный и вырихтованный путь долженъ представлять двѣ совершенно параллельныя линіи (въ равномъ разстояніи отъ оси) и имѣть разстояніе между внутренними гранями головокъ рельсовъ точно  $5' = 0,7143$  саж. Желѣзный шаблонъ долженъ проходить между головками рельсовъ безъ защемленія, и игра или зазоръ не можетъ быть болѣе 0,001 саж. При укладкѣ же рельсовъ путь шьется на 0,002 саж. шире нормальнааго шаблона

При укладкѣ пути въ прямыхъ частяхъ должно быть обращено особенное вниманіе:

а) на правильность расположенія стыковъ; это расположение повѣряется по наугольнику, согласно § 10 настоящей Инструкціи;

б) на правильность и одинаковую величину зазоровъ, и

в) на то, чтобы линія, касательная къ верхней грани рельсовъ на подбитомъ (поднятомъ на полный балластный слой) пути, въ каждомъ сѣченіи, перпендикулярномъ къ оси пути, была (за исключеніемъ нижеуказанныхъ случаевъ) совершенно горизонтальна; горизонтальность эта повѣряется линейкой съ водянымъ уровнемъ или ватерпасомъ.

## § 15.

### **Укладка пути въ кривыхъ частяхъ.**

При укладкѣ рельсовъ въ кривыхъ пути радиусовъ въ 400 саж. и менѣе, они должны быть изогнуты по дугамъ круга. Стрѣлы выгиба рельсовъ опредѣляются изъ формулы

$$f = \frac{l^2}{8R}, \text{ где}$$

$f$ —стрѣла выгиба,

$l$ —длина изгибаляемаго рельса,

—радіусъ кривой.

Въ таблицѣ № 5 даны значенія  $f$  для разныхъ длинъ рельсовъ и разныхъ радиусовъ.

## ТАВЛИЦА № 4

стрѣлъ выгиба рельсовъ на кривыхъ (въ саженяхъ).

R	ПРИ ДЛИНѢ РЕЛЬСА.			
	28'—4 с.	25'6"=3,64286 с.	23'=3,2857 с.	20'6"=2,92869 с.
120	0,0167	0,0138	0,0112	0,0089
150	0,0133	0,0110	0,0090	0,0072
200	0,0100	0,0082	0,0068	0,0054
250	0,0080	0,0068	0,0055	0,0043
300	0,0066	0,0054	0,0045	0,0036
350	0,0057	0,0047	0,0039	0,0031
400	0,0050	0,0040	0,0030	0,0027

Въ кривыхъ наружныйъ рядъ рельсовъ длиннѣе внутренняго. Для сравненія стыковъ, какъ упомянуто выше (§ 2), употребляются укороченные рельсы, которые на 5" короче нормальныхъ; при этомъ *наружный рядъ укладывается рельсами нормальной длины*, а по внутреннему ряду, черезъ известное число рельсовъ нормальной длины кладется укороченный рельсъ.

Число рельсовъ нормальной длины по наружному ряду, соответствующее одному укороченному рельсу по внутреннему ряду, опредѣлится изъ формулы

$$n = \frac{l-d}{l} \times \frac{R + \frac{e}{2}}{e}$$

гдѣ  $n$ —число рельсовъ нормальной длины по наружному ряду,

$l$ —длина нормального рельса,

$d$ —“ укороченного,

$R$ —радиусъ оси пути,

$e$ —ширина колеи.

При укладкѣ рельсовъ въ кривыхъ должно быть соблюдано правило, чтобы *отклонение стыка внутренняго ряда отъ нормали, проходящей черезъ соответствующий стыкъ наружного ряда, не превосходило 2½ дюймовъ*.

Поэтому первый укороченный рельсъ кладется отъ начала кривой не на разстояніи показаннаго въ таблицѣ числа рельсовъ, а лишь на половинномъ разстояніи.

Въ таблицѣ № 6 даны для различныхъ радиусовъ, закругленій и нормальныхъ длинъ рельсовъ (28', 25'6", 23' и 20'6"):

**ТАБЛИЦА № 5**

укладки укороченныхъ рельсовъ въ кривыхъ при нормальной длинѣ рельса въ 28 футъ:

Радиусъ кривой $R$ въ саж.	Наруж- ная кри- вая.			Радиусъ кривой $R$ въ саж.	Наруж- ная кри- вая.		
	28'	28'	27'7"		28'	28'	27'7"
	ш т у къ.				ш т у къ.		
200	4	3	1	450	9	8	1
	4	3	1		9	8	1
	4	3	1		9	8	1
	4	3	1		9	8	1
	4	3	1		9	8	1
	4	3	1		9	8	1
	4	3	1		9	8	1
	5	4	1		12	11	1
250	5	4	1	500	10	9	1
	5	4	1		10	9	1
	5	4	1		10	9	1
	5	4	1		10	9	1
	5	4	1		12	11	1
	6	5	1				
300	6	5	1	600	12	11	1
	6	5	1		13	12	1
	6	5	1				
	6	5	1				
	7	6	1				
350	7	6	1	700	14	13	1
	7	6	1		14	13	1
	7	6	1		14	13	1
	8	7	1				
400	8	7	1	800	16	15	1
	9	8	1		16	15	1
	8	7	1		18	17	1
					21	20	1

Для определенія этого порядка укладки рельсовъ по внутренней кривой, пользуются таблицей № 7, въ коей даны для различныхъ радиусовъ закругленій длины дугъ по внутренней кривой, соответствующія длинѣ нормальныхъ рельсовъ по наружной кривой.

## ТАБЛИЦА № 6

длины дугъ внутренней кривой, соответствующихъ нормальной длины рельса на наружной кривой.

Радиус (саж.)	150	200	250	300	350	400	500
Длина рельса (фут.)							
20,5 . . . . .	20,3991	20,4242	20,4394	20,4494	20,4567	20,4621	20,4696
23 . . . . .	22,8868	22,9150	22,9320	22,9433	22,9514	22,9574	22,9659
25,5 . . . . .	25,3745	25,4058	25,4246	25,4371	25,4461	25,4528	25,4622
28 . . . . .	27,8622	27,8965	27,9172	27,9310	27,9408	27,9482	27,9585

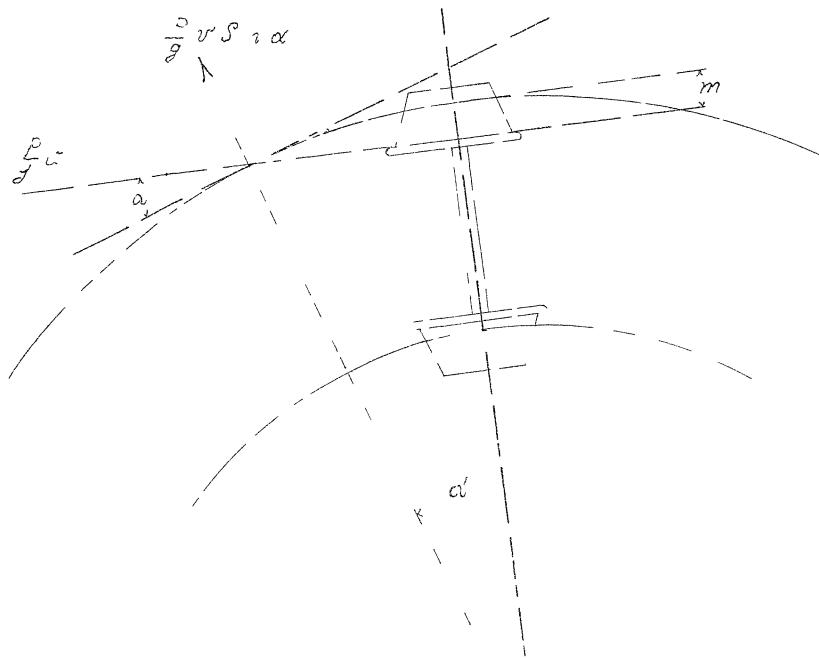
## § 16.

## Уширение пути въ кривыхъ.

Такъ какъ оси подвижного состава неизмѣнно параллельны и наглухо соединены съ насаженными на нихъ колесами, то для прохожденія его по кривымъ необходимо, во избѣженіе защемленія ребордъ и скользенія внутренняго колеса относительно наружнаго, насаженного на ту же ось \*), чтобы колея въ кривыхъ была нѣсколько уширена. Но съ другой стороны, слишкомъ большое уширение, дѣлая ходъ подвижного состава неспокойнымъ, служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ къ болѣе быстрому изнашиванію подвижного состава и рельсовъ и разстройству пути \*\*); по-

\* ) Путь, описываемый наружнымъ колесомъ по наружному ряду рельсовъ, болѣе пути, описываемаго въ то же время внутреннимъ колесомъ по внутреннему ряду, почему и происходитъ скольжение.

\*\*) Сила удара подвижного состава о рельсы, какъ известно, пропорциональна вѣсу подвижного состава, скорости его движения и синусу угла, образуемаго направлениемъ оси подвижного состава съ касательной кривой въ точкѣ встрѣчи колеса съ рельсомъ. См. черт.

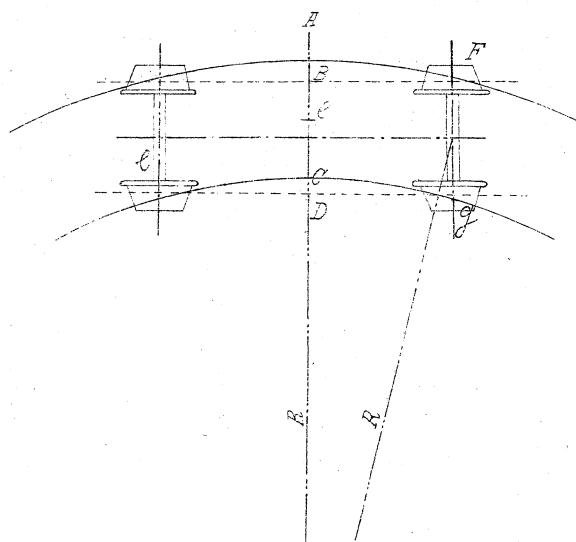


Этому на некоторыхъ дорогахъ \*) начинаютъ давать уширение не болѣе того, какое необходимо для уничтоженія защемленія колесныхъ ребордъ вагоновъ, имѣющихъ наибольшее разстояніе между неподвижными осями \*\*); при такихъ условіяхъ уширение на кривыхъ радиуса болѣе 250 саж. является излишнимъ;

т. е.  $P_{yg.} = \frac{P}{g} v \sin \alpha$ , но  $\cos \alpha = \frac{R-m}{R} = 1 - \frac{m}{R}$ ; следовательно, съ уменьшеніемъ  $m$  (при одномъ и томъ же  $R$ ) уменьшается уголъ  $\alpha$ , а съ нимъ  $\sin \alpha$ , т. е. уменьшается сила удара.

\*) Въ Пруссіи и наѣзъ на юго-западныхъ дорогахъ

\*\*) Величина уширения, удовлетворяющая этому условію, опредѣлится слѣдующимъ образомъ: предполагая, что въ кривыхъ зазоръ между рельсомъ и ребордю колеса долженъ быть тотъ же, что въ прямыхъ частяхъ пути, и обозначая черезъ



$e$ —ширина колеи,  
 $l$ —разстояніе между осями,  
 $d$ —диаметръ колеса,  
 $t$ —свѣтъ реборды колеса ниже касательной плоскости къ проѣзжей части рельса,  
 $R$ —радіусъ кривой,  
 $K$ —уширение,  
 $E$ —игра средней оси въ 6-ти колесномъ вагонѣ,—  
 тогда половина хорды соотвѣтствуетъ свѣту реборды  $= \sqrt{dt}$

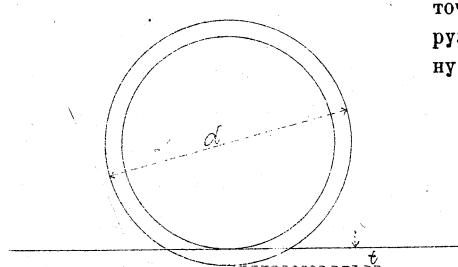
а) для 4-хъ колесныхъ вагоновъ:

$K = AB - CD$  или, пренебрегая шириной колеи,

$$K = \frac{BF^2}{2R} - \frac{Dg^2}{2R} = \\ = \frac{\left(\frac{l}{2} + \sqrt{dt}\right)^2 - \left(\frac{l}{2} - \sqrt{dt}\right)^2}{2R} = \\ = \frac{l\sqrt{dt}}{R}. \dots . (A)$$

б) для 6-ти колесныхъ вагоновъ уширение должно быть такое, чтобы среднее колесо достаточно опиралось на рельсы, поэтому уширение должно быть равно стрѣлкѣ дуги, хорда коей равна разстоянію между точками встрѣчи крайнихъ наружныхъ колесъ съ наружнымъ рядомъ рельсовъ, уменьшеннай на величину игры средней оси, т. е.

$$K = \frac{\left(\frac{l+2\sqrt{dt}}{2}\right)^2}{2R} - E = \\ = \frac{(l+2\sqrt{dt})^2}{8R} - E$$



на кривыхъ же радиусовъ менѣе 250 саж. означенное уширение получается значительно менѣе принимавшагося до послѣдняго времени.

Но цѣлесообразность небольшихъ уширенийъ, принятыхъ въ недавнее время на нѣкоторыхъ дорогахъ, еще достаточно не выяснена. Съ другой стороны, трудно установить для каждой данной кривой необходимую величину уширения, отвѣчающую всѣмъ случаюмъ прохожденія по ней подвижного состава, главнымъ образомъ вслѣдствіе разнообразія величинъ зазоровъ между ребордами колесъ и рельсами, зависящаго отъ большей или меньшей изношенности бандажей. Въ виду изложенного, на Пермь-Котласской желѣзн. дорогѣ уширение опредѣлено по эмпирической формулѣ:

$K = (470 - R) 0,03$  (въ тысячныхъ саж.), принятой на большинствѣ иностранныхъ и русскихъ желѣзныхъ дорогъ \*).

$$\text{обозначимъ } l + 2\sqrt{dt} = l_1 \text{ тогда } K = \frac{l_1^2}{8R} - E. . . . . (B)$$

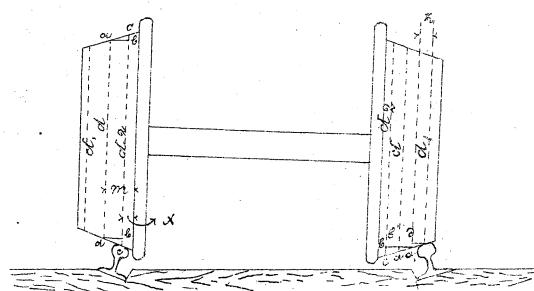
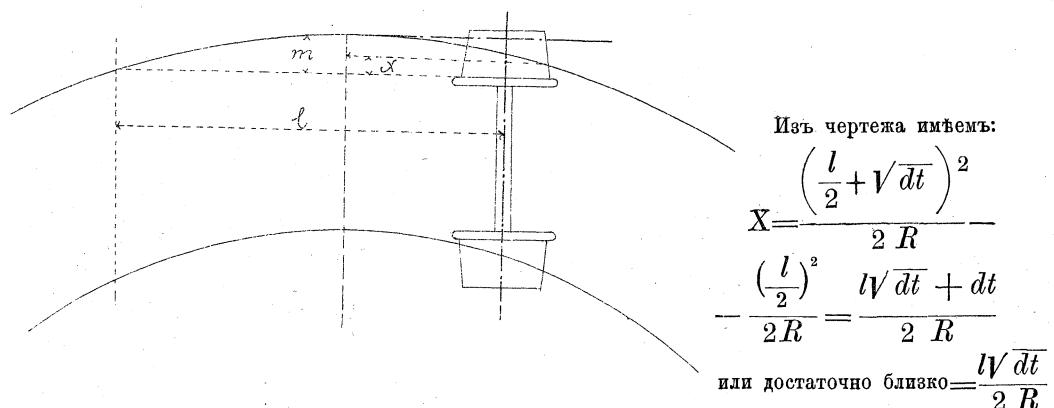
Полагая въ послѣдней формулы  $l=3,25$  саж.,  $d=0,5$  саж.,  $t=0,0165$  саж. и  $E=0,006$  саж., формула  $B$  примѣтъ видъ  $K = \frac{1470}{R} - 6$  въ тысячныхъ саж.

$$\text{или кругло } K = \frac{1500}{R} - 6; \text{ при } R=250, K=0.$$

На Прусскихъ желѣзн. дорогахъ на главныхъ линіяхъ прината формула  $K = \frac{6000}{R} - 12$  (въ миллиметрахъ), что соотвѣтствуетъ  $l=6,50$  mtr.,  $d=1,1$  mtr.,  $t=0,035$  mtr. и  $E=0,012$  mtr.

\*.) Въ Пруссіи для второстепенныхъ дорогъ  $K=(1000-R) 0,03$  въ миллиметрахъ.

Уширения, опредѣленныя по формуле  $K=(470-R)\times 0,03$ , близко подходятъ къ тѣмъ, какія требуются условіемъ движенія колесъ безъ скользенія.



Изъ этой формулы слѣдуетъ, что уширение пути въ кривыхъ требуется лишь при радиусахъ закругленія менѣе 500 саж.

Въ приведеной выше таблицѣ № 1 (см. стр. 8) помѣщены уширения, опредѣленныя по означенной формулѣ для радиусовъ отъ 100 до 500 саж.

На Пермь-Котласской желѣзной дорогѣ, въ отношеніи уширения пути въ кривыхъ, приняты слѣдующія правила:

1) Уширение колес въ кривыхъ частяхъ пути дѣлается лишь при радиусахъ закругленій менѣе 500 саж. Въ кривыхъ же радиусовъ въ 500 и болѣе саженъ разстояніе между внутренними гранями головокъ рельсовъ (ширина колес) сохраняется то же, что въ прямыхъ частяхъ, а именно  $5' = 0,7143$  саж.

2) Уширение пути получается отодвиганіемъ внутреннихъ рельсовъ къ центру кривой на всю величину требуемаго уширенія  $l$ , тогда какъ наружный рядъ остается на мѣстѣ, такъ, что наружный рядъ долженъ отстоять отъ оси пути на  $\frac{l}{2}$ , а внутренній рядъ – на  $\frac{l}{2} + K$ .

Для движенія колесъ безъ скользенія необходимо условіе, чтобы проходи-  
мые ими пути были пропорциональны діаметрамъ круговъ катанія, т. е.

$$\begin{aligned} S_1 : S_2 &= d_1 : d_2; \text{ но такъ какъ} \\ S_1 : S_2 &= \left(R + \frac{e}{2}\right) : \left(R - \frac{e}{2}\right), \text{ то} \\ \frac{d_2 - d_1}{d_1 + d_2} &= \frac{e}{2R}, \text{ или} \\ d_2 - d_1 &= \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot \frac{e}{R} = \frac{de}{R} \end{aligned}$$

Такъ какъ между рельсомъ и ребордой колеса существуетъ зазоръ  $m$ , то колеса могутъ передвинуться внаружу кривой на величину (см. черт. на стр. 20)  $ab = m - x = m - \frac{lV dt}{2R}$ , где  $d$  діаметръ колеса и  $t$  высота свѣшивающейся части реборды.

Но  $d_2 - d_1 = 2b'c + 2a'd = 4bc + 2a'd = \frac{4ab}{n} + \frac{2K}{n} = \frac{4}{n}(m - \frac{lV dt}{2R}) + \frac{2K}{n}$  ( $n$  – коничность колеса),

следовательно  $\frac{de}{R} = \frac{4}{n}(m - \frac{lV dt}{2R}) + \frac{2K}{n}$ , откуда  $K = \frac{n de}{2R} + \frac{lV dt}{R} - 2m = \frac{n de + 2lV dt}{2R} - 2m$

Полагая  $d = 0,50$  саж.,  $l = 3,00$  саж.,  $t = 0,0165$  саж.;  $\frac{1}{n} = \frac{1}{20}$ ,  $e = 0,714$

$$K = \frac{3,80}{R} - 2m \dots\dots (C)$$

Изъ этой формулы слѣдовало бы, что при величинѣ  $m$  зазора въ 0,0075 саж. на пря-

Ширина пути повѣряется согласно таблицѣ № 2 желѣзнымъ шаблономъ, при чмъ во время укладки путь шьется на 0,001 саж. шире шаблона, относя это уширение въ сторону наружнаго рельса.

3) Уширение должно начинаться на некоторомъ разстояніи отъ кривой, такъ, чтобы въ началѣ кривой колея имѣла бы требуемое для данного радиуса уширение. Если путь разбить съ сопрягающими кривыми, то постепенность въ уширении получится соответственно существующей постепенности измѣненія радиуса переходной кривой, и уширение начнется въ томъ мѣстѣ переходной кривой, гдѣ радиусъ ея равенъ 500 саж. Если же путь разбить безъ сопрягающихъ кривыхъ, то уширение должно начинаться, постепенно увеличиваясь, передъ кривой (меньшаго радиуса) въ разстояніи: отъ ея начала  $a=500(h-h_1)$  \*). . . . . (A) гдѣ  $h-h_1$  относительное возвышеніе наружныхъ рельсовъ кривыхъ, при чмъ при переходѣ съ прямой или съ кривой радиуса болѣе 500 саж.,  $h_1$  берется какъ дкя кривой радиуса въ 500 саж.

Значеніе  $a$  опредѣляется еще изъ эмпирической формулы  $a=1,25k$ , . . . . . (B) гдѣ  $k$  уширение въ тысячныхъ сажени, причемъ по формулѣ (B) получается большая величина, чмъ по формулѣ (A).

4) При отланіи зарубокъ на шпалахъ должно быть принято во вниманіе уширение пути въ кривой, причемъ путь сразу укладывается съ соответственнымъ для данной кривой уширениемъ.

Постепенное уширение въ прямой или въ кривой большого радиуса дѣлается при окончательной рихтовкѣ пути; при укладкѣ же путь шьется по нормаль-

момъ пути уширение въ кривыхъ требуется лишь при радиусахъ менѣе 250 саж. Но принимал, что на кривыхъ наиболѣе часто встречающихся радиусовъ реборда не должна соприкасаться съ рельсомъ, слѣдуетъ въ формулѣ С для радиуса до 150 саж. положить  $m=0,0075$  саж. (реборда соприкасается съ рельсомъ). При радиусѣ  $R=200$  положить  $m=0,005$  с. (реборда не доходитъ къ 0,0025 с.). При радиусѣ  $R=300, 400$  и  $500$ ,  $m=0,0035$  (реборда не доходитъ къ 0,004 с.). При этихъ условіяхъ результаты формулы С близко совпадаютъ съ результатами вычисленія по принятой для уширения эмпирической формулѣ.

\*.) Эта формула получается на основаніи соображеній, изложенныхъ ниже, въ § 18.

нымъ шаблонамъ для прямой или соотвѣтственной кривой.

### § 17.

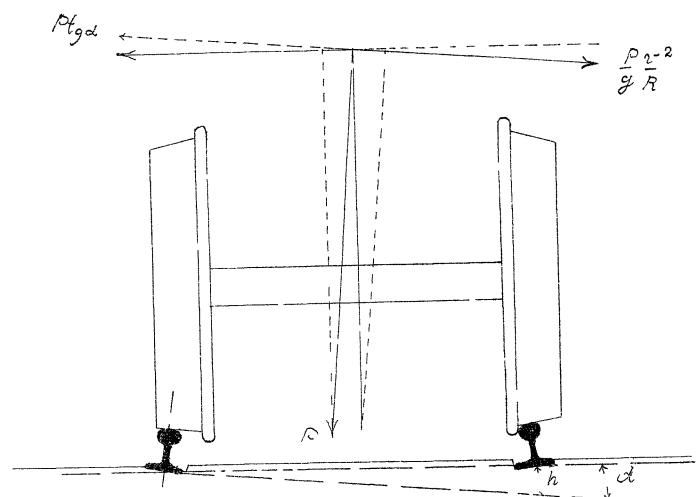
**Возвышеніе наружнаго рельса въ кривыхъ.**

Въ прямыхъ частяхъ пути (§ 14) рельсы обѣихъ рельсовыхъ линій лежать въ одномъ уровнѣ, такъ что линія, касательная къ поверхности головокъ обѣихъ линій въ вертикальной плоскости, перпендикулярной къ оси пути, должна быть горизонтальна. Въ кривыхъ частяхъ пути наружный рядъ рельсовъ нѣсколько возвышается надъ внутреннимъ, и означенная касательная не горизонтальна.

Возвышеніе это дѣлается для противодѣйствія центробѣжной силѣ, развивающейся при прохожденіи подвижного состава по кривымъ, и величина этого возвышенія можетъ быть опредѣлена изъ условія (предполагая путь безъ уширенія), чтобы составляющая отъ собственного вѣса подвижного состава по направлению къ центру кривой равнялась центробѣжной силѣ, или, что все равно, чтобы равнодѣйствующая сила отъ собственного вѣса и центробѣжной силы была перпендикулярна къ вышеуказанной касательной линіи къ головкамъ рельсовъ.

Обозначая:

- $P$ —вѣсъ подвижного состава,
- $v$ —скорость движенія въ секунду,
- $g$ —ускореніе силы тяжести,
- $R$ —радіусъ оси закругленія,
- $h$ —возвышеніе наружнаго рельса,
- $e$ —разстояніе между срединами рельсовыхъ головокъ,
- $\alpha$ —уголъ наклоненія верхняго строенія.



Величина центробежной силы выразится формулой  $\frac{P}{g} \times \frac{v^2}{R}$ , и тогда для удовлетворения указанному условию будемъ имѣть

$$Ptga = \frac{P}{g} \times \frac{v^2}{R}$$

по малости угла полагая  $tga = Sina$ , получимъ

$$PSina = \frac{P}{g} \times \frac{v^2}{R} \text{ или}$$

$$\frac{Ph}{e} = \frac{P}{g} \times \frac{g^2}{R}, \text{ откуда}$$

$$h = \frac{ev^2}{gR} *) \dots A$$

Полагая  $e=5$  фут.,  $g=32,2$  фута, задавая  $v$ —скорость въ верстахъ въ часъ и выражая  $h$  въ тысячныхъ сажени, формула преобразуется въ

$$h = \frac{5}{32,2} \times v^2 \left( \frac{3500}{3600} \right)^2 \frac{1}{7} P \times \frac{1000}{7} = \frac{3v^2}{R} \text{ (версты)} \quad (B) \text{ (саж.)} \dots$$

Изъ формулы этой видно, что для данной кривой определенное по формуле (B) возвышение соответствуетъ одной определенной скорости поѣзда, и если это возвышение определено для наибольшей скорости, то для другихъ скоростей оно будетъ отчасти преувеличено. Но такъ какъ въ эту формулу не введено влияние другихъ обстоятельствъ, имѣющихъ значение на величину действующихъ по радиусамъ силъ \*\*\*) и увеличивающихъ значение  $h$ , то для безопасности движения возвышение наружного рельса лучше назначать по формуле (B), введя въ расчетъ предельные допущенные скорости.

Въ слѣдующей таблицѣ № 7 даны величины  $h$  для различныхъ радиусовъ закругленій при скоростяхъ отъ 20 до 50 верстъ въ часъ.

\*) Если ввести коничность колесъ и уширение пути, то для определенія  $h$  необходимо для  $Sina$  подставить значение  $h + \frac{2K}{n}$ , где  $K$  величина, на которую передвинется колесо внаружу пути, и  $\frac{1}{n}$  коничность колесъ  $= \frac{1}{20}$ , и тогда

$$h = \frac{ev^2}{gR} - \frac{2K}{n}.$$

\*\*) Какъ-то: влияние силы инерціи поѣзда, змѣевиднаго его движенія, силы вѣтра, осевого движенія земли и движенія по уклонамъ.

## ТАБЛИЦА № 7

возвышеній наружнаго рельса въ кривыхъ  
 $h$  (въ тысячныхъ саж.) =  $\frac{3v^2}{R}$  (версты въ часъ).  
 (въ саженяхъ).

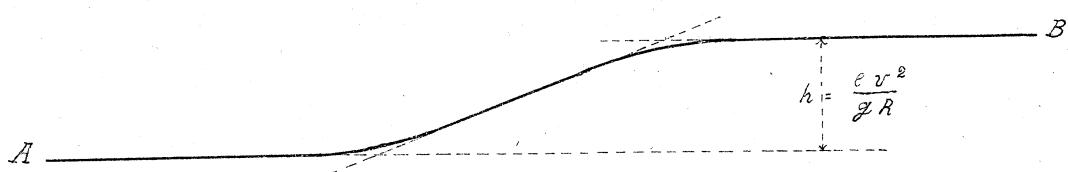
$R$	Величина возвышеній при скоростяхъ:						
	$v=20$	$v=25$	$v=30$	$v=35$	$v=40$	$v=45$	$v=50$
150	8,00	12,50	18,00	24,50	32,00	40,50	50,00
200	6,00	9,37	13,50	18,37	24,00	30,37	37,50
250	4,80	7,50	10,80	14,70	19,20	24,30	30,00
300	4,00	6,25	9,00	12,25	16,00	20,25	25,00
350	3,43	5,36	7,71	10,50	13,71	17,36	21,43
400	3,00	4,69	6,75	9,19	12,00	15,19	18,75
450	2,66	4,16	6,00	8,16	10,66	13,50	16,66
500	2,40	3,75	5,40	7,35	9,60	12,15	15,00
600	2,00	3,12	4,50	6,12	8,00	10,12	12,50
700	1,71	2,68	3,86	5,25	6,86	8,68	10,71
800	1,50	2,34	3,37	4,59	6,00	7,59	9,37
900	1,33	2,08	3,00	4,08	5,33	6,75	8,33
1000	1,20	1,87	2,70	3,67	4,80	6,07	7,50

Глава III. Сопрягающія повышенія и сопрягающія или переходныя кривыя.

## § 18.

Переходъ къ повышенному наружному рельсу въ кривой и вообще переходъ отъ одного повышенія наружнаго рельса къ другому, такъ называемое *сопрягающее повышеніе*, дѣлается пологимъ уклономъ отъ 0,001 до 0,004; образуемые при этомъ углы закругляются, и сопрягающее повышеніе получаетъ видъ, показанный на чертежѣ (а):

ЧЕРТ. А.



Повышенію  $(h = \frac{ev^2}{gR})$  въ каждой точкѣ сопрягающаго повышенія долженъ соотвѣтствовать опредѣленный радіусъ, а потому сопрягающее повышеніе въ планѣ располагается по кривой, *сопрягающей или переходной*, которая опредѣляется слѣдующими двумя условіями:

$$h = \frac{ev^2}{g\rho} \quad \dots \quad (a)$$

$$h = is \quad \dots \quad (b)$$

гдѣ  $\rho$ —перемѣнныи радіусъ,

$i$ —сопрягающій уклонъ,

$s$ —длина горизонтальной проекціи сопрягающаго уклона.

Для простоты вычисленій принято, что вертикальная проекція сопрягающей кривой есть наклонная прямая ( $h = is$ ). Такое допущеніе вполнѣ удовлетворяетъ практическимъ требованіямъ.

Изъ уравненія (б) вытекаетъ, что длина сопрягающей кривой равняется длине сопрягающаго уклона, но для плавности входа подвижного состава на сопрягающую кривую и выхода съ нея установлены практикой слѣдующія правила:

„чтобы возвышение наружного рельса въ началѣ сопрягающей кривой было равно половинѣ того возвышенія, которое необходимо для данной дуги, а въ случаѣ сопряженія двухъ дугъ разнаго радиуса, чтобы относительное возвышение въ началѣ сопрягающей кривой было равно половинѣ относительного возвышенія въ концѣ ея“.

Это правило требуетъ, чтобы длина сопрягающаго повышенія была по возможности равна двойной длине сопрягающей кривой.

Отступленіе отъ этого правила допускается лишь въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ того требуютъ мѣстныя условія, и только въ самыхъ крайнихъ случаяхъ длина сопрягающаго повышенія можетъ быть уменьшена до длины сопрягающей кривой.

ПРИМѢЧАНІЕ. Въ кривыхъ радиусовъ до 250 саж. желательно не отступать отъ основного правила, т. к. чѣмъ меньше радиусъ, тѣмъ полезнѣе придерживаться указанаго правила.

На Пермь-Котласской жел. дорогѣ при определеніи длины сопрягающихъ кривыхъ принять расчетный уклонъ въ 0,002; сообразно сему, длина сопрягающей кривой составить:

$$S=l=500 \text{ } h \text{ и соответственно } S_1=l_1=500 \text{ } (h-h_1)$$

длина сопрягающаго уклона,

$$d=1000 \text{ } h \text{ и соответственно } d_1=1000 \text{ } (h-h_1)$$

гдѣ  $h$  и  $h-h_1$  повышенія (абсолютное и относительное) наружнаго рельса въ тысячныхъ сажени.

## § 19.

### Устройство повышений наружнаго рельса въ кривыхъ.

Повышение наружнаго рельса надъ внутреннимъ можетъ быть получено или полнымъ повышениемъ наружнаго рельса или полнымъ понижениемъ внутренняго рельса, или, наконецъ, повышениемъ наружнаго рельса на половину полнаго возвышенія и понижениемъ на такую же величину внутренняго рельса.

Въ теоретическомъ отношеніи послѣдній способъ представляетъ нѣкоторыя преимущества, т. к. при этомъ способѣ колебанія центра тяжести подвижного состава по вертикальной плоскости весьма незначительны и всходъ и спускъ на половину менѣе, но зато онъ затрудняетъ вывѣрку пути, т. к. ни одинъ изъ рельсовъ въ этомъ случаѣ не находится на проектной высотѣ; поэтому обыкновенно пользуются однимъ изъ первыхъ способовъ.

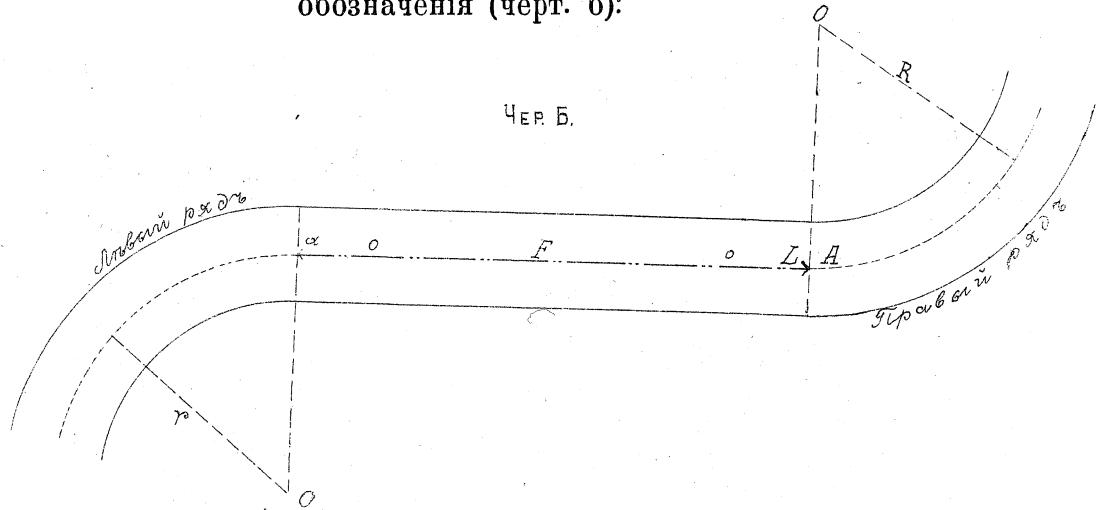
На Пермь-Котласской жел. дорогѣ для полученія повышенія наружнаго рельса принять первый способъ, т. е. *внутренний рельсъ остается на проектной высотѣ, а наружный рельсъ повышается на полную требуемую для данного радиуса кривой величину.*

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ это видно ниже, сопрягающее повышеніе предложено выполнить по третьему способу.

## § 20.

**Устройство сопрягающихъ повышений.**

Полагаемъ, что сопрягающія повышенія устроены съ сопрягающими кривыми. Сдѣлаемъ слѣдующія обозначенія (черт. б):



$r$ —радіусъ кривой,

$h$ —соответствующее радиусу  $r$  повышеніе наружнаго рельса,

$l$ —длина сопрягающей кривой,

$d$ —длина сопрягающаго повышенія,

$R, H, L$  и  $D$ —соответственныя величины для кривой радиуса  $R$ ,

$T$ —разстояніе между точками  $a$  и  $A$ —концами сопрягающихъ кривыхъ.

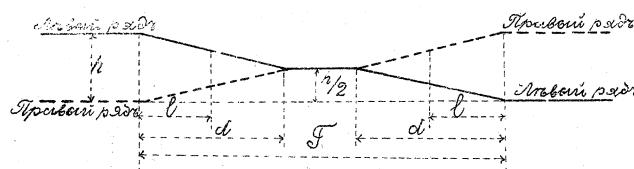
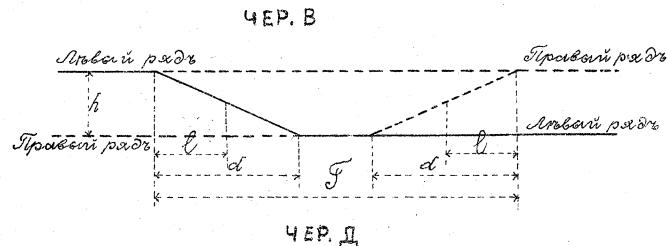
Разсмотримъ слѣдующіе встрѣчающіеся на практикѣ случаи устройства сопрягающихъ повышеній.

*A) Кривыя идутъ въ разныя стороны.*

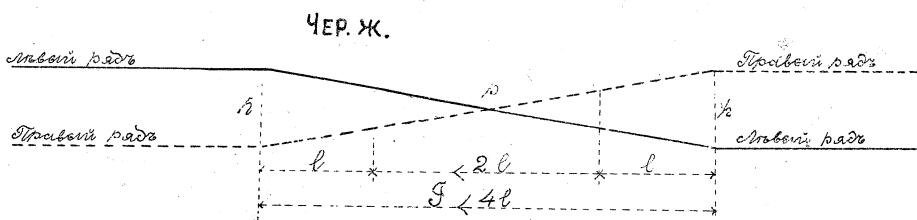
1) Длина прямой, заключающейся между двумя кривыми, велика. Въ этомъ случаѣ устройство сопрягающихъ повышеній не встрѣчаетъ никакихъ затрудненій, и оно дѣлается согласно § 18.

2)  $r=R$ , а длина  $T$  равна или немногого больше  $2l+2l=2d$  (см. § 18). Сопрягающее повышеніе мо-

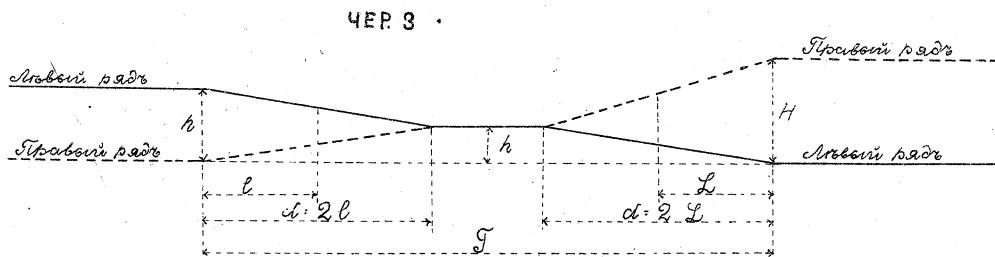
жеть быть выполнено или по чертежу (в), или по чертежу (д):



3)  $r=R$ , а  $T$  меньше  $2l+5$  саж.; тогда сопрягающее повышение слѣдуетъ построить по чертежу (ж). Точка  $p$ , гдѣ спускающіеся рельсы лежать на одномъ уровнѣ, находится по срединѣ прямой, соединяющей концы сопрягающихъ кривыхъ

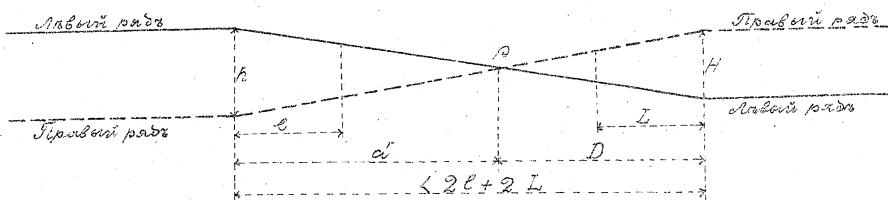


4) Когда  $r \geq R$ , а длина  $T$  равна или немного больше  $2l+2L$ , то сопрягающее повышение строится примѣнительно къ чертежу (д) по чертежу (з), при чмъ  $k$  равно половинѣ наименьшаго повышенія, т. е. если  $h < H$ , что будетъ когда  $r > R$ , то  $k = \frac{h}{2}$ .



5)  $r \geq R$ ;  $T$  менѣе  $2l+2L$ , но болѣе  $L+l+5$  саж.; тогда сопрягающее повышение строится по чертежу (и), дѣлая уклоны сопрягающихъ повышений одинаковыми, т. е.  $H:h=D:d$   
при чмъ  $d$  (разстояніе точки  $p$  отъ конца сопрягающей кривой) =  $\frac{Th}{H+h}$ , а ордината этой точки относительно нормальной высоты рельса  $y = \frac{hD}{T} = \frac{Hd}{T}$

ЧЕР. И.



Положеніе точки  $p$  должно быть опредѣлено точно для каждой пары кривыхъ и обозначено на полотнѣ дороги для правильной укладки и повѣрки пути при ремонтѣ.

Вообще нужно замѣтить, что при входѣ съ прямой на кривую и выходѣ съ послѣдней на прямую подвижной составъ испытываетъ болѣе или менѣе сильные толчки, происходящіе отъ стремленія движущейся массы сохранить направлениѣ предыдущаго движенія, а также отъ стремленія ходовыхъ частей сохранить нѣкоторое время пріобрѣтенное положеніе. Чѣмъ менѣе прямая вставка между обратными кривыми, тѣмъ сильнѣе, при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ, толчки. Если же кривыя, обращенные въ разныя стороны, слѣдуютъ непрерывно одна за другой, то подвижной составъ, приспособившійся къ движению по одной кривой, при выходѣ изъ нея встрѣтитъ слѣдующую кривую при самомъ неудобномъ положеніи ходовыхъ частей для движенія по ней, что вызываетъ еще большія неправильности въ движеніи. Въ виду сего, укладка пути въ обратныхъ кривыхъ безъ прямыхъ вставокъ можетъ быть допущена лишь въ исключительныхъ случаяхъ, а вообще кривыя, обращенные въ разныя стороны, если сумма радиусовъ

ихъ менѣе 1000 саж., должны быть раздѣлены прямой вставкой, длиною, считая между начальными точками сопрягающихъ кривыхъ, не менѣе 5 саж. Изъ изложенного слѣдуетъ, что на устройство пути въ прямыхъ вставкахъ между обратными кривыми должно быть обращено особое вниманіе.

**П р и мѣчаніе.** Примѣнительно къ § 2 техническихъ условій на постройку Пермь-Котласской жел. дороги, если сумма радиусовъ равна или болѣе 1000 саж., допускается непосредственное сопряженіе кривыхъ безъ означенной прямой вставки въ 5 саж.; въ такомъ случаѣ между концами тангенсовъ, указанными на профилѣ, должна быть оставлена прямая, равная длины двухъ сопрягающихъ кривыхъ для радиусовъ  $R$  и  $R'$ , и часть сопрягающаго повышенія строится на кривой большого радиуса.

### В) Кривыя идутъ въ одну сторону.

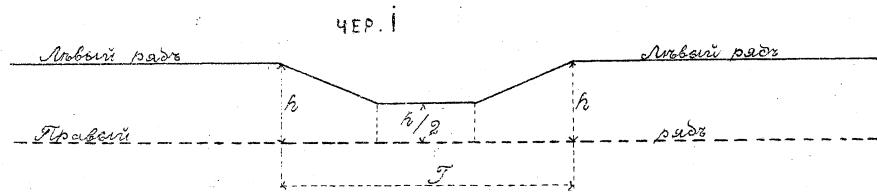
#### 1) Кривыя слѣдуютъ непосредственно одна за другой.

Сопрягающему относительному повышенію придаются по возможности двойную длину сопрягающей кривой; при этомъ въ конечной точкѣ сопрягающей кривой повышеніе должно быть полное.

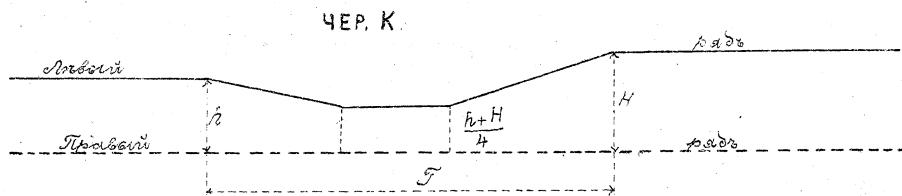
2) Между дугами имѣется прямая вставка, длина коей немного болѣе  $2l+2L$ , но не менѣе  $l+L+5$  саж.

Если радиусы равны, то прямой вставкѣ между сопрягающими кривыми придается повышеніе, равное половинѣ полнаго (черт. i).

Если радиусы не равны между собой, то означенной вставкѣ придается повышеніе равное

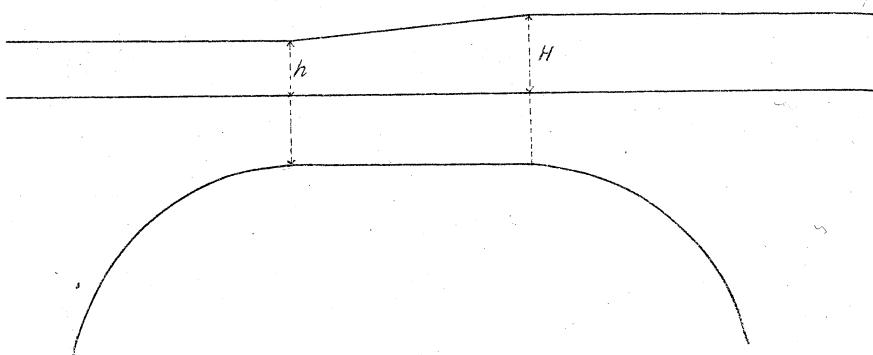


среднему ариѳметическому изъ половинъ полныхъ повышений (черт. к).



3) Если  $T$  менѣе  $l+L+5$  саж., то сопряженіе устраивается помошью дополнительной дуги (см. ниже), и все сказанное о повышеніи прямой вставки между сопрягающими кривыми относится къ повышенію дополнительной дуги.

**П р и мѣчаніе.** Если переходить устроенъ безъ сопрягающихъ кривыхъ, то наружному рельсу прямой вставки даютъ повышеніе, которое получается соединеніемъ повышеній данныхъ дугъ въ началѣ ихъ тангенсовъ.



## § 21.

### Устройство сопрягающихъ кривыхъ.

*Сопрягающая* или *переходная* кривая задается условіемъ (см. § 18), чтобы въ каждой точкѣ кривой повышенію наружнаго рельса соотвѣтствовалъ опредѣленный радиусъ, который въ такомъ случаѣ при сопряженіи прямой съ кривою радиуса  $R$  долженъ измѣняться отъ  $\infty$  до  $R$ .

Обозначая черезъ  $\rho$ —перемѣнныи радиусъ кривизны сопрягающей кривой въ точкѣ  $B$  (см. черт. 1, листъ V).

$x$  и  $y$ —ординаты этой точки относительно прямоугольныхъ осей  $x$  и  $y$ , взятыхъ по касательной и нормали въ начальной точкѣ  $A$  сопрягающей кривой ( $\rho$  для точки  $A=\infty$ ).

Принимая затѣмъ, что проекція сопрягающей кривой на ось абсциссъ (ось  $x$ -овъ) по значительной пологости равна самой кривой, указанное условіе выразится уравненіями:

$$h = \frac{ev^2}{g\rho} \quad \dots \quad \text{(a),}$$

$$h = is \text{ или } h = ix \quad \dots \quad \text{(б),}$$

$$\text{или } ix = \frac{ev^2}{g\rho}.$$

$$\text{Откуда } \rho = \frac{ev^2}{gix} = \frac{P}{x} \quad \dots \quad \text{I, где}$$

$l$ —ширина колеи,

$$P—\text{параметр сопрягающей кривой} = \frac{ev^2}{gi},$$

$v$ —предельная скорость,

$i$ —согласно § 18=0,002; следовательно, для данной  
 $v$ —параметр  $P$  есть величина постоянная.

$$\text{Какъ известно, } \rho = \frac{\left\{ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right\}^{3/2}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$$

Такъ какъ по пологости кривой  $\left( \frac{dy}{dx} \right)^2$ —квадратъ тангенса угла, составляемаго касательной къ кривой съ осью абсциссъ, представляетъ малую величину, то безъ большой погрешности можемъ принять, что

$$\rho = \frac{1}{\frac{d^2y}{dx^2}} \quad \text{или}$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{x}{P} \quad \dots \quad \text{II.}$$

Откуда, интегрируя это выражение и замѣчая, что при  $x=0$ ,  $\frac{dy}{dx} = 0$ , получаемъ

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^2}{2P} \quad \dots \quad \text{III.}$$

$$\text{Слѣдовательно, } \operatorname{tg}\beta = \frac{x^2}{2P}.$$

Интегрируя выраженіе III и замѣчая, что при  $x=0$ ,  $y=0$ , получаемъ

$$y = \frac{x^3}{6P} \quad \dots \quad \text{IV.}$$

Это выражение и представляет уравнение сопрягающей кривой, которая такимъ образомъ есть *кубическая парабола*.

Иногда эта кривая дается въ слѣдующемъ видѣ:

$$y = \frac{x^3}{6P} = \frac{x^3}{6\rho x} = \frac{x^2}{6\rho} \quad \dots \quad V$$

или также  $y = \frac{P^2}{6\rho^3}$ .

## § 22.

### Главные свойства сопрягающей кривой.

1) Абсцисса центра круга кривизны въ точкѣ  $B$  сопрягающей кривой, а вмѣстѣ съ тѣмъ и абсцисса самой пониженной точки этого круга кривизны, равна половинѣ абсциссы самой точки \*) ( $AE=EC$ ).

Изъ этого слѣдуетъ, что сопрягающая кривая лежитъ на половину предъ, на половину за первоначальной (по профилю) тангенсіальной точкой  $M$  дуги круга.

2) Ордината самой пониженной точки круга кривизны въ точкѣ  $B$  сопрягающей кривой (или что то же—разстояніе между осью абсциссъ и касательной къ означеному кругу кривизны, проведенной параллельно оси абсциссъ) равна одной четверти ординаты точки  $B$  \*\*), т. е.

$$ME=m=\frac{1}{4}y=\frac{x^3}{24P}=\frac{x^2}{24\rho}.$$

Изъ этого слѣдуетъ: а) что ордината центра круга кривизны въ точкѣ  $B$  сопрягающей кривой равна ра-

\*) Изъ чертежа видно  $EC=DB=\rho \sin\beta$ ; по малости угла  $\beta$ ,  $\sin\beta=tg\beta$ , слѣдовательно  $EC=\rho tg\beta=\rho \frac{x^2}{2P}=\frac{P}{x} \cdot \frac{x^2}{2P}=\frac{x}{2}$  при  $x=s$ ,  $EC=\frac{s}{2}=a$ .

\*\*) Изъ чертежа имѣемъ съ достаточной точностью:

$$\begin{aligned} DM &= \frac{DB^2}{2\rho} = \left(\frac{x}{2}\right)^2 = \frac{x^2}{8\rho}; \quad EM=ED-DM=BC-DM= \\ &= y-DM, \text{ а такъ какъ } y=\frac{x^2}{6\rho}, \text{ то } y-DM=\frac{x^2}{6\rho}-\frac{x^2}{8\rho}= \\ &= \frac{x^2}{24\rho}=\frac{1}{4}\left(\frac{x^2}{6\rho}\right)=\frac{1}{4}y. \end{aligned}$$

діусу кривизни, сложенному съ одной четвертью ординаты самой точки, т. е.

$$\gamma = \rho + \frac{1}{4}, \quad y = \rho + m,$$

б) что ордината самой пониженной точки круга кривизны въ точкѣ  $B$  сопрягающей кривой дѣлится сопрягающей кривой пополамъ \*).

$$MK = EK = n = \frac{m}{2} = \frac{x^3}{48P} = \frac{x^2}{48\rho}$$

3) Касательная къ сопрягающей кривой въ какой-либо точкѣ  $B$ , пересѣкая ось абсциссъ, дѣлить абсциссу этой точки въ отношеніи 2 : 1, т. е.  $AL:LC = 2:1$  \*\*).

г) Абсцисса точки  $B_2$  пересѣченія сопрягающей кривой съ линіей  $00'$ , соединяющей центры круговъ кривизны сопрягающей кривой въ точкахъ  $B$  и  $B_1$ , равна полусуммѣ абсциссъ этихъ точекъ, т. е.

$$AC_2 = \frac{x+x_1}{2} = \xi + \xi_1 ***.$$

Изъ этого слѣдуетъ, въ виду пологости сопрягающей кривой, что кривая  $BB_1$  въ точкѣ  $B_2$  и проекція  $CC_1$  на ось абсциссъ въ точкѣ  $C_2$  дѣлятся пополамъ.

4) Разстояніе какой-нибудь точки  $B$  кубической параболы отъ точки  $B''$  круга кривизны въ какой-ни-

$$*) \quad y = \left( \frac{x}{2} \right)^3 = \frac{x^3}{8P} = \frac{m}{2}.$$

$$**) \quad tg\beta = \frac{x^2}{2P}; \quad LC = \frac{BC}{tg\beta} = \frac{y}{tg\beta} = \frac{x^3}{6P} : \frac{x^2}{2P} = \frac{x}{3}$$

$$***) \quad Sin\omega = \frac{\xi_1 - \xi}{\rho - \rho_1}; \quad \text{но } \rho_1 = \frac{P}{x_1}, \quad \rho = \frac{P}{x}, \quad \xi_1 = \frac{x_1}{2}, \quad \xi = \frac{x}{2}$$

$$\rho : \rho_1 = x_1 : x$$

$$\frac{\rho - \rho_1}{\rho} = \frac{x_1 - x}{x}$$

$$\rho - \rho_1 = \frac{(x_1 - x)}{x_1}$$

$$Sin\omega = \left( \frac{x_1 - x}{2} \right) : (\rho_1 - \rho_1) = \frac{x_1 - x}{2} : \frac{(x_1 - x)\rho}{x_1} = \frac{x_1}{2\rho}$$

$$\text{Съ достаточной точностью } AC_2 = \frac{1}{2}x + \rho Sin\omega \frac{x + x_1}{2}$$

будь точкѣ  $B_1$  этой параболы есть также ордината кубической параболы, параметръ коей равенъ параметру сопрягающей кривой, а абсцисса равна разстоянію рассматриваемой точки  $B$  отъ  $B_1$ , т. е.

$$BB'' = y' = \frac{CC_1^3}{6P} = \frac{(x_1 - x)^3}{6P} = \frac{x'^3}{6P} \quad *).$$

Изъ этого слѣдуетъ, что точки сопрягающей кривой, равно отстоящія отъ точекъ соприкасанія круговъ кривизны съ этой кривой, одинаково отстоять отъ самыхъ круговъ кривизны, т. е.

$$\text{при } x' = x'_1 = x'_2$$

$$\text{и } y' = y'_1 = y'_2$$

Это свойство, извѣстное подъ названіемъ теоремы Фруда, выражается еще такъ:

Кубическая парабола сопрягающей кривой, построенная на прямой, можетъ быть рассматриваема какъ построенная на дугѣ круга, радиусъ котораго равенъ радиусу кривизны сопрягающей кривой въ какой-либо ея точкѣ, при чмъ эту точку принимаютъ за начало координатъ.

### § 23.

#### Элементы сопрягающей кривой.

Такимъ образомъ, для устройства сопрягающей кривой между прямой и кривой даннаго радиуса имѣемъ слѣдующіе элементы:

\*) Свойство это можетъ быть разсмотрѣно какъ слѣдствіе, что прямая есть кругъ съ радиусомъ, равнымъ  $\infty$ . Точка  $B$  сопрягающей кривой можетъ быть рассматриваема такъ же, какъ новое положеніе точки  $B''$ , находящейся на пересѣченіи круга кривизны въ точкѣ  $B_1$  сопрягающей кривой съ линіей  $BO_1$ , соединяющей эту точку съ центромъ кривизны. Длину  $B''B_1$  можно принять равной  $BB_1$  или равно  $CC_1 = x_1 - x = x'$ ;  $CB'' = m' + \rho_1 (1 - \cos\omega_1) = m' + 2\rho_1 \sin^2 \frac{\omega_1}{2}$ ;  $\sin \frac{\omega_1}{2}$  по малости угла  $= \frac{B''M_1^2}{2\rho_1}$ ;  $CB'' - y = y' = m' - y + 2\rho_1 \sin^2 \frac{\omega_1}{2} = \frac{x_1^3}{24P} - \frac{x^3}{6P} + \frac{B''M_1^2}{2\rho_1}$  Но  $B''M_1 = x - \frac{x_1}{2}$ , следовательно  $y' = \frac{x_1^3 - 4x^3}{24P} + \frac{(x - \frac{x_1}{2})^2 x}{2P} = \frac{(x_1 - x)^3}{6P} = \frac{x'^3}{6P}$ .

1) Параметръ кубической параболы сопрягающей кривой

$$P = \frac{ev^2}{gi}.$$

Согласно сказанному (§ 17) будемъ имѣть на равнинныхъ участкахъ

$$P = \frac{0,714 \times \left( \frac{45 \times 500}{60 \times 60} \right)^2}{4,6 \times 0,002} = 3032$$

на горномъ

$$P = \frac{0,714 \times \left( \frac{35 \times 500}{60 \times 60} \right)^2}{4,6 \times 0,002} = 1834$$

на предгорномъ

$$P = \frac{0,714 \times \left( \frac{40 \times 500}{60 \times 60} \right)^2}{4,6 \times 0,002} = 4790$$

2) Длину сопрягающей кривой

$$x = l = s = \frac{P}{r} = 500 \text{ } h$$

гдѣ  $r$ —радіусъ данной кривой,

$h$ —соответствующее данному радиусу и скорости повышение наружного рельса.

3) Абсциссы, соответствующія даннымъ радиусамъ кривизны и обратно (радіусы, соответствующіе даннымъ абсциссамъ)

$$x = \frac{P}{\rho} \text{ и } \rho = \frac{P}{x}.$$

4) Ординаты, соответствующія даннымъ абсциссамъ

$$y = \frac{x^3}{6P} = \frac{P^2}{6\rho^3} = \frac{x^2}{6\rho}.$$

5) Ординату, соответствующую точкѣ сопряженія кубической параболы съ данной кривой радиуса  $r$

$$y_0 = \frac{l^2}{6r}.$$

6) Ординату точки  $M$  (см. черт. 1 л. 5) первоначального касания данной кривой съ прямой

$$m = \frac{l^2}{24r} = \frac{y_0}{4}$$

7) Ординату сопрягающей кривой, соответствующую точкѣ  $M$

$$n = \frac{m}{2} = \frac{l^2}{48r} = \frac{y_0}{8}$$

8) Ординату центра кривой

$$\eta = r + m = r + \frac{y_0}{4} \text{ и абсциссы } z = a = \frac{l}{2}$$

9) Уголъ, образуемый радиусомъ кривой въ концѣ сопрягающей кривой съ радиусомъ, проведеннымъ къ первоначальной точкѣ касания

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{l}{2r}; \quad \beta = \operatorname{arctg} \frac{l}{2r}$$

и 10) Отрѣзокъ  $LC$ , отсѣкаемый на оси абсциссъ касательной къ кривой въ точкѣ сопряженія съ сопрягающей кривой

$$LC = b = \frac{2}{3} l$$

Въ таблицахъ 8, 9 и 10 даны всѣ перечисленные элементы сопрягающей кривой для радиусовъ кривыхъ отъ 120 с. до 1000 с.\*).

\*) Всѣ перечисленные элементы сопрягающей кривой имѣютъ мѣсто при слѣдующихъ условіяхъ:

когда $P \leq < \frac{1}{5\rho^2}$	$\rho \geq 5x$
$y \leq \frac{1}{30} x$	$\angle \beta \leq 6^\circ$
	и $m \leq \frac{\rho}{600}$

Эти условія получаются какъ слѣдствіе нѣкоторыхъ введенныхъ неточностей расчета.

## Т а б л и ц а № 8.

Элементовъ сопрягающей кривой при скорости 35 верстъ въ часть.

$\rho$	$x = \frac{P}{\rho}$	$y = \frac{x^2}{6\rho}$	$m = \frac{y}{4}$	$n = \frac{m}{2}$	$b = \frac{2}{3}x$	$tg \beta = \frac{x^2}{2P}$	$\xi = \frac{x}{2}$	$\eta = \rho + \frac{y}{4}$
1000	1,834	0,00056	0,00014	0,00007	1,223	0,0009	0,917	1000,00
950	1,930	0,00066	0,00016	0,00008	1,287	0,0010	0,965	950,00
916	2,000	0,00073	0,00018	0,00009	1,333	0,0011	1,000	916,00
900	2,038	0,00074	0,00019	0,000095	1,359	0,0011	1,019	900,00
850	2,157	0,0009	0,00022	0,00011	1,438	0,0012	1,078	850,00
800	2,292	0,0011	0,0003	0,00015	1,528	0,0014	1,146	800,00
750	2,445	0,0013	0,00032	0,00016	1,630	0,0016	1,222	750,00
700	2,620	0,0016	0,0004	0,0002	1,747	0,0019	1,310	700,00
650	2,821	0,0020	0,0005	0,00025	1,881	0,0022	1,410	650,00
600	3,056	0,0026	0,00065	0,0003	2,037	0,0026	1,528	600,00
550	3,334	0,0034	0,00085	0,0004	2,223	0,0030	1,667	550,00
500	3,668	0,0045	0,0011	0,0005	2,445	0,0037	1,834	500,00
458	4,000	0,0058	0,0014	0,0007	2,667	0,0044	2,000	458,00
450	4,075	0,0061	0,0015	0,00075	2,717	0,0045	2,037	450,00
400	4,584	0,0088	0,0022	0,0011	3,056	0,0057	2,292	400,00
350	5,239	0,0133	0,0033	0,0016	3,493	0,0075	2,619	350,00
306	6,000	0,0199	0,0045	0,0022	4,000	0,0098	3,000	306,00
300	6,113	0,0211	0,0053	0,0026	4,075	0,0100	3,056	300,00
250	7,335	0,0366	0,0092	0,0046	4,890	0,0147	3,667	250,01
229	8,000	0,0475	0,0119	0,0059	5,333	0,0174	4,000	229,01
200	9,169	0,0713	0,0178	0,0089	6,113	0,0229	4,584	200,02
183	10,000	0,0931	0,0233	0,0116	6,667	0,0273	5,000	183,02
153	12,000	0,1593	0,0398	0,0199	8,000	0,0393	6,000	153,04
150	12,225	0,1690	0,0422	0,0211	8,510	0,0408	6,112	150,04
131	14,000	-0,2494	0,0624	0,0312	9,333	0,0534	7,000	131,06
120	15,283	0,3244	0,0811	0,0406	10,189	0,0637	7,642	120,32

Таблица № 9.

Элементовъ сопрягающей кривой при скорости 40 верстъ въ часъ.

$\rho$	$x = \frac{P}{\rho}$	$y = \frac{x^2}{6\rho}$	$m = \frac{y}{4}$	$n = \frac{m}{2}$	$b = \frac{2}{3}x$	$\operatorname{tg}\beta = \frac{x^2}{2P}$	$\xi = \frac{x}{2}$	$\eta = \rho + \frac{y}{4}$
1000	2,396	0,0009	0,0002	0,0001	1,597	0,0012	1,198	1000,00
950	2,522	0,0011	0,0003	0,0002	1,681	0,0013	1,261	950,00
900	2,662	0,0013	0,0003	0,0002	1,775	0,0015	1,331	900,00
850	2,819	0,0015	0,0004	0,0002	1,879	0,0017	1,410	850,00
800	2,994	0,0019	0,0005	0,0003	1,996	0,0019	1,497	800,00
750	3,196	0,0023	0,0006	0,0003	2,131	0,0021	1,598	750,00
700	3,422	0,0028	0,0007	0,0004	2,281	0,0024	1,711	700,00
650	3,686	0,0035	0,0009	0,0005	2,457	0,0028	1,843	650,00
600	3,993	0,0044	0,0011	0,0006	2,662	0,0033	1,997	600,00
599	4,000	0,0045	0,0011	0,0006	2,667	0,0033	2,000	599,00
550	4,359	0,0057	0,0014	0,0007	2,906	0,0040	2,180	550,00
500	4,791	0,0076	0,0019	0,0010	3,194	0,0048	2,396	500,00
450	5,324	0,0105	0,0026	0,0013	3,549	0,0059	2,662	450,00
400	5,989	0,0149	0,0037	0,0019	3,993	0,0075	2,995	400,00
399	6,000	0,0150	0,0038	0,0019	4,000	0,0075	3,000	399,00
350	6,845	0,0223	0,0056	0,0028	4,563	0,0098	3,423	350,01
300	7,986	0,0354	0,0089	0,0045	5,324	0,0133	3,993	300,01
299	8,000	0,0357	0,0089	0,0045	5,333	0,0134	4,000	299,01
250	9,583	0,0612	0,0153	0,0077	6,389	0,0191	4,792	250,02
240	10,000	0,0685	0,0171	0,0086	6,667	0,0208	5,000	240,02
200	11,975	0,1195	0,0299	0,0150	7,983	0,0299	5,988	200,03
199	12,000	0,1206	0,0302	0,0151	8,000	0,0301	6,000	199,03
171	14,000	0,1910	0,0478	0,0239	9,333	0,0409	7,000	171,05
150	15,971	0,2834	0,0709	0,0355	10,647	0,0532	7,986	150,07
149	16,000	0,2863	0,0716	0,0358	10,667	0,0534	8,000	149,07
133	18,000	0,4060	0,1015	0,0508	12,000	0,0676	9,000	133,10
120	19,964	0,5534	0,1384	0,0692	13,309	0,0831	9,982	120,14

## Т а б л и ц а № 10.

Элементовъ сопрягающей кривой при скорости 45 верстъ въ часъ.

$\rho$	$x = \frac{P}{\rho}$	$y = \frac{x^2}{6\rho}$	$m = \frac{y}{4}$	$n = \frac{m}{2}$	$b = \frac{2}{3}x$	$\operatorname{tg} \beta = \frac{x^2}{2P}$	$\xi = \frac{x}{2}$	$\eta = \rho + \frac{y}{4}$
1000	3,032	0,0015	0,0004	0,0002	2,021	0,0014	1,516	1000,00
950	3,181	0,0020	0,0005	0,0003	2,121	0,0019	1,591	950,00
900	3,369	0,0021	0,0005	0,0003	2,246	0,0019	1,685	900,00
850	3,567	0,0025	0,0006	0,0003	2,378	0,0021	1,784	850,00
800	3,790	0,0030	0,0007	0,0004	2,527	0,0024	1,895	800,00
758	4,000	0,0035	0,0009	0,0005	2,667	0,0026	2,000	758,00
750	4,043	0,0036	0,0009	0,0005	2,695	0,0027	2,022	750,00
700	4,331	0,0045	0,0011	0,0006	2,887	0,0031	2,165	700,00
650	4,665	0,0056	0,0014	0,0007	3,110	0,0036	2,333	650,00
600	5,053	0,0071	0,0018	0,0009	3,369	0,0042	2,527	600,00
550	5,513	0,0092	0,0023	0,0012	3,675	0,0050	2,756	550,00
505	6,000	0,0120	0,0030	0,0015	4,000	0,0060	3,000	505,00
500	6,064	0,0123	0,0031	0,0016	4,042	0,0061	3,032	500,00
450	6,738	0,0168	0,0042	0,0021	4,492	0,0075	3,369	450,00
400	7,580	0,0240	0,0060	0,0030	5,053	0,0095	3,790	400,00
379	8,000	0,0281	0,0070	0,0035	5,333	0,0105	4,000	379,00
350	8,663	0,0357	0,0089	0,0045	5,775	0,0124	4,332	350,01
303	10,000	0,0550	0,0138	0,0069	6,667	0,0165	5,000	303,01
300	10,107	0,0568	0,0142	0,0071	6,738	0,0169	5,053	300,01
253	12,000	0,0950	0,0238	0,0119	8,000	0,0238	6,000	253,02
250	12,128	0,0980	0,0245	0,0123	8,085	0,0242	6,064	250,02
217	14,000	0,1508	0,0377	0,0189	9,333	0,0323	7,000	217,04
200	15,160	0,1915	0,0479	0,0240	10,107	0,0379	7,580	200,05
189	16,000	0,2252	0,0563	0,0282	10,667	0,0422	8,000	190,06
168	18,000	0,3206	0,0802	0,0401	12,000	0,0534	9,000	168,08
152	20,000	0,4400	0,1100	0,0550	13,333	0,0660	10,000	152,11
150	20,213	0,4564	0,1141	0,0571	13,442	0,0677	10,106	150,11
138	22,000	0,5845	0,1461	0,0731	14,667	0,0798	11,000	138,15
126	24,063	0,7659	0,1915	0,0958	16,042	0,0955	12,032	126,19
120	25,267	0,8867	0,2217	0,1109	16,845	0,1053	12,634	120,22

## § 24.

Изъ вышеозначенного слѣдуетъ, что устройство переходной кривой возможно только въ томъ случаѣ, когда прямая отстоитъ отъ дуги круга на величину (см. черт. 1 л. V)  $EM = m = \frac{l^2}{24r}$

Если  $m = 0$ , т. е. прямая касательна къ кривой, то поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

а) Переносятъ прямую параллельно себѣ на величину  $m = \frac{l^2}{24R}$  въ  $Ax$  (см. черт. 2 л. V), назначаютъ точку  $E$ , которая лежитъ на продолженіи нормали въ точкѣ  $M$ , откладываютъ по обѣ стороны отъ  $E$  по линіи  $Ax$  величину  $\frac{l}{2}$ ; получаютъ точки  $A$  и  $C$  и назначаютъ по ординатѣ къ  $C$  точку  $B_0$ , и затѣмъ разбивку отъ  $A$  къ  $B_0$  ведутъ по вышеприведеннымъ таблицамъ (8, 9 и 10); отъ точки же  $B_0$  разбивка дуги круга ведется по общепринятымъ правиламъ.

ПРИМѢЧАНІЯ. 1) Необходимо имѣть въ виду, что если разбивка отъ  $B_0$  будетъ вестись по ординатамъ, относя ихъ къ линіи  $Ax$ , то необходимо къ табличнымъ ординатамъ прибавлять величину  $m$ , а абсциссы считать отъ точки  $E$ .

2) Проще вести разбивку круговой дуги отъ точки  $B_0$ , относя элементы разбивки къ касательной  $LB_0$ , направление коей задается точкой  $B_0$  и точкой  $L$ , отстоящей отъ точки  $E$  на  $\frac{l}{6}$ ; при этомъ необходимо имѣть въ виду, что уголъ при центрѣ кривой отъ вставки съ обѣихъ сторонъ переходныхъ кривыхъ уменьшается на  $2\beta = 2 \operatorname{arctg} \frac{l}{2r}$ .

б) Вместо того, чтобы отодвигать прямую, можно отодвинуть кривую, перенеся центръ кривой по биссектриссѣ угла  $\beta$  на величину  $\frac{m}{\cos \frac{\beta}{2}}$  (а по малости угла  $\beta$  — прямо на величину  $m$ ); затѣмъ опредѣляютъ положеніе точки  $M$ ,  $E$  и  $A$ , которая передвинутся къ началу координатъ на  $\frac{m\beta}{2}$ .

в) Уменьшаютъ радиусъ кривой на величину  $m$  и затѣмъ поступаютъ согласно п. а (черт. 3 л. V).

## § 25.

Въ томъ случаѣ, если полотно разбито безъ со-  
прягающихъ кривыхъ, то, при укладкѣ пути, въ тѣхъ  
случаихъ, когда при данномъ значеніи  $m$  перемѣщеніе  
оси не можетъ быть допущено (во избѣженіе  
значительного уменьшенія ширины одной изъ бро-  
вокъ), устраиваютъ такъ называемое *внѣшнее сопря-  
женіе или внутреннее замыканіе*, состоящее въ томъ, что  
между сопрягающей кривой и данной дугой вставля-  
ютъ дугу меньшаго, чѣмъ данная дуга, радиуса. При  
этомъ прямая и дуга остаются на мѣстѣ.

Подобное сопряженіе хотя не удовлетворяетъ условію постепенности уменьшенія радиуса кривизны, но можетъ быть допущено:

Пусть  $A$  (черт. 4 л. V) — начальная точка сопрягающей  
кривой,

$B$  — точка сопряженія кубической параболы со  
вставочной дугой,

$C$  — точка сопряженія (касанія) вставочной дуги  
съ данной,

$D$  — точка касанія данной дуги съ данной пра-  
мой.

$$\text{Тогда } DE = CK = b = R \sin \alpha . . . . . \quad (a)$$

$$EC = KD = k = R (1 - \cos \alpha) . . . . . \quad (b)$$

$$Dg = IO_2 = g = (R - r) \sin \alpha . . . . . \quad (c)$$

$$GF = m = O_1 D - O_2 F - O_1 I = (R - r) (1 - \cos \alpha) = \\ = \frac{P^2}{24r^3} . . . . . \quad (d)$$

Изъ уравненія (a)

$$\sin \alpha = -\frac{b}{R}$$

Изъ уравнения (2)

$$\cos \alpha = 1 - \frac{P^2}{24r^3(R-r)}$$

Возвышая оба равенства въ квадратъ, получаемъ

$$1 = \frac{b^2}{R^2} + 1 - \frac{P^2}{12r^3(R-r)} + \frac{P^4}{576r^6(R-r)}$$

откуда

$$b = \frac{RP\sqrt{48r^3(R-r)-P^2}}{24r^3(R-r)} \quad . . . \text{ I}$$

Изъ этого уравнения легко опредѣлить длину вставочной части дуги при любомъ значеніи  $R$  и  $r$

На практикѣ принимаютъ:

для  $R$  отъ 100 до 150 с . . . . .  $R-r=5$  саж.

» » 150 » 300 » . . . . .  $R-r=10$  »

» » 300 » 600 » . . . . .  $R-r=20$  »

» болѣе 600 » . . . . .  $R-r=40$  »

Соответственно этому, повышение наружного рельса при переходѣ отъ радиуса  $r$  къ  $R$

$h_1 = \frac{3r^2(R-r)}{Br}$  будетъ весьма не велико, почему внутреннее замыканіе допускается на практикѣ

Изъ вышеприведенныхъ уравненій легко получить значенія:

$$AD=c=\frac{P}{2r}-\frac{R-r}{R}b \quad . . . . . \text{ II}$$

$$AE=e=c+b \quad . . . . . \text{ III}$$

$$EC=k=\frac{R}{R-r} \cdot \frac{P^2}{24r^3} \quad . . . . . \text{ IV}$$

$$AH=l=\frac{P}{r}$$

Въ таблицахъ 11, 12 и 13 даны значенія  $b$ ,  $c$ ,  $e$ ,  $k$  и  $l$  для различныхъ случаевъ внутренняго замыканія.

## ТАБЛИЦА № 11.

Внутреннее замыкание при скорости  $v = 35$  верстъ въ часъ.

$R$	$b$	$c$	$e$	$k$	$l$	Примѣчаніе.
120	22,935	7,018	29,553	2,211	15,949	При $R - r = 5$
150	20,508	5,572	26,080	1,413	12,814	
	15,117	5,547	20,664	0,764	13,100	При $R - r = 10$
160	14,564	5,201	19,765	0,665	12,227	" "
170	13,994	4,908	18,902	0,581	11,462	" "
180	13,554	4,641	18,195	0,512	10,788	" "
190	13,165	4,402	17,567	0,456	10,189	" "
200	12,775	4,194	16,939	0,406	9,642	" "
250	11,362	3,367	14,729	0,253	7,641	" "
300	10,170	2,823	12,993	0,156	6,324	" "
	7,581	2,770	10,351	0,085	6,550	При $R - r = 20$
350	6,884	2,386	9,270	0,057	5,558	" "
400	6,338	2,094	8,482	0,049	4,826	" "
450	5,976	1,868	7,844	0,040	4,265	" "
500	5,628	1,705	7,333	0,034	3,821	" "
550	5,335	1,536	6,871	0,027	3,460	" "
600	5,086	1,412	6,498	0,021	3,162	" "
700	3,456	1,192	4,648	0,009	2,778	При $R - r = 20$
800	3,196	1,049	4,243	0,006	2,411	" "
900	2,987	0,934	3,921	0,005	2,121	" "
1000	2,812	0,843	3,655	0,004	1,910	" "

Таблица № 12.

Внутреннее замыкание при скорости  $r = 40$  верстъ въ часъ.

$R$	$b$	$c$	$e$	$k$	$l$	Примѣчаніе.
120	30,544	9,141	39,685	3,772	20,826	При $R - r = 5$
150	26,458	7,376	33,834	2,352	16,517	" "
	19,755	7,236	26,991	1,306	17,107	При $R - r = 10$
160	19,008	6,795	25,803	1,133	15,967	" "
170	18,338	6,366	24,704	0,990	14,969	" "
180	17,733	6,059	23,792	0,876	14,088	" "
190	17,184	5,748	22,932	0,779	13,306	" "
200	16,682	5,468	22,150	0,696	12,605	" "
250	14,694	4,402	19,096	0,432	9,979	" "
300	13,278	3,682	16,960	0,294	8,259	" "
	9,897	3,617	13,514	0,163	8,554	При $R - r = 20$
350	9,025	3,113	12,138	0,116	7,258	" "
400	8,348	2,734	11,082	0,087	6,303	" "
450	7,802	2,438	10,240	0,068	5,570	" "
500	7,350	2,148	9,498	0,054	4,990	" "
550	6,969	2,006	8,975	0,044	4,457	" "
600	6,641	1,843	8,484	0,037	4,129	" "
700	4,513	1,557	6,070	0,015	3,629	При $R - r = 40$
800	4,174	1,367	5,541	0,011	3,151	" "
900	3,901	1,219	5,120	0,008	2,785	" "
1000	3,676	1,100	4,776	0,005	2,495	" "

## Т а б л и ц а № 13.

Внутреннее замыкание при скорости  $r = 45$  верстъ въ часть.

$R$	$b$	$c$	$e$	$k$	$l$	Примѣчаніе.
120	37,605	10,161	47,766	6,044	26,365	При $R - r = 5$
150	36,376	9,143	45,519	3,768	20,910	" "
	27,089	9,022	36,111	2,284	21,657	При $R - r = 10$
160	26,134	8,463	34,597	2,007	20,213	" "
170	25,260	7,989	33,249	1,733	18,950	" "
180	24,434	7,563	31,997	1,507	17,836	" "
190	23,677	7,176	30,853	1,362	16,844	" "
200	22,769	6,841	29,610	1,216	15,958	" "
250	20,183	5,509	25,692	0,785	12,633	" "
300	18,298	4,620	22,918	0,463	10,455	" "
	12,518	4,580	17,098	0,265	10,821	При $R - r = 20$
350	11,399	3,943	15,342	0,183	9,188	" "
400	10,253	3,477	13,730	0,134	7,979	" "
450	9,872	3,088	12,960	0,108	7,051	" "
500	9,297	2,786	12,083	0,091	6,317	" "
550	8,811	2,540	11,351	0,071	5,718	" "
600	8,401	2,334	10,735	0,059	5,228	" "
700	5,748	1,968	7,716	0,023	4,590	При $R - r = 40$
800	5,284	1,761	7,045	0,017	3,989	" "
900	4,936	1,555	6,491	0,013	3,513	" "
1000	4,670	1,392	6,062	0,100	3,158	" "

Порядокъ разбивки слѣдующій (черт. 4 л. V): отъ  $D$  точки касанія данной кривой съ прямой откладываютъ по касательной величину  $AD=c$ , соответствующую данному радиусу дуги, отъ точки  $A$  по касательной откладываютъ  $AH=l=\frac{P}{r}$  и  $AE=b+c$ , и по ординатамъ  $HB$  и  $EC$  назначаютъ точки  $B$  и  $C$ ; отъ  $A$  къ  $B$  сопрягающая кривая разбивается по таблицамъ 8, 9 и 10 (стр. 39—41), а вставочная кривая  $BC$  и данная дуга разбиваются по общепринятымъ правиламъ.

## § 26.

Основные, встрѣчающіеся на практикѣ, случаи.

### 1) Данная круговая дуга касательна къ двумъ прямымъ.

Устройство переходныхъ кривыхъ по одному изъ описанныхъ способовъ (т. е. или отодвиганіемъ прямыхъ, или перемѣщеніемъ центра кривой по биссектрисѣ угла, или уменьшеніемъ радиуса дуги, или внутреннимъ замыканіемъ) не представляетъ затрудненій, но при этомъ необходимо имѣть въ виду, чтобы длина данной дуги была по крайней мѣрѣ на 5 саж. длинѣ полной длины сопрягающихъ кривыхъ. Это дѣлается для того, чтобы виѣшній рельсъ дуги имѣлъ горизонтальную вставку между сопрягающими кривыми не менѣе 5 саж.

Если же длина данной дуги радиуса  $r$  менѣе  $2l+5$  саж. (гдѣ  $l$  длина одной вѣтви сопрягающей кривой), то въ данный уголъ, образуемый двумя касательными прямыми, вписываютъ дугу радиуса  $R$ , отстоящую отъ прямыхъ на величину  $m=\frac{l^3}{24P}=\frac{P^2}{24R^3}$  и такой длины, чтобы между концами сопрягающихъ кривыхъ оставалась величина не менѣе 5 саж.

Величина радиуса  $R$  опредѣляется изъ условія (черт. 5 л. V).

$$R\gamma = \lambda + 2a = \lambda + \frac{P}{R}$$

$$\text{откуда } R = \frac{\lambda + \sqrt{\lambda^2 + 4P\gamma}}{2\gamma}$$

Задавшись величиной  $\lambda$ , определяютъ при данномъ центральномъ углѣ  $\gamma$  величину  $R$  и затѣмъ длину  $l = \frac{P}{R}$  (при условіи, чтобы  $l < \frac{1}{\lambda} R$ ).

Отъ вершины угла  $N$  по направлению заданныхъ прямыхъ откладываютъ  $NA$  и  $NA_1$ , равныя  $l + \frac{\lambda}{2}$ , получаютъ начальныя точки сопрягающей кривой \*)  $A$  и  $A_1$ , затѣмъ не трудно построить и сопрягающія кривыя.

Найдя точки  $B$  и  $B_1$ , соединяютъ ихъ прямой и къ срединѣ возставляютъ перпендикуляръ, по которому по направлению къ вершинѣ угла откладываютъ величину, равную  $\frac{\lambda^2}{8R}$ , получаютъ точку  $C'$ — положеніе вершины дуги  $BB_1$ .

Перемѣщеніе вершины  $C$  заданной дуги въ точку  $C'$  (новую вершину) определяется съ достаточной точностью изъ формулы

$$CC' = (R - r) \frac{\gamma^2}{8} + m **.$$

2) Сопряженіе помошью кубической параболы двухъ кривыхъ радиусовъ  $R$  и  $r$ , обращенныхъ въ одну сторону и касательныхъ между собою въ точкѣ  $Q$  (черт. 1 л. VI).

Эта задача решается слѣдующимъ образомъ:

Положимъ, сопрягающая кривая построена и сопрягается съ данными круговыми дугами въ точкахъ  $B_1$  и  $B_2$ . Продолжаемъ сопрягающую кривую до точки  $A$ , въ которой радиусъ кривизны  $= \infty$ . Точку  $A$  принимаемъ за начало осей координатъ, направленныхъ по касательной  $Ax$  и нормали  $Ay$  къ сопрягающей кривой въ означенной точкѣ. Тогда, на основаніи вышепомеченаго, имѣемъ слѣдующіе элементы для разбивки сопрягающей кривой:

$$l = \frac{P}{R}; \quad l + b = \frac{P}{r} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad I.$$

откуда проекція длины сопрягающей дуги  $BB_1$  на ось абсциссъ или сама длина сопрягающей кривой

$$b = \frac{P(R - r)}{Rr} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad II.$$

\*) При этомъ ошибка въ положеніи точекъ дуги  $BB_1$  составить менѣе  $\frac{l}{4000}$ .

\*\*) Такое значеніе  $CC' = \left\{ (R + m) \operatorname{Sec} \frac{\gamma}{2} - R \right\} - \left\{ r \operatorname{Sec} \frac{\gamma}{2} - r \right\}$

Уголь  $\omega$  между линіей центровъ и ординатой центра опредѣлится

$$\sin \omega = \frac{O_2 K}{O_1 O_2} = \frac{\xi_1 - \xi}{R - r} = \frac{\frac{l+b}{2} - \frac{l}{2}}{R - r} = \frac{b}{2(R - r)} \quad \dots \quad \text{III.}$$

$$\text{или } \sin \omega = \frac{l}{2r} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \text{IV.}$$

$$\text{Ордината точки } B_1 \quad y_1 = \frac{l^2}{6R} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \text{V.}$$

$$\text{«} \quad \text{»} \quad B_2 \quad y_2 = \frac{(l+b)^2}{6r} \quad \dots \quad \dots \quad \text{VI.}$$

Линія  $O O_1$  дѣлить сопрягающую кривую въ точкѣ  $Q'$  пополамъ.

$$\text{Абсцисса точки } Q \text{ и } Q' = \xi + \xi_1 = l + \frac{b}{2} = \frac{l}{2} \left( 1 + \frac{R}{r} \right) \quad \text{VII.}$$

$$\text{Ордината точки } Q = m_1 + R(1 - \cos \omega) = m_1 + \frac{1}{2} R \sin^2 \omega =$$

$$= \frac{l}{8R} \left[ \frac{1}{3} + \left( \frac{R}{r} \right)^2 \right] \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \text{VIII.}$$

Величина перемѣщенія точки  $Q$  въ  $Q'$  по теоремѣ Фруда равна

$$Q Q' = \frac{\left( \frac{b}{2} \right)^3}{6P} = \frac{b^3}{48P} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \text{IX.}$$

Такимъ образомъ, построеніе сопрягающей кривой между двумя касательными дугами производится слѣдующимъ образомъ:

Опредѣляютъ уголъ  $\omega$  (по формулѣ I и IV) между линіей, соединяющей центры данныхъ круговыхъ дугъ (слѣдовательно и точку касанія обѣихъ дугъ) и линіей  $O'E'$  или  $O_2 E_2$ .

По углу опредѣляютъ соотвѣтствующую длину дуги и откладываютъ ее отъ точки  $Q$  касанія по дугѣ большого радиуса до точки  $M_1$ , проводятъ касательную линію и параллельно этой касательной въ разстояніи

$$m' = \frac{P^2}{24R^3} \left( \text{или } \frac{l^2}{24R} \right)$$

линію  $Ax$  (ось  $x$ -овъ), которая касательна къ сопрягающей кривой въ точкѣ  $A$ ; послѣдняя точка получается, отложивъ отъ точки  $E$ , находящейся на пере-

съченіи перпендикуляра, опущенного изъ точки  $M_1$  на линію  $Ax$ , величину  $\frac{l}{2} = \frac{P}{2R}$

По даннымъ элементамъ назначаютъ точки  $B_1$  и  $B_2$  соприкасанія сопрягающей кривой съ данными дугами. Дальнѣйшая разбивка сопрягающей кривой  $B_1 B_2$  производится по таблицамъ, при чемъ необходимо помнить, что абсциссы и соотвѣтствующія ординаты надлежитъ брать для радиусовъ въ предѣлахъ отъ  $R$  къ  $r$ .

По тѣмъ же формуламъ и описаннымъ способамъ устраивается сопряженіе посредствомъ кубической параболы между двумя дугами, направленными въ ту же сторону, между собою не касательными.

Но при этомъ сопряженіе возможно лишь тогда, когда отрѣзокъ линіи центровъ между дугами будетъ равенъ

$$m' = \frac{P^2}{24} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)^3 *).$$

При разбивкѣ поступаютъ согласно вышеизложеному, т. е. опредѣляютъ уголъ  $\phi$  (уголъ между линіей центровъ и ординатой центра) и назначаютъ точку  $Q$  на дугѣ большого радиуса.

Дальнѣйшее построеніе ясно изъ предыдущаго. Этотъ случай можетъ встрѣтиться, когда укладка ведется по двумъ направленіямъ на встрѣчу на мѣстѣ смычки въ случаѣ неправильной разбивки линій.

Изъ вышеизложеннаго слѣдуетъ, что если прямая вставка между двумя кривыми недостаточна для разбивки сопрягающихъ кривыхъ, то сопряженіе можетъ быть сдѣлано помошью дополнительной дуги выбраннаго радиуса, касательной къ обѣимъ дугамъ и сопряженной съ ними посредствомъ кубической параболы указаннымъ способомъ.

3) *Данная прямая касательна къ двумъ круговымъ дугамъ.*

Устройство сопряженія прямой съ дугами помошью внутренняго замыканія или посредствомъ перемѣще-

---

\*) Согласно теоремѣ Фруда.

нія центровъ дугъ или уменьшения радиусовъ дугъ не представляеть затрудненія.

Очень часто, въ случаѣ, если касательная линія не велика, прибѣгаютъ къ способу вращенія касательной около какой-нибудь точки  $Q$ , опредѣляемой на ней изъ (черт. 2 л. VI) проекціи многоугольника  $M'_0 O' B' B O M_0 M'_0$  на линіи  $y-y$ , перпендикулярную къ новому направлению касательной

$$\lambda \sin \omega = m + m' + (R + R') (1 - \cos \omega)$$

$$\text{или } \lambda \sin \omega = (m + m') + (R + R') \times \frac{1}{2} \sin^2 \omega \quad *)$$

$$\sin \omega = \frac{\lambda - \sqrt{\lambda^2 - 2(m+m')(R+R')}}{R+R'}$$

или съ достаточнымъ приближенiemъ

$$\sin \omega = \frac{(m+m')}{\lambda} \left\{ 1 + \frac{(m+m')(R+R')}{2\lambda^2} \right\}$$

Для практическихъ цѣлей достаточно близко

$$\sin \omega = \frac{m+m'}{\lambda}$$

Точка, около которой нужно повернуть, опредѣляется изъ слѣдующаго соотношенія

$$x : (\lambda - x) = M_0 C : M'_0 C$$

$$M_0 C = (R + m) \sec \omega - R$$

$$M'_0 C' = (R' + m') \sec \omega - R'$$

или достаточно точно

$$M_0 C = m + \frac{R \sin^2 \omega}{2}$$

$$M'_0 C' = m' + \frac{R \sin^2 \omega}{2}$$

откуда

$$x = \frac{\lambda (2m + R \sin^2 \omega)}{2(m+m') + (R+R') \sin^2 \omega}$$

Рѣшеніе задачи слѣдующее: на продолженіи радиусовъ  $OM_0$  и  $O'M'_0$  откладываютъ величины  $M_0 C$  и  $M'_0 C'$ .

Линія  $C C'$  есть новое направлениe касательной.

Находятъ точки  $B$  и  $B'$ , отстоящія отъ  $C$  и  $C'$  въ разстояніяхъ:

$$C B = (m + R) \operatorname{tg} \omega \text{ или приблизительно } (m + R) \sin \omega$$

$$C' B' = (m' + R') \operatorname{tg} \omega \quad , \quad , \quad (m' + R') \sin \omega$$

\*) Разложивъ  $1 - \cos \omega$  въ биномиальный рядъ.

Разстояніе начальныхъ точекъ сопрягающихъ кривыхъ  $A$  и  $A'$  отъ точекъ  $C$  и  $C'$  опредѣлится

$$CA = (m+R) \sin \omega + \frac{l}{2}$$

$C'A' = (m'+R') \sin \omega + \frac{l'}{2}$ , гдѣ  $l$  и  $l'$  соотвѣтственно равны  $\frac{P}{R}$  и  $\frac{P}{R'}$

Тѣ же формулы годятся и для кривыхъ, обращенныхъ въ одну сторону, при чмъ въ формулѣ величину  $m$  слѣдуетъ замѣтить на  $(-m)$  и  $R$  на  $(-R)$  и тогда

$$\sin \omega = \frac{m'-m}{\lambda} \left( 1 - \frac{(m'-m)(R-R')}{2\lambda^2} \right)$$

или достаточно точно

$$\sin \omega = \frac{m-m'}{\lambda}$$

$$M_0 C = m + \frac{R' \sin^2 \omega}{2}$$

$$M'_0 C' = m' + \frac{R' \sin^2 \omega}{2}$$

Начальная точка сопрягающей кривой найдется, откладывая

$$C A' = \frac{l'}{2} + (m'-R') \sin \omega$$

$$CA = \frac{l}{2} - (m+R) \sin \omega$$

**Общее замѣчаніе** Для облегченія укладки пути съ сопрягающими кривыми, обыкновенно ведутъ укладку безъ сопрягающихъ кривыхъ, и затмъ при окончательной рихтовкѣ исправляютъ путь, вводя сопрягающую кривую.

**Глава IV. Сопрягающіе уклоны въ продольномъ профилѣ и окончателльная рихтовка пути.**

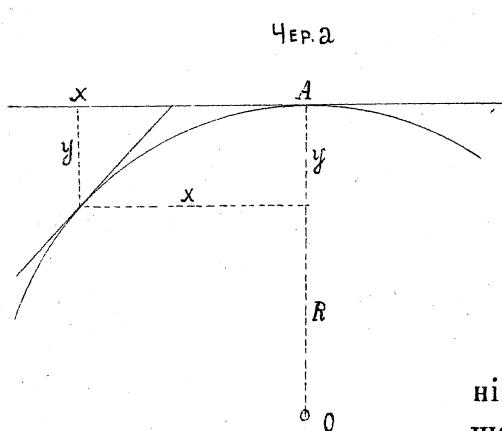
### § 27.

При переходѣ полотна дороги съ одного уклона на другой или съ горизонтальной площадки на уклонъ, въ точкѣ измѣненія уклоновъ образуется входящій или исходящій уголъ, весьма вредно отзывающійся на прочности подвижного состава и рельсовъ и безопасноти движенія.

Разгруженіе среднихъ осей трехъ и четырехъ-оснаго подвижного состава, при проходѣ имъ входящаго угла, влечетъ за собой чрезмѣрное напряженіе крайнихъ рессоръ и осей, а вмѣстѣ съ тѣмъ и рельсовъ, разстраиваетъ подвижной составъ и уменьшаетъ (иногда совершенно даже уничтожаетъ) спѣшеніе съ рельсомъ ведущихъ колесъ паровоза; въ случаѣ исходящаго угла—передняя ось отчасти или совершенно разгружается, вслѣдствіе чего значительно уменьшается сопротивленіе рельсовъ боковымъ усиливмъ и является опасность схода съ рельсовъ.

Для уменьшенія столь вреднаго вліянія непосредственного перехода съ одного уклона на другой ихъ сопрягаютъ круговыми дугами \*), величина радиусовъ которыхъ назначается въ 1000 саж.

Въ виду того, что длина сопрягающихъ дугъ, употребляемыхъ въ практикѣ, мала сравнительно съ ихъ радиусами, уравненіе круга, отнесенаго къ координатамъ, взятымъ по касательной и нормали, можетъ быть опредѣлено изъ условія (см. черт. а)



Черт. а

$x^2 = (2R - y) y$ , или, по ма-  
лости значенія  $y$ ,  
 $x^2 = 2 Ry$ , откуда  
 $y = \frac{x^2}{2R}$ , т. е. можно при-  
нять, что сопрягающая  
дуга уклоновъ есть па-  
рабола 2-го порядка.

При помоши этого уравненія составлена нижеслѣдую-  
щая таблица № 14, въ кото-  
рой помѣщены значенія ординатъ, отвѣчающія аб-  
циссамъ, измѣняющимся черезъ каждыя 2,5 саж.

\*.) Въ этомъ случаѣ средняя ось подвижного состава, при любомъ положеніи, получаетъ одинаковое повышеніе или понижение.

## ТАБЛИЦА № 14.

Ординатъ для разбивки сопрягающихъ уклоновъ

(въ саженяхъ)

при радиусѣ  $R=1000$ 

$$y = \frac{x^2}{2R}$$

$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
0	0	27,5	0,378	55,0	1,512
2,5	0,003	30,0	0,450	57,5	1,653
5,0	0,012	32,5	0,528	60,0	1,800
7,5	0,028	35,0	0,612	62,5	1,953
10,0	0,050	37,5	0,703	65,0	2,112
12,5	0,078	40,0	0,800	67,5	2,278
15,0	0,112	42,5	0,903	70,0	2,450
17,5	0,153	45,0	1,012	72,5	2,628
20,0	0,200	47,5	1,128	75,0	2,812
22,5	0,253	50,0	1,250		
25,0	0,312	52,5	1,378		

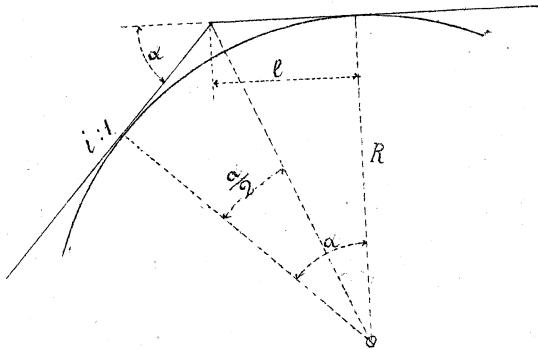
Разбивка дуги въ вертикальной плоскости производится подобно тому, какъ это дѣлается при разбивкѣ дугъ въ горизонтальной плоскости, т. е. отъ точки перелома отмѣряютъ длину тангенсовъ, принимаютъ полученные начала тангенсовъ за начала координатъ, затѣмъ помощью приведенной таблицы № 14 опредѣляютъ ординаты, на величину которыхъ повышаютъ (въ случаѣ входящаго угла) или понижаютъ (въ случаѣ исходящаго угла) проектныя отмѣтки полотна.

При опредѣленіи длины тангенсовъ нужно различать три случая:

а) Сопряженіе горизонтальной площадки съ уклономъ (скатомъ или подъемомъ). Пусть величина уклона, а вмѣстѣ съ тѣмъ и тангенса угла наклоненія  $\alpha$ , будетъ  $i$

$$\operatorname{tg} \alpha = i$$

Тогда длина тангенса сопрягающей дуги будетъ  
(см. черт. б)



$$l = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

по малости угла  $\alpha$  можно принять, что

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2} = \frac{i}{2},$$

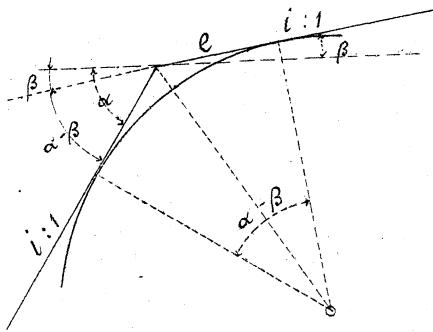
поэтому

$$l = \frac{R i}{2}$$

б) Сопряженіе уклонаў одного и того же направлениі (т. е. скатовъ со скатами, или подъемовъ съ подъемами)

Пусть уклоны будутъ

$$\operatorname{tg} \alpha = i \text{ и } \operatorname{tg} \beta = i_1.$$



Тогда длина тангенса ( $l$ ) сопрягающей дуги будетъ (см. черт. в):

$$l = R \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha - \beta}{2} \right)$$

приближительно:

$$l = \frac{R}{2} \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta}$$

Такъ какъ произведеніемъ  $\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta$ , по малости его, можно пренебречь, то получимъ:

$$l = \frac{R}{2} (i - i_1).$$

в) Сопряженіе уклонаў различнаго направлениі (т. е. подъемовъ со скатами и обратно).

Пусть уклоны будутъ

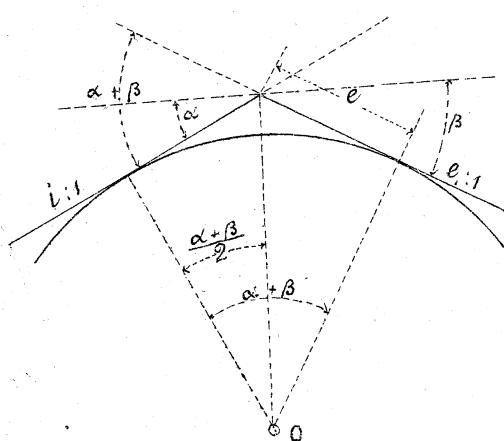
$$\operatorname{tg} \alpha = i \text{ и } \operatorname{tg} \beta = i_1.$$

Тогда длина тангенса сопрягающей кривой (см. черт. г) будетъ:

$$l = R \operatorname{tg} \frac{(\alpha + \beta)}{2}$$

или подобно указанному для случая б

$$l = \frac{R}{2} (i + i_1)$$



Во всѣхъ только что разобранныхъ случаяхъ длина сопрягающей дуги равна двойной длины тангенса, т. е.

$$L_a = Ri$$

$$L_b = R(i - i_1).$$

$$L_c = R(i + i_1).$$

## § 28.

### Устройство переходовъ черезъ мосты.

Сопряженіе путевого рельса съ мостовымъ должно быть исполнено слѣдующимъ образомъ:

а) при желѣзныхъ мостахъ на каменныхъ устояхъ на передней стѣнкѣ устоя кладется широкій мауэрлатъ, одиночный или составной изъ двухъ брусьевъ, такъ, чтобы передняя грань бруса отстояла отъ края стѣнки на  $0,05^{\circ}$ . Ширина одиночнаго мауэрлата не менѣе  $12''$ , а составнаго не менѣе  $2 \times 8''$ . Длина мауэрлата должна быть такова, чтобы онъ плотно укладывался между карнизными камнями, при чемъ до укладки бруса верхняя поверхность стѣнки должна быть выровнена по ватерпасу и смазана цементомъ. Брусъ долженъ быть укрѣпленъ неподвижно помошью двухъ или трехъ горизонтальныхъ болтовъ діам.  $\frac{7}{8}''$ , проходящихъ черезъ ушки штырей, запущенныхъ въ кладку на глубину не менѣе  $0,15^{\circ}$  (см. черт. З л. VI).

Подъ рельсъ на мауэрлатъ кладется трехдырная подкладка.

Первая поперечина на фермѣ должна быть расположена такимъ образомъ, чтобы между внутренними гранями мауэрлата и крайней поперечиной на мосту было не болѣе  $8''$ .

У деревянныхъ мостовъ ближайшая къ мосту шпала состоитъ изъ двухъ брусковыхъ шпалъ, кладется она въ разстояніи не болѣе  $0,36^{\circ}$  отъ оси крайней мостовой поперечины. Въ промежуткѣ между крайней мостовой поперечиной и ближайшей поперечиной пути (при каменныхъ устояхъ — мауэрлатнымъ брускомъ) слѣдуетъ по возможности избѣгать стыка рельсовъ.

При неизбѣжности стыка въ этомъ мѣстѣ слѣду-

еть подъ рельсами помѣстить распорки, врубая ихъ въ полдерева въ лапу въ мостовую и ближайшую путевую поперечину на  $\frac{1}{3}$  по ихъ ширинѣ (См. черт 4 л. VI).

Устройство пути на мостахъ надлежитъ выполнить слѣдующимъ образомъ:

а) На желѣзныхъ мостахъ поперечины прикрѣпляются къ верхнему строенію мостовъ посредствомъ лапчатыхъ болтовъ, при чемъ поперечины располагаются такимъ образомъ, чтобы между внутренними гранями смежныхъ поперечинъ было не болѣе 8".

Рельсы укладываются по одному изъ слѣдующихъ приемовъ:

1) Располагаютъ шпалы приблизительно на своихъ, назначенныхъ по проекту, мѣстахъ и, не прикрѣпляя ихъ къ поясамъ фермы или продольныхъ балочекъ, укладываютъ на нихъ рельсы; опредѣляютъ такимъ образомъ положеніе стыковъ; стыковыя поперечины располагаютъ симметрично относительно стыка рельсовъ и въ разстояніи другъ отъ друга въ 8"; эти поперечины окончательно прикрѣпляютъ къ своимъ мѣстамъ; затѣмъ промежуточныя поперечины передвигаютъ такъ, чтобы выполнить указанное требованіе относительно разстоянія между внутренними гранями смежныхъ поперечинъ въ 8", а тамъ, где это разстояніе болѣе 8", кладутъ дополнительную поперечину; прикрѣпивъ затѣмъ всѣ поперечины къ поясамъ фермы или продольныхъ балочекъ, окончательно пришиваютъ къ нимъ рельсы.

2) Поперечины кладутъ на мѣста по проекту; при этомъ если стыкъ рельсовъ ушелъ отъ средины промежутка между поперечинами болѣе  $\frac{1}{2}$  дюйма, но не болѣе 3-хъ дюймовъ, то можно стыковыя поперечины замѣнить специальными широкими поперечинами, которые шире нормальныхъ на величину эксцентричности стыка отъ средины промежутка между поперечинами.

3) Если же стыкъ ушелъ отъ средины промежутка болѣе чѣмъ на 3 дюйма, и вообще когда укладка по второму способу представляется неудобной, уклады-

ваютъ подъ стыкъ дополнительную короткую шпалу, которая загоняется въ промежутокъ между стыковыми, при чемъ стыковые шпалы вмѣстѣ съ дополнительной шпалой передвигаются такъ, чтобы костыли подкладокъ не попали въ промежутокъ между поперечинами.

б) На деревянныхъ мостахъ поперечины прикрепляются къ прогонамъ посредствомъ болтовъ и врубокъ; разстояніе между поперечинами задано проектомъ, при чемъ разстояніе между внутренними гранями смежныхъ поперечинъ также должно быть не болѣе 8''. Такъ какъ на этихъ мостахъ поперечины до укладки пути лежать на своихъ мѣстахъ, то при укладкѣ рельсовъ поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

Подходя укладкой пути къ мосту, сначала перекидываются примѣрной укладкой, а затѣмъ имѣющимиися подъ руками нормально укороченными рельсами (т. е. рельсами 25'6", 23' и 20'6") стараются достигнуть наименьшаго числа отклоненій стыка рельсовъ отъ средины промежутковъ между поперечинами; тамъ, где избѣгнуть отклоненія не удалось, подъ стыкъ подводится одна или двѣ \*) дополнительныя поперечины длиною 8', загоняя ее въ промежутокъ между основными поперечинами; необходимо при этомъ обращать вниманіе на то, чтобы стыковые костыли не попадали въ промежутокъ между основной и дополнительной поперечинами. Если же стыковой костыль попадаетъ въ промежутокъ между основной и дополнительной поперечинами, то въ этомъ мѣстѣ подводится подъ стыкъ специальная пятидырная подкладка, или употребляются дополнительные упорные костыли, удерживающіе стыкъ въ неизмѣнномъ положеніи.

## § 29.

**Устройство повышенія наружного рельса на мостахъ.**

Возведеніе наружного рельса на верхнемъ строеніи мостовъ, расположенныхъ въ кривыхъ, достигается слѣдующимъ образомъ:

1) въ деревянныхъ мостахъ—назначенное возвы-

\*) Въ зависимости отъ расположения стыка, чтобы подкладки и накладки не очутились на вѣсу.

шение наружного рельса выгоняется на насадку, которая поэтому подъ внѣшимъ рельсомъ должна быть съченіемъ  $a'' \times (b'' + h'')$ , где  $a''$  и  $b''$  — съченія насадки подъ внутреннимъ рельсомъ,  $h''$  — утолщеніе насадки подъ внѣшимъ рельсомъ; на сваи насадка нарубается горизонтально;

2) на желѣзныхъ мостахъ возвышение наружного рельса достигается:

а) помѣщеніемъ на мостовыхъ поперечинахъ специальныхъ подкладокъ;

б) различной глубиной зарубки поперечинъ, или укладкой поперечинъ, у которыхъ верхняя грань наклонена къ горизонту соотвѣтственно возвышенію наружного рельса;

в) наклоннымъ расположениемъ всего верхняго строенія,

и г) комбинаціей способа (в) съ однимъ изъ первыхъ.

На Пермь-Котласской жел. дорогѣ при расположении желѣзныхъ мостовъ на кривыхъ долженъ быть примѣненъ послѣдній способъ, при чёмъ верхняя грани подферменныхъ камней стесываются такъ, что проведенная черезъ нихъ плоскость имѣетъ уклонъ къ центру кривой, соотвѣтствующій повышению при скорости 35 верстъ въ часъ. Поэтому на участкахъ, где повышение дѣлается для предѣльныхъ скоростей, превосходящихъ означенную скорость, недостающее повышение наружного рельса достигается по одному изъ способовъ *a* или *b*.

### § 30.

**Приведеніе въ окончательный видъ профиля балластного слоя и пути.**

Послѣ укладки пути, по мѣрѣ развозки балласта, приступаютъ къ подъемкѣ пути на полную проектную высоту и окончательной рихтовкѣ. Поднятіе пути производится не сразу на полную требуемую по проекту высоту, а въ два—три слоя, при чёмъ второй слой балласта насыпается не ранѣе, какъ по прохожденіи пяти груженныхъ поѣздовъ. Путь поднимается частями въ 3—4 рельса. По приведеніи рельса на высоту, требуемую проектомъ, вывѣрка пути должна

быть произведена тщательно, какъ въ горизонтальномъ, такъ и въ вертикальномъ направлениі, послѣ чего промежутки между шпалами (ящики) засыпаются верхнимъ балластомъ, такъ, чтобы между ними образовался лотокъ на 0,005—0,02 саж. ниже подошвы рельса, для безпрепятственного стока воды. Выправка колеи должна производиться ломомъ, действуя имъ какъ рычагомъ и не допуская никакимъ образомъ ударять по головкѣ рельса.

При подбивкѣ путь долженъ быть всегда въ такомъ видѣ, чтобы безопасность прохода поездовъ была обеспечена, для чего необходимо дѣлать спуски отъ подбитаго пути къ неподбитому уклономъ не болѣе 0,02, а въ поперечномъ направлениі путь въ прямыхъ частяхъ долженъ быть горизонталенъ, въ кривыхъ же—съ соответственнымъ возвышениемъ наружнаго рельса.

Одновременно съ подъемкой и вывѣркой пути идетъ окончательная рихтовка съ разбивкой сопрягающихъ кривыхъ, повышеній и сопрягающихъ уклоновъ.

### § 31.

#### Отчетность по укладкѣ пути.

По окончаніи укладки, балластировки и окончательной рихтовки путь передается въ вѣдѣніе подлежащаго начальника участка, который производить приемку пути въ техническомъ отношеніи и вмѣстѣ съ тѣмъ повѣрку количества уложенныхъ въ путь материаловъ.

Учетъ укладочныхъ материаловъ ведется по прилагаемой формѣ, и составленныя по этой формѣ вѣдомости высылаются въ 2-хъ экземплярахъ въ Управление работъ—одинъ въ Счетный Отдѣлъ и одинъ въ Технический Отдѣлъ.



**Верста** „ „. *Отъ* „ „. *ник.* + „ „. *саж.* до „

Пикетъ.	Ш П А Л Ы.		Р Е Л Ъ С				
	ш т у к ъ.		Типъ.	Марки завода.	на прямыхъ частяхъ.		По вѣнцовой (упорной) длиной.
	Стыковыя.	Промежуточ- ныя.			Длина рельсъ.	Число штукъ.	

Итого на версту.

## **Приложение.**

„ саж. Укладка „ „ года „ „ мысляца.

О предѣлахъ размѣровъ подвижного состава и приближенія строеній къ путямъ желѣзныхъ дорогъ въ Россіи, установленныхъ постановленіемъ Министерства Путей Сообщенія отъ 18-го марта 1860 г. № 1-й и дополненныхыхъ постановленіемъ Инженернаго Совѣта по журналу № 110-й 1893 года.

Ч е р т е жъ 1-й.

- 1) Ширина пути, считая между внутренними гранями рельсовъ . . . . . 0,714 с. = 5 ф.
- 2) Разстояніе между путями, считая между внутренними (по отношенію къ каждому пути) гранями рельсовъ . . . . . 1 с. = 7 ф.
- 3) Наибольшая ширина подвижного состава:  
на высотѣ отъ уровня рельсовъ:  
отъ 0,023 с. = 2 д. до 0,03 с. =  $2\frac{1}{2}$  д. . . . . 1,220 с. = 8,54 ф.  
» 0,13 с. = 11 д. « 0,18 с. = 15 д. . . . . идти по наклонной линіи *rq*.  
» 0,18 с. = 15 д. « 0,30 с. = 2,1 ф. . . . . 1,60 с. = 11,2 ф.  
» 0,30 с. = 2,1 ф. « 0,60 с. = 4,2 ф. . . . . 1,516 с. = 10,6 ф.  
» 0,60 с. = 4,2 ф. « 1,80 с. = 12,6 ф. . . . . 1,60 с. = 11,2 ф.  
» 1,90 с. = 13,3 ф. « 2,40 с. = 16,8 ф. . . . . 0,70 с. = 59 д.  
» 2,46 с. = 17,22 ф. . . . . 0,48 с. = 32 д.
- 4) Наименьшее возвышеніе частей подвижного состава надъ уровнемъ рельсовъ:  
съ внешней стороны колеи . . . . . 0,023 с. = 2 д.  
съ внутренней стороны колеи . . . . . 0,047 с. = 4 д.
- 5) Наибольшая высота вагоновъ у краевъ надъ уровнемъ рельсовъ . . . . . 1,80 с. = 12,6 ф.
- 6) Наибольшая высота дымовыхъ трубъ парово-  
зовъ надъ уровнемъ рельсовъ . . . . . 2,46 с. = 17,22 ф.
- 7) Горизонтальное разстояніе между центрами буферовъ . . . . . 0,835 с. = 5,485 ф.
- 8) Высота центровъ буферовъ надъ уровнемъ рель-  
совъ въ порожнемъ подвижномъ составѣ . . . . . 0,48 с. = 3,36 ф.
- 9) Наименьший діаметръ буферныхъ подушекъ . . . . . 0,15 с. = 12,5 д.

- 10) Наименьшая ширина обода колесъ подвижного состава . . . . . 0,06 с. = 5 д.
- 11) Наибольшая высота платформъ на станціяхъ надъ уровнемъ рельсовъ:  
пассажирскихъ высокихъ . . . . . 0,429 с. = 3 ф.  
» » низкихъ или дорожекъ . . . . . 0,125 с. = 10,5 д.  
товарныхъ . . . . . 0,56 с. = 3,92 ф.
- 12) Наименьшее разстояніе отъсной, обращенной къ пути, грани тѣхъ же платформъ отъ внутренней грани крайняго рельса:  
на высотѣ отъ уровня рельсовъ до 0,125 с. = 10,5 д. 0,30 с. = 2,1 ф.  
отъ 0,125 с. = 10,5 д. до 0,35 с. = 2,45 ф. . . 0,50 с. = 3,5 ф.  
« 0,35 с. = 2,45 ф. » 0,43 с. = 3 ф.. . . 0,43 с. = 3 ф.  
что составляетъ отъ середины пути:  
на высотѣ до 0,125 с. = 10,5 д. . . . . 0,657 с. = 4,6 ф.  
отъ 0,125 с. = 10,5 д. до 0,35 с. = 2,45 ф. . . 0,857 с. = 6 ф.  
« 0,35 с. = 2,45 ф. » 0,43 с. = 3 ф.. . . 0,787 с. = 5,5 ф.
- 13) Наименьшее разстояніе отъ середины пути стѣнъ строеній при путяхъ, внутреннихъ граней фермъ мостовъ, возвышающихся надъ уровнемъ путей, перилъ, парапетовъ, мостовъ, стѣнъ, тоннелей, устоевъ арокъ и портиковъ при вѣздахъ на мосты и другихъ строеній:  
на высотѣ надъ уровнемъ рельсовъ:  
до 0,125 с. = 10,5 д. . . . . 0,657 с. = 4,6 ф.  
отъ 0,125 с. = 10,5 д. до 0,5 с. = 3,5 ф. . . 0,90 с. = 6,3 ф.  
выше 0,50 с. = 3,5 ф. . . . . 1,15 с. = 8 ф.
- 14) Наименьшіе размѣры внутренней направляющей кривой сводовъ тоннелей и мостовъ черезъ желѣзную дорогу о 2 путяхъ:  
а) высота пять свода надъ уровнемъ рельсовъ 1,2 с. = 8,4 ф.  
б) радиусъ круга (при разстояніи между путями въ 1 саж.) . . . . . 2,008 с. = 14,056 ф.

ПРИМѢЧАНІЕ. При употребленіи пологихъ арокъ и другихъ кривыхъ, должно удовлетворить двумъ условіямъ: 1) чтобы разстояніе между устоями было не менѣе опредѣленного въ ст. 12, и 2) чтобы направленіе кривой находилось вѣ назначеннаго опредѣленного очертанія *аб*.

- 15) Наименьшая высота чистаго проѣзда надъ уровнемъ рельсовъ подъ мостами черезъ желѣзнную дорогу, подъ верхними поперечными связями фермъ мостовъ съ проѣздомъ по нижней ихъ части, подъ сводами, стропилами или балками станціонныхъ зданій и навѣсовъ и проч.:  
а) каменными и металлическими . . . . . 2,6 с. = 18,2 ф.  
б) деревянными . . . . . 3 с. = 21 ф.

ПРИМѢЧАНІЕ 1-е. Подкосы и другія связи деревянныхъ мостовъ и стропиль не должны выступать за предѣлы прямыхъ, проведенныхъ черезъ точки Д, Е, Ж, З, И, взятая въ слѣдующихъ разстояніяхъ отъ ближайшихъ путей:

на высотѣ надъ рельсами:

Д и I 1,50 с. = 10,5 ф. .... 1,15 с. = 8 ф.

Е и И 2,60 с. = 18,2 ф. .... 0,90 с. = 6,3 ф.

Ж и З 3,00 с. = 21 ф. .... 0,50 с. = 3,5 ф.

ПРИМѢЧАНІЕ 2-е. На станціяхъ желѣзныхъ дорогъ съ шириной колеи въ 5 футовъ и съ междупутьемъ въ 7 футовъ допускается, чтобы подкосы, стропила и свѣсы крыши выступали за предѣлы линій Д, Е, Ж, З, И, но не далѣе линіи KA, параллельной наклонной линіи на предѣльномъ очертаніи подвижного состава и отстоящей отъ него на 200 mm.

- 16) Наименьшее разстояніе:  
а) заставъ при переѣздахъ въ уровнѣ желѣзной дороги отъ средины ближайшаго пути . . . . . 4,37 с.  
ПРИМѢЧАНІЕ. На косыхъ переѣздахъ это разстояніе опредѣляется у ближайшаго къ желѣзной дорогѣ края заставы.  
б) стрѣлочныхъ столбовъ отъ середины пути . . . . . 1 с. = 7 ф.  
в) столбовъ электрическихъ и оптическихъ телеграфовъ, считая отъ виѣшняго ребра землянаго полотна . . . . . не менѣе высоты столба.

- 17) Зазоры между закраинами колесъ подвижного состава и рельсами въ сложности, т. е. у обоихъ колесъ вмѣстѣ, должны быть не менѣе  $\frac{1}{2}$  дюйма (12,7 mm.) и не болѣе  $1\frac{1}{4}$  дюйма (31,75 mm.), или для каждого колеса отъ  $\frac{1}{4}$  дюйма (6,75 mm.) до  $\frac{5}{8}$  дюйма (15,875 mm.). При

среднихъ же колесахъ шестиколесныхъ вагоновъ и паровозовъ допускается зазоръ для каждого колеса до  $\frac{7}{8}$  дюйма (22 мм.).

Ч е р т е жъ 2-й.

- 18) Наибольшій свѣсъ закраинъ колесъ *ab*, подъ плоскостью, проведеною касательно къ вершинѣ рельса . . . . . 1,65 сот. с. =  $1\frac{3}{8}$  д.
- 19) Наименьшее разстояніе *ag* между плоскостями, проведенными касательно къ вершинѣ рельса и параллельно ей чрезъ верхнюю точку скрѣпительныхъ приборовъ (какого бы ни было рода), съ внутренней стороны пути, внѣ отвѣсной, касательной къ головкѣ рельса . . . 1,8 сот. с =  $1\frac{1}{2}$  д.
- 20) Возвышеніе внѣшняго рельса надъ внутреннимъ на кривыхъ сопряженіяхъ дороги, описанныхъ радиусомъ не менѣе 300 с...  $x = \frac{3v^2}{R}$ , где  $x$  — искомое возвышеніе въ тысячныхъ доляхъ сажени,  $v$  = скорость поѣздовъ въ часть въ верстахъ,  $R$  = радиусъ кривого сопряженія (по оси пути) въ саженяхъ

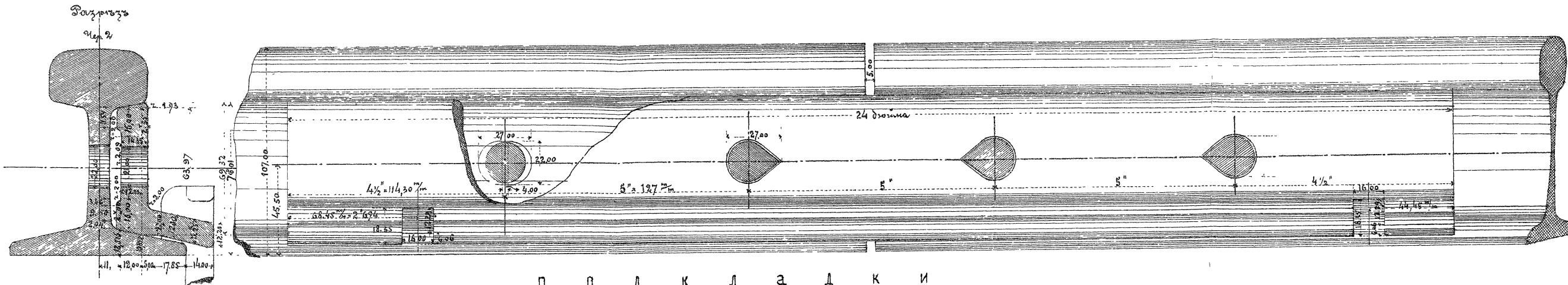


№ инструкции верхнего строения и укладки пути

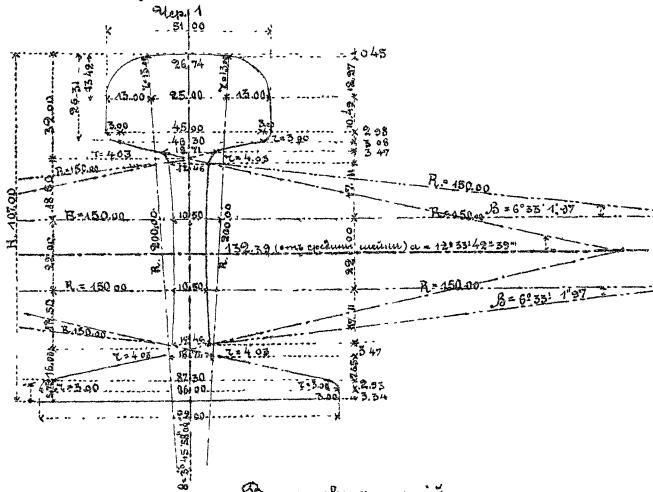
РЕЛЬСЫ ТИПА 18 ФУНТОВЬ ВЪ ПОГОН. ФУТЪ И СКРЪПЛЕНИЙ КЪ НИМЪ

Фасадъ

Черт. 3



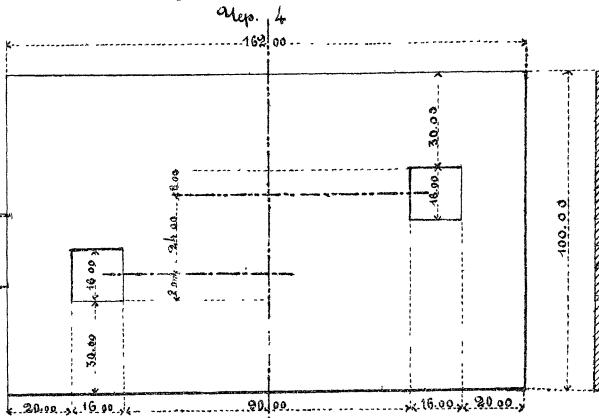
Концевой видъ



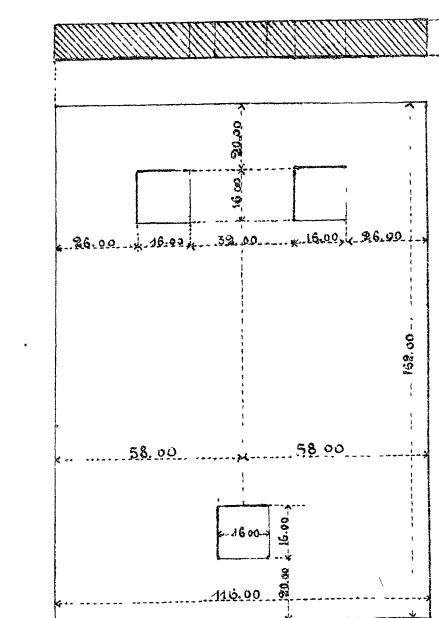
Фасадъ скрѣпленій

- 1.) Фасадъ фасонной подкладки..... 15.84533 фунтов
- 2.) Фасадъ скрѣпленій..... 2.94979
- 3.) Башка с гайкой..... 0.80762
- 4.) Стаканного болта..... 0.64900
- 5.) Промежуткового болта..... 0.54164
- 6.) Пресварной подкладки..... 3.39000
- 7.) Башка для пресварных подкладок..... 0.58960

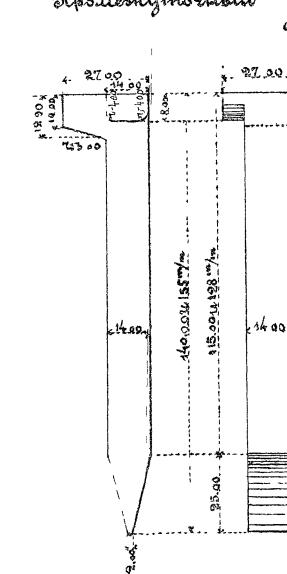
ПОДКЛАДКА  
Двухднижная



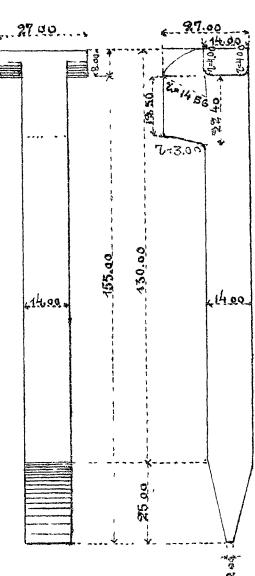
ПОДКЛАДКА  
Пресварная



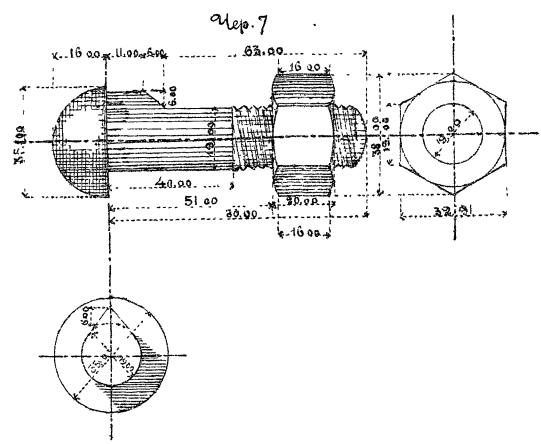
КОСТИЛІ  
Промежутковий



Стакановый



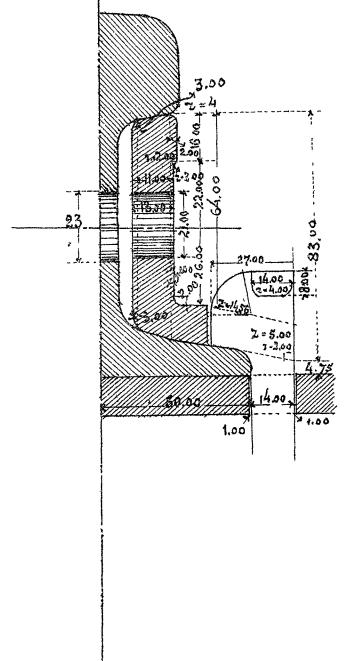
БОЛТЪ СЪ ГАЙКОЙ



РЕЛЬСЫ ТИПА 22½ ФУНТА ВЪ ПОГОН. ФУТѦ.

Внешний разрез.

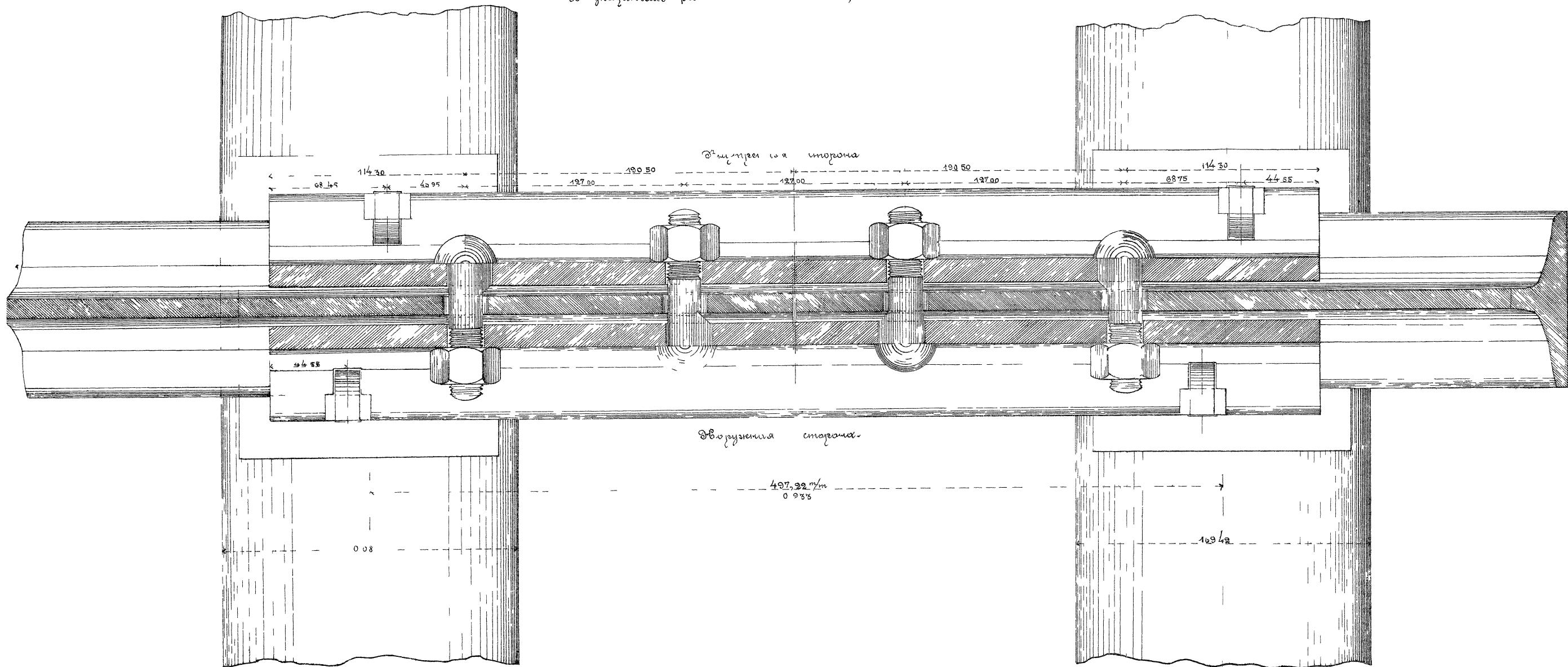
Фиг. 2.



*Ар* №<sup>о</sup> инструкции №<sup>о</sup> жало спросил и уточнил

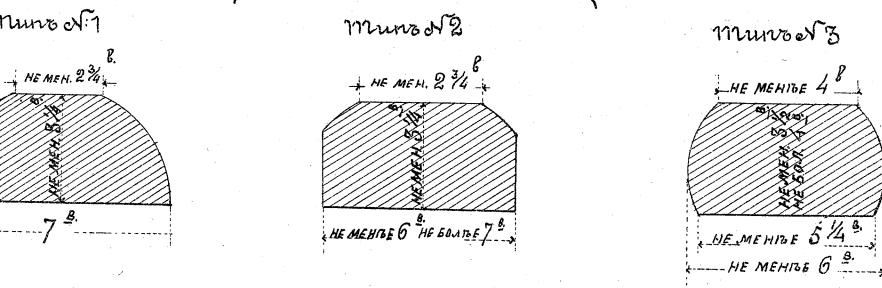
## Листы II<sup>и</sup> бс

Ч Е Р Т Е Ж Ъ С Т Y К A Р Е Л Ь С О В Ъ  
св ука<sup>з</sup>анием расположения болтовъ, подкладокъ и болтшай.

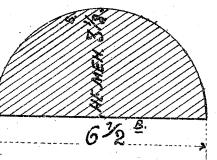


## ПРОФИЛЯ ВАЛЛАСТНАГО СЛОЯ.

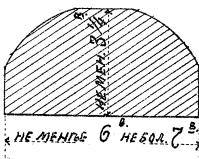
Ques. 1.



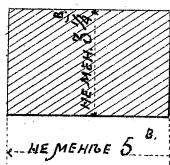
Munro ch 4



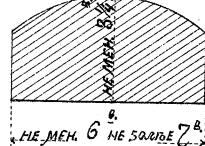
112 на № 5



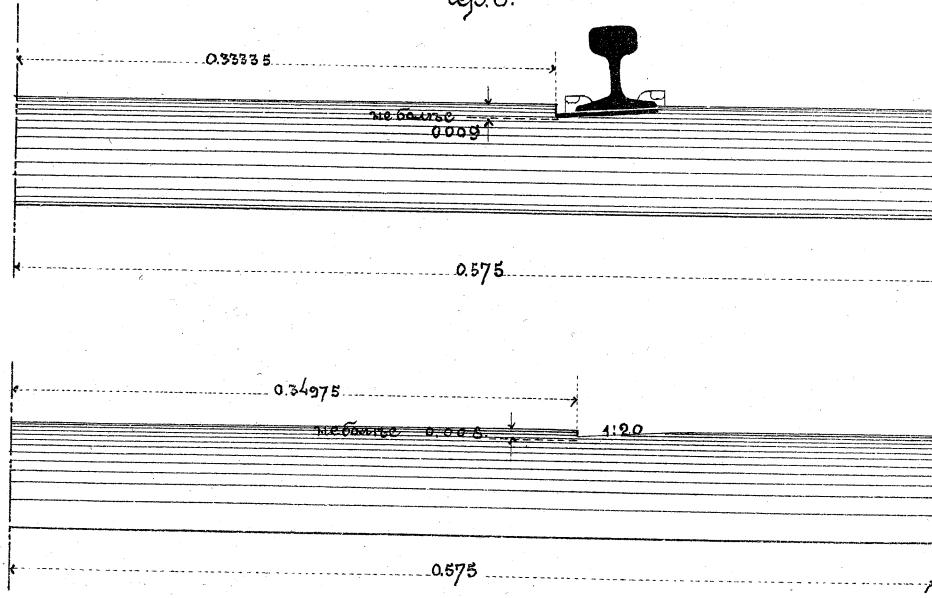
મારો નોંધ



માનુષ નંબર 8.

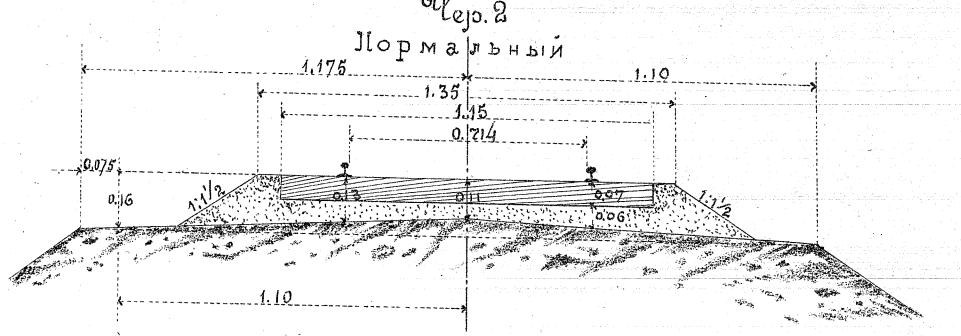


Ques. 6.

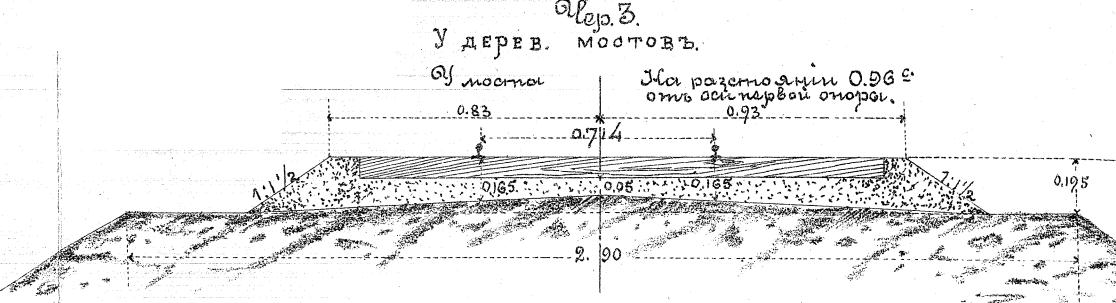


Alepo.

## Нормальный



Алеја З.  
У дерев. мостовъ.



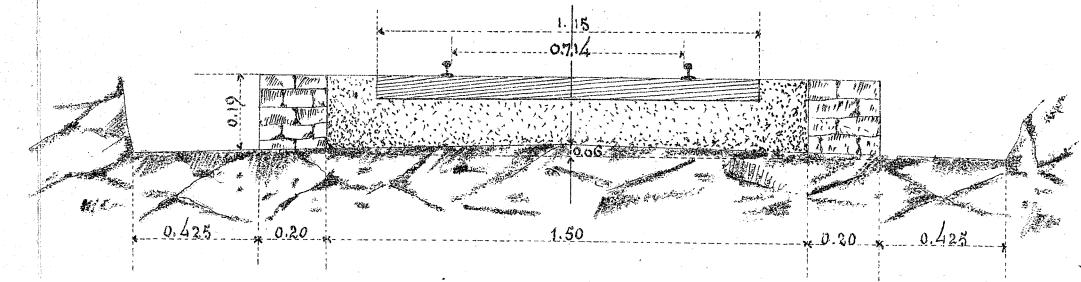
GPEP, 4

Въ тлинистыхъ и вязкихъ грунтахъ.

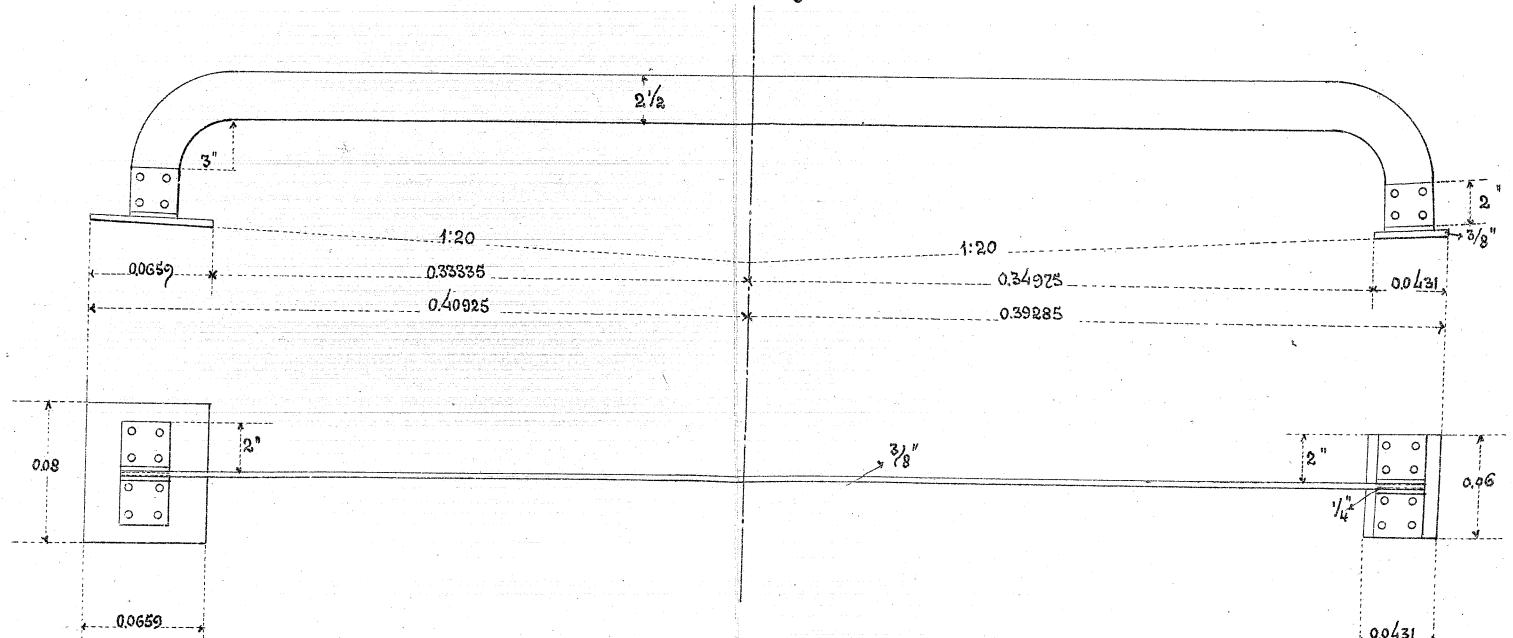


Allego. 5

Въ скалистыхъ выемкахъ.



Alep. 7



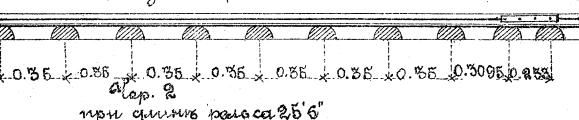
ения и укладки пути.

Лист

# Ч Е Р Т Е Ж Ъ У К Л А Д К И П У Т И

расположения пятивагонного поезда рельсами

Для прямого пути  
при длине рельса 28'



Черт. 1

при длине рельса 28'

Черт. 2

при длине рельса 25' 6"

Черт. 3

при длине рельса 25'

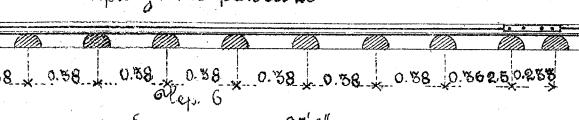
Черт. 4

при длине рельса 20' 6"

Черт. 5

при длине рельса 20'

Для станционного пути  
при длине рельса 28'



Черт. 6

при длине рельса 25' 6"

Черт. 7

при длине рельса 25'

Черт. 8

при длине рельса 20' 6"

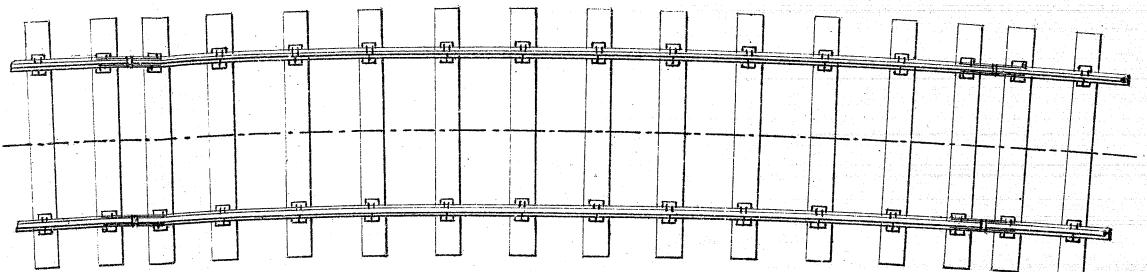
Черт. 9

при длине рельса 20'

Черт. 11

На криволинейных

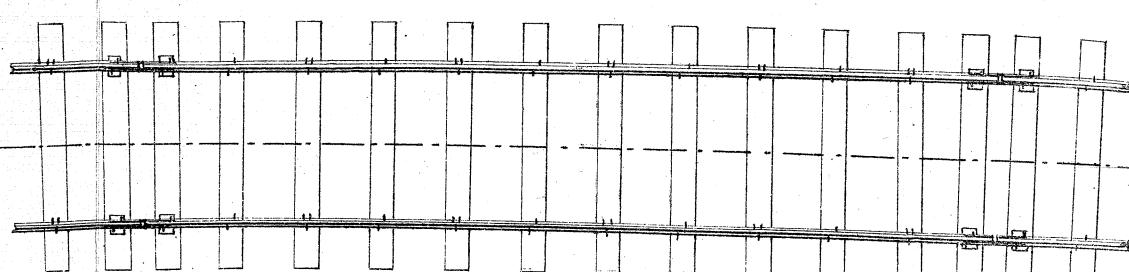
рельсах R от 120 до 150 сажен.



План расположения скреплений

Черт. 12

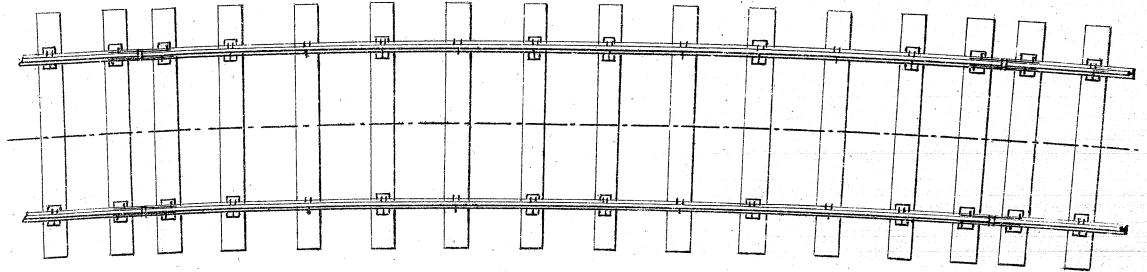
На криволинейных рельсах R от 30 до 500 сажен. Включительно



Черт. 10

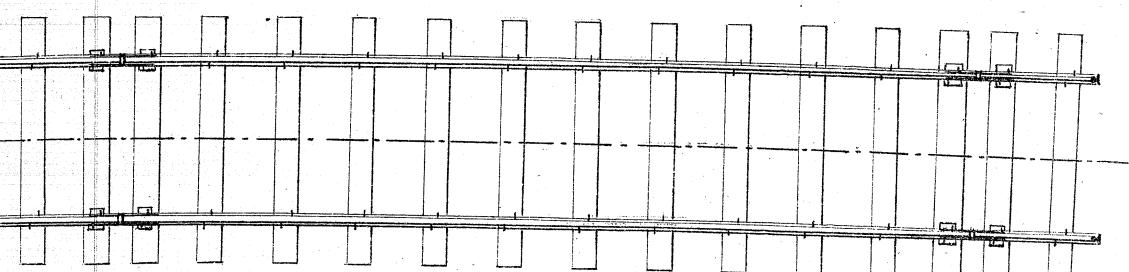
На криволинейных

рельсах R от 151 до 200 сажен. Включительно



Черт. 13

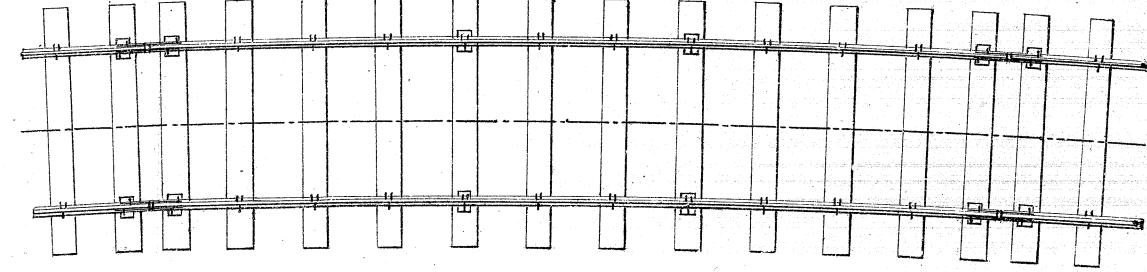
На прямых и криволинейных рельсах более 500 сажен



Черт. 9

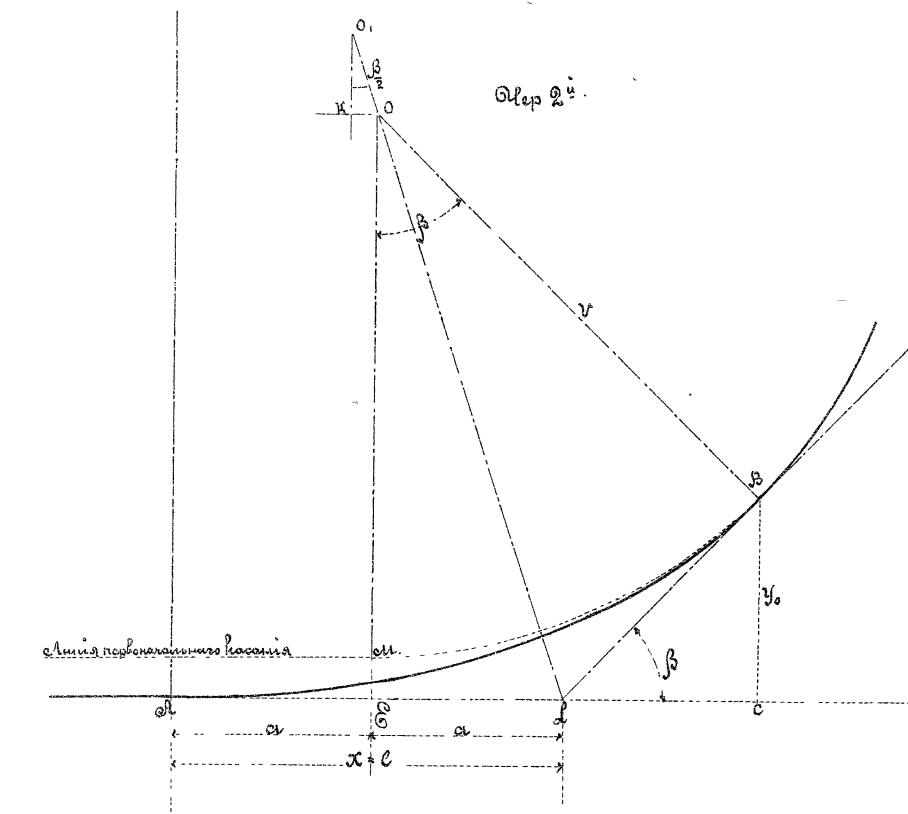
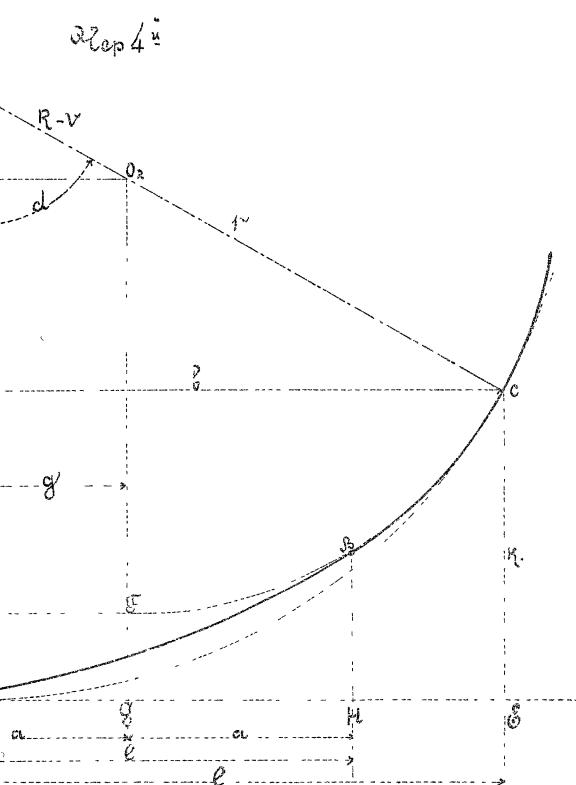
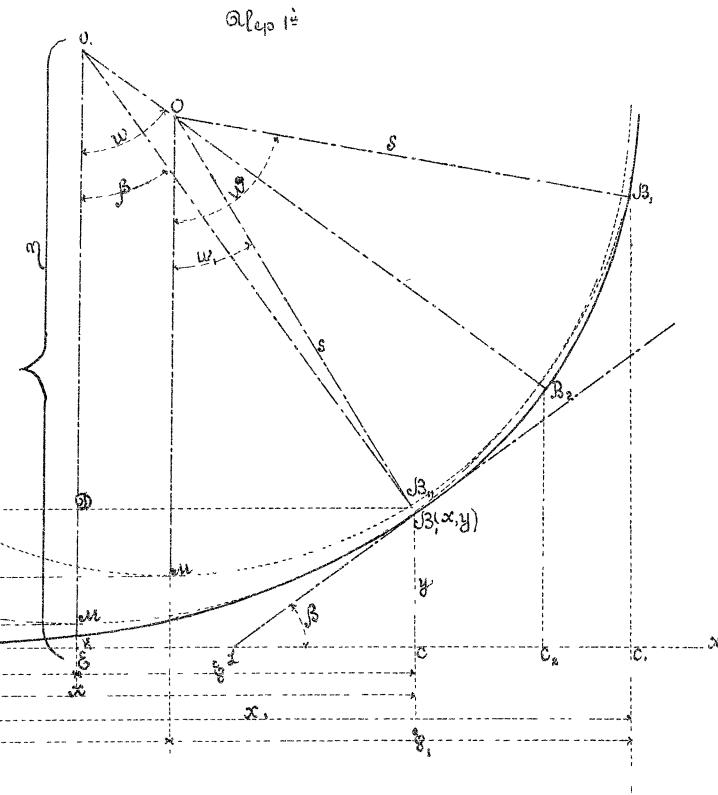
На криволинейных

рельсах R от 201 до 500 сажен. Включительно

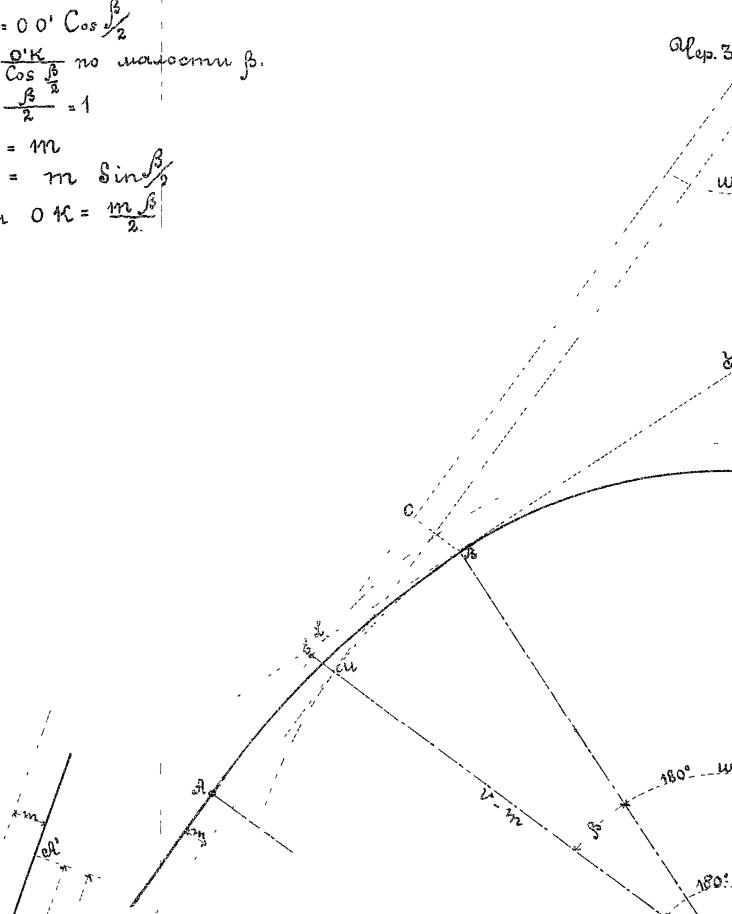


- 1.) На местах пути вставки бойковые соединения на полуторакильные, полуцилиндрические и квадратные болты.
- 2.) Боковые пары болтовых биндеровных клемм стыкуются обращены во внутрь клемм, а пары дышловых от стыка болтов обращены во наружу клемм.
- 3.) При укладке пути на прямых скатках - наклонка над 0.002 единицы шире нормального наклона.

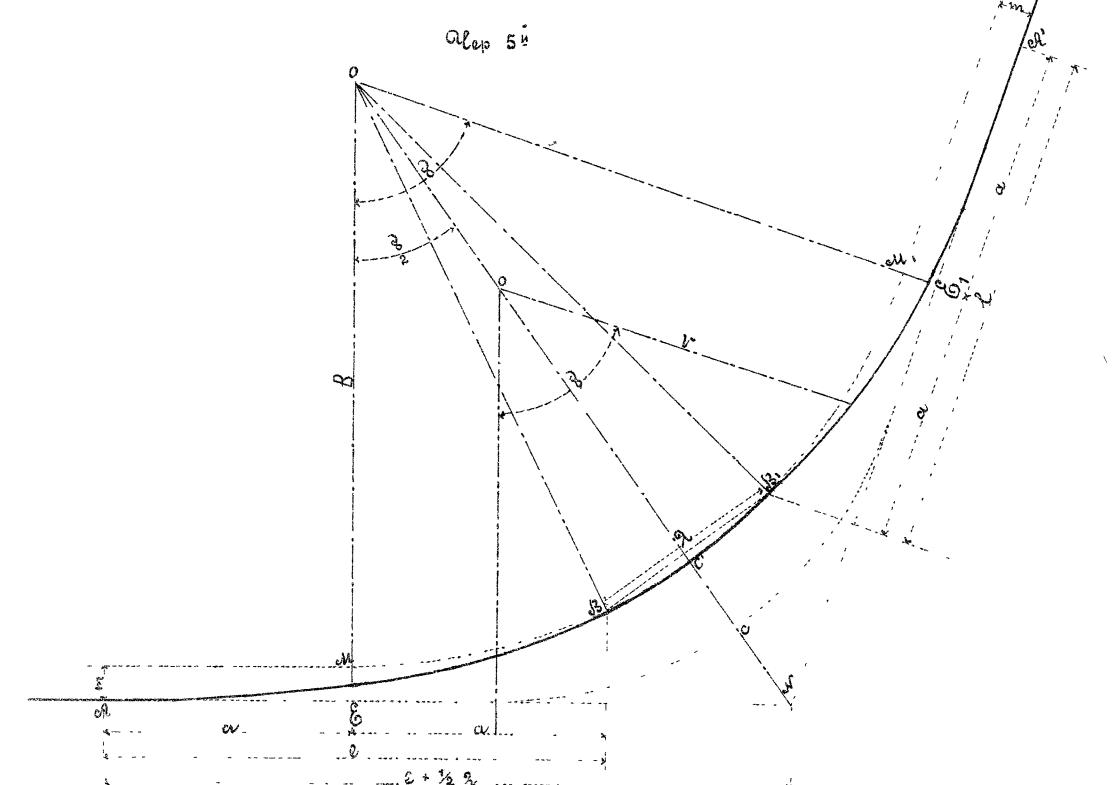
коэффициенты в уравнениях



$O'K = O O' \cos \frac{\beta}{2}$   
 $O O' = \frac{O'K}{\cos \frac{\beta}{2}}$  но значение  $\beta$ .  
 $\cos \frac{\beta}{2} = 1$   
 $O O' = m$   
 $O K = m \sin \beta$   
или  $O K = \frac{m \beta}{2}$



$\beta = \alpha + c \operatorname{tg} \frac{e}{2(r-n)}$   
но значение  $\beta$  можно не  
 $\beta = \alpha + c \operatorname{tg} \frac{\beta}{2r}$



Ко инструкции Ревизии строения и земельных участков.

Листок VI.

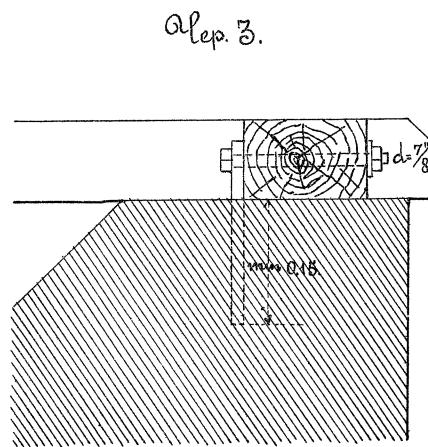
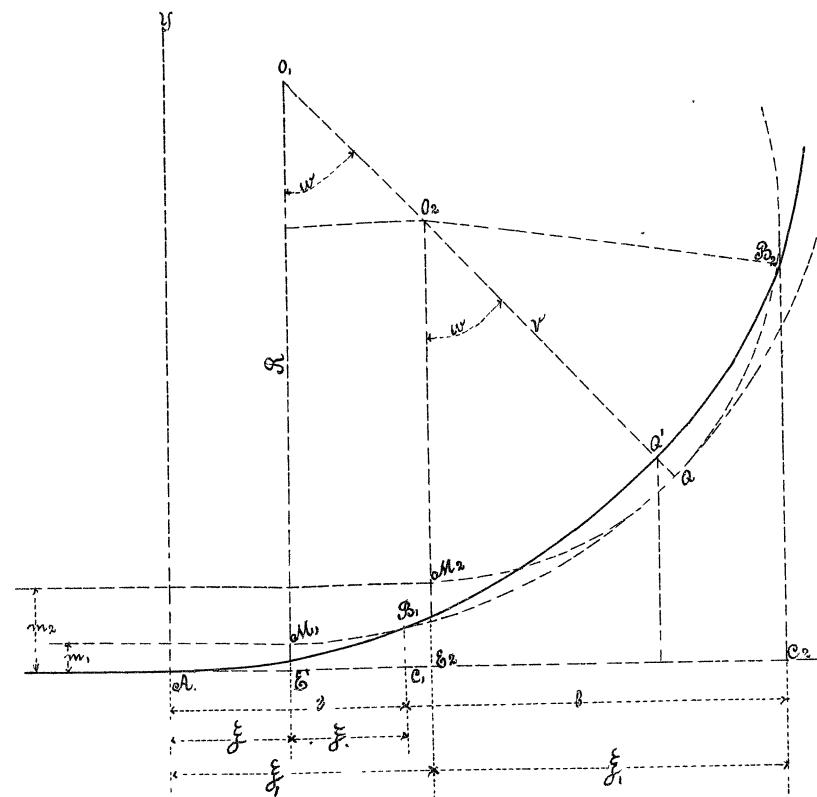


Рис. 1.



Масштаб

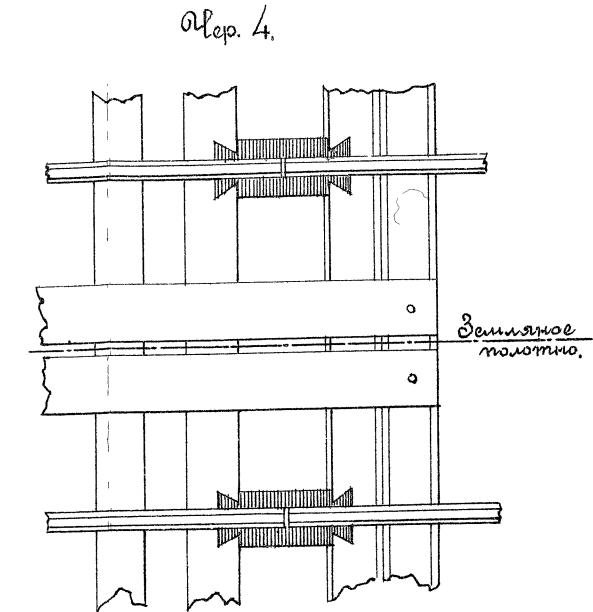
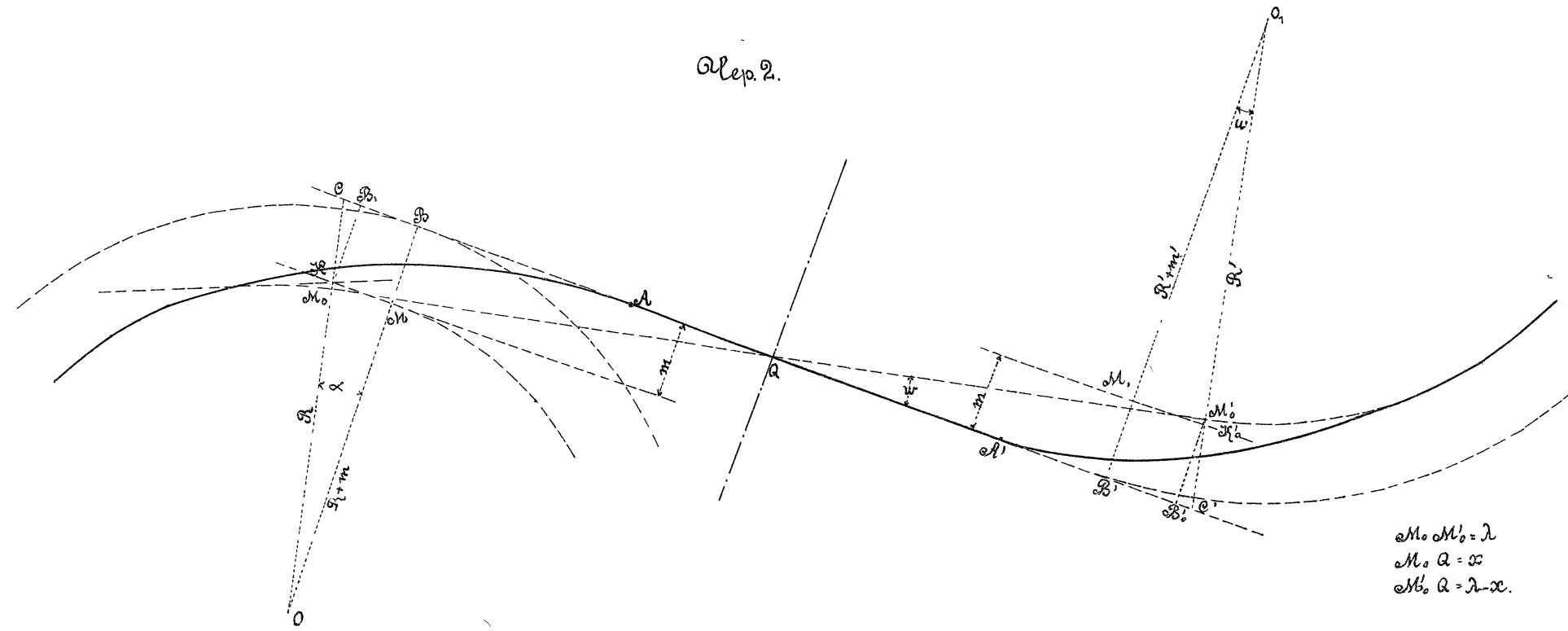


Рис. 2.



## ВРЕМЕННОЕ

ПРЕДПЪЛЬНОЕ ОЧЕРТАНИЕ ПОДВИЖСКОГО СОСТАВА ,  
ДЛЯ ДОРОГ СЪ ШИРИНОЮ КОЛЕЙ ВЪ 5 ФУТОВЪ И СЪ МЕД-  
ДОПУТЬЕМЪ ВЪ 7 ФУТ. СЪ ПОКАЗАНИЕМЪ ПРЕДПЛОВЪ ПРИБЛИ-  
ЖЕНИЯ СТРОЕНИЙ КЪ ПУТЬЯМЪ НА СТАЦІЯХЪ.

(Місісіп Всічка кипчукає, а макіяже фумікає, єханім. и дам. єханім.)

## Konia

Приложение к журналу  
Инженерного Совета № 110 1893 г.

## Наподлинномъ написано:

Кастомчайїй чөртөкчөй состязанын согасына  
указанинан Финанслернага Собакта подгуринску №110 1893<sup>го</sup> года

*Подписьали:*  
Председатель совета народных комиссаров СССР  
Генеральный секретарь ЦК КПСС

Відно (подп.) Університету Іо. Суминській.

