

Проф. Е. А. ГИБШМАН

# СОЕДИНЕНИЯ ПУТЕЙ

НКПС • ТРАНСМЕЛДОРИЗДАТ • 1934

Проф. Е. А. ГИБШМАН

# СОЕДИНЕНИЯ ПУТЕЙ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ИСПРАВЛЕННОЕ  
И ДОПОЛНЕННОЕ

*Одобрено ЦОПКАДРОМ НКПС  
в качестве учебника для  
вузов жел.-дор. транспорта*



1934

НКПС ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ  
М О С К В А

В настоящем учебнике разработаны вопросы конструкции и расчета стрелочных переводов. Данная книга, являясь переизданием учебника, изданного в 1932 г., значительно переработана и дополнена: приведен расчет конструкции стрелок с острьяками рельсового профиля в соответствии с разрабатываемыми стандартными типами стрелочных переводов, все расчеты съездов и стрелочных улиц произведены по осям, расширены главы о движении путей и стрелочных улиц.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ТЕХНИЧЕСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА СССР

701418  
59

ЖС  
7476



250/8 I

1334

~~ПРОВЕРКА  
№ 134816~~

Спец. редактор А. Н. Стаханов  
Уполн. Главлита Ц-83785  
Тираж 8170 экз.  
Сдано в набор 9/II—34 г.

Редактор А. Н. Фомин  
ЖДИЗ-530 ж-1а

Разм. бум. 72×105 1/16 18 п. л. + вкл. 1 1/2 п. л. 70 080 зн. в п. л.

Техредактор В. Н. Чернякова  
Заказ тип. 8335

Подписано к печати 25/V—34 г.

**ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ**  
в книге Гибшмана «Соединения путей»

Страница	Строка	Считая	Напечатано	Должно быть
28	2	снизу	мостик <i>i</i> ;	мостик <i>г</i> ;
43	10	"	$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{65}{4\sqrt{28(1050+28)}}$	$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{65}{4\sqrt{28(1050+28)}}$
46	23	сверху	через <i>c</i> ,	через <i>e</i> ,
60	5	"	в соответственную реборду	в соответственный жолоб
65	10	снизу	$-[L_t - l + h + (N+1)\delta]$	$-L_t - [l + h + (N+1)\delta]$
68	10	сверху	$Z_p =$	$L_p =$
68	5	снизу	$MM =$	$MM_1 =$
68	1	"	вблизи конца, для коей	вблизи конца кривой, для коей
71	1	сверху	От точек, идут кривые,	От точек <i>C</i> идут кривые
82	4	"	в заголовке таблицы 16 выпало в 3-м столбце $\frac{1}{11}$	
93	10	"	$\left(\cos \frac{\beta}{2} \cos \frac{\alpha}{2}\right) +$	$\left(\cos \frac{\beta}{2} \cos \frac{\alpha}{2}\right) +$
119	12	"	$A'K'$	$A'K_1'$
121	15	"	$A'K_1$	$A_1K_1'$
136	17	"	$BC = \frac{5,3 \cdot 1,5324}{2 \cdot 0,0905} -$	$BD = \frac{5,3 - 1,524}{2 \cdot 0,0905} -$
136	1	снизу	$2h_1$	$2q_1$
140	15	сверху	ромба $ACDO_0$	ромба $ACDO$
171	14	снизу	$\varphi = 1^\circ 54' 34''$	$\psi = 1^\circ 54' 34''$
172	8	"	и $a =$	и $a = e_1 n^2$ ,
177	19	сверху	$R_2 = 550$ м	$R_2 = 500$ м
181	9	снизу	на $2 \operatorname{ctg} \alpha$ ;	на $2e \operatorname{ctg} \alpha$ ;
196	3	сверху	$B_1 B_2 = \frac{B_2 E_2}{\sin 2\alpha}$	$B_1 B_2 = \frac{B_2 F_2}{\sin 2\alpha}$
205	7	"	78,69	78,59
208	9	снизу	$R_1 \frac{R_2 [1 - \cos(\dots)]}{1 - \cos \beta_1}$	$R_1 = \frac{R_2 [1 - \cos(\dots)]}{1 - \cos \beta_1}$
244	13	сверху	$L = 2 \left[ a_1 + b_1 \cos \alpha_1 + b_2 \sin \frac{\alpha_1}{2} + \dots \right]$	$L = 2 \left[ a_1 + b_1 \cos \alpha_1 + b_2 \sin \frac{\alpha_2}{2} + \dots \right]$
251	6	снизу	$F_2 A_2 -$	$F_2 A_3 -$

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	Стр. 5
-----------------------	--------

## Г л а в а I

### Общие данные. Конструкция стрелочных переводов

§ 1. Способы изображения путей . . . . .	7
§ 2. Способы соединения путей . . . . .	7
§ 3. Разветвление и соединение путей при помощи стрелочных переводов . . . . .	8
§ 4. Остряки. Рамные рельсы. Закрепление остряков в корне. Стрелочные подушки. Тяги. Упорные болты. Переводные станки . . . . .	13
§ 5. Основные положения, принятые в основу конструкции и расчета новых стрелочных переводов с рельсовыми повышенными остряками . . . . .	29
§ 6. Крестовины . . . . .	41
§ 7. Расчет крестовин . . . . .	52
§ 8. Применяемые за границей стрелочные переводы. Меры предохранения износа остряка. О марках крестовин, применяемых за границей и у нас. Особые конструкции крестовин. . . . .	57

## Г л а в а II

### Расчет стрелочных переводов

§ 9. Обыкновенный одиночный стрелочный перевод с прямолинейными остряками . . . . .	63
§ 10. Применение криволинейных остряков и крестовин с одним криволинейным рабочим кантом сердечника . . . . .	69
§ 11. Расположение стрелочных переводов при вычерчивании их по осям. Примеры вычерчивания путей и стрелочных переводов по осям . . . . .	72
§ 12. Стрелочные переводы узкой колеи . . . . .	79
§ 13. Обыкновенный одиночный стрелочный перевод с одним криволинейным и одним прямолинейным остряком . . . . .	84
§ 14. Несимметричный стрелочный перевод . . . . .	89
§ 15. Симметричный одиночный стрелочный перевод с прямолинейными остряками . . . . .	92
§ 16. Симметричный одиночный стрелочный перевод с криволинейными остряками . . . . .	95
§ 17. Одиночный стрелочный перевод на кривом основном пути, причем центры кривых переводного и главного пути лежат по одну сторону оси главного пути . . . . .	97
§ 18. Одиночный стрелочный перевод на кривом основном пути, причем центры кривых основного и переводного пути лежат по разные стороны от основного пути . . . . .	108

## Г л а в а III

### Разветвление одного пути на три или двойной стрелочный перевод

§ 19. Двойной стрелочный перевод с прямолинейными остряками . . . . .	115
§ 20. Двойной стрелочный перевод с криволинейным остряком . . . . .	121

## Г л а в а IV

### Глухие пересечения

§ 21. Пересечение двух прямых путей . . . . .	125
§ 22. Пересечение прямого пути с криволинейным . . . . .	128
§ 23. Пересечение прямого пути с криволинейным при заданной величине угла пересечения . . . . .	130
§ 24. Пересечение двух криволинейных путей . . . . .	131
§ 25. Пересечение двух криволинейных путей при заданной величине угла пересечения . . . . .	131

## Г л а в а V

### Соединение двух путей переходом или съездом

§ 26. Съезд и перекрестный съезд с углом наклона соединительного пути, равным углу крестовины . . . . .	135
§ 27. Сокращенный съезд и сокращенный перекрестный съезд . . . . .	136

	Стр.
§ 28. Соединение непараллельных путей . . . . .	138
§ 29. Английский (перекрестный) стрелочный перевод . . . . .	139
§ 30. Соединение двух пересекающихся путей при помощи перекрестного стрелочного перевода системы Безелера . . . . .	144
§ 31. Соединение двух параллельных путей, изогнутых под углом . . . . .	159
§ 32. Соединение двух параллельных криволинейных путей . . . . .	165

## Г л а в а VI

### Раздвижка путей

§ 33. Раздвижка путей и устройство обходных путей . . . . .	170
§ 34. Сдвигка криволинейного пути внаружу кривой. Обходные пути с устройством примыкания с внешней стороны главного пути . . . . .	172
§ 35. Сдвигка криволинейного пути внутрь кривой. Обходные пути с устройством примыкания с внутренней стороны главного пути . . . . .	176

## Г л а в а VII

### Стрелочные улицы

§ 36. Стрелочные улицы . . . . .	180
§ 37. Стрелочная улица с углом наклона, равным углу крестовины . . . . .	180
§ 38. Парковые пути в виде трапеции с одинаковой полезной длиной путей . . . . .	182
§ 39. Стрелочная улица предельного угла наклона . . . . .	183
§ 40. Увеличение угла наклона стрелочной улицы посредством укладки симметричной стрелки. . . . .	185
§ 41. Стрелочная улица предельного угла наклона с применением несимметричного стрелочного перевода . . . . .	188
§ 42. Стрелочная улица с расположением стрелок на расстоянии, меньшем длины стрелочного перевода . . . . .	192

### Стрелочные улицы с расположением части стрелок на основном пути

§ 43. Стрелочная улица с углом наклона, равным двойному углу крестовины . . . . .	195
§ 44. Стрелочная улица с предельным углом наклона при расположении стрелок через одну на основном стрелочном пути . . . . .	196
§ 45. Стрелочная улица из симметричных стрелочных переводов . . . . .	201
§ 46. Двухстороннее расположение парков . . . . .	202

### Веерные стрелочные улицы

§ 47. Веерные стрелочные улицы без прямых вставок . . . . .	203
§ 48. Веерные стрелочные улицы с прямыми вставками . . . . .	205

### Веерные улицы для криволинейных парковых путей

§ 49. Угол наклона стрелочной улицы постоянный . . . . .	207
§ 50. Стрелочная улица с изменяющимся углом наклона парковых путей . . . . .	214

## Г л а в а VIII

### Пути, ведущие к паровозному зданию и поворотному кругу. Обслуживание путей поворотными кругами

§ 51. Пути при прямолинейном паровозном здании . . . . .	218
§ 52. Пути при веерном паровозном здании . . . . .	221
§ 53. Пути при ступенчатых паровозных зданиях . . . . .	231
§ 54. Пути, соединяющие поворотный круг со станционными или тракционными путями . . . . .	238
§ 55. Обслуживание параллельных путей поворотными кругами . . . . .	238

## Г л а в а IX

### Петли, поворотные треугольники и пятиугольники

§ 56. Петли . . . . .	241
§ 57. Поворотные треугольники . . . . .	243
§ 58. Поворотные пятиугольники . . . . .	254

## Г л а в а X

### Предельные столбики (знаки)

§ 59. Определение положения предельных столбиков . . . . .	259
--	-----

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Наша страна под руководством ЦК ВКП(б) достигла огромных успехов на всех фронтах социалистического строительства.

Успешное выполнение первой пятилетки создало все предпосылки для дальнейшего проведения социалистической индустриализации народного хозяйства

„Транспорт — неотъемлемая часть социалистической индустриализации страны — должен во всех своих звеньях развиваться в полном соответствии с общим развертыванием социалистического строительства“ [Июньский пленум ЦК ВКП(б)].

Железнодорожный транспорт, являясь материальной опорой для связи между промышленностью и сельским хозяйством, должен доставлять сырье и машины к заводам, фабрикам и постройкам, а готовую продукцию к местам потребления.

От бесперебойной работы ж.-д. транспорта зависит дальнейший подъем народного хозяйства, культурное развитие и обороноспособность социалистического отечества.

Узким местом на железных дорогах являются узловые станции, где вагоны имеют значительный простой.

Наши планирующие органы отпускают значительные средства на развитие станций; так, например, согласно контрольным цифрам на 1934 г., на развитие станций предусматривается сумма в 70 млн. руб., причем на развитие Московского узла предусмотрено 30 млн. руб. Совершенно ясно, какое громадное значение имеет надлежаще составленный проект станции, правильный расчет его путей и, наконец, рациональная конструкция стрелочных переводов.

В настоящее время на станциях нашей ж. д. сети лежит 126 тыс. стрелочных переводов, из них 41 860 на главных путях.

Принимая средний срок службы стрелочных переводов в 20 лет, получим ежегодную потребность в 6 тыс. стрелочных переводов для нашей сети.

Учитывая недосмену переводов, а также необходимость в переводах на реконструируемых дорогах, общая потребность стрелочных переводов на 1934 г. составит 14 тыс. шт.

Необходимость постройки новых больших станций и узлов, а также потребность в большом числе стрелочных переводов, с расчетом и конструкцией коих должны быть знакомы как студенты, так и инженеры, работающие в области проектирования и развития станций, ставит на очередь вопрос об издании учебника по стрелочным переводам.

Предлагаемый учебник, являясь переизданием изданного Гострансиздатом в 1932 г. пособия, дополнен нижеследующими разделами:

1. В гл. I расширен расчет конструкции стрелок (§ 5) с острием рельсового профиля в соответствии с разрабатываемыми типами стрелочных переводов.

2. В гл. II добавлен § 10 с приведением типов немецких стрелочных переводов с переводной кривой, проходящей по крестовине, и § 12 о стрелочных переводах узкой колеи.

3. Все расчеты съездов и стрелочных улиц произведены по осям.

4. Значительно дополнена гл. VI о сдвигке путей, учитывая устройство обходных путей, а также гл. VII о стрелочных улицах.

5. В гл. VIII опущен расчет веерных паровозных зданий с расположением путей внутри здания параллельно друг другу по два и по три пути, имея в виду, что такие типы в СССР не применяются.

---



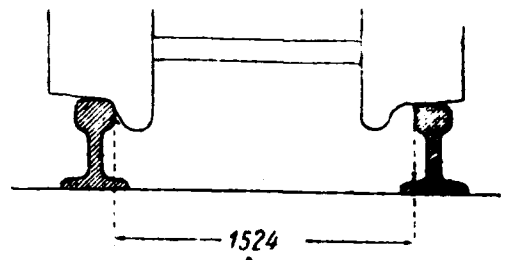
ОБЩИЕ ДАННЫЕ. КОНСТРУКЦИЯ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

§ 1. Способы изображения путей

В рельсовой колее вертикальные грани<sup>1</sup> головок рельсов, обращенные внутрь пути, называются *рабочими кантами рельсов*, т. к. этими гранями направляются реборды колес; наружные же грани называются *нерабочими кантами* (черт. 1).

В плане (черт. 2а-г) при вычерчивании путей и стрелочных переводов изображают подошву и головку рельсов (черт. 2-а); чаще при вычерчивании стрелочных переводов вычерчивают лишь головку рельсов двумя, линиями (черт. 4-б), причем внутренние линии представляют рабочие канты, а наружные — нерабочие канты.

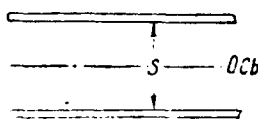
В тех случаях, когда стрелочный перевод вычерчивается с указанием расположения переводных брусьев, рельсы обычно изображаются по черт. 4-б, реже по черт. 2-а. Когда желательно дать лишь общее расположение острия, крестовины и общей схемы соединения путей, каждый рельс (черт. 2-в) изображается одной линией, причем эта линия показывает не ось рельса, а рабочий кант рельса. При вычерчивании соединений путей по осям, а также при вычерчивании станций изображают оси путей (черт. 2-г).



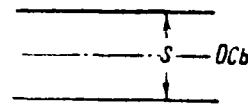
Черт. 1.



Черт. 2-а.



Черт. 2-б.



Черт. 2-в.



Черт. 2-г.

§ 2. Способы соединения путей

Как известно, особенностью движения подвижного состава по сравнению с экипажами, движущимися по проезжим дорогам, является наличие у бандажей подвижного состава направляющих реборд; поэтому, чтобы перейти всему составу или некоторым вагонам состава на другой путь, нужны особые приспособления.

На черт. 3 показаны способы соединения путей при помощи:

- а) стрелочных переводов,
- б) поворотных кругов,
- в) тележек.

Для перехода с пути I на путь II по переводу поезд входит у а на ответвляющийся путь и у а<sub>1</sub> входит на путь II. При посредстве переводов могут

<sup>1</sup> Иногда головка рельса сбоку ограничена наклонной гранью.

передаваться отдельные вагоны и составы с любого из путей *I*, *II* и *III* на любой путь.

Для передачи вагонов при помощи поворотных кругов с пути *I* на путь *II* вагон становится на поворотный круг пути *I*, поворачивается на  $90^\circ$ , сходит с круга и входит на поворотный круг пути *II*, поворачивается на  $90^\circ$  и попадает на путь *II*.

При помощи тележек вагоны передвигаются поперек путей: тележка останавливается против соответственных путей для входа и выхода с нее вагонов или паровозов.

Все указанные приспособления служат для передачи вагонов или паровозов с одного пути на другой, причем на поворотных кругах можно поворачивать паровозы и вагоны; поворачивать паровозы можно также, заставляя их проходить по путям, соединенным переводами и рас-

положенным в виде треугольника, или пользуясь петлей. Пользуясь переводами, можно передать целые составы, при помощи же кругов и тележек можно передавать лишь отдельные вагоны или паровозы.

### § 3. Разветвление и соединение путей при помощи стрелочных переводов

Стрелочный перевод (черт. 4) состоит из остяков, крестовины с контррельсами и соединительных путей между стрелкой и крестовиной.

Остяки (перья)  $A_1C_1$  и  $A_2C_2$  передвигаются переводным механизмом; в положении, показанном на чертеже, состав, следующий по пути *I* слева (по чертежу), может перейти на путь *II*.

Если перевести остяки таким образом, что будет прижат остяк  $A_2C_2$ , то возможно лишь передвижение поезда по прямому пути *I*.

Рельсы  $B_1D_1$  и  $B_2D_2$  называются рамными рельсами, входят в состав перевода и являются одной из непрерывных ниток двух разветвляющихся путей.

Крестовина состоит из сердечника (треугольник на чертеже) и двух усовых рельсов (усовиков)  $g_1e_1$  и  $g_2e_2$ .

Крестовина имеет два жолоба, по которым проходит гребень бандажа; колесный скат, подходя к острию крестовины *K*, может направляться либо в верхний, либо в нижний жолоб. Скат, идущий спуту *I* на путь *II*, должен направляться в нижний жолоб, для чего уложен контррельс  $E_2F_2$ . Для ската, идущего слева направо по пути *I*, служит контррельс  $E_1F_1$ , направляющий скат в верхний жолоб крестовины.

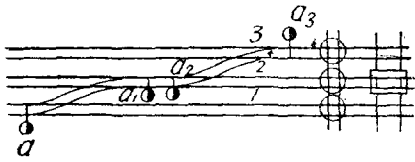
При движении с пути *II* или с пути *I* справа налево по чертежу или при так наз. пошерстном движении колесный скат будет проходить по соответственному жолобу и без контррельсов, так что надобность контррельса имеется лишь при прохождении стрелки против острия, или, как говорят, против шерсти.

Между концом  $C_1$  остяка  $A_1C_1$  и концом  $g_1$  крестовины имеется переводная кривая; между концом  $C_2$  остяка  $A_2C_2$  и концом  $g_2$  крестовины — прямая часть  $C_2g_2$ .

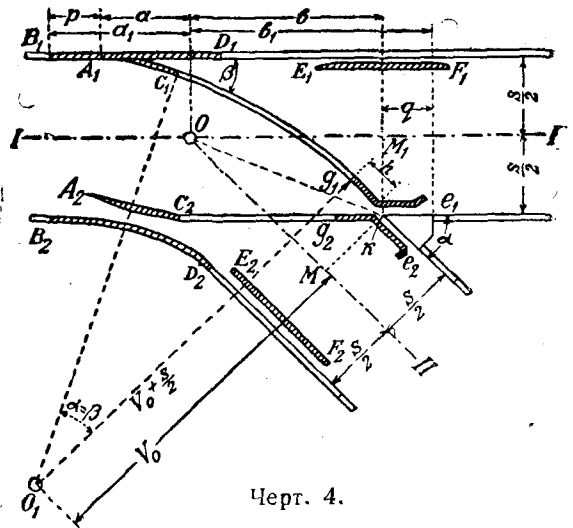
Стрелочный перевод, состоящий из поименованных основных частей, применяется во всевозможных соединениях и разветвлениях путей.

Таким образом стрелочный перевод состоит из:

а) остяков с рамными рельсами;



Черт. 3.



Черт. 4.

б) из крестовины (состоящей из сердечника и двух усювиков) с контрольсами<sup>1</sup>;

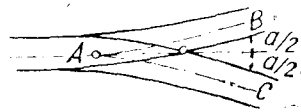
в) соединительной кривой, начинающейся по внешнему рельсу от остряка и примыкающей к крестовине.

Стрелочные переводы подразделяются в зависимости от величины тангенса угла крестовины, называемого маркой крестовины, на переводы определенной марки (у нас  $1/9$  и  $1/11$ ). Стрелочные переводы подразделяются на типы в зависимости от типа рельса, для которого спроектирован стрелочный перевод.

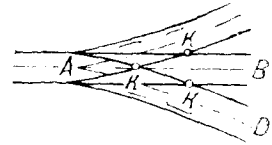
Пересечение осей разветвляющихся путей в точке  $O$  отстоит на определенных расстояниях от остря перьев, центра крестовины, конца рамного рельса и конца хвоста крестовины  $q$ . На черт. 4 обозначены:



Черт. 5.



Черт. 6.



Черт. 7.

1) расстояние от пересечения осей путей до остря пера через  $a$  и до центра крестовины через  $b$ ;

2) выступ рамного рельса из-за остря пера через  $p$  и длина хвоста крестовины через  $q$ ;

3) расстояние от пересечения осей путей до стыка рамного рельса равно  $a_1 = a + p$ ; расстояние от пересечения осей до хвоста крестовины равно  $b_1 = b + q$ .

Расстояние от остря пера до центра (или остря) крестовины называется *теоретической длиной перевода*  $L_t = a + b$ , а расстояние от конца выступа рамного рельса до конца хвоста крестовины  $L_p = a + p + b + q = a_1 + b_1$  — *действительной или практической длиной перевода*.

Если основной путь  $AB$ , от которого идет ответвление  $AC$  (черт. 5), не меняет своего направления, то стрелочный перевод называется *обыкновенным левопутным* или *правопутным*.

В левопутном переводе крестовина  $K$  расположена на левой нитке пути  $AB$ , в правопутном — на правой.

Перевод называется *симметричным*, если разветвляющиеся на направления  $AB$  и  $AC$  (черт. 6) пути составляют с основным путем равные углы  $\frac{\alpha}{2}$ ;

острие крестовины расположено на оси основного разветвляющегося пути.

Если пути  $AB$  и  $AC$  расположены не симметрично относительно оси  $AK$ , то перевод называется *несимметричным*, и острие крестовины  $K$  расположено в этом случае либо ниже, либо выше оси разветвляющегося пути.

Если от данного основного пути  $AB$  (черт. 7) ответвляются два пути  $AC$  и  $AD$ , расположенные симметрично, то получается симметричный двойной стрелочный перевод, называемый также *тройником*.

Кроме крестовин  $K$ , получающихся при пересечении каждого ответвляющегося пути с основным путем  $AB$ , имеется еще крестовина  $K'$  с углом, большим, нежели у крестовин  $K$ .

Симметричный двойной перевод имеет следующие неудобства:

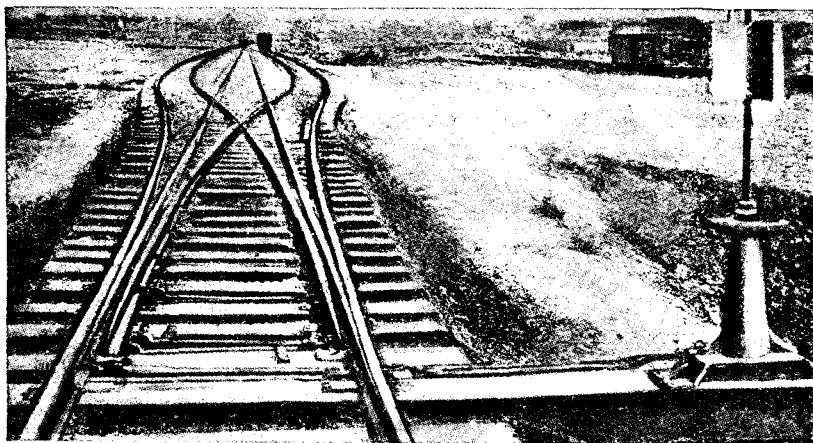
а) так как к каждому рамному рельсу примыкают два остряка, то концы их приходится значительно ослаблять, и вообще их конструирование встречает затруднения;

б) закрепление в корне двух остряков, рядом расположенных, также встречает затруднения;

<sup>1</sup> Вместо контрольсов устраиваются иногда отбойные реборды (см. ниже в параграфе о крестовинах).

в) для направления движения по крестовинам  $K$  можно поставить лишь контррельсы, служащие для направления движения с основного на ответвляющиеся пути; что же касается движения по основному пути, то крестовины  $K$ , будучи расположены в том месте, где должны быть уложены контррельсы, взаимно исключают друг для друга возможность укладки контррельсов<sup>1</sup>.

Для устранения указанных недостатков обычно (черт. 8) применяют несимметричный двойной стрелочный перевод, в котором острия перьев сдвинуты настолько, что укладка контррельсов для всех крестовин является возможной, причем центр крестовины  $K_1$  сдвинут относительно оси пути.

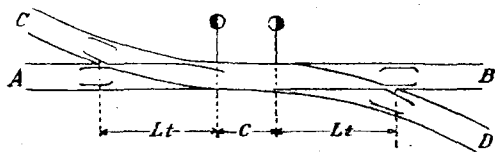


Черт. 10.

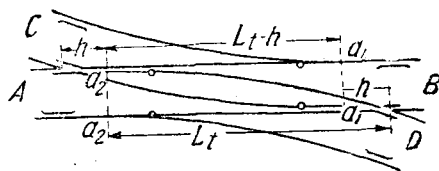
Если от основного пути  $AB$  (черт. 9) ответвляются два пути в одну сторону, то такой перевод называется *односторонним двойным стрелочным переводом*, в котором пути  $AC$  и  $AD$  либо оба ответвляются от основного пути, либо путь  $AC$  ответвляется от основного пути, а путь  $AD$  — от пути  $AC$ , как показано на черт. 9.

Крестовины  $K_1$  и  $K_2$  расположены обе на одной рельсовой нитке основного пути, угол крестовины  $K_3$  менее углов крестовин  $K_2$  и  $K_1$ , и крестовина расположена вне основного пути.

Двойные стрелочные переводы требуют укладки крестовин разных углов, поэтому двойные стрелочные переводы применяются лишь в случаях большого



Черт. 11.



Черт. 12.

стеснения в длине станционных путей; обычно же стрелку одного пути, положим правого, выдвигают вдоль по основному пути за крестовину  $K$  пути  $AC$  настолько, чтобы имелась возможность уложить два обыкновенных стрелочных перевода. На черт. 10 показан общий вид тройника.

Если от данного основного пути ответвляются (черт. 11) два пути в  $C$  и  $D$ , то возможны следующие четыре комбинации передвижения:  $AB$ ,  $CD$ ,  $BC$  и  $AD$ ; в этом случае длина, занимаемая переводами, равна  $2L_t + c$ , где  $c$  — расстояние между смежными остриями; наименьшее расстояние равно выступам двух рамных рельсов и равно  $2r$ , но обычно вставляют между выступами  $r$  одно рельсовое звено.

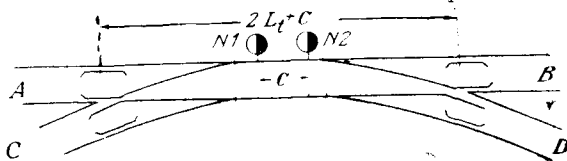
Если необходимости в передвижении по направлению  $CD$  нет, то стрелку одного перевода можно приблизить (черт. 12) к крестовине другого перевода

<sup>1</sup> При устройстве крестовин с отбойными ребрами этот недостаток отпадает.

настолько, чтобы она не доходила до крестовины на величину  $h$ , определяемую конструктивными соображениями.

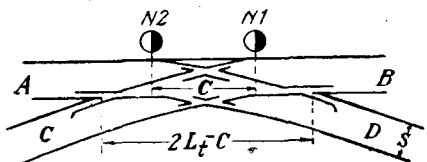
Длина, занимаемая переводами, равна  $L_t + h$ , т. е. короче, чем по черт. 10, но зато возможны лишь три направления движения  $AB$ ,  $BC$  и  $AD$ , а для того, чтобы перейти с пути  $C$  на путь  $D$ , состав должен целиком выехать за стрелку  $a_1a_1$ , затем голова состава должна выехать в сторону  $A$  за стрелку  $a_2a_2$  и затем выехать на путь  $D$ .

На черт. 13 показано расположение двух стрелочных переводов, дающих возможность от основного пути  $AB$  ответвиться двум ветвям  $C$  и  $D$ , причем между стрелками №№ 1 и 2 имеется расстояние  $c$  и расстояние между крестовинами будет равно  $2L_t + c$ . Если нет необходимости попадать с пути  $C$  на путь  $D$  без обратных передвижений и имеется стеснение в месте, то стрелочные переводы аналогично черт. 13 могут пересекаться друг с другом, и в пересечениях получатся тупые крестовины, но расстояние между крестовинами уменьшится<sup>1</sup> и будет (черт. 14) равно  $2L_t - c$ .

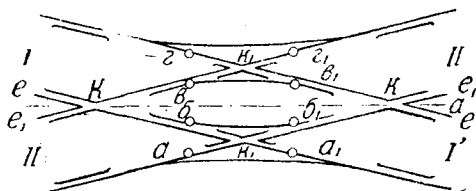


Черт. 13.

Английская стрелка (черт. 15), занимая меньше места, чем два стрелочных перевода по черт. 11, дает возможность передвижения по всем четырем направлениям (английская стрелка рассмотрена подробно в § 30).



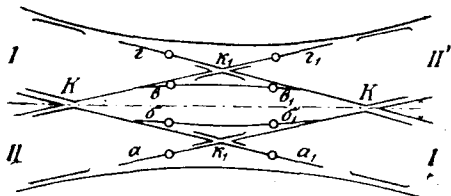
Черт. 14.



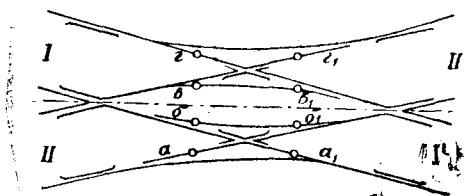
Черт. 15.

Английская стрелка состоит из восьми острияков, по четыре с каждой стороны:  $a, b, v, z$  и  $a_1, b_1, v_1, z_1$ , двух острых крестовин  $K$  и  $K_1$ , двух тупых крестовин  $K_1$ , переходных кривых между внутренними парами острияков  $b - b_1$  и  $v - v_1$  и между равными рельсами острияков  $a_2 - a_1z_1$ .

При проходе по острой крестовине колесный скат, идя по направлению  $I - I'$ , идет по одной стороне острия крестовин, а именно по сторонам  $Ke$ , направляясь по пути  $II - II'$ , колесный скат идет по сторонам  $Ke_1$  крестовин (черт. 15).



Черт. 16.



Черт. 17.

Тупая крестовина имеет два острия, и колесный скат проходит лишь по одной стороне каждого острия, а именно по стороне, совпадающей с рельсовой ниткой  $Kk_1$ .

По способу передвижения острияков различают два типа устройства острияков.

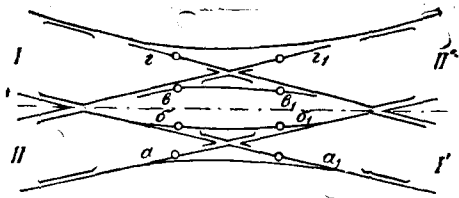
1. Четыре внешних острияка  $aa_1z_1z_2$  занимают одно положение, а именно — все прижаты или отведены, четыре внутренних острияка  $bb_1v_1v_2$  занимают противоположное положение.

Как видно из черт. 15 и 16, при отведенных внутренних острияках возможны передвижения по прямым путям  $I - I'$  и  $II - II'$ ; при отведенных внешних острияках — по направлениям  $I - II'$  и  $I' - II$ . Неудобство такого устройства заключается в том, что при данном положении острияков возможны два маршрута.

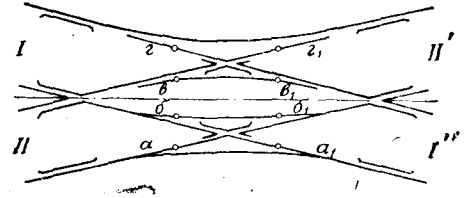
<sup>1</sup> См. Bloss „Oberbau und Gleisverbindungen“. (Имеется перевод, изданный Гострансиздатом.)

При ручном обслуживании требуется лишь один переводной станок.

2. Все четыре остряка  $ab\beta\gamma$  и  $a_1b_1\beta_1\gamma_1$  передвигаются вверх или вниз, причем положение каждой группы из четырех остряков не зависит от положения другой группы четырех остряков; соответственно четырем комбина-



Черт. 18.



Черт. 19.

циям расположения остряков возможно передвижение лишь по одному направлению, а именно:

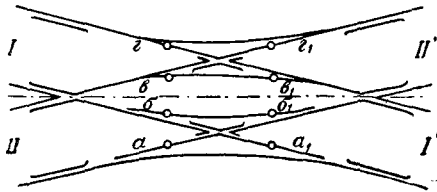
Левая группа остряков сдвинута вверх, правая вниз, направление  $I—I'$  (черт. 17)

Левая группа остряков сдвинута вниз, правая вниз, направление  $I—II'$  (черт. 18)

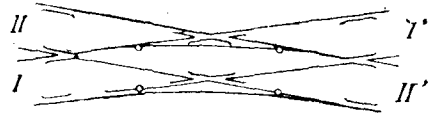
Левая группа остряков сдвинута вниз, правая вверх, направление  $II—I'$  (черт. 19)

Левая группа остряков сдвинута вверх, правая вверх, направление  $II—II'$  (черт. 20)

Если нет надобности в передвижении по направлениям  $I—II'$  и  $II—I'$ , а необходимо лишь передвигаться по прямым путям, то надобность в остряках отпадает, и получается глухое пересечение с двумя острыми и двумя тупыми крестовинами.



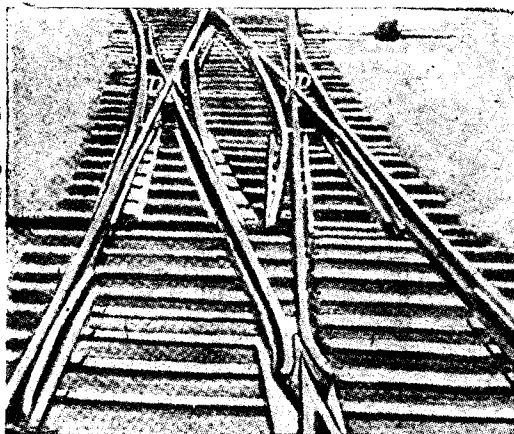
Черт. 20.



Черт. 21.

Если сверх направлений  $I—I'$  и  $II—II'$  надо иметь соединение для одного из двух направлений (черт. 16)  $I—II'$  или  $I'—II$ , то надо уложить всего лишь четыре остряка, и английский перевод получается односторонним (черт. 21).

На черт. 22 показан общий вид английской стрелки. Буквами  $D$  обозначены тупые крестовины; как видно из чертежа, расположение остряков несимметричное, и по черт. 22 остряки расположены так, что возможно движение по прямому пути.



Черт. 22.

Иногда на двухпутных линиях является необходимым передвинуть на некотором протяжении второй путь почти до соприкосновения с рельсами другого пути (сплетение путей), а именно остается между рельсами зазор, достаточный для прохода гребня бандажа. Надобность в такой сдвижке может явиться на некотором протяжении ввиду внезапной катастрофы и порчи другого пути или в связи с ремонтом или, наконец, на мосту, когда фермы на другом пути усиливают или заменяют другими.

В этом случае (черт. 23) требуется укладка двух крестовин.

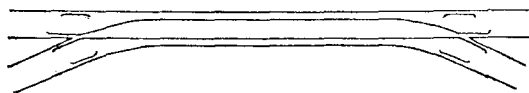
Применение не всех составных частей стрелочного перевода, а лишь некоторых частей (одного остряка или одной крестовины) имеет место при пересечении или примыкании узкой колеи к широкой; ниже приводим два следующих случая:

а) на черт. 24 показано примыкание ширококолейного пути к узкоколейному; в этом случае получается одна крестовина с двумя контррельсами и остряк у точки *a*.

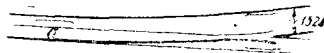
Для того, чтобы передвигающийся слева по чертежу состав узкой колеи следовал по своему пути, необходимо чтобы остряк был отведен.

На главном пути против остряка уложен контррельс, назначение которого направить состав широкой колеи по надлежащему пути, даже если остряк не прижат или не вполне прижат.

б) На черт. 25 показан случай, когда узкая колея совмещена с широкой и состав узкой колеи должен быть переведен с одной стороны широкой колеи на другую.



Черт. 23.

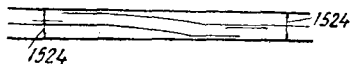


Черт. 24.

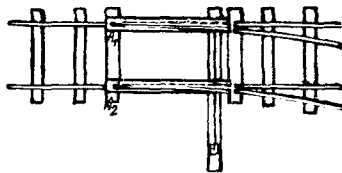
В этом случае имеются два отдельных остряка с контррельсами, расположенными на узкой колее.

Из всего изложенного видно, что для разветвления, соединения и пересечения путей нужны стрелки, острые, тупые крестовины, глухие пересечения с применением острых и тупых крестовин.

Сначала приведем расчет и описание конструкций стрелок, крестовин и глухих пересечений, далее расчет переводов, а затем расчет наиболее часто встречающихся соединений путей с применением стрелочных переводов.



Черт. 25.



Черт. 26.

#### § 4. Остряки. Рамные рельсы. Закрепление остряков в корне. Стрелочные подушки. Тяги. Упорные болты. Переводные стайки

Для направления движения на тот или иной путь служат перемещающиеся остряки или перья.

Простейшим способом направления подвижного состава на тот или иной путь является американская стрелка (черт. 26). Два вращающиеся около точек  $A_1$  и  $A_2$  рельса дают возможность направить вагоны на прямой или ответвляющийся путь. Эта стрелка не гарантирует безопасности движения, а именно: при стрелочном переводе обычного устройства (черт. 28) при движении поезда по шерsti в случае неправильного расположения остряков по черт. 28 стрелка будет взрезана, но схода не будет, тогда как по черт. 26 при расположении перемещающихся рельсов по черт. 26 и следовании вагонов по прямому пути справа налево будет иметь место сход вагонов.

На черт. 27 показано несколько другое устройство переводной части американской стрелки, а именно подвижными устроены лишь два рельса, удерживаемые в крайних положениях отогнутыми концами нижнего и верхнего рельсов, из числа четырех рельсов двух разветвляющихся путей. Недостаток, заключающийся в возможности схода при пошерстном движении, имеется и в данном случае.

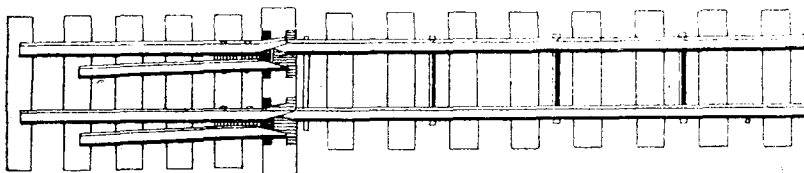
На черт. 28 показана стрелка с двумя остряками  $A_1C_1$  и  $A_2C_2$ , вращающимися вокруг  $C_1$  и  $C_2$ ; концы остряков состроганы таким образом, что при прижатом остряке  $A_1C_1$  состав направится на ответвление.

Если состав должен следовать по основному пути, то остряк  $A_2C_2$  должен быть прижат, а остряк  $A_1C_1$  — отведен. При устройстве остряков по черт. 28 поезд, следующий по шерsti, при надлежащим образом поставленных остряках не сойдет с рельсов, а отождмет неправильно прижатый остряк.

Устройство остряков по черт. 28 является обычным и общепринятым; один остряк принадлежит главному, а другой — ответвляющемуся пути.

В иных случаях придается большое значение тому обстоятельству, чтобы по главному пути рельсовая нитка не прерывалась; это бывает целесообразным, когда стрелкой для перехода на ответвляющийся путь приходится пользоваться в редких случаях.

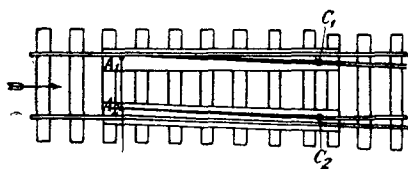
На черт. 29 показана такая стрелка: оба остряка  $A_1C_1$  и  $A_2C_2$  принадлежат ответвляющемуся пути. Остряк  $A_2C_2$  устроен таким образом, что он, бу-



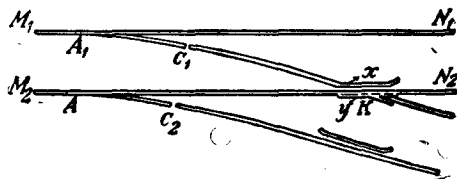
Черт. 27.

дучи прижат, располагается выше рельсовой нитки  $M_2K$  на высоту гребня бандажа, и колесный скат перескакивает гребнем через нитку  $M_2N_2$ ; в части, ближайшей к  $A_2$ , остряк имеет одинаковую высоту с рамным рельсом, а затем он постепенно возвышается для возможности колесу перейти через нитку  $M_2N_2$ .

При такой конструкции стрелок (черт. 29) крестовины устраиваются для главного пути таким образом, чтобы рельсовая нитка главного пути не прерывалась. В этом случае нет надобности в контррельсе для направления движения по главному пути. Для прохода колесного ската при передвижении по ответвляющемуся пути через нитку главного пути в месте расположения крестовины последняя в части  $x$  устраивается с таким повышением, чтобы гребень пере-



Черт. 28.



Черт. 29.

скочил жолоб и попал на площадку  $y$ , расположенную в одном уровне с верхней поверхностью головки рельса.

Иногда крестовина состоит из двух подвижных частей  $x$  и  $y$ , расположенных по обе стороны основного рельса  $M_2N_2$ , которые охватывают этот последний, образуя поверхность катания, расположенную выше головки рельса на высоту, не меньшую высоты гребня бандажа (черт. 29).

На черт. 30 показан общий вид стрелки, сконструированной по черт. 29 и поставленной на ответвляющийся путь; левый остряк прижат, правый тоже; колесный скат подвигается внешней частью (противоположной гребню) по наружному остряку и переходит через рамный рельс правой нитки главного пути. Подвижные части крестовины дают возможность перейти через рельс главного пути. Черт. 31 показывает расположение остряков для пропуска поезда по главному пути; как видно из черт. 31, поезд проходит так, как будто никакого ответвления не было, т. к. обе нитки главного пути идут не прерываясь.

На черт. 32 и 33 показано устройство крестовины, состоящей из двух подвижных частей, причем на черт. 32 показано положение частей крестовины для пропуска поезда по прямому пути, а на черт. 33 — сдвинутое положение крестовины для пропуска поезда по ответвляющемуся пути. На черт. 34 и 35 показано устройство, при котором поезд или вагоны проходят через рельс:



главного пути (черт. 35) по рельсу, расположенному выше рельса главного пути настолько, чтобы гребень мог перескочить через рельс главного пути.

В некоторых случаях применяются остряки, закрепленные в одном из двух положений и возвращающиеся в это основное положение устройством специальных пружинящих остряков. Надобность в таких остряках может встретиться на станциях с очень небольшими местными операциями, когда для пропуска



Черт. 30.



Черт. 31.

поездов остряки должны быть закреплены в определенном нормальном положении. Остряк с пружинной может иметь применение на поворотном треугольнике в том случае, когда для поворачивания паровоз идет всегда в одном из двух возможных направлений. Как видно из черт. 36, остряк имеет следующую конструкцию: одно перо закреплено в определенном положении и может быть



Черт. 32.

Черт. 33.

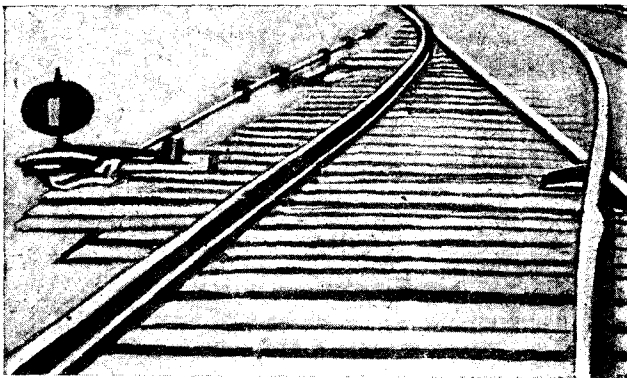
из него выведено при пошерстном передвижении паровоза, а после прохода паровоза остряк возвращается в первоначальное положение; неподвижная с двумя жолобами часть С, несколько сдвинутая по отношению к острию остряка А, всегда направляется по правому жолобу при противошерстном следовании; при пошерстном движении колесо либо взрезывает остряк, если идет по левому жолобу, либо не взрезывает, если идет по правому жолобу. Если паровоз (черт. 37) при поворачивании на треугольнике всегда от стрелки № 1 будет идти

по правому пути и возвращаться с треугольника к стрелке № 1 по левому пути, то стрелки № 1, 2 и 3 должны быть устроены так, как это показано на черт. 37; в  $A$  должны быть расположены пружинные острия (около них поставлены условно кружки, обозначающие стрелку), а в  $c$  — устройство с двумя жолобами.

Перейдем к описанию стрелок общепринятого типа (черт. 4). Кроме остриков в стрелке имеются два рамных (упорных) рельса  $B_1D_1$  и  $B_2D_2$ , в которые упираются прижатые острия; рельсы эти поддерживают колеса на том протяжении остриков, где последние за недостаточностью толщины их не могут нести вертикальной нагрузки от колеса.



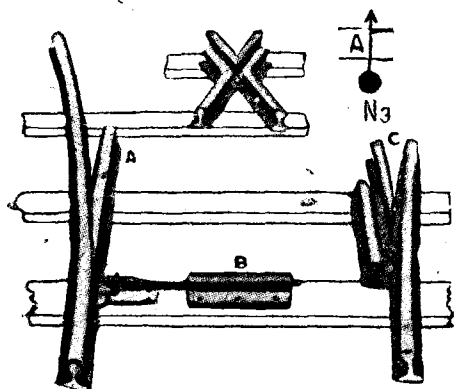
Черт. 34.



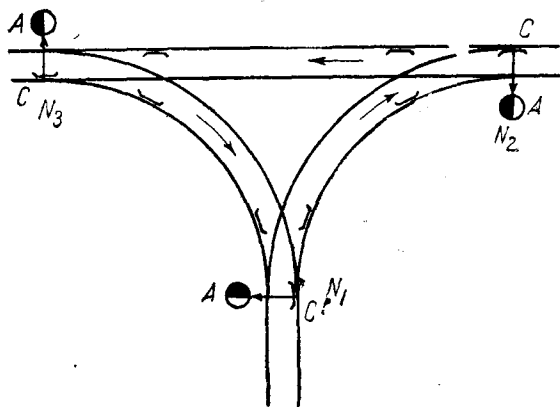
Черт. 35.

Острики  $A_1C_1$  и  $A_2C_2$  обычно устраиваются прямыми; однако для увеличения радиуса переходной кривой между  $G_1$  и  $C_1$  остриак  $A_1C_1$  делают криволинейным.

Криволинейные острия дают возможность постепенно увеличить угол, под которым колесный скат встречает остриак, и во всяком случае угол этот при входе на стрелку у точки  $A_1$  меньше для криволинейного острия, нежели для прямого, а так как сила удара пропорциональна квадрату синуса угла, то криволинейный остриак в отношении удара имеет преимущества.



Черт. 36.



Черт. 37.

Теоретически кривая при криволинейном острике должна начаться с точки  $A_1$ , причем в точке  $A_1$  кривая должна бы быть касательна к рабочему канту рамного рельса  $B_1D_1$ , но по конструктивным соображениям в точке  $A_1$  остриак составляет некоторый угол в  $30'$ — $40'$ , называемый начальным углом.

Так как в случае применения криволинейного острия надо заказывать отдельно левые и правые острия, то криволинейный остриак применяется сравнительно редко (Октябрьская ж. д., Юго-Зап., М.-Б.-Б. ж. д. и др.); в настоящее время во вновь проектируемых стрелочных переводах применены прямые острия.

Ниже приведены основные размеры бандажей и ширина насадки колесных скатов; нормальная ширина насадки бандажа 1 440 мм, считая между внутренними поверхностями бандажей; неточность в ширине насадки допускается в 3 мм в ту или другую сторону, так что будем иметь:

Ширину нормальной насадки . . . . .	1 440 мм
Ширину узкой насадки . . . . .	1 437 „
Ширину широкой насадки . . . . .	1 443 „

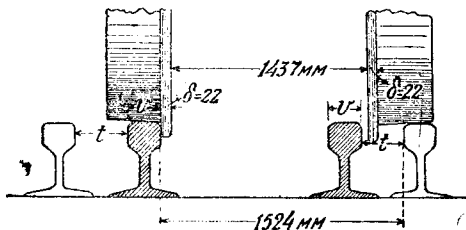
Ширина гребня бандажа в плоскости катания нормально имеет ширину 33 мм, и износ допускается до 22 мм. Вышеприведенные данные в дальнейшем берутся в основу расчетов.

Длина  $l$  острьяка при нормальной колее — от 4,5 до 6,5 м и делается тем больше, чем меньше угол крестовины; для узкой колеи  $l$  изменяется от 2,9 до 5,5 м.

Рассмотрим прямолинейные острьяки.

Называя расстояние между внутренними краями рамного рельса и острьяка в корне последнего через  $t$ , и ширину головки острьяка через  $v$ , получим угол  $\beta$  наклона острьяка или так наз. стрелочный угол (также угол удара, угол входа на стрелку):

$$\sin \beta = \frac{t + v}{l} \quad (1)$$



Черт. 38.

Для определения стрелочного угла надо определить величину  $t$ ; на черт. 38 поперечные сечения острьяков заштрихованы, рельсы не заштрихованы.

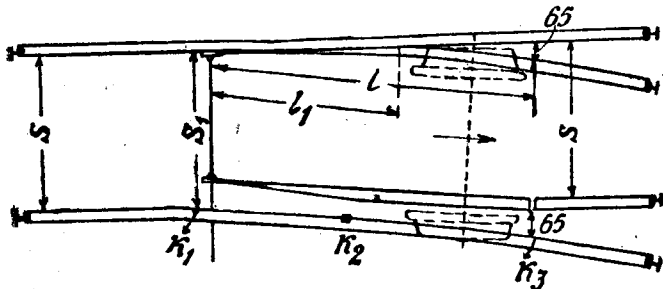
При прохождении левого (по чертежу 38) ската оси с изношенным до 22 мм гребнем по левому острьяку и при узкой насадке в 1 437 мм расстояние  $t$  правого острьяка от рамного рельса должно быть таково, чтобы гребень правого ската лишь касался нерабочего канта острьяка, т. е.  $t + 22 + 1 437 = 1 524$ , откуда:

$$t = 65 \text{ мм.} \quad (2)$$

Для узкой колеи  $t$  изменяется от 49 до 65 мм.

Из уравнения (1) видно, что для уменьшения угла удара следует делать острьяк возможно большей длины, но в целях уменьшения общей длины перевода длина острьяков не превышает 6—6,5 м.

Головка острьяка сохраняет полную ширину на протяжении от корня острьяка до точки касания нерабочего канта острьяка с рабочим кантом рамного рельса; точка эта расположена от острьяка пера на расстоянии  $l_1$  (черт. 39) <sup>1</sup>:



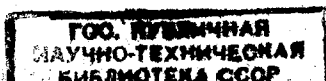
Черт. 39.

$$l_1 = \frac{v}{\sin \beta} \quad (3)$$

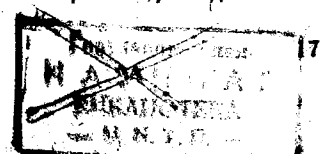
Далее острьяк строгаются. Как видно из черт. 40, острьяк, исходя из чисто геометрических соображений, надо строгать лишь со стороны нерабочего канта. Однако при таком способе строжки для острьяков, шейки коих уже головки, оказалось бы, что у пера острьяка вся шейка была бы состроганной и острьяк оказался без опоры, поэтому острьяк изгибается, и строжка производится с обеих сторон.

В колоколообразных сечениях острьяков, где ширина головки острьяка и шейки одинакова, строжка тем не менее должна производиться со стороны рабочего и нерабочего кантов острьяка в целях более правильной работы острьяка. Из черт. 40 видно, что у острьяка пера, в точке  $a$ , оси рамного рельса и острьяка

<sup>1</sup> Если длину  $l_1$  считать по направлению рамного рельса, то вместо  $\sin \beta$  и  $\sin \gamma$  надо поставить  $\operatorname{tg} \beta$  и  $\operatorname{tg} \gamma$ , что в виду малости углов  $\beta$  и  $\gamma$  не имеет значения.

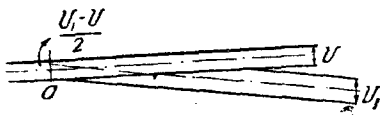


7014 18/59



совпадают, если ширина  $v$  головки рамного рельса и ширина  $v_1$  острья одинаковы; если  $v_1$  более  $v$ , то ось острья отходит внаружу колеи на  $\frac{v_1 - v}{2}$ ; если  $v_1$  менее  $v$ , то ось острья отходить внутрь колеи на  $\frac{v - v_1}{2}$ .

Если после изгиба расстояние между осями острья и рамного рельса будет  $k$ , то угол изгиба  $\gamma$  определится из следующего соотношения:



Черт. 40.

$$\sin \gamma = \frac{k + \frac{v_1 - v}{2}}{l_1} \quad (4)$$

Если  $v_1 = v$ , то второе слагаемое числителя равно нулю, т. е. ось острья у острья касается рабочей грани рамного рельса.

Для острьяков, выделяемых из обыкновенных рельсов, величина  $k$  принимается равной  $\frac{v}{2}$ , т. е. ось острья у острья касается рабочей грани рамного рельса; что касается острьяков специальных сечений, то для них  $k$  принимается более  $v:2$ . Делается это для того, чтобы уменьшить внутреннюю строжку: наружная строжка менее ослабляет остряк, т. к. делается лишь на высоту гребня колесного ската плюс некоторый запас. В дальнейшем предположено, что строжка боковой грани острья вертикальна. В последних проектах строжка эта запроектирована с уклоном 1:5.

Обыкновенно (черт. 41) принимается, что остряк должен у острья заходить под головку рельса на величину  $xu$ , причем точка  $x$  расположена в начале закругления радиуса  $r$  между головкой и шейкой рельса.

Величина

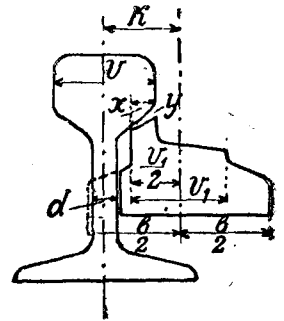
$$xu = \frac{v - d}{2} - r; \quad k = \frac{v_1 + v}{2} - xu = \frac{v_1}{2} + r + \frac{d}{2} \quad (5)$$

Ширина строжки острья со стороны его нерабочего канта равна  $xu$  или:

$$xu = \frac{v - d}{2} - r \quad (6)$$

Со стороны рабочего канта:

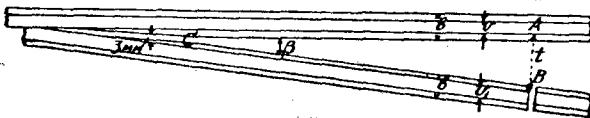
$$v_1 - \frac{v - d}{2} + r \quad (7)$$



Черт. 41.

Строжка подошвы рамного рельса и острья производится с таким расчетом, чтобы между остроганными подошвами был зазор в 3 мм. Начало строжки отстоит от корня острья на длину  $AC$  (черт. 42):

$$AC = \left( t + \frac{v + v_1}{2} - \frac{b + b_1}{2} - 3 \right) \text{ctg } \beta \quad (8)$$



Черт. 42.

то величина  $AC$  будет равна:

$$AC = \left( t - \frac{b - v}{2} - 3 \right) \text{ctg } \beta \quad (9)$$

Если фасонный остряк меньшей высоты, нежели рамный рельс, называя ширину шейки рамного рельса через  $d$  и вставляя ее вместо  $b$ , получим:

$$AC = \left( t + \frac{v_1 + v}{2} - \frac{b_1 + d}{2} - 3 \right) \text{ctg } \beta \quad (10)$$

т. е. строжка подошвы отодвинется влево и подошва без строжки сократится на большую длину, что и является преимуществом острия меньшей по сравнению с рельсом высоты.

Определим величину строжки подошвы для трех типов острия<sup>1</sup>: рельсового профиля, колоколообразного с высотой, равной высоте рамного рельса, и с высотой, меньшей высоты рамного рельса. Ширину строжки определим в трех сечениях у острия и в точке касания головок рамного рельса и острия. Называя через  $b'$  ширину оставшейся подошвы рамного рельса после строжки и через  $b'_1$  ширину оставшейся части острия после строжки, получим для рельсового профиля, принимая ширину подошв и рамного рельса одинаковыми (черт. 43 и 44), ширину оставшейся части подошвы рамного рельса и острия в сечении у острия острия (черт. 43):

$$b' = b'_1 = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{2} - 3 \right) = \frac{v}{4} - 1,5,$$

и ширина строжки равна:

$$\frac{b}{2} - \frac{v}{4} + 1,5. \quad (11)$$

Для рельса III-а, принимая  $b = 110$  мм и  $v = 60$  мм, получим ширину строжки 41,5 мм, и ширина оставшейся части будет 13,5 мм.

Ввиду того, что строжка подошвы рамных рельсов получается значительной, в Америке, где для острия применяется рельсовый профиль, подошва острия располагается выше подошвы рельса и подошва острия покрывает подошву рамного рельса; это принято и у нас в разрабатываемом проекте нового стрелочного перевода (§ 5).

В точке касания головок получим (черт. 44):

Ширина оставшейся части подошвы рельса:

$$b' = b'_1 = \frac{v-3}{2} \text{ и } \frac{b}{2} - b' = \frac{b-v}{2} + 1,5.$$

На черт. 45 показано сечение фасонного острия одинаковой с рельсом высоты у острия острия; остриек имеет со стороны рамного рельса ширину, равную половине ширины головки, и из черт. 45, где расстояние между осями рамного рельса и острия равно  $\frac{v+d}{2} + r$ , получим:

$$b' + 3 + \frac{v}{2} = \frac{v+d}{2} + r \text{ или } b' = \frac{d}{2} + r - 3, \quad (12)$$

т. е. опять получаем большую ширину строжки подошвы рамного рельса, равную

$$\frac{b}{2} - \frac{d}{2} - r + 3. \quad (13)$$

В таблице 1 приведены данные для рельсов I-а—IV-а, для  $b'$  и  $\frac{b}{2} - b'$ .

Таблица 1

Тип рельсов	$d$	$r$	$b' = \frac{d}{2} + r - 3$	$b$	Строжка подошвы $\frac{b}{2} - b'$
I-а . . . . .	14	7	11	125	51,5
II-а . . . . .	13	7	10,5	114	46,5
III-а . . . . .	12	5	8	110	47
IV-а . . . . .	12	8	11	100	39

<sup>1</sup> Ниже будут приведены расчеты строжки для рельсового острия с расположением головки острия под головкой рамного рельса.

В точке касания головок (черт. 46) получим:

$$b' + 3 + \frac{v}{2} = v \quad \text{или} \quad b' = \frac{v}{2} - 3, \quad (14)$$

и величина строжки равна  $\frac{v}{2} + 3$ .

При фасонном остряке высотой, меньшей высоты рамного рельса, получим, что подошва рамного рельса строгаться не будет; строжка подошвы остряка у острия определится из черт. 47:

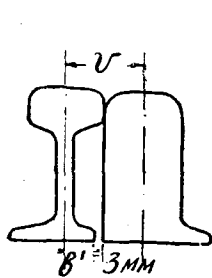
$$b_1' + \frac{d}{2} + 3 = \frac{v+d}{2} + r \quad \text{или} \quad b_1' = \frac{v}{2} + r - 3, \quad (15)$$

т. е. оставшаяся часть будет более половины ширины головки на  $r - 3$  мм.

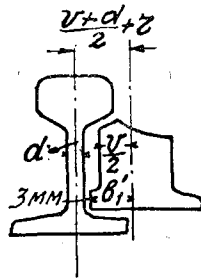
Для сечения в точке касания головок остряка и рамного рельса будем иметь (черт. 48):

$$b_1' + 3 + \frac{d}{2} = v \quad \text{или} \quad b_1' = v - \frac{d}{2} - 3 \text{ мм.} \quad (16)$$

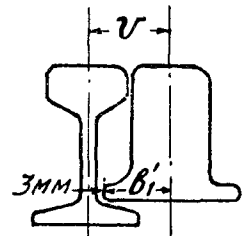
В этом случае иногда строжки не получается, т. к. оставшаяся часть  $b_1'$  довольно значительна или же ширина строжки вполне допустима.



Черт. 46.



Черт. 47.



Черт. 48.

В таблице 2 приведены значения  $b_1'$  для остряка по черт. 48 для разных типов рельсов.

Таблица 2

Тип рельсов	Ширина головки $v$	Ширина шейки $d$	Ширина подошвы $b$	Оставшаяся часть подошвы остряка $b_1' = v - \frac{d}{2} - 3$
I-a . . . . .	70	14	125	$60 < \frac{b}{2}$
II-a . . . . .	68	13	114	$58,5 > \frac{b}{2}$
III-a . . . . .	60	12	110	$51 < \frac{b}{2}$
IV-a . . . . .	53,5	12	100	$41,5 < \frac{b}{2}$

Для рельсов II-a строжки нет, а для других типов строжка очень незначительна.

Между характерными сечениями, а именно: у острия, у точки касания остряка и рамного рельса в сечении, где строжка подошвы начинается, ширина строжки изменяется по прямой линии, проведенной между указанными точками.

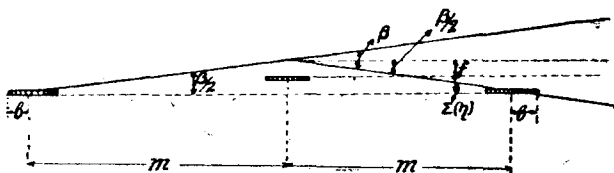
У входа на стрелку у острия перьев делается уширение, величина  $f$  коего (черт. 49) определяется следующим образом<sup>1</sup>:

$$f = m \sin \frac{\beta}{2} - \Sigma(\eta), \quad (17)$$

где:  $m$  — наибольшее расстояние между осями трехосного вагона — равно 3,6 м.  
 $\Sigma(\eta)$  — сумма возможных перемещений, которую может иметь средняя ось вагона по отношению к крайним (в поперечном направлении), принимается в 30 мм. Полученное по уравнению (17) уширение обычно не превышает 20 мм.

Стык рамного рельса обычно бывает сдвинут от острия пера на величину 0,8—1 м (полтора шпальных пролета): у стыка рамного рельса ширина колеи нормальна — в 1524 мм, при входе на стрелку равна  $1524 + f$ .

Выше было найдено, что расстояние между внутренними гранями острья и смежного рамного рельса должно быть не менее 65 мм.



Черт. 49.

Это расстояние должно сохраняться (черт. 50) на всем протяжении отведенного острья, поэтому у острия пера получится расстояние  $65 + v$ ; к этому расстоянию надо прибавить величину уширения при входе на стрелку, и ход  $h$  острья будет равен:

$$h = 65 + v + f. \quad (18)$$

Из черт. 51 видно, что расстояние между рабочими кантами рамного рельса в корне острья равно:

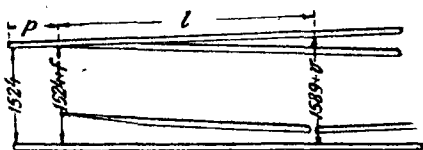
$$1524 + 65 + v = v + 1589;$$

расстояние между рабочими кантами острья в том же сечении равно:

$$1524 - v - 65 = 1459 - v;$$



Черт. 50.



Черт. 51.

расстояние между рабочими кантами рамных рельсов у острия пера равно:

$$1524 + f.$$

Из этих данных видно, что рабочие канты острья параллельны.

Как видно из черт. 51, будем иметь нижеуказанные расстояния между рабочими кантами рельсов в следующих сечениях:

У начала рамного рельса, который выступает из-за острья острья на длину $p$ (около 1 м) . . . . .	1524 мм
у острья острья . . . . .	$1524 + f$
у корня острья . . . . .	$1589 + v$ .

Если рамный рельс уложить между крайними сечениями (начало рамного рельса и корень острья) по прямой<sup>2</sup>, то в сечении у острья острья получилось бы уширение  $f_1$ , определяемое геометрически из следующего соотношения:

$$\frac{1589 + v - 1524}{f_1} = \frac{l + p}{p} \quad \text{или} \quad f_1 = \frac{p}{l + p} (65 + v). \quad (19)$$

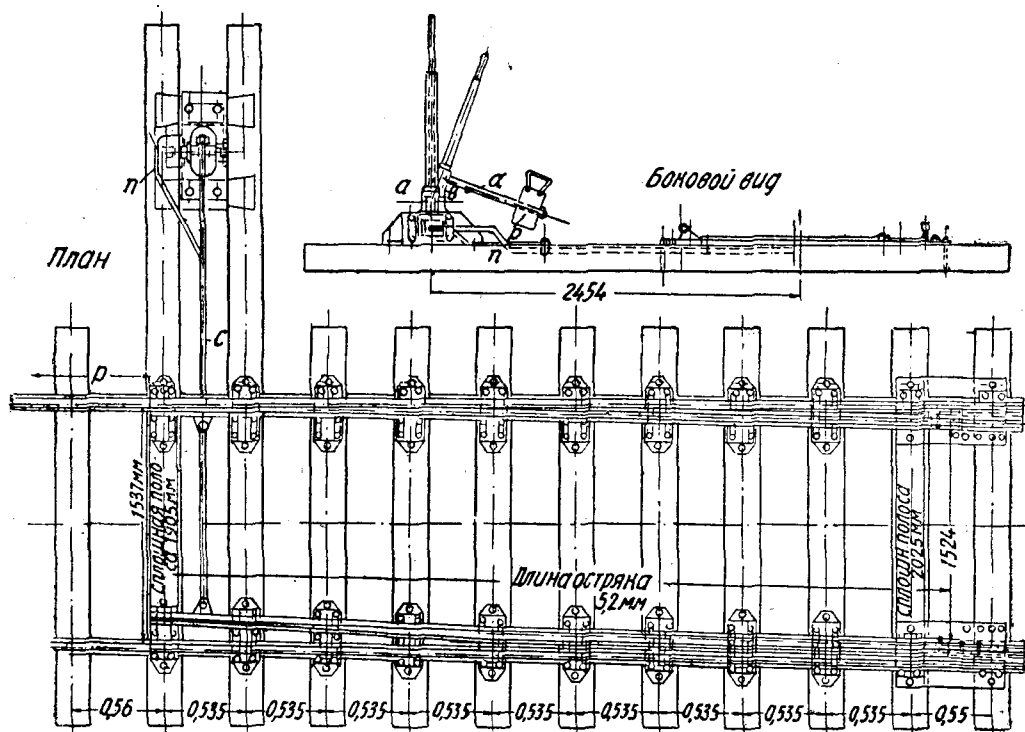
<sup>1</sup> Величиной  $b$ , т. е. расстоянием от оси колесного ската до точки, где гребень бандажа соприкасается с головкой рельсов, пренебрегаем ввиду ее малости.

<sup>2</sup> Это значительно упрощает укладку стрелочного перевода.

Принимая  $v = 60$  мм,  $p = 1$  м и  $l = 5$  и  $6$  м, получим:

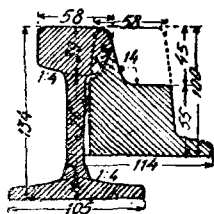
$$f_1 = \frac{125}{6} = 20 \text{ мм} \text{ или } f_1 = \frac{125}{7} = 16 \text{ мм},$$

т. е. мы получаем, что в действительности изгиба рамного рельса делать не придется, а уширение, примерно соответствующее требуемому, получается при укладке рамного рельса на требуемых расстояниях у начала его и в сечении против корня остряка.

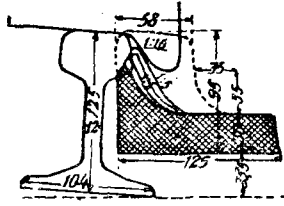


Черт. 52.

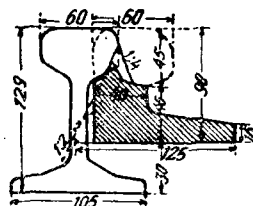
Рамный рельс должен быть соединен нормальным стыком с ближайшим путевым рельсом. Для того чтобы можно было устроить нормальный стык, рамный рельс (черт. 52) должен выступать из-за оси бруса, на котором расположен остряк, не менее чем на полтора шпальных пролета; т. к. остряк несколько заходит влево (по чертежу) от оси бруса примерно на 75—100 мм, то выступ  $p$  рамного рельса из-за остряка остряка будет меньше на эту величину.



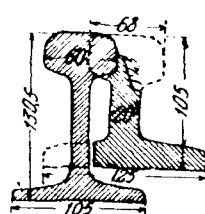
Черт. 53.



Черт. 54.



Черт. 55.



Черт. 56.

Рамный рельс и остряки укладывают без подуклонки в  $1/20$ , т. к. такое устройство встречает конструктивные затруднения.

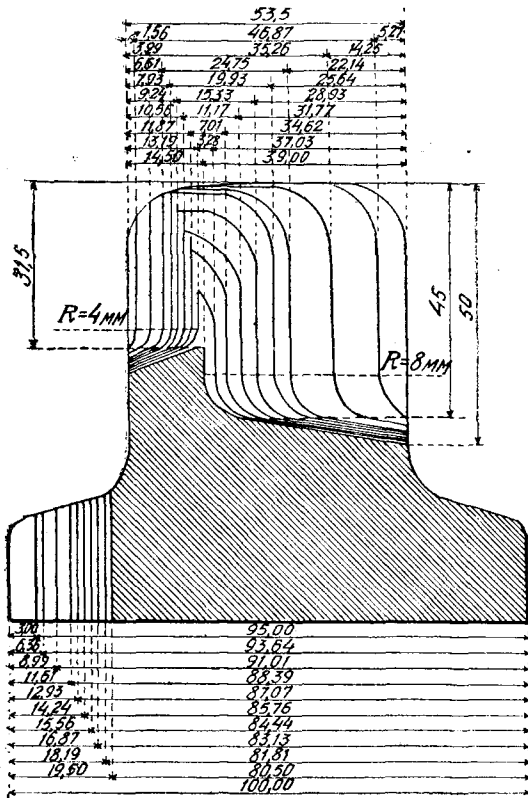
Остряки делают одной высоты с рельсом, но чаще применяют остряки меньшей высоты, т. к. это дает возможность уменьшить строжку подошвы остряка, примыкающей не к подошве, а к шейке рамного рельса (черт. 53—56).

Остряки специального профиля имеют поперечное сечение колоколообразное (черт. 53), в виде буквы L (черт. 54—55) и, наконец, сечение рельса, но с утолщенной шейкой (черт. 56).

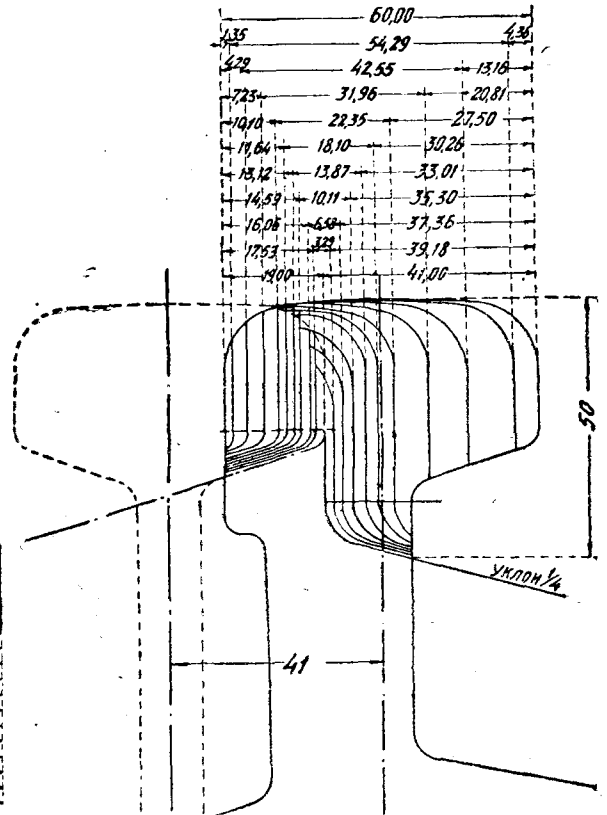


У нас весьма часто применяют профиль по черт. 56, так наз. профиль Вильямса, который делается со значительным утолщением шейки. Ниже этот профиль приведен в примере устройства остряка на М.-Курской ж. д.

Глубина строжки должна быть не менее 45 мм, имея в виду возможность износа рамного рельса в 6 мм и бандажа в 6 мм (черт. 53). Рабочий кант остряка строгаются или вертикально или, что встречается чаще, с наклоном от  $\frac{1}{5}$  до  $\frac{1}{3}$

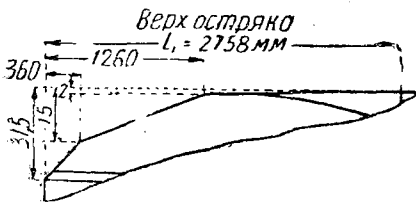


Черт. 57.



Черт. 59.

(черт. 54—56). На черт. 57 строжка головки и подошвы остряка для перевода к типу рельса IV-a; на черт. 59 строжка головки остряка сечения в виде буквы L для рельсов типа III-a. Ширина головки остряка у остряка равна нулю; там, где ширина головки остряка равна 5 мм, остряк может воспринимать горизонтальные усилия и направлять колесный скат. Глубина строжки, считая от поверхности головки остряка, в этом сечении принимается от 10 до 15 мм и определяется из того условия, чтобы строганный остряк касался гребня бандажа. В том сечении, где ширина остряка равна 20 мм<sup>1</sup>, он уже может воспринимать вместе с рамным рельсом вертикальные усилия, и потому верх головки состроган под уклон бандажа в  $\frac{1}{20}$ ; в точке касания головок остряка и рамного рельса остряк, имея полную ширину головки, уже воспринимает все вертикальное давление и потому не состроган.



Черт. 58.

На черт. 58 показана глубина строжки остряка в разных сечениях:

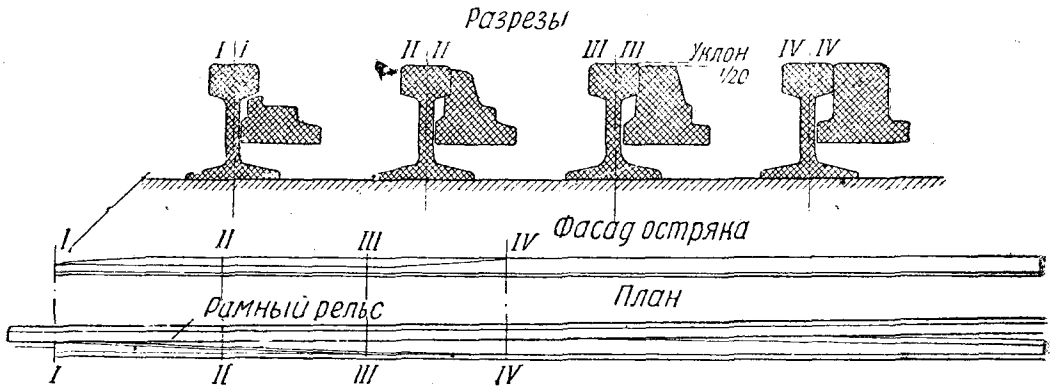
У остряка она равна . . . . .	31,5 мм
в том месте, где ширина остряка 5,0 мм равна . . . . .	15 "
" " " " " " 20 " " . . . . .	2 "
" " " " " " полная " . . . . .	0 "

<sup>1</sup> В действительности обычно, более 20 мм.

Между упомянутыми сечениями глубина строжки изменяется по прямой, как это видно из черт. 58.

На черт. 58 показаны планы, продольный профиль и поперечные сечения остроганного колоколообразного остряка, применяемого у нас.

Для возможности передвижения остряков устраиваются подушки (черт. 52); подушки, расположенные ближе к корню остряка, могли бы быть меньшей длины соответственно меньшей величины передвижения остряков, но обычно все подушки имеют одинаковую длину, соответствующую наибольшему ходу остряка у остря. Так как прижатый к рамному рельсу остряк не может воспринимать горизонтальных усилий, а передает эти усилия рамному рельсу, то

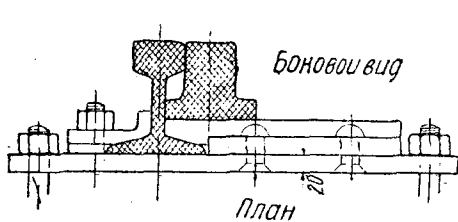


Черт. 60.

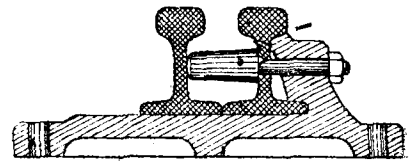
последний должен быть надлежащим образом закреплен для восприятия горизонтальных усилий, являющихся следствием отжима прижатого остряка.

На черт. 61. показано устройство подушки и укрепление рамного рельса; на черт. 62 показано укрепление рамного рельса на литой подушке.

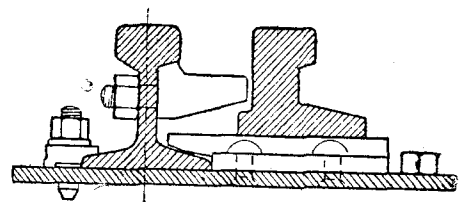
Оба рамных рельса и остряка соединяются обычно двумя сплошными полосами, расположенными одна у остря, а другая — в корне остряка (черт. 52).



Черт. 61.



Черт. 62.



Черт. 63.

На протяжении от корня остряка и до точки, где головка остряка и рамного рельса касаются друг друга, остряк не имеет упора против горизонтальных усилий, поэтому на этом протяжении устраиваются так наз. упорные болты (черт. 62), передающие давление от остряков к рамному рельсу. Болты эти располагаются вместе с подушкой и конструируются вместе с ней.

Для остряка высотой меньше высоты рамного рельса на черт. 63 показан косо упорный болт, имеющий целью подпереть остряк посередине его высоты.

Длины упорных болтов меняются соответственно расстоянию остряка от рамного рельса.

Для того чтобы оба острья передвигались вместе, как одна система, остряки связаны тягой, помещенной у остря. Тяга помещается между переводными брусками (черт. 52), на которых расположен переводный станок, и к этой тяге прикрепляется переводная тяга; иногда остряки соединяются еще одной или двумя тягами.

Стрелочные тяги устраиваются (черт. 52 и 64) на шарнирах, ввиду того, что углы, составляемые тягами с острями, меняются при передвижении последних.

Переводная тяга прикрепляется к стрелочной тяге, расположенной между брусками, на которых расположен переводный станок.

Стрелки переводятся либо из центрального поста, в котором сосредоточено обслуживание нескольких стрелок, либо каждая стрелка обслуживается на месте переводным станком, устанавливаемым для каждой стрелки отдельно. Переводный станок состоит (черт. 52) из следующих частей: переводной тяги *c*, которая связана с концом вращающегося вокруг *a* рычага *b*; на рычаге *b* насажен стержень *d* с противовесом *p*. При вращении противовеса *p* на 180° вместе со стержнем *d* рычаг *b* пересходит в крайнее положение, и остряки переводятся.

От тяги идет особый стержень *n* к мотылю *m*, который вращает на 90° вертикальный стержень *a*; к последнему прикрепляется стрелочный указатель, показывающий положение стрелки.

О сигнале этом сказано ниже.

В станке по черт. 52 шарнир находится между точкой прикрепления переводной тяги и точкой приложения силы, передвигающей остряки, и рычаг является рычагом первого рода; в другом типе, показанном на черт. 65, точка приложения силы, передвигающей остряки, и точка прикрепления переводной тяги (сопротивляющаяся сила) находятся по одну сторону шарнира *a*.

Переводная тяга передвигается свободно в особом прорезе, расположенном в уширении рычага. Противовес вращается в типе по черт. 65 в вертикальной плоскости.

Усилие, необходимое на передвижение остряков, определяется следующим образом.

Вес остряков, тяг и всех передвигаемых частей — *Q*.

Точка приложения веса отстоит примерно на расстоянии *l*:2 от корня остряков.

Расстояние точки прикрепления переводной тяги к остряку от остря равно *a*, и тогда расстояние той же точки от корня остряка (пяты вращения) будет *l* — *a*.

Коэффициент трения между остряками и подушками *f* можно принять в 0,15.

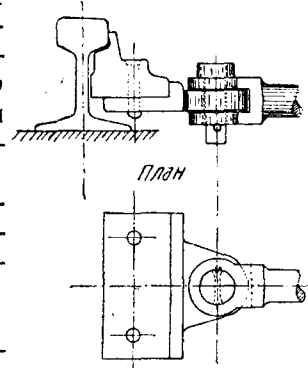
Усилие *R* для передвижения будет равно:

$$R = \frac{fQl}{2(l-a)} \quad (20)$$

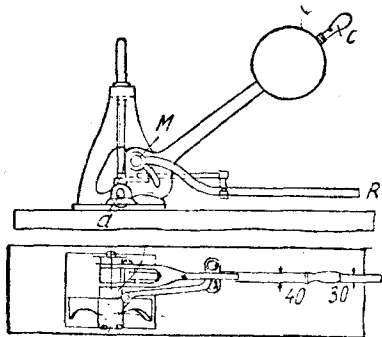
Вес остряков составляет 500—800 кг, и усилие, необходимое для передвижения остряков, колеблется от 40 до 60 кг. После определения усилия, необходимого для передвижения остряков, легко определить вес противовеса.

На черт. 65 конструкция скомбинирована таким образом, что рабочему приходится вращать рычаг с противовесом, пока шарнир *M* не окажется в правой части прореза; при этом противовес перейдет через вертикальную линию, и лишь с этого момента начнется передвижение остряков, которое будет осуществляться весом противовеса, и рабочему придется несколько придерживать рычаг за рукоятку *c*, чтобы не было удара при переходе рычага в крайнее положение.

Мотыль должен вращать вертикальную ось, на которую насажен стрелочный фонарь, на 90°, поэтому угол между крайними положениями мотыля равен 90°; т. к. расстояние между двумя крайними положениями равно ходу стрелки, то



Черт. 64.

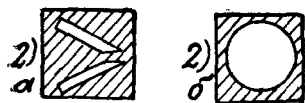
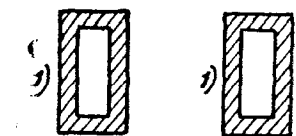


Черт. 65.

длина  $\lambda$  мотыля, при величине хода остряка  $h$ , определится из следующего соотношения:

$$\lambda = \sqrt{\frac{h^2}{2}} = 0,71 h. \quad (21)$$

Для того чтобы машинист, подъезжая к стрелке, мог знать еще издали положение остряков, устраиваются стрелочные указатели (фонари). Для поезда, следующего против шерсти, могут быть видны сигналы по черт. 66-а; для поезда, следующего по шерсти,—сигналы по черт. 66-б. Фонарь имеет четыре стороны, которые дают следующие сигналы:



Черт. 66 а.

Черт. 66-б.

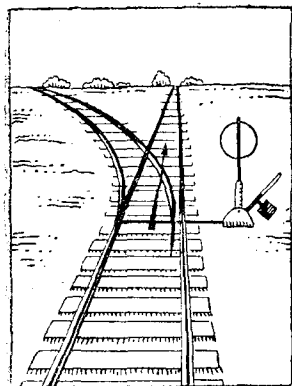
а) если стрелка стоит на прямой путь, то паровоз или поезд видит белое четырехугольное матовое стекло, ночью освещенное (черт. 66-а и 66-б),—положение 1-а и 1-б одинаковое для поезда, следующего по шерсти, или для поезда, следующего против шерсти;

б) если поезд следует против шерсти и стрелка стоит на отвлекающийся путь, то виден сигнал 2-а (черт. 66-а) для правой стрелки, 3-а (черт. 66-а) для левой стрелки, причем виден зеленый цвет<sup>1</sup>;

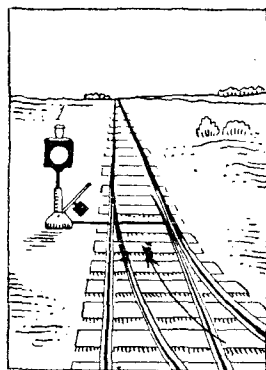
в) если поезд следует по шерсти и стрелка стоит на отвлекающийся путь, то виден сигнал 2 б или одинаковый с ним 3-б для левой и правой стрелки, цвет зеленый.

На черт. 67—69 показаны положение стрелки и соответственное положение стрелочных указателей.

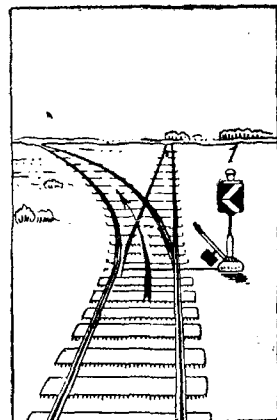
Для английских стрелок могут быть четыре случая направления движение поезда, которые соответствуют четырем возможным положениям остряков (при несимметричном передвижении остряков); эти четыре положения соответствуют светлым полосам на стрелочном указателе (черт. 70); имеется всего четыре рас-



Черт. 67.



Черт. 68.



Черт. 69.

положенных накрест полосы, причем две закрываются особыми подвижными крылышками (черт. 71).

На черт. 70 изображены схематически возможные положения указателя английской стрелки, которые показывают одинаковые сигналы в обе стороны: а) для маршрута следования по прямому пути с левого на правый путь—положение сигнала по черт. 70-а и положение стрелок по черт. 72.

б) для маршрута следования по прямому пути с правого пути на левый—положение б по черт. 70 и черт. 73 для положения стрелок;

в) для маршрута следования с правого пути на правый—положение в по черт. 70 и черт. 74 для положения стрелок;

<sup>1</sup> Прежде виден был матовый белый цвет; согласно приказу от 25 декабря 1930 г. за № 1963 изменено на зеленый цвет.

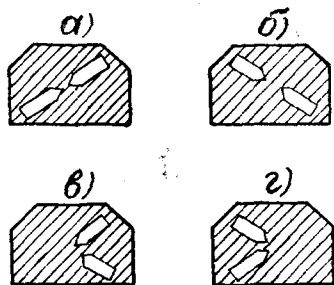
г) для маршрута следования с левого пути на левый — положение 2 по черт. 70 и черт. 75 для положения стрелок.

Весьма важным вопросом является укрепление корня остряка. Остряк в корне должен допускать некоторое передвижение, поэтому он не может быть соединен накладкой нормального типа со смежным рельсом, но тем не менее закрепление не должно допускать ни горизонтального, ни вертикального перемещения. Чтобы дать возможность остряку вращаться, он располагается на шкворне; для того чтобы не дать возможность остряку подняться в вертикальном направлении, устраиваются двойного рода конструкции:

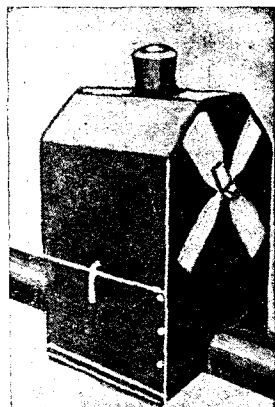
а) либо остряк скрепляется особыми короткими накладками с соседним рельсом;

б) либо остряк не соединяется с рельсом, а закреплен особым клином или иным способом к опорной подушке, имеющейся в корне остряка.

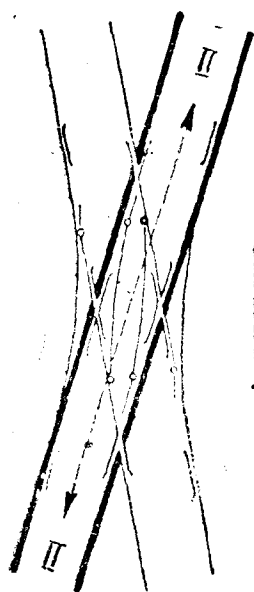
На черт. 76 показано закрепление остряка, применяемое на германских железных дорогах; стык расположен между шпалами. В этом примере остряк высоты меньшей, нежели высота рельса, и соединен с рельсом двумя накладками; плита А идет на всем протяжении остряка и рамного рельса. Шкворень С имеет внизу и сверху по цилиндрическому выступу, верхний входит в подошву остряка, нижний — в плиту, усиленную в месте примыкания шкворня плитой размерами 420 × 130 мм. Диаметр шкворня 60 мм.



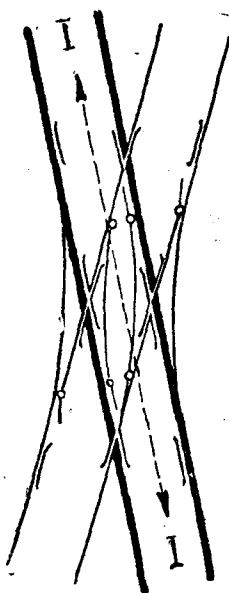
Черт. 70.



Черт. 71.



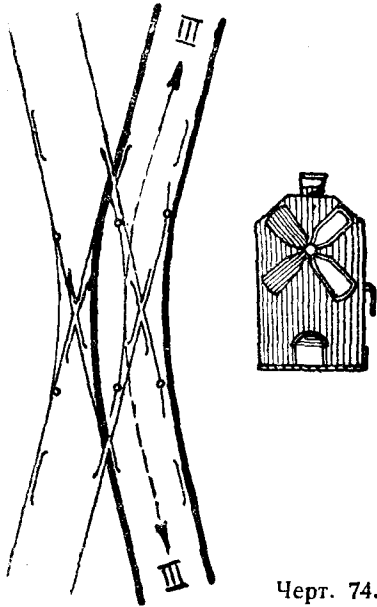
Черт. 72.



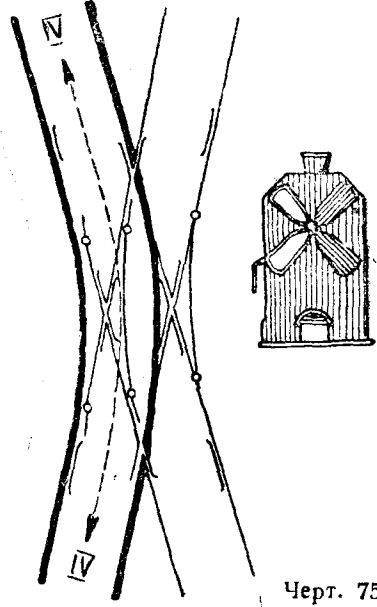
Черт. 73.

На черт. 77 показано закрепление остряка без устройства соединительных накладок с рельсом; шкворень состоит из тела остряка; плита D идет на протяжении всего остряка, плита E является мостиком, перекрывающим промежуток между поперечинами. В плите E имеются два выступа; в выступ E входит шкворень остряка, а выступ G служит для поддержания остряка. Обе плиты E и D соединены друг с другом потайными заклепками, а к металлическим поперечинам плита E прикреплена четырьмя болтами. Для предотвращения поднятия остряка устроен клин k, скрепляющий остряк с частью F.

Остряк в корне должен иметь возможность вращаться, но должна быть предотвращена и возможность поднятия остряка.



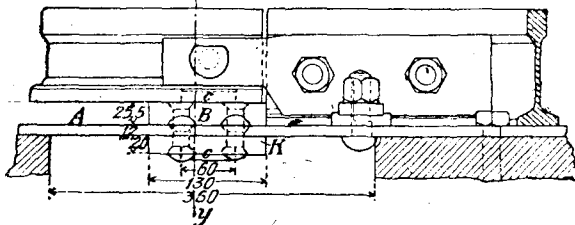
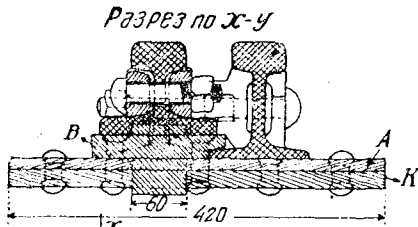
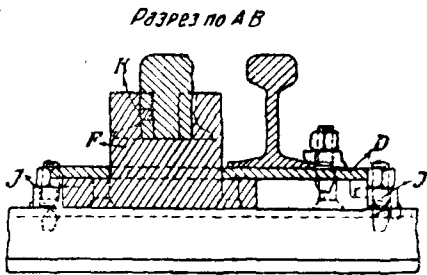
Черт. 74.



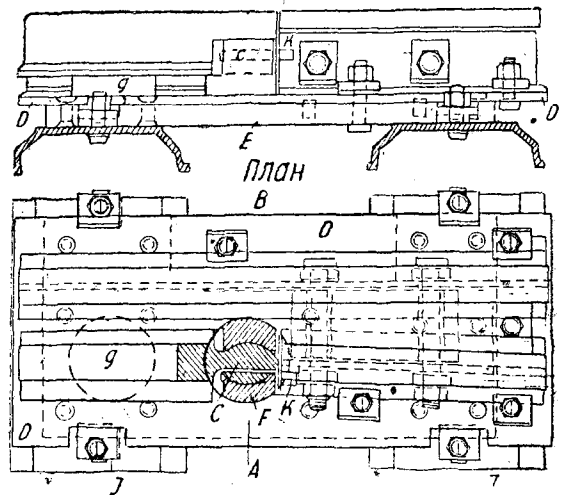
Черт. 75.

На черт. 78 — применяемое весьма часто у нас закрепление остряка при помощи особой подушки Ж, имеющей внизу шкворень, проходящий насквозь

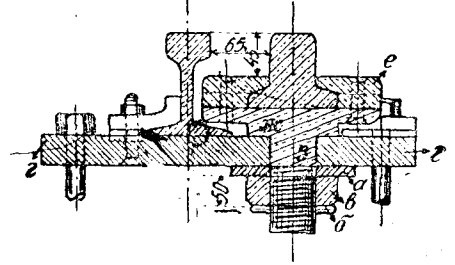
Фасад



Черт. 76.



Черт. 77.



Черт. 78.

через подкладку — мостик *i*; остряк прикреплен при помощи особых захватов *e* к подушке Ж.

На конце шкворня имеется нарезка, входящая в гайку *в*; при вращении остряка вращается в подкладке-мостике часть шкворня *з* без винтовой нарезки, и для того чтобы не могло быть вращения винтовой части, в гайке через шейку пропущен шплинт *б*, не допускающий этого вращения.

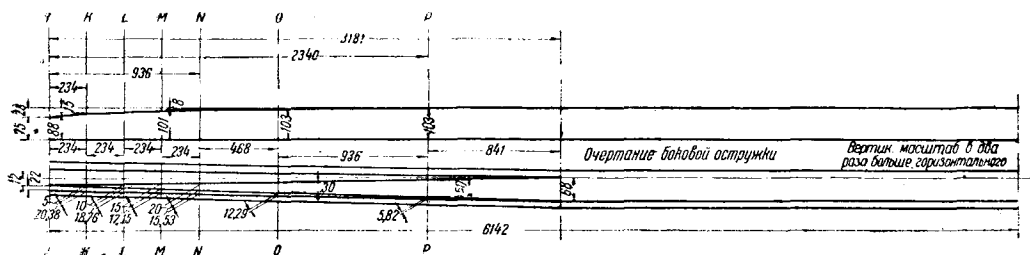
Меры, принимаемые для предупреждения износа концов остряков, приведены в § 8.

### § 5. Основные положения, принятые в основу конструкции и расчета новых стрелочных переводов с рельсовыми повышенными остряками

В этом параграфе будут изложены особенности конструкции рельсовых остряков.

Прежде чем говорить об этих остряках, мы считаем нужным отметить, что существующие стрелочные переводы последних конструкций имеют остряки высотой менее высоты рельса, причем подошва остряка располагается выше подошвы рамного рельса, что дает возможность не строгать подошву рамного рельса.

Уменьшение высоты рельса возмещается усилением его профиля посредством значительного утолщения шейки (профиль Вильямса) или также усилением подошвы.



Черт. 79.

На черт. 79 показана строжка остряка и план остроганного остряка. Начало строжки находится в расстоянии 3181 мм от остряка. В сечении *PP* в расстоянии 2340 мм ширина головки остряка 50 мм; внутренняя строжка равна 5,82 мм (см. сечение по *PP*); наружная строжка имеется только в вертикальной плоскости с уклоном 1:5. Ширина в 50 мм измеряется в горизонтальной плоскости на 15 мм ниже головки рамного рельса; верх головки остряка совпадает с головкой рамного рельса. В сечении *OO* ширина остряка 30 мм; внутренняя строжка 12,29 мм; верхняя поверхность остряка с уклоном в 1:20.

В сечении *NN*, расположенном на 1160 мм от остряка с шириной остряка 20 мм, головка остряка на 2 мм ниже головки рамного рельса; в этом сечении остряк вместе с рамным рельсом участвует в восприятии давления от колеса. Глубина строжки принята в 50 мм (вместо минимальной в 45 мм), ширина внутренней строжки равна 15,53 мм.

В дальнейших сечениях остряк уже не воспринимает вертикальные давления, а имеет лишь направляющее значение. В сечении *MM* ширина головки остряка 15 мм, внутренняя строжка 17,15 мм; остряк понижен на  $2 + (15 - 2) : 3 = 6,3$  мм. В сечении *LL* ширина головки остряка 10 мм, ширина внутренней строжки 18,76 мм, и остряк понижен на  $2 : (15 - 2)^{2/3} = 10,67$  мм. В сечении *KK* ширина строжки 5 мм, ширина внутренней строжки 20,33 мм, и понижение равно 15 мм.

У остряка внутренняя строжка должна быть равна:

$$s_b = \frac{v}{2} - \frac{d}{2} - r = \frac{68}{2} - \frac{13}{2} - 7 = 34 - 13,5 = 20,5 \text{ мм},$$

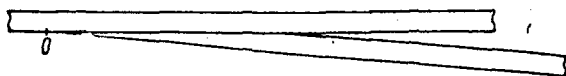
в действительности принято 22 мм, т. е. немного более.

Переходя к переводу с рельсовым остряком, надо иметь в виду следующее.

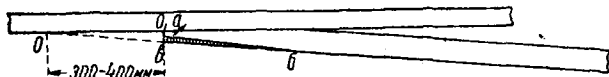
Рельсы перевода укладываются без сплошной подушки; остряки прямые, имея в виду, что криволинейные остряки требуют отдельно левых и правых

остряков, что значительно осложняет путевое хозяйство. Остряк проектируется рельсового профиля, причем подошва его расположена выше подошвы рамного рельса на 6 мм; на ту же величину головка остряка, при полном профиле головки, располагается выше головки рамного рельса.

На черт. 80 и 81 показано расположение и острожка остряка по немецкой и американской системам; в немецкой системе теоретическое начало острожки в точке *O* совпадает с действительным; по американской системе остряк обрубается на длину около 300 мм и затем срезывается по линии *ab*.



Черт. 80.



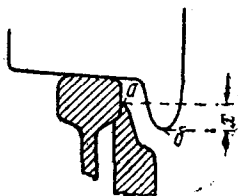
Черт. 81.

была расположена выше низа *b* реборды бандажа на величину *x*, равную не менее 4—5 мм.

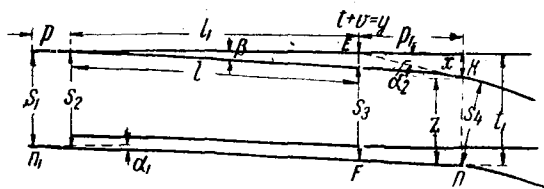
Основным типом острожки остряка намечен немецкий, но в порядке опыта применения и американского типа будет разработан и проект с остряком по черт. 81.

Рамный рельс, ведущий на ответвленный путь, намечено уложить прямым, без перегибов.

Ширина колеи  $s_1$  в начале (стык рамного рельса) нормальна; при входе на стрелку делается уширение согласно вышеприведенному расчету, и ширина колеи (черт. 83) равна  $s_2$ . В корне остряка, откуда начинается кривая, ширина колеи на 5-6 мм более нормальной и принимаем ширину колеи равной  $s_3$ .



Черт. 82.



Черт. 83.

Выше было найдено расстояние *t* между внутренними гранями рамного рельса и остряка в 65 мм; если  $s_3 > 1524$  мм, то соответственно увеличивается и *t*.

На черт. 83 для стрелочного перевода марки  $1/11$  и для длины остряка стрелки  $l = 6250$  мм,  $s_1 = 1524$  мм,  $s_2 = 1539$  мм и  $s_3 = 1529$  мм.

Стык рамного рельса с правой по чертежу стороны обычно располагается; на расстоянии двух пролетов; как видно из черт. 83, рамный рельс  $p_1, n$  — прямой от корня остряка до точки *K* идет кривая. Необходимо, чтобы ширина колеи  $s_4$  была не менее 1524 мм.

Угол наклона  $\alpha_1$ , образуемый рамным рельсом, определится следующим образом.

В сечении *EF* расстояние между рабочими кантами рамных рельсов равно  $s_3 + v + t$ , где *t* — расстояние между внутренними гранями головки рамного рельса и стрелки (не менее 65 мм); далее будем иметь:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{t + v + s_3 - s_1}{l_1 + p} \quad (1)$$

Если принять  $t = 72$ ;  $v = 68$ ;  $s_3 - s_1 = 5$ ;  $l_1 = 6248$ ;  $p = 718$ , и  $p_1 = 1034$ , то получим:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = 0,02 \text{ или } \alpha_1 = 1^\circ 9'$$

$$t_1 = s_1 + (p + l_1 + p_1) \sin \alpha_1 = 1524 + (718 + 6248 + 1034) \sin 1^\circ 9' = 1690 \text{ мм.}$$



Угол  $\alpha_2$ , составляемый касательной в точке  $k$  с основным направлением, вычисляется из уравнения:

$$\sin \alpha_2 = \sin \beta + \frac{p_1}{R}, \quad (2)$$

где  $R$  — радиус кривой; далее имеем:

$$y = t + v; \quad x = y + R(\cos \beta - \cos \alpha_2). \quad (3)$$

Нам надо определить  $s_4$ , для чего определим (черт. 84):

$$x_0 = R(1 - \cos \alpha_2); \quad l_0 = R \sin \alpha_2 \cdot \operatorname{tg} \omega = l_0 : (R - x_0 - z). \quad (4)$$

$$r = \frac{R - x_0 - z}{\cos \omega}. \quad (5)$$

и

$$s_4 = R - r. \quad (6)$$

Пример:  $p_1 = 1034$  мм;  $R = 200$  м;  $\sin \beta_1 = 0,0224$ ;  $\cos \beta_1 = 0,999749$

Тогда:

$$\sin \alpha_1 = 0,0224 + \frac{1034}{200\,000} = 0,02757 \text{ и } \alpha_2 = 1^\circ 35';$$

$$\cos \alpha_2 = 0,999620, \quad \sin \alpha_2 = 0,02756;$$

$$x = 140 + 200\,000(0,999749 - 0,999600) = 165,8 \text{ мм};$$

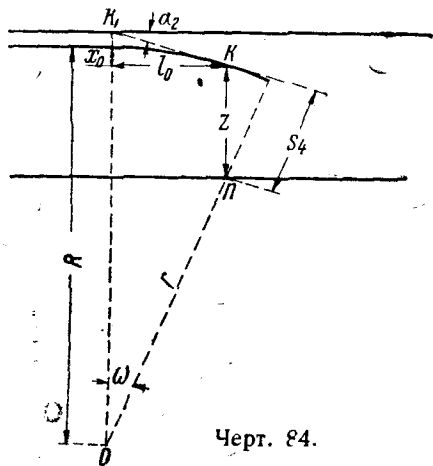
$$z = t_1 - x = 1\,690 - 165,8 = 1524,2 \text{ мм};$$

$$x_0 = 200\,000(1 - 0,99962) = 76;$$

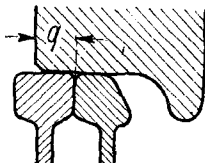
$$l_0 = 200\,000 \cdot 0,02756 = 5512;$$

$$\operatorname{tg} \omega = 5512 : (200\,000 - 76 - 1524,2) = 0,027780;$$

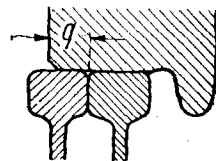
$$\cos \omega = 0,999614;$$



Черт. 84.



Черт. 85.



Черт. 86.

$$r = [R - (x_0 + z)] : \cos \omega = 198\,476 \text{ мм};$$

$$s_4 = 200\,000 - 198\,476 = 1\,524 \text{ мм}.$$

Таким образом мы видим, что представляется возможным уложить рамный рельс ответвляющегося пути по прямой.

Перейдем к вопросу о строжке острияков.

При проектировании строжки должны быть выполнены следующие условия:

1) верхняя часть остроганного острияка, во избежание набегания, должна быть выше нижней грани реборды бандажа (черт. 82);

2) не вполне плотное прилегание острияка не должна вызывать удара в остряк;

3) передача давления на остряк должна иметь место в сечении, достаточном для восприятия вертикального давления;

4) в том сечении, где бандаж уже не поддерживается острияком, как для неизношенного (черт. 85), так и для изношенного острияка (черт. 86) величина  $q$  должна быть возможно большей;

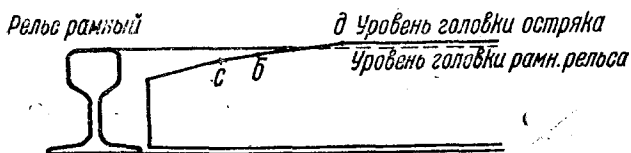
5) во избежание распираения рамного рельса при движении по шерсти, уровень острияка (черт. 87) на всем протяжении, где расширение может иметь место, должен быть выше или, в крайнем случае, в одном уровне с рамным рельсом;

6) строжку верхней поверхности головки остряка будем называть горизонтальной строжкой, хотя она не строго горизонтальна; строжку боковой поверхности головки остряка будем называть вертикальной строжкой, хотя она лишь иногда бывает вертикальна, во вновь же проектируемых остряках имеет наклон в 1:5.

Уровень остряка в части его длины  $cd$  (черт. 88), где бандаж идет только по остряку, должен быть повышен над уровнем рамного рельса;



Черт. 87.



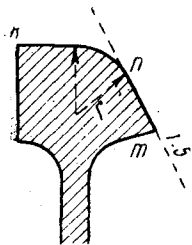
Черт. 88.

Остриак от точки соприкосновения его головки с головкой рамного рельса по направлению к острию изгибается под углом  $\gamma$ , причем ось остряка у острия совпадает с рабочей гранью рамного рельса (черт. 90).

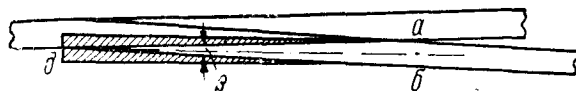
Наружная строжка имеет наклон в 1:5, поэтому различные по высоте точки наклонной линии  $mn$  (черт. 89) одного и того же сечения будут находиться в разных расстояниях от линии  $bd$  по черт. 90. В точке соприкосновения головок остряка и рамного рельса строжка остряка равна нулю. Вертикальная линия (черт. 91)  $bl$  и проведенная касательная наклону 1:5 к окружности головки рамного радиуса  $r$  пересекутся в точке  $O$  на расстоянии  $z$  от головки рамного рельса.

Так как строжка производится под уклоном 1:5, то в отдельных сечениях на протяжении строжки  $bd$  (черт. 90) относительное расположение точек  $ab_1$  и расстояние  $z$  на протяжении строжки  $da$  (черт. 90) будет меняться. Приводим общий вывод для определения расстояния  $z$ .

Пусть будем иметь:  
наклон строжки  $\text{tg } \alpha = 1:m$ ;



Черт. 89.



Черт. 90.

радиус закругления головки рельса =  $r$ ;  
расстояние между точками  $b$  и  $b_1 = k$ .

Величина понижения  $k_1$  — относительно верха головки рельса, точки касания радиуса  $R$  верхней поверхности и головки и радиуса  $r$  боковой поверхности головки.

Будем иметь:

$$\text{tg } \alpha = 1:m, \text{ и далее получим } \sin \alpha \text{ и } \cos \alpha;$$

$$z_2 = r \sin \alpha. \quad (7)$$

$$k = r(1 - \cos \alpha). \quad (8)$$

$$z_1 = r \cos \frac{1}{2} + k_1 - z_2. \quad (9)$$

$$z = z_1 + k \text{ctg } \alpha. \quad (10)$$

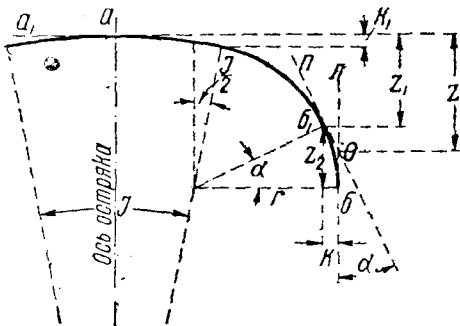
Определим указанные величины для  $1:m=1:5$  и для разных типов рельсов.

Таблица 3

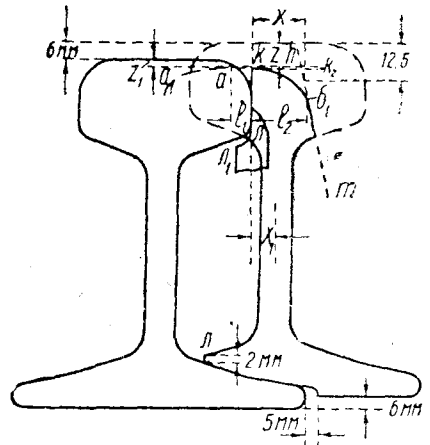
Тип рельсов	$R$ в м	$tg \alpha$	$\alpha$	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$r$	$j$	в километрах				
								$z_2$	$k$	$k_1$	$z_1$	$z$
I-р . . . . .	300	0,2	$11^\circ 18' 36''$	0,196116	0,980581	13	$8^\circ 11'$	2,55	0,25	0,77	11,88	12,43
I-а . . . . .	300	0,2	$11^\circ 18' 36''$	0,196116	0,980531	13	$8^\circ 47' 5''$	2,55	0,25	0,88	11,29	12,54
II-а . . . . .	300	0,2	$11^\circ 18' 36''$	0,196116	0,980581	13	$8^\circ 14' 54''$	2,55	0,25	0,81	11,23	12,48
III-а . . . . .	300	0,2	$11^\circ 18' 36''$	0,196116	0,980581	12	$8^\circ 48'$	2,35	0,25	0,59	10,2	11,35
IV-а . . . . .	213,6	0,2	$11^\circ 18' 36''$	0,196116	0,980581	11,68	$8^\circ 35' 30''$	2,28	0,23	0,60	9,98	11,13

Горизонтальная строжка (черт. 91) до точки оси остряка (точка  $a$  на черт. 91) идет по профилю головки рельса, а далее — горизонтально.

Пусть (черт. 92) строжка остряка находится на величину  $z$  ниже рамного рельса; величина снижения будет одинакова как в  $a$ , так и в точках  $b_1$ , к которым касательна прямая  $mn$ .



Черт. 91.



Черт. 92.

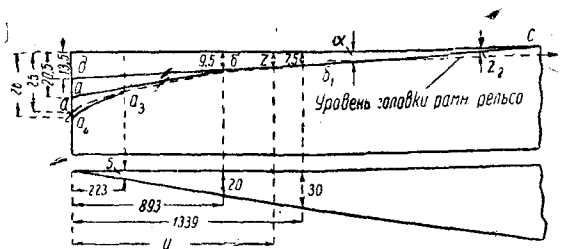
Точка  $k$ , находящаяся на верхней поверхности остроганного остряка, может находиться как влево, так и вправо от точки  $a$ , совпадающей с осью остряка; как видно из черт. 92, точка  $k$  может находиться в разных расстояниях  $l_1$  и  $l_2$  от точек  $a$  и  $b_1$ . Точка  $k$  будет снижена на величину  $z + k_2$ .

Значение величины  $k_2$  не будет пропорционально уменьшению ширины остряка, т. к. оно зависит от относительного положения по высоте разных точек очертания по кривым профилям рельса.

При вертикальном снижении профиля  $b_1aa_1$  (черт. 92), относя снижение к точке  $a$  или к точке  $b_1$ , по прямым  $ab$  и  $bc$  (черт. 93) снижение остряка по линии соприкосновения с рамным рельсом  $kl$  (черт. 92) будет несколько большим и не будет совпадать с прямой линией  $ab_1$ , а пойдет по некоторой кривой  $a_2b_1$  (черт. 93).

Снижение профиля проектируется (черт. 93) сначала по линии  $cd$ , а потом от ширины остряка в 20 мм по линии  $ab$ .

По линии  $cd$  снижение в сечении остряка шириной 30 мм равно 7,5 мм и у остря 13,5 мм.



Черт. 93.

Продольный уклон строжки будет:

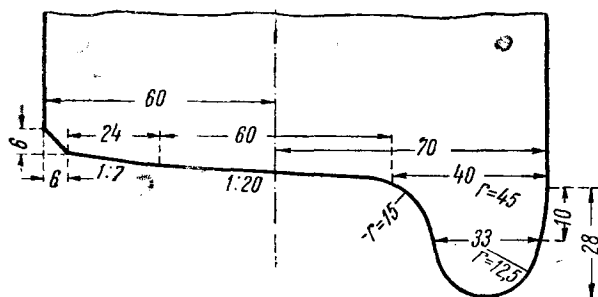
$$\operatorname{tg} \alpha = 1 : m = \frac{13,5 - 7,5}{1339} = 0,00448.$$

Для сечения остряка в 20 мм получим снижение  $z_{20}$ , равное:

$$z_{20} = 13,5 - 893 \cdot 0,00448 = 9,5 \text{ мм.}$$

Для строжки по линии  $ab$ , которая начинается в сечении остряка шириной 20 мм, в конце остряка снижение принято 20,5 мм, и тогда для ширины остряка в 5 мм получим снижение  $z_5$ .

$$z_5 = 20,5 - \frac{(20,5 - 9,5) 223}{893} = 17,75 \text{ мм.}]$$



Черт. 94.

Значение  $z$  для всех сечений (черт. 93) определится по формуле:

$$z = 13,5 - y \operatorname{tg} \alpha = 13,5 - 0,00448 y, \quad (11)$$

где  $y$  — расстояние сечения от остряка.

Так как остряк возвышается над рамным рельсом на 6 мм, то величины  $z$ , будучи отнесены к головке рамного рельса, должны быть уменьшены на 6 мм.

Определим положение точек соприкосновения бандажа с головками рамных рельсов и остряков.

На черт. 94 приведен профиль вагонного бандажа, принятого в 1926 г.

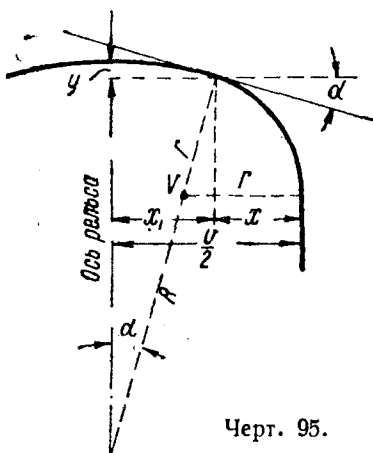
Бандаж, поверхностью своей с уклоном в 1:20, будет касаться поверхности рельса радиуса  $R$ ; из черт. 95 будем иметь, называя ширину головки рельса через  $v$ :

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,05; \quad \alpha = 2^\circ 51' 45''; \quad \sin \alpha = 0,04994; \quad \cos \alpha = 0,998753;$$

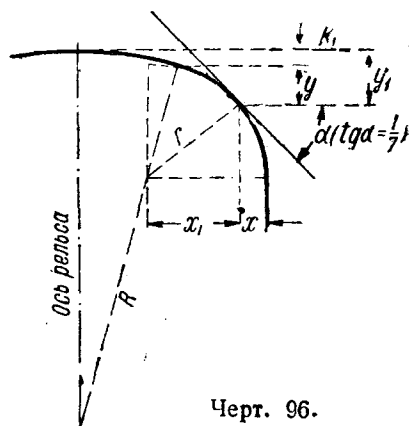
$$x_1 = R \sin \alpha = 0,04994 R. \quad (12)$$

$$x = \frac{v}{2} - x_1. \quad (13)$$

$$y = R(1 - \cos \alpha). \quad (14)$$



Черт. 95.



Черт. 96.

Бандаж с уклоном в  $1/7$  будет касаться боковой поверхности головки рельса радиуса  $r$ , причем из черт. 96 будем иметь:

$$\operatorname{tg} \alpha = 1/7 = 0,142857; \quad \alpha = 8^\circ 7' 50''; \quad \sin \alpha = 0,141429; \quad \cos \alpha = 0,98995;$$

$$x_1 = r \sin \alpha. \quad (15)$$

$$x = r - x_1, \quad (16)$$

$$y = r(1 - \cos \alpha). \quad (18)$$

$$y_1 = k_1 + y. \quad (17)$$

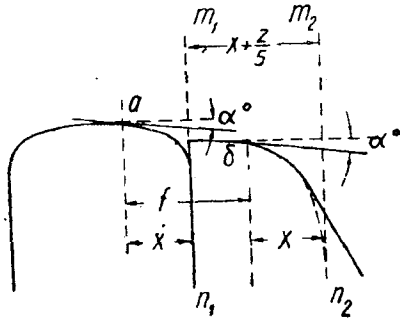
Значения  $x$ ,  $x_1$ ,  $y$  и  $y_1$  для разных типов рельсов приведены в таблице 4:

Таблица 4

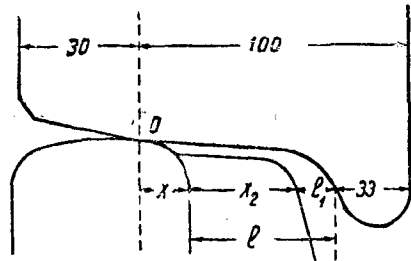
Тип рельсов	R	sin $\alpha$	cos $\alpha$	Касание с дугой радиуса R				Касание с дугой радиуса r			Числовые значения				
				$x_1$	$v$	$x$	$y$	r	sin $\alpha$	cos $\alpha$	$k_1$	$x_1$	$x$	$y$	$y_1$
I-p	300	0,04994	0,998753	15	67	18,5	0,37	13	0,141429	0,98995	0,77	1,8	11,2	0,13	0,90
I-a	300	0,04994	0,998753	15	70	20	0,37	13	0,141429	0,98995	0,88	1,8	11,2	0,13	1,00
II-a	300	0,04994	0,998753	15	68	19	0,37	13	0,141429	0,98995	0,81	1,8	11,2	0,13	0,94
III-a	300	0,04994	0,998753	15	60	15	0,37	12	0,141429	0,98995	0,57	1,7	10,3	0,12	0,65
IV-a	213,6	0,04994	0,998753	11	53,5	15,5	0,27	11,68	0,141429	0,98995	0,60	1,7	10,0	0,12	0,72

Из таблицы 4 видно, что при рельсе типа 1-а на протяжении  $20 - 11,2 = 8,8$  мм бандаж будет касаться рельса точкой перегиба уклонов в  $1/20$  и  $1/7$ ; для рельса III-а на протяжении  $15 - 10,3 = 4,7$  мм.

На черт. 90 ширина оструганного остряка показана без снижения; если остряк снижается на  $z_1$ , то (черт. 92) ширина его увеличивается на  $z:t$  (при уклоне в 1:5 на 0,2 z). Как видно из черт. 97, точки касания рамного рельса и остряка отстоят на одну и ту же величину  $x$  от рабочих кантов  $m_1 n_1$  и  $m_2 n_2$ , причем расстояние между рабочими кантами равно  $x + 0,2 z$ .



Черт. 97.



Черт. 98.

Определим, в каком сечении бандаж перейдет на остряк? Из черт. 98 видно, что точка перегиба бандажа отстоит на величину, меняющуюся согласно вышеприведенной таблице от 15,5 до 20 мм, далее будем иметь:

$x + l + 33 = 100$  мм или  $l = x_2 + l_1 = 100 - 33 - x = 67 - x$ . Так как место, где передается давление, равно  $x_2$  (черт. 98), то:

$$l_1 = 67 - x - x_2. \quad (19)$$

Для рельса типа II-а имеем  $x = 19$  и  $x_2 = 30$  и  $l_1 = 67 - 49 = 18$  мм; при изношенных бандажах  $l_1 = 100 - 22 - x - x_2 = 78 - 49 = 29$  мм.

Размер для  $l_1$  в 18 мм будет соответствовать неизношенному бандажу с конической поверхностью катания, а размер  $l_1 = 29$  мм при изношенном гребне, но с цилиндрической поверхностью катания. Если бандаж будет иметь уклон в 1:20, то давление на остряк передается (черт. 99) в том сечении, где остряк имеет такую ширину и высоту, при которой прямая, проведенная с уклоном в 1:20, коснется рамного рельса и остряка. Если бандаж будет отходить по черт. 99, т. е. прижиматься к противоположному рамному рельсу, то точка его перехода на остряк будет приближаться к острию остряка.

Обозначим через:

$x_1$  — теоретическую ширину сечения остряка;

$z_1$  — снижение профиля остряка относительно головки рамного рельса;

$z$  — снижение относительно головки остряка;  
 $z'$  — разница между уровнями верха головок остряка и рамного рельса (6 мм), и, следовательно,  $z = z_1 + z' = z_1 + 6$  мм;  
 $f$  — расстояние между точками касания бандажа с рамным рельсом и остряком.

Из черт. 97 и 99 будем иметь:

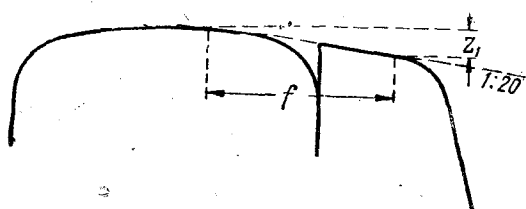
$$f = 20 z_1. \quad (20)$$

$$f = x + \frac{z_1 + z'}{5}. \quad (21)$$

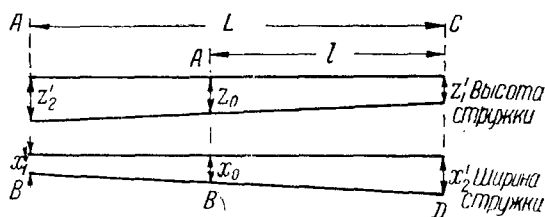
$$20 z_1 = \frac{5x + z_1 + z'}{5} \text{ или } 5x = 99z_1 - z' = 99z_1 - 6. \quad (22)$$

Называя уклон бандажа  $1:m$  и уклон строжки  $1:m_1$ , получим в общем виде:

$$f = mz; \quad m_1 x = (mm_1 - 1) z_1 - z'. \quad (21' \text{ и } 22')$$



Черт. 99.



Черт. 100.

Пусть (черт. 100) в сечении  $AB$  и  $A_1B_1$  глубина строжки будет  $z_2'$  и  $z_1'$  и в тех же сечениях ширина строжки  $x_1'$  и  $x_2'$ , причем сечение  $AB$  ближе к остряку, сечение  $CD$  — дальше; определим значения  $z_0$  и  $x_0$  в сечении  $A_0B_0$ .

$$z_0 = z' + (z_2' - z_1') \frac{l}{L}; \quad (23)$$

$$\frac{l}{L} = \frac{x_2' - x_0}{x_2' - x_1'}. \quad (24)$$

и далее:

$$z_0 = z_1' + \frac{z_2' - z_1'}{x_2' - x_1'} (x_2' - x_0). \quad (25)$$

Откуда ширина сечения остряка  $x_0$ , где колесо переходит на остряк, определится, решая уравнение (25) относительно  $x_0$ :

$$x_0 = x_2' + \frac{(z_1' - z_0)(x_2' - x_1')}{z_2' - z_1'}. \quad (26)$$

Пусть ширина  $x_1'$  в 20 мм соответствует  $z_2'$  в 3,5 мм и ширина  $x_2'$  в 30 мм — ширине  $z_1'$  в 1,5 мм.

Тогда:

$$z_2' - z_1' = 3,5 - 1,5 = 2 \text{ мм}; \quad x_2' - x_1' = 30 - 20 = 10 \text{ мм}; \quad z' = 6 \text{ мм}.$$

Из уравнения (22):

$$5x_0 = 99z_0 - 6 \text{ или } x_0 = \frac{99}{5} z_0 - \frac{6}{5}, \quad (22')$$

а из уравнения (26):

$$x_0 = 30 + \frac{10(z_1' - z_0)}{2} = 30 + \frac{10}{2} 1,5 - 5z_0 = 37,5 - 5z_0. \quad (26')$$

Приравнявая друг другу правые части уравнений (22') и (26'), получим:

$$\frac{99}{5} z_0 - \frac{6}{5} = 37,5 - 5z_0 \text{ или } z_0 = 1,56 \text{ мм и } x = 37,5 - 5 \cdot 1,56 = 29,7 \text{ мм}.$$

Определим наименьшую ширину сечения острьяка, где давление  $\frac{3111}{4}$  может передаться на острьяк.

Обозначим (черт. 101) черз:

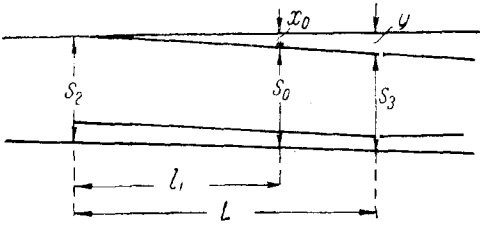
$s_2$  — ширину колеи при входе на стрелку (1 539 мм);

$s_3$  — ширину колеи в корне острьяка (1 529 мм);

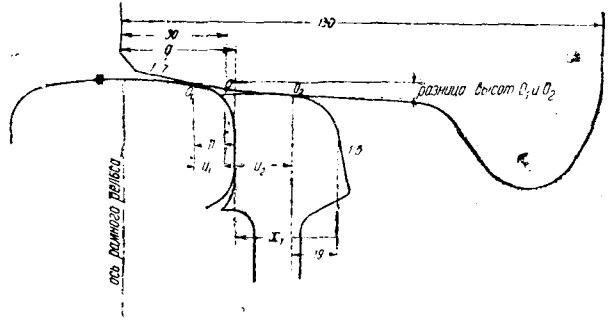
$s_0$  — ширину колеи в месте перехода бандажа на острьяк;

$x_0$  — ширину острьяка в месте перехода на него бандажа;

$y$  (140 мм) — расстояние между рабочими кантами рамного рельса и острьяка в корне последнего;



Черт. 101.



Черт. 102.

Тогда получим:

$$s_0 = s_2 - \frac{(s_2 - s_3) L_1}{L} = s_2 - \frac{(s_2 - s_3) x_0}{y},$$

и, вставляя численные значения, получим:

$$s_0 = 1539 - \frac{10x_0}{140} = 1539 - \frac{1}{14} x_0. \quad (27)$$

Снижение  $z_0$  по ур-нию (25) равно:

$$z_0 = z_1' + \frac{z_2' - z_1'}{x_2' - x_1'} (x_2' - x_0) = 1,5 + \frac{2}{10} (30 - x_0) = 7,5 - \frac{x_0}{5}. \quad (28)$$

Самое слабое сечение будет для острьяка при прижатии бандажа к противоположному рамному рельсу. Ширина  $x_0$  определяется ощупью; на основании нескольких расчетов она определилась в 27 мм.

По ур-нию (27) ширина колеи  $s_0$  определится:

$$s_0 = 1539 - \frac{27,1}{14} = 1537 \text{ мм.}$$

Из ур-ния (28) имеем:

$$z_0 = 7,5 - \frac{27,1}{5} = 2,08 \text{ мм.}$$

Расстояние между внешней гранью бандажа и рабочей гранью рамного рельса по черт. 102 и 103 равно:

$$33 + 1437 + 130 - (1537 + 27,1) = 35,9 \text{ мм.}$$

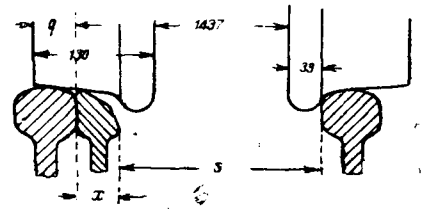
Ширина острьяка, учитывая снижение, будет равна:

$$x_0' = 27,1 + \frac{6 + 2,08}{5} = 28,7 \text{ мм.}$$

Точка перегиба  $O$  бандажа, черт. 102 (переход с уклона  $\frac{1}{7}$  на уклон  $\frac{1}{20}$ ), отстоит от точек касания  $O_1$  и  $O_2$  бандажа с рамным рельсом и острьяком на расстояние  $u_1$  и  $u_2$ :

$$u_1 = 11 - (q - 30) = 11 - (35,9 - 30) = 5,1 \text{ мм,}$$

$$u_2 = q - 30 + x_0' - 19 = 35,9 - 30 + 28,7 - 19 = 15,6 \text{ мм.}$$



Черт. 103.

Величины 11 и 19 взяты из таблицы 4 для рельса II-а (значение  $x$ ).

Вертикальное расстояние точки  $O_1$  от верха рамного рельса равно 0,94 (см. таблицу 4 для значения  $y_1$ ), а для понижения точки  $O_2$  равно 0,37, поэтому вертикальное расстояние между точками  $O_1$  и  $O_2$  равно:

$$z_0 + 0,37 - 0,94 = 2,08 + 0,37 - 0,94 = 1,51 \text{ мм.}$$

Расстояние между точками  $O_1$  и  $O_2$ , определенное на основании уклонов бандажей, будет равно тоже 1,51 мм:

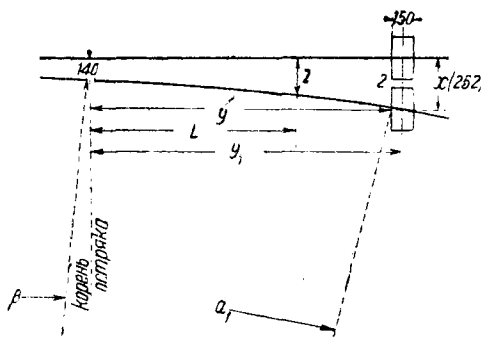
$$\frac{u_1}{7} + \frac{u_2}{20} = \frac{5,1}{7} + \frac{15,6}{20} = 1,51 \text{ мм,}$$

что указывает на правильность принятых величин.

При изношенных бандажах могут получиться два случая:

1) в бандаже изношен гребень до 22 мм, а наклон бандажа остается неизношенным; в этом случае, как это видно ниже, переход бандажа на остряк произойдет для меньшего значения  $x_0$ , т. е. ближе к острию острия; значение  $q$  в этом случае увеличивается;

2) бандаж изношен таким образом, что наклон бандажа близок горизонтальному; в этом случае точка перехода отойдет к корню острия. При износе гребня бандажа до 22 мм переход на остряк будет иметь место в сечении, где ширина острия равна 24 мм; аналогично предшествующим вычислениям будем иметь:



Черт. 104.

$$s_0 = 1539 - \frac{x_0}{14} = 1539 - \frac{24}{14} = 1537,3 \text{ мм;}$$

$$z_0 = 7,5 - \frac{24}{5} = 2,7 \text{ мм.}$$

Расстояние между внешней гранью бандажа и рабочим кантом рамного рельса равно:

$$q = 22 + 1437 + 130 - (1537,3 + 24) = 27,7 \text{ мм.}$$

$$z_0 = 7,5 - \frac{24}{5} = 2,7 \text{ мм.}$$

$$x_0' = 24 + \frac{6 + 2,7}{5} = 25,74 \text{ мм.}$$

$$u_1 = 11 - (q - 30) = 11 - 27,7 + 30 = 13,3 \text{ мм.}$$

$$u_2 = q - 30 + x_0' - 19 = 27,7 - 30 + 25,74 - 19 = 4,44 \text{ мм.}$$

Вертикальное расстояние между точками касания  $O_1$  и  $O_2$  равно:

$$z_0 + 0,37 - 0,94 = 2,7 + 0,37 - 0,94 = 2,13 \text{ мм.}$$

То же расстояние, определенное из условий наклона бандажа в 1:7 и 1:20, будет:

$$\frac{u_1}{7} + \frac{u_2}{20} = \frac{13,3}{7} + \frac{4,44}{20} = 2,12.$$

В новом стрелочном переводе применены так наз. сдвоенные подкладки; нормальные размеры подкладок приняты длиной 250 мм и шириной 150 мм; для возможности укладки таких подкладок (черт. 104) расстояние между рабочими кантами прямого и ответвляющегося пути должно быть 252 мм, где 2 мм — промежуток между подкладками; расстояние  $y_1$  оси бруса, где могут быть уложены две подкладки, будет тем более, чем больше радиус  $R$  переводной кривой. Обозначим стрелочный угол через  $\beta$  и через  $a_1 - \beta$  величину угла от начала кривой, ближайшей к корню острия, до середины бруса, где расстояние между рабочими кантами равно 252 мм;



тогда из черт. 104 будем иметь:

$$y = R(\sin \alpha_1 - \sin \beta). \quad (29)$$

$$x - 140 = R(\cos \beta - \cos \alpha_1). \quad (30)$$

Из ур-ния (30) получим:

$$\cos \alpha_1 = \cos \beta - \frac{x - 140}{R}.$$

Для  $x = 252$  мм;  $\beta = 1^\circ 13' 30''$  и  $R = 300$  м будем иметь:

$$\cos \alpha_1 = 0,999772 - \frac{252 - 140}{300\,000} = 0,999399 \text{ и } \alpha_1 = 1^\circ 59' 12'';$$

$$y = 300\,000(\sin 1^\circ 59' 12'' - \sin 1^\circ 13' 30'') = 300\,000(0,034667 - 0,021379) = 300\,000 \cdot 0,013288 = 3\,986 \text{ мм}$$

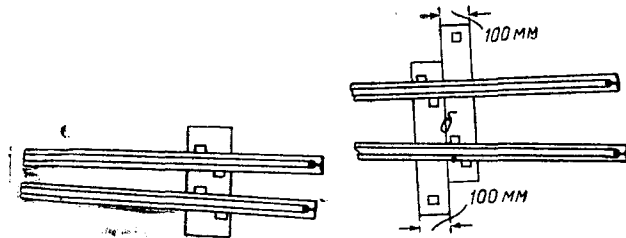
и расстояние до оси бруса будет более на 75 мм или 4 061 мм.

В проекте стык рамного рельса выступает из-за стыка остряка на 1 034 м м а от конца остряка до оси бруса №2 (черт. 105) расстояние равно  $1\,034 + 254 = 1\,288$  мм. От оси бруса №2 до того места, где можно расположить две подкладки шириной 250 мм, имеем расстояние  $4\,061 - 1\,288 = 2\,773$  мм.

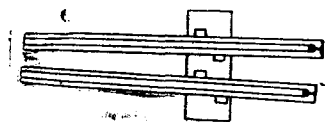
Если дано расстояние между осями брусьев  $l$ , число брусьев, не имеющих двух подкладок  $n$ , то  $nl$  должно не достигать 2 773 мм.

Пусть расстояние между осями брусьев будет 550 мм, тогда вправо от бруса №2 может быть расположено 5 брусьев с одиночными подкладками, потому что  $550 \cdot 5 = 2\,750 \text{ мм} < 2\,773 \text{ мм}$ , и лишь шестой брус после №2 или брус №8 будет иметь отдельные подкладки длиной 250 мм.

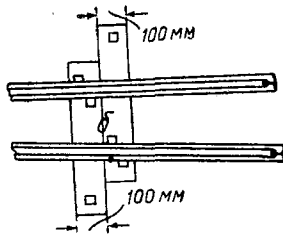
Применение за стыковыми брусьями остряка сплошных подкладок (черт. 106) на брусьях №№ 1—7 привело к необходимости иметь на каждом бруссе по 2 подкладки разных размеров, а на 7 брусьях — 14 подкладок. Во избежание такого многообразия типов, намечено на брусьях №№ 1—7 устройство сдвоенных подкладок шириной 100 мм (черт. 107).



Черт. 105.



Черт. 106.



Черт. 107.

На бруссе А укладывается одна сплошная подкладка; сдвоенные подкладки подразделяются на 2 типа: на брусьях №№ 1—3 один тип, на брусьях №№ 4—7 — другой тип.

Определим наибольшую длину сдвоенных подкладок первого типа; наибольшую длину будет иметь подкладка, расположенная справа на бруссе №3.

Наибольшее расстояние  $L$  от корня остряка наружной (правой по чертежу) грани подкладки  $b$  равно:

$$L = 1\,288 + 550 + 100 = 1\,938 \text{ мм}, \quad (31)$$

где 550 мм — расстояние между осями брусьев и 100 мм — ширина подкладки

(черт. 107). Называя угол кривой радиуса  $R$  для грани подкладки  $b$  через  $\alpha$  и стрелочный угол через  $\beta$ , будем иметь:

$$L = R (\sin \alpha_1 - \sin \beta). \quad (32)$$

Откуда:

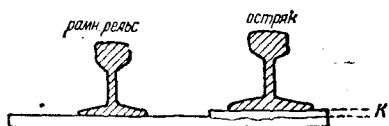
$$\sin \alpha_1 = \sin \beta + \frac{L}{R}. \quad (33)$$

Из уравнения (33) видно, что угол  $\alpha_1$  будет больше для меньших значений  $R$ ; так, например, для стрелочного перевода с маркой крестовины в  $1/9$ , будем иметь:

При  $\beta = 1^\circ 17'$  и  $R = 200$  м,

$$\sin \alpha_1 = \frac{1938}{200000} + 0,022400 = 0,03209 \text{ и } \alpha_1 = 1^\circ 50' 20'';$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha_1 &= 0,999485 \text{ и } L = 140 + R(\cos \beta - \cos \alpha_1) = \\ &= 140 + 200000(0,999749 - 0,999485) = 140 + 53,4 = \\ &= 193,4 \text{ м.} \end{aligned}$$



Черт. 108.

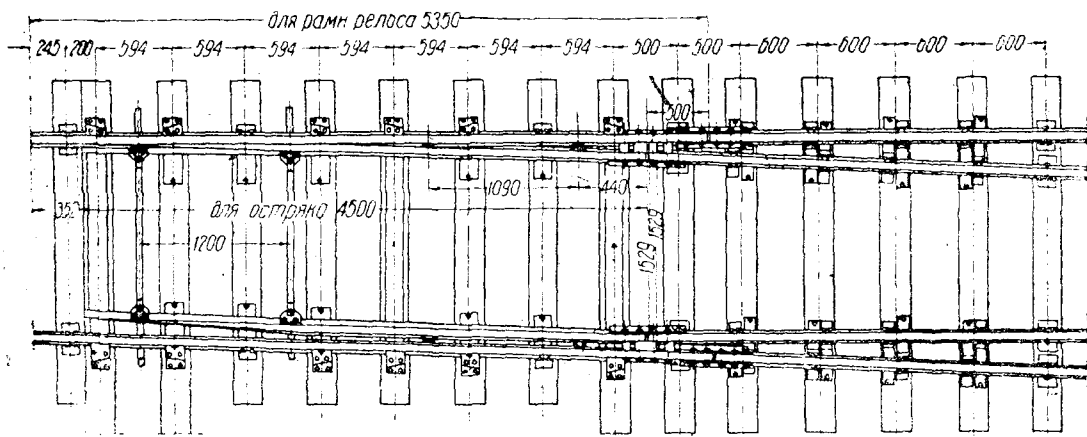
Прибавляя на уширение кривой около 4 мм и нормальную длину подкладки в 250 мм, получим длину подкладки  $b$  в  $193,4 + 254 = 447,4$  мм, или округленно 450 мм.

Аналогично для подкладок брусьев №№ 4—7 получим:

$$L_1 = 1288 + 550 \cdot 5 + 100 = 4138 \text{ мм.}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{L}{R} + 0,0224 = \frac{4138}{200000} + 0,0224 = 0,04309$$

$$\begin{aligned} \text{и } \alpha_2 &= 2^\circ 28' 10'' \text{ и } \cos \alpha_2 = 0,999071 \text{ и } L = 140 + 200000(\cos \beta - \cos \alpha_2) = \\ &= 140 + 200000(0,999749 - 0,999071) = 275,6 \text{ мм.} \end{aligned}$$



Черт. 109.

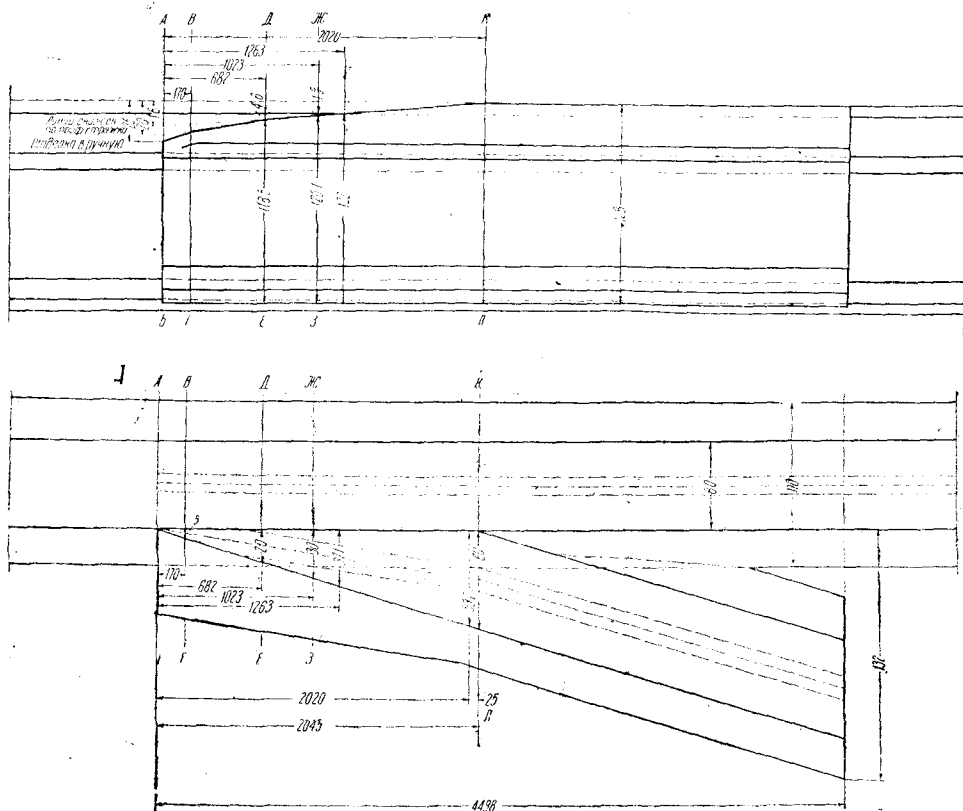
Прибавляя на уширение кривой около 12 мм при нормальной длине подкладки в 250 мм, получим длину двойных подкладок второго типа в  $275,6 + 12 + 252 = 540$  мм.

Подкладки №№ 1, 2 и 3 служат также для снижения на 6 мм приподнятой нитки пути (черт. 108), — для этой цели сделаны уступы  $K$  на этих трех брусках. На бруске № 1 величина  $K = 4,5$  мм; на бруске № 2 величина  $K = 3$  мм; на бруске № 3 величина  $K = 1,5$  мм; на бруске № 4 величина  $K = 0$ . Уклон отвода при расстоянии между брусками в 550 мм не превышает 0,003.

На черт. 109 показана в плане стрелка. Как видно, имеются три сплошных подкладки; далее как на сплошных подкладках, так и через брус имеются под-

кладки с уголками для прикрепления рамного рельса. На крайнем правом бруске имеются две отдельные подкладки. На четырех брусках вместо сплошных подкладок разнгоб типа для каждого бруса показаны спаренные подкладки, согласно черт. 107.

На черт. 110 показаны план и фасад остряка рельсового профиля типа III-a длиной 4,5 м (считая по горизонтальной проекции 4498 мм). Как видно, в месте, где остряк имеет ширину 60 мм, он возвышается над рельсом на 6 мм (сечение КЛ). В сечении, где ширина остряка 30 мм, остряк понижен на 1,9 мм относительно головки рамного рельса, или на 7,9 мм относительно уровня ост-



Черт. 110.

ряка вне пределов строжки (сечение ЖЗ). На черт. 111 приведены поперечные разрезы, показывающие расположение остряка относительно рамного рельса. В сечениях ВГ и ДЕ, где ширина остряка равно 5 и 20 мм, остряк понижен на 17 и 10,6 мм. У остряка понижение остряка равно 25 мм относительно рамного рельса.

Высота остряка и рельса совпадают в сечении с шириной остряка 37,1 мм на расстоянии 1263 мм от остряка.

Выше была определена (см. таблицу 3) величина  $z$ , где измеряется ширина строжки остряка; для рельса II-a эта величина равна 12,5 мм, а для рельса III-a равна 11,35 мм, что и принято в черт. 111.

## § 6. Крестовины

Для пропуска закраин бандажей в том месте, где скрещиваются рельсы разветвляющихся (черт. 112) или скрещивающихся путей (черт. 113), необходимо прерывать путевые рельсы. При пересечении рельсов надо устраивать крестовины, которые могут быть острыми в точках  $e$  этих чертежей или тупыми в точках  $d$ .

Составной частью всякого простого стрелочного перевода является остряк крестовина; в английских переводах и глухих пересечениях имеются две острые и две тупые крестовины (черт. 115).

Если два пути (черт. 114) пересекаются под прямым углом, то получаются четыре одинаковые крестовины.

Колесный скат (черт. 115), идя по направлению  $I-I'$  проходит по острию со стороны  $a_2$  или же, идя по направлению  $II-II'$ , проходит по острию со стороны  $a_1$ , т. е. оба канта острой крестовины  $H_1$  являются рабочими.

Рельсы  $b_1$  и  $b_2$  изгибаются слева от острия острой крестовины  $H_1$ , образуя так наз. усовики  $a_1$  и  $a_2$ .

В тупой крестовине получается тупой изогнутый рельс  $v_1k_1v_2$ , оба канта которого являются рабочими; изогнутый рельс образуется от пересечения рельсов  $v_1$  и  $v_2$ .

Рельсы  $b_1$  и  $b_2$  дают два острия; по конструктивным соображениям концы рельсов могут быть отогнуты в виде концов  $g_1$  и  $g_3$  или концы рельсов  $b_1$  и  $b_2$  срезаются для возможности пропуски бандажей.

При пересечении путей под прямым углом (черт. 116) концы рельсов  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  и  $b_4$  (черт. 115) отгибаются, образуя усовики  $a$  (черт. 116). Прямоугольник из рельсов внутри пересечения необходимо бывает устроить по конструктивным соображениям, но канты этого четырехугольника не являются рабочими.

Острая крестовина состоит из сердечника и двух усовых рельсов (черт. 117), или усовиков. Острый конец сердечника называется *острием* или *языком сердечника*; точка схода двух сторон сердечника называется *математическим острием крестовины*. Величина тангенса угла крестовины называется *маркой крестовины*; у нас устраиваются стрелочные переводы с марками крестовины в  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{9}$  и  $\frac{1}{11}$ ; углы, соответствующие этим маркам, равны  $7^\circ 7' 30''$ ,  $6^\circ 20' 25''$  и  $5^\circ 11' 40''$ .

Рабочие канты рельсов  $A_1$  и  $A_2$  должны быть прерваны (черт. 117) на протяжении  $a_1b_1$  и  $a_2b_2$ ; часть крестовины  $B_1b_1b_2B_2$  называется *сердечником*. Острию сердечника по конструктивным соображениям придают некоторую толщину  $t$  (5—10 мм); ширина  $e$  жолоба для пропуски закраины бандажа между сердечником и усовиками делается от 45 до 50 мм и определена ниже (в наших крестовинах обычно 45 мм).

Ширина горла крестовины делается во избежание удара такой же, как наименьшее расстояние между внутренними гранями головок рамного рельса и остряка в корне последнего (черт. 118 и 119), т. е.  $t = 65$  мм.

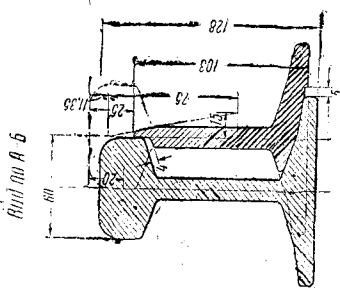
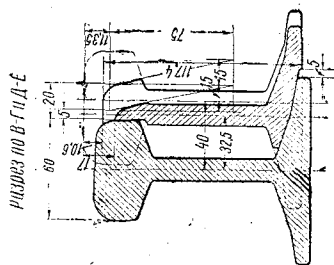
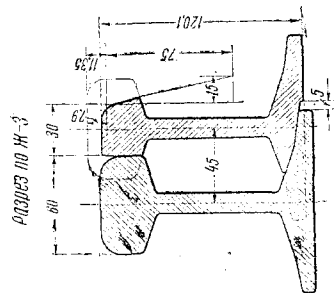
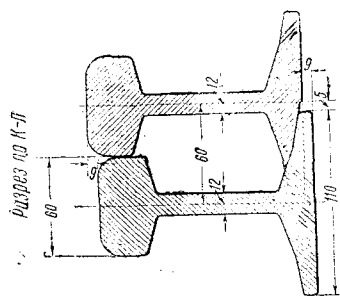
Расстояние  $f_1$  от горла крестовины до математического центра крестовины по направлению рабочего канта равно:

$$f_1 = \frac{65}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (1)$$

а считая по оси крестовины  $f_2$  будет равно:

$$f_2 = \frac{65}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}. \quad (2)$$

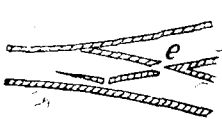
Если действительное острие крестовины совпадает с математическим центром, то перерыв рабочего канта равен  $f_1$ ; если сердечник у острия имеет ширину  $t$ , то длина перерыва рабочего канта будет  $f_1'$ :



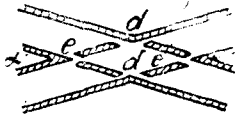
Черт. 111.

$$f_1' = \frac{65 + m}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (3)$$

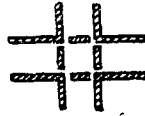
Из черт. 115 видно, что, если колесный скат будет проходить крестовины  $H_2$  и  $H_1$  в направлении  $I'-I$ , то у острия сердечника колесо может направиться в жолоб между сердечником  $H_1$  и усовиком  $a_2$ , и в этом случае движение будет продолжаться беспрепятственно; однако колесный скат, движущийся по направлению  $I'-I$ , может попасть и в жолоб между сердечником  $H_1$  и усовиком  $a_1$ , и в этом случае произойдет сход.



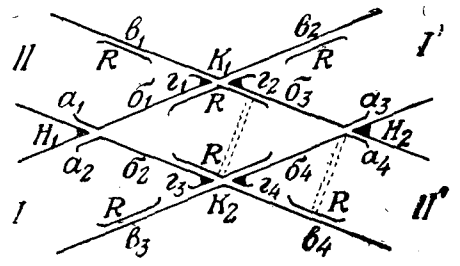
Черт. 112.



Черт. 113.



Черт. 114.



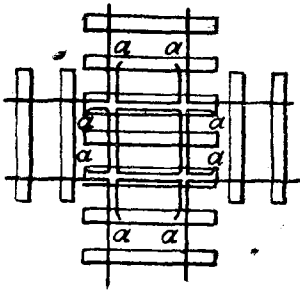
Черт. 115.

Для направления колесных скатов, движущихся против шерсти стрелок (и крестовин), устраивают (черт. 120) контррельсы  $b_1$  и  $b_3$ , направляющие колесный скат в соответствующий жолоб.

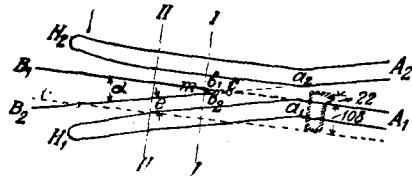
Из черт. 121—122 видно, что в то время когда гребень бандажа оставляет направляющую его точку  $K$ , ось ската находится впереди на величину, равную

$$f_1 : 2 = \sqrt{h(2r + h)} \quad (4)$$

где  $h$  — высота гребня бандажа, а  $r$  — радиус колеса.



Черт. 116.



Черт. 117.

Наибольшая длина  $f_1$  перерыва рабочего канта, при которой идущий против шерсти скат не попадет в несоответствующий жолоб, т. е. колесо направляется двумя крайними точками прерванного рабочего канта, будет:

$$f_1 = 2 \sqrt{h(2r + h)} \quad (5)$$

причем

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{65 + m}{2f_1} = \frac{65 + m}{4 \sqrt{h(2r + h)}} \quad (6)$$

При значениях  $h = 28$  и  $2r = 1050$  и  $m = 0$  получим:

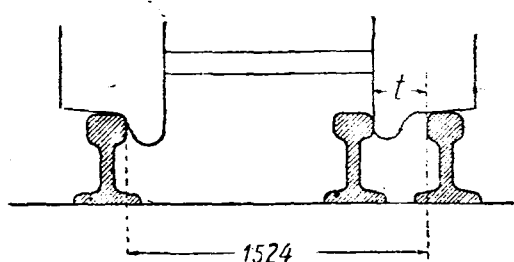
$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{65}{4 \sqrt{28(1050 + 28)}} = 0,09334 \text{ и } \alpha = \text{около } 11^\circ;$$

при  $m > 0$  величина  $\alpha$  еще увеличится; применяемые крестовины марки от  $1/8$  до  $1/1$  имеют меньший угол, а потому применение контррельсов является [необходимым.

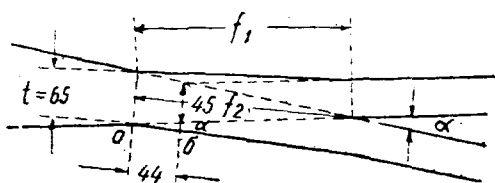
Наибольшее расстояние  $x$  в свету между головками рельса и контррельса определится из черт. 123, на котором показано поперечное сечение рельса, контррельса, сердечника и усовиков крестовины. Наиболее невыгодным будет случай широкой насадки бандажей в 1443 мм и неизношенного бандажа в 33 мм, который касается острия сердечника; тогда будем иметь наибольшее значение  $x$ :

$$x = 1524 - 1443 - 33 = 48 \text{ мм.}$$

Так как внутренний кант  $a$  контррельса может изнашиваться и тогда значение  $x$  увеличится и явится возможность удара в острие сердечника, то обычно величину  $x$  делают менее предельной; в утвержденных за последнее время типах стрелок и крестовин величина  $x$  принята в 44 мм.



Черт. 118.



Черт. 119.

Ширина  $e$  жолоба между сердечником и усовиком определяется из следующих соображений: расстояние между кантом  $a$  контррельса и кантом  $b$  усовика (черт. 124) должно быть несколько менее ширины между бандажами, соответствующей узкой насадке колес; если это расстояние будет более, то колесный скат не пройдет между гранями  $a$  и  $b$ . Так как ширина узкой насадки равна 1 437 мм, то расстояние между гранями  $a$  и  $b$  принимают на 2—3 мм меньше, и следовательно (черт. 123):

$$e + x = 1524 - (1437 - 2) = 89 \text{ мм.} \quad (8)$$

Так как ширина  $x$  определена, то:

$$e = 89 - x = 45 \text{ мм.}^1 \quad (9)$$

Рассмотрим условия движения бандажа по крестовине. Колесный скат, двигаясь к острию сердечника (черт. 117), начнет от точки перегиба усовика постепенно сходиться с последнего; очевидно, что в сечении I—I скат начнет переходить на сердечник, а в сечении II—II сойдет с усовика и всецело ляжет на сердечник<sup>2</sup>.

Пусть будем иметь: ширину бандажа 130 мм, толщину неизношенного гребня 33 мм, ширину жолоба 45 мм и толщину острья сердечника 10 мм. тогда в сечении I—I бандаж будет опираться на рельс лишь шириной в  $130 - 88 = 42$  мм, в сечении же II—II бандаж совсем сойдет с усовика; ширина сердечника в этом месте при ширине жолоба крестовины в 45 мм будет:

$$130 - 45 - 33 = 52 \text{ мм.}$$

Крестовины устраиваются следующим образом:

а) в сечении II—II (черт. 117 и 125), где колесный скат целиком переходит на сердечник, высота его делается одинаковой с путевыми рельсами, а от сечения II—II до сечения I—I сердечник понижается соответственно коничности бандажа; усовик в одном уровне;

б) сердечник делается в одном уровне, а усовик повышается от точки  $a_1$  перегиба усовика (черт. 126) до сечения I—I, где колесный скат начинает переходить на сердечник; повышение должно соответствовать коничности бандажа;

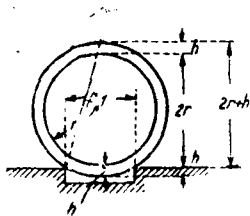
<sup>1</sup> Сумма  $e - x$  равна 89 мм; обычно  $x = 44$  мм и  $e = 45$  мм.

<sup>2</sup> Так как бандаж имеет срез 6 мм, то он сойдет с усовика несколько вправо от сечения II—II.

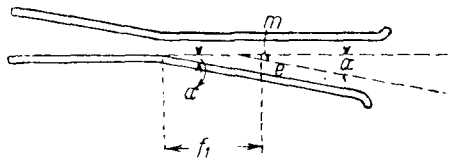
повышение усовика в сечении II—II, где скат целиком переходит на сердечник, сходит на-нет.

Обычно крестовины устраиваются с понижением острия сердечника, т. е. по черт. 125. Рассмотрим условия прохождения конического и почти цилиндрического (т. е. сильно изношенного) бандажа по крестовинам, устроенным по черт. 125 и 126.

1. Конический бандаж при пониженном острие сердечника будет опускаться при подходе к сечению I—I и затем поднимется на ту же величину в сечении II—II; на протяжении от I—I до II—II переход с усовика на сердечник постепенный; цилиндрический бандаж пройдет не опускаясь, но перейдет на сердечник лишь в сечении II—II, т. е. переход произойдет сразу с усовика на сердечник в сечении II—II.



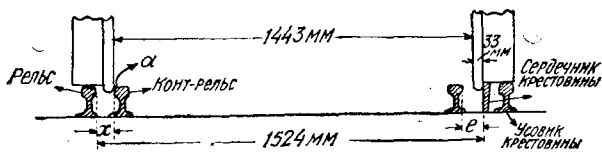
Черт. 121.



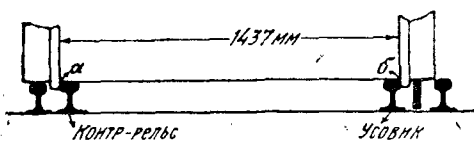
Черт. 122.

2. Конический бандаж при повышенном усовике пройдет крестовину, не опускаясь и не поднимаясь; переход с усовика на сердечник между сечениями I—I и II—II постепенный.

Цилиндрический бандаж поднимется в сечении I—I и опустится на ту же величину в сечении II—II (черт. 126), при этом бандаж перейдет на сердечник сразу в сечении II—II. Так как обычно бандажи бывают изношены не до предела их цилиндричности, то в большинстве случаев переход будет происходить между сечениями I—I и II—II. Концы усовиков (черт. 117)  $H_1$  и  $H_2$  обыкновенно отгибаются; имея, однако, в виду необходимость поддерживать колесный скат на возможно большем протяжении, усовик отгибается от сечения



Черт. 123.



Черт. 124.

II—II, так что расстояние от  $a_1$  до сечения II—II, принимая изношенный гребень бандажа, будет равно в миллиметрах по направлению усовика:

$$\frac{130 - 22}{\operatorname{tg} \alpha} = 108 \operatorname{ctg} \alpha. \quad (10)$$

Обычно колесо переходит целиком на сердечник в том месте, где ширина его равна 40 мм; поэтому расстояние от горла крестовины до сечения II—II равно (считая по оси крестовины):

$$\frac{65 + 40}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \text{ или округленно } 105 \operatorname{ctg} \alpha. \quad (11)$$

Из изложенного видно, что острие сердечника между сечениями I—I и II—II подвергается значительному износу; точно так же изнашиваются усовики на протяжении от точки перегиба  $a_1$  и  $a_2$  до сечения II—II; поэтому эти части должны быть сделаны из стали лучшего качества.

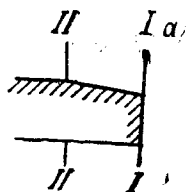
С точки зрения качества материала, из которого сделаны крестовины, имеются следующие типы крестовин:

- 1) сборные из обыкновенных рельсов;
- 2) сборные с усовиками из обыкновенных рельсов и с сердечником из литой стали; сердечник может быть:
  - а) двусторонним (типа Каммеля), причем после износа одной стороны сердечник может быть повернут;
  - б) односторонним;

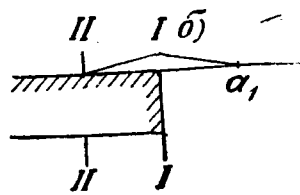
3) цельнолитые, в которых сердечник и усовик составляют одну общую отливку; цельнолитые крестовины чаще устраиваются односторонними, но встречаются крестовины, оборачивающиеся целиком на другую сторону.

Сборные крестовины состоят из отдельных частей, поэтому возможна замена отдельных пришедших в негодность частей; сборные крестовины, состоящие из обыкновенных рельсов, не отличаются долговечностью.

С целью увеличения срока службы крестовины сначала делали с литым сердечником, а затем перешли к цельнолитым крестовинам.



Черт. 125.



Черт. 126.

Что касается замены пришедших в негодность частей в крестовинах сборных и с литым сердечником, то следует иметь в виду, что замена износившихся усовиков новыми с оставлением сердечника несменным вызывает усиленный износ вновь поставленных усовиков; поэтому замена частей крестовины практически не дает больших экономических выгод.

В двухсторонних крестовинах, когда переворачивают сердечники, приходится ставить новые усовики.

На черт. 127 показаны части сборной крестовины. Обозначая ширину подошвы рельса через  $b$ , головки через  $v$ , шейки через  $e_1$ , ширину жолоба крестовины через  $c$ , угол крестовины через  $\alpha$ , получим расстояние (считая по продольной оси крестовины) от математического острия крестовины:

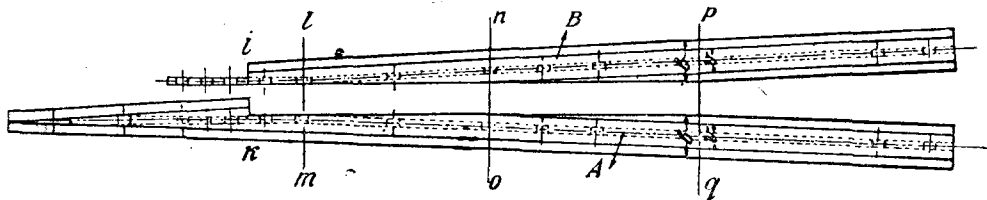
начала строжки подошвы<sup>1</sup> (сечение  $pq$ )

$$\frac{b + v}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}; \quad (12)$$

начала строжки головок (сечение  $no$ )

$$\frac{v}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}. \quad (13)$$

Между сечениями  $pq$  и  $no$  строгаются подошвы со стороны нерабочих кантов; до сечения  $lm$ , где ширина обоих рельсов равна  $v + e_1$ , т. е.  $\omega$ . у обоих



Черт. 127.

рельсов сохранена шейка, строжка производится со стороны нерабочих кантов, оба рельса между сечениями  $pq$  и  $lm$  не изгибаются. Сечение  $lm$  отстоит от острия крестовины на расстояние:

$$\frac{v + e_1}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}. \quad (14)$$

<sup>1</sup> В виду малости угла вместо  $2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$  можно брать  $\operatorname{tg} \alpha$  и умножить числитель на обратную величину марки крестовины, т. е. для  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{9}$  взять множитель девять, и т. д.



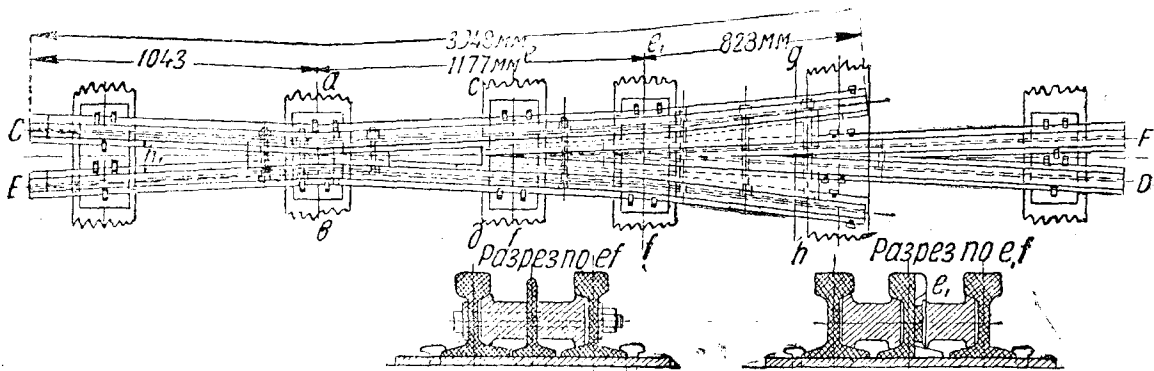
От сечения  $ik$  и до математического центра крестовины сердечник состоит только из одного рельса ( $A$ ), сечение  $ik$  отстоит от математического центра крестовины на расстояние:

$$\frac{v}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}. \quad (15)$$

В сечении  $lm$  рельс  $B$  изгибается на угол  $\alpha$  вверх по чертежу; в сечении  $ik$  рельс  $A$  отгибается на угол  $\frac{\alpha}{2}$  вниз по чертежу; рельс  $B$  между сечениями  $lm$  и  $ik$  строгают со стороны рабочего канта на ширину от нуля в сечении  $lm$  и на ширину  $v$  в сечении  $ik$ .

Конец рельса  $B$  толщиной  $e_1$  наклепывается на рельс  $A$ .

От сечения  $ik$  до острия рельс  $A$  строгают со стороны рабочих кантов.

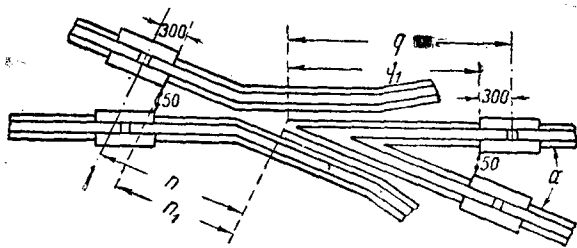


Черт. 128.

Длина крестовины от сечения  $av$  горла крестовины шириной 65 мм до сечения  $gh$  (черт. 128), где головки рельсов хвостовой части крестовины соприкасаются без строжки, равна при ширине головки —  $v$ :

$$\frac{65+2v}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (16)$$

В сборных крестовинах длина от сечения  $av$  до левого конца зависит от той ширины  $h_1$  (черт. 128) между головками, которая нужна для расположения и устройства накладок; величина эта будет больше, если накладки зетообразные, и меньше, если они плоские. С правой стороны крестовины длина зависит от той же величины  $h_1$ . Называя длину накладки через  $l_1$  и принимая горло крестовины в 65 мм, получим полную длину крестовины, измеренную по одному из рабочих кантов, т. е. длину  $CD$  или  $EF$  (черт. 128).



Черт. 129.

$$CD = EF = \frac{65 + 2v + 2h_1 - 65}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + l_1 = \frac{v + h_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + l_1; \quad (17)$$

$h_1$  должно быть не менее  $b - v + 50$ , где  $b$  — ширина подошвы рельса и  $v$  — ширина головки рельса; вставляя в ур-ние (17), получим:

$$CD = \frac{v + b - v + 50}{\sin \frac{\alpha}{2}} + l_1 = \frac{b + 50}{\sin \frac{\alpha}{2}} + l_1. \quad (18)$$

В зависимости от расположения брусьев  $h_1$  может быть больше  $b - v + 50$ . Пусть для рельса III-а и  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{9}$ , будем иметь:  $b = 110$  мм,

$$\sin \frac{\alpha}{2} = 0,05536 \text{ и длина крестовины без двух полунакладок} = \frac{110 + 50}{0,05536} = 2710 \text{ мм.}$$

Как видно из черт. 128, усовики и сердечники скреплены друг с другом болтами, проходящими через особые вкладыши, уложенные между усовиками и сердечником.

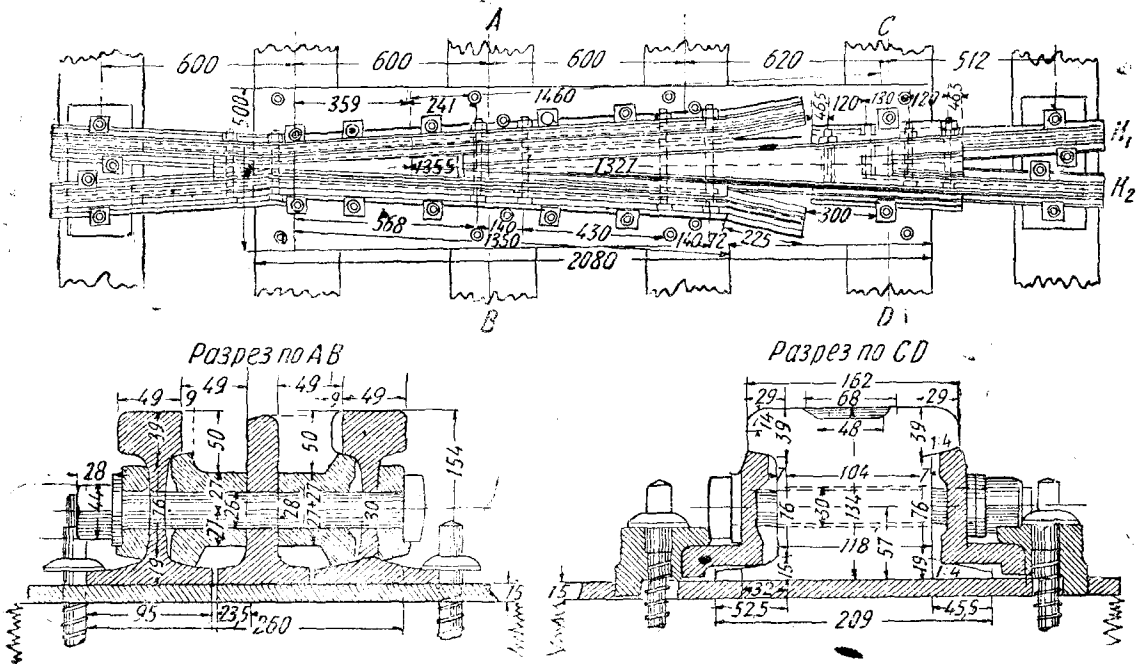
Наименьшие значения длины частей сборной крестовины  $n$  и  $q$  (черт. 129) будут, имея в виду устроить нормальный стык:

$$n = n_1 + 300 \text{ мм,} \quad (18)$$

где 300 мм есть длина полунакладки, т. е.  $\frac{l_1}{2}$ ;

$$n_1 = \frac{b - v + 50}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = (b - v + 50) \operatorname{ctg} \alpha, \quad (19)$$

где:  $b$  — ширина подошвы рельса,  
 $v$  — ширина головки рельса,



Черт. 130.

50 мм — зазор между подошвами рельсов в том месте, где начинается накладка;

$2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$  в виду незначительности угла  $\alpha$  может быть принято за  $\operatorname{tg} \alpha$ .

Длина другого хвоста крестовины:

$$q = q_1 + 300, \quad (20)$$

$$q = \frac{b + v + 50}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + 300 \text{ мм} = (b + v + 50) \operatorname{ctg} \alpha + 300 \text{ мм,} \quad (21)$$

где обозначения те же.

Определив  $n$  и  $q$ , мы имеем минимальную длину крестовины  $n + q$ .

Для сборной крестовины при  $b = 110$  мм и  $v = 60$  мм получим:

$$\begin{aligned} n + q &= 600 + (b + v + b - v + 50 + 50) \operatorname{ctg} \alpha = 600 + (2b + 100) = \\ &= 600 + 320 \cdot 9 = 3480 \text{ мм.} \end{aligned}$$

На черт. 130 показана односторонняя крестовина с литым сердечником; длина ее с левой стороны, считая от центра, определяется так же, как и для сборной крестовины, а со стороны сердечника длина должна быть такова, чтобы ширина литой части в месте примыкания обоих рельсов была не менее двойной ширины головки рельсов.

Сборная крестовина будет иметь слева нормальный стык, а ширина пяты крестовины будет немного более  $2v$ ; примем ширину пяты равной  $2v + 20^1$ , тогда длина крестовины будет равна:

$$\frac{l_1}{2} + \frac{65 + 2v + 20}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + \frac{h_1 - 65}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{l_1}{2} + \frac{2v + h_1 + 20}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

и, вставляя вместо  $h_1$  его величину:

$$= \frac{l_1}{2} + \frac{2v + b - v + 50 + 20}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{l_1}{2} + \frac{b + v + 70}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (22)$$

Для  $l_1 = 600$ ;  $b = 110$  и  $v = 60$  получим длину крестовины

$$300 + \frac{110 + 60 + 70}{2 \cdot 0,05536} = 300 + \frac{120}{0,05536} = 2\ 168 \text{ мм.}$$

На черт. 130 ширина сердечника несколько более двух ширин головок рельсов. Между рельсами  $K_1$  и  $K_2$  в месте примыкания их к крестовине уложен вкладыш, и стык рельсов с сердечником перекрыт наружными уголковыми накладками.

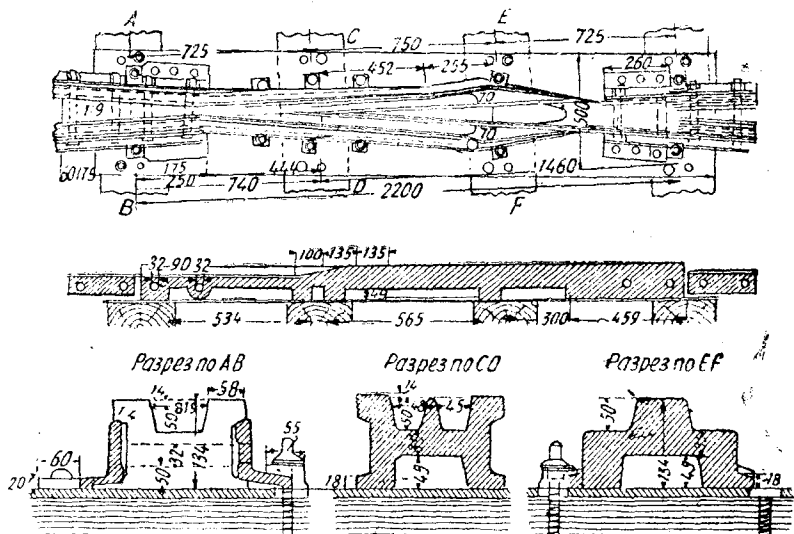
Иногда указанный вкладыш устраивается в виде прилива сердечника (в виде „ласточкина хвоста“); такое устройство не может быть рекомендовано, т. к. прилив этот легко отламывается.

На черт. 131 показана литая односторонняя крестовина; как видно из разреза по  $CD$ , усовики подняты в месте перехода ската на сердечник; для цельнолитой крестовины надо в целях экономии литья по возможности уменьшить длину крестовины; стыки литых усовиков с рельсами располагают от перегиба усовиков на расстоянии полунакладки, которая (разрез по  $AB$ ) сделана уголковой.

На черт. 132 показана цельнолитая двухсторонняя крестовина; двухсторонние крестовины не вполне оправдывают свое назначение, т. к. та сторона крестовины, которую она опиралась, стирается и после поворачивания не представляет вполне гладкой поверхности.

Цельнолитые крестовины требуют при износе хотя бы одной части крестовины замены всей крестовины; у нас с успехом применяется наварка крестовин.

В настоящее время наибольшее применение имеют крестовины с литым сердечником; в этих крестовинах усовики делаются из обыкновенных рельсов, и поэтому часть усовика против острия сердечника, подверженная наибольшему



Черт. 131.

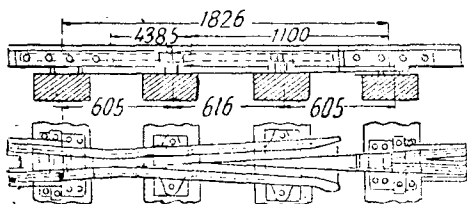
<sup>1</sup> Где 20 мм — расстояние между вертикальными гранями головок пяты крестовины.

износу, истирается; во избежание такого износа применяются усовики с вкладышем из особо прочной стали в той части, где усовик стирается. Усовики для устройства вкладыша изгибаются.

На черт. 133 показано устройство такого вкладыша для сборной крестовины.

В Америке<sup>1</sup> применяются крестовины, в которых сердечник и наиболее изнашиваемые части усовиков представляют одну цельную отливку из марганцовистой стали (черт. 134); в этом чертеже белым цветом показана отливка из высококоротной стали.

Контррельс делается длиной 3—4 м; он делается или из рельса или углового сечения; контррельс скрепляется с путевым рельсом болтами, и между



Черт. 132.



Черт. 133.

рельсом и контррельсом помещаются вкладыши. В ныне проектируемых стрелочных переводах эти вкладыши состоят из двух половин, и между ними располагаются две прокладки, дающие возможность после износа контррельса вынуть прокладки вновь уменьшить расстояние между контррельсом и путевым рельсом.

Нормальная ширина жолоба крестовины в 45 мм должна перекрывать длину сердечника на протяжении от горла крестовины и до того места, где колесо переходит на сердечник (см. ниже расчет крестовины).



Черт. 134.

Далее на протяжении 1 м ширина жолоба увеличивается до 65—70 мм; длина этой части крестовины должна быть такова, чтобы угол удара в нее колеса был не более стрелочного угла  $\beta$ .

Конец крестовины на протяжении 0,15—0,2 м отгибается на ширину 90—100 мм.

Перейдем к рассмотрению тупых крестовин.

В тупой крестовине (черт. 135) колесный скат, идущий по направлению  $I-I'$ , теряет направляющий его кант рельса на протяжении  $E_1B$  для левого по ходу движения колеса и на протяжении  $E_4B_1$  для правого колеса; для направления движения на протяжении  $E_1B$  служит часть контррельса  $G_1H_1$ ; для направления движения на протяжении  $E_4B_1$  служит часть контррельса  $FG$ . Точно так же части  $F_1G_1$  и  $GH$  служат для направления движения колесного ската по направлению  $II-II'$ ; таким образом оба изогнутых под углом  $\alpha$  контррельса представляют четыре отдельных контррельса.

Левое колесо ската от точки  $E_1$  будет идти без направления движения до тех пор, пока правое колесо не достигнет точки  $G_1$  контррельса  $G_1H_1$ ; в это время левое колесо будет между  $E_1$  и  $B$  в точке  $K$ . Имея в виду, что  $G_1K \perp E_1B$ , получим, что на протяжении  $KB$  колесный скат будет направляться контррельсом  $G_1H_1$ .

Из  $\triangle E_1MB$  будем иметь:

$$E_1B = \frac{e+m}{\sin \alpha} \quad \text{и} \quad KB = (s-e) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (23)$$

где:  $e$  — ширина жолоба между острием крестовины и изогнутым рельсом  $ABC$ ,  
 $m$  — ширина острия тупой крестовины.

<sup>1</sup> См. Railway Engineering and Maintenance Cyclopedia 1926.

Очевидно, если угол крестовины будет настолько велик, что  $E_1B = KB$ , то колесо на всем протяжении  $E_1B$  будет направляться контррельсом  $G_1H_1$ ; условие это дает:

$$\frac{e+m}{\sin \alpha} = \frac{e+m}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{(s-e) \sin \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

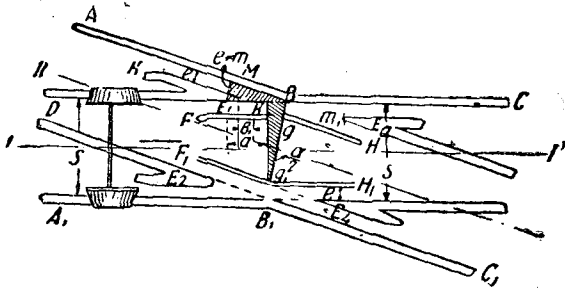
или

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{e+m}{2(s-e)}}. \quad (24)$$

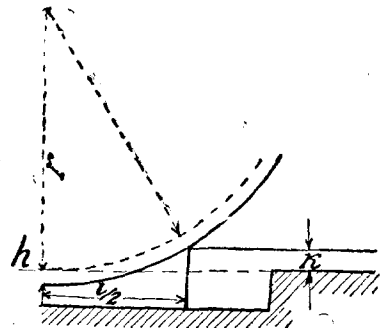
Для  $e = 50$  мм,  $m = 10$  мм и  $S = 1524$  мм,  $\alpha$  будет около  $16^\circ$ . Следует однако иметь в виду, что благодаря реборде колесо теряет направление в то время, когда ось его отошла на длину, определяемую черт. 136, так что длина  $E_1B$  может быть уменьшена на длину  $l$ , и тогда получим:

$$\frac{e+m}{\sin \alpha} - l - (s-e) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0. \quad (25)$$

По этой формуле угол  $\alpha$  получается около  $9^\circ$ ; в глухих пересечениях такой угол вполне допустим, поэтому направление движения может быть достигнуто изогнутыми контррельсами.



Черт. 135.



Черт. 136.

Английские стрелки с таким углом потребовали бы применения слишком малых радиусов переходных кривых, но такие углы применимы для перекрестных переходов системы Безелера, при которых угол крестовины может быть равен  $1/6$ . Обычно английские стрелки делаются с тангенсом крестовин в  $1/9$ , реже в  $1/8$ , и при таких углах колесо проходит часть пути без направления движения. Называя через  $b_1$  длину, на протяжении коей колесо идет без направления, получим (черт. 135):

$$b_1 = E_1B - KB - l = \frac{e+m}{\sin \alpha} - (s-e) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - 2\sqrt{h(2r+h)}. \quad (26)$$

Расстояние  $b_1$ , на котором колесо идет без направления, называется *вредным пространством*. В целях дальнейшего уменьшения величины  $b_1$  изогнутый рельс делают повышенным; величина  $k$  этого повышения (черт. 136) согласно габариту подвижного состава делается не более 50 мм; вредное пространство при повышении контррельса на величину  $k$  будет:

$$b_1 = \frac{e+m}{\sin \alpha} - (s-e) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \sqrt{h(2r+h)} - \sqrt{(h+k)(2r+h-k)}. \quad (27)$$

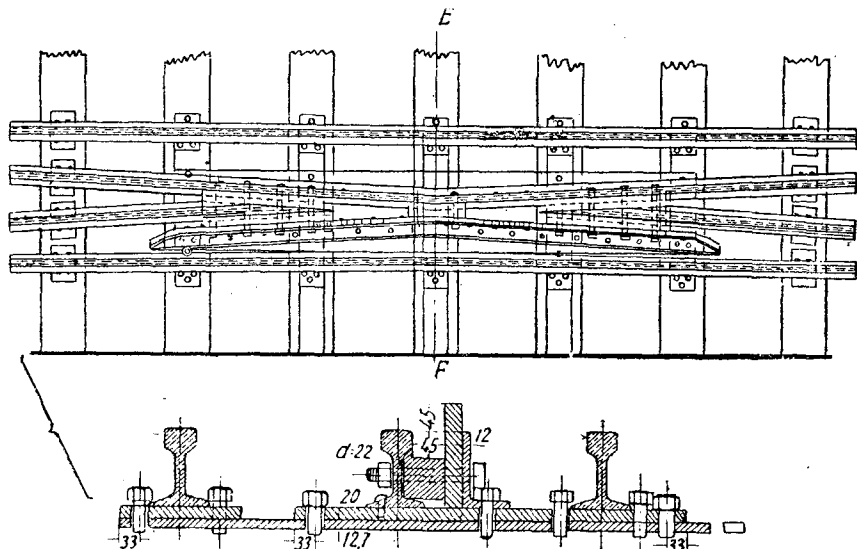
В этой формуле последний член представляет уменьшение вредного пространства вследствие повышения контррельса, а предпоследний член представляет расстояние между осью колесного ската и концом острья  $E_1$  (черт. 135) в то время, когда реборда колеса еще касается точки  $E_1$ .

Для  $e = 50$  мм,  $m = 10$  мм,  $h = 25$  мм,  $2r = 1050$  мм и  $k = 50$  мм получим для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/10$  величину вредного пространства  $b_1 = 90$  мм, для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$  величину вредного пространства,  $b_1 = 20$  мм, а для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/8$  получим, что вредного пространства не будет при возвышении наружного рельса менее 50 мм и доста-

точно сделать возвышение в 30 мм, что получится, беря по ур-нию (27)  $b_1$  равным нулю и определяя величину возвышения  $k$ .

Тупые крестовины делаются из рельсов или литые; на черт. 137 показана крестовина из рельсов: показаны изогнутый рельс и рельс переходной кривой; он может быть сконструирован и отдельно от тупой крестовины.

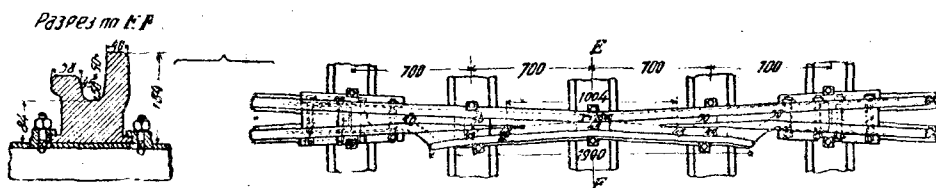
Из разреза по  $EF_1$  видно, что контррельс возвышается на 45 мм.



Черт. 137.

На черт. 138 показана литая крестовина в предположении применения металлических поперечин; рельс переходной кривой не входит в конструкцию крестовины.

Иногда вместо тупых крестовин, особенно когда примыкают перекрестные переводы марки  $1/10$ , оставляют лишь изогнутые рельсы, к которым примыкают острия, по два к каждому изогнутому рельсу (черт. 139). Для того чтобы



Черт. 138.

перевести острия в положение, обратное чертежу, надо верхнюю тягу перевести вправо (по чертежу), а нижнюю тягу — влево (по чертежу). Перевод тяг производится одновременно с переводом основных восьми остриев перекрестного перевода.

## § 7. Расчет крестовин

Приведем расчет крестовины с литым двусторонним сердечником. Для крестовины марки  $\text{tg } \alpha = 1/11$  будем иметь:

$$\text{tg } \alpha = 0,090909; \quad \alpha = 5^\circ 11' 40''; \quad \frac{\alpha}{2} = 2^\circ 35' 50'';$$

$$\sin \alpha = 0,090536; \quad \cos \alpha = 0,995893; \quad \sin \frac{\alpha}{2} = 0,045315;$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = 0,998973; \quad \text{tg } \frac{\alpha}{2} = 0,045361.$$

Что бы не было удара в усовик, ширина горла  $t$  должна быть (черт. 119) не менее 65 мм (так же, как и расстояние между внутренними гранями головок рамного рельса и остряка). Ширина горла принята в 66 мм, в соответствии с чем расстояние между горлом и математическим центром крестовины будет (черт. 119):

$$f_1 = \frac{66}{2} : \sin \frac{\alpha}{2} = 33 : 0,045315 = 728 \text{ мм},$$

а считая по направлению биссектрисы:

$$f'_1 = \frac{66}{2} : \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 33 : 0,045361 = 727,5 \text{ мм}.$$

Расстояние между внутренними гранями головок рельса и контррельса принято в 44 мм, ширина жолоба крестовины в 45 мм; наименьший зазор между ребордой бандажа и сердечником (черт. 140) составит:

$$1524 - 44 - 1443 - 33 = 4 \text{ мм}.$$

При узкой насадке колес в 1437 мм расстояние между гранями  $b$  усовика и контррельса будет:

$$1524 - 44 - 45 = 1435 \text{ мм},$$

т. е. при узкой насадке имеется запас в 2 мм.

Размеры крестовины приняты следующие (черт. 141):

$l_1$  (длина заднего хвоста) = 2030 мм,

$l_2$  (длина переднего хвоста) = 2170 мм.

Длина крестовины  $L = 2030 + 2170 = 4200$  мм.

Длина хвостов, считая по оси крестовины (или по биссектрисе):

$$y_1 = 2030 \cos \frac{\alpha}{2} = 2028 \text{ мм}.$$

$$y_2 = 2170 \cos \frac{\alpha}{2} = 2168 \text{ мм}.$$

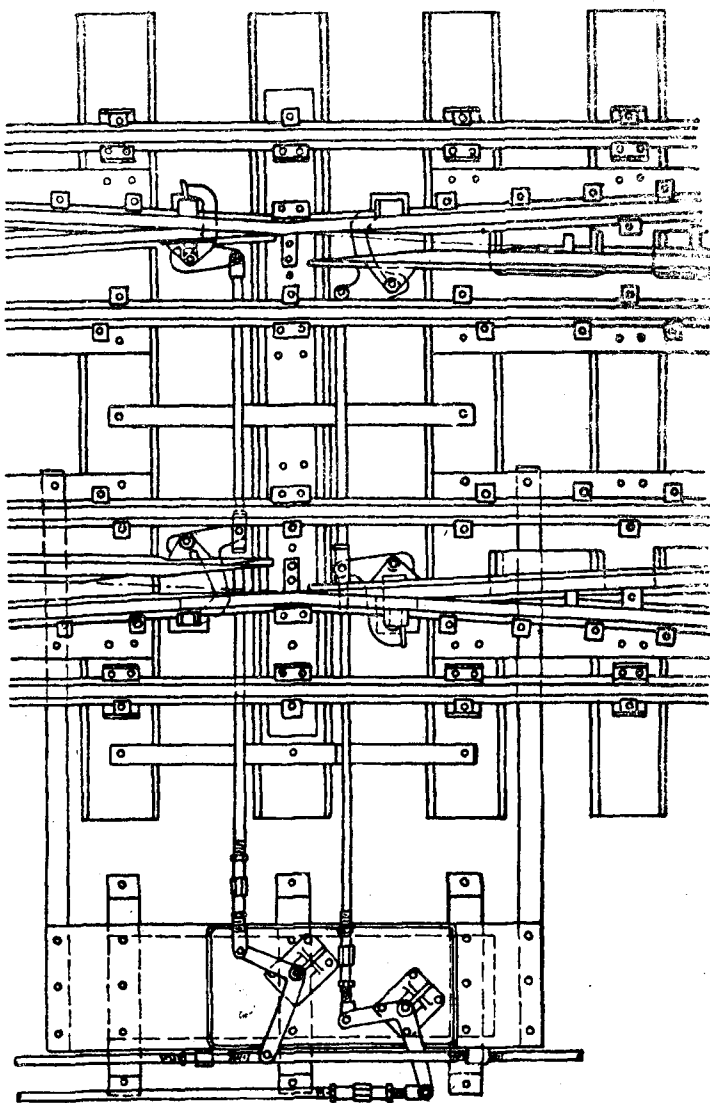
Длина крестовины, считая по оси, = 4196 мм.

Контррельс в средней своей части на протяжении 1300 мм отстоит на 44 мм от путевого рельса, далее на расстоянии 1000 мм он отогнут на расстояние 67 мм, и в конце на расстоянии 150 мм контррельс отогнут на 90 мм.

Длина контррельса равна  $1300 + 2(1000 + 150) = 3600$  мм.

Идущий колесный скат может удариться в наклонные части контррельса; длины и отгибы наклонной части выбраны так, чтобы угол удара был примерно равен стрелочному углу. Угол наклона определяется следующим образом (черт. 143):

$$\sin \beta_1 = \frac{67 - 44}{1000} = 0,023 \text{ и } \beta_1 = 1^\circ 19'.$$



Черт. 139.

Для крестовины наклонная часть имеет длину 939 мм, величина отгиба с 45 мм доходит до 66 мм и угол наклона равен:

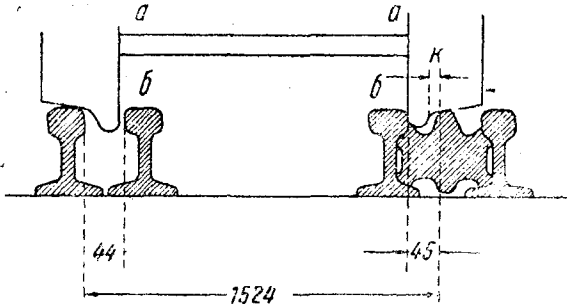
$$\sin \beta_2 = \frac{66 - 45}{939} = 0,022364 \text{ и } \beta_2 = 1^\circ 16'.$$

Расстояние от математического центра крестовины до края стыковой подкладки  $a$  (черт. 142) будет равно:

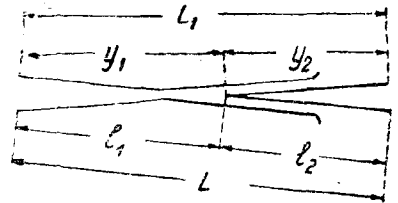
$$2028 + 250 + 4 - 75 = 2207 \text{ мм.}$$

Расстояние между рабочими гранями рельсов в этом сечении будет равно:

$$2207 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 2207 \cdot 0,045361 = 200 \text{ мм.}$$



Черт. 140.



Черт. 141.

Расстояние  $z_1$  между подкладками равно:

$$z_1 = 200 + 68 - 250 = 18 \text{ мм,}$$

т. е. возможна укладка двух отдельных подкладок длиной 250 мм.

Расстояния между осями брусьев, считая от крестовины, исчислены на черт. 143. От математического центра до хвоста крестовины будем иметь 2028 мм (246 + 530 + 530 + 500 + 222).

На черт. 143 вместо 530 мм (четыре пролета) принято 531 мм, что и дает вместо 4196 мм длину 4200 мм.

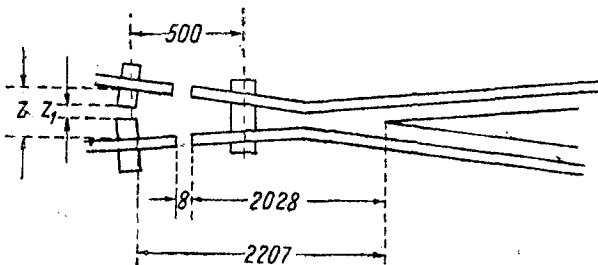
Для того чтобы рельсы, расположенные вправо от  $a$  и  $a_1$ , были одинаковой длины, необходимо, чтобы стыки  $a$  и  $a_1$  были нормальны к основному пути. Стык  $a$  сдвинут влево, стык же  $a_1$  — вправо на величину:

$$762 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 762 \cdot 0,045361 = 34,5 \text{ мм.}$$

Поэтому получим расстояния:

$$250 - 34,5 = 216 \text{ мм (или) } 215 \text{ мм.}$$

$$250 + 34,5 = 284 \text{ мм (или) } 285 \text{ мм.}$$



Черт. 142.

Во избежание разнотипности устройств, прикрепляющих к брусьям контррельс, последний расположен симметрично относительно брусьев. Контррельс в прямой своей части (ширина жолоба 44 мм) должен перекрывать перерыв рабочего канта длиной 728 мм и ту часть крестовины, где колесный скат еще не перешел целиком на сердечник (сечение шириной 40 мм). Расстояние  $f_2$ , где сердечник имеет ширину 40 мм, отстоит от математического центра крестовины на (черт. 143):

$$f_2 = \frac{40}{2} : \sin \frac{\alpha}{2} = 20 : 0,045315 = 441 \text{ мм.}$$



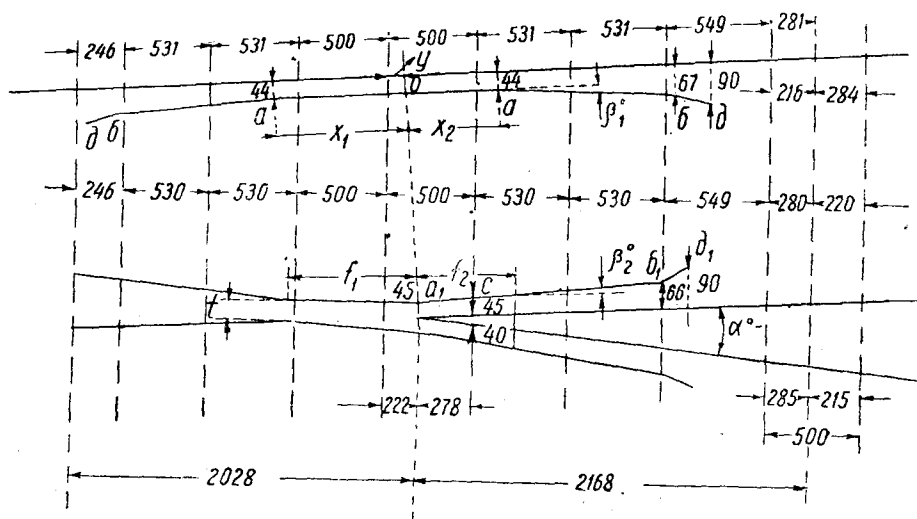
Расстояние середины контррельса до центра крестовины равно 222 мм. Перпендикуляр, опущенный из центра крестовины на путевой рельс (подошва его в точке  $O$ ), отстоит от середины контррельса на:

$$222 - 1,524 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 222 - 69 = 153 \text{ мм.}$$

Прямые части  $x_1$  и  $x_2$  контррельса расположены относительно математического центра крестовины несимметрично, и длины их равны:

$$x_1 = \frac{1300}{2} + 153 = 803 \text{ мм,}$$

$$x_2 = \frac{1300}{2} - 153 = 497 \text{ мм.}$$



Черт. 143.

Так как прямая часть контррельса должна перекрывать  $f_1$  и  $f_2$ , то должно иметь место:

$$x_1 > f_1 \text{ или } 803 > 728,$$

$$x_2 > f_2 \text{ или } 497 > 441.$$

В крестовине  $a_1 d_1 = 1300 \text{ мм}$ ;  $f_2 = 441 \text{ мм}$  и  $c d_1 = 1300 - 441 = 939 \text{ мм}$ .

Если обозначим через  $y$  расстояние данного сечения сердечника шириной  $X$  от математического центра крестовины, то будем иметь следующую зависимость:

$$y = \frac{X}{2} : \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{X}{2} : 0,045361. \quad (1)$$

Сужение профиля сердечника начинается с сечения шириной 68 мм (ширина головки рельса типа II-a); снижение, начиная с сечения шириной 30 мм.

Снижение производится, как и острожка острька стрелки, с уклоном рабочей грани 1:5 по профилю; соответствующему очертанию головки рельсов, начиная от точек касания  $a$  с плоскостью уклона 1:5 (черт. 145); расстояние  $X$  (черт. 144) между гранями  $da$  и  $db$  будут соответствовать расстоянию  $X$  между наклонным и гранями на расстоянии от верха головки в 12,50 мм (черт. 145).

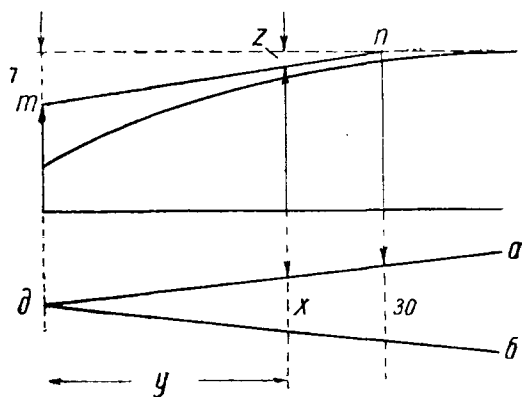
Из черт. 145 видно, что сближение профилей произведет понижение точки  $O$ . В сечении шириной 30 мм это снижение равно 0,8 мм.

В таблице 5 приведены величины снижений для разных значений  $X$ , и показаны расстояния  $y$  сечений от математического центра крестовины.

Подкладок длиной 250 мм нельзя уложить (черт. 146) на брусках, ближайших к хвосту крестовины длиной 2168 мм. Для того чтобы иметь возможность уложить такие подкладки с запасом в 2 мм, расстояние между рабочими гранями рельсов должно быть:

$$250 + 2 + 68 = 320 \text{ мм.}$$

Таблица 5



Черт. 144.

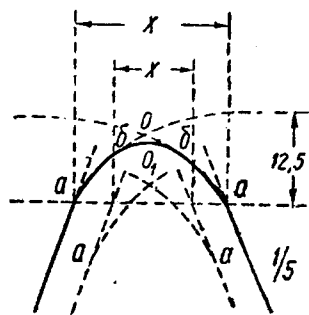
Ширина сечения X	Расстояния у от математического острья	Снижение
0	0	33
9	99	13,5
20	220	4,5
30	330	1
40	441	0

Это сечение будет отстоять от центра крестовины на расстояние  $y$ , равное

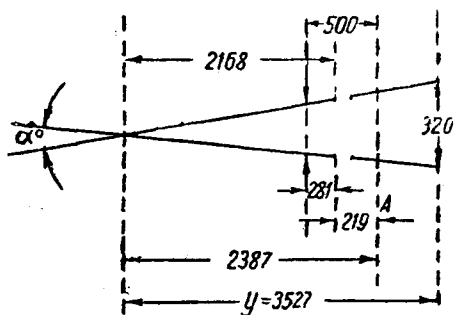
$$y = \frac{320}{2} : \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 160 : 0,045361 = 3527 \text{ мм.}$$

Расстояние от математического центра крестовины до стыкового бруса А равно  $2168 + 219 = 2387$  мм, и следовательно на протяжении  $3527 - 2387 = 1140$  мм можно уложить еще примерно два бруса.

Брус, на котором можно уложить две подкладки, длиной каждая 250 мм, должен отстоять от бруса А не менее чем на  $1140 + 75 = 1215$  мм, т. е. при пролетах не свыше 565 мм, на третьем бруске. На двух брусках устраиваем двойные подкладки, как это сделано на брусках, расположенных правее корня острья.



Черт. 145.



Черт. 146.

Пусть оси брусков № 1 и 2 (черт. 147) расположены на расстоянии 565 мм друг от друга, и оба пути расходятся по кривой радиуса 200 м; тогда расстояние от конца крестовины до бруса № 1 равно:

$$219 + 565 = 784 \text{ мм,}$$

и до крайней грани правой спаренной подкладки расстояние будет равно  $784 + 100 = 884$ ; то же расстояние для бруса № 2 будет равно  $884 + 565 = 1449$  мм.

Из черт. 147 имеем:

$$z = 2 \cdot 2168 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 2168 \cdot 0,045361 = 197 \text{ мм.}$$

Для бруса № 1 касательная к кривой в точке  $n$  составит угол  $\alpha_1$ , и далее будем иметь:

$$\sin \alpha = \frac{L}{R} + \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{884}{200\,000} + 0,045315 = 0,049735,$$

$$\alpha_1 = 2^\circ 51' 3''; \quad \cos \alpha_1 = 0,998762, \quad (2)$$

$$y = z + 2R(\cos \frac{\alpha}{2} - \cos \alpha_1) = 197 + 2.200\,000(0,998973 - 0,998762) = 197 + 84 = 281 \text{ мм.} \quad (3)$$

Для бруса № 2 будем иметь:

$$\sin \alpha_2 = \frac{L}{R} + \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{1449}{200\,000} + 0,045315 = 0,052560 \quad (4)$$

и  $\alpha_2 = 3^\circ 0' 45''$ ;  $\cos \alpha_2 = 0,998618$ , и далее:

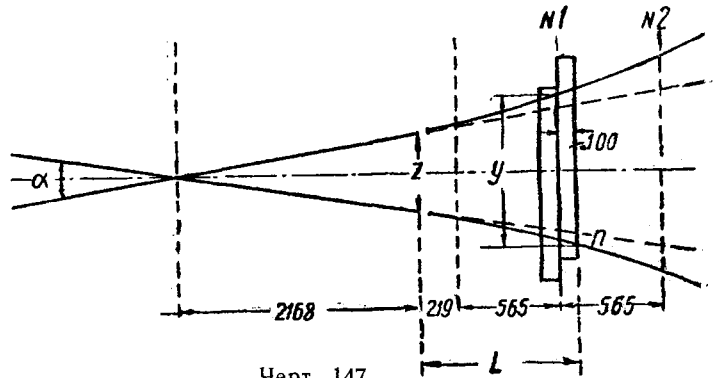
$$y = 197 + 2R(\cos \frac{\alpha}{2} - \cos \alpha_2) = 197 + 400\,000(0,998973 - 0,998618) = 339 \text{ мм.} \quad (5)$$

Длина подкладки для бруса № 1 равна:

$$281 - 68 + 250 = 463 \text{ мм.}$$

То же для бруса № 2:  $339 - 68 + 250 = 521 \text{ мм}$ , или округленно  $530 \text{ мм}$ ; в целях однообразия берем подкладки длиной  $530 \text{ мм}$ .

Согласно черт. 147 за хвостом крестовины наметены на обоих рельсах кривые, т. е. предположен симметричный стрелочный перевод; для обыкновенного стрелочного перевода, т. е. при одной кривой, будем иметь углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , без изменения по ур-нию (2) и (4), и далее:



Черт. 147.

$$y = z + R(\cos \frac{\alpha}{2} - \cos \alpha_1) + L \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (6)$$

и, вставляя числовые величины, получим:

$$y = 197 + 200\,000(0,998973 - 0,998762) + 884 \cdot 0,045361 = 197 + 42 + 39 = 278 \text{ мм.}$$

Для бруса № 2 будем иметь:

$$y = 197 + 200\,000(0,998973 - 0,998618) + 1\,449 \cdot 0,045361 = 197 + 71 + 66 = 334 \text{ мм,}$$

т. е. несколько короче, нежели получилось по ур-нениям (3) и (5).

## § 8. Применяемые за границей стрелочные переводы. Меры предохранения концов остряков. О марках крестовин, применяемых за границей и у нас.

### Особые конструкции крестовин

У нас обыкновенные стрелочные переводы применяются с крестовинами марки  $\frac{1}{9}$  и  $\frac{1}{11}$ ; на некоторых дорогах применялись крестовины марки  $\frac{1}{8}$ . Угол крестовины у нас определяется величиной  $\operatorname{tg} \alpha$ , который по черт. 148 равен отношению  $b_2$  к  $ab$ ; в США угол крестовины определяется величиной  $2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ , причем:

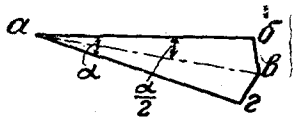
$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{b_2}{ab} \quad (1)$$

и угол крестовины состоит из двух углов, для коих  $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$  равен половине величины марки крестовины. Для  $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{9} = \frac{1}{18} = 0,055155$  получим:

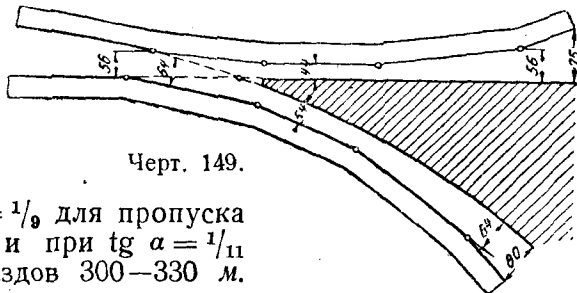
$$\frac{\alpha}{2} = 3^{\circ} 10' 48'' \text{ и } \alpha = 6^{\circ} 21' 35'',$$

что несколько превышает наш угол для  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{9}$ , равный  $6^{\circ} 20' 25''$ .

У нас стоит вопрос о стандартизации стрелочных переводов; имеющиеся стрелочные переводы марки  $\frac{1}{9}$  и  $\frac{1}{11}$  удовлетворяют своему назначению и дают



Черт. 148.



Черт. 149.

радиусы, достаточные при  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{9}$  для пропуска товарных поездов (180—220 м) и при  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{11}$  для пропуска пассажирских поездов 300—330 м. В дополнение к этим стандартным стрелочным переводам следовало бы иметь переводы со следующими марками крестовин:

- 1) для пропуска скорых и курьерских поездов по кривой перевода радиуса не менее 500 м, для чего крестовина должна быть марки  $\frac{1}{13} - \frac{1}{14}$ ;
- 2) для обслуживания входного конца сортировочного парка, где вагоны по преимуществу спускаются с горки отдельными вагонами или отдельными отцепами, где радиус может быть несколько меньше, чем для крестовины в 1:9, т. к. скорость вагонов не превосходит 25 км в час; для этой цели могут быть применены крестовины марки около 1:7,5 при радиусе 140—160 м;

3) наконец для пропуска отдельных вагонов без паровоза на территории мастерских и заводов в целях экономии места могут применяться радиусы кривых в 60 м с тангенсами крестовин около 1:5.

У нас намечены к применению в качестве стандартных прямые остряки и крестовины, расположенные на прямой по примеру США, что же касается Германии, то там применяются криволинейные остряки, а также крестовины с криволинейным кантом сердечника для ответвляющегося пути (черт. 149), что значительно сокращает длину стрелочных переводов.

Ввиду того что крестовины измеряются величиной  $\operatorname{tg} \alpha$ , пересечение двух путей, имеющих  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{10}, \frac{1}{9}, \frac{1}{7}$ , дает  $\operatorname{tg} 2\alpha$  более крутой; так, например, для пересечения двух путей с  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{10}$  имеем тангенс угла пересечения  $2\alpha$  не 1:5, а 1:4,95; точно так же для  $\frac{1}{9}$  будем иметь не 1:4,5, а 1:4,44, и т. д. (см. ниже „Глухие пересечения“).

В Германии применяют стрелочные переводы с меняющимися радиусами кривизны, а именно: от остряка, который делается криволинейным, идет кривая радиуса 500 м, а далее кривая радиуса 300 м. Такие стрелочные переводы устроены по проекту Нимана в дирекции Магдебурга<sup>1</sup>.

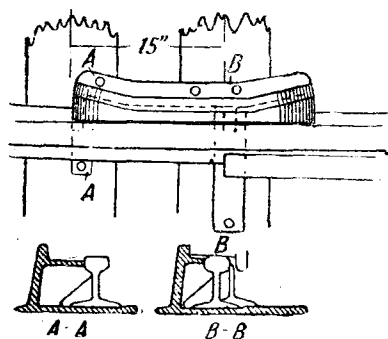
В США стрелочные переводы имеют самых разнообразных марок, от 1:5 до 1:20. В таблице 6 приведены основные размеры стрелочных переводов в США.

<sup>1</sup> „V. T.W.“ 1927, № 33.

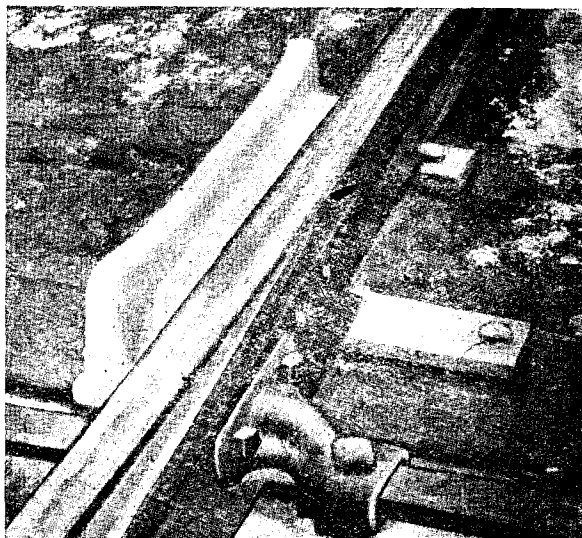
Марки крестовин	Угол крестовины	Длина остряка в м	Стрелочный угол в м	Длина крестовин в м	Радиус в м	Теоретич. длина перевода в м
1/5 . . . . .	11°25'16"	3,355	2°36'19"	2,745	60	13,1
1/6 . . . . .	9°31'38"	3,355	2°36'19"	3,050	85	14,8
1/7 . . . . .	8°10'16"	5,032	1°44'11"	3,660	120	18,9
1/8 . . . . .	7°9'10"	5,032	1°44'11"	3,965	150	20,6
1/9 . . . . .	6°21'35"	5,032	1°44'11"	4,880	190	22,0
1/10 . . . . .	5°43'29"	5,032	1°44'11"	5,032	240	23,6
1/11 . . . . .	5°12'18"	6,71	1°18'8"	5,185	290	28,1
1/12 . . . . .	4°46'19"	6,71	1°18'8"	5,642	350	29,7
1/14 . . . . .	4°5'27"	6,71	1°18'8"	6,557	500	32,7
1/15 . . . . .	3°49'6"	9,15	57'18"	6,863	550	38,4
1/16 . . . . .	3°39'47"	9,15	57'18"	7,320	620	43,0
1/18 . . . . .	3°10'56"	9,15	57'18"	8,082	800	43,0
1/20 . . . . .	2°51'51"	9,15	57'18"	8,845	1000	46,0

Отличительная особенность американских стрелочных переводов заключается в том, что остряки делают рельсового профиля и подошва рамного рельса не подвергается строжке, а остряк опирается несколько срезанной подошвой на подошву рамного рельса, что будет применяться и у нас (см. выше).

В целях предохранения остряка от износа остря в связи с ударом входящего на прижатый остряк



Черт. 151.



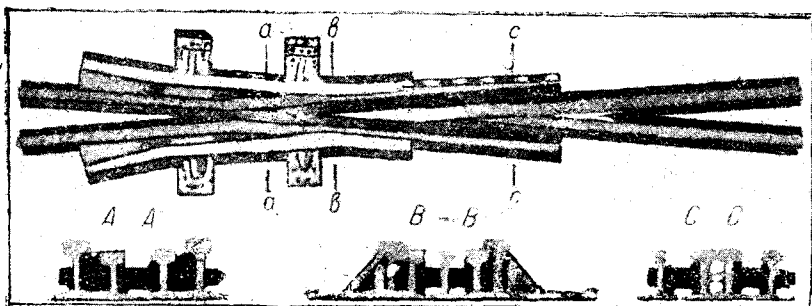
Черт. 152.

подвижного состава прибегают к постановке предохранителя (протектора).

На черт. 150 показан протектор, применяемый на американских железных дорогах, отклоняющий от остряка ребро бандажа. На черт. 151 показан в плане и разрезе другой тип протектора, расположенный снаружи рамного рельса и сдвигающий внутрь колеи наружную поверхность бандажа, вследствие чего

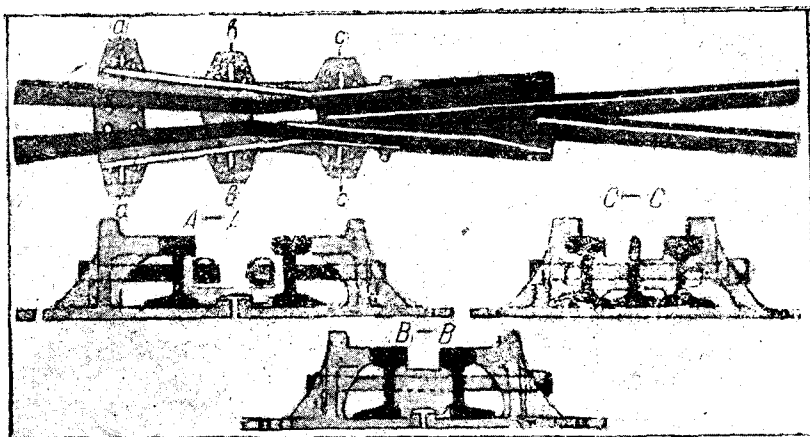
остряк также предохраняется от удара; на черт. 152 показан рисунок с устройством сбоку рамного рельса протектора.

Вместо контррельсов в США применяются крестовины с усовиками, снабженными особыми отбойными ребрами, которые направляют гребень бандажа в соответственную реборду крестовины; американцы ставят крестовины



Черт. 153.

с отбойными ребрами не только в тех случаях, когда контррельсы нельзя поставить, как, например, в путях, соединяющих веерное паровозное здание с поворотным кругом, но применяют крестовины с отбойными ребрами взамен контррельсов, считая их более экономичными и работающими не хуже контррельсов.



Черт. 154.

На черт. 153 показана сборная крестовина с рельсовыми усовиками с отбойными ребрами из рельсов. На черт. 154 показана также сборная крестовина, но отбойные ребра сделаны литыми из марганцовистой стали высокого качества. На черт. 155 показана цельнолитая крестовина тоже из стали высоко-



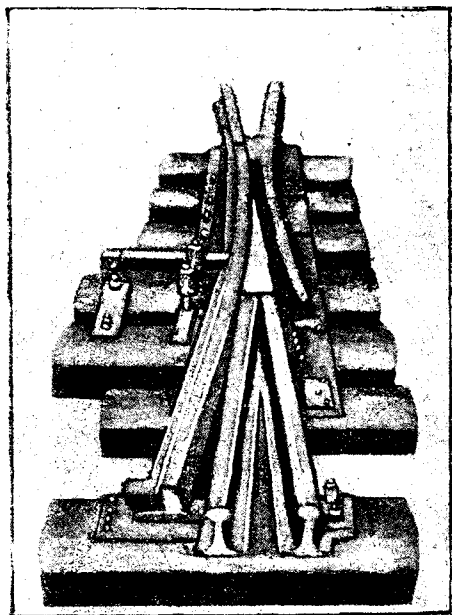
Черт. 155.

кого качества с литыми же, отлитыми в одно целое с крестовиной, отбойными ребрами.

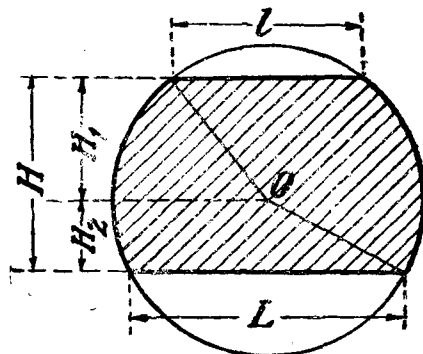
Выше, на черт. 32 и 33, показано было устройство крестовины, дающей возможность по прямому направлению проходить по рельсу; крестовина же появляется лишь для пропуска поезда по ответвленному пути, причем колеса про-

ходят, поднимаясь ребрами над рельсом основного пути. В этом случае устройство крестовины получается несколько сложным. Более простой является крестовина с одним подвижным усовиком (черт. 156). При помощи особой пружины усовик, соответствующий отклоненному пути, в нормальном положении прижат к сердечнику крестовины, поэтому по основному пути жолоба нет, и колесные скаты проходят по сердечнику и прижатому к нему усовику. При следовании на ответвляющийся или с ответвляющегося пути усовик отжимается ребрами проходящих колес. У нас предполагается также применить крестовины с подвижными усовиками.

У американцев расстояние между осями переводных брусьев делается 19—21", или 475—525 мм. Сечение переводных брусьев



Черт. 156.



Черт. 157.

7"×9" = 175 × 225 мм; наименьшая длина брусьев 9', и далее длина меняется через каждые 6", или 0,15 м.

В табл. 7 приведено по американским данным число брусьев разной длины для стрелочных переводов разных марок, показана общая длина брусьев.

Таблица 7

Длина брусьев	Марки 1/8		Марки 1/7		Марки 1/6		Марки 1/11		Марки 1/16		Марки 1/20	
	Число	Погонн. м	Число	Погонн. м	Число	Погонн. м	Число	Погонн. м	Число	Погонн. м	Число	Погонн. м
2,75	6	16,50	9	24,75	9	24,75	13	37,75	17	46,75	17	46,75
2,90	4	11,60	6	17,40	6	17,40	11	31,90	9	26,10	12	31,80
3,05	3	9,15	4	12,20	5	15,25	6	18,30	9	27,45	12	36,60
3,20	3	9,60	3	9,60	4	12,80	5	16,00	9	28,80	8	25,60
3,35	2	6,70	3	10,05	3	10,15	4	19,40	7	23,45	8	26,80
3,50	2	7,00	2	7,00	2	7,00	4	14,00	7	24,50	8	28,00
3,65	2	7,30	2	7,30	3	10,95	3	10,95	7	25,55	8	29,20
3,80	2	7,60	2	7,60	3	11,40	4	15,20	6	22,80	8	30,40
3,95	2	7,90	3	11,85	2	7,90	3	11,85	5	19,75	6	23,70
4,10	2	8,20	2	8,20	3	12,30	4	16,40	5	20,50	7	28,70
4,25	2	8,50	2	8,50	2	8,50	4	17,00	5	21,25	6	25,50
4,40	2	8,80	2	8,80	2	8,80	3	13,20	5	22,00	6	26,40
4,55	3	13,65	4	18,20	4	18,20	5	22,75	7	31,85	8	36,40
4,70	2	9,40	2	9,40	3	14,10	3	14,10	5	23,50	6	28,20
4,85	2	9,70	2	9,70	2	9,70	3	14,55	4	19,40	6	29,10
5,00	2	10,00	3	15,00	3	15,00	4	20,00	4	20,00	6	30,00
Всего.....	41	171,60	51	185,55	56	204,10	79	285,35	111	403,65	132	486,15
Средняя длина бруса	—	4,19	—	3,64	—	3,64	—	3,61	—	3,64	—	3,68

Из этой таблицы видно, что ввиду небольшого расстояния между осями (500 мм вместо 700 мм, бывших до сего времени у нас), число брусьев для марки  $1/11$  равно 79, а у нас 56 — 60 брусьев. Однако в связи с уменьшением расстояния между осями брусьев мы тоже подойдем к тому же числу, которое имеется у американцев.

У американцев 16 разных длин брусьев; если мы будем брать брусья по стандарту лесного материала меняющимися через 0,25 м, то получим брусья длиной от 2,75 до 4,75 м, или девять длин брусьев. Что касается поперечного сечения переводных брусьев, то их надо стандартизировать и не считать необходимым делать их прямоугольного сечения. Для определения диаметра бревна, из которого надо выпилить брус, должны быть даны ширина верхней постели ( $l$ ), ширина нижней постели ( $L$ ) и толщина бруса  $H$  (черт. 157), и тогда получим, называя через  $O$  центр сечения бревна и через  $2R$  — диаметр:

$$R^2 = \left(\frac{l}{2}\right)^2 + H_1^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + H_2^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + (H - H_1)^2. \quad (2)$$

Из уравнения (2) находятся  $R$  и  $H_1$ :

$$H_1 = \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2 + H^2}{2H} - \frac{H}{2} + \frac{L^2 - l^2}{8H}. \quad (3)$$

Пусть  $l = 150$  мм,  $L = 225$  мм и  $H = 175$  мм, тогда  $H_1 = 107$  мм и  $H_2 = 68$  мм и  $R = 131$  мм, или диаметр около 26 см.



## Г Л А В А II

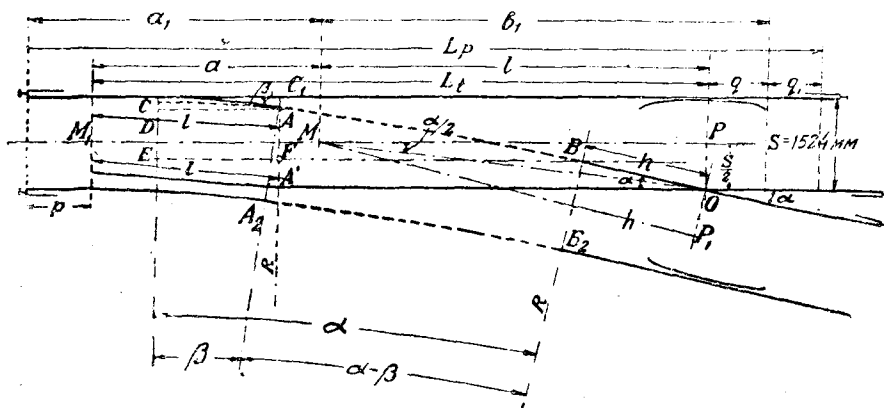
### РАСЧЕТ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

В этой главе рассмотрены стрелочные переводы обыкновенные, симметричные, несимметричные и расположенные на кривых. Стрелочный перевод представляет собою разветвление одного пути на два. Так как применение криволинейного остряка уменьшает длину стрелочного перевода, то приведены также расчеты с применением криволинейных остряков.

#### § 9. Обыкновенный одиночный стрелочный перевод с прямолинейными остряками

Перевод (черт. 158) состоит из трех частей: остряков  $l$ , направляющих поезд на главный путь или ответвление, крестовины  $O$  и переводной кривой  $AB$ .

Величинами заданными считаются коэффициент крестовины, тип рельса, длина остряка и нормальная длина рельса.



Черт. 158.

Стрелочный угол  $\beta$  и длины  $n$  и  $q$  хвостов крестовины<sup>1</sup> считаются заданными.

Определить надо величину радиуса переводной кривой  $R$ ; значение  $h$  берем равным длине  $n$  хвоста крестовины; часто  $h$  бывает более  $n$ . Затем мы предполагаем, что переводная кривая начинается у корня остряка  $A$  и кончается у начала крестовины  $B$ .

На черт. 158 линиями изображены рабочие канты рельсов. От точки  $A$ —начала кривой радиуса  $R + \frac{s}{2}$ , где  $s$ —ширина колеи, продолжаем кривую влево на угол  $\beta$ ; пусть центр кривой будет в точке  $O_1$ <sup>2</sup>: опуская из центра перпенди-

<sup>1</sup> Определение длины хвостов крестовин приведено в параграфе о крестовинах.

<sup>2</sup> Тогда  $CO_1$ ,  $AO_1$  и  $BO_1$  сходятся в центре кривой радиуса  $R + \frac{s}{2}$ .

куляр на продольную ось пути, получим  $O_1C = O_1A = O_1B = R + \frac{s}{2}$ ; проводим  $AD \perp O_1C$  и  $BE \perp O_1C$ , далее  $AF \perp BE$  и  $AD = EF$ ; тогда, проектируя наружную нитку  $OBAC$  на вертикаль, получим  $s$  и далее:

$$s = C_1A + AF + FA' = C_1A + DE + FA' = C_1A + DO_1 - EO_1 + FA'. \quad (1)$$

Далее из  $\triangle DAO_1$  и  $\triangle EBO_1$  получим:

$$DO_1 = \left(R + \frac{s}{2}\right) \cos \beta \quad \text{и} \quad EO_1 = \left(R + \frac{s}{2}\right) \cos \alpha;$$

кроме того:

$$C_1A = l \sin \beta \quad \text{и} \quad FA' = h \sin \alpha;$$

вставляя в ур-ние, получим:

$$s = l \sin \beta + \left(R + \frac{s}{2}\right) (\cos \beta - \cos \alpha) + h \sin \alpha; \quad (1')$$

откуда будем иметь:

$$R + \frac{s}{2} = \frac{s - l \sin \beta - h \sin \alpha}{\cos \beta - \cos \alpha} \quad (2)$$

Вставляя  $h = n$ , получим  $R + \frac{s}{2}$ . Для того, чтобы выяснить, какой длины рельсы уложить на дуге  $AB$ , определяем ее длину:

$$AB = \frac{\pi \left(R + \frac{s}{2}\right) (\alpha - \beta)}{180^\circ},$$

где  $\alpha - \beta$  выражено в градусах. Дуга должна быть уложена рельсами не свыше нормальной длины и урубками. Так как в правой части ур-ния (2) все величины заданы и меняться может только  $h$  и оно может только увеличиваться, т. к.  $h$  взято минимальным, равным  $n$ , то  $R + \frac{s}{2}$  может только уменьшаться, или из ур-ния (3) имеем, что длину дуги можно только уменьшать. Если дуга  $AB$  в зависимости от удобства выбора длины урубки уменьшена, то получим новое значение  $R_n + \frac{s}{2}$  и из ур-ния (2) определим действительную величину  $h$ .

Выбрав  $N_1$  звеньев длины  $l_1$  и  $N_2$  звеньев длины  $l_2$  с таким расчетом, чтобы сумма их длины была близка к длине  $AB$ , мы будем иметь<sup>1</sup>:

$$\cup AB = N_1 l_1 + N_2 l_2 + (N_1 + N_2 + 1) \delta,$$

где  $\delta$  — величина зазора, принимаемая в 8 мм.

По этой окончательной длине  $AB$  определяем из ур-ния (2) исправленное значение  $R_n$  по формуле:

$$R_n = \frac{AB}{\pi} \cdot \frac{180^\circ}{\alpha - \beta} - \frac{s}{2}. \quad (3)$$

Затем окончательная длина  $h$  прямой вставки определится из ур-ния (1), в которое вместо  $R$  надо вставить значение  $R_n$ :

$$h = \frac{s - l \sin \beta - \left(R_n + \frac{s}{2}\right) (\cos \beta - \cos \alpha)}{\sin \alpha}. \quad (4)$$

Теоретическая длина перевода  $L_t$  от острия пера до математического центра крестовины равна:

$$L_t = l \cos \beta + \left(R_n + \frac{s}{2}\right) (\sin \alpha - \sin \beta) + h \cos \alpha. \quad (5)$$

<sup>1</sup> Обычно получается  $N_1 = 1$  и  $N_2 = 1$ , т. е. на кривой получаются один нормальный рельс и один урубок.

Из черт. 158 видно, что горизонтальная проекция кривой  $AB$  равна  $FB$ , и будем иметь из  $\triangle DAO_1$  и  $EBO_1$ :

$$FB = EB - EF = \left( R + \frac{s}{2} \right) (\sin \alpha - \sin \beta).$$

Длина от начала рамного рельса до конца крестовины  $= L_p$ , должна быть по возможности кратной рельсов нормальной длины (необходимо это потому, чтобы после снятия стрелочного перевода в путь можно было уложить рельсы нормальной длины), так что:

$$L_p = Nl_0 + (N-1) \delta = L_t + p + q + q',$$

где:  $N$  — число рельсов нормальной длины;

$l_0$  — длина нормального рельса;

$\delta$  — зазор (8 мм),

$L_t$  — теоретическая длина перевода;

$p$  — расстояние между началом рамного рельса и острием пера, принимаемое равным полуторастыковому пролету 0,7—1 м;

$q$  — длина хвоста крестовины;

$q'$  — урубок рельса за крестовиной, длиной не менее 3 м, который ставится ради выполнения условия кратности  $L_p$  от рельсов нормальной длины. В частном случае  $q'$  может равняться нулю.

Дуга по внутренней нитке будет короче, т. к. радиус ее  $R - \frac{s}{2}$ , разница длины наружной и внутренней, или укорочение рельса, равна:

$$\frac{\pi \left( R + \frac{s_1}{2} \right) (\alpha - \beta)}{180^\circ} - \frac{\pi \left( R - \frac{s_1}{2} \right) (\alpha - \beta)}{180^\circ} = \frac{\pi s_1 (\alpha - \beta)}{180^\circ} = 0,028 (\alpha - \beta)$$

и для миллиметров:

$$28 (\alpha - \beta), \quad (6)$$

где  $\alpha - \beta$  в градусах, а  $s_1$  представляет расстояние между осями рельсов.

Расстояние от острия нижнего прижатого острья до точки  $O$  равно  $L_t$  и оно будет короче длины  $CABO$ , которая равна:

$$l + \left( R + \frac{s}{2} \right) \pi \frac{\alpha - \beta}{180^\circ} + h + (N+1) \delta, \quad (7)$$

$$L_t = l + h + A'B' + (N+1) \delta. \quad (8)$$

Укорочение одного из рельсов на прямой  $A'B'$  равно: ]

$$\pi \left( R + \frac{s}{2} \right) \left( \frac{\alpha - \beta}{180^\circ} \right) - A'B' = \frac{\pi \left( R + \frac{s}{2} \right) (\alpha - \beta)}{180^\circ} - [L_t - l + h + (N+1) \delta], \quad (9)$$

где  $N$  — число рельсов на кривой  $AB$ .

Разбивка переводной кривой. Продолжим (черт. 159) кривую по линии рабочего канта влево на угол  $\beta$ ; тогда будем иметь  $a_1b \perp$  рамному рельсу;  $ab \perp a_1b$ :

$$ab = \left( R + \frac{s}{2} \right) \sin \beta; \quad av = R + \frac{s}{2} - Oa = \left( R + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \beta). \quad (10)$$

Проведем касательную к точке  $b$  кривой, тогда:

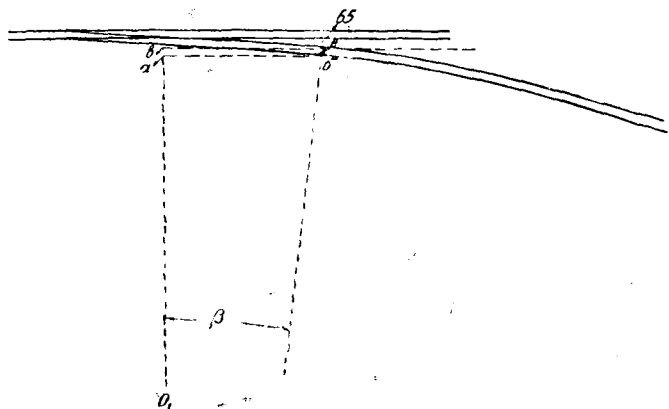
$$eb = av = \left( R + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \beta);$$

расстояние этой прямой от рабочего канта рамного рельса будет равно:

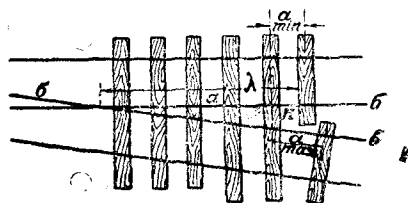
$$t + v - \left( R + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \beta). \quad (11)$$

<sup>1</sup>  $A'B'$  представляет горизонтальную проекцию кривой  $AB$ .

Разбивку кривой можно производить через каждые 5 м от точки *б* или от точки *е*. К вычисленным по таблицам ординатам при разбивке от рабочего канта рамного рельса надо прибавлять величину, определяемую по ур-нию (11). Если разбивку производить от теоретического начала кривой, то, откладывая по рамному рельсу влево длину *аб*, будем от полученной точки разбивать кривую через каждые 5 м. Если разбивку производить от точки *е*, то надо вычислить ординаты для абсцисс *аб + 5*, *аб + 10* и т. д. и откладывать от *е* абсциссы 5, 10 и т. д. метров.



Черт. 159.



Черт. 160.

Будем иметь для определения углов <sup>1</sup> для абсцисс в 5, 10 м и т. д.

$$\sin \beta_5 = \frac{ab + 5}{R + \frac{s}{2}}, \quad \sin \beta_{10} = \frac{ab + 10}{R + \frac{s}{2}} \text{ и т. д.}$$

Ординаты будут равны:

$$\begin{aligned} \left(R + \frac{s}{2}\right) (1 - \cos \beta_5) + t + v &= \left(R + \frac{s}{2}\right) (1 - \cos \beta) = \\ &= \left(R + \frac{s}{2}\right) (\cos \beta - \cos \beta_5) + t + v \end{aligned}$$

и далее:

$$\left(R + \frac{s}{2}\right) (\cos \beta - \cos \beta_{10}) + t + v \text{ и т. д.} \quad (12)$$

Здесь *t* — расстояние между головками рамного рельса и остряка в корне последнего.

Переводные брусья. Поперечное сечение переводных брусьев для перевода делается одного или двух типов. Брусья более широкие (постельные) кладутся под крестовиной, и в корне остряка, в прочих местах сечение более слабое. Для второго типа сечение 17 · 20 см, для первого 17,5 · 22,5 см или 20 · 22,5 см, причем брусья кладутся плашмя. Под остряком длина брусьев = 2,75 м, кроме двух брусьев, необходимых для переводного механизма, длина коих равна примерно 4,5 м. Затем длина брусьев увеличивается на 0,25 м таким образом, что получаются брусья длиной в 2,75, 3,00, 3,25 м и т. д. Каждый переводной брус должен выступать из-за внутренней грани головки рельса минимум на величину =  $\frac{2,75 - 1,524}{2} = 0,613$  м.

Так как разница длин 0,25 м, то когда выступ снижается до  $0,613 - \frac{0,25}{2} = 0,49$  м, ставят брус с выступом  $0,49 + 0,25 = 0,74$  м и следующую длину бруса ставят, когда опять выступ снизится до 0,49 м.

Переводные брусья (черт. 160) укладываются на протяжении всего перевода нормально либо к первоначальному направлению на протяжении от остряка до хвоста *а* крестовины, либо нормальная укладка идет лишь до хвоста *б* крест-

<sup>1</sup> Так как здесь не имеет значения разбивка через каждые 5 м по кривой, то 5 м берутся для абсцисс.

стовины, далее же брусья переходят на направление нормальное к биссектрисе крестовины. За хвостом  $a$  крестовины укладывается несколько брусьев общих для главного пути и ответвления, а затем укладываются обыкновенные шпалы для каждого пути отдельно; крайняя шпала на прямом пути должна отстоять на таком расстоянии  $a_{\min}$  от соседнего бруса, чтобы крайняя шпала на ответвленном пути отстояла на расстоянии  $a_{\max}$  от ближайшего бруса, причем расстояние  $a_{\max}$  не должно превышать наибольшего принятого расстояния между осями шпал.

Из черт. 160 видно, что отдельные брусья можно ставить там, где выступ бруса не заходит за наружный рельс в нижнем пути.

Расстояние от рабочего канта рельса  $b$  до рабочего канта рельса  $v$  равно

$$\lambda \operatorname{ctg} \alpha,$$

если брус не должен заходить за подошву рельса  $v$ , то расстояния между рабочими кантами будут:

$$\lambda = \left(0,613 + \frac{b+v}{2}\right) \operatorname{ctg} \alpha \quad \text{или} \quad \lambda = \frac{1,226 + b + v}{2} \operatorname{ctg} \alpha. \quad (13)$$

Длина брусьев, проходящих через оба пути в этом месте, будет, учитывая, что выступ бруса может быть на 0,125 м короче нормального:

$$2,75 - 0,125 + \frac{b+v}{2} + 2,75 - 0,613 = 4,762 + \frac{b+v}{2}, \quad (14)$$

или 4,75 и не более 5 м, и получим брусья длиной: 2,75, 3,00, 3,50, 3,75 и т. д. до 4,75 или 5,00 м, а всего 9—10 стандартных длин.

На черт. 161 приведена эпюра стрелочного перевода марки 1:11 для пропуска паровозов с нагрузкой на ось до 23 т. Наименьшая длина брусьев принята в 3 м; наибольшее расстояние между осями брусьев в пределах стрелочного перевода 550 мм.

В пределах крестовины 5 брусьев длиной 4,25 м и 5 брусьев длиной 4,5 м расположены нормально к продольной оси крестовины. Расстояние между осью крайнего левого бруса длиной в 4,25 м и осью смежного с ним бруса в 4,00 м равно вверху 534 мм, а внизу 511 мм. Точно так же между крайним правым брусом длиной в 4,5 м и смежным с ним брусом в 4,75 м равно вверху 545 мм и внизу 565 мм.

На черт. 162 на эпюре № 2 показано расположение брусьев для переводов с нагрузкой на ось до 18 т.

Расстояние между осями брусьев не превышает 690 мм; по эпюре № 2 всего требуется 60 брусьев, по эпюре № 1 — 69 брусьев.

Пример. Ширина головки остряка и рельса = 53,5 мм.

Ширина подошвы рельса 100 мм.

Крестовина имеет  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$  и  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ .

Длина остряка  $l = 5$  м; нормальная длина рельсов 12,5 м.

$$\sin \beta = \frac{53,5 + 65}{5000} = 0,0237 \quad \text{и} \quad \beta = 1^\circ 21' 28''.$$

Необходимые для дальнейших вычислений элементы углов таковы:

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= 0,11043; & \sin \beta &= 0,02370; \\ \cos \alpha &= 0,993884; & \cos \beta &= 0,99972; \\ \sin \frac{\alpha}{2} &= 0,55301; & \sin \frac{\beta}{2} &= 0,01185. \\ \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} &= 0,05539. \end{aligned}$$

Длины хвостов крестовин будут по приближительной формуле:

$$n = (100 - 53,5 + 50) \cdot 9 + 300 = 1169 \text{ мм, принимаем } 1,3 \text{ м,}$$

$$q = (100 + 53,5 + 50) \cdot 9 + 300 + 2132 \text{ мм, принимаем } 2,3 \text{ м,}$$

наименьшая длина крестовины = 1,3 + 2,3 = 3,6 м.

Вставляя в вышеприведенное уравнение значение  $n$ , получим:]

$$s = 1,524 = 5 \cdot 0,0237 + \left(R + \frac{s}{2}\right) \cdot 0,005836 + 0,11043 \cdot 1,3 \quad \text{и} \quad R = 216,25 \text{ м.}$$

$$\text{Дуга } AB = \left(216,25 + \frac{s}{2}\right) \frac{\alpha - \beta}{180^\circ} = \frac{\pi \cdot 217,01 \cdot 4,9825}{180^\circ} = 18,868 \text{ м.}$$

Три зазора по 8 мм = 24 мм и длина рельсов 18,844. Один рельс берем нормальной длины в 12,5 м, а другой — в 6,344 м.

Теоретическая длина перевода:

$$L_t = l \cos \beta + \left(R + \frac{s}{2}\right) (\sin \alpha - \sin \beta) + h \cos \alpha = 5 \cdot 0,99372 + 217,01 \cdot 0,03373 + 1,3 \cdot 0,993884 = 25,112 \text{ м.}]$$

Принимая  $p = 0,9$  и  $q = 2,3$  м;

$$Z_p = 0,9 + 25,112 + 2,3 = 28,312 \text{ м.}$$

Для кратности (3 рельса по 12,5 м) пришлось бы делать довольно большой урубок  $q'$ .

Укорочение внутренней кривой будет равно:

$$0,0279 (6^\circ 20' 25'' - 1^\circ 21' 28'') = 0,139 \text{ м.}$$

Укорочение рельса на прямой = 18,844 — (25,112 — 5 — 1,3 — 0,024) = 0,056 м, или длина рельса — 6,344 — 0,056 = 6,288 м.

Уширение при входе на стрелку = 3600 · 0,01885 — 30 = 13 м.

Ход остряка = 65 + 53,5 + 13 = 131,5 м.

Для разбивки кривой имеем:

$$ab = \left(R + \frac{s}{2}\right) \sin \beta = 217,01 \cdot 0,0237 = 5,14 \text{ м.}$$

В таблице 8 приведены данные для углов  $\beta_5, \beta_{10}, \beta_{15}$  и величины ординат, считая от рабочего канта рамного рельса.

Таблица 8

Для абсцисс в м	$\sin \beta_n$	$\beta_n$	$\cos \beta_n$	$\cos \beta - \cos \beta_n$	Ординаты $\left(R + \frac{s}{2}\right) (\cos \beta - \cos \beta_n) + 65 + v$
5	0,046723	2°40'42"	0,998903	0,000812	0,295
10	0,069770	4°0'3"	0,997563	0,002157	0,587
15	0,092811	5°19'31"	0,995684	0,004036	0,994
18,8 <sup>1</sup>	0,110322	6°20'2"	0,993396	0,005824	1,382

Разбивка по осям. Точка  $M$  (черт. 158) — пересечение осей путей. Из  $\triangle MOP$  и  $\triangle MOP_1$  имеем:

$$MP = b = \frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \quad (15)$$

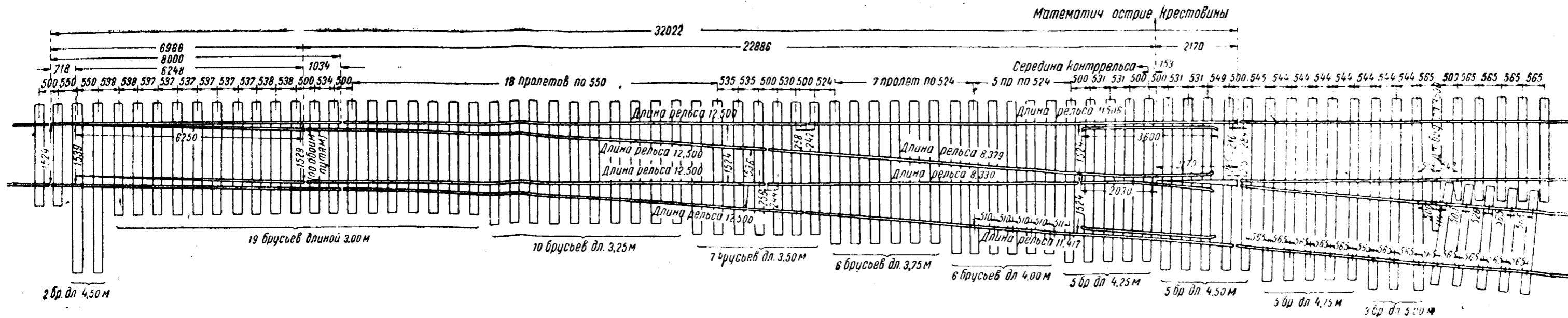
$$MM = L_t - \frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = a, \quad (16)$$

$$a + p = a_1 \quad \text{и} \quad b + q = b_1;$$

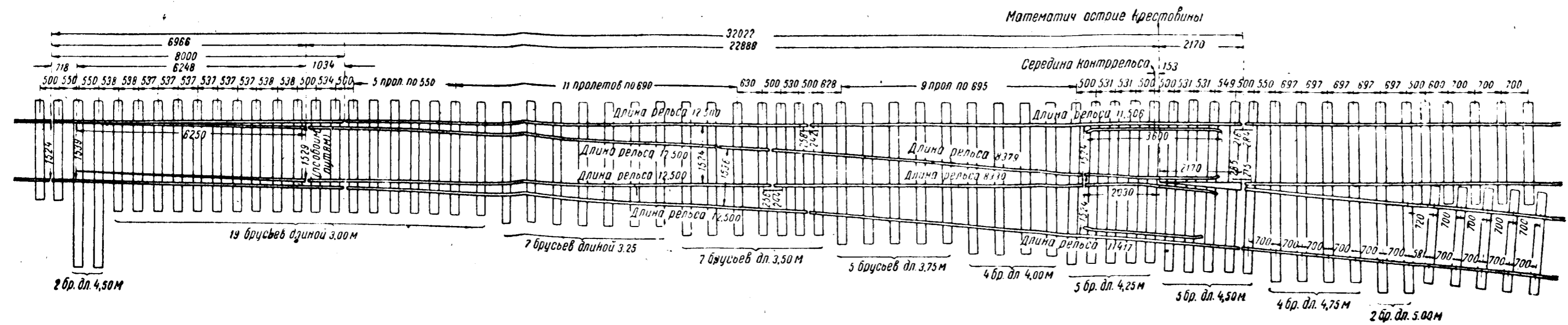
следовательно

$$L_t = a + b \quad \text{и} \quad L_p = q_1 + b_1.$$

<sup>1</sup> Точка вблизи конца, для коей  $\beta_n$  должно быть менее 6°20' 25''.



Черт. 161. Эюра № 1 для пропуска паровозов с нагрузкой на ось до 23 т.



Черт. 162. Эюра № 2 для пропуска паровозов с нагрузкой на ось до 18 т.

Длина брусьев в м	Количество брусьев штук	
	Эюра № 1	Эюра № 2
3.00	19	19
3.25	10	7
3.50	8	7
3.75	6	5
4.00	6	4
4.25	5	5
4.50	7	7
4.75	5	4
5.00	3	2
Всего брусьев шт.	60	60
Всего погонных метров	215,50	220,75

Центр предельного столбика (для участков вновь строящихся железных дорог и для участков железных дорог, переустраиваемых по габариту № 2) должен быть расположен от оси каждого из путей на 2 м, следовательно, предельный столбик отстоит от пересечения оси путей на:

$$2 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (17)$$

или, принимая, ввиду малости углов  $\alpha$ , величину  $\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$  равной  $2 \operatorname{ctg} \alpha$ , получим:

$$[2 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = 4 \operatorname{ctg} \alpha. \quad (18)$$

Расстояние оси предельного столбика от центра крестовины будет:

$$2 \left[ 2 - \frac{s}{2} \right] \operatorname{ctg} \alpha = [4 - s] \operatorname{ctg} \alpha. \quad (19)$$

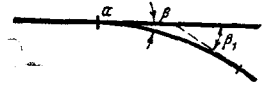
### § 10. Применение криволинейных остряков и крестовин с одним криволинейным рабочим кантом сердечника

Прямолинейный остряк имеет следующие отрицательные стороны:

1) колесный скат встречает остряк под углом  $\beta$ , равным стрелочному углу; величина этого угла доходит до  $1^{\circ}30'$ . Идя против шерсти стрелки, колесный скат ударяет в остряк, причем сила удара, пропорциональная  $\sin^2 \beta$ , довольно значительна;

2) так как переводная кривая начинается у корня остряка и кончается у крестовины, то длина всего перевода значительна.

В криволинейном остряке угол, под которым колесный скат встречает остряк, не есть постоянная величина на протяжении данного криволинейного остряка; если бы острие пера было в точке  $a$  (черт. 163) касательно к рамному рельсу, а касательная к рабочему канту остряка в корне составляла бы с рамным рельсом угол  $\beta_1$ , то угол удара при прохождении колеса по остряку изменялся бы от 0 до  $\beta_1$ , и сила удара при входе на стрелку равнялась бы нулю. Ввиду необходимости острожки пера остряка, делать его в точке  $a$  касательным к рамному рельсу не представляется возможным по конструктивным соображениям, поэтому касательная к острию пера составляет с рамным рельсом некоторый угол, называемый *начальным углом*, величина коего колеблется от  $20'$  до  $1^{\circ}$ , и поэтому сила удара при таком значении начального угла всегда меньше, чем у прямолинейного остряка, стрелочный угол коего всегда более  $1^{\circ}$ .



Черт. 163.

Остряку и переводной кривой придается по возможности одна и та же кривизна. Так как угол  $\beta_1$ , составленный касательной к корню остряка с рамным рельсом, больше стрелочного угла прямолинейного остряка, то длина всего перевода при применении криволинейного остряка получается короче.

Как на отрицательную сторону криволинейных остряков, следует указать: 1) каждый криволинейный остряк может служить лишь для ответвления „вправо“ или „влево“, между тем как прямолинейные остряки применимы для тех и других ответвлений; 2) величина хода криволинейного остряка всегда больше прямолинейных. У нас, в связи с необходимостью иметь левые и правые, что вызывает затруднения запаса стрелок, в настоящее время применение криволинейных остряков признано нецелесообразным.

Называя через:

$\beta$  — начальный угол остряка;

$n$  — длину хвоста крестовины, равную  $(b - v + 50) \operatorname{ctg} \alpha$ ,



$R + \frac{s}{2}$  — радиус наружной нитки переходной кривой, начинающейся у острья пера и кончающейся у хвоста крестовины;

$L_t$  — теоретическую длину стрелочного перевода,

будем иметь (черт. 164), проектируя  $ABO$  на вертикаль:

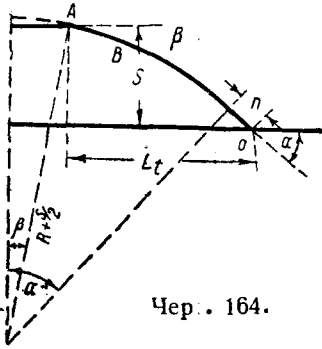
$$s = n \sin \alpha + \left(R + \frac{s}{2}\right) (\cos \beta - \cos \alpha), \quad (1)$$

а проектируя  $ABO$  на горизонталь, получим:

$$L_t = n \cos \alpha + \left(R + \frac{s}{2}\right) (\sin \alpha - \sin \beta). \quad (2)$$

Из ур-ния (1) имеем:

$$R + \frac{s}{2} = \frac{s - n \sin \alpha}{\cos \beta - \cos \alpha}. \quad (3)$$



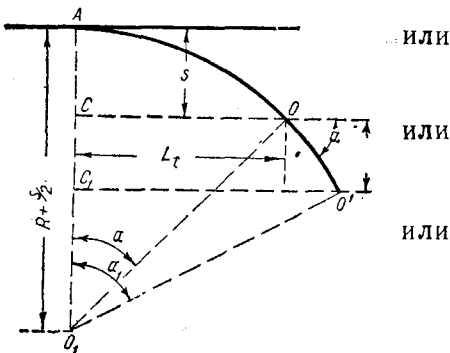
В таблице 9 показаны для разных значений  $\operatorname{tg} \alpha$  для рельсов III-а ( $b = 110$  мм и  $v = 60$  мм и  $n = (110 + 50 - 60) \operatorname{ctg} \alpha = 0,1 \operatorname{ctg} \alpha$  и для разных значений начальных углов величины  $n$ ,  $R + \frac{s}{2}$  и  $L$ .

Таблица 9

$\operatorname{tg} \alpha$	$n$ в м	$\beta$	$\cos \beta$	$\sin \beta$	$\alpha$	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	$R + \frac{s}{2}$	$L$
$1/11$	1,4	40'	0,999932	0,011635	5°11'40"	0,995893	0,09054	346 м	28,17
$1/9$	1,2	50'	0,999894	0,014544	6°20'25"	0,993884	0,110436	232 м	24,55
$1/8$	1,1	1°	0,999848	0,017452	7°7'30"	0,992278	0,124035	183 м	20,60
$1/7$	1,0	1° 20'	0,999729	0,023969	8°7'50"	0,989949	0,141429	142 м	17,78

Спроектированные за последнее время типы стрелочных переводов имеют теоретический начальный угол равным нулю, и кривая проходит по крестовине и за крестовину.

Задаваясь теми же углами, что и в приведенной таблице для центра крестовины, получим (черт. 165) из  $\triangle OCO_1$ :



$$O_1C = O_1O \cos \alpha,$$

$$R - \frac{s}{2} = \left(R + \frac{s}{2}\right) \cos \alpha,$$

$$R(1 - \cos \alpha) = \frac{s}{2}(1 + \cos \alpha). \quad (4)$$

$$R = \frac{s(1 + \cos \alpha)}{2(1 - \cos \alpha)} = \frac{s}{2} \operatorname{ctg}^2 \frac{\alpha}{2}. \quad (5)$$

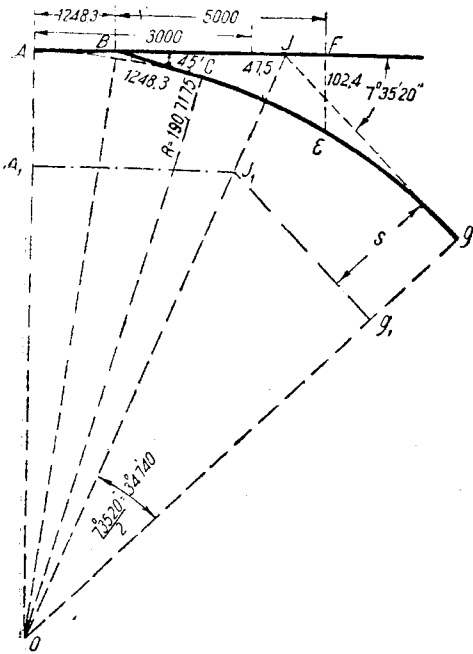
$$L_t = \left(R + \frac{s}{2}\right) \sin \alpha. \quad (6)$$

Типовые стрелочные переводы Германии спроектированы по образцу черт. 165, причем для марки перевода в 1:7,5 принят радиус по оси пути в 190 м или для рабочего канта наружного рельса 190,7175 м (где 0,7175 м равно половине ширины колеи в 1,435 м), для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$  принят  $R = 300$  м и для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/11$  принят  $R = 500$  м.

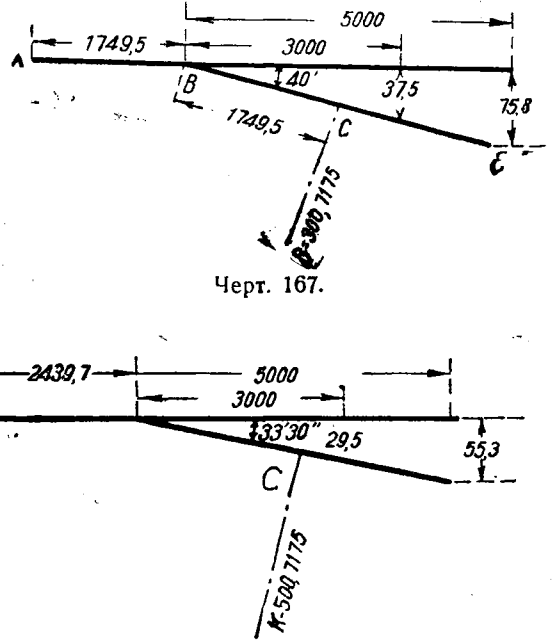
На черт. 166—168 в точках А—начала кривых острьяки длиной 5 м предположены в виде прямых со стрелочными углами в 45', 40' и 33'30" на протя-

жении 1248,3 мм, 1749,5 мм и 2439,7 мм. От точек, идут кривые, которые проходят по крестовине и за крестовину. На черт. 166 прямая часть остряка длиной  $BC$ ; длина остряка, идущего по кривой, равна  $BE = BC$ :

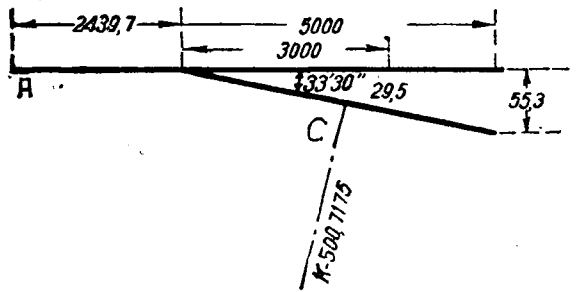
$$\angle AOB = \angle AOC = \frac{45'}{2} = 22'30'' \text{ и } AB = BC = R \operatorname{tg} 22'30'' = \\ = 190,7175 \cdot 0,006545 = 1248,3 \text{ мм,}$$



Черт. 166.



Черт. 167.



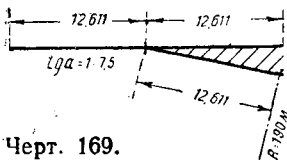
Черт. 168.

т. е. острое остряка отходит от касательной на 1248,3 мм и той же длине равна прямая часть остряка  $BC$ . Пусть угол крестовины (черт. 166) в ее острие равен  $\operatorname{tg} \alpha = 1:7,5$  и  $\alpha = 7^\circ 35' 20''$ , тогда из черт. 166 будем иметь:

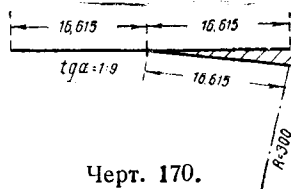
$$AI = IG = \left( R + \frac{s}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (7)$$

Длины касательных, отнесенные к осям пути, будут равны (черт. 166 и 169):

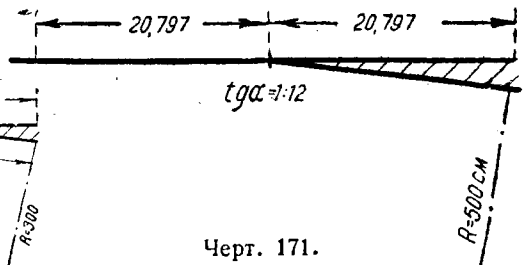
$$A_1 I_1 = I_1 G_1 = 190 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 190 \operatorname{tg} 3^\circ 47' 40'' = 12,611 \text{ м.}$$



Черт. 169.



Черт. 170.



Черт. 171.

На черт. 167 показано расположение остряка и основные размеры для стрелочного перевода марки 1:9 при радиусе  $R = 300$  м; на черт. 170 показаны длины касательных по оси пути для  $\operatorname{tg} \alpha = 1:9$ . Черт. 171 дает те же данные для  $\operatorname{tg} \alpha = 1:12$ .

Так как кривая может заходить за центр крестовины, то угол поворота ответвляющегося пути может еще увеличиться.

Пользуясь ур-ниями (5) и (6), мы можем для разных углов центра крестовины (причем одна грань сердечника идет по кривой) определить  $R$  и длины  $L_1$ .

В таблице 10 приведены данные для  $R$  и  $L_s$  для разных величин  $\operatorname{tg} \alpha$  для нашей колеи. Из данных таблицы видно, насколько целесообразно применять криволинейные остряки и крестовины, расположенные одним своим рабочим кантом на кривой, имея в виду увеличение радиуса переводной кривой или уменьшение длины  $L_s$ .

Таблица 10

$\operatorname{tg} \alpha$	$\alpha$	$\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$	$R$	$\sin \alpha$	$L_s$
$\frac{1}{14}$	$4^\circ 5' 10''$	28,03	599	0,071255	41,73
$\frac{1}{13}$	$4^\circ 23' 55''$	26,04	517	0,076694	39,71
$\frac{1}{12}$	$4^\circ 45' 50''$	24,04	440	0,08305	36,61
$\frac{1}{11}$	$5^\circ 11' 40''$	22,04	370	0,090536	33,57
$\frac{1}{9}$	$6^\circ 20' 25''$	18,05	248	0,110434	27,47
$\frac{1}{8}$	$7^\circ 7' 30''$	16,06	197	0,124035	24,53
$\frac{1}{7}$	$8^\circ 7' 50''$	14,07	151	0,141429	21,46

Так как кривые радиуса  $R$  заходят за центр крестовины, то угол  $\alpha$  в конце кривой будет больше.

Так, например, если конец кривой оканчивается на 1 м ниже центра кривой (черт. 165), то из  $\triangle O_1O'C$  будем иметь:

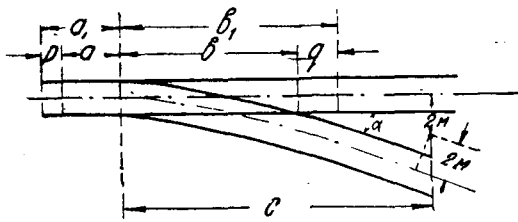
$$O_1C_1 = O_1O' \cos \alpha_1 \quad \text{или} \quad \cos \alpha_1 = \frac{O_1C_1}{O_1O'} = \frac{R - \frac{s}{2} - 1}{R + \frac{s}{2}} \quad (8)$$

Для  $\alpha = 5^\circ 11' 40''$  получим

$$\cos \alpha_1 = \frac{340 - 0,762 - 1}{340,762} = \frac{338,238}{340,762} = 0,990495 \quad \text{и} \quad \alpha_1 = 7^\circ 54' 22''.$$

### § 11. Расположение стрелочных переводов при вычерчивании их по осями. Примеры вычерчивания путей и стрелочных переводов по осям

На черт. 172 приведены основные размеры  $a$ ,  $b$ ,  $a_1$ ,  $b_1$  и  $c$  стрелочных переводов при разбивке их по осям; вместо этих обозначений в зависимости от типа стрелочных переводов должны быть вставлены соответственные размеры.



Черт. 172.

В нижеприведенных примерах приняты размеры, приведенные в таблице 11.

На черт. 173 показано расположение двух стрелок, лежащих на одну сторону пути I—I. Расстояние между стрелками должно быть никак не менее  $2p$ , где  $p$  — величина выступа рамного рельса из-за остряка. Обычно между этими выступами укладывается рельс

нормальной длины, если только нет большого стеснения в длине станционной площадки. Расстояние между точками пересечения ответвляющихся путей II и III с осью пути I равно  $2a_1$ . На черт. 174 пути II и III ответвляются в разные стороны.

Таблица 11

Размеры основных элементов стрелочных переводов

$\operatorname{tg} \alpha$	$a$	$b$	$p$	$q$	$a_1$	$b_1$	$c$
$\frac{1}{11}$	12,00	16,80	0,84	2,7	12,84	19,50	45
$\frac{1}{9}$	11,36	13,76	0,84	2,38	12,20	16,14	37

На черт. 175 показано последовательное расположение на наименьшем расстоянии двух стрелочных переводов для путей II и III, ответвляющихся в разные стороны.

Стрелка пути III может быть расположена непосредственно за хвостом крестовины, и расстояние между точками пересечения осей или между стрелками будет равно  $L_p$ .

На черт. 176 показано ответвление от основного пути I двух путей II и III в одну сторону. Расстояние между путями II и III должно быть задано и обычно равно  $5,3 \text{ м}^1$ . Если марка крестовин ответвляющихся путей II и III =  $\text{tg } \alpha$  и расстояние между осями путей  $e$ , то расстояние между точками пересечения осей путей II и III с осью пути I будет равно:

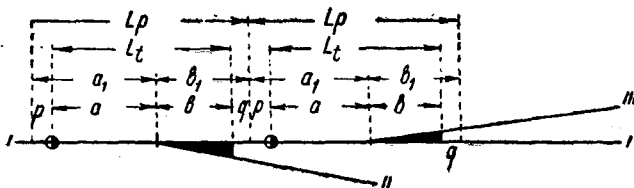
$$\frac{e}{\sin \alpha}, \quad (1)$$

и между хвостом крестовины левой стрелки и выступом рамного рельса кривой стрелки будет прямая вставка  $x$ , длина которой равна:

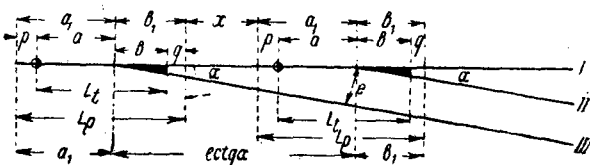
$$x = \frac{e}{\sin \alpha} - b_1 - a_1 = \frac{e}{\sin \alpha} - L_p. \quad (2)$$

Пример. Пусть  $e = 5,3 \text{ м}$ ,  $\text{tg } \alpha = 1/11$ ,  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$  и  $\sin \alpha = 0,1104$ , согласно таблице 11,  $L_p = a_1 + b_1 = 28,34 \text{ м}$ , тогда:

$$x = \frac{5,3}{0,1104} - 28,34 = 48,01 - 28,34 = 19,67 \text{ м}.$$



Черт. 175.

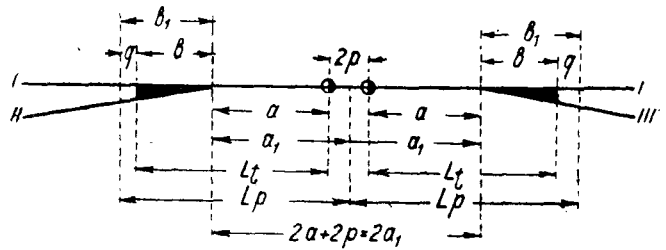


Черт. 176.

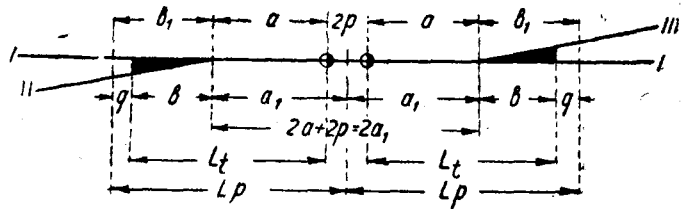
Пример. Пусть  $e = 5,3 \text{ м}$ ,  $\text{tg } \alpha = 1/11$  и  $a_1 = 12,84 \text{ м}$ , тогда:

$$L = 2 \cdot 12,84 + 5,3 \cdot 11 = 83,98 \text{ м}.$$

На черт. 178 показана простейшая стрелочная улица, в которой наклонный путь, идущий под углом  $\alpha$ , и представляет собой стрелочный путь или стрелочную



Черт. 173.



Черт. 174.

На черт. 177 показано соединение двух параллельных путей с расстоянием между осями  $e$ ; пути соединены переходом. При марке крестовины  $\text{tg } \alpha$ , расстояние между точками пересечения путей I и III съездом (или переходом) III равно  $e \text{ ctg } \alpha$ . От точек пересечения на I пути влево, а на пути II вправо стрелочный перевод займет длину  $a_1$ , и всего длина съезда  $L$  будет равна:

$$L = 2a_1 + e \text{ ctg } \alpha. \quad (3)$$

На черт. 177 нанесены предельные столбики в расстоянии  $4 \text{ ctg } \alpha$  от пересечения осей путей.

<sup>1</sup> Приказ НКПС от 7 сентября 1933 г. о ведомственных стандартах габаритов.

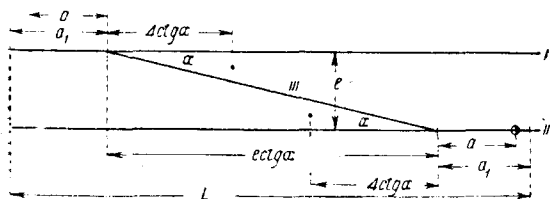
улицу, от которой ответвляются пути II—IV; расстояние между этими путями  $e$  задано.

Длины  $AB$  и  $BC$  между пересечениями осей путей равны:

$$AB = BC = \frac{e}{\sin \alpha}. \quad (3')$$

На прямой  $AB$  между концом крестовины  $b_1$  стрелки № 1 и выступом рамного рельса стрелки № 2 имеется прямая вставка  $x$ , длина которой равна:

$$x = \frac{e}{\sin \alpha} - a_1 - b_1 = \frac{e}{\sin \alpha} - L_p. \quad (4)$$



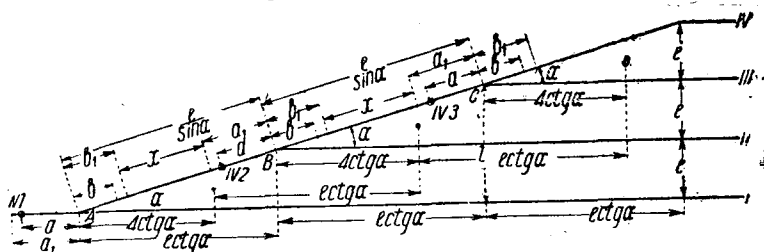
Черт. 177.

На чертеже нанесено положение предельных столбиков в расстоянии  $4 \operatorname{ctg} \alpha$  от пересечения осей путей.

Действительной или полной длиной пути называется длина от входной до выходной стрелки; таким образом длина пути IV измеряется от стрелки № 3; длина пути III от стрелки № 2 и т. д.

Полезная длина пути измеряется между предельными столбиками; полезная длина путей III и IV измеряется от предельного столбика, расположенного между путями III и IV, и до соответственного столбика, расположенного справа. Полезная длина пути II определяется от предельного столбика, расположенного между путями II и III, и, наконец, полезная длина пути I измеряется от предельного столбика, расположенного между путями I и II.

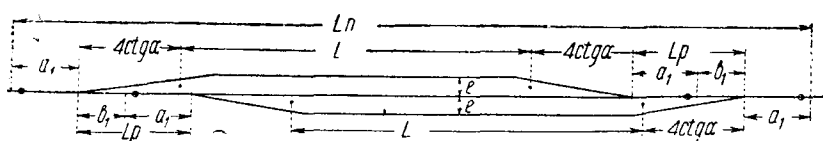
При  $n$  путях имеется  $n-1$  предельных столбиков, причем  $(n-1)$ -ый столбик определяет полезную длину  $(n-1)$ -го и  $n$ -го пути, остальные же  $n-2$  столбиков служат для определения полезной длины остальных  $n-2$  путей.



Черт. 178.

Расстояние между предельными столбиками, считая по направлению осей путей, равно  $e \operatorname{ctg} \alpha$ . Если с правой стороны пути II—IV имеют такую же стрелочную улицу, как и с левой стороны, то полезная длина двух смежных путей будет различаться на  $2e \operatorname{ctg} \alpha$ . Если полезная длина путей III и IV будет  $L$ , то полезная длина пути II будет  $L + 2e \operatorname{ctg} \alpha$ , а пути I будет  $L + 4e \operatorname{ctg} \alpha$ .

Ниже приводим примеры для определения длины площадки разных типов разъездов при заданной полезной длине пути.



Черт. 179.

На черт. 179—181 показаны три основных типа разъездов с расположением разъездных путей по обе стороны главного пути и по одну сторону главного пути. Через  $L$  обозначена полезная длина пути. На черт. 179 разъездные пути показаны по обе стороны главного пути и сдвинуты друг относительно друга; полная длина разъезда  $L_n$  от выступа рамного рельса входной стрелки до выступа рамного рельса выходной стрелки равна:

$$L_n = a_1 + 4 \operatorname{ctg} \alpha + L + 4 \operatorname{ctg} \alpha + L_p + a_1 = L + L_p + 8 \operatorname{ctg} \alpha + 2a_1. \quad (5)$$

На черт. 180 полезная длина нижнего пути  $L_1$  более полезной длины верхнего разъездного пути на величину  $2L_p$ ; полная длина площадки  $L_n$  равна:

$$L_n = 2a_1 + 2L_p + 8 \operatorname{ctg} \alpha + L, \quad (6)$$

и полная длина по ур-нию (6) более длины по ур-нию (5) на  $L_p$ .

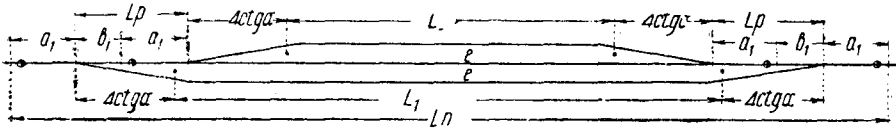
На черт. 181 полезная длина разъездных путей  $L$ , и полная длина площадки  $L_n$  равна:

$$L_n = 2a_1 + 8 \operatorname{ctg} \alpha + 2e \operatorname{ctg} \alpha + L. \quad (7)$$

Длина по черт. 181 более, чем по черт. 179, на  $2e \operatorname{ctg} \alpha - L_p$ .

На черт. 182 показан разъезд с раздвинутыми разъездными путями; полная длина  $L_n$  площадки равна:

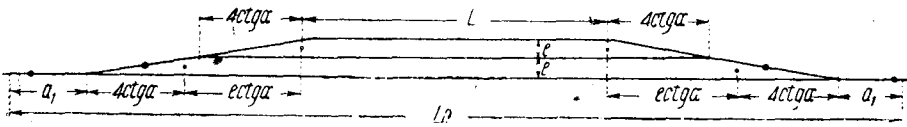
$$L_n = 4a_1 + 16 \operatorname{ctg} \alpha + 2L. \quad (8)$$



Черт. 180.

На черт. 183 показан разъезд, в котором принимаемые поезда располагаются один за другим и полная длина площадки равна:

$$\begin{aligned} L &= a_1 + 4 \operatorname{ctg} \alpha + L + \operatorname{ctg} \alpha - e \operatorname{ctg} \alpha + 4 \operatorname{ctg} \alpha + L + 4 \operatorname{ctg} \alpha + a_1 = \\ &= 2a_1 + 16 \operatorname{ctg} \alpha + 2L - e \operatorname{ctg} \alpha. \end{aligned} \quad (9)$$



Черт. 181.

На черт. 183 поезд, расположенный в правой стороне разъездного пути, перекрывает стрелку, поэтому на черт. 184 полезная длина для приема поезда на правой части разъездного пути принята от правого предельного столбика и до входной стрелки и полная длина площадки  $L_n$  будет:

$$L_n = 3a_1 + 12 \operatorname{ctg} \alpha + 2L. \quad (10)$$



Черт. 183.

На черт. 185 показаны перекрывающиеся разъездные пути, причем расстояние между выходными путями принято равным  $e$  и расстояние между ближайшими точками пересечения осей разъездных путей с главным равно  $e \operatorname{ctg} \alpha$  и полная длина площадки  $L_n$  равна:

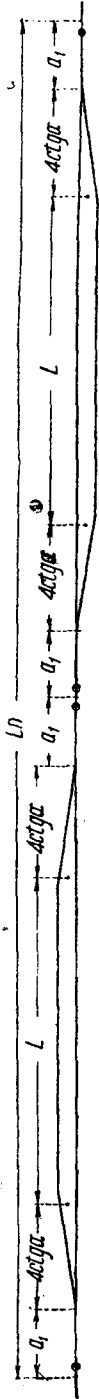
$$L_n = 2a_1 + 16 \operatorname{ctg} \alpha + 2L - e \operatorname{ctg} \alpha. \quad (11)$$

Наконец, на черт. 186 показан разъезд, в котором одновременно можно иметь скрещение четырех поездов (при движении пачками); длина  $L_n$  будет равна:

$$L_n = 3a_1 + L_p + 12 \operatorname{ctg} \alpha + 2L. \quad (12)$$

Принимая стрелочные переводы марки  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$ , будем иметь, согласно таблице 11:

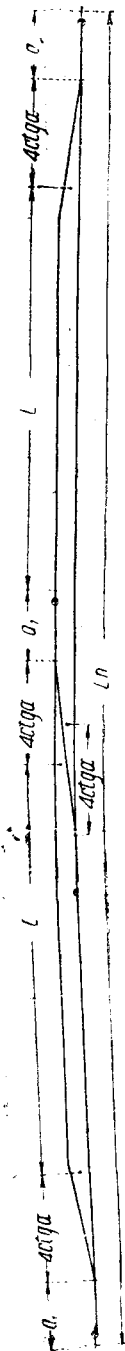
$$a_1 = 12,20 \text{ м}; L = 28,34 \text{ м}; \operatorname{ctg} \alpha = 9; e = 5,3; e \operatorname{ctg} \alpha = 47,7 \text{ м},$$



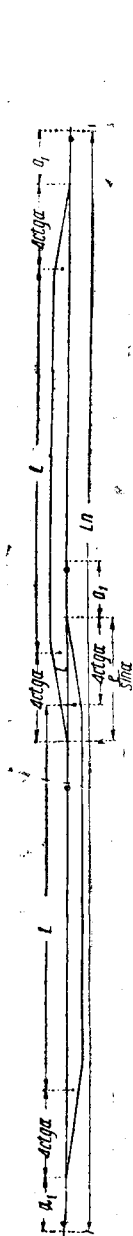
Черт. 182.

и полезную длину  $L$  примем в 700 м; тогда получим следующие длины  $L_n$  для разных схем разъездов:

По черт.	179	824,74 м
" "	180	853,08 "
" "	181	891,80 "
" "	182	1542,80 "
" "	183	1520,7 "
" "	184	1544,6 "
" "	185	1520,7 "
" "	186	1572,94 "



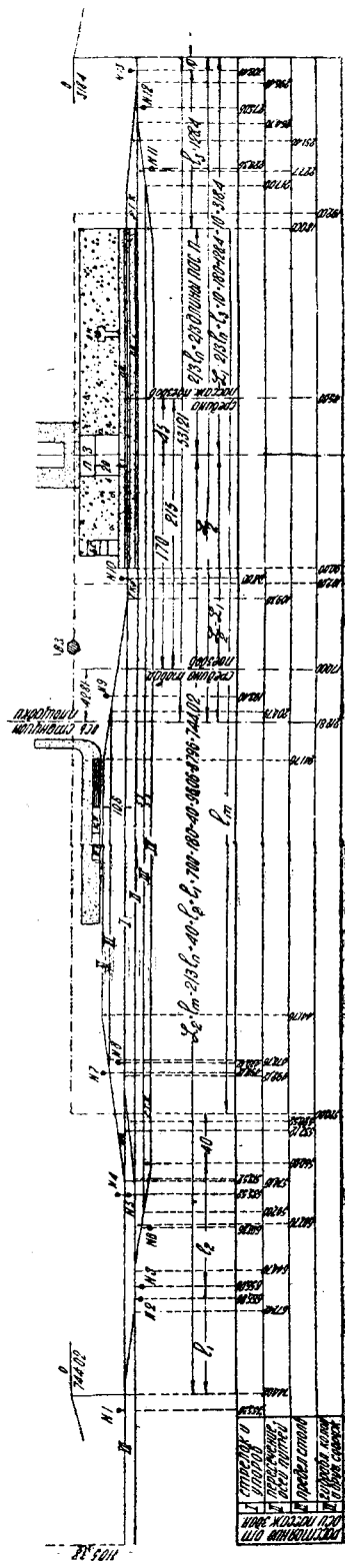
Черт. 184.



Черт. 185.



Черт. 186.



Черт. 187.

На черт. 187 показана схема малой станции с нанесением стрелок, осей путей и предельных столбиков. На чертеже приведены таблицы полных и полезных длин путей, нумерации стрелок и условных обозначений. Ниже приведен порядок вычерчивания схемы малой станции (черт. 187) обычного типа с четырьмя

приемо-отправочными путями. Пассажирское здание сдвинуто к концу площадки, и пасс. поезд расположен относительно оси пасс. здания таким образом, что  $\frac{2}{3}$  его длины расположены в наружную (в правую сторону станционной площадки). Длина пасс. поезда принята в 270 м<sup>1</sup>; такую же длину имеют пасс. платформы. Вычертив пасс. здание на расстоянии 20 м от ближайшего пути, откладываем вправо  $\frac{2}{3} \cdot 270 = 180$  м и влево 90 м и получаем платформу и положение правого предельного столбика между путями III и IV; от этого предельного столбика будем считать длину товарного поезда, который принимаем длиной в 700 м (см. 700 — 180 = 520 м, влево, нижняя графа).

От зафиксированного положения предельного столбика (180 м вправо от оси пасс. здания) откладываем 37 м и получаем пересечение осей путей III и IV. Все расстояния, считая их от оси пасс. здания вправо и влево, помещаем в четыре горизонтальные полосы, причем:

1) первая полоса служит для расстояния от оси пасс. здания до острия стрелок и упоров;

2) вторая—для пересечения осей путей;

3) третья—для предельных столбиков;

4) четвертая—для гидравлических кранов и других сооружений.

Пересечение осей III и IV путей находится на расстоянии  $180 + 37 = 217$  м от оси пасс. здания; это расстояние вписывается во вторую горизонтальную графу. Стрелка № 11, от которой разветвляются пути III и IV, находится на расстоянии  $a = 11,36$  м вправо или на  $217 + 11,36 = 228,36$  м от оси пасс. здания; это расстояние вписывается в первую графу. Предельный столбик между путями II и III, при расстоянии между путями III и IV и между путями II и III, равном 5,3 м, будет отстоять от предельного столбика между путями III и IV на  $5,3 \cdot 9 = 47,7$  м или от оси пасс. здания на  $180 + 47,7 = 227,7$  м, каковая цифра и вписана в третью графу.

На 37 м вправо от предельного столбика находится пересечение осей путей II и III; это пересечение находится на расстоянии  $227,7 + 37 = 264,7$  м от оси пасс. здания. Расстояние это внесено во вторую графу. Стрелка № 12 находится на расстоянии 11,36 м, вправо или на расстоянии  $264,7 + 11,36 = 276,06$  м от оси пасс. здания; расстояние это вписано в первую графу.

Все стрелочные переводы, по которым проходят товарные поезда, а пассажирские только по прямому пути, должны быть марки  $\frac{1}{9}$ , стрелочные переводы, по которым пасс. поезда проходят по ответвленному пути, должны быть марки  $\frac{1}{11}$ . Пассажирский поезд, прибывающий справа, принимается на путь I (а прибывающий слева принимается на путь II), и потому стрелочный перевод № 13 должен быть марки  $\frac{1}{11}$ ; равным образом стрелочные переводы № 5 и 8, по которым пасс. поезд с пути I выходит на главный путь, отправляясь влево, тоже должны быть марки  $\frac{1}{11}$ .

Расстояние между стрелками № 12 и № 13 составляется из следующих слагаемых:

а) выступа рамного рельса стрелки № 12 . . . . .	0,84 м
б) величины $b_1$ для стрелки марки $\frac{1}{11}$ . . . . .	19,5 "
в) величины $a_1$ для стрелки марки . . . . .	12,0 "

Всего . . . . . 32,34 м

и стрелка № 13 будет находиться на  $276,06 + 32,34 = 308,4$  м от оси пасс. здания; это расстояние внесено в первую графу. Точка перелома продольного профиля принята на расстоянии 10 м от стрелки № 13; таким образом конец станционной площадки справа находится на расстоянии  $L_1 = 318,4$  м от оси пасс. здания, причем  $L_1$  состоит из  $\frac{2}{3} l_n$  длины пасс. поезда = 180 м из постоянной части  $l_s + 10$  м. Пересечение осей путей I и II находится на расстоянии  $308,4 - 12 = 296,4$  м от оси пасс. здания, а предельный столбик между теми же путями на расстоянии  $296,4 - 45 = 251,4$  м от оси пасс. здания, что и внесено в графу третью.

Гидравлические колонны для пасс. поездов расположены на расстоянии 12 м от концов пасс. платформы. Товарные поезда принимаются на пути III и IV; паровоз товарного поезда, следующего вправо, берет воду из гидравлического

<sup>1</sup> Согласно последним техническим условиям длина эта должна быть равна 400 м.



крана для пасс. поездов, расположенного справа; что касается товарных поездов, следующих влево, то для них устроена специальная гидравлическая колонна, расположенная на расстоянии 700 м от правого предельного столбика или на расстоянии  $700 - 180 = 520$  м влево от оси пасс. здания; это расстояние внесено в четвертую графу. Предельный столбик расположен на 40 м<sup>1</sup> влево или на 560 м от оси пасс. здания, что дает возможность набирать воду без выхода за предельный столбик.

Пересечение слева осей путей III и IV находится на  $560 + 37 = 597$  м от оси пасс. здания (что и включено во вторую графу). Стрелка № 6 находится на расстоянии  $597 + 11,36 = 608,36$  м от оси пасс. здания.

Предельный столбик между путями II и III находится на расстоянии  $5,3 \cdot 6 = 47,7$  м от предельного столбика, расположенного между путями III и IV, или на расстоянии  $560 + 47,7 = 607,7$  м от оси пасс. здания (что и вписано в графу III).

Пересечение осей путей II и III находится влево от пересечения осей путей III и IV или на расстоянии  $597 + 47,7 = 644,7$  м от оси пасс. здания (что и вписано в графу вторую). Стрелка № 3 находится на расстоянии  $644,7 + 11,36 = 656,06$  м от оси пасс. здания. Стрелку № 2, ведущую на вытяжку, предполагается расположить в расстоянии 10 м от стрелки № 3 (наименьшее расстояние между стрелками равно  $2r = 2 \cdot 0,84 = 1,68$  м), т. е. в расстоянии 666,06 м от оси пасс. здания.

Расстояние между путями I и II, в связи с устройством промежуточной пассажирской платформы, равно 7,4 м; пересечение оси съезда между стрелками № 1 и 2 находится в 11,30 м от стрелок №№ 1 и 2. Горизонтальная проекция между осями пересечения съезда при  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$ , и расстоянии между осями путей 7,4 м будет равна  $7,4 \cdot 9 = 66,6$  м.

Пересечение осей находится на расстоянии  $666,06 + 11,66 = 677,42$  м и на расстоянии  $677,42 + 66,6 = 744,02$  м от оси пасс. здания; последнюю точку пересечения принимаем в качестве левого конца станционной площадки. Стрелка № 1 находится на расстоянии  $744,02 + 11,36 = 755,38$  м от оси пасс. здания. Вытяжка принимается на длину полусостава, т. е. 350 м, и конец ее находится на расстоянии  $755,38 + 350 = 1105,38$  м от оси пасс. здания.

Перейдем теперь к проектированию путей, обслуживающих пакгауз; пути V и VI предполагаются полезной длины в 200 м. Между путем I и путем VI предполагается в будущем улжить еще один путь, поэтому расстояние между осями путей I и VI принято в  $5,3 \cdot 2 = 10,6$  м.

Стрелку № 10, ведущую на пакгаузные пути, располагаем в расстоянии 8 м от края пасс. платформы, на расстоянии 98 м от оси пасс. здания; пересечение осей пути I и пути, ведущего на пути V и VI, находится на расстоянии  $98 + 11,36 = 109,36$  м от пасс. здания; пересечение осей путей V и VI находится в расстоянии  $109,36 + 10,6 \cdot 9 = 204,76$  м от оси пасс. здания; стрелка № 9 находится в расстоянии  $98 + 10,6 \cdot 9 = 193,4$  м от оси пасс. здания.

Правый предельный столбик между путями V и VI находится в расстоянии  $204,76 + 37 = 241,76$  м от оси пасс. здания, а левый предельный столбик в расстоянии 441,76 м. Пересечение осей путей V и VI слева находится в расстоянии  $441,76 + 37 = 478,76$  м от оси пасс. здания; стрелка № 7 в расстоянии  $478,76 + 11,36 = 490,12$  м; пересечение осей путей I и пути, ответвляющегося от стрелки № 4, в расстоянии  $478,76 + 10,6 \cdot 9 = 574,16$  м, и стрелка № 4 в расстоянии  $574,16 + 11,36 = 585,52$  м от оси пасс. здания.

Съезд 5—8 не может быть расположен слева от стрелки № 4; т. к. в этом случае проход поезда по съезду 5—8 препятствовал бы работе на вытяжке.

Помещаем стрелку № 5 против стрелки № 4; пересечение путей I и II с осью съезда будет расположено на расстоянии (стрелочные переводы № 5 и № 8 марки  $1/11$ )  $585,52 - 12 = 573,52$  м и  $573,52 - 7,4 \cdot 11 = 573,52 - 81,4 = 492,12$  м от оси пасс. здания; стрелка № 5 расположена на расстоянии  $492,12 - 12 = 480,12$  м от оси пасс. здания.

<sup>1</sup> Расстояние от гидравлической колонны до предельн. столбика в 40 м достаточно для паровозов 0—5—0 Э, а для мощных паровозов должно быть увеличено.

Длина площадки равна  $744,02 + 318,4 = 1062,42$  м, половина длины площадки равна  $531,21$  м и ось станционной площадки находится на расстоянии  $531,21 - 318,4 = 212,81$  м влево от оси пасс. здания.

Средина пасс. поездов находится на  $45$  м вправо от оси пасс. здания и на  $212,81 + 45 = 257,81$  м от оси станционной площадки.

Средина товарных поездов находится на расстоянии  $42,81$  м вправо от оси станционной площадки.

При нанесении продольного профиля надо указывать расположение пасс. здания относительно оси станционной площадки.

## § 12. Стрелочные переводы узкой колеи

В дальнейшем мы будем рассматривать лишь колею в  $750$  и  $1000$  мм. Кроме рельсов типа I-a—IV-a, в узкой колее могут применяться и другие типы рельсов.

Ниже мы приводим типы рельсов для узкой колеи, принятые в основу расчетов стрелочных переводов, сделанных „Промтранспроектom“. В таблице 12 приведены основные размеры упомянутых рельсов.

Таблица 12

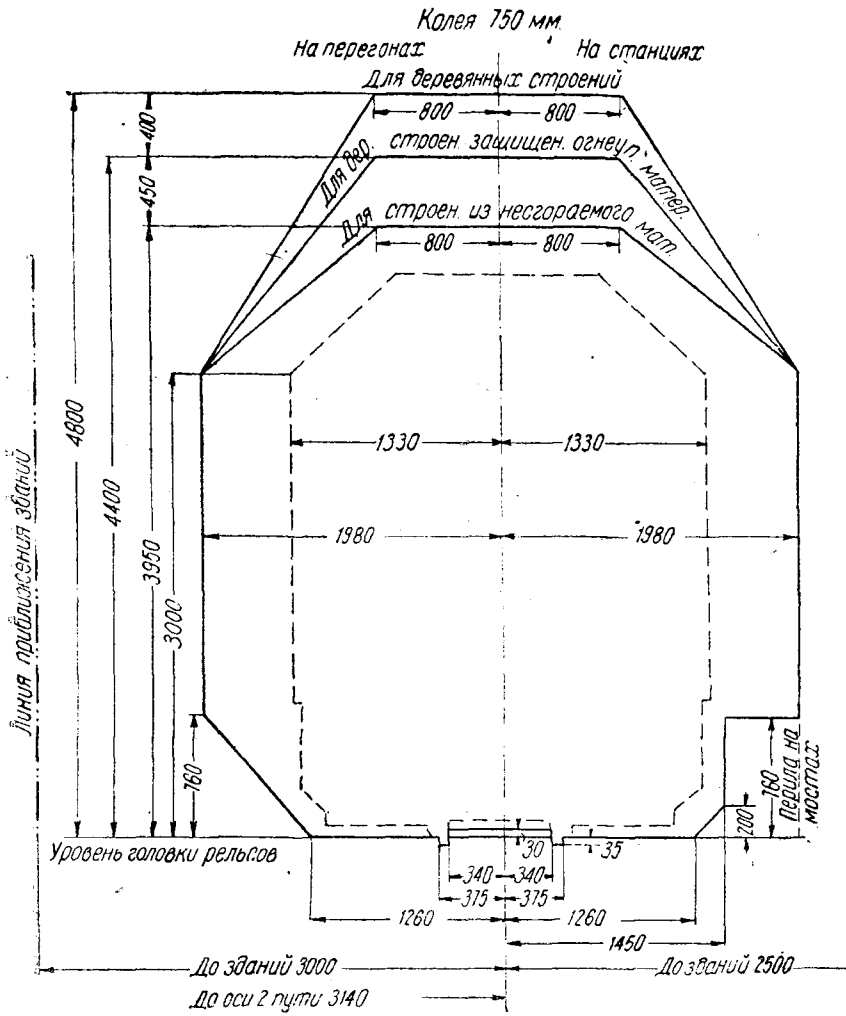
Высота рельсов $h$ мм	Ширина подошвы $b$ мм	Ширина головки $v$ мм	Толщина шейки $d$ мм	Радиус $r$ сопряжения верхней и боковой грани головки	Вес в кг/м	Момент инерции в см <sup>4</sup>
140	125	70	14	13	43,57	1 476
135	114	68	13	13	38,42	1 223
128	110	60	12	12	33,48	968
120,5	100	53,5	12	11,08	30,89	751
119,25	100	53,5	13	12	30,23	707
114	95	56,5	13	11	29,11	—
108	95	54,5	12	11	26,87	—
107	92	51	10,5	13	24,18	469
95,25	82,55	47	10	9	20,64	310
90	80	40	10	7	18,45	245
91	76	37	7	7	14,78	214
80,5	66	32	7	7	11,18	125
65	54	25	7	5	8,40	75
65	50	25	5,5	4	6,95	—

На черт. 188 и 189 приведены габариты приближения строения и подвижного состава для колеи  $750$  и  $1000$  мм. Расстояния между осями путей и на перегоне показаны в таблице 13.

Таблица 13

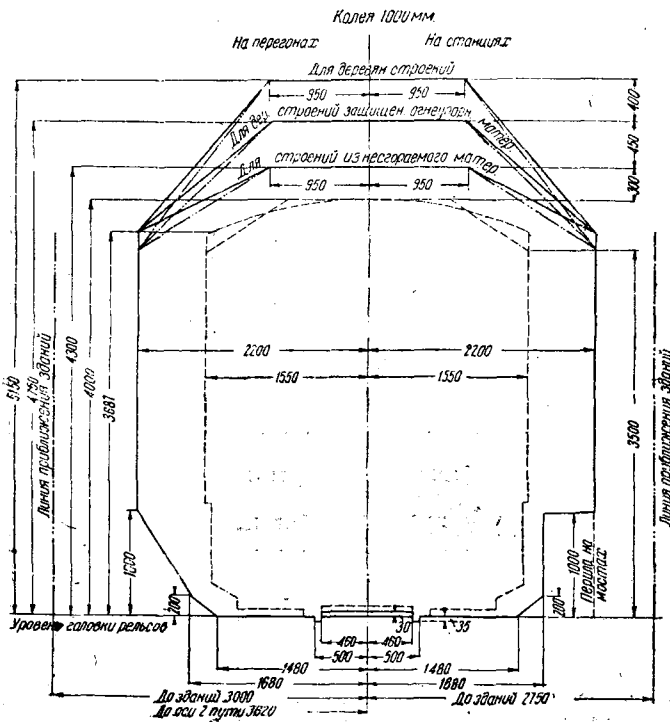
№ по порядку	Наименование путей	Расстояние между осями путей	
		При колее 750 мм	При колее 1000 мм
1	Главные пути . . . . .	3 100	3 620
2	Станционные пути при свободных междупутьях . . . . .	4 000	4 400
3	То же, при наличии между путями столбов и высоких стрел. станков . . . . .	4 300	4 750
4	При наличии гидравлических колонн . . . . .	5 500	6 000

В применяемых типах стрелочных переводов длина острияков для колеи в  $750$  мм принимается в  $2,29$  и  $3,5$  м, а для колеи в  $1000$  мм в  $2,29$  м,  $3,5$  м и  $5,565$  м.



Линия приближения зданий

Черт. 188.



Линия приближения зданий

Черт. 189.

Стрелочные углы  $\beta$  равны следующим величинам:

Для остряков 2,29  $m = 2^{\circ}10'$  при величине  $t + v = 86 m$   
 " " 3,50 "  $= 1^{\circ}45'$  " "  $t + v = 106 m$   
 " " 5,565 "  $= 1^{\circ}17'$  " "  $t + v = 125 m$

причем крестовины изготавливаются марками от  $tg \alpha = 1/6$  до  $tg \alpha = 1/10$ , для колеи же в 750 мм при допущении радиусов в 15 и 25 м могут применяться крестовины марок  $1/4$  и  $1/5$ , а для симметричных переводов  $tg \alpha = 1/3$ ; для колеи же в 1000 мм при радиусах 35 м может применяться крестовина  $tg \alpha = 1/6$ , а для симметричных переводов  $tg \alpha = 1/4$ . В материалах Промтранстроя имеются данные о длине хвостов крестовин для колеи в 1000 и 750 мм, помещенные в таблице 14 ( $n$  — длина внутреннего хвоста,  $q$  — длина наружного хвоста):

Таблица 14

Марки крестовин	Ширина колеи 750 мм			Ширина колеи 1000 мм		
	$n$	$q$	$n + q$	$n$	$q$	$n + q$
$1/11$	—	—	—	1 183	1 755	2 938
$1/10$	1 100	1 725	2 825	1 330	1 850	3 180
$1/9$	854	1 650	2 504	1 168	1 753	2 921
$1/8$	947	1 832	2 779	947	1 832	2 779
$1/7$	901	1 547	2 448	901	1 547	2 448
$1/6$	812	1 278	2 090	812	1 278	2 090
$1/5,5$	800	1 140	1 940	770	1 196	1 966
$1/5$	745	1 044	1 789	—	—	—
$1/4,5$	746	1 144	1 890	746	1 144	1 890
$1/4$	739	988	1 727	690	805	1 495
$1/3,7$	700	893	1 593	670	820	1 490
$1/3$	540	760	1 300	—	—	—
	664	636	1 300	—	—	—

Примечание: Выделенные полужирным длины крестовин применяются также и для симметричных переводов.

В таблице 15 приведены крестовины, фактически изготавливаемые заводом „Транстрой“.

Таблица 15

Марки крестовины	Ширина колеи 750 мм				Марки крестовины	Ширина колеи 1000 мм			
	$n$	$q$	$n + q$	Тип рельса		$n$	$q$	$n + q$	Тип рельса
					$1/11$	1 183	1 755	2 938	IIIa, IVa
$1/9$	854	1 650	2 504	$h=91$	$1/9$	1 168	1 753	2 921	IIIa, IVa
$1/7$	812	1 278	2 090	$h=90$	$1/7$	812	1 278	2 090	$h=90$
$1/6$	723	1 100	1 823	$h=80$	$1/6$	800	1 140	1 940	$h=90$

При узкой колеи и такой же марке крестовины, что и для широкой колеи, радиус будет значительно меньше. При расчете стрелочного перевода можно принять, что кривая начинается у корня остряка и кончается у внутреннего хвоста крестовины, или же можно задать значением радиуса переводной кривой и между концом кривой и внутренним хвостом  $n$  крестовины иметь прямую вставку.

Общее выражение для определения радиуса кривой:

$$R + \frac{s}{2} = \frac{s - l \sin \beta - n \sin \alpha}{\cos \beta - \cos \alpha}, \quad (1)$$

где вместо  $s$  надо вставить соответственную колею.

В таблице 16 приведены для колеи в 1000 мм радиусы для разных марок крестовин в предположении, что переводная кривая идет от корня остряка до хвоста крестовины  $п$ .

Таблица 16

№ по пор.	Величины $\text{tg } \alpha$ Наименование элементов перевода							
		$1/10$	$1/9$	$1/8$	$1/7$	$1/6$	$1/5$	
1	Угол $\alpha$ . . . . .	5°11'40"	5°42'40"	6°20'25"	7°7'30"	8°7'50"	9°27'45"	11°18'35"
2	Расстояние $t + v$ . .	125	125	106	106	86	86	86
3	Длина остряка $l$ . . .	5 565	5 565	3 500	3 500	2 290	2 290	2 290
4	$\sin \beta = (t + v) : l$ . .	0,022462	0,022462	0,030286	0,030486	0,037555	0,037555	—
5	Угол $\beta$ . . . . .	1°17'14"	То же	1°44'8"	1°44'8"	2°9'8"	—	—
6	Хвост крестовины $п$	1 183	1 330	947	903	812	803	750
7	$\cos \beta$ . . . . .	0,999748	—	0,999541	—	0,999294	—	—
8	$\sin \alpha$ . . . . .	0,090536	0,099513	0,110433	0,124034	0,141429	0,164402	0,196112
9	$\cos \alpha$ . . . . .	0,995893	0,995036	0,993884	0,992278	0,989949	0,986394	0,980582
10	$R + \frac{s}{2}$ . . . . .	199,8	160,1	139,6	107,7	85,5	60,6	41,0
11	$L_t$ в м . . . . .	20,226	19,224	15,628	14,491	11,973	10,767	9,524
12	$b = \frac{s}{2} \text{ctg } \frac{\alpha}{2}$ . . . .	11,029	10,024	9,028	8,031	7,035	6,041	5,050
13	$q$ . . . . .	1,755	1,850	1,832	1,550	1,280	1,144	1,150
14	$b_1 = b + q$ . . . . .	12,778	11,874	10,860	9,581	8,315	7,185	6,200
15	$a = L_t - b$ . . . . .	9,203	9,200	6,600	6,460	4,938	4,726	4,474
16	$p$ . . . . .	0,835	0,835	0,800	0,800	0,580	0,580	0,580
17	$a_1 + p$ . . . . .	10,038	10,035	7,400	7,260	5,518	5,306	5,054
18	$L_p = a_1 + b_1$ . . . .	22,816	21,909	18,260	16,841	13,833	12,491	11,254
19	Наименьш. велич. радиуса перев. кривой.	154,25	125	100	80	65	50	35

Так как длина  $п$  очень мала, то между кривой и хвостом  $п$  крестовины делается вставка, и задаются величиной  $R$ . Для  $\text{tg } \alpha = 1/6$  вместо наибольшего радиуса в 60,6 м задаются радиусом в 50 м, тогда получим величину проекции прямой вставки  $y_1$ , включая длину хвоста крестовины  $п$ :

$$y_1 = s - 86 - \left(R + \frac{s}{2}\right)(\cos \beta - \cos \alpha) = 1000 - 86 -$$

— 50 500 (0,999294 — 0,986394) = 1000 — 86 — 50 500 · 0,0129 = 262,5 мм,  
и прямая вставка равна:

$$\frac{262,5}{\sin \alpha} = \frac{262,5}{0,196112} = 1340 \text{ мм,}$$

а за вычетом длины хвоста  $п$  прямая вставка = 1340 — 803 = 537 мм.

Длина  $L_t$  будет равна:

$$L_t = l \cos \beta + \left(R + \frac{s}{2}\right)(\sin \alpha - \sin \beta) + 1340 \cos \alpha = 2290 \cdot 0,999294 +$$

$$+ 50500(0,164402 - 0,037555) + 1340 \cdot 0,980582 = 2288 + 6406 + 1314 = 10,067 \text{ м}$$

вместо 10,767 м при наибольшем значении радиуса в 60,6 м.

Для колеи 750 мм приведена таблица 17 основных значений элементов для разбивки стрелочных переводов.

Пример расчета симметричного стрелочного перевода для узкой колеи будет приведен одновременно с расчетом такого же перевода для нормальной колеи.

На черт. 190 приведен стрелочный перевод марки 1:7 с радиусом переводной кривой  $R = 40$  м для колеи 750 мм.

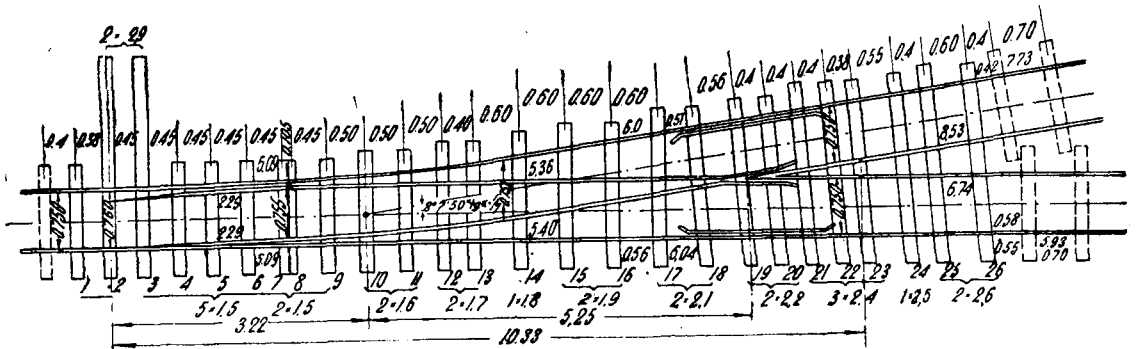
№ по пор.	Величины Наименование элементов перевода	tg α							
		1/0	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	
1	Угол α	5°42'40"	6°20'25"	7°7'30"	8°7'50"	9°27'45"	11°18'35"	14°2'10"	
2	Расстояние t + v	106	106	86	86	86	86	86	
3	Длина острья l	3 500	3 500	2 290	2 290	2 290	2 290	2 290	
4	sin β = (t + v) : l	0,030286	0,030286	0,037555	—	—	—	—	
5	Угол β	1°44'8"	—	2°9'8"	—	—	—	—	
6	Длина хвоста крест. n	1 100	947	873	814	726	739	700	
7	cos β	0,999541	—	0,999894	—	—	—	—	
8	sin α	0,099513	0,110433	0,124034	0,141429	0,164402	0,196112	0,240533	
9	cos α	0,995036	0,993884	0,992278	0,989949	0,986394	0,980582	0,970143	
10	R + $\frac{s}{2}$	118,6	95,4	79,2	58,7	42,2	27,7	16,9	
11	L <sub>t</sub>	12,812	12,085	10,003	9,414	8,517	7,710	6,467	
12	b = $\frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$	7,517	6,771	6,024	5,276	4,531	3,787	3,042	
13	Длина хвоста q	1,725	1,832	1,307	1,280	1,103	0,988	0,900	
14	b <sub>1</sub> = b + q	9,242	8,603	7,331	6,556	5,634	4,775	3,942	
15	a = L <sub>t</sub> - b	5,295	5,314	3,979	4,138	3,986	3,923	3,425	
16	p	0,800	0,580	0,580	0,580	0,510	0,510	0,510	
17	a <sub>1</sub> = a + p	6,095	5,894	4,559	4,735	4,496	4,433	3,935	
18	L <sub>p</sub> = a <sub>1</sub> + b <sub>1</sub>	15,337	14,497	11,890	11,274	10,130	9,208	7,877	
19	Наименьш. велич. радиуса перев. кривой	100,0	80,0	65,0	40,0	30,0	25,0		

Для крестовины марки tg α = 1 : 7 предусмотрен наименьший радиус в 40 м, тогда будем иметь проекцию прямой вставки, включая хвост крестовины n, равной:

$$y_1 = s - 86 - \left(R + \frac{s}{2}\right) (\cos \beta - \cos \alpha) = 750 - 86 -$$

$$- 40375 (0,999294 - 0,989949) = 750 - 86 - 377,3 = 286,7 \text{ мм,}$$

$$\text{и прямая вставка} = \frac{286,7}{0,141429} = 2,027 \text{ м.}$$



Черт. 190.

Длина L<sub>t</sub> будет меньше, чем по таблице 17, в связи с уменьшением наибольшего значения радиуса с 58,7 до 40 м.

$$L_t = l \cos \beta + \left(R + \frac{s}{2}\right) (\sin \alpha - \sin \beta) + 2027 \cos \alpha = 2288 +$$

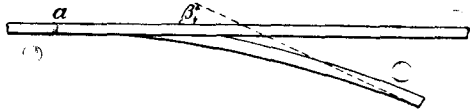
$$+ 40375 (0,141429 - 0,037555) + 2027 \cdot 0,989949 = 2288 + 4347 + 2007 = 8,642 \text{ м}$$

(по таблице 9,414 м).

Ввиду отсутствия данных по стрелочным переводам узкой колеи в настоящем параграфе приводятся данные таблиц 16 и 17.

### § 13. Обыкновенный одиночный стрелочный перевод с одним криволинейным и одним прямолинейным острием

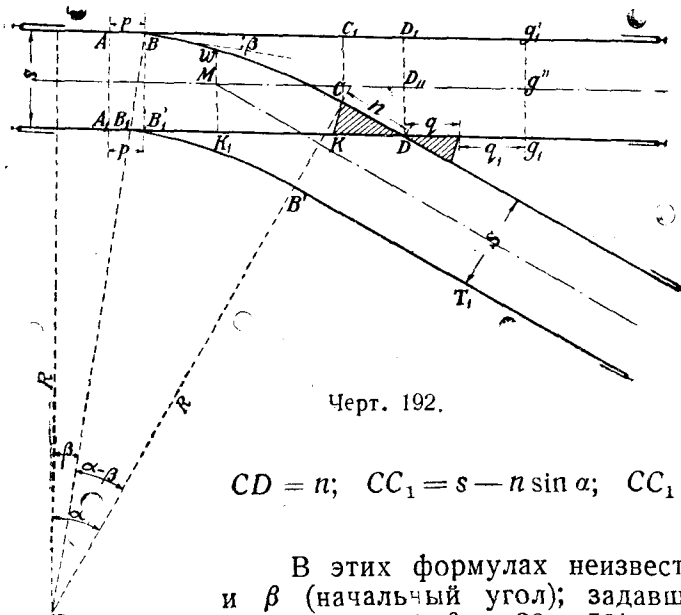
О положительных и отрицательных качествах прямолинейных и кривых остриев уже говорилось выше в § 10. Следует напомнить несколько об уже сказанном, а именно: в криволинейном острье угол, под которым колесный скат встречается острья, не есть постоянная величина на протяжении данного остряка; если острое пера в точке  $a$  (черт. 191) касательно к рамному рельсу, а касательная к рабочему канту остряка в корне составляет с рамным рельсом угол  $\beta_1$ , то угол удара колеса в острья изменяется от 0 до  $\beta_1$ ; неудобство острожки пера, касательного к рамному рельсу, в точке  $a$ , заставляет поворачивать острья в начальной точке  $a$  на некоторый угол, называемый начальным углом, величина коего колеблется от 20 до 1°; остряку и переводной кривой придается по возможности одна и та же кривизна, другими словами, они имеют один и тот же радиус кривой; так как угол  $\beta_1$  в корне кривого остряка больше стрелочного угла прямолинейного остряка, то длина перевода с криволинейным остряком получается короче.



Черт. 191.

Заданными являются: 1) коэффициент крестовины, 2) тип рельса и его длина, 3) длина остряка и ширина его головки и подошвы.

Подлежит определить: 1) размеры крестовины и контррельса, 2) радиус остряка и переводной кривой, 3) начальный угол, ход остряка и расстояние между остряком и рамным рельсом в корне, 4) уширение при входе на стрелку, уширение переходной кривой и окончательную величину хода остряка, 5) длину



Черт. 192.

$$CD = n; \quad CC_1 = s - n \sin \alpha; \quad CC_1 = \left(R + \frac{s}{2}\right) (\cos \beta - \cos \alpha). \quad (1)$$

В этих формулах неизвестными величинами являются  $R$  и  $\beta$  (начальный угол); задавшись одной из них, определим другую. Задаемся величиной  $\beta$  в 30—50' и определим  $R$ , который и считается окончательным; величиной  $\beta$  (в указанных выше пределах) следует задаваться меньшей для длинных остряков и большей для коротких остряков.

Из черт. 193, в котором  $SF$  есть рабочий кант криволинейного остряка, а  $VH$  — рабочий кант рамного рельса, имеем:

$$\text{Хорда } SF = l = 2 \left(R + \frac{s}{2}\right) \sin \frac{\gamma}{2}, \quad \text{дуга } SF = \frac{\gamma}{180^\circ} \pi \left(R + \frac{s}{2}\right);$$

$$\sin \left(\beta + \frac{\gamma}{2}\right) = \frac{e}{l}, \quad (2)$$

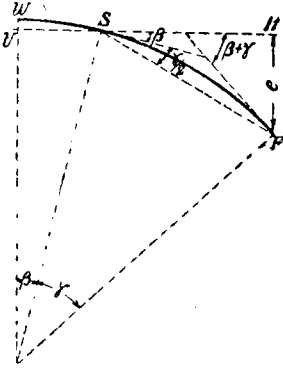
где:  $\gamma$  — угол, соответствующий дуге  $SF$  остряка;

$e$  — расстояние между рабочим кантом остряка и рабочим кантом рамного рельса в корне остряка;

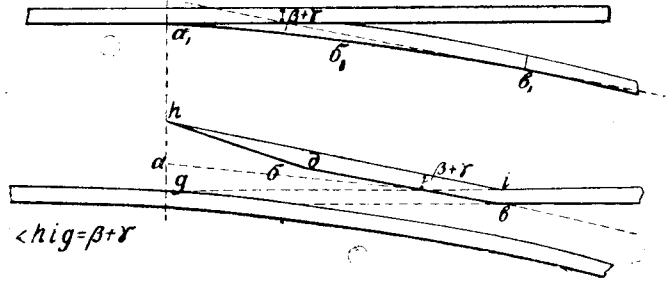
$R$  — вышеопределенный радиус.

Делаем предположение, что расстояние между рамным рельсом и остряком в корне для криволинейного остряка будет такими же, как и для прямолинейного остряка, т. е.  $e = 65 \text{ мм} +$  ширина головки остряка в корне<sup>1</sup>.

Величина хода остряка определится из условия, чтобы отведенный прямой остряк не задевался колес-



Черт. 193.



Черт. 194.

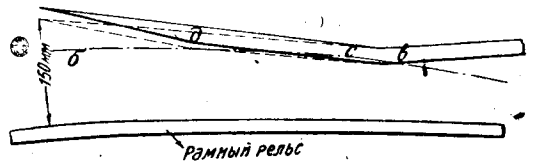
ным скатом в то время, когда другое колесо той же оси направляется прижатым к рамному рельсу криволинейным остряком.

Для этого (черт. 194) линия катания колеса, concentричная рабочему канту криволинейного остряка  $a_1b_1$ , должна коснуться прямого отведенного остряка лишь в точке  $b$ , или, что одно и то же, касательная к рабочему канту криволинейного остряка в корне должна быть параллельна линиям  $db$  и  $ih$  отведенного прямого остряка.

Из  $\triangle hig$  имеем:

$$hg = \text{ходу остряка} = f = hi \sin \alpha \quad (3)$$

Величина хода по этой формуле может получиться очень значительной, между тем как практически, имея в виду затрату работы на передвижение остряков, величину хода не следовало бы делать более 160 мм; но т. к. в величину хода остряка должно входить уширение, делаемое при входе на стрелку (см. ниже), которое получается в среднем равным 10 мм, то величину  $f = l \sin(\beta + \gamma)$  не должно делать более 150 мм.



Черт. 195.

Если величина хода получилась бы более 150 мм, то рассуждаем так: если величину сделать все-таки равной 150 мм, то линия катания, concentричная рабочему канту криволинейного остряка, будет пересечена линией  $db$  прямого остряка (черт. 195). Для того чтобы при ходе в 150 мм прямого остряка линия катания не пересекала остряка, надо изменить линию катания, или, что одно и то же, положение или очертание криволинейного остряка. Для того чтобы линия катания не пересекала прямого остряка, а касалась его, надо: 1) увеличить радиус кривой, увеличив начальный угол  $\beta$  и делая расстояние в корне остряка 65 мм, или 2) повернуть кривую катания вокруг точки  $b$ , опуская  $v$  вниз (по чертежу), не меняя при этом величины радиуса, но увеличивая вышеуказанное расстояние в 65 мм; при этом касание уже не будет в точке  $v$ , а где-либо между  $b$  и  $v$ .

Так как величину радиуса менять не предполагается (см. выше), то дальнейший расчет ведем во втором предположении и поворачиваем (черт. 196) линию катания из положения  $bcs$  в положение  $bc_1v_1$ . Когда мы сбавили ход пря-

<sup>1</sup> Если вместо 65 мм взято 70 или 72 мм, то такую же величину берем для криволинейного остряка.



мого острюка до 150 мм, то угол, составленный касательной к линии катания в формуле

$$f = l \sin(\beta + \gamma),$$

стал меньше  $\beta + \gamma$ ; обозначая его через  $\delta$ , получим:

$$\sin \delta = \frac{150}{l}.$$

Обозначая угол между касательной  $vh$  и секущей  $vh_1'$  (к линии катания  $bсв$ ) через  $\varepsilon$ , будем иметь:

$$\beta + \gamma - \delta = \varepsilon;$$

секущая отсекает между собой и линией катания  $bсв$  отрезок  $CC_1 = (R - s(1 - \cos \varepsilon))$ , где  $s$  — ширина колеи.

Для того чтобы линия катания коснулась отведенного прямого острюка в  $c_1$ , необходимо линию  $bсв$  повернуть вокруг  $b$  таким образом, чтобы  $c$  перешло в  $c_1$ , тогда перемещение  $v$ , равное  $vv_1$ , определится из пропорции

$$\frac{vv_1}{cc_1} = \frac{\text{дуга угла } \gamma}{\text{дуга угла } (\gamma - \varepsilon)}. \quad (4)$$

Передвижка линии катания на величину  $vv$  будет выполнена, если на ту же величину повернем криволинейный острюк, т. е. увеличим расстояние в корне на величину  $vv_1$ .

После определения  $vv_1$  вставляем в формулу:

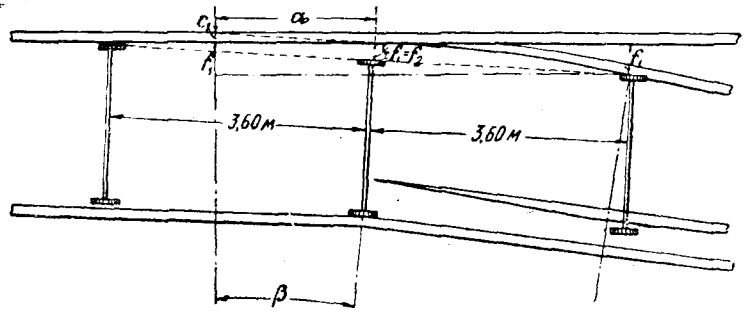
$$\sin\left(\beta + \frac{\gamma}{2}\right) = \frac{e_1}{l} \quad (5)$$

величину  $e_1 = 65 + vv_1 +$  ширина головки острюка в корне и определяем вновь  $\beta$ , которое и считаем окончательным.

Для определения уширения  $z$  при входе на стрелку у начала острюков имеем уравнения (черт. 197):

$$f_1 + c_1 = \frac{(\alpha + 3,6)^2}{2\left(R + \frac{s}{2}\right)}; \quad (6)$$

$$c_1 = \frac{a^2}{2\left(R + \frac{s}{2}\right)}; \quad (7)$$



Черт. 197.

$$a = \left(R + \frac{s}{2}\right) \sin \beta; \quad (8)$$

$$f_2 = \frac{f_1}{2};$$

$$z = f_2 - \Sigma(\eta); \quad (9)$$

где: 3,6 м — расстояние между осями трехосного вагона,

$\Sigma(\eta) = 30$  мм — сумма возможных перемещений, которые может иметь средняя ось вагона по отношению к крайним осям (в поперечном направлении).

После вычисления уширения  $z$  определяется окончательная величина хода остряков  $= f + z$ .

Выше (черт. 192) была определена величина:

$$CC_1 = \left(R + \frac{s}{2}\right) (\cos \beta - \cos \alpha) = s - n \sin \alpha.$$

Так как  $\beta$  при уменьшении хода до 150 мм (в тех случаях, когда ход получался более 150 мм) увеличивается, то  $CC_1$  уменьшается, а следовательно, в выражении  $s - n \sin \alpha$ , где все величины, кроме  $n$ , данные, величина  $n$  увеличится сравнительно с своей минимальной величиной, что всегда выполнимо:

Из черт. 192 имеем:

$$Ag'_1 = p + BC_1 + C_1D_1 + q + q_1; \quad (10)$$

$p$  = полуторному стыковому пролету, приблизительно около 0,9 м;

$$BC_1 = \left(R + \frac{s}{2}\right) (\sin \alpha - \sin \beta); \quad C_1D_1 = \frac{s - \left(R + \frac{s}{2}\right) (\cos \beta - \cos \alpha)}{\operatorname{tg} \alpha};$$

$q$  — определено выше.

Ниже определяем длины рельсов стрелочного перевода.

Длина дуги (черт. 192):

$$WC = \frac{\alpha - \beta}{180^\circ} \pi \left(R + \frac{s}{2}\right) - l_1,$$

где  $l_1$  — длина остряка по дуге круга; дуга  $WC$  разбивается на два рельса, из коих один нормальный, а другой урубок или оба урубки.

Длина дуги:

$$B'B_1 = \frac{\alpha - \beta}{180^\circ} \left(R - \frac{s}{2}\right) \pi.$$

Так как величина  $p$  для обеих рельсовых ниток равна, то длина

$$A_1B' = A_1B'_1 + B_1B' - B_1B'_1 = p + \frac{\pi \left(R - \frac{s}{2}\right) (\alpha - \beta)}{180} - \operatorname{stg} \beta.$$

Длина  $B_1'K = BC_1 + C_1D_1 - n = l_2 + KK_1$ , где  $l_2$  — длина прямолинейного остряка (определена ниже):

$$KK_1 = BC_1 + C_1D_1 - n - l_2.$$

Длина  $KK_1$  составлена из нормального рельса и урубка или двух урубков.

По рельсовым ниткам  $Ag'_1$  и  $A_1T_1$  не должно быть стыков в пределах контрольсов.

Для определения (черт. 193) начальной теоретической точки  $W$  для разбивки кривой имеем уравнения:

$$VW = \left(R + \frac{s}{2}\right) (1 - \cos \beta); \quad (11)$$

$$VS = \left(R + \frac{s}{2}\right) \sin \beta. \quad (12)$$

Точка пересечения осей, главного пути и ответвления (черт. 192)  $M$  определится расстоянием от математического центра крестовины:

$$MD'' = \frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}. \quad (13)$$

Длина прямого остряка (черт. 196) будет равна проекции длины хорды криволинейного остряка:

$$l \cos \left(\beta + \frac{\gamma}{2}\right).$$

Пример. Пусть все данные для криволинейного остряка останутся теми же, что и для прямолинейного.

Наибольшая величина радиуса равна:

$$\frac{s - n \sin \alpha}{\cos \beta - \cos \alpha}$$

Задаваясь  $\beta$  в 40' и  $n$ , согласно расчету крестовины в прямолинейном остряке, в 1,3 м, получим:

$$R + \frac{s}{2} = \frac{1,524 - 1,3 \cdot 0,11043}{0,999932 - 0,993884} = 228,2 \text{ м,}$$

или, округленно:

$$R + \frac{s}{2} = 225 \text{ м.}$$

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \frac{5}{225 \cdot 2} = 0,011111 \text{ и } \frac{\gamma}{2} = 38'12'' \text{ и } \gamma = 1^\circ 16'24''.$$

$$\sin\left(\beta + \frac{\gamma}{2}\right) = \frac{53,5 + 65}{5000} = 0,0237 \text{ и } \beta + 38'12'' = 1^\circ 21'28'', \beta = 43'16''.$$

Ход остряка  $f = 5000 \sin(1^\circ 16'24'' + 43'16'') = 174 \text{ мм.}$

Задаваясь ходом в 150 мм, получим:

$$\sin \delta = \frac{150}{5000} = 0,0300 \text{ и } \delta = 1^\circ 43'9''.$$

$$\varepsilon = \beta + \gamma - \delta = 16'31'' \text{ и } CC_1 = (225 - 1,524)(1 - \cos \varepsilon) = 2,5 \text{ мм.}$$

Далее:

$$\frac{bb_1}{cc_1} = \frac{\gamma}{\gamma - \varepsilon} = \frac{1^\circ 16'24''}{59'53''} \text{ и } bb_1 = 3,2 \text{ мм.}$$

$$\sin\left(\beta + \frac{\gamma}{2}\right) = \frac{118,5 + 3,2}{5000} = 0,02434 \text{ и } \beta + 38'12'' = 1^\circ 23'41'' \text{ и } \beta = 45'29''.$$

Определим уширение при входе на стрелку:

$$a = 225 \cdot \sin \beta = 2,98 \text{ м; } c_1 = \frac{a^2}{2\left(R + \frac{s}{2}\right)};$$

$$f_1 = \frac{(a + 3,6)^2}{2R} - c_1 = \frac{7,2a + 12,96}{2R} = 70 \text{ мм, и } z = \frac{f_1}{2} - 30 = 5 \text{ мм.}$$

Величина хода = 155 мм.

Из выражения:

$$\left(R + \frac{s}{2}\right)(\cos \beta - \cos \alpha) = s - n \sin \alpha,$$

получим

$$n = \frac{s - \left(R + \frac{s}{2}\right)(\cos \beta - \cos \alpha)}{\sin \alpha} = \frac{1,524 - 1,2474}{0,11043} = 1,47 \text{ м.}$$

$$\begin{aligned} \text{Теоретическая длина перевода} &= BC_1 + C_1D_1 = \left(R + \frac{s}{2}\right)(\sin \alpha - \sin \beta) + \\ &+ \frac{s - R(\cos \beta - \cos \alpha)}{\operatorname{tg} \alpha} = 225 \cdot 0,0972 + 1,47 = 23,34 \text{ м.} \end{aligned}$$

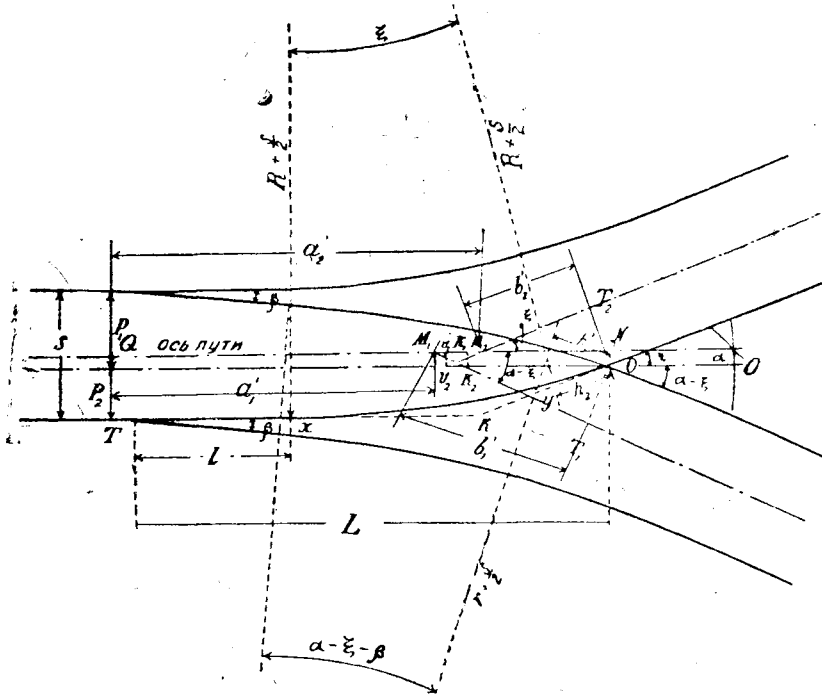
Сравнивая эту длину с теоретической длиной перевода при прямолинейном остряке, мы видим, что она на 2 м короче, хотя радиус в данном случае несколько больше.

Вычисление остальных данных перевода не представит затруднений.

## § 14. Несимметричный стрелочный перевод

Весьма часто отводящиеся пути должны составлять с осью основного пути определенные заданные углы  $\xi$  и  $\alpha - \xi$ <sup>1</sup>

К острюку, отклоняющему один из путей на угол  $\beta$ , должен примыкать тот путь, для которого угол, составляемый им с осью основного пути, больше: пусть  $\xi < \alpha - \xi$ , тогда (черт. 198) одна переходная кривая будет угла  $\alpha - \xi - \beta$ , другая — угла  $\xi$ . Центр крестовины будет находиться не на оси основного пути, а на расстоянии  $P_1$  и  $P_2$  от рабочих кантов рельсов.



Черт. 198.

Полагая, что между кривыми и центром крестовины имеются прямые вставки  $h_1$  и  $h_2$ , длина коих больше  $n$ , и называя радиусы переходных кривых через  $R$  и  $r$ , получим:

$$L = l + \left( R + \frac{s}{2} \right) \sin \xi + h_2 \cos \xi. \quad (1)$$

$$L = l \cos \beta + \left( r + \frac{s}{2} \right) [\sin (\alpha - \xi) - \sin \beta] + h_1 \cos (\alpha - \xi). \quad (2)$$

$$s = P_1 + P_2. \quad (3)$$

$$P_1 = l \sin \beta + \left( r + \frac{s}{2} \right) [\cos \beta - \cos (\alpha - \xi)] + h_1 \sin (\alpha - \xi). \quad (4)$$

$$P_2 = s - P_1 = \left( R + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \xi) + h_2 \sin \xi. \quad (5)$$

В этих пяти уравнениях неизвестны  $P_1$  и  $P_2$ ,  $L$ ,  $R$ ,  $r$ ,  $h_1$  и  $h_2$ , т. е. всего семь величин, из коих первые три подлежат определению; что же касается последних четырех, то из них двумя надо задаться, а две получаются из уравнения (1)–(5); при решении вопроса о том, как задаваться величинами  $R$ ,  $r$ ,  $h_1$  и  $h_2$ , надо иметь в виду следующие случаи.

1. Можно задаться наименьшими значениями  $h_1$  и  $h_2$ , приняв их  $h_1 = h_2 = n$ ; значения  $r$  и  $R$  в этом случае будут наибольшие, и длина перевода наибольшая.

<sup>1</sup> См. главу о стрелочных улицах, где в зависимости от расстояния между осями путей длины стрелочного перевода, углы  $\xi$  и  $\alpha - \xi$  имеют вполне определенные величины.

2. Можно задаться наименьшей допустимой величиной радиуса, одинаковой для каждой переходной кривой; в этом случае длины прямых вставок  $h_1$  и  $h_2$  неодинаковы и получаются наибольшими, длина перевода получается наименьшей.

3. Можно задаться радиусом кривой, угол коей больше, и длину вставки при ней принять равной  $h_1$ .

4. Наконец, самым правильным решением вопроса—задаться отношением  $R$  и  $r$ , т. е. принять:

$$R + \frac{s}{2} = k \left( r + \frac{s}{2} \right),$$

причем коэффициент  $k$  взять таким образом, чтобы было выполнено условие

$$\frac{R + \frac{s}{2}}{r + \frac{s}{2}} = \frac{\alpha - \xi - \beta}{\xi} = k. \quad (6)$$

Затем задаться наименьшим значением радиуса  $\left( r + \frac{s}{2} \right)$  и определить  $h_1$  и  $h_2$ .

Вообще следует иметь в виду, что, задаваясь двумя величинами из числа четырех:  $R$ ,  $r$ ,  $h_1$  и  $h_2$ , две другие получаются математически возможными; однако двумя величинами надо задаваться таким образом, чтобы все четыре величины получились наиболее соответственными, имея в виду возможно меньшую длину перевода и достаточную пологость переходных кривых.

Разберем все четыре случая на частном примере.

1. Пусть  $\alpha - \xi^1 = 4^{\circ}8'7''$ ;  $\alpha = 6^{\circ}20'25''$ ;  $\xi = 2^{\circ}12'18''$ ;  $l = 5$  м;  $\beta = 1^{\circ}25'57''$ ;  $n = 1$  м. В этом случае  $P_1 = 1,121$  м,  $P_2 = 0,403$  м,  $R + \frac{s}{2} = 493,6$  м,  $r + \frac{s}{2} = 403,1$  м и  $L = 24,99$  м.

2. Принимая все те же данные и задаваясь  $R + \frac{s}{2} = r + \frac{s}{2} = 200$  м, получим:

$$P_1 = 1,056 \text{ м}, P_2 = 0,468 \text{ м}, L = 20,96 \text{ м}, h_1 = 6,56 \text{ м} \text{ и } h_2 = 8,27 \text{ м}.$$

3. Устраивая несимметричный перевод с переводными кривыми без прямых вставок, длина его  $L$  получается значительной, поэтому в целях уменьшения длины перевода поступают так.

Задаются радиусом той кривой, угол которой больше; путь  $\alpha - \xi - \beta > \xi$ , кривую эту принимаем оканчивающейся у конца крестовины, величину  $h_1$  берем равной  $n$ , тогда из ур-ний (2) и (4) по заданному  $r$  получим  $P_1$  и  $L$ , а также  $P_2$ .

Затем (черт. 198) будем иметь:

$$L = TK + KO \cos \xi \text{ и } P_2 = KO \sin \xi,$$

откуда получим длины  $TK$  и  $KO$ .

Вычитая из длины  $TK$  длину острья  $l$ , а из длины  $KO$  длину  $n$  хвоста крестовины, получим две, вообще говоря, неравные прямые; если прямая  $KX$  больше прямой  $KJ$ , то величина радиуса  $R$  определится из следующего соотношения:

$$\left( R + \frac{s}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{\xi}{2} = KJ, \quad (7)$$

и длина прямой вставки между корнем острья и началом кривой радиуса  $R + \frac{s}{2}$  равна  $KX - KJ$ . Если бы получилось, что  $KJ > KX$ , то прямая вставка будет между концом кривой  $y$  и хвостом крестовины, т. е. тогда:

$$h_2 > n.$$

<sup>1</sup> Угол  $\alpha - \xi = 4^{\circ}8'7''$  стрелочной улицы с расстоянием между осями путей  $e = 5$  м и  $L_p = 27,50$  м.

Пусть  $\alpha - \xi = 4^{\circ}8'7''$ ;  $\alpha = 6^{\circ}20'25''$ ;  $\xi = 2^{\circ}12'18''$ ;  $l = 5$  м;  $\beta = 1^{\circ}25'57''$ ;  $r + \frac{s}{2} = 400$  м;  $h_1 = 1$  м, тогда из уравнений (2) и (4) получим  $P_1 = 1,113$  м и  $P_2 = 0,421$  м и  $L = 24,84$  м;  $KO = 10,94$  м,  $TK = 13,91$  м,  $KX = 8,91$  м и  $KJ = 9,94$  м,  $h_2 = 10,94 - 8,91 = 2,03$  м и  $R + \frac{s}{2} = 462,9$  м.

Задаваться радиусом  $r + \frac{s}{2}$  надо несколько раз, т. к. не всякое значение  $r + \frac{s}{2}$  дает возможные решения.

4. Величина угла кривой радиуса  $r + \frac{s}{2}$  будет  $\alpha - \xi - \beta = 4^{\circ}8'7'' - 1^{\circ}25'57'' = 2^{\circ}42'10''$ , и, следовательно, задаваясь условиями:

$$\frac{\alpha - \xi - \beta}{\xi} = \frac{2^{\circ}42'10''}{2^{\circ}12'18''} = \frac{9730}{7938}$$

получим:

$$R + \frac{s}{2} = 1,225 \left( r + \frac{s}{2} \right);$$

$r + \frac{s}{2}$  принимаем в 200 м,  $R + \frac{s}{2} = 245$  м, и тогда  $P_1 = 1,079$  м,  $P_2 = 0,445$  м,  $L = 21,28$  м,  $h_1 = 6,88$  м,  $h_2 = 6,86$  м.

В таблице 18 приведены результаты вычислений для всех четырех случаев.

Таблица 18

№ возможных решений	$P_1$	$P_2$	$r + \frac{s}{2}$	$R + \frac{s}{2}$	$h_1$	$h_2$	$L$
1	1,121	0,403	403	496	1,00	1,00	24,99
2	1,056	0,468	200	200	6,56	8,27	20,96
3	1,113	0,421	400	463	1,00	2,03	24,84
4	1,079	0,445	200	245	6,88	6,86	21,28

Расстояние точек  $M_1$  и  $M_2$  пересечения осей ответвляющихся путей с осью основного пути от центра крестовины определяется так (черт. 198):

$$M_1N = M_1K_1 + K_1N = M_1K_1 + K_2O = \frac{2P_1 - s}{2 \operatorname{tg}(\alpha - \xi)} + \frac{s}{2 \sin(\alpha - \xi)} \quad (8)$$

$$M_2N = V_1N - V_1M_2 = V_2O - V_1M_2 = \frac{s}{2 \sin \xi} - \frac{2P_1 - s}{2 \operatorname{tg} \xi} \quad (9)$$

Точка  $M_2$  представляет собой пересечение осей основного пути и разветвляющегося верхнего по чертежу пути; точка  $M_1$  — пересечение осей основного и нижнего пути. Далее будем иметь:

$$\begin{aligned} M_2T_2 = b'_2 = M_2N^* \cos \xi &= \frac{s}{2 \operatorname{tg} \xi} - \frac{(2P_1 - s) \cos \xi}{2 \operatorname{tg} \xi} \\ &= \frac{1}{2 \operatorname{tg} \xi} [s - (2P_1 - s) \cos \xi] = \frac{1}{2 \operatorname{tg} \xi} [s - (P_1 - P_2) \cos \xi]. \end{aligned} \quad (10)$$

\* Вставляя значения  $M_2N$  по ур-нию (9),  $M_1N$  по ур-нию (8).

$$M_1 T_1 = b_1 = M_1 N \cos(\alpha - \xi) = \frac{(2F_1 - s) \cos(\alpha - \xi)}{2 \operatorname{tg}(\alpha - \xi)} + \frac{s}{2 \operatorname{tg}(\alpha - \xi)} =$$

$$= \frac{1}{2 \operatorname{tg}(\alpha - \xi)} [(P_1 - P_2) \cos(\alpha - \xi) + s]. \quad (11)$$

$$a_2' = M_2 Q = L_t - M_2 N. \quad (12)$$

$$a_1' = M_1 Q = L_t - M_1 N. \quad (13)$$

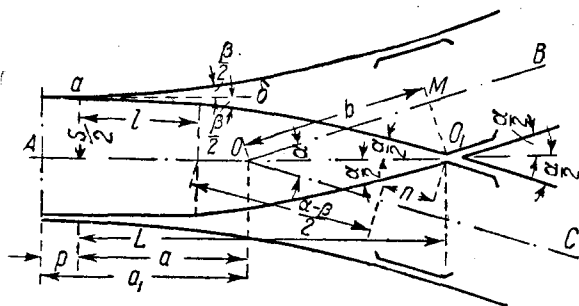
### § 15. Симметричный одиночный стрелочный перевод с прямолинейными острьями

Стрелочный угол расположен таким образом, что он делится направлением линии  $ab$  (черт. 199), совпадающим с направлением рабочих кантов рельсов прямой колеи, пополам, и, кроме того, математический центр крестовины находится на оси первоначального неразветвленного пути  $OO_1$ . В симметричном переводе на каждой ветви имеется кривая радиуса  $R + \frac{s}{2}$  и угла  $\frac{\alpha - \beta}{2}$ .

Называя проекцию от острья пера  $a$  до центра крестовины  $O_1$  на направлении оси основного пути через  $L$  и проектируя на вертикаль стрелочный перевод от острья пера до центра крестовины, получим (черт. 199):

$$L = l \cos \frac{\beta}{2} + \left(R + \frac{s}{2}\right) \left(\sin \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\beta}{2}\right) + n \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$

$$\frac{s}{2} = l \sin \frac{\beta}{2} + \left(R + \frac{s}{2}\right) \left(\cos \frac{\beta}{2} - \cos \frac{\alpha}{2}\right) + n \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (2)$$



Черт. 199.

Если в этих формулах брать значения величин  $n$  по вышеприведенным данным, то  $R$  и  $L$  получаются слишком большими, поэтому по заданному радиусу из ур-ния (2) определяют  $n$ , которое будет больше длины хвоста крестовины  $n$ , а затем из ур-ния (1) определяется величина  $L$ .

Те же формулы показывают, что симметричный перевод допускает применение больших радиусов при марках крестовин в  $1/8, 1/7$ , поэтому казалось бы возможным

допустить для симметричного стрелочного перевода крестовины марки в  $1/8$  и  $1/7$ .

**Разбивка по осям.** Центр крестовины  $O_1$  отстоит от пересечения осей путей (см.  $\triangle OMO_1$  в черт. 199) на  $OO_1$ :

$$OO_1 = \frac{MO_1}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{s}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (3)$$

$$a = L - \frac{s}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (4)$$

$$OM = b = \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (5)$$

Принимая, ввиду малости угла  $\alpha$ , величину  $\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = 2 \operatorname{ctg} \alpha$ , получим:

$$b = s \operatorname{ctg} \alpha \quad (6)$$

Расстояние от  $O$  до предельного столбика, считая по оси ответвляющегося пути, равно  $4 \operatorname{ctg} \alpha$ , считая же по оси основного пути будем иметь:

$$\frac{2}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (7)$$

Пример:

$$\begin{aligned} \beta &= 1^{\circ}20' \\ \operatorname{tg} \alpha &= 1/7 \text{ и } \alpha = 8^{\circ}7'50'' \\ l &= 5 \text{ м.} \end{aligned}$$

Пусть  $R + \frac{s}{2} = 200$  м; будем иметь:

$$\frac{s}{2} = l \sin \frac{\beta}{2} + \left( R + \frac{s}{2} \right) \left( \cos \frac{\beta}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right) + n \sin \frac{\alpha}{2}$$

или  $0,762 = 5 \cdot 0,01164 + 200 \cdot (0,99993 - 0,99748) + n_1 \cdot 0,07089$

и  $n_1 = \frac{0,762 - 0,058 - 0,490}{0,07089} = 3,02 \text{ м.}$

$$L = 19,85 \text{ м.}$$

Принимая тип рельса III-а,  $b = 110$  мм и  $v = 60$  мм,  $n = [b - v + 50] \operatorname{ctg} \alpha + 300 = (110 - 60 + 50) \cdot 8 + 300 = 1100$  мм.

Наибольшая величина радиуса определится из ур-ния (4):

$$R + \frac{s}{2} = \frac{\frac{s}{2} l \sin \frac{\beta}{2} - n \sin \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\beta}{2} - \cos \frac{\alpha}{2}}$$

или

$$R + \frac{s}{2} = \frac{0,762 - 5000 \cdot 0,01164 - 1100 \cdot 0,07089}{0,99993 - 0,99748} = 255,43 \text{ м.}$$

$$L_t = 5 \cdot 0,99993 + 255,43 (0,07089 - 0,01164) + 1,1 \cdot 0,99748 = 21,24 \text{ м,}$$

т. е. при применении максимального радиуса длина перевода лишь на 1,4 м более, чем при радиусе в 200 м.

Вполне применима для симметричных переводов марка крестовины в 1:6.

Определим данные для разбивки по осям для  $R + \frac{s}{2} = 200$  м и 2

$$\text{Длина } OO_1 \text{ для обоих радиусов} = \frac{s}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = 10,75 \text{ м.}$$

$$\text{Длина } b \text{ для обоих радиусов} = \frac{s}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{0,762}{0,07107} = 10,72 \text{ м.}$$

$$\text{Для } R + \frac{s}{2} = 200 \text{ м, } a = 19,85 - 10,75 = 9,10 \text{ м.}$$

$$\text{Для } R + \frac{s}{2} = 255,43 \text{ м, } a = 21,24 - 10,75 = 10,49 \text{ м.}$$

Предельный столбик находится от пересечения осей путей, считая по направлению ответвляющихся путей, на расстоянии  $4 \operatorname{ctg} \alpha$  или 28 м, а считая по оси основного пути на  $2 : \sin \frac{\alpha}{2} = 2 : 0,07089 = 28,2$  м.

Из настоящего примера следует, что симметричные переводы дают возможность применять большие радиусы (против обыкновенных переводов), уменьшить длину всего перевода и применять более крутые крестовины, что, казалось бы, не должно встречать практических препятствий, кроме разве неприменимости этих крестовин для обыкновенных переводов. Следует не забывать, что вместе с применением крутых крестовин в последних уменьшается величина перерыва рабочего канта, что весьма желательно.

В симметричных стрелочных переводах задаемся радиусом и получаем прямую вставку  $n$  между кривой и математическим центром крестовины.



В таблице 19 приведены основные размеры симметричных переводов для колес в 750 мм.

Таблица 19

№ по пор.	Наименование элементов стрелочн. перевода	Марки крестовин							
		$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5,6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3,7}$	$\frac{1}{3}$
1	Расстояние $t + v$ . . .	106	86	86	86	86	86	86	86
2	Длина $l$ остряка в м . . .	3,5	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29
3	$\sin \beta = (t + v) : l$ . . .	0,030286	0,037555	0,037555	0,037555	0,037555	0,037555	0,037555	0,037555
4	Угол $\beta$ . . . . .	1°44'8"	2°9'8"	2°9'8"	2°9'8"	2°9'8"	2°9'8"	2°9'8"	2°9'8"
5	Радиус кривой $R$ . . .	100 м	80 м	65 м	53 м	40 м	30 м	25 м	15 м
6	Угол крестовины $\alpha$ . . .	7°7'30"	8°7'50"	9°27'45"	10°18'17"	11°18'35"	14°2'10"	15°7'26"	18°26'5"
7	Хвост крестовины $n$ . . .	903	814	803	750	750	705	515	672
8	Хвост крестовины $q$ . . .	1550	1280	1143	1050	1150	900	767	644
9	Длина крестовины $n + q$ . . .	2453	2094	1946	1800	1800	1605	1312	1316
10	Гориз. проекция $q = q'$ . . .	1547	1278	1140	1044	1144	893	760	633
11	Выступ рам. рельса из-за остряка $p$ . . .	800	580	580	580	580	510	510	510
12	Прямая вставка, включающая $n$ . . . . .	2192	1994	1449	1338	1438	911	871	839
13	$s : 2 \sin \frac{\alpha}{2} = 00_t = b_1$ . . .	6000	5266	4528	4164	3798	3077	2842	2333
14	$L_t$ . . . . .	10509	8483	7911	7467	6944	6270	5773	5299
15	$a = L_t - b_1$ . . . . .	4502	3217	3383	3303	3146	3193	2931	2966
16	$L = a + b_1 + p + q_1$ . . .	12849	10341	9631	9091	8668	7673	7043	6445

В таблице 20 приведены основные элементы разбивки для колес в 1 м.

Таблица 20

№ по пор.	Наименование элементов стрелочных переводов	Марки крестовин						
		$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4,5}$	$\frac{1}{4}$
1	Расстояние $t + v$ . . .	125	125	106	106	86	86	86
2	Длина $l$ остряка . . .	5565	5565	3500	3500	2200	2290	2290
3	$\sin \beta = (t + v) : l$ . . .	0,022462	0,022422	0,030286	0,030286	0,037555	0,037555	0,037555
4	Угол $\beta$ . . . . .	1°17'14"	1°17'14"	1°44'8"	1°44'8"	2°9'8"	2°9'8"	2°9'8"
5	Радиус кривой $R$ . . .	150	125	100	80	65	50	35
6	Угол крестовины $\alpha$ . . .	7°20'25"	7°7'30"	8°7'50"	9°27'45"	11°18'35"	12°31'45"	14°2'10"
7	Хвост крестовины $n$ . . .	1170	903	814	773	750	690	670
8	Хвост крестовины $q$ . . .	1755	1550	1280	1200	1150	805	820
9	Длина крестовины $n + q$ . . . . .	2925	2453	2094	1973	1900	1495	1490
10	Гориз. проекция $q = q'$ . . .	1753	1547	1278	1196	1144	800	815
11	Выступ рамного рельса из-за остряка $p$ . . .	835	835	800	800	580	580	580
12	Прямая вставка, включающая $n$ . . . . .	3911	3264	2931	2219	1514	1649	1645
13	$s : 2 \sin \frac{\alpha}{2} = 00_t = b_1$ . . .	9042	8046	7053	6062	5074	4696	4092
14	$L_t$ . . . . .	16108	15215	12028	11133	9013	8459	7587
15	$a = L_t - b_1$ . . . . .	7066	7169	4975	5071	3939	3763	3495
16	$L_p = a - b_1 + p + q_1$ . . .	18696	17597	14106	13129	10737	9839	8982

## § 16. Симметричный одиночный стрелочный перевод с криволинейными острьяками

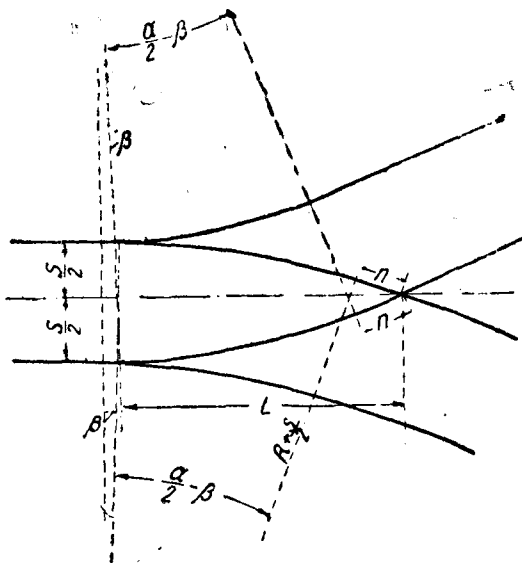
Этот стрелочный перевод дает возможность делать большие радиусы при коэффициенте крестовины в  $\frac{1}{8}$  и  $\frac{1}{9}$ , и точно так же, как и для симметричного перевода с прямолинейными острьяками, тут казалось бы целесообразным применить крестовины с большим углом. Переводы эти могли бы быть применены на главных путях малых станций для прохождения поездов со значительной скоростью, следующих без остановок.

Называя начальный угол криволинейного острьяка через  $\beta$ , получим уравнения (черт. 200):

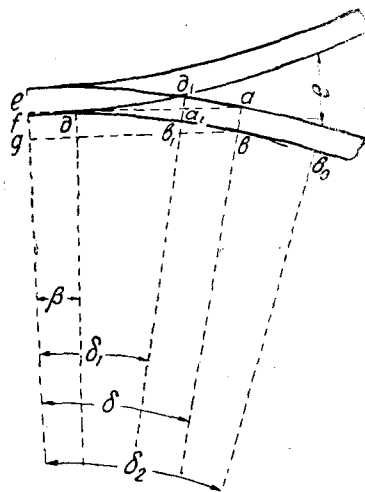
$$L = \left( R + \frac{s}{2} \right) \left( \sin \frac{\alpha}{2} - \sin \beta \right) + n \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$

$$\frac{s}{2} = \left( R + \frac{s}{2} \right) \left( \cos \beta - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + n \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (2)$$

Рамные рельсы у перьев острьяков имеют перегиб, соответствующий начальному углу острьяка  $\beta$ ; перегиб этот в смысле прохождения колесного ската значения не имеет, т. к. направление движения совершается прижатым острьяком, а не рамным рельсом.



Черт. 200.



Черт. 201.

В случае одного криволинейного острьяка (черт. 201), проведя продолжение рабочего канта рельса прямого пути  $da$ , будем иметь:

$$ab = fg = v_1; \quad ad = \left( R + \frac{s}{2} \right) (\sin \delta - \sin \beta);$$

$$ab = \left( R + \frac{s}{2} \right) (\cos \beta - \cos \delta) = v_1;$$

откуда:

$$\cos \delta = \cos \beta - \frac{v_1}{R + \frac{s}{2}}. \quad (3)$$

Точка  $a$  представляет точку касания рамного рельса и острьяка.

При двух криволинейных острьяках точка касания головки острьяка и рамного рельса из  $a$  перейдет в  $d_1$ . Так как рабочие канты рамного рельса и острьяка составляют в точке  $d$  одинаковые углы с первоначальным направлением и одинаковых радиусов, то будем иметь:

$$b_1 a_1 = a_1 d_1 = \frac{v_1}{2};$$

$$\frac{v_1}{2} = \left( R + \frac{s}{2} \right) (\cos \beta - \cos \delta_1);$$

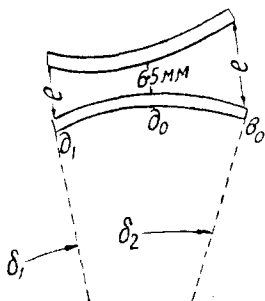
откуда:

$$\cos \delta_1 = \cos \beta - \frac{v_1}{2 \left( R + \frac{s}{2} \right)}. \quad (4)$$

Далее:

$$\partial \delta_1 = \partial b_1 = \left( R + \frac{s}{2} \right) (\sin \delta_1 - \sin \beta). \quad (5)$$

Расчет надо вести так: задаемся величиной перевода и величиной начального угла, определяем из ур-ний (1) и (2) величины  $R$  и  $n$ ; далее определяем все данные по вышеприведенному расчету (хотя можно вести его таким же порядком, как и для симметричного перевода с прямыми острьями).



Черт. 202.

Так как рамный рельс и отведенный остряк обращены выпуклостями друг к другу, то, полагая корень остряка в  $b_0$  и обозначая расстояние между внутренними гранями головок остряка и рамного рельса через  $e$  и полагая, что на такую же величину должен быть отведен остряк в точке  $d_1$  (касания головок остряка и рамного рельса), легко видеть из черт. 202, что  $e$  будет больше 65 мм (необходимого прозора для прохождения бандажа), а 65 мм будет посредине между корнем и точкой  $d_1$ . Угол соответствующий расстоянию в 65 мм, равен:

$$\frac{\delta_1 + \delta_2}{2}.$$

Когда расстояние  $e$  у  $d_1$  равно при прижатом остряке нулю, то расстояние в  $d_0$  с достаточной точностью можно принять в  $65:2$ , и тогда:

$$\frac{65}{2 \cdot 2} = R \left[ \cos \delta_1 - \cos \left( \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \right) \right]$$

и

$$\cos \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} = \cos \delta_1 - \frac{65}{4R}. \quad (6)$$

Далее определится  $\delta_2$  и длина остряка, считая по дуге

$$\frac{\delta_2 - \beta}{180^\circ} \pi R. \quad (7)$$

Величина  $e = 2R (\cos \delta_1 - \cos \delta_2)$

и ход остряка

$$\frac{\delta_2 - \beta}{\delta_2 - \delta_1} e.$$

В этом случае приходится применять короткие остряки и все-таки считаться с довольно большой величиной хода остряков.

Пример:

$$\alpha = 8^\circ 7' 50'', \quad \beta = 30', \quad L = 17 \text{ м}, \quad v = 53,5 \text{ мм};$$

$$L = \left( R + \frac{s}{2} \right) (0,07089 - 0,00873) + n \cdot 0,997448 = 17,0;$$

$$R + \frac{s}{2} = \frac{17 - 0,99748 n}{0,06216};$$

$$0,762 = \left( R + \frac{s}{2} \right) (0,99996 - 0,99748) + 0,07089 n;$$

$$R + \frac{s}{2} = 230,6 \text{ м}, \quad n = 2,68 \text{ м};$$

$$\cos \delta_1 = 0,99996 - \frac{53,5}{461,200} = 0,99984$$

$$\delta_1 = 1^\circ 2';$$

$$\partial \delta_1 = 230,6 (0,01803 - 0,00873) = 2,14 \text{ м};$$

$$\cos \left( \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \right) = 0,99984 - \frac{65}{922,400} = 0,99977 \text{ и } \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} = 1^\circ 14' \text{ и } \delta_2 = 1^\circ 26'.$$

Длина остряка

$$\frac{56}{180 \cdot 60} \cdot 3,141 \cdot 230,6 = 3,68 \text{ м};$$

$$e = 461,2 (0,99984 - 0,99969) \cdot 1000 = 69 \text{ мм.}$$

Ход остряка:

$$\frac{56}{24} \cdot 69 = 161 \text{ мм.}$$

Из приведенных примеров следует, что симметричные переводы с двумя криволинейными остряками дают следующие преимущества.

1. Малую длину всего перевода при довольно значительном радиусе переходных кривых.

2. Возможность применять крестовины больших углов, что дает возможность уменьшить длину самой крестовины и перерыв рабочего канта.

3. Дают возможность применять короткие остряки; минимальная длина остряков могла бы быть назначена только посредством наблюдения над службой остряков; однако, принимая во внимание, что значительная длина прямолинейных остряков вызывается лишь желанием уменьшить угол удара, а этот последний в данном случае не зависит от длины остряка, вполне возможно придавать острякам длины, получаемые по расчету в вышеприведенных примерах.

Применение симметричного перевода с криволинейными остряками может иметь место, если вообще на дороге применяются криволинейные остряки, в противном случае надо применять симметричный перевод с прямолинейными остряками.

### § 17. Одиночный стрелочный перевод на кривом основном пути, причем центры кривых переводного и главного пути лежат по одну сторону оси главного пути

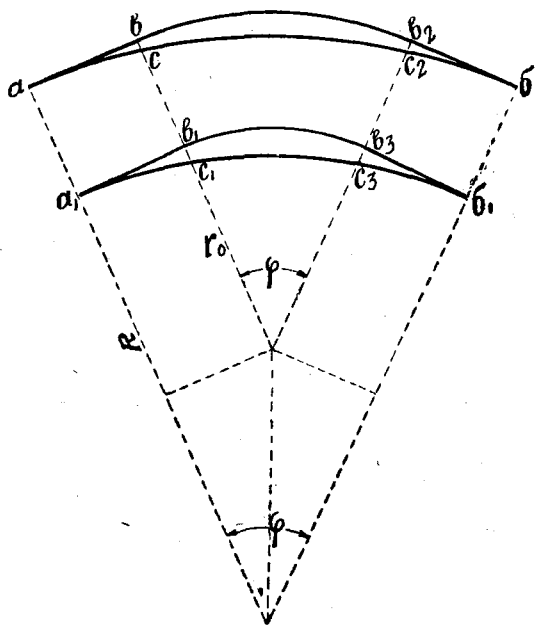
Предположим, что нам надо уложить перевод на пути радиуса  $R$ ; так как рамный рельс и крестовина должны расположиться на прямой, то кривые  $acc_2b$  и  $a_1c_1c_3b_1$  заменяем (черт. 203) прямыми  $av$ ,  $a_1v_1$ ,  $bv_2$  и  $b_1v_3$  и кривыми  $vv_2$  и  $v_1v_3$ , радиусы коих менее радиуса  $R$ , а центральные углы  $\varphi$  равны, при этом длины прямых  $av$  и  $v_1v$ ,  $v_2v_1$  и  $v_3v_1$  должны быть соответственно равны. Задаем длину  $ab$ , на которой должен поместиться весь стрелочный перевод, считая его от конца рамного рельса до конца внешнего хвоста крестовины, вычисляя далее  $av = v_2b$ . Руководясь минимальной необходимой длиной крестовины или остряка и рамного рельса, получим, что величина нового радиуса  $r_0$  равна:

$$r_0 = R - \frac{av}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} \quad (1)$$

Такая замена радиуса кривой другим радиусом меньшей величины наиболее обычна.

Второй способ заключается в том, что длина радиуса пути в пределах стрелочного перевода не изменяется (черт. 204).

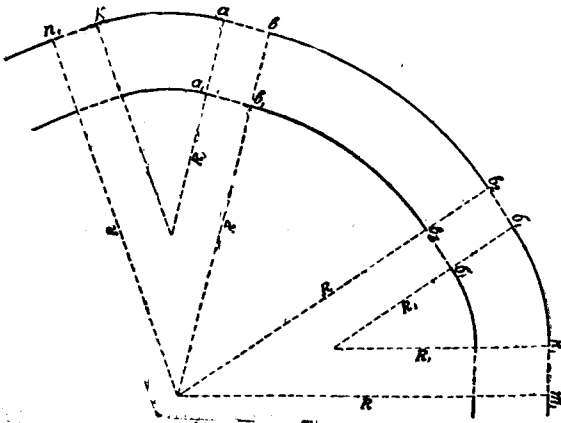
Крестовина и рамный рельс ( $av$  и  $v_2b$ ) касательны к кривой  $vv_2$  в точках  $v$  и  $v_2$ , и для того, чтобы сойти опять на кривую, надо вне пределов расположения перевода  $ab$  применить кривые  $ka$  и  $bk_1$  радиусов  $R_1 < R$  и при помощи прямых вставок  $n_1k$  и  $k_1m_1$  выйти на прежнее направление (в плане) главного пути.



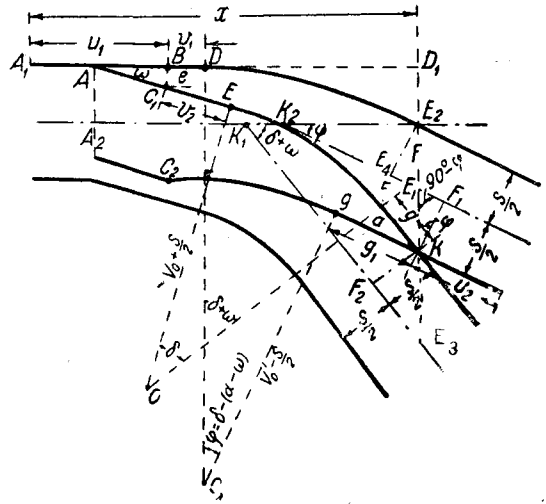
Черт. 203.

Первый способ „изменения кривой главного пути в пределах расположения (или длины) перевода“ предпочтителен, а для больших станций является исключительным, имея за собой то удобство, что все изменения главного пути расположены в пределах перевода, второй же способ, требуя изменений вне пределов перевода, может применяться лишь на незначительных станциях, когда стрелочные переводы расположены настолько редко, что изменения в плане главного пути вне пределов данного перевода не стесняют свободы расположения следующего перевода.

После приведения (безразлично по первому или второму способу) части кривой пути, на которой расположен перевод, к двум прямым и кривой, далее поступаем так.



Черт. 204.



Черт. 205.

Обозначая через (черт. 205):

- $s$  — ширину колеи;
- $e$  — расстояние в корне остряка между рабочими кантами остряка и рамного рельса;
- $\omega$  — стрелочный угол (при криволинейном остряке — угол, образуемый касательной в корне остряка с  $AD$ );
- $\alpha$  — угол крестовины;
- $\delta$  — угол переходной кривой ответвляющегося пути;
- $\varphi = \delta - (\alpha - \omega)$  — угол, соответствующий основному пути;
- $r_0'$  — радиус кривой главного пути после устройства двух прямых (при устройстве прямых по второму способу  $r_0' = R$ );
- $r_0$  — радиус переходной кривой ответвления;
- $FK = g$  и  $GK = g_1$  — прямые вставки или хвосты крестовины (часто  $g = g_1$ );
- $u_1$  — расстояние от конца  $A_1$  рамного рельса до корня остряка;
- $u_2$  — длина другого хвоста крестовины;
- $v_1$  — расстояние между корнем остряка и концом рамного рельса  $D$  (часто  $v_1 = 0$ );
- $v_2$  — прямая вставка между корнем остряка и кривой радиуса  $r_0$  (обыкновенно  $v_2 = 0$ ).

Проектируя многоугольник  $O_1DBC_1EOFKGO_1$  на оси  $O_1D$  и  $AD$ , получим (черт. 205):

$$\left(r_0' - \frac{s}{2}\right) \cos \varphi - g_1 \sin \varphi + g \sin (\delta + \omega) - \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \cos (\delta + \omega) + \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \cos \omega + v_2 \sin \omega + e - \left(r_0' + \frac{s}{2}\right) = 0; \quad (2)$$

$$\left(r_0' - \frac{s}{2}\right) \sin \varphi + g_1 \cos \varphi - g \cos (\delta + \omega) - \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \sin (\delta + \omega) + \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \sin \omega - v_2 \cos \omega + v_1 = 0. \quad (3)$$

Из этих уравнений всегда возможно решить две неизвестные.

Если неизвестные  $r_0$  и  $\delta$ , то величины их путем алгебраических выкладок с уравнениями (2) и (3) приведутся к виду:

$$r_0 + \frac{s}{2} = \frac{\left(r_0' - \frac{s}{2}\right) m_1 + M}{\left(r_0' - \frac{s}{2}\right) \mu_1 + m_2} \quad (4)$$

и

$$\operatorname{tg} \frac{\delta}{2} = \frac{\left(r_0' - \frac{s}{2}\right) \mu_1 + m_2}{\left(r_0' - \frac{s}{2}\right) \mu_2 + m_3}, \quad (5)$$

где:

$$M = \frac{1}{2} [(s-e)^2 + v_1^2 + v_2^2 - g^2 - g_1^2] - v_1 v_2 \cos \omega - v_2 (s-e) \sin \omega + g g_1 \cos \alpha,$$

$$m_1 = s - e - v_2 \sin \omega - g \sin \alpha,$$

$$m_2 = (s-e) \cos \omega - v_1 \sin \omega - g_1 \sin \alpha,$$

$$\mu_2 = \sin \alpha + \sin \omega = 2 \sin \frac{\alpha + \omega}{2} \cos \frac{\alpha - \omega}{2},$$

$$m_3 = (s-e) \sin \omega + g - v_2 + v_1 \cos \omega - g_1 \cos \alpha.$$

Если неизвестны  $g$  и  $\left(r_0 + \frac{s}{2}\right)$ , то величины их равны:

$$r_0 + \frac{s}{2} = \frac{n_1 \cos(\delta + \omega) + n_2 \sin(\delta + \omega)}{v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)},$$

$$g = \frac{n_1 v_2 - n_2 v_1}{v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)},$$

где:

$$v_1 = 2 \sin \left( \omega + \frac{\delta}{2} \right) \sin \frac{\delta}{2}; \quad (6)$$

$$v_2 = -2 \cos \left( \omega + \frac{\delta}{2} \right) \sin \frac{\delta}{2}; \quad (7)$$

$$n_1 = \left( r_0' - \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \varphi) + s - e - g_1 \sin \varphi - v_2 \sin \omega; \quad (8)$$

$$n_2 = - \left( r_0' - \frac{s}{2} \right) \sin \varphi - v_1 - g_1 \cos \varphi + v_2 \cos \varphi. \quad (9)$$

Длина  $u_1 + v_1 = g_1 + u_2 =$  вышеуказанной длине прямой  $ab$ , и следовательно:

$$(R - r_0') \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = av = u_1 + v_1 = g_1 + u_2.$$

Вышеуказанные величины  $g$  и  $r_0 + \frac{s}{2}$  получаются посредством следующих алгебраических выкладок.

Из уравнения (2) имеем:

$$\begin{aligned} \left( r_0 + \frac{s}{2} \right) &= \frac{- \left( r_0' - \frac{s}{2} \right) \cos \varphi + g_1 \sin \varphi - g \sin(\delta + \omega) - v_2 \sin \omega}{(\cos \omega - \cos(\delta + \omega))} + \\ &+ \frac{- e + r_0' + \frac{s}{2} + s - s}{\cos \omega - \cos(\delta + \omega)} = \frac{\overbrace{\left( r_0' - \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \varphi) + s - e + g_1 \sin \varphi - v_2 \sin \omega}^{n_1}}{\cos \omega - \cos(\delta + \omega)} + \\ &= \frac{g \sin(\delta + \omega)}{\cos \omega - \cos(\delta + \omega)} = \frac{n_1 - g \sin(\delta + \omega)}{\cos \omega - \cos(\delta + \omega)}. \end{aligned}$$

Из ур-ния (3) имеем:

$$g = \frac{\overbrace{\left(r_0' - \frac{s}{2}\right) \sin \varphi + g_1 \cos \varphi}^{-n_2} - \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \sin(\delta + \omega) + \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \sin \omega}{\cos(\delta + \omega)} +$$

$$+ \frac{\overbrace{-v_2 \cos \omega + v_1}^{-n_2}}{\cos(\delta + \omega)} = \frac{-n_2 + \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) [\sin \omega - \sin(\delta + \omega)]}{\cos(\delta + \omega)};$$

подставляя значение  $g$  в  $\left(r_0 + \frac{s}{2}\right)$ , получим:

$$r_0 + \frac{s}{2} = \frac{n_1 \cos(\delta + \omega) + n_2 \sin(\delta + \omega)}{[\cos \omega - \cos(\delta + \omega)] \cos(\delta + \omega)}$$

$$\frac{[\sin \omega - \sin(\delta + \omega)] \sin(\delta + \omega) \left(r_0 + \frac{s}{2}\right)}{[\cos \omega - \cos(\delta + \omega)] \cos(\delta + \omega)};$$

или

$$\left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \left\{ 1 + \frac{\sin(\delta + \omega) [\sin \omega - \sin(\delta + \omega)]}{\cos(\delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)]} \right\} =$$

$$= \frac{n_1 \cos(\delta + \omega) + n_2 \sin(\delta + \omega)}{[\cos \omega - \cos(\delta + \omega)] \cos(\delta + \omega)};$$

или

$$\left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \left\{ \cos(\delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)] + \right.$$

$$\left. + \sin(\delta + \omega) [\sin \omega - \sin(\delta + \omega)] \right\} =$$

$$= n_1 \cos(\delta + \omega) + n_2 \sin(\delta + \omega);$$

или

$$r_0 + \frac{s}{2} = \frac{n_1 \cos(\delta + \omega) + n_2 \sin(\delta + \omega)}{v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)}, \quad (10)$$

и далее:

$$g_1 = \frac{-n_2 + \frac{n_1 \cos(\delta + \omega) + n_2 \sin(\delta + \omega)}{v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)} [\sin \omega - \sin(\delta + \omega)]}{\cos(\delta + \omega)} =$$

$$= \frac{-n_2 v_1 \cos(\delta + \omega) - n_2 v_2 \sin(\delta + \omega) + n_2 v_2 \cos(\delta + \omega) + n_2 v_2 \sin(\delta + \omega)}{\cos(\delta + \omega) [v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)]} =$$

$$= \frac{n_1 v_2 - n_2 v_1}{v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)}, \quad (11)$$

причем  $n_1, n_2, v_1$  и  $v_2$  имеют вышеприведенные значения по уравнениям (6—9).

Координаты математического центра крестовины будут (черт. 205 и 206):

$$x = u_1 + v_2 \cos \omega + \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) [\sin(\delta + \omega) - \sin \omega] + g \cos(\delta + \omega); \quad (12)$$

$$y = e + v_2 \sin \omega + \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)] + g \sin(\delta + \omega). \quad (13)$$

Основные размеры для осей путей будут (черт. 206):

$$a + c = a_1 = x + \left[ \frac{s}{\cos \varphi} - (y - s) \right] \operatorname{ctg} \varphi - \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} \quad (14)$$

$$a = x - (y - s) \operatorname{ctg}(\delta + \omega) - \frac{s}{2} \operatorname{ctg}_1 \frac{\delta + \omega}{2}; \quad (15)$$

$$c = a_1 - a; \quad (16)$$

$$b = \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} - \left( s - \frac{y - s}{\cos \varphi} \right) \operatorname{ctg} \varphi + k_1; \quad (17)$$

$$b_1 = \frac{s}{2} \operatorname{ctg}_1 \frac{\delta + \omega}{2} + \frac{y - s}{\sin(\delta + \omega)} + k. \quad (18)$$

Пример (для первого предположения, когда  $R$  меняется):

$$e = v + 65 = 125 \text{ мм};$$

длина острька 5 м;

$$v_1 = 0;$$

радиус кривой 1000 м;

$$\alpha = 5^\circ 11' 40''.$$

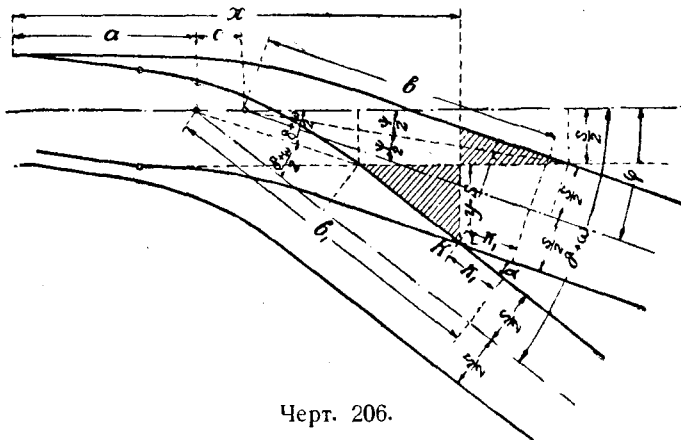
и

$$\sin \omega = \frac{125}{5000} = 0,025,$$

$$\omega = 1^\circ 25' 57''.$$

Пусть длина

$$av = u_1 + v_1 = g_1 + u_2 = 6,4 \text{ м}.$$



Черт. 206.

Длина, на которой помещается перевод = 32 м, тогда:

$$\varphi = \frac{32}{\pi R} \cdot 180^\circ = \frac{32 \cdot 180^\circ}{\pi \cdot 450} = 1^\circ 50' 2'';$$

$$\delta = \varphi + (\alpha - \omega) = 1^\circ 50' 2'' + 3^\circ 35' 45'' = 5^\circ 35' 45''.$$

Далее из ур-ния:

$$(R - r_0') \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 6,4 \text{ м}$$

получим:

$$r_0' = R - \frac{6,4}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} = 1000 - \frac{6,4}{0,016} = 600 \text{ м}.$$

Задаваясь величинами  $g_1$ ,  $u_2$ ,  $v_1$  и  $v_2$ , получим  $g$  и  $r_0 + \frac{s}{2}$ ; причем задаваться значениями вышеприведенных величин придется несколько раз, чтобы получить наиболее удачные комбинации  $g$  и  $r_0 + \frac{s}{2}$ .

При  $u_1 + v_1 = g + u_2 = 6,4$  м и  $r_0' = 600$  м, вставляя определенные выражения в выражения для  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $n_1$  и  $n_2$ , получим:

$$v_1 = 2 \sin \left( \omega + \frac{\delta}{2} \right) \sin \frac{\delta}{2} = 2 \sin 4^\circ 13' 50'' \sin 2^\circ 47' 53'' = 0,007202;$$

$$v_2 = -2 \cos \left( \omega + \frac{\delta}{2} \right) \sin \frac{\delta}{2} = -2 \cos 4^\circ 13' 50'' \sin 2^\circ 47' 53'' = -0,097366;$$

$$\begin{aligned} n_1 &= \left( r_0' - \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \varphi) + s - e + g_1 \sin \varphi - v_2 \sin \omega = \\ &= 599,238 \cdot (1 - \cos 1^\circ 50' 2'') + 1,524 - 0,125 + \sin 1^\circ 50' 2'' g_1 - \sin 1^\circ 25' 57'' v_2 = \\ &= 1,705 + 0,0320 g_1 - 0,025 v_2; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_2 &= - \left( r_0' - \frac{s}{2} \right) \sin \varphi - g_1 \cos \varphi - v_1 + v_2 \cos \omega = \\ &= -599,238 \cdot \sin 1^\circ 50' 2'' - v_1 - g_1 \cos 1^\circ 50' 2'' + v_2 \cos 1^\circ 25' 57'' = -19 \cdot 152 - v_1 - \\ &= -0,999488 g_1 + 0,999687 v_2. \end{aligned}$$



Вставляя нижеприведенные значения для  $g_1$ ,  $v_1$  и  $v_2$  в выражения для  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $n_1$  и  $n_2$ , а затем их значения в выражение для  $g$  и  $r_0 + \frac{s}{2}$ , получим следующие данные:

при:	будет:
$v_1 = 0$ и $v_2 = 0$ ;	$g = 4,09 \text{ м}$ , $r_0 + \frac{s}{2} = 187 \text{ м}$ и $n_1 = 1,772$ ; $n_2 = -21,256$ ;
$v_1 = 0$ и $v_2 = 2,1$ ;	$g = 6,22 \text{ м}$ , $r_0 + \frac{s}{2} = 134 \text{ м}$ и $n_1 = 1,320$ ; $n_2 = -19,152$ ;
$v_1 = 0$ и $v_2 = 4,3$ ;	$g = 8,41 \text{ м}$ , $r_0 + \frac{s}{2} = 88 \text{ м}$ и $n_1 = 1,665$ ; $n_2 = -16,952$ ;
$v_1 = 1 \text{ м}$ и $v_2 = 0$ ;	$g = 2,58 \text{ м}$ , $r_0 + \frac{s}{2} = 202 \text{ м}$ и $n_1 = 1,772$ ; $n_2 = -22,251$ ;
$v_1 = 1 \text{ м}$ и $v_2 = 2,1$ ;	$g = 4,69 \text{ м}$ , $r_0 + \frac{s}{2} = 159 \text{ м}$ и $n_1 = 1,720$ ; $n_2 = -20,152$ .

Пусть  $g_1 = 4,3 \text{ м}$  и  $u_2 = 2,1 \text{ м}$ , тогда:

при:	будет:
$v_1 = 0$ и $v_2 = 0$ ;	$g = 2,21 \text{ м}$ , $r_0 + \frac{s}{2} = 218 \text{ м}$ , $n_1 = 1,843$ ; $n_2 = -23,452$ ;
$v_1 = 1 \text{ м}$ и $v_2 = 0$ ;	$g = 0,70 \text{ м}$ , $r_0 + \frac{s}{2} = 244 \text{ м}$ , $n_1 = 1,843$ ; $n_2 = -24,452$ .

Из приведенных таблиц видно, какое влияние на величину радиусов имеет удачный подбор прочих величин. Принимая значения  $g_1 = 4,3 \text{ м}$  и полагая, что длина хвоста крестовины (что подлежит вычислению) в  $2,1 \text{ м}$  достаточна, останавливаемся на значениях  $v_1 = 0$  и  $v_2 = 0$ , причем  $g = 2,21 \text{ м}$  и  $r_0 + \frac{s}{2} = 218 \text{ м}$ .

Тогда основные размеры для разбивки перевода будут иметь следующие значения (принимая  $k_1 = u_2 = 2,1 \text{ м}$ ):

$$x = 6,4 + 218 (\sin 7^\circ 1' 42'' - \sin 1^\circ 25' 57'') + 2,21 \cos 7^\circ 1' 42'' = 29,81 \text{ м};$$

$$y = 0,125 + 218 (\cos 1^\circ 25' 57'' - \cos 7^\circ 1' 42'') + 2,21 \sin 7^\circ 1' 42'' = 1,965 \text{ м};$$

$$a_1 = 29,81 + \left[ \frac{1,524}{\cos 1^\circ 50' 2''} (1,965 - 1,524) \right] \operatorname{ctg} 1^\circ 50' 2'' - \frac{1,524}{2} \operatorname{ctg} 55' 1'' = 16,26 \text{ м};$$

$$a = 29,81 - 0,441 \operatorname{ctg} 7^\circ 01' 42'' - 0,762 \operatorname{ctg} 3^\circ 30' 51'' = 13,83 \text{ м};$$

$$c = a_1 - a = 2,43 \text{ м};$$

$$b_1 = 0,762 \operatorname{ctg} 55' 1'' - \left( 1,524 - \frac{0,441}{\operatorname{ctg} 1^\circ 56' 2''} \right) \operatorname{ctg} 1^\circ 50' 2'' + 2,1 = 15,93 \text{ м};$$

$$b = 0,762 \operatorname{ctg} 3^\circ 30' 51'' + \frac{0,441}{\sin 7^\circ 1' 42''} + 2,1 = 18,11 \text{ м}.$$

Пример второй (когда  $R$  не меняется);  $r_0' = 1000 \text{ м}$ ; далее,  $v_1 = v_2 = 0$ ;  $g = g_1 = 2 \text{ м}$ .

Вставляя эти величины в вышеприведенные уравнения, получаем:

$$m_1 = 1,524 - 0,125 - 0,182 = 1,217;$$

$$M = \frac{1}{2} (1,399^2 - 2^2 - 2^2) + 4 \cdot 0,9959 = 0,963;$$

$$\mu_1 = 2 \cdot 0,0578 \cdot 0,0328 = 0,0038;$$

$$m_2 = 1,399 - 2 \cdot 0,091 = 1,217;$$

$$\mu_2 = 2 \cdot 0,0578 \cdot 0,99946 = 0,1155;$$

$$m_3 = 1,399 \cdot 0,025 + 2 - 2 \cdot 0,9959 = 0,043;$$

$$r_0 + \frac{s}{2} = \frac{(1000 - 0,762) \cdot 1,217 + 0,963}{(1000 - 0,762) \cdot 0,0038 + 1,267} = 242;$$

$$\operatorname{tg} \frac{\delta}{2} = \frac{(1000 - 0,762) \cdot 0,003 + 1,217}{(1000 - 0,762) \cdot 0,1155 + 0,043} = 0,04343;$$

$$\delta = 4^{\circ}58'24'';$$

$$\varphi = 4^{\circ}58'24'' - 3^{\circ}45'43'' = 1^{\circ}12'41''.$$

После определения длины перевода имеем (черт. 205):

$$c_1 k = \pi \cdot 242 \cdot \frac{4^{\circ}58'24''}{180^{\circ}} + 2 = 23,00 \text{ м};$$

$$c_2 k = \pi (1000 - 0,762) \cdot \frac{1^{\circ}12'41''}{180^{\circ}} + 2 = 23,13 \text{ м}.$$

Координаты  $x$  и  $y$  и пр. определяются так же, как и в предыдущем случае.

Сравнение результатов обоих примеров приводит к следующим выводам:

- 1) длина перевода сравнительно с переводом в прямом пути всегда больше, т. к. главный путь (большего радиуса, нежели радиус переходной кривой ответвляющегося пути) все время удаляется от приближающегося к нему ответвления;
- 2) длина перевода в значительной степени зависит от радиуса главного пути; чем последний больше, тем длина перевода короче, т. к. рассматриваемый случай приближается к простому переводу. При радиусе  $r_0 = \infty$  рассматриваемый случай обращается в обыкновенный перевод.

Положение центра крестовины определяется относительно основного пути абсциссой  $x$  и ординатой  $y$ . Надо определить положение точек  $K_1$  и  $K_2$  пересечения осей ответвляющихся путей с осью основного пути; это положение определяется длиной прямых  $A_2 K_1$  и  $A_2 K_2$  или  $E_2 K_2$  и  $E_2 K_1$ , т. е. горизонтальной проекцией расстояния этих точек от центра крестовины.

Будем иметь:

$$D_1 K = y; \quad D_1 E_2 = \frac{s}{2}; \quad K E_1 = \frac{s}{2 \cos \varphi};$$

$$E_1 E_2 = y - \frac{s}{2} \left( 1 + \frac{1}{\cos \varphi} \right) = y - \frac{s}{2} \left( \frac{1 + \cos \varphi}{\cos \varphi} \right);$$

$$K_2 E_2 = E_1 E_2 \operatorname{ctg} \varphi = y \operatorname{ctg} \varphi - \frac{s}{2} \left( \frac{1 + \cos \varphi}{\sin \varphi} \right) = y \operatorname{ctg} \varphi - \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}. \quad (19)$$

Далее из  $\triangle K F_2 E_3$  получим:

$$E_3 K = \frac{s}{2 \cos(\delta + \omega)}; \quad E_2 K = y - \frac{s}{2}; \quad E_2 E_3 = y - \frac{s}{2} + \frac{s}{2 \cos(\delta + \omega)}, \quad (20)$$

$$\begin{aligned} K_1 E_2 &= E_2 E_3 \operatorname{ctg}(\delta + \omega) = \left\{ y - \frac{s}{2} \left[ 1 - \frac{1}{\cos(\delta + \omega)} \right] \right\} \operatorname{ctg}(\delta + \omega) = \\ &= y \operatorname{ctg}(\delta + \omega) + \frac{s}{2} \operatorname{tg} \left( \frac{\delta + \omega}{2} \right). \end{aligned} \quad (21)$$

По черт. 205 будем иметь для первого примера:

$$K_2 E_2 = \frac{s}{2 \sin \varphi} = \frac{0,762}{\sin 1^{\circ}50'8''} = \frac{0,762}{0,032002} = 23,8 \text{ м}.$$

$$K_1 E_2 = y \operatorname{ctg}(\delta + \omega) + \frac{s}{2} \operatorname{tg} \left( \frac{\delta + \omega}{2} \right) = 1,965 \cdot 8,111 + 0,762 \cdot 0,0614 = 15,98 \text{ м}.$$

Далее будем иметь:

$$\begin{aligned} K_2 F_1 &= K_2 E_1 + E_1 F_1 = \frac{E_1 E_2}{\sin \varphi} + \frac{s}{2} \operatorname{tg} \varphi = \frac{y}{\sin \varphi} - \frac{s}{2} \frac{(1 + \cos \varphi)}{\sin \varphi \cos \varphi} + \frac{s \sin \varphi}{2 \cos \varphi} \\ &= \frac{y}{\sin \varphi} - \frac{s}{2} \left( \frac{1 + \cos \varphi - \sin^2 \varphi}{\cos \varphi \sin \varphi} \right) = \frac{y}{\sin \varphi} - \frac{s(1 + \cos \varphi)}{2 \sin \varphi} = \frac{y}{\sin \varphi} - \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}; \end{aligned}$$

$$K_1 E_3 = \frac{K_1 F_2}{\cos(\delta + \omega)} = \left[ y - \frac{s}{2} \left( 1 - \frac{1}{\cos(\delta + \omega)} \right) \right] \operatorname{ctg}(\delta + \omega) = \frac{y - \frac{s}{2} \left[ 1 - \frac{1}{\cos(\delta + \omega)} \right]}{\sin(\delta + \omega)};$$

$$K_1 F_2 = K_1 E_3 - F_2 E_3 = K_1 E_3 - \frac{s}{2} \operatorname{tg}(\delta + \omega);$$

$$A_2 K_1 = x - K_1 E_2; \quad A_2 K_2 = x - K_2 E_2.$$

Для примера получим:

$$A_2K_1 = x - K_1E_2 = 29,81 - 15,98 = 13,83 \text{ м};$$

$$A_2K_2 = x - K_2E_2 = 29,81 - 23,8 = 6,01 \text{ м};$$

т. е.  $K_2$  расположено ближе к  $A_2$ , нежели к  $K_1$ .

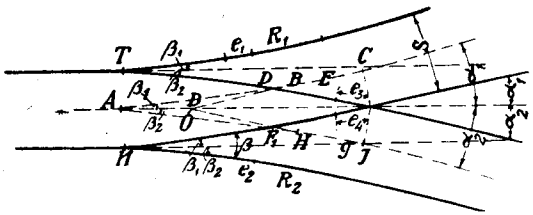
$$K_2F_1 = \frac{y}{\sin \varphi} - \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} = \frac{1,965}{0,032002} - 0,762 \cdot 62,48 = 13,83 \text{ м}$$

и

$$K_1F_2 = \frac{y}{\sin(\delta + \omega)} - \frac{s}{2} \operatorname{tg} \left( \frac{\delta + \omega}{2} \right) = \frac{y}{\sin 7^\circ 1' 42''} - \frac{s}{2} \operatorname{tg} 3^\circ 30' 51'' =$$

$$= \frac{1,965}{0,12236} - 0,762 \cdot 0,0614 = 15,59 \text{ м}.$$

Ниже приводится предложенный проф. В. Н. Образцовым упрощенный способ расчета двухстороннего стрелочного перевода<sup>1</sup>. Пусть у нас имеется несимметричный стрелочный перевод, причем каждый из острьков составляет с первоначальным направлением угол  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , а рабочие канты крестовины — углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  (черт. 207). Радиусы переводных кривых пусть будут  $R_1$  и  $R_2$ , прямые вставки между острьяками и переводными кривыми  $e_1$  и  $e_2$  и между переводными кривыми и центром крестовины  $e_3$  и  $e_4$ ; предполагаем, что переводные кривые начинаются от корня острьяка, и тогда  $e_1 = e_2 = 0$ , длины  $e_3 = e_4 = h =$



Черт. 207.

$=$ длине хвоста крестовины. На черт. 207 длины  $CO$  и  $IO$  оси ответвляющихся путей, пересечение  $O$  осей предполагаем совпадающим с осью основного пути; точки  $B$  и  $H$  являются пересечением касательных к кривым радиусов  $R_1$  и  $R_2$ ; центральные углы кривых будут равны  $\alpha_1 - \beta_1$  и  $\alpha_2 - \beta_2$ .

Из черт. 207 будем иметь:

$$DB = BE = \text{касат. к кривой радиуса } R_1 = R_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha_1 - \beta_1}{2};$$

$$FH = HG = \text{касат. к кривой радиуса } R_2 = R_2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_2 - \beta_2}{2};$$

$$OB + BE = \frac{(AD + DB) \sin \beta_1}{\sin \alpha_1} + BE = \frac{l + R_1 \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha_1 - \beta_1}{2} \right)}{\sin \alpha_1} \sin \beta_1 +$$

$$+ R_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha_1 - \beta_1}{2} = OE = \frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} - h. \quad (22)$$

Аналогично получаем:

$$\frac{(l + R_2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_2 - \beta_2}{2}) \sin \beta_2}{\sin \alpha_2} + R_2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_2 - \beta_2}{2} = \frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} - h. \quad (23)$$

$$\frac{AB}{AH} = \frac{AB}{A} \cdot \frac{AO}{AH} = \frac{\sin(180^\circ - \alpha_1)}{\sin(\alpha_1 - \beta_1)} \cdot \frac{\sin(\alpha_2 - \beta_2)}{\sin(180^\circ - \alpha_2)}$$

или

$$\frac{\sin \alpha_1 \sin(\alpha_2 - \beta_2)}{\sin \alpha_2 \sin(\alpha_1 - \beta_1)} = \frac{l + R_1 \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha_1 - \beta_1}{2} \right)}{l + R_2 \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha_2 - \beta_2}{2} \right)}. \quad (24)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \alpha$$

и

$$\beta_1 + \beta_2 = \beta.$$

<sup>1</sup> См. проф. В. Н. Образцов, „Основные данные для проектирования ж.-д. станций“, стр. 31.

Из ур-ний (22) и (23), приравнивая их друг другу и прибавляя по  $l$ , получим:

$$\frac{\left(l + R_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha_1 - \beta_1}{2}\right) (\sin \beta_1 + \sin \alpha_1)}{\sin \alpha_1} = \frac{\left(l + R_2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_2 - \beta_2}{2}\right) (\sin \beta_2 + \sin \alpha_2)}{\sin \alpha_2},$$

и учитывая ур-ние (24), получим:

$$\frac{\sin(\alpha_2 - \beta_2)}{\sin(\alpha_1 - \beta_1)} = \frac{\sin \alpha_2 + \sin \beta_2}{\sin \alpha_1 + \sin \beta_1}$$

и, заменяя по малости углов синусы углов их дугами, получим:

$$\frac{\alpha_2 - \beta_2}{\alpha_1 - \beta_1} = \frac{\alpha_2 + \beta_2}{\alpha_1 + \beta_1},$$

или

$$\beta_1 = \frac{\alpha_1}{\alpha}; \quad \beta_2 = \frac{\alpha_2}{\alpha},$$

или

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}. \quad (25)$$

Заменяя в ур-нии (22) величины синусов и тангенсов их дугами, получим:

$$\frac{\left(l + R_1 \frac{\alpha_1 - \beta_1}{2}\right) \beta_1}{\alpha_1} + R_1 \frac{\alpha_1 - \beta_1}{2} = \frac{s}{\alpha} - h$$

и далее, вставляя

$$\beta_1 = \frac{\alpha_1}{\alpha} \beta$$

и производя сокращения, получим:

$$R_1 = \frac{2\alpha(s - h\alpha - l\beta)}{\alpha_1(\alpha^2 - \beta^2)}, \quad (26)$$

и аналогично:

$$R_2 = \frac{2\alpha(s - h\alpha - l\beta)}{\alpha_2(\alpha^2 - \beta^2)}. \quad (27)$$

и далее:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$$

или

$$R_1 \alpha_1 = R_2 \alpha_2. \quad (28)$$

Расстояние от острия стрелки до пересечения осей =  $AO$  и будет равно:

$$AO = \frac{AB \sin(\alpha_1 - \beta_1)}{\sin \alpha_1} = \frac{AB(\alpha_1 - \beta_1)}{\alpha_1} = \frac{\left(l + R_1 \frac{\alpha_1 - \beta_1}{2}\right) (\alpha_1 - \beta_1)}{\alpha_1}$$

и, вставляя значения  $R_1$  и  $\beta_1$ , получим:

$$AO = \frac{\alpha - \beta}{\alpha(\alpha + \beta)} [s + (l - h)\alpha] = \alpha, \quad (29)$$

т. е. при данных  $l$  и  $h$  расстояние от точки пересечения осей путей до начала стрелки не зависит от наклона путей к первоначальному направлению основного пути и остается постоянным при всех значениях  $\alpha_1$  и  $\beta_1$  и при  $\alpha_1 = \alpha$  и  $\beta_1 = \beta$ , оставаясь равной величине  $AO$  при односторонней стрелке.

При  $\alpha_2 = 0$ ,  $\alpha_1 = \alpha$ , перевод становится левосторонним,  $\beta_2 = 0$  и  $\beta_1 = \beta$ .

При  $\alpha_1 = 0$ ,  $\beta_1 = 0$  и  $\alpha_2 = \alpha$  и  $\beta_2 = \beta$ , т. е. перевод становится правосторонним.

При  $\alpha_1 = \alpha_2$  стрелка становится симметричной.

Радиусы переводов будут равны.

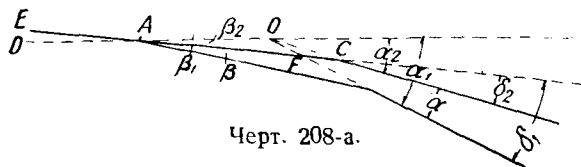
а) При  $\alpha_1 = \alpha$  и  $\alpha_2 = 0$ ,  $R_2 = \infty$  и

$$R_1 = \frac{2(s - h\alpha - l\beta)}{\alpha^2 - \beta^2} \dots$$

б) При  $\alpha_2 = \alpha$  и  $\alpha_1 = 0$ ,  $R_1 = \infty$ .

в) При  $\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{\alpha}{2}$ ,  $R_1 = R_2 = 2R$ , и перевод становится симметричным.

Приведенные формулы могут быть применены для перевода с двумя ветвями, изогнутыми в одну сторону; такой перевод применяется при укладе стрелок на кривом главном пути.



Можно сохранить предыдущие выводы, принимая, что  $\alpha_1 > \alpha$  и  $\beta_1 > \beta$ , т. е. получается, что ударный угол  $\beta_1 > \beta$ , а между тем ударный угол не может быть более  $\beta$ . Для устранения этого положения глав-

ный путь должен быть направлен (черт. 208-а) не по линии  $DA$ , а по линии  $EA$ , служащей продолжением линии  $AC$ , т. е. точка  $O$  пересечения обеих ветвей находится вне направления главного пути—со стороны, противоположной ветвям.

Направление оси главного пути (черт. 208-а) пересечет обе ветви в точках  $F$  и  $C$  под углами, учитывая ур-ние (25):

$$\delta_1 = \alpha_1 - \beta_2 = \alpha_1 \frac{\alpha - \beta}{\alpha} + \beta, \quad (30)$$

$$\delta_2 = \alpha_2 - \beta_2 = \frac{\alpha - \beta}{\alpha} (\alpha_1 - \alpha) \quad (31)$$

и в расстояниях  $a$  и  $a_1$  от точки  $A$ , т. е. от начала стрелки:

$$\frac{AF}{AO} = \frac{\sin(180^\circ - \alpha_1)}{\sin(\alpha_1 - \beta_2)}$$

и

$$\frac{AC}{AO} = \frac{\sin(180^\circ - \alpha_2)}{\sin(\alpha_2 - \beta_2)}$$

Назовем  $AO$  через  $a_0$  и, вставляя значение  $AO$  из ур-ния (29), получим

$$AF = a = a_0 \frac{\sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 - \beta_2)} = \frac{1}{a} \cdot \frac{\alpha - \beta}{\alpha + \beta} [s + (l - h) a] \frac{\sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 - \beta_2)}, \quad (32)$$

$$AC = a_1 = a_0 \frac{\sin \alpha_2}{\sin(\alpha_2 - \beta_2)} = \frac{1}{a} \cdot \frac{\alpha - \beta}{\alpha + \beta} [s + (l - h) a] \frac{\sin \alpha_2}{\sin(\alpha_2 - \beta_2)}, \quad (33)$$

или

$$a_1 = l + R_2 \frac{\alpha_2 - \beta_2}{2}.$$

Заменяя  $R_2$ ,  $\alpha_2$  и  $\beta_2$  по ур-нию (28), получим:

$$a_1 = l + \frac{R}{2} (a - \beta) = \text{const.} \quad (34)$$

Величина  $a_1$  задается и  $\alpha_2$  и  $\beta_2$  определяется.

Из ур-ния (26) имеем:

$$R_1 = \frac{2a(s - ha - l\beta)}{\alpha_1(\alpha^2 - \beta^2)}.$$

Причем, так как  $\alpha_1 > \alpha$ , то при сохранении всех остальных величин радиус  $R_1$  будет меньше  $R$ , который равен:

$$R = \frac{2(s - ha - l\beta)}{\alpha^2 - \beta^2},$$

т. е. мы получаем, что меньший радиус стрелки внутри кривой всегда меньше радиуса стрелки на основном пути.

Оси могут быть построены:

1) либо на прямой  $AA_1$  (черт. 208-б); откладывают длины  $a$  и  $a_1$  по ур-ниям (32) и (33) и проводят прямые  $BD$  и  $EF$  под углами  $\delta_1$  и  $\delta_2$  по ур-ниям (32) и (31);

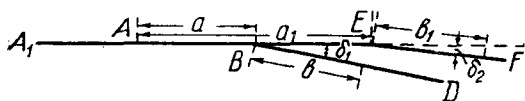
2) либо (черт. 208-в) на прямой  $AA_1$  от точки  $A$  проводят прямую  $AO$  под углом  $\beta_2$  и откладывают:

$$AO = a_0 = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\alpha - \beta}{\alpha + \beta} [s + (l - h) \alpha] \quad (35)$$

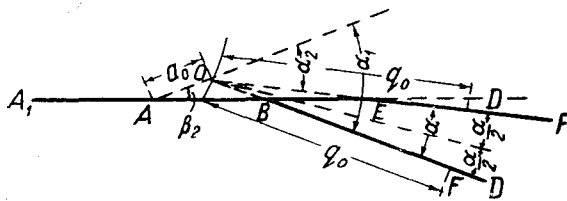
и проводят  $OD$  и  $OF$  под углами  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  к линии  $AO$ ; можно также отложить  $AE$  равным  $a_1$  и соединить  $O$  с  $E$ , далее провести  $OD$  под углом  $\alpha$  к  $OF$ .

Из черт. (208-в) видно, что:

$$OF = OD = \frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + q = \frac{s}{\alpha} + q = q_0. \quad (36)$$



Черт. 208-б.



Черт. 208-в.

Длина перехода, если ее считать по ломаной  $AOF$  или  $AOD$ , остается при данных  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $l$  и  $h$  постоянной при всех изменениях наклона разветвления и состоит из двух прямых  $AO + OD$  (или  $OF$ ):

$$a_0 + q_0 = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\alpha - \beta}{\alpha + \beta} [s + (l - h) \alpha] + \frac{s}{\alpha} + q. \quad (37)$$

Прямая  $a_0$  откладывается до линии пересечения осей; длины  $BD$  и  $EF$  определяются следующим образом:

$$BD = q_0 - OB; \quad \frac{OB}{AB} = \frac{\sin \beta_2}{\sin (180^\circ - \alpha_1)}$$

или

$$OB = \frac{\alpha \sin \beta_2}{\sin \alpha_1} = \frac{a_0 \sin \alpha_1 \sin \beta_2}{\sin (\alpha_1 - \beta_2) \sin \alpha_1} = a_0 \frac{\sin \beta_2}{\sin (\alpha_1 - \beta_2)}, \quad (38)$$

и далее (черт. 208-б):

$$b + q_0 - OB = q_0 - a_0 \frac{\sin \beta_2}{\sin (\alpha_1 - \beta_2)} = q_0 - a_0 \frac{\beta_2}{\alpha_1 - \beta_2}, \quad (39)$$

$$EF = q_0 - OE; \quad OE = AE \frac{\sin \beta_2}{\sin (180^\circ - \alpha_2)} = a_1 \frac{\sin \beta_2}{\sin (\alpha_2 - \beta_2)};$$

$$b_1 = q_0 - a_1 \frac{\sin \beta_2}{\sin (\alpha_2 - \beta_2)} = q_0 - a_1 \frac{\beta_2}{\alpha_2 - \beta_2} \quad (40)$$

или

$$b_1 = q_0 - a \frac{\beta}{\alpha - \beta} = \text{const.}$$

Приведенные формулы дают возможность решать отдельные задачи по заданным наименьшим значениям радиусов и др.

В таблице 21 для разных значений радиуса для наиболее отклоненной ветви приведены значения радиуса менее отклоненной ветви и другие данные.

Таблица 21

tg $\alpha$	h	$R_1$	max $\alpha_1$	$\beta = 1^\circ 20'$	l	$\alpha_2$		$R_2$
						в долях радиуса	в градусах	
$\frac{1}{11}$	4,76	180	$7^\circ 43'$	0,02327 <sup>1</sup>	5,5	0,0439	$2^\circ 31'$	552
$\frac{1}{11}$	1,322	180	$9^\circ 35'$	0,02327	5,5	0,07643	$4^\circ 23'$	393
$\frac{1}{11}$	1,322	220	$7^\circ 50'$	0,02327	5,5	0,0459	$2^\circ 38'$	654
$\frac{1}{11}$	1,322	250	$6^\circ 54'$	0,02327	5,5	0,02961	$1^\circ 42'$	1 016
$\frac{1}{11}$	1,322	300	$5^\circ 45'$	0,02327	5,5	0,0096	$0^\circ 33'$	3 136

§ 18. Одиночный стрелочный перевод на кривом основном пути, причем центры кривых переводного и основного пути лежат по разные стороны от основного пути

Из черт. 209 имеем:

$$\delta' + \omega + \varphi = \alpha,$$

или

$$\delta = -\varphi + \alpha - \omega,$$

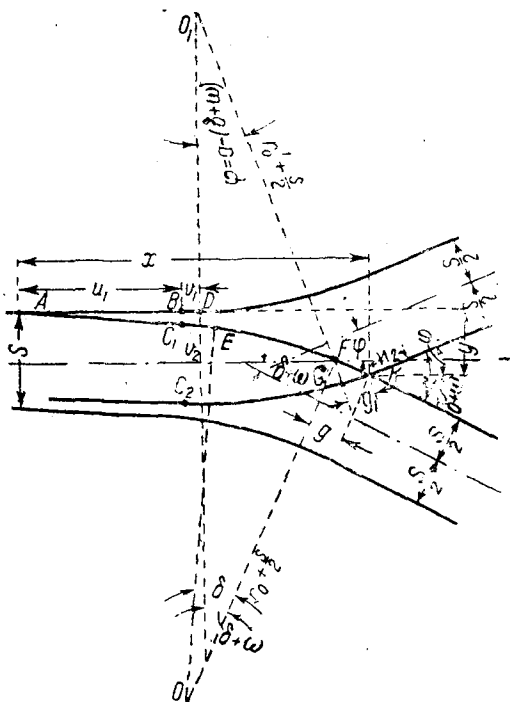
или

$$\varphi = \alpha - \omega - \delta.$$

Сохраняя прежние обозначения и проектируя многоугольник  $O_1DBC_1EOFKGO_1$  на две оси, будем иметь:

$$\begin{aligned} & -\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \cos \varphi + g_1 \sin \varphi + \\ & g \sin (\delta + \omega) - \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \cos (\delta + \omega) + \\ & + \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \cos \omega + v_2 \sin \omega + e + \\ & + \left(r_0' - \frac{s}{2}\right) = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi + g_1 \cos \varphi - g \cos (\delta + \omega) - \\ & - \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) (\sin \delta + \omega) + \\ & + \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \sin \omega - v_2 \cos \omega + v_1 = 0. \end{aligned} \quad (2)$$



Черт. 209.

Из этих уравнений, как в предыдущем случае, можем определить 2 неизвестные.

<sup>1</sup> В долях радиуса.

Если неизвестны  $r_0$  и  $\delta$ , то аналогично изложенному в предшествующем параграфе мы получим:

$$r_0 + \frac{s}{2} = \frac{\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) m_1 - M}{\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \mu_1 - m_2}$$

и

$$\operatorname{tg} \frac{\delta}{2} = \frac{\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \mu_1 - m_2}{\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \mu_2 - m_3},$$

величины  $m_1, m_2, m_3, M, \mu_1$  и  $\mu_2$  имеют те же значения, что и в предшествующем параграфе.

Если неизвестны величины  $r_0$  и  $g$ , то величины их определяются так. Из ур-ния (1) имеем величину:

$$\left(r_0 + \frac{s}{2}\right) = \frac{\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \cos \varphi - g_1 \sin \varphi - g \sin(\delta + \omega) - v_2 \sin \omega - e - \left(r_0' - \frac{s}{2}\right)}{\cos \omega - \cos(\delta + \omega)}$$

из ур-ния (2) имеем:

$$g = \frac{\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi + g_1 \cos \varphi - \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \sin(\delta + \omega)}{\cos(\delta + \omega)} + \frac{\left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \sin \omega - v_2 \cos \omega + v_1}{\cos(\delta + \omega)};$$

вставляя значение  $g$  в выражение  $\left(r_0 + \frac{s}{2}\right)$ , получим:

$$\begin{aligned} \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) &= \frac{\cos(\delta + \omega) \left[ \left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \cos \varphi - g_1 \sin \varphi - v_2 \sin \omega - e \right]}{\cos(\delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)]} + \\ &+ \frac{- \left(r_0' - \frac{s}{2}\right) - \sin(\delta + \omega) \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) [\sin \varphi + g_1 \cos \varphi]}{\cos(\delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)]} + \\ &+ \frac{- \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \sin(\delta + \omega) + \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \sin \omega - v_2 \cos \omega + v_1}{\cos(\delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)]}; \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} &\left(r_0 + \frac{s}{2}\right) \left\{ 1 + \frac{\sin(\delta + \omega) [\sin \omega - \sin(\delta + \omega)]}{\cos(\delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)]} \right\} = \\ &= \frac{\cos(\delta + \omega) \left[ \left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \cos \varphi - g_1 \sin \varphi - v_2 \sin \omega - e - \left(r_0' - \frac{s}{2}\right) \right]}{\cos(\delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)]} - \\ &- \frac{\sin(\delta + \omega) \left[ \left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi + g_1 \cos \varphi - v_2 \cos \omega + v_1 \right]}{\cos(\delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)]} = \\ &= \frac{\cos(\delta + \omega) \left[ \left(r_0' + \frac{s}{2}\right) (\cos \varphi - 1) + s - e - g_1 \sin \varphi - v_2 \sin \omega \right]}{\cos(\delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)]} + \\ &+ \frac{\sin(\delta + \omega) \left[ - \left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi - g_1 \cos \varphi - v_1 + v_2 \cos \omega \right]}{\cos(\delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)]}; \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \left(r_0 + \frac{s}{2}\right) &= \frac{\cos(\delta + \omega) \left[ -\left(r_0' - \frac{s}{2}\right) (1 - \cos \varphi) + s - e - g_1 \sin \varphi - v_2 \sin \omega \right]}{\cos(\delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)] + \sin(\delta + \omega) [\sin \omega - \sin(\delta + \omega)]} + \\
 &+ \frac{\sin(\delta + \omega) \left[ -\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi - g_1 \cos \varphi - v_1 + v_2 \cos \omega \right]}{(\cos \delta + \omega) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)] + \sin(\delta + \omega) [\sin \omega - \sin(\delta + \omega)]} = \\
 &= \frac{\cos(\delta + \omega) \left[ -\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) (1 - \cos \varphi) + s - e - g_1 \sin \varphi - v_2 \sin \omega \right]}{2 \sin\left(\omega + \frac{\delta}{2}\right) \sin \frac{\delta}{2} \cos(\delta + \omega) - 2 \cos\left(\omega + \frac{\delta}{2}\right) \sin \frac{\delta}{2} \sin(\delta - \omega)} + \\
 &+ \frac{\sin(\delta + \omega) \left[ -\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi - g_1 \cos \varphi - v_1 + v_2 \cos \omega \right]}{2 \sin\left(\omega + \frac{\delta}{2}\right) \sin \frac{\delta}{2} \cos(\delta + \omega) - 2 \cos\left(\omega + \frac{\delta}{2}\right) \sin \frac{\delta}{2} \sin(\delta + \omega)} = \\
 &= \frac{n_1 \cos(\delta + \omega) + n_2 \sin(\delta + \omega)}{v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)};
 \end{aligned}$$

где:

$$n_1 = -\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) (1 - \cos \varphi) + s - e - g_1 \sin \varphi - v_2 \sin \omega;$$

$$n_2 = -\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi - v_1 - g_1 \cos \varphi + v_2 \cos \omega;$$

$$v_1 = 2 \sin\left(\omega + \frac{\delta}{2}\right) \sin \frac{\delta}{2}$$

и

$$v_2 = -2 \cos\left(\omega + \frac{\delta}{2}\right) \sin \frac{\delta}{2},$$

Вставляя величину  $r_0 + \frac{s}{2}$  в выражение  $g$ , получим:

$$\begin{aligned}
 g &= \frac{\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi + g_1 \cos \varphi}{\cos(\delta + \omega)} - \\
 &= \frac{\left[ \frac{n_1 \cos(\delta + \omega) + n_2 \sin(\delta + \omega)}{v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)} \right] \cdot [\sin(\delta + \omega) - \sin \omega] - v_2 \cos \omega + v_1}{\cos(\delta + \omega)};
 \end{aligned}$$

далее, так как:

$$\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi + g_1 \cos \varphi - v_2 \cos \omega + v_1 = -n_2,$$

то

$$\begin{aligned}
 g &= \frac{-n_2 [v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)]}{\cos(\delta + \omega) [v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)]} + \\
 &+ \frac{[n_1 \cos(\delta + \omega) + n_2 \sin(\delta + \omega)] v_2}{\cos(\delta + \omega) [v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)]} = \\
 &= \frac{n_1 v_2 - n_2 v_1}{v_1 \cos(\delta + \omega) + v_2 \sin(\delta + \omega)};
 \end{aligned}$$

причем:

$$v_1 = 2 \sin\left(\omega + \frac{\delta}{2}\right) \sin \frac{\delta}{2}$$

и

$$v_2 = -2 \cos\left(\omega + \frac{\delta}{2}\right) \sin \frac{\delta}{2},$$

а  $n_1$  и  $n_2$  имеют вышеуказанные значения (см. § 17).

Координаты математического центра крестовины (черт. 210) будут:

$$x = u_1 + v_2 \cos \omega + \left( r_0 + \frac{s}{2} \right) [\sin(\delta + \omega) - \sin \omega] + g \cos(\delta + \omega);$$

$$y = e + v_2 \sin \omega + \left( r_0 + \frac{s}{2} \right) [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)] + g \sin(\delta + \omega);$$

$$a = x + (s - y) \operatorname{ctg}(\delta + \omega) - \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\delta + \omega}{2};$$

$$a_1 = x + y \operatorname{ctg} \varphi - \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2};$$

$$c = a_1 - a;$$

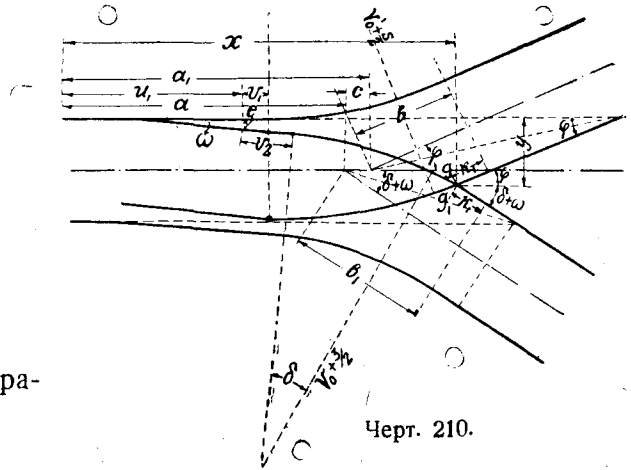
$$b = \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2} - \frac{y}{\sin \varphi} + k_1;$$

$$b_1 = \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \left( \frac{\delta + \omega}{2} \right) - \frac{s - y}{\sin(\delta - \omega)} + k_1.$$

Пример (для случая, когда радиус главного пути меняется):

$$e = 0,125$$

длина острька 5,00 м



$$R = 1000 \text{ м};$$

$$a = 6^\circ 20' 25'';$$

$$\omega = 1^\circ 25' 57''.$$

Далее:

$$ab = u_1 + v_1 = g_1 + u_2 = 6,4 \text{ м}.$$

Длина, на которой помещается перевод = 26 м.

$$\varphi = \frac{26}{\pi R} \cdot 180^\circ = 1^\circ 29' 24'';$$

$$\delta = a - \varphi - \omega = 3^\circ 25' 4''; \quad \omega + \frac{\delta}{2} = 3^\circ 7' 59'';$$

$$r_0' = R - \frac{6,4}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} 1000 - 508 = 492 \text{ м}.$$

Вставляем определенные цифры в следующие выражения:

$$v_1 = 2 \sin \left( \omega + \frac{\delta}{2} \right) \sin \frac{\delta}{2} = 2 \cdot 0,05466 \cdot 0,02982 = 0,00326;$$

$$v_2 = -2 \cos \left( \omega + \frac{\delta}{2} \right) \sin \frac{\delta}{2} = -2 \cdot 0,9985 \cdot 0,02987 = -0,05955;$$

$$\begin{aligned} n_1 &= - \left( r_0' + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \varphi) + s - e - g_1 \sin \varphi - v_2 \sin \omega = \\ &= -492 (1 - 0,99966) + 1,524 - 0,125 - g_1 \cdot 0,2600 - \\ &\quad - v_2 \cdot 0,025 = +1,239 - g_1 \cdot 0,02600 - v_2 \cdot 0,025; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_2 &= - \left( r_0' + \frac{s}{2} \right) \sin \varphi - v_1 - g_1 \cos \varphi + v_2 \cos \omega = -492 \cdot 0,026 - \\ &\quad - v_1 - g_1 \cdot 0,99966 + v_2 \cdot 0,99969 = -12,793 - v_1 - 0,99966 g_1 + \\ &\quad + 0,99969 v_2. \end{aligned}$$

Пусть  $g_1 = 2,1$  м и  $u_2 = 4,3$ , тогда:

при:	будет:
$v_1 = 0 \quad v_2 = 0$	$g = 12,35$ м; $r_0 + \frac{s}{2} = 41,2$ м; $n_1 = 1,181$ ; $n_2 = -14,792$ ;
$v_1 = 1,00 \quad v_2 = 0$	$g = 10,44$ м; $r_0 + \frac{s}{2} = 88,4$ м; $n_1 = 1,181$ ; $n_2 = -15,792$ ;

Пусть  $g_1 = 4,3$  м и  $u_2 = 2,1$  м, тогда:

при:	будет:
$v_1 = 0 \quad v_2 = 0$	$g = 6,63$ м; $r_0 + \frac{s}{2} = 164,1$ м; $n_1 = 1,191$ ; $n_2 = -16,692$ .
$v_1 = 1$ м $v_2 = 0$	$g = 5,00$ м; $r_0 + \frac{s}{2} = 211,3$ м; $n_1 = 1,191$ ; $n_2 = -17,692$ .

Останавливаясь, как на наиболее удачных величинах, на последней графе получим координаты математического центра крестовины и данные для разбивки перевода:

$$x = 6,4 + 211,0 [\sin(\delta + \omega) - \sin \omega] + g \cos(\delta + \omega) = 6,4 + 211,3 \cdot 0,05955 + 5 \cdot 0,99642 = 23,96 \text{ м};$$

$$y = 0,125 + 211,3 [\cos \omega - \cos(\delta + \omega)] + g \sin(\delta + \omega) = 0,125 + 211,3 \cdot 0,00321 + 5 \cdot 0,08455 = 1,229 \text{ м}.$$

$$a = 23,96 + (1,524 - 1,239) 11,784 + 0,762 \cdot 23,61 = 9,33 \text{ м}.$$

$$a_1 = 23,96 + 1,239 \cdot 38,445 \cdot 0,762 \cdot 76,91 = 12,98 \text{ м}.$$

$$c = 3,65 \text{ м}.$$

$$b = 0,762 \cdot 76,91 - \frac{1,239}{0,02600} + 2 = 12,95 \text{ м}.$$

$$b_1 = 0,762 \cdot 23,61 - \frac{1,524 - 1,239}{0,08455} + 2 = 16,62 \text{ м}.$$

Аналогично предыдущему случаю (ответвления в одну сторону) поступают, если нежелательно менять радиус.

Частный случай. Ответвление прямою от главного криволинейного пути.

В отделе о переходе будет указано, что иногда является желательным устроить ответвление от кривого главного пути таким образом, чтобы угол  $\delta = 0$ , т. е. в этом случае перевод является как бы перевернутым обыкновенным переводом. Также при малом радиусе  $R$  и при нестесненности в месте для расположения перевода иногда целесообразно делать  $\delta = 0$ .

Задача решится так:

$$\delta = 0 = -\varphi + \alpha - \omega,$$

или

$$\varphi = \alpha - \omega,$$

и, следовательно, угол  $\varphi$  определится, и перевод тем короче, чем меньше угол крестовины и больше угол  $\omega$ ; взяв  $\alpha = 5^\circ 11' 40''$  (для крестовины в  $\frac{1}{11}$ ) и  $\omega = 1^\circ 25' 57''$ , мы получим из выражения:

$$\varphi = \frac{l}{\pi R} \cdot 180^\circ = \alpha - \omega = 3^\circ 45' 43'',$$

длину кривой, соответствующей дуге в  $3^\circ 45' 43''$ , при  $R = 450$  м:

$$l = \pi R \cdot \frac{3^\circ 45' 43''}{180^\circ} = 29,55 \text{ м},$$

и, задаваясь с каждой стороны прямой в 6 м, получим:

$$r_0' = 450 - \frac{6}{\operatorname{tg} 1^\circ 52' 51''} = 450 - \frac{6}{0,03286} = 267,4 \text{ м}.$$

Прямую надо брать значительной, а то  $r_0'$  получается довольно значительным и прямая вставка  $g_1$  — отрицательной; чтобы избежать этого, можно также уменьшить угол  $\alpha$ .

Общие ур-ния для  $\delta = 0$  дают для  $r_0 + \frac{s}{2}$  значение бесконечности, так как  $v_1 = v_2 = 0$ , а для  $g$  значение  $\frac{0}{0}$ .

Напишем два основных ур-ния применительно к данному случаю (черт. 211)

$$-\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \cos \varphi + g_1 \sin \varphi + (g + v_2) \sin \omega + e + \left(r_0' - \frac{s}{2} + s - s\right) = 0. \quad (1')$$

$$+\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi + g_1 \cos \varphi - (g + v_2) \cos \omega + v_1 = 0. \quad (2')$$

Из ур-ния (2') имеем:

$$g + v_2 = \frac{\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi + g_1 \cos \varphi + v_1}{\cos \omega}$$

и вставляя в ур-ние (1'):

$$-\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \cos \varphi \cos \omega + g_1 \sin \varphi \cos \omega +$$

$$+\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi \sin \omega +$$

$$+ g_1 \cos \varphi \sin \omega + v_1 \sin \omega + e \cos \omega + \left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \cos \omega - s \cos \omega = 0.$$

Тогда:

$$g_1 = \frac{\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) [\cos \alpha - \cos \omega] + (s - e) \cos \omega - v_1 \sin \omega}{\sin \alpha};$$

после чего

$$g + v_2 = \frac{\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \sin \varphi \sin \alpha + \left(r_0' + \frac{s}{2}\right) [\cos \alpha - \cos \omega] \cos \varphi}{\sin \alpha \cos \omega} +$$

$$+ \frac{(s - e) \cos \omega \cos \varphi - v_1 \sin \omega \cos \varphi + v_1 \sin \alpha}{\sin \alpha \cos \omega} =$$

$$= \frac{\left(r_0' + \frac{s}{2}\right) \cos \omega (1 - \cos \varphi) + (s - e) \cos \omega \cos \varphi + v_1 (\sin \alpha - \sin \omega \cos \varphi)}{\sin \alpha \cos \omega}.$$

Полученные результаты для значений  $g_1$  и  $g + v_2$  позволяют прийти к следующим заключениям:

- 1) величина  $g + v_2$  всегда получается положительной;
- 2) значение  $g_1$  может получиться либо положительным, либо отрицательным; так как первый и третий член числителя всегда отрицательны, то важно, чтобы абсолютная величина их была менее второго члена числителя, а так как этот последний не зависит от радиуса и угла крестовины, то, следовательно, величина прямой вставки  $g_1$  тем больше (при прочих равных условиях), чем положе крестовина или чем круче радиус.

Для нашего примера, замечая, что:

$$\sin \omega = 0,025, \quad \cos \omega = 0,99969;$$

$$\sin \alpha = 0,0905, \quad \cos \alpha = 0,99589;$$

$$\sin \varphi = 0,0656, \quad \cos \varphi = 0,99785$$

и принимая  $v_1 = 0$ :

$$g_1 = - \frac{267,4 \cdot 0,00380 + 1,399 \cdot 0,99969}{0,0905} = 4,22;$$

$$g + v_2 = \frac{267,4 \cdot 0,99969 \cdot 0,00215 + 1,399 \cdot 0,99969 \cdot 0,99785}{0,0905 \cdot 0,99969} = 20,08 \text{ м.}$$

Так как

$$u_1 + v_1 = g_1 + u_2 = 6 \text{ м},$$

то

$$u_1 = 6 \text{ м}$$

и

$$u_2 = 6 - 4,22 = 1,78 \text{ м}.$$

После этого будут все данные для перевода; координаты математического центра крестовины определятся так:

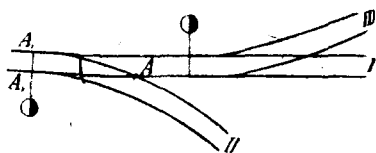
$$x = u_1 + (g + v_2) \cos \omega = 6 + 20,08 \cdot 0,99969 = 26,07 \text{ м},$$

$$y = e + (g + v_2) \sin \omega = 0,125 + 20,08 \cdot 0,025 = 0,63 \text{ м}.$$

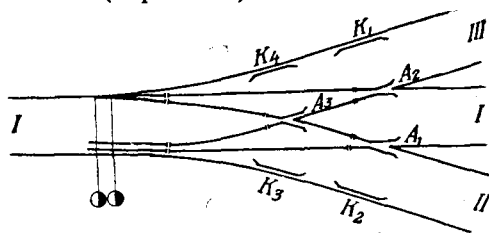
РАЗВЕТВЛЕНИЕ ОДНОГО ПУТИ НА ТРИ ИЛИ ДВОЙНОЙ СТРЕЛОЧНЫЙ ПЕРЕВОД

§ 19. Двойной стрелочный перевод с прямолинейными острьями

Если от одного пути должны ответвляться два пути, то наиболее просто это исполнить (черт. 212), располагая остряки ответвляющегося пути III непосредственно после крестовины A ответвляющегося пути II; однако при стеснении в месте остряки второго пути приходится помещать в пределах первого перевода между A' и A. Если остряки всех четырех острьяков поместить в сечении A' A' и если переводы путей II и III совершенно одинаковы и разнятся лишь тем, что путь II направлен влево, а путь III вправо, то получается симметричный двойной стрелочный перевод или тройник (черт. 213).

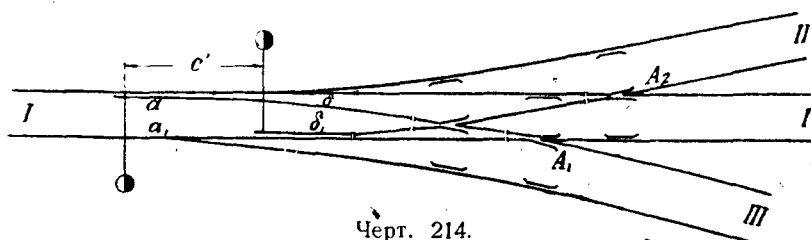


Черт. 212.



Черт. 213.

Крестовины  $A_1$  и  $A_2$  будут одинаковых углов, а крестовина  $A_3$  угла более крутого; симметричный стрелочный перевод имеет следующие недостатки: 1) ввиду расположения начала всех острьяков в одном сечении, стружка острьяков выходит весьма сложной; 2) при прохождении поезда по разветвляющимся путям II или III, поезд направляется при прохождении крестовин  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  контррельсами  $k_2$  и  $k_3$  или  $k_1$  и  $k_4$ ; при движении же поезда по пути I прохождение крестовин  $A_1$  и  $A_2$  происходит без направления, и именно ввиду того, что крестовины  $A_1$  и  $A_2$ , находясь друг против друга, взаимно мешают установке контррельсов на противоположной стороне рельсовой колеи<sup>1</sup>.

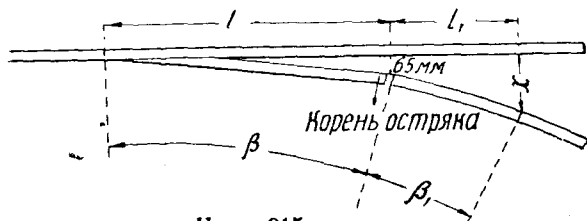


Черт. 214.

Ввиду указанных недостатков применение двойного симметричного стрелочного перевода в настоящее время оставлено и применяется в случае надобности лишь несимметричный двойной стрелочный перевод, в котором пара острьяков одного ответвляющегося пути сдвинута относительно пары острьяков другого ответвляющегося пути настолько, чтобы конструкция острьяков не отличалась от таковой же в обыкновенном стрелочном переводе, и, кроме того, крестовина  $A_2$  сдвинута относительно крестовины  $A_1$  на величину (черт. 214).

<sup>1</sup> Этот недостаток опадает при устройстве направляющих реборд на усювиках.

достаточную для помещения контррельсов против крестовин  $A_1$  и  $A_2$ . Сдвигение каждой пары острияков друг относительно друга, определяемое в зависимости от величины хода острияков, всегда более необходимого минимального сдвигения крестовин друг относительно друга, поэтому после выполнения первого условия минимального сдвигения острияков второе условие — сдвигение крестовин, — ради возможности помещения контррельсов, выполняется само собой.



Черт. 215.

известными стрелочный угол  $\beta$  и радиус переходной кривой и полагая начало переходной кривой в корне острияка, будем иметь величину промежутка  $x$  в расстоянии  $l_1$  от корня острияка (черт. 215):

$$x = 65 + R * [\cos \beta - \cos (\beta + \beta_1)]. \quad (1)$$

Из этой формулы по определенному ниже  $x$  определим  $\beta + \beta_1$  и следовательно  $\beta_1$ , после чего

$$l_1 = R [\sin (\beta + \beta_1) - \sin \beta]. \quad (2)$$

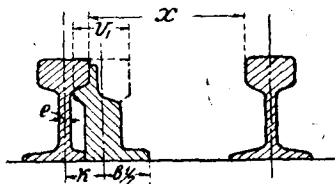
Назовем (черт. 216 и 217):

- ширину подошвы рельса через  $b$ ,
- " головки " через  $v$ ;
- " подошвы острияка через  $b_1$ ,
- " головки " через  $v_1$ ,
- " шейки рельса через  $e$  и
- такую же острияка через  $e_1$ .

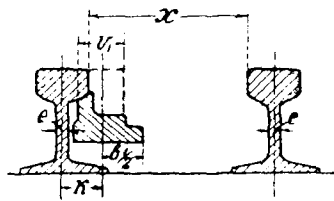
Величина

$$k = \frac{v_1}{2} + \frac{e}{2} + r,$$

где  $r$  — радиус дуги кривой, сопрягающей шейку и головку рельса.



Черт. 216.



Черт. 217.

Называя величину хода острияка через  $f_1$ , получим для острияка одинаковой высоты с рамным рельсом (черт. 216):

$$x = k + \frac{b_1}{2} + f + 1^{**} + \frac{b}{2} - v$$

и, вставляя значение  $k$ :

$$x = \frac{v_1}{2} + \frac{e}{2} + r + \frac{b_1 + b}{2} + f + 1 - v. \quad (3)$$

Если

$$b = b_1 \text{ и } v = v_1,$$

\* Величина  $R$  соответствует нерабочему канту острияка, и называя через  $R_0$  радиус оси пути, получим  $R = R_0 + \frac{s}{2} + v$ .

\*\* Запас в 1—3 мм между подошвой отжатого острияка и подошвой рельса.

то:

$$x = b + \frac{e}{2} - \frac{v}{2} + r + f + 1. \quad (4)$$

Так как

$$f = 65 + v + z,$$

то

$$x = b + \frac{v+e}{2} + r + 65 + z + 1. \quad (5)$$

Принимая  $b = 110$ ,  $v = 60$ ,  $r = 5$ ,  $e = 12$ ,  $z = 14$ , получим:

$$x = 229 \text{ мм.}$$

Величина эта может быть уменьшена, если допустить срез подошвы остряка на величину  $\frac{b_1 - e_1}{2}$ . Кроме того значительное уменьшение этой величины получается при применении остряков низкого профиля, а именно, тогда получим (черт. 217):

$$x = k + \frac{b_1}{2} + f + \frac{e}{2} + \text{запас} - v = \frac{v_1}{2} + \frac{b_1 + e}{2} + f + \frac{e}{2} + r \text{ запас} - v;$$

при  $v = v_1$  и  $b = b_1$  получим:

$$x = \frac{b + e}{2} + f + \text{запас} - \frac{v}{2};$$

а вставляя значение  $f$ :

$$x = \frac{b}{2} + e + r + 65 + z + \frac{v}{2} + 1;$$

принимая  $b = 110$  мм,  $z = 12$ ,  $r = 5$ ,  $v = 60$  мм и запас = 1 мм, получим:

$$x = 180 \text{ мм.}$$

Величина эта может быть, как и в предыдущем случае, уменьшена на  $\frac{b_1 - e_1}{2}$ .

Дальнейшее уменьшение этой величины невозможно; но следует иметь в виду, что для криволинейных остряков значение  $x$ , удовлетворяющее условию хода остряков  $\delta$ , получается ближе к началу остряков.

После определения величины  $x$  не трудно определить расстояние  $l + l_1$ , которое в дальнейшем расчете обозначено через  $c'$ .

Сначала (черт. 218) предположим более общий случай, а именно предположим, что радиусы всех кривых неравны, тогда, обозначая через:

$r_1, r_2, r_1'$  и  $r_2'$  — радиусы кривых;

$g_1, g_2, g_1', g_2', g_3, g_3'$  — длины хвостов крестовин  $K_0, K$  и  $K'$  или прямых вставок между математическими центрами крестовин и началом кривых;

$\psi_1$  и  $\psi_2$  — углы поворота ответвляющихся путей до крестовины  $K_0$ , так что  $\psi_1 + \psi_2 = \alpha_0$ ;

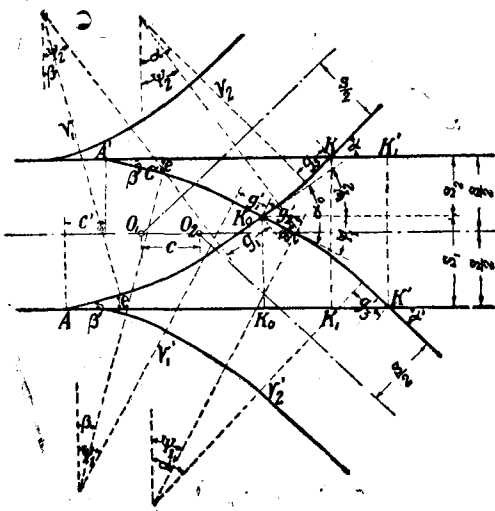
$\alpha$  и  $\alpha'$  — углы крестовин  $K$  и  $K'$  при пересечении ответвляющихся путей с основным путем;

$\alpha_0$  — угол крестовины  $K_0$  при пересечении ответвляющихся путей;

$s_1$  и  $s_2$  — расстояния математического центра крестовины  $K_0$  от рабочих кантов рельсов основного пути, причем  $s_1 + s_2 = s$ ;

$\beta$  — стрелочный угол;

$e$  — расстояние между рабочими кантами рамного рельса и остряка;



Черт. 218.



$c'$  — сдвиг острияков друг относительно друга,

получим равенства:

$$\left. \begin{aligned} s_1 &= e + r_1 (\cos \beta - \cos \psi_2) + g_1 \sin \psi_2, \\ s_2 &= e + r_1' (\cos \beta - \cos \psi_1) + g_1' \sin \psi_1, \\ s_1 &= g_2' \sin \psi_1 + r_2' (\cos \psi_1 - \cos \alpha') + g_3' \sin \alpha', \\ s_2 &= g_2 \sin \psi_2 + r_2 (\cos \psi_2 - \cos \alpha) + g_3 \sin \alpha, \\ c' &= r_1 (\sin \psi_2 - \sin \beta) + g_1 \cos \psi_2 - r_1' (\sin \psi_1 - \sin \beta) - g_1' \cos \psi_1. \end{aligned} \right\} (3-7)$$

Эти равенства получают более простой вид, если предположить, что хвосты крестовин соответственно равны, все радиусы переходных кривых одинаковы и углы крестовин  $K$  и  $K'$  равны, т. е. —  $g_1 = g_1'$ ,  $g_3 = g_3'$ ,  $r_1 = r_2 = r_1' = r_2' = r$  и  $\alpha = \alpha'$ , тогда будем иметь:

$$\left. \begin{aligned} s_1 &= e + r (\cos \beta - \cos \psi_2) + g_1 \sin \psi_2, \\ s_2 &= s - s_1 = e + r (\cos \beta - \cos \psi_1) + g_1 \sin \psi_1, \\ s_1 &= g_2' \sin \psi_1 + r (\cos \psi_1 - \cos \alpha) + g_3 \sin \alpha, \\ s - s_1 &= g_2 \sin \psi_2 + r (\cos \psi_2 - \cos \alpha) + g_3 \sin \alpha, \\ c' &= r (\sin \psi_2 - \sin \psi_1) + g_1 (\cos \psi_2 - \cos \psi_1). \end{aligned} \right\} (3a-7a)$$

Мы будем считать известными следующие величины:

$$l, r, \beta, g_1, g_3, \alpha \text{ и } c';$$

подлежащими определению:

$$s_1, \psi_1, \psi_2, g_2 \text{ и } g_2',$$

тогда, складывая (3a) и (4a), получим:

$$r (\cos \psi_2 + \cos \psi_1) - g_1 (\sin \psi_2 + \sin \psi_1) = 2r \cos \beta + 2e - s = m,$$

и обозначая

$$\frac{\psi_2 + \psi_1}{2} = \mu \text{ и } \frac{\psi_2 - \psi_1}{2} = \nu,$$

получим:

$$\cos \nu (r \cos \mu - g_1 \sin \mu) = \frac{m}{2}. \quad (8)$$

Вставляя те же обозначения в ур-ние (7a), получим:

$$\sin \nu (r \cos \mu - g_1 \sin \mu) = \frac{c'}{2}. \quad (9)$$

Далее из (8) и (9) получим:

$$\operatorname{tg} \nu = \operatorname{tg} \frac{\psi_2 - \psi_1}{2} = \frac{c'}{m}.$$

Так как

$$\sin \nu = \frac{\operatorname{tg} \nu}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \nu}} = \frac{c'}{\sqrt{m^2 + c'^2}},$$

то, вставляя значение  $\sin \nu$  в ур-ние (9), получим:

$$\frac{c'}{\sqrt{m^2 + c'^2}} \left\{ r \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \mu}} - g_1 \frac{\operatorname{tg} \mu}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \mu}} \right\} = \frac{c'}{2},$$

или

$$\frac{\sqrt{m^2 + c'^2}}{2} = n = \frac{r}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \mu}} - \frac{g_1 \operatorname{tg} \mu}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \mu}},$$

или

$$r^2 + g_1^2 \operatorname{tg}^2 \mu - 2r g_1 \operatorname{tg} \mu = n^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \mu),$$

или

$$\operatorname{tg}^2 \mu (n^2 - g_1^2) + 2r g_1 \operatorname{tg} \mu + n^2 - r^2 = 0$$

или

$$\operatorname{tg}^2 \mu + \frac{2r g_1}{n^2 - g_1^2} \operatorname{tg} \mu + \frac{n^2 - r^2}{n^2 - g_1^2} = 0,$$

откуда:

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{-rg_1 + \sqrt{r^2 g_1^2 - (n^2 - r^2)(n^2 - g_1^2)}}{n^2 - g_1^2} = \frac{-rg_1 + n\sqrt{r^2 + g_1^2 - n^2}}{n^2 - g_1^2}.$$

После определения величин  $\psi_1$  и  $\psi_2$  определим из (3а) величину  $s_1$ ; далее вставляя в ур-ния (5а) и (6а) величину  $g_3$ , получим  $g_2$  и  $g_2'$ .

Для угла  $\alpha_0 = \psi_1 + \psi_2$  надо проверить достаточность размеров хвостов крестовины.

Расстояния математических центров крестовин от начала получаются посредством проектирования на направление основного пути:

$$\begin{aligned} AK_1 &= \frac{e}{\operatorname{tg} \beta} + r(\sin \psi_2 - \sin \beta) + (g_1 + g_2) \cos \psi_2 + \\ &+ r(\sin \alpha - \sin \psi_2) + g_3 \cos \alpha = \frac{e}{\operatorname{tg} \beta} + r(\sin \alpha - \sin \beta) + \\ &+ (g_1 + g_2) \cos \psi_2 + g_3 \cos \alpha; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} A'K_1 &= \frac{e}{\operatorname{tg} \beta} + r(\sin \psi_1 - \sin \beta) + (g_1 + g_2') \cos \psi_1 + \\ &+ r(\sin \alpha - \sin \psi_1) + g_3 \cos \alpha = \frac{e}{\operatorname{tg} \beta} + r(\sin \alpha - \sin \beta) + \\ &+ (g_1 + g_2') \cos \psi_1 + g_3 \cos \alpha; \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} AK_0' &= \frac{e}{\operatorname{tg} \beta} + r(\sin \psi_2 - \sin \beta) + g_1 \cos \psi_2 = c' + \frac{e}{\operatorname{tg} \beta} + \\ &+ r(\sin \psi_1 - \sin \beta) + g_1 \cos \psi_1; \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} KK_1' &= K_1K' = A'K_1' + c' - AK_1 = c' + (g_1 + g_2') \cos \psi_1 - \\ &- (g_1 + g_2) \cos \psi_2. \end{aligned} \quad (13)$$

Точка пересечения оси одного ответвляющегося пути с осью основного пути находится в  $O_1$ , а другого пути в  $O_2$ ; расстояние, считая по горизонтальной проекции,  $O_1$  от  $K$  равно  $\frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$ , точно так же расстояние  $O_2$  от  $K$  равно

$\frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha'}{2}}$ , и при равенстве  $\alpha$  и  $\alpha'$  расстояния эти равны, т. е.

$$c = KK_1' = K_1K'.$$

После получения всех результатов следует проверить, осуществимы ли практически те цифры, которые дали формулы, а именно:

1) достаточны ли длины  $g_2$  и  $g_3$  для устройства нормального стыка в соединении крестовины с рельсом,

2) достаточна ли величина  $KK_1 = K_1K'$  для устройства контррельсов.

Пример. Пусть длина остряка = 5 м,  
ширина головки остряка и рельса = 53,5 мм  
" подошвы остряка и рельса = 100 " "  
" шейки остряка = 42 " "  
" " рельса = 13 " "

угол крестовин  $\alpha$  и  $\alpha' = 6^\circ 20' 25''$ ;

$$r = 180 \text{ м};$$

$$g_1 = 1 \text{ м}.$$

Стрелочный угол определится из:

$$\sin \beta = \frac{53,5 + 65}{5000} = 0,0237$$

и

$$\beta = 1^{\circ}21'30''.$$

Уширение при входе на стрелку

$$3600 \sin \frac{\beta}{2} - 30 = 12,5 \text{ мм}$$

и

$$a = 14 \text{ мм.}$$

Ход остряка равен:

$$65 + 53,5 + 12,5 = 131 \text{ мм.}$$

Остряк предполагаем пониженного профиля (черт. 217):

$$\begin{aligned} x_0 (\text{см. выше}) &= \frac{b_1 + e}{2} + 65 + a + z + \frac{v}{2} + \text{запас} = \\ &= \frac{113}{2} + 65 + 14 + 12,5 + 26,75 + 1,25 = 176 \text{ мм,} \end{aligned}$$

и, сбавляя означенную величину на

$$\frac{b_1 - e_1}{2} = \frac{100 - 42}{2} = 29 \text{ мм,}$$

принимаем:

$$x = 176 - 29 = 148 \text{ мм, или кругло } 150 \text{ мм.}$$

По величине  $x$  определим величину  $l_1$  (черт. 215):

$$x = 150 = 65 + 180000 [\cos \beta - \cos (\beta + \beta_1)],$$

$$\cos (\beta + \beta_1) = \cos \beta - \frac{85}{180000} = 0,99972 - 0,00047 = 0,99925,$$

$$\beta + \beta_1 = 2^{\circ}13'10''$$

и

$$\beta_1 = 51'40'';$$

$$l_1 = r [\sin (\beta_1 + \beta) - \sin \beta] = 180 (0,0387 - 0,0237) = 2,70 \text{ м,}$$

следовательно:

$$c' = 7,70 \text{ м,}$$

$$m = 2r \cos \beta + 2e - s = 360 \cdot \cos \beta + 2e - s = 358,612 \text{ м,}$$

$$\operatorname{tg} v = \frac{7,70}{358,612} = 0,021472$$

и

$$v = 1^{\circ}13'48'';$$

$$n = \frac{1}{2} \sqrt{m^2 + c'^2} = 179,347 \text{ м.}$$

Для  $g_1 = 1 \text{ м}$ 

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{-180 + 179,347 \sqrt{180^2 + 1^2} - 179,3^2}{179,3^2 - 1} = 0,08$$

и

$$\mu = 4^{\circ}34'26'',$$

$$\psi_2 = \mu + v = 5^{\circ}48'14''.$$

$$\psi_1 = \mu - v = 3^{\circ}20'38''.$$

Ур-ния (3а) и (4а) дают:

$$\begin{aligned} s_1 = e + r (\cos \beta - \cos \psi_2) + g_1 \sin \psi_2 &= 0,1185 + 180 (0,99972 - 0,99487) + \\ &+ 0,1011 = 1,092 \text{ м,} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_2 = e + r (\cos \beta - \cos \psi_1) + g_1 \sin \psi_1 &= 0,1185 + 180 (0,99972 - 0,99830) + \\ &+ 0,0583 = 0,432 \text{ м.} \end{aligned}$$

$$\text{Величина } g_3 = \frac{100 - 53,5 + 50}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} + 400 = 1272 \text{ мм,}$$

или округленно 1,28 м.

Из ур-ния (5а):

$$g_2' = \frac{1,092 - 180(0,99830 - 0,99388) - 1,28 \cdot 0,1104}{0,0583} = 2,65 \text{ м,}$$

и из ур-ния (6а):

$$g_2 = \frac{0,432 - 180(0,99487 - 0,99388) - 1,28 \cdot 0,1104}{0,1011} = 1,11 \text{ м,}$$

$$\alpha_0 = \psi_1 + \psi_2 = 9^\circ 8' 52''.$$

Хвосты крестовины должны быть не менее:

$$g_1 = \frac{100 - 53,5 + 50}{2 \sin \frac{\alpha_0}{2}} + 400 = 0,6 + 0,4 = 0,1 \text{ м.}$$

Что касается размера  $g_2 = 1,11 \text{ м}$ , то он не дает возможности устроить нормальный стык, и придется хвост крестовины частью устроить по кривой ради устройства нормального стыка, или отказаться от нормального стыка.

$$AK_1 = \frac{e}{\operatorname{tg} \beta} + r(\sin \alpha - \sin \beta) + (g_1 + g_2) \cos \psi_2 + g_3 \cos \alpha =$$

$$= 5 + 180(0,1104 - 0,0237) + 2,11 \cdot 0,99487 + 1,28 \cdot 0,99388 = 23,977 \text{ м.}$$

$$A'K_1 = 5 + 180(0,1104 - 0,0237) + 3,65 \cdot 0,99830 + 1,28 \cdot 0,99388 = 25,522 \text{ м.}$$

$$AK'_0 = 5 + 180(0,1011 - 0,0237) + 1 \cdot 0,9983 =$$

$$= 7,70 + 5 + 180(0,0583 - 0,0237) + 1 \cdot 0,9983 = 19,95 \text{ м.}$$

$$KK_1' = K_1K' = A'K_1' + c' - AK_1 = 25,52 + 7,70 - 23,98 = 9,24 \text{ м.}$$

Длина

$$AK' = 25,52 + 7,70 = 33,22 \text{ м.}$$

Если известны  $r$  и  $\alpha_0$ , то из ур-ний (3а—7а) можно определить:

$$\psi_1, s_1, g_1, g_2 \text{ и } g_3.$$

Из ур-ния (7а), замечая, что  $\psi_2 = \alpha_0 - \psi_1$ , получим:

$$g_1 = \frac{c' - v[\sin(\alpha_0 - \psi_1)\sin - \psi_1]}{\cos(\alpha_0 - \psi_1) - \cos \psi_1};$$

далее значение  $g_1$  вставляем в выражение для значения  $m$ .

После преобразований получим:

$$\operatorname{tg} \psi_1 = \frac{m \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2} - c'}{c' \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2} + m};$$

после определения  $\psi_1$  будет известно  $\psi_2$  и остальные величины из ур-ний (4а—6а).

## § 20. Двойной стрелочный перевод с криволинейным остяком

Применение в двойном стрелочном переводе криволинейного остяка, кроме указанных в отделе I преимуществ, общих с обыкновенным стрелочным переводом, дает возможность уменьшить указанную величину  $c'$ .

Выше было выведено для пониженного остяка

$$K = \frac{b}{2} + e + r + 65 + z + \frac{v}{2} + 1;$$

значение хода остяка  $f$  надо вставить такое, какое получается для криволинейного остяка.

Далее, обозначая начальный угол через  $\beta$  и угол, соответствующий дуге, равной длине (считая по касательной)  $c'$ , через  $\gamma_1$ , будем иметь:

$$x = r [\sin \beta - \cos(\beta + \gamma_1)] - v,$$

где  $v$  — ширина головки остряка; откуда определится  $\beta + \gamma_1$  и далее:

$$c' = r [\sin(\beta + \gamma_1) - \sin \beta].$$

Что касается вышеприведенных пяти уравнений, то они примут такой вид

$$\left. \begin{aligned} s_1 &= r(\cos \beta - \cos \psi_2) + g_1 \sin \psi_2; \\ s_2 &= s - s_1 = r(\cos \beta - \cos \psi_1) + g_1 \sin \psi_1; \\ s_1 &= g_2' \sin \psi_1 + r(\cos \psi_1 - \cos \alpha) + g_3 \sin \alpha; \\ s - s_1 &= g_2 \sin \psi_2 + r(\cos \psi_2 - \cos \alpha) + g_3 \sin \alpha; \\ c' &= r(\sin \psi_2 - \sin \psi_1) + g_1(\cos \psi_2 - \cos \psi_1). \end{aligned} \right\} \quad (36-76)$$

Величинами, подлежащими определению, будут:

$$s_1, \psi_1, \psi_2, g_2 \text{ и } g_2'.$$

Складывая (36) и (46), получим:

$$r(\cos \psi_2 + \cos \psi_1) - g_1(\sin \psi_2 + \sin \psi_1) = 2r \cos \beta - s = m.$$

Далее все вычисления таковы же, как и при прямолинейном остряке. Далее будем иметь (ур-ния 10—12):

$$\begin{aligned} AK_1 &= r(\sin \psi_2 - \sin \beta) + (g_1 + g_2) \cos \psi_2 + \\ &+ r(\sin \alpha - \sin \psi_2) + g_3 \cos \alpha = r(\sin \alpha - \sin \beta) + \\ &+ (g_1 + g_2) \cos \psi_2 + g_3 \cos \alpha; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A'K'_1 &= r(\sin \psi_1 - \sin \beta) + (g_1 + g_2') \cos \psi_1 + \\ &+ r(\sin \alpha - \sin \psi_1) + g_3 \cos \alpha = r(\sin \alpha - \sin \beta) + \\ &+ (g_1 + g_2') \cos \psi_1 + g_3 \cos \alpha; \end{aligned}$$

$$AK_0' = r(\sin \psi_2 - \sin \beta) + g_1 \cos \psi_2 = c' + r(\sin \psi_1 - \sin \beta) + g_1 \cos \psi_1;$$

$$\begin{aligned} KK_1' &= K_1K' = A'K'_1 + c' - AK_1 = c' + \\ &+ (g_1 + g_2') \cos \psi_1 - (g_1 + g_2) \cos \psi_2. \end{aligned}$$

Пример. Пусть длина остряка = 5 м  
 ширина подошвы рельса и остряка = 100 мм  
 " головки рельса и остряка = 53,5 "  
 " шейки рельса = 13. "  
 " " остряка = 42 "

Угол крестовин  $\alpha = \alpha' = 6^\circ 20' 25''$ .

Пусть  $r = 180$  м, тогда (см. расчет криволинейного остряка):

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \frac{5}{180 \cdot 2} = 0,013889, \quad \frac{\gamma}{2} = 47' 45'',$$

$$\gamma = 1^\circ 35' 30''; \quad \sin\left(\beta + \frac{\gamma}{2}\right) = \frac{0,1185}{5} = 0,0237, \quad \beta + \frac{\gamma}{2} = 1^\circ 21' 30'',$$

$$\beta = 33' 45'', \quad \beta + \gamma = 2^\circ 9' 15''.$$

Ход остряка равен:

$$5000 \cdot \sin 2^\circ 9' 15'' = 188 \text{ мм.}$$

Делаем ход в 150 мм, и тогда:

$$\sin \delta = \frac{150}{5000} = 0,03, \quad \delta = 1^\circ 43' 9'',$$

$$\varepsilon = \beta + \gamma - \delta = 26' 6''.$$

Увеличение расстояния в корне =

$$= 180\,000(1 - \cos \varepsilon) = 5 \text{ мм},$$

$$\sin\left(\beta + \frac{\gamma}{2}\right) = \frac{0,1235}{5} = 0,0247, \quad \beta + \frac{\gamma}{2} = 1^\circ 24' 55'',$$

и

$$\beta = 1^\circ 24' 55'' - 47' 45'' = 3, ' 10''.$$

Уширение при входе на стрелку

$$f_1 + c_1 = \frac{(a + 3,6)^2}{2r};$$

$$c_1 = \frac{a^2}{2r};$$

и

$$f_1 = \frac{7,2a + 3,6^2}{2r};$$

$$a = r \sin \beta;$$

$$f_1 = \frac{7,2r \sin \beta + 3,6^2}{2r} = 3,6 \sin \beta + \frac{3,6^2}{2r} = 73 \text{ мм};$$

$$f_2 = \frac{f_1}{2} = 36,5,$$

и уширение  $36,5 - 30 = 6,5 \text{ мм}$ .

Ход острьяка = 156,5 мм

$$x = \frac{b_1 + e}{2} + f + a + \text{запас} - \frac{v}{2} = 53,5 + 156,5 + 14 + \\ + 1,75 - 26,75 = 202 \text{ мм}$$

и, сбавляя на величину

$$\frac{100 - 42}{2} = 29 \text{ мм},$$

получим 173 мм, берем 175 мм,

$$x = r [\cos \beta - \cos(\beta + \gamma_1)] - v = 180\,000 [0,999942 - \cos(\beta + \gamma_1)] - \\ - 53,5 = 175 \text{ мм},$$

$$\cos(\beta + \gamma_1) = 0,999942 - \frac{228,5}{180\,000} = 0,998673,$$

$$\beta + \gamma_1 = 2^\circ 57' 10''.$$

$$c' = 180 [\sin(\beta + \gamma_1) - \sin \beta] = 180 (0,05151 - 0,01081) = 7,33 \text{ м}.$$

$$m = 2r \cos \beta - s = 360 \cdot 0,999942 - 1,524 = 358,455 \text{ м},$$

$$\text{tg } v = \frac{7,33}{358,455} = 0,02045$$

и

$$v = 1^\circ 10' 18''.$$

$$n = \frac{1}{2} \sqrt{7,33^2 + 358,455^2} = 179,265 \text{ м};$$

берем  $g_1 = 1 \text{ м}$ ,

$$\text{tg } \mu = \frac{-180 + 179,3 \sqrt{180^2 + 1 - 179,3^2}}{179,3 - 1} = 0,085222$$

и

$$\mu = 4^\circ 52' 16''$$

$$\psi_2 = \mu + v = 6^\circ 2' 34''$$

$$\psi_1 = \mu - v = 3^\circ 41' 58''$$

Ур-ние (36) дает:

$$s_1 = 180(0,999942 - 0,994445) + 0,1053 = 1,095 \text{ м.}$$

Ур-ние (46) дает:

$$s_2 = 180(0,999942 - 0,997917) + 0,0645 = 0,429 \text{ м,}$$

$g_3$  принимаем равным 1,28 м.

Из ур-ний (56) и (66) имеем:

$$g_2' = \frac{1,095 - 180(0,997917 - 0,99388) - 1,28 \cdot 0,1104}{0,0645} = 3,53 \text{ м,}$$

$$g_2 = \frac{0,429 - 180(0,994445 - 0,99388) - 1,28 \cdot 0,1104}{0,1053} = 1,80 \text{ м.}$$

$$\alpha_0 = \psi_1 + \psi_2 = 9^\circ 44' 32''.$$

Минимальная величина хвоста крестовины  $g_1$  будет:

$$g_1 = \frac{100 + 53,5 + 50}{2 \sin \frac{\alpha_0}{2}} + 400 = 0,97 \text{ м.}$$

Минимальная длина хвостов крестовины  $g_2$  и  $g_2'$  будет:

$$\frac{100 + 53,5 + 50}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2}} + 400 = 1,59 \text{ м,}$$

следовательно, принятые и полученные длины хвостов крестовины достаточны.

$$\begin{aligned} AK_1 &= r(\sin \alpha - \sin \beta) + (g_1 + g_2) \cos \psi_2 + g_3 \cos \alpha = \\ &= 180(0,1104 - 0,01081) + 2,77 \cdot 0,99444 + 1,28 \cdot 0,99388 = 21,95 \text{ м;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A'K_1' &= r(\sin \alpha - \sin \beta) + (g_1 + g_2') \cos \psi_1 + g_3 \cos \alpha = \\ &= 180(0,1104 - 0,01081) + 4,50 \cdot 0,997917 + 1,28 \cdot 0,99388 = 23,71 \text{ м.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AK_0' &= r(\sin \psi_2 - \sin \beta) + (g_1 \cos \psi_2 = c' + r(\sin \psi_1 - \sin \beta) + g_1 \cos \psi_1 = \\ &= 180(0,1053 - 0,01081) + 0,994445 = \\ &= 7,33 + 180(0,0645 - 0,01081) + 0,9979 = 18,00 \text{ м;} \end{aligned}$$

$$KK_1' = K_1K' = A'K_1' + c' - AK_1 = 23,71 + 7,33 - 21,95 = 9,09 \text{ м.}$$

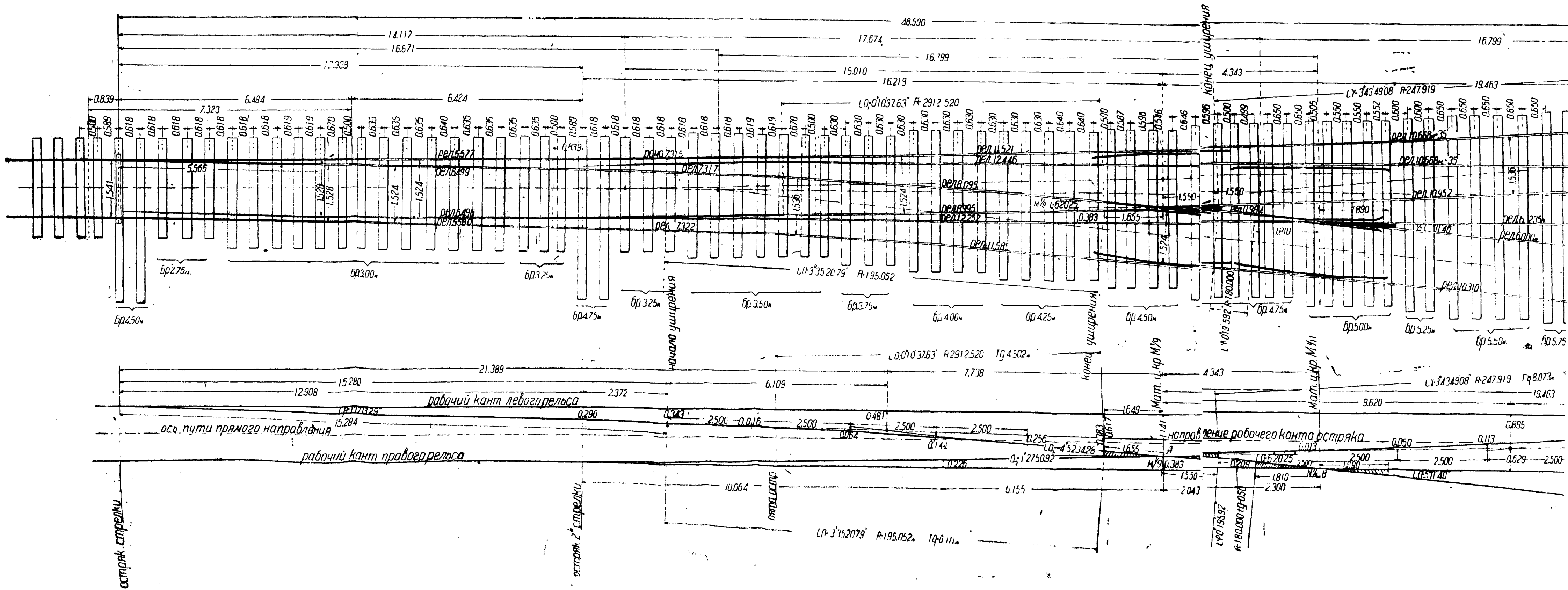
$$\text{Длина } AK' = 23,71 + 7,33 = 31,04 \text{ м.}$$

Из означенного примера следует, что криволинейный остряк дает возможность уменьшить длину перевода, сравнительно с прямолинейным остряком, на  $33,22 - 31,04 = \infty 2$  м, причем хвосты крестовин получаются вполне достаточными.

Если даны  $r$  и  $\alpha_0$ , то по таким же формулам, как и для прямолинейного остряка, определим  $g_1$  и  $\psi_1$ .

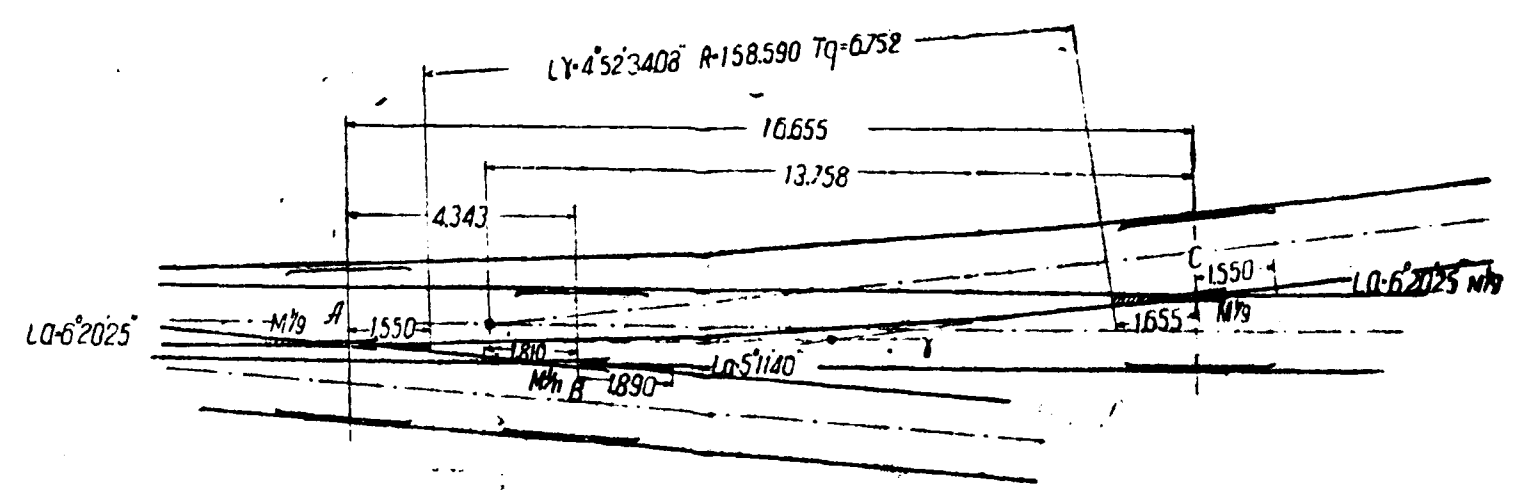
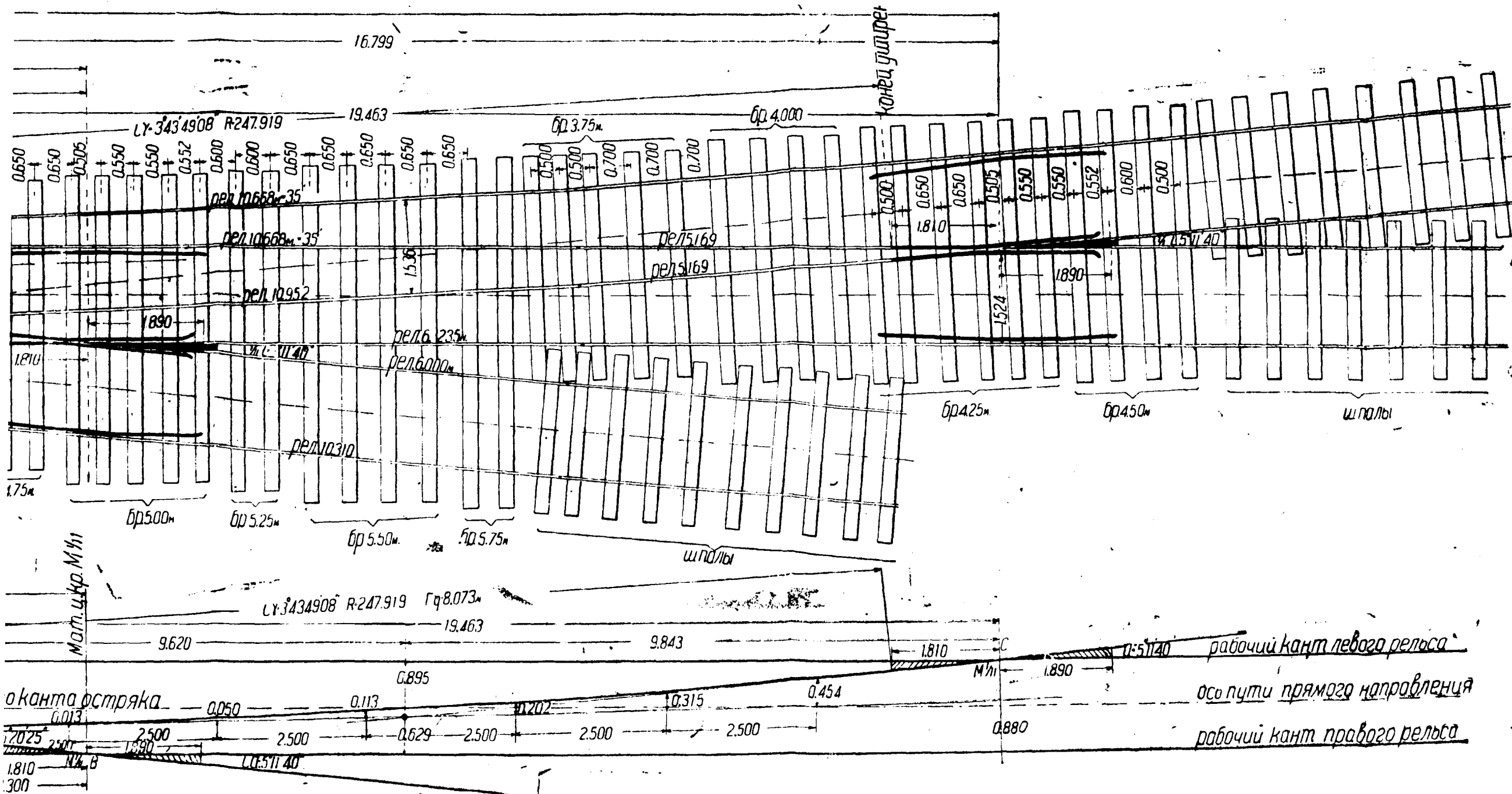
На черт. 219 показан двойной стрелочный перевод, применяемый на наших железных дорогах<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Заимствован из атласа, изданного Главжелдорстроем.



Черт. 219. Эпюра сдвоенного разностороннего перевода типа III-а.





# ГЛАВА IV

## ГЛУХИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ

### § 21. Пересечение двух прямых путей

Из черт. 135 видно, что расстояние  $BB$  между изогнутыми рельсами равно :

$$\frac{s}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad (1)$$

Это будет вместе с тем малой диагональю ромба, получающегося при пересечении путей; большая диагональ ромба равна:

$$\frac{s}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (2)$$

Сторона ромба равна:

$$\frac{s}{\sin \alpha} \quad (3)$$

В зависимости от величины угла  $\alpha$  глухие пересечения можно подразделить на четыре группы, указанные в таблице 22, в которой для нормальной ширины колеи в 1524 мм вычислены стороны и диагонали ромба в метрах.

Таблица 22

№ типов	Угол	Для указанного предельного значения угла $\alpha$		
		сторона	большая диагональ	малая диагональ
I	До $9^\circ$ . . . . .	9,8	19,4	1,53
II	„ $16^\circ$ . . . . .	5,52	10,9	1,54
III	„ $35^\circ$ . . . . .	2,66	5,1	1,60
IV	Свыше $35^\circ$ и до $90^\circ$ . . . . .	1,52	2,15	2,15

В первом типе применяются отдельные острые и тупые крестовины с рельсами между ними. Тупые крестовины при угле менее  $9^\circ$  следует устраивать с повышенным контррельсом.

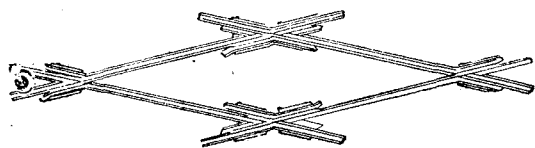
Пересечение нежелательно устраивать под слишком острым углом (обычно не положе  $\text{tg } \alpha = 1/9$ , т. к. длина перерыва рабочего канта получается значительной).

Глухое пересечение этого типа ничем не отличается от крестовин, устраиваемых в английской стрелке.

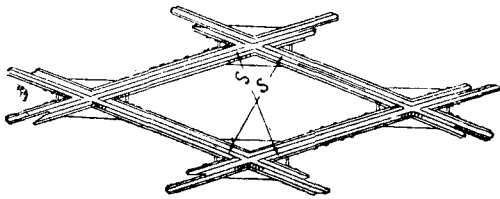
В пересечениях с углом более  $9^\circ$  тупая крестовина устраивается без повышенного рельса, т. к. надобности в таком повышении нет: длина стороны ромба достигает 5,5—9,5 м, и между смежными крестовинами (между острой и тупой крестовиной) может поместиться рельс.

Если угол более  $16^\circ$  и доходит до  $35^\circ$ , то между крестовинами трудно поместить рельс, и крестовины примыкают одна к другой, как показано на черт. 220. В этом типе применяются две острые и две тупые крестовины. Как видно из черт. 221, устройство этого глухого пересечения отличается от тако-го же на черт. 220 тем, что контррельсы тупых крестовин продолжены по всему периметру ромба, благодаря чему все пересечение получается прочно сконструированным.

В острых углах (черт. 221) работают и подвергаются износу лишь одно острие крестовины (на черт. 221) и две стороны изогнутых рельсов; в тупых



Черт. 220.



Черт. 221.

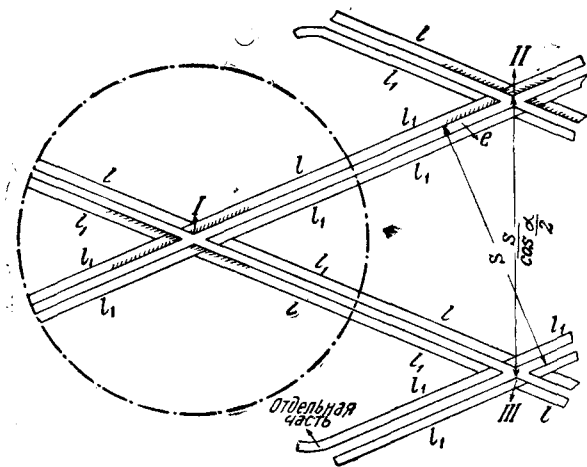
крестовинах—изогнутый рельс и одна из сторон каждого острия (на черт. 221).

Таким образом крестовины в смысле работы использованы лишь наполовину.

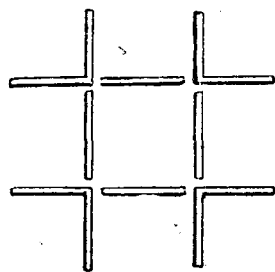
На черт. 222 показано глухое пересечение, в котором все крестовины совершенно одинаковы; длина каждого изогнутого конца крестовины равна  $l$ , а длина от острия до конца крестовины равна  $l_1$ .

У крестовин, расположенных в тупых углах, имеется отдельная съемная изогнутая часть рельса, которая прикрепляется, если рельс тупой крестовины является рельсом неработающим, и снимается, если он становится рабочим.

На черт. 222 на крестовинах I и II зачернены работающие калты рельсов; если крестовины повернуть на  $180^\circ$ , то неработающие части крестовины



Черт. 222.



Черт. 223.

станут работать. Тех же результатов можно достигнуть, перемещая крестовины II и III одну на место другой, а также крестовины I и IV (крестовина IV на чертеже не показана) одну на место другой.

В пересечениях угла более  $35^\circ$  и до  $90^\circ$  вся конструкция состоит из двух или одной части; внутренний рельс, окаймляющий ромб, в этом типе является характерным.

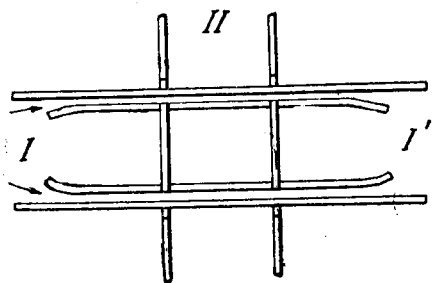
При небольших углах пересечения колесный скат, проходя через перерыв рабочего канта, поддерживается усовиком острой крестовины или изогнутым рельсом тупой крестовины; однако, чем угол больше, тем перерыв рабочего канта короче, но зато увеличивается возможность толчка при проходе.

При пересечении путей под углом  $90^\circ$  колесо проходит перерыв рабочего канта без всякой поддержки (черт. 223); для глухого пересечения под углом  $90^\circ$  встречаются два типа устройств: либо перерыв рабочего канта делается для обоих направлений (черт. 223), либо для одного (главного) направления

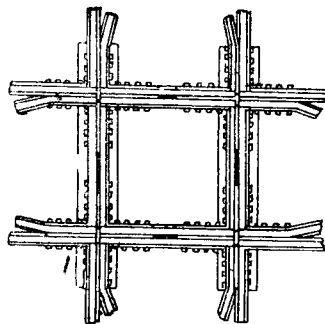
(I—I') рельсы идут без перерыва, для другого же направления рельс прерывается на длину, необходимую для прохода колеса по главному направлению (черт. 224).

На черт. 225 показано глухое пересечение с перерывом рабочего канта для обоих направлений.

В каждом из четырех углов пересечения помещаются особые вкладыши, соединенные болтами с рельсами. Вкладыши эти устраивают с постепенным повышением так, что у перерыва рабочего канта колесо катится ребром по вкладышу и проходит перерыв рабочего канта без толчка.



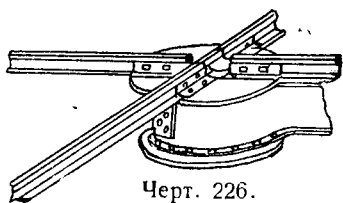
Черт. 224.



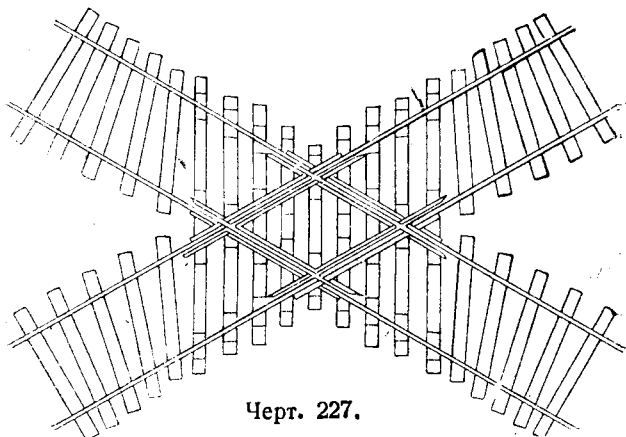
Черт. 225.

Чтобы совершенно избежать перерыва рабочего канта, была сделана попытка применить вращающийся кусок рельса (черт. 226), который замыкает соответственный путь. Однако это устройство оказалось непрактичным, т. к. иногда рельс не удавалось повернуть.

При пологих углах пересечения, соответствующих углам обычно применяемых крестовин в  $\frac{1}{8}$  и  $\frac{1}{9}$ , укладка переводных брусьев не встречает трудностей; однако при больших углах укладка брусьев может быть осуществлена разными способами.



Черт. 226.



Черт. 227.

1. Переводные брусья расположены симметрично относительно биссектрисы; это расположение (черт. 227) является целесообразным, если оба пересекающиеся пути загружены более или менее одинаково.

2. Переводные брусья более загруженного пути (черт. 228) расположены нормально на длину всего пути; в пределах пересечения менее загруженный путь не имеет своих брусьев, и к месту пересечения переводные брусья подходят, будучи расположены под косым углом.

3. На черт. 229 более загруженный путь в пределах пересечения расположен на продольных брусьях, что дает возможность более близко расположить брусья менее загруженного пути и расположить для того же пути один брус между продольными брусьями более загруженного пути.

Весьма часто два пути, ответвляющиеся под одинаковым углом от основного пути, пересекаются друг с другом, образуя глухое пересечение; такие пересечения имеют место в перекрестных съездах (см. гл. V).

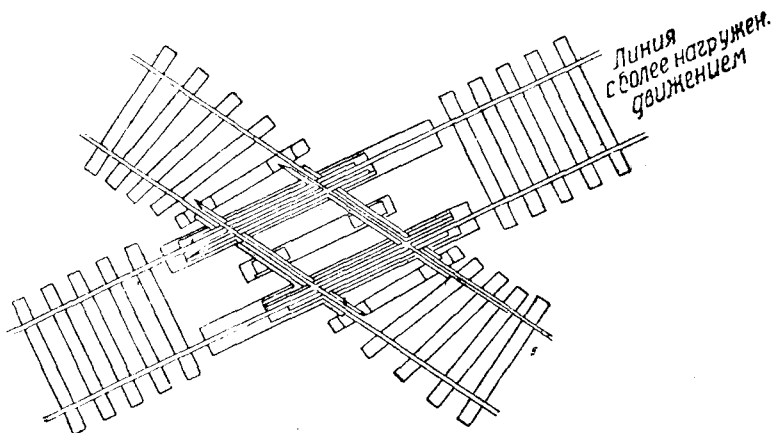
На черт. 230 показано глухое пересечение двух путей, ответвляющихся от основного под углом  $\alpha = 5^\circ 11' 40''$  (или  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{11}$ ); угол пересечения этих путей  $= 2\alpha = 10^\circ 23' 20''$  и  $\operatorname{tg} 2\alpha = 0,183334 = 1:5,45$ .

Длина малой диагонали  $= 1524 : \cos \alpha = 1524 : 0,995393 = 1,530$  м.

Длина большой диагонали  $= 1524 : \sin \alpha = 1524 : 0,090536 = 16,834$  м.

Длина стороны ромба  $1524 : \sin 2\alpha = 1524 : 0,180328 = 8,452$  м.

Принимая два зазора по 8 мм между рельсом и тупой и острой крестовиной и длины хвостов крестовин в  $(1300 + 1816) : \cos \alpha = 3129$  мм, длина рельса  $= 8,452 - 3,129 - 0,016 = 5,307$  м.



Черт. 228.

На черт. 231 глухое пересечение для двух путей, ответвляющихся под углом  $6^\circ 20' 25''$  ( $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{9}$ ); угол пересечения этих двух путей  $2\alpha = 12^\circ 40' 50''$  и  $\operatorname{tg} 2\alpha = 1:4,44$ . Далее будем иметь:

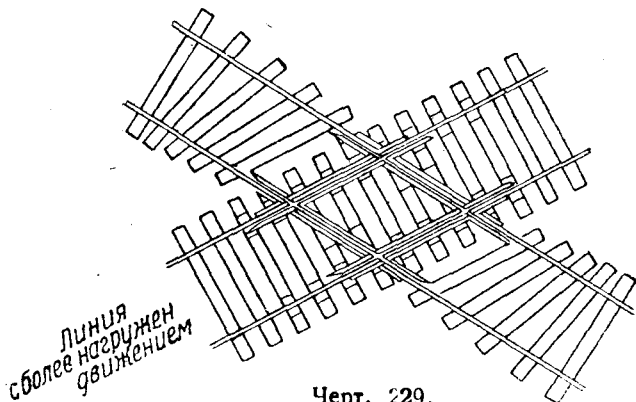
Длину малой диагонали  $= 1524 : 0,993884 = 1,526$  мм.

Длину большой диагонали  $= 1524 : 0,11043 = 13,800$  мм.

Длину стороны ромба  $= 1524 : 0,219515 = 6,943$  мм.

Длину хвостов острой и тупой крестовин  $= (1960 + 1622) : \cos \alpha = 3,582 : 0,993884 = 3,604$  м.:

Длина рельса  $= 6,943 - 3,604 - 0,016 = 3,323$  м.



Черт. 229.

### §122. Пересечение прямого пути с криволинейным (черт. 232)

Пусть прямой путь АВ пересекается путем, отстоящим от пути АВ на расстояние  $e$ , причем путь CD от точки E идет по кривой, радиус по оси пути равен  $R$ . Из черт. 232 получим:

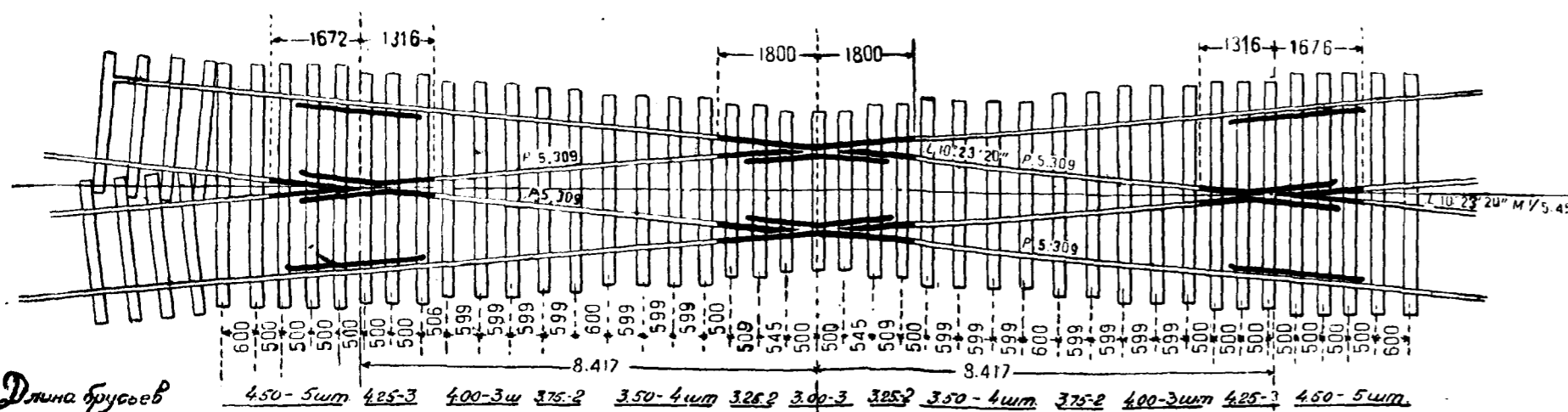
$$OK = R + \frac{s}{2} - e, \quad (1)$$

$$OZ = R - \frac{s}{2} - e, \quad (2)$$

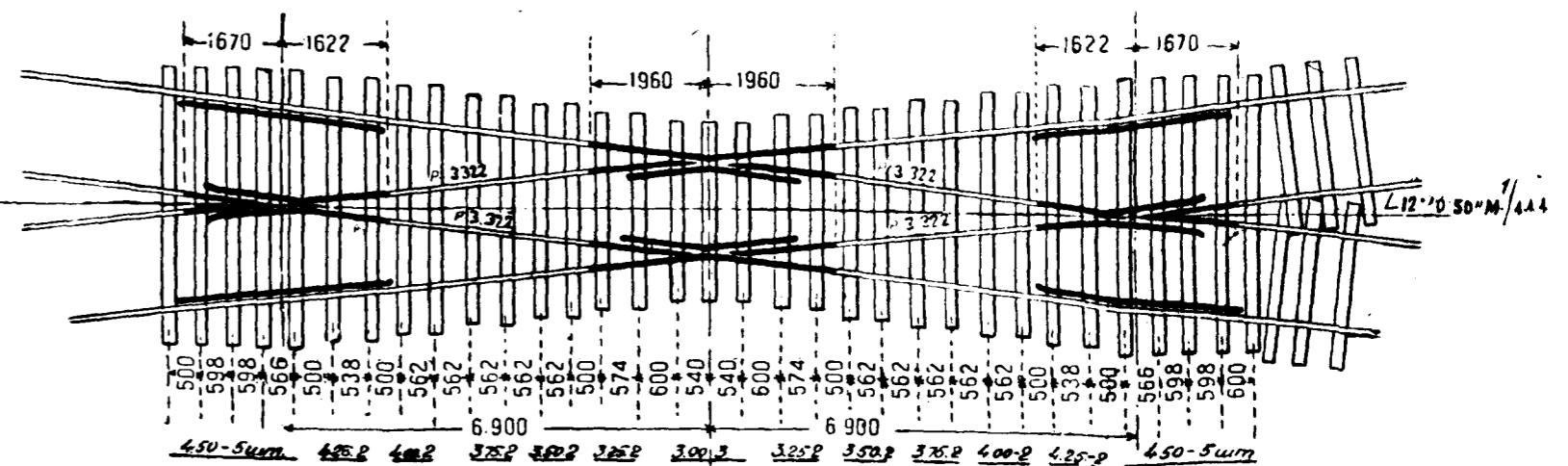
$$Oa = Oc = R - \frac{s}{2} \quad (3)$$

$$Ob = Od = R + \frac{s}{2}. \quad (4)$$

и



Черт. 230.



Черт. 231.

Длина брусьев

Зак. 8195.

Из треугольников  $OKa$ ,  $OKb$ ,  $OZc$  и  $OZd$  получим:

$$\cos \alpha = \frac{OK}{R - \frac{s}{2}} = \frac{R + \frac{s}{2} - e}{R - \frac{s}{2}} = 1 - \frac{e - s}{R - \frac{s}{2}}, \quad (5)$$

$$\cos \gamma = \frac{OK}{R + \frac{s}{2}} = \frac{R + \frac{s}{2} - e}{R + \frac{s}{2}} = 1 - \frac{e}{R + \frac{s}{2}}, \quad (6)$$

$$\cos \delta = \frac{OZ}{R - \frac{s}{2}} = \frac{R - \frac{s}{2} - e}{R - \frac{s}{2}} = 1 - \frac{e}{R - \frac{s}{2}}, \quad (7)$$

$$\cos \varepsilon = \frac{OZ}{R + \frac{s}{2}} = \frac{R - \frac{s}{2} - e}{R + \frac{s}{2}} = 1 - \frac{e + s}{R + \frac{s}{2}}. \quad (8)$$

Далее будем иметь:

$$\lambda = \delta - \alpha$$

$$\varphi = \varepsilon - \gamma,$$

$$ka = \left(R + \frac{s}{2} - e\right) \operatorname{tg} \alpha,$$

$$kb = \left(R + \frac{s}{2} - e\right) \operatorname{tg} \gamma,$$

$$zc = \left(R - \frac{s}{2} - e\right) \operatorname{tg} \delta,$$

$$zd = \left(R - \frac{s}{2} - e\right) \operatorname{tg} \varepsilon,$$

откуда получим:

$$ab = kb - ka = \left(R + \frac{s}{2} - e\right) (\operatorname{tg} \gamma - \operatorname{tg} \alpha), \quad (10)$$

$$cd = zd - zc = \left(R - \frac{s}{2} - e\right) (\operatorname{tg} \varepsilon - \operatorname{tg} \delta). \quad (11)$$

Длины дуг будут равны:

$$ac = \frac{\pi \left(R - \frac{s}{2}\right) \lambda}{180^\circ}$$

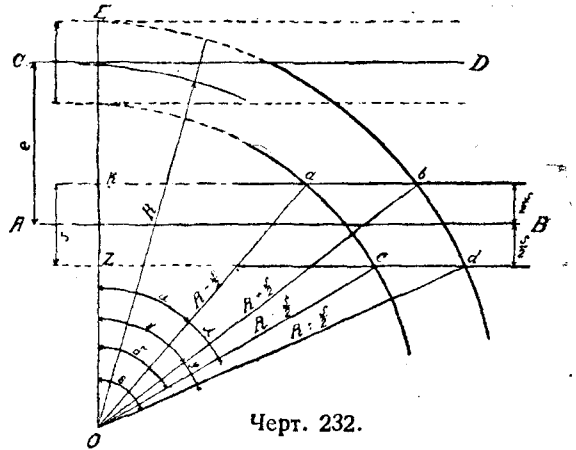
$$bd = \frac{\pi \left(R + \frac{s}{2}\right) \varphi}{180^\circ}. \quad (12)$$

Для разбивки центров пересечений  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  служат прямые  $ka$ ,  $kb$ ,  $zc$  и  $zd$ .

Пример. Пусть  $e = 5$  м и  $R = 200$  м, тогда получим данные, приведенные ниже:

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= 0,982554 \\ \cos \gamma &= 0,975095 \\ \cos \delta &= 0,974904 \\ \cos \varepsilon &= 0,967504 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= 10^\circ 43' 6'' \\ \gamma &= 12^\circ 48' 51'' \\ \delta &= 12^\circ 51' 48'' \\ \varepsilon &= 14^\circ 38' 48'' \end{aligned}$$



Черт. 232.

$$\lambda = \delta - \alpha = 2^{\circ}8'42'' \text{ и } \varphi = \varepsilon - \gamma = 1^{\circ}49'57''$$

$$ka = 37,05 \text{ м; } kb = 44,53 \text{ м и } ab = 7,48 \text{ м}$$

$$zc = 44,36 \text{ м; } zd = 50,76 \text{ м и } cd = 6,40 \text{ м}$$

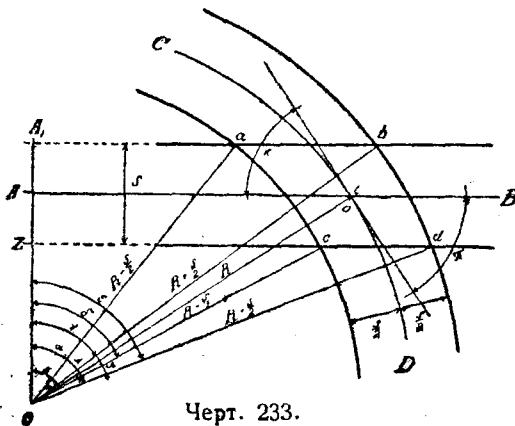
$$ac = 7,46 \text{ м; } bd = 6,42 \text{ м.}$$

**§ 23. Пересечение прямого пути с криволинейным при заданной величине угла пересечения (черт. 233 и 234)**

Дан прямой путь  $AB$ , с которым должен пересечься путь заданного радиуса  $R$  под заданным углом  $k$ . Из чертежа видно, что угол  $\angle OA_1 = k$ , и далее будем иметь:

$$OA - \frac{s}{2} = R \cos k - \frac{s}{2}, \quad (1)$$

$$OA_1 = OA + \frac{s}{2} = R \cos k + \frac{s}{2}, \quad (2)$$



$$\cos \alpha = \frac{R \cos k + \frac{s}{2}}{R - \frac{s}{2}} \quad (3)$$

$$\cos \gamma = \frac{R \cos k + \frac{s}{2}}{R + \frac{s}{2}}, \quad (4)$$

$$\cos \delta = \frac{R \cos k - \frac{s}{2}}{R - \frac{s}{2}} \quad (5)$$

$$\cos \varepsilon = \frac{R \cos k - \frac{s}{2}}{R + \frac{s}{2}}, \quad (6)$$

$$A_1a = \left(R - \frac{s}{2}\right) \sin \alpha; \quad A_1b = \left(R + \frac{s}{2}\right) \sin \gamma; \quad zc = \left(R - \frac{s}{2}\right) \sin \delta.$$

$$zd = \left(R + \frac{s}{2}\right) \sin \varepsilon. \quad (7)$$

Аналогично предшествующему параграфу найдем длины прямых частей глухого пересечения  $ab$  и  $cd$  и криволинейных частей  $ac$  и  $bd$ .

Решим ту же задачу в несколько измененном виде. Пусть имеются два пути  $AB$  и  $CD$ , из коих  $AB$  прямой, а путь  $CD$  от точки  $d$  (черт. 234) идет по кривой радиуса  $R$ ; угол  $\alpha$  и длина  $de$  в  $\triangle cde$  считаются заданными:

$$cd = de \operatorname{tg} \alpha. \quad (8)$$

$$ac = ad - cd = R - cd. \quad (9)$$

$$ab = ac \sin (90^\circ - \alpha). \quad (10)$$

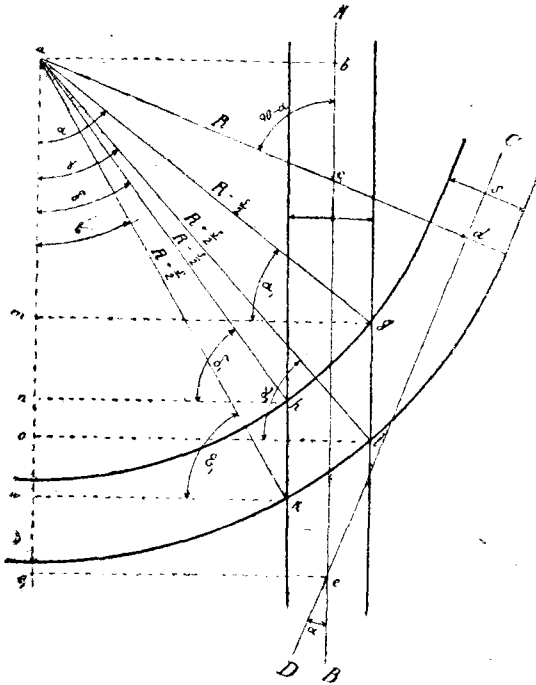
$$ab = (R - cd) \sin (90^\circ - \alpha). \quad (11)$$

Проведем из  $a$  линию, параллельную  $AB$ , тогда получим:

$$gm = io = ab + \frac{s}{2}; \quad hn = kw = ab - \frac{s}{2}. \quad (12)$$



Далее можно определить углы крестовин глухого пересечения  $\alpha_1, \gamma_1, \delta_1$  и  $\alpha_2$  и углы  $\alpha, \gamma, \delta$  и  $\epsilon$ , образуемые радиусами с прямой  $aw$ . Далее аналогично предшествующим вычислениям получим длины  $am, an, ao$  и  $aw$  и длины прямых  $hk$  и  $gi$ . Так как  $be = bc + ce = ae_1$  является вполне определенной величиной, то центры крестовин глухого пересечения можно откладывать от точки  $e$ .



Черт. 234.

### § 24. Пересечение двух криволинейных путей (черт. 235)

Даны центры кривых  $y$  и  $p$  радиусов  $R_1$  и  $R_2$  и расстояние  $ab = e$  между осями путей. Кривая радиуса  $R_2$  пути I—I начинается в точке  $a$  и кончается в точке  $o$  при центральном угле  $\epsilon$ ; кривая пути II—II радиуса  $R_1$  начинается в точке  $b$  и оканчивается в точке  $g$  при центральном угле  $\varphi$ . Из чертежа имеем, считая  $bc$  заданным:

$$ai = io = R_2 \operatorname{tg} \frac{\epsilon}{2};$$

$$ef = fg = R_1 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}. \quad (1)$$

Из  $\triangle dfh$  имеем:

$$dh = df \operatorname{tg} (90^\circ - \varphi) = e \operatorname{ctg} \varphi, \quad (2)$$

$$bc = ai - cf - dh - hi = R_2 \operatorname{tg} \frac{\epsilon}{2} - R_1 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} - e \operatorname{ctg} \varphi - hi, \quad (3)$$

$$px = bc; \quad xy = ap - ab + yc = R_2 + R_1 - e, \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{px}{yx} = \frac{bc}{R_2 + R_1 - e}, \quad (5)$$

$$py = \frac{bc}{\sin \lambda}. \quad (6)$$

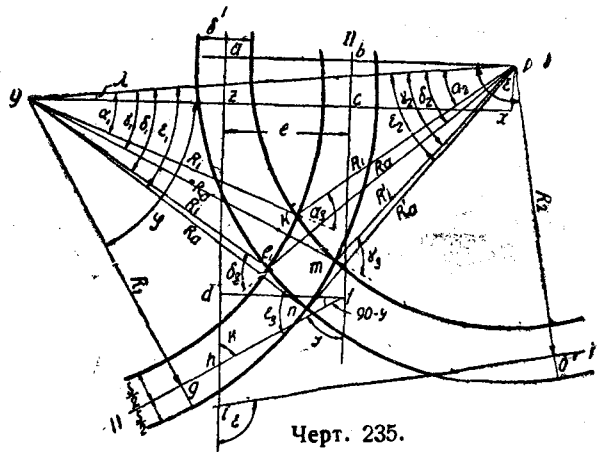
В треугольниках  $укр$ ,  $утр$ ,  $упр$  и  $ye_1p$ , три стороны известны, после чего можно определить углы.

### § 25. Пересечение двух криволинейных путей при заданной величине угла пересечения (черт. 236 и 237)

Даны кривые  $AB$  и  $CD$  радиусов  $R_1$  и  $R_2$ ; в точке пересечения осей  $i$  касательные должны составлять заданный угол  $k$ . Пусть  $a, b, c$  и  $d$  представляют центры крестовин;  $ef$  — прямая, соединяющая центры окружностей, В  $\triangle eif$  известны  $R_1$  и  $R_2$  и  $\angle eif = k$ , тогда будем иметь:

$$ef^2 = R_1^2 + R_2^2 - 2R_1 R_2 \cos k. \quad (1)$$

Соединяя  $ef$  последовательно с точками  $a, b, c$  и  $d$ , получим четыре треугольника, в которых известны три стороны, поэтому углы могут быть определены. В  $\triangle eif$  могут быть определены углы  $k_1$  и  $k_2$ , равные  $\angle ief$  и  $\angle ife$ .

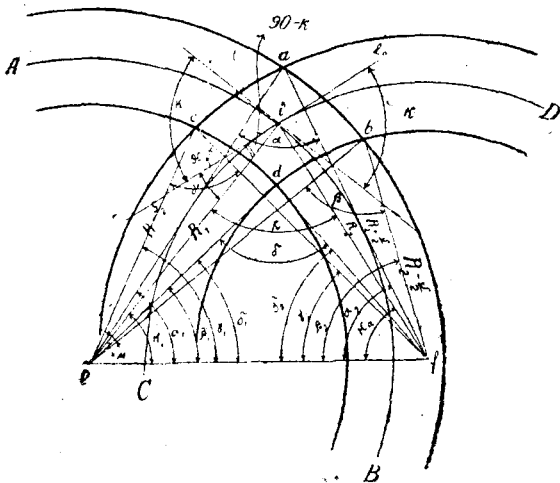


Черт. 235.

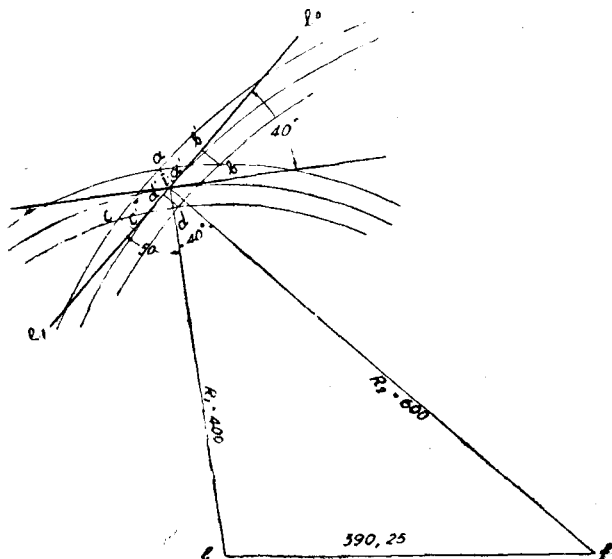
Из  $\triangle eaf$  имеем:

$$\cos \alpha = \frac{\left(R_1 + \frac{s}{2}\right)^2 + \left(R_2 + \frac{s}{2}\right)^2 - ef^2}{2 \left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \left(R_2 + \frac{s}{2}\right)} = \frac{R_1^2 + R_2^2 + (R_1 + R_2)s + \frac{s^2}{2} - R_1^2 - R_2^2 + 2R_1R_2 \cos k}{2 \left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \left(R_2 + \frac{s}{2}\right)} = \frac{(R_1 + R_2)s + 2R_1R_2 \cos k + \frac{s^2}{2}}{2 \left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \left(R_2 + \frac{s}{2}\right)}, \quad (2)$$

$$\cos \beta = \frac{\left(R_1 + \frac{s}{2}\right)^2 + \left(R_2 - \frac{s}{2}\right)^2 - R_1^2 - R_2^2 + 2R_1R_2 \cos k}{2 \left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \left(R_2 + \frac{s}{2}\right)} =$$



Черт. 236.



Черт. 237.

$$= \frac{(R_1 - R_2)s + 2R_1R_2 \cos k + \frac{s^2}{2}}{2 \left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \left(R_2 + \frac{s}{2}\right)}, \quad (3)$$

аналогично получатся значения  $\cos \gamma$  и  $\cos \delta$ .

Далее будем иметь:

$$\sin \alpha_1 = \frac{\left(R_2 + \frac{s}{2}\right) \sin \alpha}{ef},$$

$$\alpha_2 = 180^\circ - (\alpha + \alpha_1) \quad (4)$$

и

$$\sin \beta_1 = \frac{\left(R_2 - \frac{s}{2}\right) \sin \beta}{ef}$$

и

$$\beta_2 = 180^\circ - (\beta + \beta_1). \quad (5)$$

Длина дуги:

$$ab = \frac{\pi \left(R_1 + \frac{s}{2}\right) (\alpha_1 - \beta_1)}{180^\circ}. \quad (6)$$

Остальные формулы определяются аналогично с приведенными.

Пример. Пусть  $R_1 = 400$  м,  $R_2 = 600$  м, угол  $k = 40^\circ$  и  $s = 1,524$  м, тогда будем иметь (черт. 237):

$$ef = \sqrt{400^2 + 600^2 - 2 \cdot 400 \cdot 600 \cos 40^\circ} = \sqrt{152\,298 \cdot 83} = 390,25 \text{ м}$$

$$\cos \alpha = \frac{400,762^2 + 600,762 - ef^2}{2 \cdot 400,762 \cdot 600,262} = 0,766785$$

$$\alpha = 39^\circ 56' 2''$$

$$\sin \alpha = 0,641903;$$

$$\cos \beta = \frac{400,762^2 + 599,238^2 - ef^2}{2 \cdot 400,762 \cdot 599,238} = 0,764928$$

$$\beta = 40^\circ 5' 58''$$

$$\sin \beta = 0,644117;$$

$$\cos \gamma = \frac{399,238^2 + 600,762^2 - ef^2}{2 \cdot 399,238 \cdot 600,726} = 0,767170$$

$$\gamma = 39^\circ 53' 58''$$

$$\sin \gamma = 0,641443;$$

$$\cos \delta = \frac{399,238^2 + 599,238^2 - ef^2}{2 \cdot 399,238 \cdot 599,238} = 0,765299$$

$$\delta = 40^\circ 3' 59''$$

$$\sin \delta = 0,643675.$$

Далее определяем<sup>1</sup> углы:  $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$  и  $\delta_1$  и  $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2$  и  $\delta_2$ .

$$\alpha_1 = 98^\circ 49' 27''; \quad \beta_1 = 98^\circ 29'; \quad \gamma_1 = 99^\circ 6' 10''; \quad \delta_1 = 98^\circ 44' 38'',$$

$$\alpha_2 = 41^\circ 14' 31''; \quad \beta_2 = 42^\circ 25' 2''; \quad \gamma_2 = 40^\circ 59' 52''; \quad \delta_2 = 42^\circ 11' 23'',$$

$$k_1 = 98^\circ 47' 8''.$$

Угол  $eif = k = 40^\circ$ ;  $\angle e_1 ie = 50^\circ$ , т. е. прямая  $ei$  составляет с касательной  $e_1 e_0$  в точке  $i$  угол в  $50^\circ$ .

Четыре другие прямые, проведенные из  $e$  в точки  $a, b, c$  и  $d$ , составляют с прямой  $e_0 e_1$  следующие углы:

Прямая $ea$	угол, равный	$50^\circ + (\alpha_1 - k_1) =$
		$= 50^\circ + (98^\circ 49' 27'' - 98^\circ 47' 8'') = 50^\circ 2' 19''$
" $eb$	" "	$50^\circ - (k_1 - \beta_1) =$
		$= 50^\circ - (98^\circ 47' 8'' - 98^\circ 29') = 49^\circ 41' 52''$
" $ec$	" "	$50^\circ + (\gamma_1 - k_1) =$
		$= 50^\circ + (99^\circ 6' 10'' - 98^\circ 47' 8'') = 50^\circ 19' 2''$
" $ed$	" "	$50^\circ - (k_1 - \delta_1) =$
		$= 50^\circ - (98^\circ 47' 8'' - 98^\circ 44' 30'') = 49^\circ 57' 30''$

В таблице 23 приведены результаты вычислений

Графы IV и V таблицы 23 представляют собой косинусы и синусы углов графы II; графы VI и VII представляют горизонтальные (абсциссы) и вертикальные (ординаты) проекции прямых.

Графы VIII и IX представляют собой горизонтальную и вертикальную проекции прямой  $ei$ . Вычитая из цифр графы VII цифры графы VIII, получаем абсциссы центров крестовин, причем + означает расстояние вправо от точки  $i$  по линии  $e_1 e_0$ , — влево от  $i$ . Вычитая из цифр графы VII цифры графы IX, получим в графе XI ординаты центров крестовин, причем знак плюс означает расстояние по нормали вверх от  $e_1 e_0$ , а знак минус — вниз.

<sup>1</sup> При вычислении углов надо иметь в виду, что при определении угла по значению синуса угла угол  $\alpha, \beta$  и т. д. может быть равен  $\alpha_1$  и  $180^\circ - \alpha_1$  (соответственно другие три угла).

Наименование прямых	Углы, образуемые прямыми с $\epsilon_0$ $\epsilon_1$	Длина прямых	Косинусы углов гр. II	Синусы углов гр. II	Абсциссы = длина, умнож. на коси- нусы углов	Ординаты = длина, умнож. на синусы углов	Горизонтальная проекция $e_i$	Вертикальная проекция $e_i$	Абсциссы (черт. 232)	Ординаты (черт. 232)
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
<i>ea</i>	50° 2' 19"	400,762	0,642272	0,766478	257,398	307,175	257,115	306,418	$ia' = +0,283$	$aa' = +0,757$
<i>eb</i>	49° 41' 52"	400,762	0,646820	0,762643	259,221	305,638	—	—	$ib_1' = +2,106$	$bb' = -0,780$
<i>ec</i>	50° 19' 2"	399,233	0,638537	0,769591	254,928	307,250	—	—	$ic' = -2,187$	$cc' = +0,832$
<i>ed</i>	49° 57' 30"	399,238	0,643344	0,765576	256,847	305,647	—	—	$id' = -0,268$	$dd' = -0,771$

Длины дуг *ab*, *bd*, *cd* и *ac* будут равны:

$$ab = \frac{\pi \cdot 400,762 (\alpha_1 - \beta_1)}{180^\circ} = \frac{\pi \cdot 400,762 \cdot 20'27''}{180^\circ} = 2,38 \text{ м.}$$

$$cd = \frac{\pi \cdot 399,238 (\nu_1 - \delta_1)}{180^\circ} = \frac{\pi \cdot 399,238 \cdot 21'32''}{180^\circ} = 2,50 \text{ м.}$$

$$ac = \frac{\pi \cdot 600,762 (\alpha_2 - \nu_2)}{180^\circ} = \frac{\pi \cdot 600,762 \cdot 14'39''}{180^\circ} = 2,56 \text{ м.}$$

$$bd = \frac{\pi \cdot 599,238 (\beta_2 - \delta_2)}{180^\circ} = \frac{\pi \cdot 599,238 \cdot 13'39''}{180^\circ} = 2,38 \text{ м.}$$

На черт. 237 показаны расположение центров крестовин и длины кривых глухого пересечения.

Если имеется узкая колея, то надо подставить соответствующее значение колеи; если имеется пересечение широкой и узкой колеи, то надо подставить разные величины колеи в соответствующие формулы.

СОЕДИНЕНИЕ ДВУХ ПУТЕЙ ПЕРЕХОДОМ ИЛИ СЪЕЗДОМ

§ 26. Съезд и перекрестный съезд с углом наклона соединительного пути, равным углу крестовины

Если два параллельных прямых пути I и II (черт. 238) соединить путем, наклоненным под углом крестовины, то получим обыкновенный (несокращенный) съезд.

Даны основные размеры стрелочного перевода и расстояние между осями путей  $e$ .

Откладываем  $p$ ,  $a$  и  $a_1$  на первом пути; проводим под углом  $\alpha$  наклонную прямую  $AB$  (лучше построить по величине  $\operatorname{tg} \alpha$ ) и на пути II от пересечения осей путей откладываем  $a$  и  $a_1$ .

Из  $\triangle ABC$  имеем:

$$AB = \frac{e}{\sin \alpha} \quad \text{и} \quad BC = e \operatorname{ctg} \alpha, \quad (1)$$

т. е.  $BC$  равно расстоянию между осями путей, умноженному на  $\operatorname{ctg} \alpha$ . От  $B$  откладываем  $a$ ,  $a_1$  и  $p$ .

Теоретическая длина съезда, равная расстоянию, измеренному по направлению основных путей, будет:

$$L = 2a + e \operatorname{ctg} \alpha, \quad (2)$$

а полная длина съезда равна:

$$L_n = 2a_1 + e \operatorname{ctg} \alpha. \quad (3)$$

Хвосты  $q$  крестовин входят в величину  $b_1$ ; между хвостами крестовин будет длина  $EF$ , равная:

$$EF = \frac{e}{\sin \alpha} - 2b_1, \quad (4)$$

причем концы хвостов находятся на разных нитках рельсов (черт 239).

Пример. Применяем стрелочный перевод марки  $\operatorname{tg} \alpha = 1/11$  и, принимая  $e = 5,3$  м, получим:

$$AB = \frac{5,3}{\sin \alpha} = \frac{5,3}{0,090516} = 58,61 \text{ м.}$$

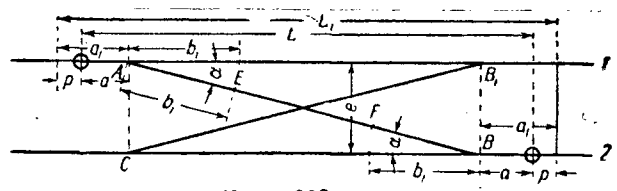
$$BC = e \operatorname{ctg} \alpha = 5,3 \cdot 11 = 58,3 \text{ м.}$$

$$L = 2a + e \operatorname{ctg} \alpha = 2 \cdot 13,00 + 58,3 = 84,3 \text{ м.}$$

$$L_n = 2p + L = 84,3 + 2 \cdot 0,85 = 86,0 \text{ м.}$$

$$EF = \frac{e}{\sin \alpha} - 2b_1 = 58,61 - 2 \cdot 19,65 = 19,31 \text{ м.}$$

Если мы уложим накрест другой съезд, то в пересечении получится так называемое глухое пересечение (черт. 240), причем если крестовина переводов угла  $\alpha$ , то глухое пересечение угла  $2\alpha$ . Как видно, глухое пересечение (черт.



Черт. 238.

240) состоит из двух острых и двух тупых крестовин; длина хвостов каждой из двух острых крестовин равна  $q_1$ :

$$q_1 = \left( \frac{b + v + 50}{2} \right) \operatorname{ctg} \alpha + 300. \quad (5)$$

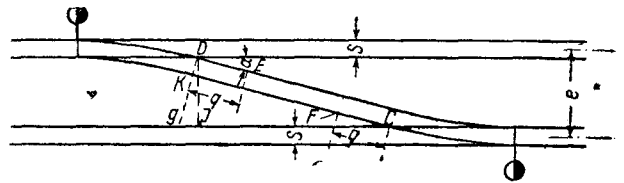
Из  $\triangle ACE$ , в котором  $\angle CAE = \alpha$ , имеем длину крестовины равной:

$$2q_1 + AE = (b + v + 50) \operatorname{ctg} \alpha + 600 + s \operatorname{ctg} \alpha = (b + v + 50 + s) \operatorname{ctg} \alpha + 600. \quad (6)$$

Пример. Пусть расстояние между осями путей 5,3 м, принимая  $b = 114$  мм и  $v = 68$  мм (т. е. принимая рельс типа II-а), получим по уравнению (6):

$$(b + v + 50 + s) \operatorname{ctg} \alpha + 600 = (114 + 68 + 50 + 1524) 11 + 600 = 19916 \text{ м.}$$

На черт. 240 показан перекрестный съезд; из черт. 240 имеем:



Черт. 239

$$BO = \frac{1}{2} \left[ e - s - \frac{s}{\cos \alpha} \right],$$

$$BD = \frac{BO}{\sin \alpha} = \frac{e - s}{2 \sin \alpha} - \frac{s}{\sin 2\alpha}. \quad (7)$$

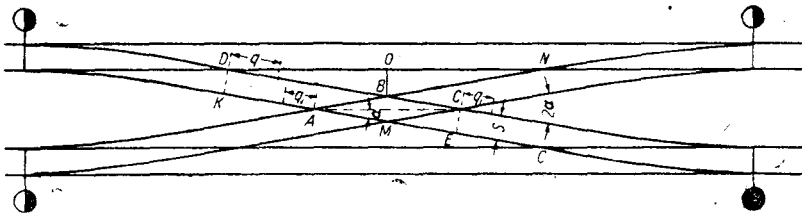
Для возможности устройства перекрестного съезда,  $BD$  должно быть не менее длины хвостов острой и тупой крестовины. Для  $e = 5,3$  и  $\operatorname{tg} \alpha = 1/11$  по уравнению (7) будем иметь:

$$BC = \frac{5,3 \cdot 1,524}{2 \cdot 0,0905} - \frac{1,524}{0,18033} = 20,86 - 8,45 = 12,41 \text{ м.}$$

Длина стороны ромба =  $s : \sin 2\alpha$  и проекция ее на

$$BD = s \operatorname{ctg} 2\alpha = 1,524 \cdot 4,551 = 6,94 \text{ м.}$$

$$q_1^* = 3152 : 2 = 1,58 \text{ м и } q = 2,85 \text{ м, и получим:}$$



Черт. 240.

$BD + q_1 + q = 11,37$  м, и концы крестовины  $q$  и  $q_1$  на разных нитках отстоят друг от друга (черт. 240) на  $12,41 - 11,87 = 1,04$  м.

Следует иметь в виду, что хвосты  $q$  и  $q_1$  могут перекрывать друг друга; для  $e = 4,9$  м,  $BO = 10,20$  м, и хвосты перекроют друг друга на  $11,37 - 10,20 = 1,37$  м.

## § 27. Сокращенный съезд и сокращенный перекрестный съезд

Сокращенный съезд (черт. 241) имеет среднюю часть прямой под углом  $\beta_1 > \alpha$ , для чего устраиваются две обратные кривые угла  $\beta_1 - \alpha$ .

Данными считаются все элементы стрелочного перевода, расстояние между осями путей, радиус  $R$  кривой, угол  $\beta_1 - \alpha$ , который принимается равным радиусу переводной кривой. Требуется определить угол  $\beta_1$  и длину сокращенного съезда  $L$ .

Из черт. 241, проектируя ломаную линию  $ABCDEF$  на вертикаль, получим:

$$e = 2 [b_1 \sin \alpha + R (\cos \alpha - \cos \beta_1)] + L_1 \sin \beta_1. \quad (1)$$

\*  $2b_1 = (b + v + 50) \cdot 11 + 600 = (114 + 68 + 50) 11 + 600 = 3152 \text{ мм.}$

$L_1$  представляет собой длину глухого пересечения угла  $2\beta_1$ , для которого по уравнению (6) будем иметь:

$$L_1 = (b + v + 0,05 + s) \operatorname{ctg} \beta_1 + 0,6. \quad (2)$$

Для того, чтобы получить вертикальную проекцию этой длины, надо умножить уравнение (2) на  $\sin \beta_1$ , и тогда получим:

$$e = 2 [b_1 \sin \alpha + R (\cos \alpha - \cos \beta_1)] + (b + v + 0,05 + s) \cos \beta_1 + 0,6 \sin \beta_1 \quad (3)$$

и далее:

$$\cos \beta_1 = \frac{2(b_1 \sin \alpha + R \cos \alpha) - e}{2R - b - v - 0,05 - s} + \frac{0,6 \sin \beta_1}{2R - b - v - 0,05 - s} \quad (4)$$

или

$$\cos \beta_1 = C + D \sin \beta_1, \quad (5)$$

где:

$$C = \frac{2(b_1 \sin \alpha + R \cos \alpha) - e}{2R - b - v - 0,05 - s}$$

и

$$D = \frac{0,6}{2R - b - v - 0,05 - s}$$

Для величины  $C$  и  $D$  все численные значения вставляются в метрах.

Принимая  $D = \operatorname{tg} \psi$ , получим значения  $\psi$ ,  $\cos \psi$  и далее

$$\cos \beta_1 = C + \operatorname{tg} \psi \sin \beta_1,$$

или

$$\cos \beta_1 \cos \psi - \sin \beta_1 \sin \psi = C \cos \psi$$

или

$$\cos (\beta_1 + \psi) = C \cos \psi. \quad (6)$$

Откуда получаем  $\beta + \psi$  и затем  $\beta_1$ .

После определения угла  $\beta_1$  получим горизонтальную проекцию линии  $ABCDEF$  и длину  $L$ :

$$L = 2a + 2 [b_1 \cos \alpha + R (\sin \beta_1 - \sin \alpha)] + L_1 \cos \beta_1. \quad (7)$$

Радиус кривых угла  $\beta_1 - \alpha$  принимается с округлением, равным радиусу стрелочного перевода.

Пример. Берем данные стрелочного перевода  $\operatorname{tg} \alpha = 1/11$ . Для кривых принимаем  $R = 330$  м,  $b = 114$  мм = 0,114 м,  $v = 0,068$  м,  $b_1$  в 19,65 м и  $e$  примем в 8 м и  $\alpha = 5^\circ 11'40''$ ,  $\sin \alpha = 0,090536$ ,  $\cos \alpha = 0,995893$ .

$$C = \frac{2(19,65 \cdot 0,090536 + 330 \cdot 0,995893) - 8}{2 \cdot 330 - 0,114 - 0,068 - 0,05 - 1,524} = \frac{652,846}{658,244} = 0,9918.$$

$$D = \frac{0,6}{2 \cdot 330 - 0,114 - 0,068 - 0,05 - 1,524} = \frac{0,6}{658,244} = 0,000912$$

и

$$\operatorname{tg} \psi = 0,000912 \text{ и } \psi = 3'8''; \quad \cos \psi = 0,999999;$$

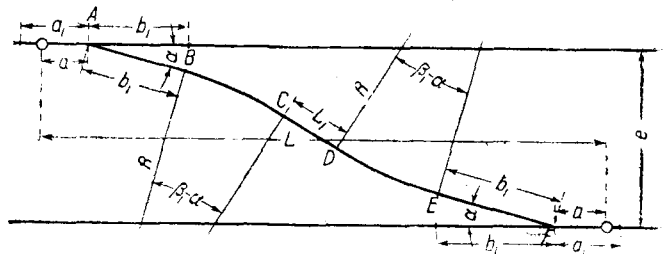
$$\cos (\beta_1 + \psi) = 0,9918 \cdot 0,999999 = 0,9918;$$

$$\beta_1 + \psi = 7^\circ 20'32''; \quad \beta_1 = 7^\circ 17'24'';$$

$$L = 2a + 2 [b_1 \cos \alpha + R (\sin \beta_1 - \sin \alpha)] + L_1 \cos \beta_1 = 103,9 \text{ м.}$$

Если бы сделали обыкновенный съезд, то длина его была бы равна:  $L = 2 \cdot 12 + 8 \cdot 11 = 112$  м, т. е. укорочение равно примерно 8 м.

Если будем иметь не перекрестный съезд, а сокращенный съезд, то между кривыми надо иметь вставку длиной не меньше принимаемой для вставки (10 м),



Черт. 241.

и тогда будем вместо длины глухого пересечения иметь эту вставку и будем иметь формулы:

$$e = 2[b_1 \sin \alpha + R(\cos \alpha - \cos \beta_1)] + 10 \sin \beta, \quad (8)$$

$$\cos \beta_1 = \frac{2(b_1 \sin \alpha + R \cos \alpha) - e}{2R} + \frac{5}{R} \sin \beta_1. \quad (9)$$

Обозначаем:

$$C = \frac{2(b_1 \sin \alpha + R \cos \alpha) - e}{2R};$$

$$D = \frac{5}{R}$$

и

$$\operatorname{tg} \psi = D$$

и получаем:

$$\cos(\beta_1 + \psi) = C \cos \psi,$$

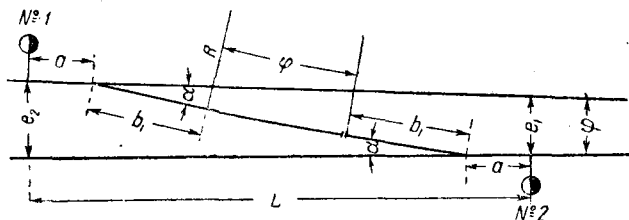
и далее после определения  $\beta_1$  будем иметь:

$$L = 2a + 2[b_1 \cos \alpha + R(\sin \beta_1 - \sin \alpha)] + 10 \cos \beta_1. \quad (10)$$

### § 28. Соединение непараллельных путей

Пусть (черт. 242) даны угол  $\varphi$  наклона друг к другу непараллельных путей, радиус  $R$  кривой между хвостами крестовин  $b_1$  стрелочных переводов; очевидно, что между хвостами крестовин будет кривая угла  $\varphi$ . Опустим из конца перьев стрелки № 1 перпендикуляр  $e_2$  на путь  $I$ ;  $e_2$  будет представлять расстояние между осями путей. На черт. 242 видно, что:

$$e_2 = a \sin \varphi + b_1 [\sin \alpha + \sin(\alpha + \varphi)] + R [\cos \alpha - \cos(\alpha + \varphi)]. \quad (1)$$



Черт. 242.

Обозначая  $a \sin \varphi + b_1 [\sin \alpha + \sin(\alpha + \varphi)]$  через  $A$ , получим, если задано  $e_2$ , величину  $R$ :

$$R = \frac{e_2 - A}{\cos \alpha - \cos(\alpha + \varphi)} \quad (2)$$

и при заданном  $R$  получим  $e_2$  из ур-ния (2).

Расстояние  $L$  между стрелками № 1 и № 2 по направлению пути  $I$  равно:

$$L = a(1 + \cos \varphi) + b_1 [\cos \alpha + \cos(\alpha + \varphi)] + R [\sin(\alpha + \varphi) - \sin \alpha]. \quad (3)$$

Расстояние  $e_1$  между путями против стрелки № 2 будет равно:

$$e_1 = e_2 - L \operatorname{tg} \varphi. \quad (4)$$

Очень часто задается расстояние  $e_1$  против стрелки № 2, тогда будем иметь:

$$L = a(1 + \cos \varphi) + b_1 [\cos \alpha + \cos(\alpha + \varphi)] + R [\sin(\alpha + \varphi) - \sin \alpha]. \quad (5)$$

$$e_2 = e_1 + L \operatorname{tg} \varphi. \quad (6)$$

$$e_2 = a \sin \varphi + b_1 [\sin \alpha + \sin(\alpha + \varphi)] + R [\cos \alpha - \cos(\alpha + \varphi)]. \quad (7)$$



Вставляя в ур-ние (6) величину  $L$  из ур-ния (5) и приравнявая после этого правые части ур-ния (6) и (7), получим:

$$R \{ \cos \alpha - \cos(\alpha + \varphi) - [\sin(\alpha + \varphi) - \sin \alpha] \operatorname{tg} \varphi \} = \\ = e_1 + \{ a(1 + \cos \varphi) + b_1 [\cos \alpha - \cos(\alpha + \varphi)] \} \operatorname{tg} \varphi - a \sin \varphi - \\ - b_1 [\sin \alpha + \sin(\alpha + \varphi)]. \quad (8)$$

Обозначая правую часть уравнения через  $B$ , получим:

$$R = \frac{B}{\cos \alpha - \cos(\alpha + \varphi) - [\sin(\alpha + \varphi) - \sin \alpha] \operatorname{tg} \varphi}. \quad (9)$$

После определения  $R$  определим  $L$  по ур-нию (5) и  $e_2$  по ур-нию (6).

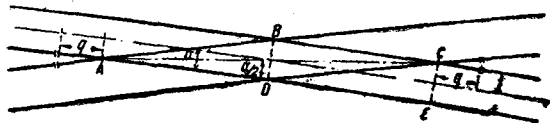
### § 29. Английский (перекрестный) стрелочный перевод

Выше (типы соединения путей) было указано, что английские стрелки могут быть с симметричным и несимметричным передвижением остряка. Если угол английской стрелки  $\alpha$ , то (черт. 243):

$$AE + 2q = s \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + 2q \quad (1)$$

и от пересечения осей надо в каждую сторону отложить по половине значения по ур-нию (1):

$$\frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + q. \quad (2)$$



Черт. 243.

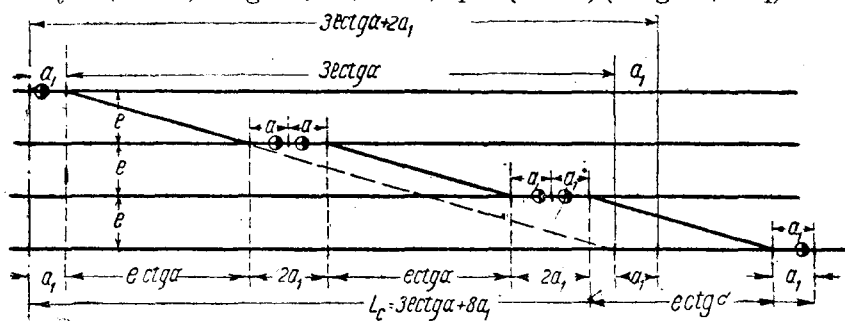
Величина по ур-нию (2) соответствует длине  $b_1$  обыкновенного стрелочного перевода, или длина английской стрелки  $= 2b_1$ .

Пусть (черт. 244) у нас имеются четыре параллельных пути с расстоянием между осями путей  $e$ ; если соединить эти пути съездами, то длина, занимаемая съездами  $L_e$ , будет равна:

$$L_e = 3e \operatorname{ctg} \alpha + 2 \cdot 2a_1 + 2a_1 = 3e \operatorname{ctg} \alpha + 6a_1$$

или для  $n$  путей:

$$L_e = (n-1)e \operatorname{ctg} \alpha + 2(n-1)a_1 = (n-1)(e \operatorname{ctg} \alpha + 2a_1). \quad (2')$$



Черт. 244.

Если на крайних путях расположим стрелочные переводы, а затем применим английские стрелки, то получим для  $n$  путей длину  $L_a$ :

$$L_a = (n-1)e \operatorname{ctg} \alpha + 2a_1, \quad (3)$$

и таким образом разница длин  $L_e$  и  $L_a$  для  $n$  путей будет:

$$L_e - L_a = 2(n-2)a_1. \quad (4)$$

Таким образом возможность следования поездов по четырем маршрутам (I—I', II—II', I—II' и II—I') достигается съездами или английскими стрелками, но при применении английских стрелок получим сокращение в длине, определяемое ур-нием (4).

Из приведенных подсчетов преимущества применения английских стрелок становятся ясными.

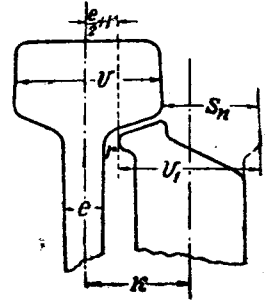
Чем меньше угол, под которым пути пересекаются, или, что одно и то же, чем меньше марка крестовин, тем радиус переходной кривой может быть больше; уменьшение угла пересечения увеличивает так. наз. вредное пространство тупой крестовины. Имея в виду более или менее подходящие величины для радиуса переходной кривой, для длины всего соединения и для величины вредного пространства, угол пересечения наиболее подходящим оказывается с величиной  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$ . С этой величиной коэффициента крестовины английские стрелки и применяются наиболее часто, хотя при криволинейных острых краях не следовало бы отказываться от английских стрелок с величиной  $\operatorname{tg} \alpha = 1/8$ ; в Германии и Англии применяется крестовина  $\operatorname{tg} \alpha = 1/10$  и  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$ .

Для дальнейшего расчета английской стрелки важно определить, в каком месте ромба  $ACDO_0$  (черт. 248) начнутся острия; чем перья остриев будут находиться ближе к центрам острых крестовин, тем кривые, расположенные внутри ромба, могут быть положе. Расположение острия фиксируется величиной необходимого расстояния  $d$  между рабочими кантами рамных рельсов; это расстояние зависит от величины хода остриев, профиля остриев и расположения острия относительно рамного рельса.

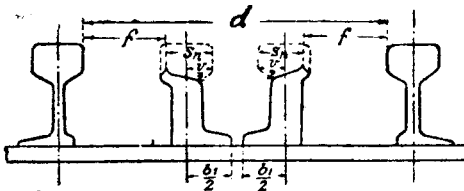
Ось прижатого к рамному рельсу острия отстоит от рабочего канта рамного рельса на величину  $K$  (черт. 245), в котором ширина головки рельса принята равной ширине головки острия:

$$K = \frac{v}{2} + r + \frac{e}{2}, \quad (5)$$

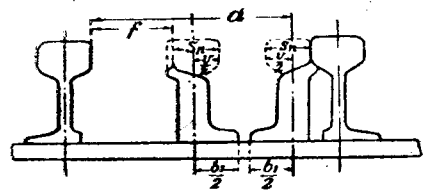
причем  $e$  равняется толщине шейки рамного рельса и  $r$  равняется радиусу кривой, сопрягающей шейку рельса с головкой; численные величины  $e$  и  $r$  соответствуют типам рельсов.



Черт. 245.



Черт. 246.



Черт. 247.

Далее наружная строжка острия  $S_n$  будет равна:

$$S_n = \frac{v}{2} + \frac{e}{2} + r. \quad (6)$$

Называя величину хода острия через  $f$  и величину подошвы острия через  $b$ , будем иметь:

При симметричном передвижении остриев (черт. 246):

$$d = 2f + 2\left(\frac{b}{2} - \frac{v}{2}\right) + 2S_n + \text{запас}. \quad (7)$$

Между подошвами остриев следует оставить запас в 1—3 мм.

При несимметричном передвижении остриев (черт. 247)

$$d = f + 2\left(\frac{b}{2} - \frac{v}{2}\right) + 2S_n + \text{запас}, \quad (8)$$

т. е. расстояние  $d$  при несимметричном передвижении остриев менее на величину  $f$ , чем при симметричном передвижении остриев, а потому при той же марке крестовины радиус переходной кривой будет всегда больше для английской стрелки с несимметричным передвижением остриев.

Следует иметь в виду, что ради уменьшения величины  $d$  на некоторых дорогах подошвы острижков у острия скашиваются; величину скоса для каждого острижка не следовало бы делать более 10—15 мм.

Принимая  $f=140$  мм и для рельса типа III-а  $b=110$ ,  $v=60$ ,  $e=12$  и  $r=5$ , запас 3 мм и срезы по 10 мм, получим при симметричном передвижении острижков

$$140 \cdot 2 + 2(55 - 30) + 2 \cdot 41 + 3 - 2 \cdot 10 = 395 \text{ мм,}$$

или около 400 мм при несимметричном передвижении 255 м, или около 250 м.

Конструкция острижков в английской стрелке ничем не отличается от конструкции таковых же острижков в обыкновенных переводах; применение криволинейных острижков дает и тут возможность увеличить радиус переходной кривой.

Из черт. 248 имеем:

$$AC = \frac{s}{\sin \alpha}; \quad AS_1 = \frac{S_1 S_3}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (9)$$

где

$d$  — вычисленное выше минимальное расстояние между рамными рельсами.

$$S_1 O = r [\sin(\gamma + \beta) - \sin \beta];$$

$$OP = (0,065 + v) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

$$T_1 U = R \sin \left[ \frac{\alpha}{2} - (\gamma + \beta) \right];$$

$$T_1 U = PC \cos \frac{\alpha}{2};$$

откуда:

$$R \sin \left[ \frac{\alpha}{2} - (\gamma + \beta) \right] = PC \cos \frac{\alpha}{2};$$

$$R = PC \frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{\sin \left[ \frac{\alpha}{2} - (\gamma + \beta) \right]};$$

$$PC = AC - AS_1 - S_1 O - OP;$$

$$R = \left\{ \frac{s}{\sin \alpha} - \frac{d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - r [\sin(\gamma + \beta) - \sin \beta] - (0,065 + v) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right\} \frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{\sin \left[ \frac{\alpha}{2} - (\gamma + \beta) \right]}. \quad (10)$$

В этой формуле все величины известны, а потому  $R$  определится.

Те же формулы в случае прямолинейного острижка будут иметь такой вид:

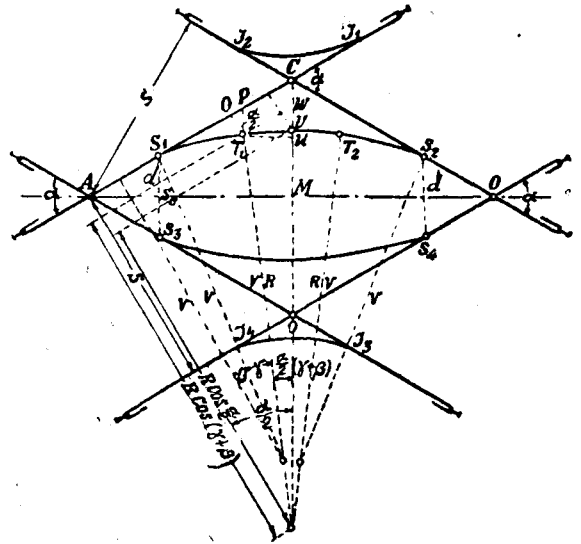
$AC$  и  $AS_1$  будут иметь тот же:

$$S_1 O = l \cos \beta; \quad OP = (0,065 + v) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad T_1 U = R \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right);$$

и

$$T_1 U = PC \cos \frac{\alpha}{2},$$

$$R = \left\{ \frac{s}{\sin \alpha} - \frac{d}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - l \cos \beta - (0,065 + v) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right\} \frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{\sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right)}. \quad (11)$$



Черт. 248

Диагонали ромба будут равны:

$$\text{Большая} = \frac{s}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

и

$$\text{Малая} = \frac{s}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

Длина дуги кривой:

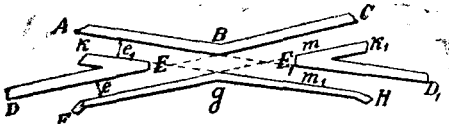
$$T_1 T_2 = R\pi \frac{\alpha - 2(\gamma + \beta)}{180^\circ}, \quad (12)$$

если острый прямой, то угол  $\gamma = 0$ .

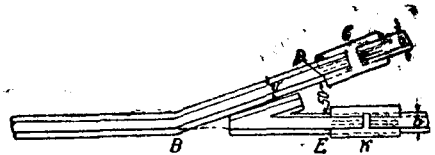
Расстояние кривой от математического центра тупой крестовины равно:

$$\begin{aligned} CV = CW + WV &= \frac{0,065 + v}{\cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{R}{\cos \frac{\alpha}{2}} \left[ \cos(\gamma + \beta) - \cos \frac{\alpha}{2} \right] = \\ &= \frac{0,065 + v}{\cos \frac{\alpha}{2}} + R \left[ \frac{\cos(\gamma + \beta)}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right], \end{aligned} \quad (13)$$

где опять для прямолинейного острья надо подставить  $\gamma = 0$ .



Черт. 249.



Черт. 250.

В таблице 24 приведены радиусы кривых для разных значений  $\text{tg } \alpha$  и начального угла в  $40'$  и  $1^\circ 10'$ .

Тупая крестовина состоит из трех рельсов специального вида:  $ABC$  (черт. 249), изогнутого под углом крестовины, двух изогнутых рельсов  $KED$  и  $K_1E_1D_1$ , имеющих в том месте, где начинается строжка их головки, угол изгиба, равный половине угла крестовины, и контррельса  $FGH$ , который имеет назначение направлять колесный скат. Так как  $FGH$  имеет назначение контррельса, то расстояние между  $DE$  и  $FG$  делается, как и для контррельса, обычно равным  $44 \text{ мм}$  и не более  $48 \text{ мм}$ ; расстояние между  $EK$  и  $AB$ , как и в обыкновенных крестовинах, принимается равным  $45 \text{ мм}$ .

Из черт. 249 следует, что

$$BG = \frac{e}{\cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (14)$$

$$BE = BE_1 = \frac{e}{\sin \alpha}. \quad (15)$$

Действительное острие рельса  $DEK$  находится в  $mm_1$  и равно толщине шейки рельса (или  $10 \text{ мм}$ , как это принимается на некоторых дорогах) и отстоит от математического острья  $E$  на расстоянии  $mm_1: 2 \text{tg } \frac{\alpha}{2}$ .

Части крестовины  $ABC$ ,  $DEK$  и  $D_1E_1K_1$  — рельсового профиля.

Рельс  $FGH$  сделан из вертикального листа с приклепанным к нему уголком; вертикальный лист возвышается над головкой рельса на высоту не более  $50 \text{ мм}$ , что имеет целью уменьшить длину вредного пространства.

Условия прохождения по тупой крестовине изложены в параграфе о тупых крестовинах.

Длина контррельса  $FGH$  должна быть не менее длины рельсов  $DEK$  и  $D_1E_1K_1$ . Длина рельсов  $DEK$ ,  $D_1E_1K_1$  и  $ABC$  определится необходимостью устройства нормального стыка черт. 250 в  $C$  и  $K$ , а потому, обозначая через  $b$  ширину подошвы, через  $v$  — ширину головки рельса и принимая необходимый зазор между подошвами (аналогично выводам, сделанным для острой крестовины) в 50 мм, получим:

$$BD = BE = \frac{DE}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \left( \frac{b - v + b + v}{2} + 0,05 \right) \frac{1}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} =$$

$$= \frac{b + 0,05}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \text{ или округленно } = (b + 0,05) \operatorname{ctg} \alpha. \quad (16)$$

Пример. Пусть  $\operatorname{tg} \alpha = 1/8$ ;  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ ; передвижение острижков симметричное и  $d = 400$  мм,  $v = 60$  мм,  $b = 110$  мм; длина острижка  $l = 5$  м, толщина шейки  $= e = 12$  мм;  $r = 5$  мм;  $\sin \alpha = 0,11043$ ;  $\sin \frac{\alpha}{2} = 0,05530$ ;  $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0,05539$ ;  $\cos \frac{\alpha}{2} = 0,99847$ .

$$\text{Большая диагональ} = \frac{s}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{1,524}{0,0553} = 27,56.$$

$$\text{Малая диагональ} = \frac{s}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{1,524}{0,99847} = 1,526.$$

$$\text{Сторона ромба} = \frac{s}{\sin \alpha} = \frac{1,524}{0,11043} = 13,79 \text{ м.}$$

$$\sin \beta = \frac{65 + 60}{5000} = 0,025 \text{ и } \beta = 1^\circ 25'; \cos \beta = 0,990694;$$

$$\frac{\alpha}{2} - \beta = 1^\circ 44' 12''; \sin 1^\circ 44' 12'' = 0,03031;$$

$$R = \left\{ \frac{1,524}{0,11043} - \frac{0,4}{2 \cdot 0,0553} - 5 \cdot 0,999687 - 0,125 \cdot 0,05539 \right\} \frac{0,99847}{0,03031} = 170 \text{ м.}$$

Для несимметричного передвижения острижков, принимая  $d = 250$  мм, получим  $R = 215$  м.

Определим еще величину вредного пространства тупой крестовины; прочие вычисления для тупой крестовины приводить не будем (черт. 249)<sup>1</sup>.

Длина вредного пространства  $= d - a - a_1$ ;

$$d = \frac{E + e}{\sin \alpha} - (s - e) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{13 + 48}{0,124} - (1524 - 48) \cdot 0,062258 = 400 \text{ мм.}$$

$$a = \sqrt{(2r + h)h} = \sqrt{(1050 + 25)25} = 164 \text{ мм.}$$

Что касается величины  $a_1$  то при английской стрелке марки  $1/8$ , приходится делать подъем контррельса тупой крестовины в 50 мм, и все-таки вредное пространство имеет некоторое протяжение, здесь же при марке в  $1/8$  для того, чтобы вредного пространства не было,  $a_1$  должно быть равно:

$$400 - 164 = 236 \text{ мм}$$

или

$$a_1 = 236 = \sqrt{(2r + h - k)(h + k)} = \sqrt{(1075 - k)(25 + k)},$$

или

$$236^2 = 1075 \cdot 25 - k^2 + 1050k,$$

или

$$k^2 - 1050k + 28821 = 0,$$

<sup>1</sup> См. § 5, ур-ние (23).

tg α	α	sin α	sin $\frac{\alpha}{2}$	cos $\frac{\alpha}{2}$	tg $\frac{\alpha}{2}$	Симметричное передвижение острых						Несимметричное передвижение острых									
						β = 40°			β = 1°10'			β = 40°			β = 1°10'						
						sin β	cos β	R	sin β	cos β	R	sin β	cos β	R	sin β	cos β	R				
1/6	6°20'25"	0,110433	0,055301	0,998470	0,055386	410	0,011635	0,999932	205	0,020361	0,999793	275	260	0,011635	0,999932	250	0,020361	0,999793	313		
1/8	7°7'30"	0,124035	0,062138	0,998067	0,062258	410	0,011635	0,999932	177	0,020361	0,999932	201	0,020361	0,999932	201	0,020361	0,999793	243			
1/7	8°7'50"	0,141429	0,070893	0,997494	0,071072	410	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,020361	0,999793	174

откуда:

$$k = 29 \text{ мм,}$$

т. е. для устранения вредного пространства достаточно повышения в 29 мм, или при английских стрелках  $\frac{1}{8}$  с вредным пространством считаться не приходится.

На черт. 251 показан общий план одностороннего английского перевода.

На черт. 252 показаны острия и переводный механизм в плане для английского перевода с симметричным передвижением острых. Переводный станок расположен с одной стороны четырех острых; передвижение других четырех острых осуществляется при помощи штанги *a*, прикрепленной к трехплечному рычагу *x*. Для того, чтобы действовать на трехплечный рычаг, расположенный около других четырех острых, в том же направлении, как на первые четыре острия, между двумя группами острых расположен двухплечный рычаг (черт. 253\*), к которому с двух сторон прикреплены штанги *a*. Двухплечный рычаг вместе с тем регулирует изменение длины штанги *a* и является компенсатором.

Весьма часто переводный станок располагается между обеими группами из четырех острых; переводный станок устраивается таким образом, что обе примыкающие к нему штанги одновременно удаляются либо приближаются к станку.

При английском переводе с несимметричным передвижением острых каждый станок расположен при своей группе четырех стрелок; в этом случае внутренние сближенные стрелки, передвигающиеся в одну сторону, соединены шарнирами. В черт. 252, наоборот, внутренние острия не соединены, т. к. движутся в противоположные стороны.

Подушки *У* сделаны общими для обоих внутренних острых; в том месте, где длина общих подушек получилась бы значительной, устраиваются отдельные подушки *Z*.

### § 30. Соединение двух пересекающихся путей при помощи перекрестного стрелочного перевода системы Безелера

Из черт. 254 видно, что наклонный путь занимает вдоль путей *I—III* протяжение от *A<sub>2</sub>* до *C*; определим длину *A<sub>2</sub>C*:

\* Модель английского перевода с симметричным передвижением острых имеется в железнодорожном кабинете МИИТ.



В точке соприкосновения (черт. 256) каждый рельс может сохранить полную ширину головки, или рельсы сохраняют полный профиль, или, наконец, между головками рельсов может остаться прозор.

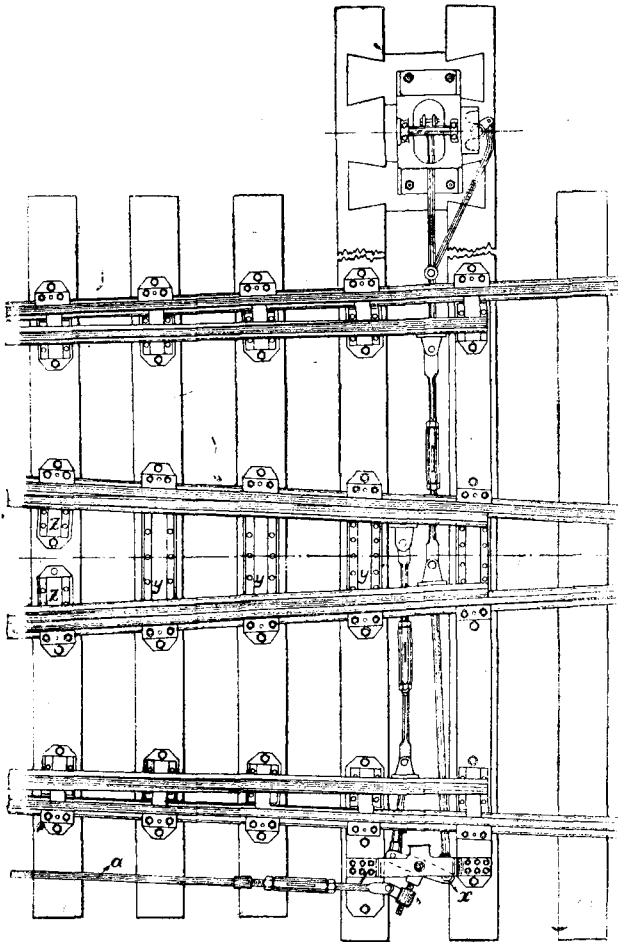
В черт. 255 предположены прямые острия и между крестовинами с острой крестовиной угла  $\alpha_1$  и крестовинами  $k_1'$  и  $k_2'$ —кривые угла  $\alpha_1 - \alpha_2 - \beta$ ; из черт. 255 (в правой его части) имеем:

$$k_0 k_1' = k_1 k_1' \sin \frac{\alpha_1}{2}. \quad (6)$$

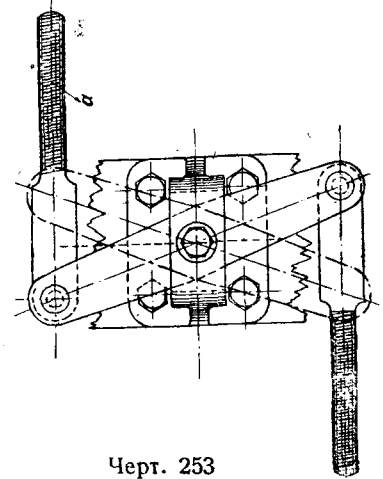
Проектируя на  $k_0' k_1'$  линию  $OM_1 k_1'$ , получим:

$$k_0 k_1' = M_1 k_1' \sin \left( \alpha_2 - \frac{\alpha_1}{2} \right) + R \left[ 1 - \cos \left( \alpha_2 - \frac{\alpha_1}{2} \right) \right] + v. \quad (7)$$

Горизонтальная проекция на большую полудиагональ ромба линии  $k_1 k_1' M_1 O$  будет:



Черт. 252



Черт. 253

$$\frac{s}{2 \sin \frac{\alpha_1}{2}} = k_1 k_1' \cos \frac{\alpha_1}{2} + k_1' M_1 \cos \left( \alpha_2 - \frac{\alpha_1}{2} \right) + R \sin \left( \alpha_2 - \frac{\alpha_1}{2} \right). \quad (8)$$

Обозначая  $k_1' M_1$  через  $x$ , из ур-ний (7) и (8) определим  $x$  и  $R$ , если будут даны  $k_0 k_1'$  или  $k_1 k_1'$ , т. е. расстояние между центрами крестовины угла  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

На черт. 257 изображена часть  $k' k_1 I_1$  по черт. 255; точка  $k_1'$ —центр крестовины угла  $\alpha_2$ , точка  $k_1$ —центр крестовины угла  $\alpha_1$ ; точка  $I_1$ —острие остряка; стороны  $k_1 k_1'$  и  $k_1 I_1$ —прямые, а на стороне  $k_1' I_1$  имеется кривая угла  $\alpha_1 - \alpha_2 - \beta$ .

Очевидно, что  $k_1 I_1$  равно  $O_3 Z_1$  по черт. 254 и 256; по черт. 257 предположено, что  $e I_1$  представляет длину остряка, т. е. кривая угла  $\alpha_1 - \alpha_2 - \beta$  примыкает к корню остряка; длина  $k_1' b$  представляет длину хвоста крестовины угла  $\alpha_2$ . Радиусом кривой угла  $\alpha_1 - \alpha_2 - \beta$  задаемся и получаем длину  $k_1 k_1'$ . Из черт. 257 имеем:

$$bv = ve = R \operatorname{tg} \frac{\alpha_1 - \alpha_2 - \beta}{2}, \quad (9)$$

$$\partial k_1 = \frac{k_1 k_1' \sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}. \quad (10)$$

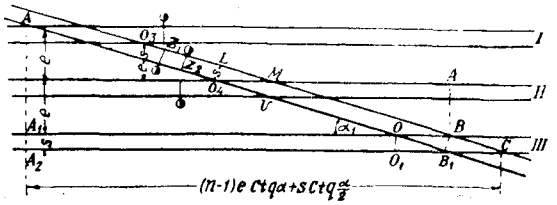


$$k_1' \delta = \frac{k_1 k_1' \sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 - \alpha_2)}, \quad (11)$$

$$I_1 \delta = \frac{I \epsilon \sin(\alpha_1 - \alpha_2 - \beta)}{\sin(\alpha_1 - \alpha_2)}, \quad (12)$$

$$I_1 \delta = I_1 k_1 - k_1' \delta; \quad I_1 \epsilon = \epsilon e + \epsilon I_1; \quad \delta \epsilon = \frac{I \epsilon \sin \beta}{\sin(\alpha_1 - \alpha_2)}, \quad (13)$$

$$k_1 k_1' = \frac{\delta k_1 \sin(\alpha_1 - \alpha_2)}{\sin \alpha_2}. \quad (14)$$



Черт. 254.

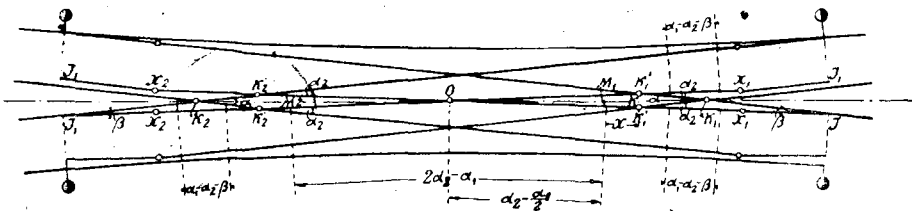
Следует иметь в виду, что значение  $k_1 k_1'$  зависит от величин, которыми приходится задаваться, поэтому если значение  $k_1 k_1'$  не дает подходящих значений для  $x$  и  $R$ , то надо изменить величины, коими задавались.

Пусть имеем длину остряка 5 м и ширину головки остряка и рельса в 60 мм. Стрелочный угол  $\beta^*$  определится из:

$$\sin \beta = \frac{60 + 65}{5000} = 0,025$$

и

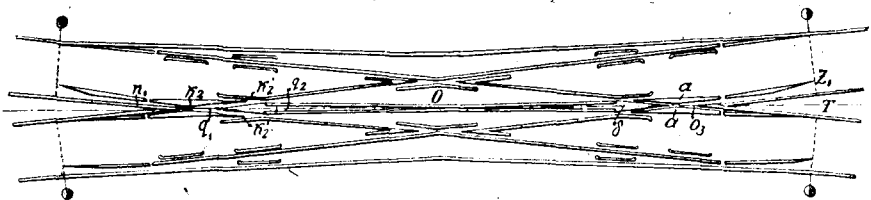
$$\beta = 1^\circ 25' 57''.$$



Черт. 255.

Задаемся радиусом кривой угла  $\alpha_1 - \alpha_2 - \beta$  в 250 м и  $\text{tg} \alpha - 1/8$  и  $\alpha_1 = 7^\circ 7' 30''$ ; далее задаемся углом  $\alpha_2$  острых крестовин  $k_1$  и  $k_1'$  в  $4^\circ 27' 30''$  и будем иметь:

$$\alpha_2 = 4^\circ 27' 30''; \quad \alpha_1 - \alpha_2 - \beta = 1^\circ 14' 3''; \quad \alpha_1 - \alpha_2 = 2^\circ 40'; \quad \alpha_2 - \frac{\alpha_1}{2} = 53' 45''.$$



Черт. 256.

Из черт. 257 будем иметь:

$$b\epsilon = \epsilon\epsilon = 250 \text{ tg} \frac{1^\circ 14' 3''}{2} = 2,69 \text{ м};$$

$$I_1 \epsilon = 2,69 + 5,00 = 7,69 \text{ м}; \quad I_1 \delta = \frac{7,69 \sin 1^\circ 14' 3''}{\sin 2^\circ 40'} = 3,56 \text{ м}.$$

$$\delta \epsilon = \frac{7,69 \sin 1^\circ 25' 57''}{\sin 2^\circ 40'} = 4,14 \text{ м};$$

$$k_1' \delta = k_1' \epsilon + b\epsilon + \delta \epsilon = 0,86 + 2,69 + 4,14 = 7,69 \text{ м}.$$

\* При прямых остряках через  $\beta$  обозначен стрелочный угол, при криволинейных -- начальный угол.

Длина хвоста крестовины  $k_1б$  принята в 0,86 м:

$$\partial k_1 = \frac{k'_1 \partial \sin 4^\circ 27' 30''}{\sin 7^\circ 7' 30''} = 4,83 \text{ м.}$$

$$I_1 k_1 = I \partial + \partial k_1 = 3,55 + 4,83 = 8,38 \text{ м.}$$

Из ур-ния (4) имеем, что длина  $O_3 Z_1$  при расстоянии между осями путей в 5,35 м равна 8,40 м:

$$k_1' k_1 = \frac{4,83 \sin(\alpha_1 - \alpha_2)}{\sin \alpha_2} = 2,89 \text{ м}$$

и далее, вставляя в ур-ния (6) и (7) и приравнивая их друг другу, получим

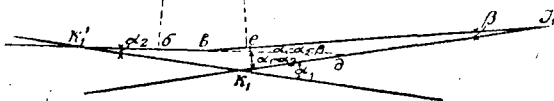
$$k_1 k_1' \sin \frac{\alpha}{2} = x \sin 53' 45'' + 0,060 + (1 - \cos 53' 45'') R$$

и, вставляя значения  $k_1 k_1'$ , получим:

$$0,01563 x + 0,000122 R = 0,1195. \quad (7')$$

Вставляя в ур-ние (8), получим:

$$\frac{0,762}{\sin \frac{\alpha_1}{2}} = 12,30 = 2,89 \cos \frac{\alpha_1}{2} + x \cos 53' 45'' + R \sin 53' 45''$$



Черт. 257

и

$$x = 9,41 - 0,001563 R$$

и, вставляя в ур-ние (7'), получим

$$0,1195 = 0,1471 - 0,000244 R +$$

$$+ 0,000122 R \text{ и } R = 226 \text{ м,}$$

$$x = 9,41 - 0,01563 \cdot 226 = 5,88 \text{ м.}$$

Полученный радиус в 226 м превышает радиус, полученный при расположении острьяков внутри ромба, даже при применении криволинейных острьяков, кроме случая большого значения начального угла  $\beta$  при несимметричном передвижении острьяков.

Величина радиуса значительно увеличится, если четыре острьяка  $I_1$  (черт. 255) сделать криволинейными, а также острые крестовины  $k_2$  и  $k_2'$  расположить на кривых; в этом случае получим одну непрерывную кривую.

Оставляя прежние обозначения и обозначая начальный угол через  $\beta$ , получим (черт. 258): расположение острья в точке  $б$ , длина  $бМ$  равна расстоянию от центра крестовины по ур-нию (4) + длина стороны ромба; в точке  $а$  находится теоретическое начало кривой, причем:

$$а\delta = R \sin \beta; \quad б\delta = R (1 - \cos \beta)^*;$$

$$NF = NM \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} = б\delta \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} = R (1 - \cos \beta) \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}.$$

Длина  $аF$  представляет касательную кривой угла  $\frac{\alpha_1}{2}$ , причем:

$$аF = а\delta + бМ + NF = R \sin \beta + \frac{e}{2 \sin \alpha_1} - \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_1}{2} - 0,9 + \frac{s}{\sin \alpha_1} +$$

$$+ R (1 - \cos \beta) \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} = \frac{e}{2 \sin \alpha_1} - \frac{s}{2} \left( \frac{1 + \cos \alpha_1 - 2}{\sin \alpha_1} \right) - 0,9 + R \sin \beta +$$

$$+ R (1 - \cos \beta) \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} = \frac{e}{2 \sin \alpha_1} + \frac{s}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} - 0,9 + R \sin \beta +$$

$$+ R (1 - \cos \beta) \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}.$$

(15)

\* Под величиной  $R$  надо подразумевать  $R + \frac{s}{2}$ .

Далее имеем:

$$aF = R \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_1}{2}$$

и, приравнявая ур-ние (15), получим:

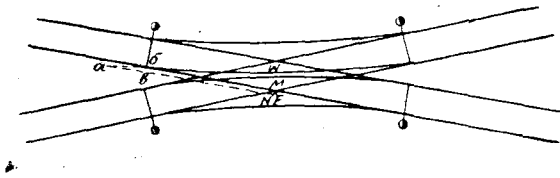
$$\frac{e}{2 \sin \alpha} + \frac{s}{2} \operatorname{tg} \alpha_1 - 0,9 = R \left( \cos \beta \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} - \sin \beta \right)$$

или

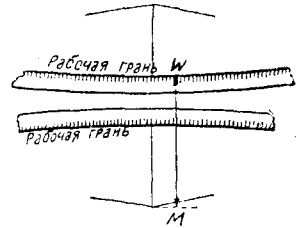
$$R = \frac{\frac{e}{2 \sin \alpha_1} + \frac{s}{2} \operatorname{tg} \alpha_1 - 0,9}{\cos \beta \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} - \sin \beta} \quad (16)$$

Расстояние от вершины угла  $F$  до точки  $W$  кривой равно:

$$FW = R \left( \frac{1}{\cos \frac{\alpha_1}{2}} - 1 \right) = R \left( \frac{1 - \cos \frac{\alpha_1}{2}}{\cos \frac{\alpha_1}{2}} \right). \quad (17)$$



Черт. 258.



Черт. 259.

Считая от точки  $M$ , получим:

$$MW = FW - MF = R \left( \frac{1 - \cos \frac{\alpha_1}{2}}{\cos \frac{\alpha_1}{2}} \right) - R \left( \frac{1 - \cos \beta}{\cos \frac{\alpha_1}{2}} \right) = R \left( \frac{\cos \beta - \cos \frac{\alpha_1}{2}}{\cos \frac{\alpha_1}{2}} \right). \quad (18)$$

Длина  $MW$  по ур-нию (18) должна быть больше:

$$\frac{s}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{v}{2}.$$

\* Начальный угол берем в  $40'$  и не свыше  $1^\circ 10'$ ;  $\operatorname{tg} \alpha$  берем в  $1/9, 1/8, 1/7, 1/6, 1/5,5$  и  $1/5$  и расстояние между путями  $5,2$  м, а для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/6, 1/5,5$  и  $1/5$  берем  $4,9$  м и  $5,35$  м.

Расстояние между осями путей в  $5,2$  м соответствует новым техническим условиям сооружения железных дорог, а  $4,90$  м и  $5,35$  м, соответственно равные  $2,27$  саж. и  $2,50$  саж., расстоянию между осями путей на существующих станциях<sup>1</sup>.

В таблице 25 приведены основные данные:  $R$ , величины  $O_3 Z_1$  по ур-нию (4) и  $MW$  по черт. 258.

Из таблицы 25 видно, насколько значительно увеличиваются радиусы при вынесении стрелок за пределы ромба; для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$  радиус превышает  $500$  м. Из таблицы видно, что, задаваясь радиусом около  $170-180$  м, мы можем применять перекрестные стрелки угла наклона  $\operatorname{tg} \alpha = 1/5,5$ . Для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/5$  радиус  $R$  получается менее  $150$  м. Для расстояний между осями путей в  $5,35$  м приведены лишь данные для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/5,5$  м и для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/6$ , т. к. при  $e = 4,9$  м и начальном угле  $\beta = 40'$  радиус при  $\operatorname{tg} \alpha = 1/5,5$  получается лишь в  $163,8$  м.

<sup>1</sup> Построенных тогда, когда еще не было метрических мер в качестве стандарта.

tg	$\alpha_1$	$\sin \alpha_1$	$\cos \alpha_1$	$\cos \frac{\alpha_1}{2}$	$\operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}$	$\sin \beta$	$\cos \beta$	Расстояние между осями путей $e = 5,20 \text{ м}$			Расстояние между осями путей $e = 5,35 \text{ м}$			Расстояние между осями путей $e = 4,90 \text{ м}$			Длина малой диагонали	Малая полудиагональ + 30 мм
								R в м	MW в м	OZ <sub>1</sub> в м	R в м	MW в м	OZ <sub>1</sub> в м	R в м	MW в м	OZ <sub>1</sub> в м		
1/6 ...	6°20'25"	0,110433	0,993884	0,998470	0,055386	0,011635	0,999932	509,0	0,754	8,890	—	—	—	—	—	—	1,526	0,793
1/8 ...	7° 7'30"	0,124035	0,992242	0,998067	0,062258	0,011635	0,999932	397,3	0,742	7,82	—	—	—	—	—	—	1,527	0,793
1/7 ...	8° 7'50"	0,141429	0,989949	0,997484	0,071072	0,011635	0,999932	293,9	0,724	6,69	—	—	—	—	—	—	1,528	0,794
1/6 ...	9°27'45"	0,164402	0,986394	0,996593	0,082764	0,011635	0,999932	210,6	0,706	5,71	—	—	—	197,8	0,663	4,80	1,529	0,795
1/6 ...	9°27'45"	0,164402	0,986394	0,996593	0,082764	0,020361	0,999793	240,1	0,771	5,71	—	—	—	225,5	0,724	4,80	1,529	0,795
1/5,5 ...	10°18'17,5"	0,178875	0,983870	0,995959	0,090170	0,011635	0,999932	174,5	0,696	5,18	179,8	0,717	5,60	163,8	0,654	4,34	1,530	0,795
1/5 ...	10°18'17,5"	0,178775	0,983870	0,995959	0,090170	0,020361	0,999793	196,4	0,756	5,18	202,4	0,779	5,60	184,4	0,710	4,34	1,530	0,795
1/5 ...	11°18'35"	0,196112	0,980582	0,995131	0,099018	0,011635	0,999932	141,7	0,684	4,611	146,0	0,704	4,99	—	—	—	1,531	0,796

В предпоследней графе показана длина малой диагонали, а в последней—полудиагонали + 30 мм (или половина ширины головки рельса).

Называя ширину головки рельса через  $v$ , получим следующие условия.

1. Между рельсами получается промежуток, если (черт. 259):

$$MW > \frac{s}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} + v. \quad (19)$$

2. Рельсы соприкасаются, если ур-ние (19) дает равенство; соприкасающиеся рельсы должны составлять ширину не менее полной ширины головки рельса (черт. 260), т. е.

$$MW > \frac{s}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{v}{2}$$

и

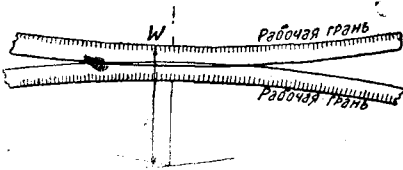
$$MW < \frac{s}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} + v. \quad (20)$$

3. В том случае, когда ур-ние (20) не удовлетворено или когда получается (черт. 261):

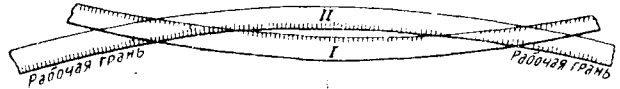
$$MW < \frac{s}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (21)$$

устройство перекрестного перевода невыполнимо при применении одного радиуса, и в этом случае надо применить сначала, начиная от стрелки, более крутой радиус, а затем более пологий, что даст возможность выполнить ур-ния (19) и (20).

Из черт. 259 и 260 видно, что рабочие грани рельсов не пересекаются; в черт. 261 рабочие грани (заштрихованные) пересекаются; т. е. конструкция не осуществима и ее надо привести к виду черт. 259 и 260.



Черт. 260.



Черт. 261.

В таблице 26 для  $\text{tg } \alpha = 1/5,5$  и  $\text{tg } \alpha = 1/6$  приведены для  $e = 5,2$ ,  $5,35$  и  $4,9$  м расстояния между рабочими кантами рельсов у центра ромба и указано, какой из фигур соответствует полученное расстояние при типе рельсов III-а, когда  $v = 60$  мм.

Таблица 26

tg	Длина малой диагонали	$e = 5,20$ м				$e = 5,35$ м				$e = 4,90$ м			
		2 MW	$\frac{s}{\cos \frac{\alpha}{2}}$	— 2 MW	Чертеж №	2 MW	$\frac{s}{\cos \frac{\alpha}{2}}$	— 2 MW	Чертеж №	2 MW	$\frac{s}{\cos \frac{\alpha}{2}}$	— 2 MW	Чертеж №
$1/6 \dots$	1,529	1,412	+ 0,117	261	—	—	—	—	1,326	+ 0,203	261		
$1/6 \dots$	1,529	1,542	— 0,013	260	—	—	—	—	1,448	+ 0,081	261		
$1/5,5 \dots$	1,530	1,392	+ 0,138	261	1,434	+ 0,096	261	1,308	+ 0,222	261			
$1/5,5 \dots$	1,530	1,512	+ 0,018	261	1,588	— 0,028	260	1,420	+ 0,110	261			

На черт. 262<sup>\*</sup> нарисован схематический план перекрестного перевода; по чертежу имеем сторону ромба:

$$OO_2 = \frac{s}{\sin \alpha_1}$$

Величина  $OZ_1$  имеется в таблице 25.

Средина между двумя стрелками  $Z_1$  находится от центра  $O$  крестовины на расстоянии  $OZ_1 + 0,9 \text{ м} = OZ_1'$ .

В таблице 27 приведены основные размеры по черт. 262.

Таблица 27

tg	Длина сторон ромба	$OZ_1$	$OZ_1' = OZ_1 + 0,9$	$O_2Z_1' =$ длине сто- роны ромба $+ OZ_1'$	$OK = OZ_1 \cos \alpha_2$	$\sin \frac{\alpha_1}{2}$	$KZ_1 = OZ_1 \sin \alpha_2$	$OO_2 = \frac{s}{2 \sin \alpha_2}$	$O_2O + OK$
$\frac{1}{9} \dots$	13,800	8,886	9,786	23,586	8,832	0,055301	0,491	—	—
$\frac{1}{8} \dots$	12,287	7,823	8,723	21,010	7,762	0,062138	0,486	—	—
$\frac{1}{7} \dots$	10,776	6,691	7,591	18,367	6,624	0,070893	0,474	—	—
$\frac{1}{6} \dots$	9,270	5,708	6,608	15,878	5,630	0,082482	0,471	9,238	14,868
$\frac{1}{5,5} \dots$	8,520	5,184	6,084	14,604	5,100	0,089806	0,466	8,485	13,585
$\frac{1}{5} \dots$	7,771	4,611	5,511	13,282	4,521	0,098536	0,454	—	—

Как видно из черт. 262, величина угла поворота кривой при переходе с пути  $I$  на путь  $II$  или же с пути  $II$  на путь  $I$  равна  $\alpha - 2\beta$ , где  $\beta$  — начальный угол криволинейного остряка; половина кривой, т. е. до центра ромба, имеет угол  $\frac{\alpha}{2} - \beta$ .

На черт. 262 угол, соответствующий центру крестовины  $O_1$ , обозначен через  $\alpha_2$ ; далее предполагается, что от начала остряка  $Z_1$  до точки  $y$  идет радиус кривой  $R_1$ , величина коего меньше радиуса  $R$ , определенного в таблице 25.

От точки  $y$  до точки  $I$  идет кривая угла  $\alpha_2$ , радиус коей  $R_2$  более радиуса  $R_1$ . Таким образом применением  $R_1 < R$  и  $R_2 > R$  является возможным подвинуть точку  $I$  вверх, т. е. случай по черт. 261 привести к случаю по черт. 259 и 260.

Из черт. 262, обозначая через  $R_1$  радиус по оси кривой, имеем следующее:

$$KX = KO + OX = \left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \left[ \sin \left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right) - \sin \alpha_2 \right], \quad (22)$$

$$XI' = XZ - IZ = KZ_1 - IZ = OZ_1 \sin \frac{\alpha}{2} - \left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \left[ \cos \alpha - \cos \left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right) \right]; \quad (23)$$

$$XO_2 = \left(R_2 + \frac{s}{2}\right) \sin \alpha_2 = KO + OO_2 - KX, \quad (24)$$

$$O_2T = XI - \left(R_2 + \frac{s}{2}\right) (1 - \cos \alpha_2). \quad (25)$$

Означенные четыре ур-ния (22) — (25) служат для определения основных размеров перекрестного перевода в тех случаях, когда вследствие недостаточности расстояния между рабочими кантами рельсов у центра ромба нельзя применить одинаковый радиус.

Возьмем случай (таблицы 25 и 26)  $\text{tg } \alpha = \frac{1}{5,5}$  и  $\beta = 1^\circ 10'$ .

Для этого случая при  $e = 5,2 \text{ м}$ ,  $R = 196,4 \text{ м}$ , и расстояние между рабочими кантами равно  $0,018 \text{ м}$ .

Величиной  $R + \frac{s}{2}$  надо задаться таким образом, чтобы конструктивные размеры получились подходящими.

$$\text{Возьмем } R_1 = 170 \text{ м и } \frac{\alpha}{2} - \beta = \frac{10^\circ 18' 17,5''}{2} - 1^\circ 10' = 3^\circ 59' 9''.$$

Из таблицы 27 имеем  $KO + OO_2 = 13,585 \text{ м}$ , и из ур-ния (24) будем иметь

$$R_2 + \frac{s}{2} = \frac{13,585 - KX}{\sin \alpha_2}. \quad (26)$$

Будем задаваться разными значениями угла  $\alpha_2$ ; очевидно, чем меньше  $\alpha_2$ , тем больше угол с наибольшим радиусом и тем больше поднимается точка  $T$ . Величина  $KX$  по ур-нию (22) будет равна:

$$KX = 170,762 (\sin 3^\circ 59' 9'' - \sin \alpha_2); \quad (22')$$

$$XO_2 = 13,585 - KX; \quad (24')$$

$$R_2 + \frac{s}{2} = \frac{13,585 - KX}{\sin \alpha_2}; \quad (26')$$

$$XI = KZ - 170,762 (\cos \alpha_2 - \cos 3^\circ 59' 9''); \quad (23')$$

$$O_2T = XI - \left(R_2 + \frac{s}{2}\right) (1 - \cos \alpha_2). \quad (25')$$

Вставляя значения  $\alpha_2$  в  $0'$ ,  $10'$ ,  $20'$ ,  $30'$  и  $40'$ , получим данные, приведенные в таблице 28.

Из таблицы 28 видно, что при  $\alpha_2 = 0$ , т. е. когда  $R_2 + \frac{s}{2} = \infty$ , мы получаем кривую радиуса  $R_1 + \frac{s}{2} = 170,762 \text{ м}$  и  $yT$  в виде прямой длиной  $1,715 \text{ м}$ ; полная же длина прямой вставки  $1,715 \cdot 2 = 3,43 \text{ м}$ ; при  $\alpha_2 = 40'$  получаем  $2 O_2T$  в  $84 \text{ мм}$  и  $R_2 + \frac{s}{2}$  в  $318,2 \text{ м}$ . Можно было бы увеличить  $\alpha_2$  и получить  $O_2T$  еще меньше. В таблице 28 рельсы соприкасаются, т. к. мы задались радиусом  $R_1 + \frac{s}{2}$  немного меньше  $R$ .

Таблица 28

$\alpha_2$	$\sin \alpha_2$	$\cos \alpha_2$	$KX$	$13,585 - KX$	$R_2 + \frac{s}{2}$	$XI$	$\left(R_2 + \frac{s}{2}\right) (1 - \cos \alpha_2)$	$O_2T$ в м	$2O_2T$ в мм
0	0	1,000000	11,870	1,715	$\infty$	0,053	0,000	0,053	106
10'	0,002909	0,999996	11,373	2,212	760,4	0,054	0,003	0,051	102
20'	0,005818	0,999983	10,876	2,709	465,6	0,056	0,008	0,048	96
30'	0,008727	0,999962	10,379	3,206	367,4	0,059	0,014	0,045	90
40'	0,011635	0,999932	9,883	3,702	318,2	0,064	0,022	0,042	84

Если задаться значением  $R_1 + \frac{s}{2}$  значительно меньше  $R$ , то между головками рельсов получится промежуток.

Возьмем случай для  $\text{tg } \alpha = \frac{1}{6}$  и  $\beta = 1^\circ 10'$ ; как видно из второй строки таблицы 26, рабочие кнты рельсов имеют при  $e = 5,2 \text{ м}$  величину зазора по

черт. 261 в 13 мм. Величина однообразного радиуса (таблица 25) равна 240,1 м; возьмем величину  $R_1 + \frac{s}{2} = 180,762$  м, тогда будем иметь:

$$\frac{a}{2} - \beta = \frac{9^{\circ}27'45''}{2} - 1^{\circ}10' = 4^{\circ}43'52,5'' - 1^{\circ}10' = 3^{\circ}33'52,5''.$$

Тогда<sup>1</sup>, пользуясь приведенными формулами и таблицей 27, получим:

$$KX = 180,762 (\sin 3^{\circ}33'52,5'' - \sin \alpha_2) = 180,762 (0,062173 - \sin \alpha_2);$$

$$XI = 0,471 - 180,762 (\cos \alpha_2 - \cos 3^{\circ}33'52,5'');$$

$R_2 + \frac{s}{2} = \frac{14,868 - KX}{\sin \alpha_2}$ , и далее, беря разные значения  $\alpha_2$ , будем получать значения для  $KX$ ,  $XI$ ,  $\left(R_2 + \frac{s}{2}\right)$  и т. д., приведенные в таблице 29.

Таблица 29

$\alpha_2$	$\sin \alpha_2$	$\cos \alpha_2$	$KX$	$14,868 -$ $- KX$	$R_2 + \frac{s}{2}$	$XI$	$\left(R_2 + \frac{s}{2}\right)$ $(1 - \cos \alpha_2)$	$O_2T$ в м	$2O_2T$ в мм
0	0	1,000000	11,239	3,629	$\infty$	0,121	—	0,121	242
20'	0,005818	0,999983	10,187	4,681	804,6	0,124	0,014	0,110	220
40'	0,011635	0,999932	9,135	5,733	492,7	0,134	0,034	0,100	200
1°	0,017452	0,999848	8,084	6,784	388,7	0,149	0,059	0,090	180
1°20'	0,023269	0,999729	7,032	7,836	336,8	0,170	0,091	0,079	158
1°40'	0,029085	0,999577	5,981	8,887	305,6	0,198	0,129	0,069	138
2°	0,034900	0,999391	4,930	9,938	284,8	0,231	0,173	0,058	115
2°20'	0,040713	0,999171	3,879	10,989	269,9	0,271	0,224	0,047	94
2°40'	0,046525	0,998917	2,828	12,040	258,8	0,317	0,280	0,037	74

Беря  $\alpha_2 = 0$ , получаем прямую вставку в  $3,629 \cdot 2 = 7,26$  м; под черт. 262 на черт. 263 показана прямая в 7,26 м. Расстояние между рабочими гранями рельсов равно 0,242, и, применяя рельс типа III-а'с шириной головки 60 мм, получим промежуток между нерабочими гранями рельсов в 0,122 м, как это показано на черт. 263.

Из таблицы 29 и черт. 263 видно, что при достаточном увеличении угла  $\alpha_2$  точка  $x$  может перейти влево от точки  $x_1$  (проекции центра  $O_1$  крестовины) и даже влево от центра  $O$  основной острой крестовины; в этом случае угол  $\alpha_2$  будет больше угла  $\alpha_2$ .

Перейдем к определению величины угла крестовины с центром в  $O_1$ ; если угол, составленный кривой с точкой  $O_1$  (черт. 262) равен  $\alpha_3$ , то угол крестовины равен  $\frac{\alpha}{2} + \alpha_3$ .

Из черт. 262 будем иметь:

$$KX_1 = \left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \left[\sin\left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right) - \sin \alpha_3\right] = KO + OX_1, \quad (27)$$

$$OX_1 = O_1X_1 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (28)$$

$$O_1X_1 = O_2T + \left(R_1 + \frac{s}{2}\right)(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_3) + \left(R_2 + \frac{s}{2}\right)(1 - \cos \alpha_2). \quad (29)$$

Вставляя значение  $O_1X_1$  в ур-ние (28) и  $OX_1$  в ур-ние (27), получим:

$$\begin{aligned} KX_1 &= KO + \left[O_2T + \left(R_1 + \frac{s}{2}\right)(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_3) + \left(R_2 + \frac{s}{2}\right)(1 - \cos \alpha_2)\right] \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \\ &= \left(R_1 + \frac{s}{2}\right) \left[\sin\left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right) - \sin \alpha_3\right] \end{aligned}$$

<sup>1</sup> На черт. 262 прямая  $ZZ$  параллельна большой диагонали.

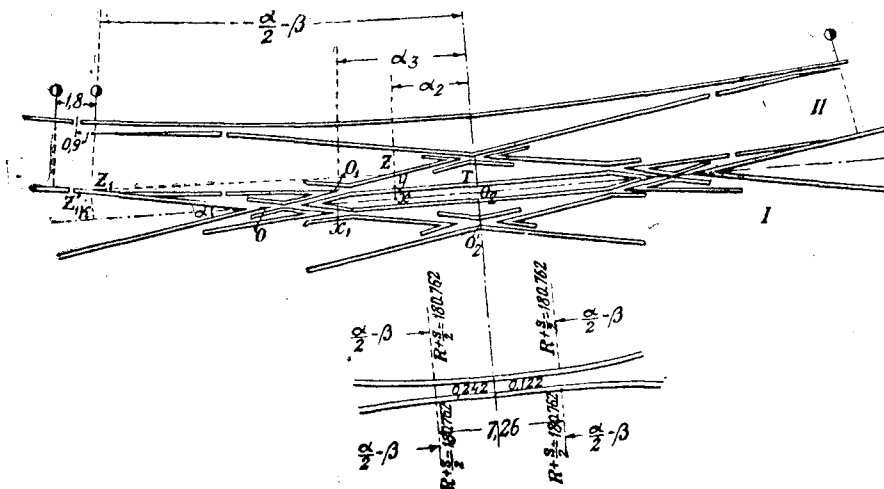


или:

$$KO + \left[ O_2 T + \left( R_2 + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \alpha_2) + \left( R_1 + \frac{s}{2} \right) \cos \alpha_2 \right] \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \left( R_1 + \frac{s}{2} \right) \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right) = \left( R_1 + \frac{s}{2} \right) \cos \alpha_3 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \left( R_1 + \frac{s}{2} \right) \sin \alpha_3.$$

Левая часть—величина вполне определенная: для все уравнение на  $R_1 + \frac{s}{2}$ , получаем:

$$\frac{KO + O_2 T \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + \left( R_2 + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \alpha_2) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{R_1 + \frac{s}{2}} + \cos \alpha_2 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right) = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \cos \alpha_3 - \sin \alpha_3. \quad (30)$$



Черт. 262 и 263.

Обозначая левую часть через  $M$ , получим:

$$M = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \cos \alpha_3 - \sin \alpha_3. \quad (30')$$

Выражая  $\cos \alpha_3$  и  $\sin \alpha_3$  через  $\operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2}$ , получим:

$$\cos \alpha_3 = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2}},$$

$$\sin \alpha_3 = \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2}},$$

и, вставляя в ур-ние (30'):

$$M = \frac{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \left( 1 - \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2} \right) - 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2}}$$

$$M + M \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2} = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2} - 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2};$$

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2} \left( M + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right) + 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2} = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - M,$$

или

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2} + \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2}}{M + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - M}{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + M}. \quad (31)$$

Из ур-ния (31) определится  $\operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2}$  и далее угол  $\alpha_3$ .

Возьмем пример для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/6$ ; по таблице 29 угол  $\alpha_2 = 40'$ ,  $O_2T = 0,1$  м  
 $R_1 + \frac{s}{2} = 180,762$  м,  $OK = 5,63$  м (таблица 27);  $\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = 12,08255$ ; далее будем иметь:

$$M = \frac{KO + \left[ O_2T + \left( R_2 + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \alpha_2) \right] \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{R_1 + \frac{s}{2}} + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \cos \alpha_2 - \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right) =$$
$$= \frac{5,63 + [0,1 + 492,7(1 - 0,996932)] 12,08255}{180,762} + 12,08255 \cdot 0,999932 - 0,062173 =$$
$$= 12,059658;$$

и, вставляя в ур-ние (31), получим:

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2} + \frac{2}{24,142208} \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2} = \frac{0,022892}{24,142208}$$

и

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2} = 0,010192,$$

и

$$\frac{\alpha_3}{2} = 35'2''$$

и

$$\alpha_3 = 1^\circ 10' 4''$$

и

$$\frac{\alpha}{2} + \alpha_3 = 4^\circ 43' 52,5'' + 1^\circ 10' 4'' = 5^\circ 53' 56,5''.$$

Определим остальные величины:

$$KX_1 = \left( R_1 + \frac{s}{2} \right) \left[ \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right) - \sin \alpha_3 \right] = 7,55 \text{ м},$$

$$KX_1 = KO + OX_1 = 7,55 \text{ м}$$

и

$$OX_1 = 7,55 - 5,63 = 1,92 \text{ м},$$

$$O_1X_1 = 1,92 \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} = 0,159 \text{ м}.$$

Все данные служат для вычерчивания эпюры перекрестного перевода и для его конструирования.

В зависимости от величины угла  $\alpha_2$  и других данных возможны следующие четыре случая.

1. Чаще всего получается  $R_1 + \frac{s}{2} < R + \frac{s}{2}$  и  $\alpha_2 < \alpha_3$ ; этот случай соответствует разобранным примерам.

2. Радиус  $R_1 + \frac{s}{2} > R + \frac{s}{2}$ , но  $\alpha_2 > \alpha_3$ , в этом случае кривая радиуса  $R_1 + \frac{s}{2}$  не доходит до крестовины угла  $\frac{\alpha}{2} + \alpha_3$ , и будем иметь следующие формулы:

Величина  $\operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2}$  будет равна:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2} = \frac{\sqrt{1 + \left(\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - M\right) \left(\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + M\right) - 1}}{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + M}.$$

Ур-ние (30') может быть решено также следующим образом:

$$\cos \alpha_3 = M \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sin \alpha_3$$

или

$$\cos \alpha_3 \cos \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha_3 \sin \frac{\alpha}{2} = M \sin \frac{\alpha}{2}$$

и

$$\cos \left( \alpha_3 + \frac{\alpha}{2} \right) = M \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Для приведенного примера:

$$\frac{\alpha}{2} + 4^\circ 43' 52,5'' \text{ и } M = 12,0597,$$

получим:

$$\cos (\alpha_3 + 4^\circ 43' 52,5'') = 12,0597 \cdot 0,082482 = 0,994708 \text{ и } \alpha_3 = 1^\circ 10',$$

$$KX_1 = \left( R_1 + \frac{s}{2} \right) \left[ \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right) - \sin \alpha_2 \right] + \left( R_2 + \frac{s}{2} \right) (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_3), \quad (32)$$

$$KX_1 = KO + OX_1; \quad OX_1 = O_1 X_1 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (33)$$

$$O_1 X_1 = O_2 T + \left( R_2 + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \alpha_3), \quad (34)$$

$$KX_1 = KO + \left[ O_2 T + \left( R_2 + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \alpha_3) \right] \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2};$$

$$\begin{aligned} & KO + \left[ O_2 T + \left( R_2 + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \alpha_3) \right] \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \\ & = \left( R_1 + \frac{s}{2} \right) \left[ \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right) - \sin \alpha_2 \right] + \left( R_2 + \frac{s}{2} \right) (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_3) \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} & \frac{KO + O_2 T \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{R_2 + \frac{s}{2}} + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + \frac{R_1 + \frac{s}{2}}{R_2 + \frac{s}{2}} \left[ \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right) - \sin \alpha_2 \right] - \sin \alpha_2 = \\ & = \cos \alpha_3 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha_3. \end{aligned} \quad (35)$$

Обозначая левую часть ур-ния (35) через  $M_1$ , получим:

$$M_1 = \cos \alpha_3 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha_3$$

или аналогично прежнему выводу:

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2} + \frac{2}{M_1 + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}} \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2} = \frac{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - M_1}{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + M_1}. \quad (36)$$

3. Радиус  $\left( R + \frac{s}{2} \right)$ , одинаковый на всем протяжении кривой, тогда будем иметь:

$$KX_1 = \left( R + \frac{s}{2} \right) \left[ \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right) - \sin \alpha_3 \right], \quad (37)$$

$$K_1 X_1 = KO + OX_1; \quad OX_1 = O_1 X_1 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (38)$$

$$O_1 X_1 = O_2 T + \left( R + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \alpha_3), \quad (39)$$

и, вставляя значения  $O_1 X_1$  и  $OX_1$ , получим:

$$KX_1 = KO + \left[ O_2 T + \left( R + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \alpha_3) \right] \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}. \quad (40)$$

Приравнивая ур-ния (37) и (40) друг другу, получим:

$$KO + \left[ O_2 T + \left( R + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \alpha_3) \right] \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \left( R + \frac{s}{2} \right) \left[ \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right) - \sin \alpha_3 \right]$$

или

$$\frac{KO + O_2 T \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{R + \frac{s}{2}} + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right) = \cos \alpha_3 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha_3. \quad (41)$$

Называя левую часть ур-ния (41) через  $M_2$ , получим:

$$M_2 = \cos \alpha_3 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha_3$$

и аналогично предыдущим выводам будем иметь:

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2} + \frac{2}{M_2 + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}} \operatorname{tg} \frac{\alpha_3}{2} = \frac{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - M_2}{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + M_2}. \quad (42)$$

4. В средней части имеется прямая вставка, т. е.  $\alpha_2 = 0$  и  $R_2 + \frac{s}{2} = \infty$  (см. первую горизонтальную строку таблицы 29); в этом случае  $XI = O_2 T$ , и далее будем иметь:

$$KX_1 = \left( R_1 + \frac{s}{2} \right) \left[ \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right) - \sin \alpha_3 \right]. \quad (43)$$

$$KX_1 = KO + OX_1; \quad OX_1 = O_1 X_1 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2};$$

$$O_1 X_1 = O_2 T + \left( R_1 + \frac{s}{2} \right) (1 - \cos \alpha_3),$$

и этот случай сведется к предыдущему, с той только разницей, что вместо  $R + \frac{s}{2}$ , т. е. однообразного на всем протяжении радиуса, надо ставить  $R_1 + \frac{s}{2} < R + \frac{s}{2}$ , и будем иметь:

$$M_3 = \frac{KO + O_2 T \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{R_1 + \frac{s}{2}} + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \sin \left( \frac{\alpha}{2} - \beta \right)$$

и

$$M_3 = \cos \alpha_3 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - \sin \alpha_3, \quad (43)$$

и получим по предыдущему:

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_3}{2} + \frac{2}{M_3 + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - M_3}{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + M_3}. \quad (44)$$

Перекрестный перевод марки  $1/6$  или  $1/5,5$  дает возможность применять тупые крестовины без повышенного рельса.

### § 31. Соединение двух параллельных путей, изогнутых под углом

Пусть имеется два параллельных пути с расстоянием между осями  $e$ , изогнутых под углом  $\varphi$ . Пути соединены съездом, состоящим из двух стрелочных переводов и кривой между ними. Пусть будем иметь (черт. 264):

$\alpha$ —угол крестовины стрелочных переводов;

$b_1$ —расстояние от пересечения осей путей до конца хвоста крестовины  $q$ ;

$R_3$ —радиус пути на съезде;

$R_1$ —радиус внутреннего пути;

$x_1$ —прямая вставка между  $b_1$  стрелочного перевода № 2 и кривой радиуса  $R_1$  (см.

чертеж);

$x_2$ —прямая вставка между  $b_1$  стрелочного перевода № 2 и кривой радиуса  $R_3$ .

Кривая радиуса  $R_2 = R_1 + e$  начинается непосредственно за стрелочным переводом № 1 в точке  $E_1$ .

$D_1E_2$ —дуга угла  $\varphi$  и радиуса  $R_3$ ;

$DE$ —дуга угла  $\varphi$  радиуса  $R_3$ ;

$D_1E_1$ —дуга угла  $\varphi$  радиуса  $R_1$ .

Спроектируем ломаную линию  $FEDCBD_1E_1$  на вертикаль  $I-I'$ , тогда получим:

$$e = b_1 \sin \alpha + (b_1 + x_2) \sin(\alpha + \varphi) + R_3 [\cos \alpha - \cos(\alpha + \varphi)] - R_1(1 - \cos \varphi) - (b_1 + x_1) \sin \varphi. \quad (1)$$

Спроектируем ломаную линию  $BCDEF_2D_2$  на вертикаль  $II-II'$  и получим:

$$e = (b_1 + x_2) \sin \alpha + R_3 [\cos(\alpha - \varphi) - \cos \alpha] + b_1 \sin(\alpha - \varphi) + b_1 \sin \varphi + (R_1 + e)(1 - \cos \varphi). \quad (2)$$

Если  $\varphi > \alpha$ , то ур-ние (2) видоизменится следующим образом:

$$[e = (b_1 + x_2) \sin \alpha + R_3 [\cos(\varphi - \alpha) - \cos \alpha] - b_1 \sin(\varphi - \alpha) + b_1 \sin \varphi + (R_1 + e)(1 - \cos \varphi). \quad (2')$$

Если марки крестовин не одинаковы, то угол кривой на съезде будет больше или меньше  $\varphi$ , а именно:

1) если  $\alpha_1 > \alpha_2$ , то угол кривой радиуса  $R_3$  будет менее  $\varphi$  и будет равен  $\varphi - (\alpha_1 - \alpha_2)$ ;

2) если, наоборот, угол  $\alpha_1 < \alpha_2$ , то угол при радиусе  $R_3$  будет более  $\varphi$  и будет равен  $\varphi + (\alpha_2 - \alpha_1)$ .

Точно так же, как в предыдущем случае, спроектируем ломаную линию  $FEDCBD_1E_1$  на вертикаль  $I-I'$  и получим:

$$e = b_1 \sin \alpha_1 + (b_2 + x_2) \sin(\varphi + \alpha_2) + R_3 [\cos \alpha_1 - \cos(\varphi + \alpha_2)] - (b_2 + x_1) \sin \varphi - R_1(1 - \cos \varphi), \quad (3)$$

$$e = (b_2 + x_2) \sin \alpha_2 + R_3 [\cos(\alpha_1 - \varphi) - \cos \alpha_2] + b_1 \sin(\alpha_1 - \varphi) + b_1 \sin \varphi + (R_1 + e)(1 - \cos \varphi), \quad (4)$$

Если  $\varphi_1 > \alpha_2$  или  $\varphi > \alpha_1$ , то ур-ние (4) будет иметь следующий вид:

$$e = (b_2 + x_2) \sin \alpha_2 + R_3 [\cos(\varphi - \alpha_1) - \cos \alpha_2] - b_1 \sin(\varphi - \alpha_1) + b_1 \sin \varphi + (R_1 + e)(1 - \cos \varphi). \quad (4')$$

Пример 1. Пусть для черт. 264 будем иметь:

$$a = 5^\circ 11' 40''; \quad x_1 = 2 \text{ м}; \quad R_3 = 300 \text{ м}; \quad e = 5,3 \text{ м}; \quad \varphi = 3^\circ; \quad b_1 = 19,5 \text{ м};$$

$$\sin 5^\circ 11' 40'' = 0,090536; \quad \cos 5^\circ 11' 40'' = 0,995893;$$

$$\sin 3^\circ = 0,052336; \quad \cos 3^\circ = 0,98630;$$

$$\sin(\alpha + \varphi) = \sin 8^\circ 11' 40'' = 0,142533;$$

$$\cos 8^\circ 11' 40'' = 0,989790;$$

$$\sin(\alpha - \varphi) = \sin 2^\circ 11' 40'' = 0,038291; \quad \cos 2^\circ 11' 40'' = 0,999267.$$

Вставим численные значения в ур-ния (1) и (2):

$$\begin{aligned} 5,3 - 19,5 \cdot 0,090536 + 19,5 \cdot 0,142533 + 0,142533 x_2 + \\ + 300(0,995893 - 0,989790) - 0,00137 R_1 - 21,5 \cdot 0,052336 = \\ = 4,545 + 0,142533 x_2 - 0,00137 R_1 + 1,831 - 1,125 = \\ = 5,251 + 0,142533 x_2 - 0,00137 R_1 \end{aligned}$$

или 
$$0,142323 x_2 - 0,00137 R_1 = 0,049. \quad (1')$$

$$\begin{aligned} 5,3 = 19,5 \cdot 0,090536 + 0,090536 x_2 + 300(0,999267 - 0,995893) + \\ + 19,5 \cdot 0,038291 + 19,5 \cdot 0,052336 + 5,3 \cdot 0,00137 + 0,00137 R_1 = 3,533 + \\ + 0,090536 x_2 + 1,012 + 0,070 + 0,00137 R_1 \end{aligned}$$

или 
$$0,090536 x_2 + 0,00137 R_1 = 0,685. \quad (2')$$

Решая (1') и (2'), получим:

$$0,29307 x_2 = 0,734 \text{ и } x_2 = 3,15 \text{ м и } R_1 = 292 \text{ м.}$$

Пример 2. Пусть для черт. 265 будем иметь:

$$a_1 = 6^\circ 20' 25''; \quad b_1 = 16 \text{ м}; \quad x_1 = 2 \text{ м}; \quad R_3 = 300 \text{ м}; \quad e = 5,3 \text{ м}; \quad \varphi = 4^\circ;$$

$$a_2 = 5^\circ 11' 40''; \quad b_2 = 19,5.$$

$$\sin a_1 = \sin 6^\circ 20' 25'' = 0,11043; \quad \cos a_1 = \cos 6^\circ 20' 25'' = 0,993884;$$

$$\sin a_2 = \sin 5^\circ 11' 40'' = 0,090536; \quad \cos a_2 = \cos 5^\circ 11' 40'' = 0,995893;$$

$$\sin(\varphi + a_2) = \sin 9^\circ 11' 40'' = 0,159785; \quad \cos(\varphi + a_2) = \cos 9^\circ 11' 40'' = 0,987152;$$

$$\sin \varphi = \sin 4^\circ = 0,069757; \quad \cos \varphi = \cos 4^\circ = 0,997554;$$

$$\sin(\alpha_1 - \varphi) = \sin 1^\circ 11' 40'' = 0,020845; \quad \cos(\alpha_1 - \varphi) = \cos 1^\circ 11' 40'' = 0,999783.$$

Вставим численные значения в ур-ния (3) и (4):

$$\begin{aligned} 5,3 = 16 \cdot 0,11043 + 19,5 \cdot 0,159785 + 0,159785 x_2 + 300(0,993884 - 0,987152) - \\ - 21,5 \cdot 0,069757 - 0,002446 R_1 = 5,473 + 0,159785 x_2 - 0,0402446 R_1; \\ 0,002446 R_1 - 0,159785 x_2 = 0,173; \end{aligned} \quad (3')$$

$$\begin{aligned} 5,3 = 19,5 \cdot 0,090536 + 0,090536 x_2 + 300(0,999783 - 0,995893) + 16 \cdot 0,020845 + \\ + 5,3 \cdot 0,002446 + 0,002446 R_1 = 3,378 + 0,090536 x_2 + 0,002446 R_1 \end{aligned}$$

или 
$$0,090536 x_2 + 0,002446 R_1 = 1,922. \quad (4')$$

Решая (3') и (4'), получим:

$$0,250321 x_2 = 1,749 \text{ и } x_2 = 6,99 \text{ м, } R_1 = 772,7 \text{ м.}$$

Ниже приводится исследование взаимоотношения величин, входящих в ур-ния (1)—(4). На черт. 266 показаны оси путей на расстоянии  $a$  от острия остряков, причем:

$$a = L_t - \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (5)$$

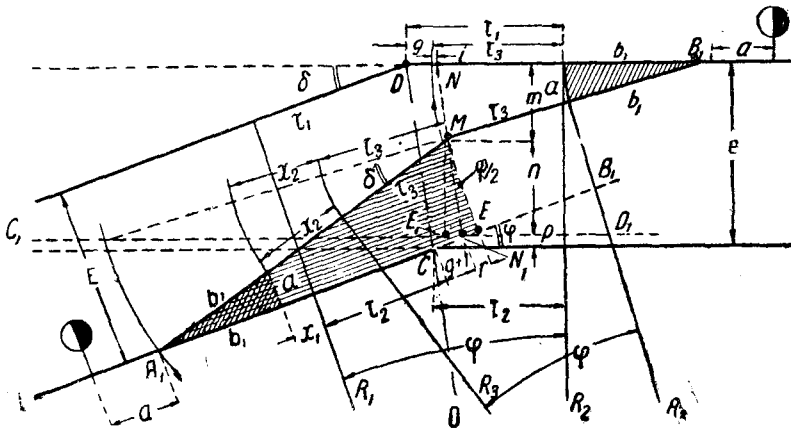
Длина  $b_1$  (справа по чертежу) представляет собой наименьшую длину прямой до начала кривой, равную:

$$b_1 = \frac{s}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + q. \quad (6)$$

Оставляя прежние обозначения для радиусов и обозначая касательные кривых соответственных радиусов через  $T$  с соответствующими индексами, получим:

$$T_2 = R_2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = (R_1 - e) \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}. \quad (7)$$

$$T_3 = R_3 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}. \quad (8)$$



Черт. 266.

Причем, если:

$$T_3 < T_2, \text{ то } R_3 < R_2 \text{ и } R_3 = R_{\min};$$

если

$$T_2 < T_3, \text{ то } R_2 < R_3 \text{ и } R_2 = R_{\min}.$$

На черт. 266 точка  $N_1$  — пересечение  $A_1B_1$  и  $C_1D_1$ ; далее  $N_1N$  параллельна биссектрисе  $DO$ .

Из черт. 266 видно, что:

$$T_2 = T_1 - \frac{e\varphi}{2} = T_3 + g - \frac{e\varphi}{2}. \quad (9)$$

Далее имеем, проектируя  $A_1MB_1$  на вертикаль:

$$\begin{aligned} e &= m + n + p = m + ME + p = m + ME_1 + p = \\ &= (2b_1 + 2T_3 + x_2) \sin \alpha + (g + i) \sin \varphi \end{aligned} \quad (10)$$

или приближенно<sup>1</sup> и принимая  $i = 0$ :

$$e = (2b_1 + 2T_3 + x_2) \alpha + g\varphi. \quad (11)$$

Вставляя  $T_3 = R_3 \frac{\varphi}{2}$  и принимая  $R_3 = R_{\min}$ , получим:

$$e = (2b_1 + 2R_{\min} \frac{\varphi}{2} + x_2) \alpha + g\varphi. \quad (12)$$

$$\varphi = \frac{e - (2b_1 + x_2) \alpha}{\alpha R_{\min} + g}. \quad (13)$$

<sup>1</sup> Для упрощения выводов принимаем, ввиду незначительной величины угла  $\alpha$ ,  $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = \alpha$  и  $\cos \alpha = 1$ .

Если  $R_2 = R_{\min}$ , то из ур-ния (9) получим:

$$T_3 = T_2 + \frac{e\varphi'}{2} - g$$

и далее:

$$e = \left[ 2b_1 + 2 \left( R_{\min} \frac{\varphi'}{2} + \frac{e\varphi'}{2} - \varphi \right) + x_2 \right] g + g\varphi'. \quad (14)$$

$$\varphi' = \frac{e - (2b_1 + x_2)\alpha + 2ag}{(R_{\min} + e)\alpha + g}. \quad (15)$$

Значения  $\varphi$  и  $\varphi'$  будут одинаковы по ур-нию (13) и (15) для  $R_2 = R_3$  или  $T_2 = T_3$ , что будет по ур-нию (9) для  $g = e\varphi:2$ , и тогда ур-ние (5) обратится в ур-ние (12).

Из  $\triangle AME$ , принимая  $\cos \alpha = 1$ , будем иметь:

$$A_1M = AE = AN_1 + N_1E = AN_1 + r.$$

$$\vartheta_1 + x_2 + T_3 = \vartheta_1 + x_1 + T_2 + g + r. \quad (16)$$

$$T_2 = T_3 + g - \frac{e\varphi}{2} \quad \text{и} \quad r = \frac{n\varphi}{2}.$$

Вставляя, получим:

$$x_1 = x_2 + (e - n) \frac{\varphi}{2} - 2g. \quad (17)$$

Величиной  $(e - n) \frac{\varphi}{2}$  пренебрегаем и тогда получим:

$$x_1 = x_2 - 2g$$

или прямую наклона 2:1.

Если

$$x_1 = 0, \quad \text{то} \quad g = \frac{x_2}{2}.$$

Если  $x_1 < 0$ , то принимают  $x_1 = 0$ , и тогда  $g$  будет более  $\frac{x_2}{2}$ .

Уравнения для  $\varphi$  и  $\varphi'$  дают гиперболы, пересекающиеся в точке  $M$  (черт. 267). Выше было определено предельное значение  $g$ , для коего ур-ния (13) и (15) становятся тождественными, и  $\varphi$  становятся  $\varphi_{\text{пр}}$ .

Вставим значение  $g$  по ур-нию (12) в ур-ние (11), тогда получим:

$$e = \left[ 2b_1 + 2R \frac{\varphi_{\text{пр}}}{2} + x_2 \right] \alpha + \frac{e\varphi_{\text{пр}}^2}{2}, \quad (18)$$

или

$$\varphi_{\text{пр}}^2 + \frac{2R\alpha}{e} \varphi_{\text{пр}} = \frac{2e - 2(2b_1 + x_2)\alpha}{e}, \quad (19)$$

$$\varphi_{\text{пр}} = \frac{-R\alpha \pm \sqrt{(R\alpha)^2 + 2e[e - (2b_1 + x_2)\alpha]}}{e}. \quad (20)$$

Пренебрегая вторым членом ур-ния (18), получим:

$$e = (2b_1 + R\varphi_{\text{пр}} + x_2)\alpha$$

или

$$\varphi_{\text{пр}} = \frac{\frac{e}{\alpha} - (2b_1 + x_2)}{R}. \quad (21)$$

Величина  $\varphi_{\text{пр}}$  несколько преувеличена по ур-нию (21), и надо для  $R$  брать величину на 1 и 2 м больше минимума.

Из ур-ния (21) видно, что при данном  $R$  величина  $\varphi$  зависит только от числителя и увеличивается с уменьшением  $\alpha$ . Устройство угла возможно, т. е.  $\varphi > 0$ , если

$$e > (2b_1 + x_2)\alpha. \quad (22)$$



Так как величина  $b_1$  равна:

$$b_1 = \frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + \frac{b_1 + v + 0,05}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + 0,400;$$

или округленно:

$$\frac{s + b + v + 0,05}{\operatorname{tg} \alpha} + 0,400,$$

или, принимая  $\operatorname{tg} \alpha$  в  $1/9 - 1/11$ , можно вместо 0,400 поставить  $\frac{0,040}{\operatorname{tg} \alpha}$ , и тогда получим:

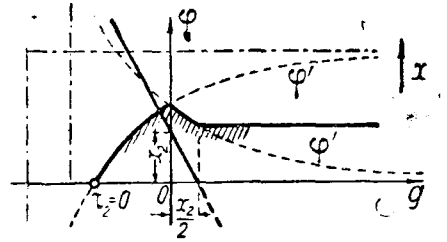
$$b_1 = \frac{s + 0,09 + b + v}{\operatorname{tg} \alpha}$$

и для нормальной колеи:  $\frac{1,615 + b + v}{\operatorname{tg} \alpha}$

и для  $e = 110$  и  $v = 60$  получим:  $\frac{1,785}{\operatorname{tg} \alpha}$

и вставляя в ур-ние (21):

$$\varphi_{\text{пр}} = \frac{\frac{e - 3,57}{\alpha} - x_2}{R} \quad (23)$$



Черт. 267.

или

$$a \leq \frac{e - 3,57}{x_2} \quad (24)$$

В таблице 30 показано значение  $\varphi$  для разных  $a$  при  $e = 5$  м,  $v_1 = 14,28$  м и  $x_2 = 2$  м, тогда:

$$\varphi \leq \frac{\frac{1,43}{\alpha} - 2}{\frac{\alpha}{R}}$$

Вставляя в ур-ние (17)  $g = e\varphi : 2$ , получим:

$$x_1 = x_2 + (e - n) \frac{\varphi}{2} - 2g = x_2 - (e + n) \frac{\varphi}{2} \quad (25)$$

Из черт. 266 имеем:

$$m = (b_1 + T_3) \alpha, \quad (26)$$

$$m = (b_1 + x_2 + T_3) \alpha, \quad (27)$$

$$p = (g + i) \varphi. \quad (28)$$

Пример. Пусть  $e = 5$  м,  $\operatorname{tg} \alpha = 1/8 = 7^\circ 7' 30''$ ,

$$b_1 = 1,785 \cdot 8 = 14,28 \text{ м,}$$

$$x_2 = 4 \text{ м, } R_{\text{min}} = 160.$$

Из ур-ния (20) получим:

$$\varphi = 0,0462 \text{ и } \varphi = 2^\circ 46' 12''.$$

По ур-нию (23) получим:

$$\varphi = 0,0465 \text{ и } \varphi = 2^\circ 47' 17'',$$

т. е. разница около  $1'$ .

Беря в приближенной формуле вместо  $R = 160$  м величину  $R = 161$  м, получим  $\varphi = 0,0462$ , т. е. ту же величину, что и по точной формуле. Далее будем иметь  $R_2 = R_3 = 160$  м;  $R_1 = 165$  м.

$$T_2 = T_3 = \frac{R\varphi}{2} = \frac{160 \cdot 0,0462}{2} = 3,70 \text{ м,} \quad (29)$$

Таблица 30

$a$	$R$	$\varphi$
$1/7$	150	0,053
$1/8$	180	0,052
$1/9$	200	0,054
$1/10$	250	0,049
$1/11$	300	0,046
$1/12$	400	0,043
$1/14$	500	0,036

$$g = \frac{e\varphi}{2} = \frac{5 \cdot 0,0462}{2} = 0,115 \text{ м},$$

$$m = (b_1 + T_3) \alpha = (14,28 + 3,70)^{1/8} = 2,2475,$$

$$n = (b_1 + T_3 + x_2)^{1/8} = 21,98 : 8 = 2,745,$$

$$p = 0,115 \cdot 0,0462 = 0,0053,$$

$$e = m + n + p = 5 \text{ м}.$$

Определим, как по ур-ниям (13) и (15) будут меняться для заданных  $e_1$ ,  $b_1$  и  $\alpha$  величины  $R_{\min}$  и  $g$  для разных значений  $\varphi$ .

Пусть  $\text{tg } \alpha = 1/9$ ;  $R_{\min} = 200 \text{ м}$ ;  $e = 5 \text{ м}$  и  $b_1 = 1,785 \cdot 9 = 16 \text{ м}$  и  $x_2 = 0$ , тогда по ур-нию (13):

$$\varphi = \frac{5 - 2 \cdot 16 \cdot 1/9}{\frac{200}{9} + g} = \frac{1,44}{22,22 + g}, \quad (30)$$

$$g = (R_1 - R_2) \frac{\varphi}{2} = (R_1 - 200) \frac{\varphi}{2}. \quad (31)$$

Таблица 31

Для разных значений  $\varphi$  из ур-ния (30) получим  $\varphi$  и из ур-ния (31) величину  $R_1$ , т. е. радиус путей, изогнутых под углом; данные приведены в таблице 31.

Для  $\varphi = 0,00648$  угол  $\varphi = 3^\circ 43'$ .

Если будем считать заданным радиус путей, изогнутых под углом, то будем получать величину радиуса  $R_3$  соединительного пути; в ур-ние (15) вставим данные и получим:

$\varphi$	$g$	$R_1$
0,01	121,78	24,536
0,02	49,78	5,178
0,03	25,78	1,059
0,04	13,78	545
0,05	5,58	372
0,06	1,78	229
0,0648	0	200

$$\varphi' = \frac{5 - \frac{32}{9} + \frac{2}{9} g}{\frac{205}{9} + g} = \frac{1,44 + \frac{2}{9} g}{22,78 + g}, \quad (32)$$

$$g = (R_1 - R_3) \cdot \frac{\varphi}{2} = (200 - R_3) \frac{\varphi}{2}. \quad (33)$$

Таблица 32

$\varphi$	$g$	$R_3$
0,01	-5,71	1,342
0,02	-4,85	685
0,03	-3,96	464
0,04	-2,91	345
0,05	-1,74	270
0,06	-0,43	214
0,0648	0	200

В таблице 32 приведены необходимые данные, причем отрицательное  $g$  показывает, что  $T_3 > T_2$ .

Пусть  $\text{tg } \alpha = 1/11$ ,  $\alpha = 5^\circ 11' 40''$ ,  $R_{\min} = 300 \text{ м}$ ,  $e = 5 \text{ м}$ ,  $b_1 = 1,785 \cdot 11 = 19,5 \text{ м}$ ,  $x_2 = 0$ .

$$\varphi \leq \frac{5 - \frac{2 \cdot 19,5}{11}}{\frac{300}{11} + g} = \frac{1,44}{27,27 + g}, \quad (34)$$

$$g = (R_1 - 300) \cdot \frac{\varphi}{2}. \quad (35)$$

Соответственные данные приведены для  $\text{tg } \alpha = 1/11$  в таблице 33.

Угол в градусах, соответствующий  $\varphi = 0,0528$ , будет  $\varphi = 3^\circ 1'$ .

Если зададимся радиусом путей, изогнутых под углом, то определим  $R_3$  и будем иметь:

$$\varphi' = \frac{5 - \frac{2 \cdot 19,5}{11} + \frac{2g}{11}}{\frac{305}{11} + g} = \frac{1,44 + 0,1818 g}{27,73 + g}, \quad (36)$$

$$g = (R_1 - R_3) \frac{\varphi}{2} = (300 - R_3) \frac{\varphi}{2}. \quad (37)$$

Таблица 33

$\varphi$	$g$	$R_1$
0,01	116,73	23,646
0,02	43,73	4,773
0,03	20,73	1,682
0,04	8,73	737
0,05	1,53	361
0,0528	0	300

Соответственные данные приведены для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/11$  в таблице 34 для разных  $\varphi'$ .

На черт. 269 показаны для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$  для разных  $\varphi$  величины  $g$  (+ и -) и для  $R_3 = 200$  м величины  $R_1$  для разных  $\varphi$ ; также для  $R_1 = 200$  м показаны значения  $R_3$ . Наибольшая величина  $\varphi$  равна 0,0648, что соответствует углу  $3^\circ 43'$  и  $R_1 = R_3 = 200$  м.

На черт. 268 показаны для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/11$  для разных  $\varphi$  величины  $g$  (+ и -) и для  $R_3 = 300$  м величина  $R_1$  для разных  $\varphi$ ; также для  $R_1 = 200$  м показаны значения  $R_3$ . Наибольшая величина  $\varphi$  равна 0,0528, что соответствует углу в  $3^\circ 1'$  и  $R_1 = R_3 = 300$  м.

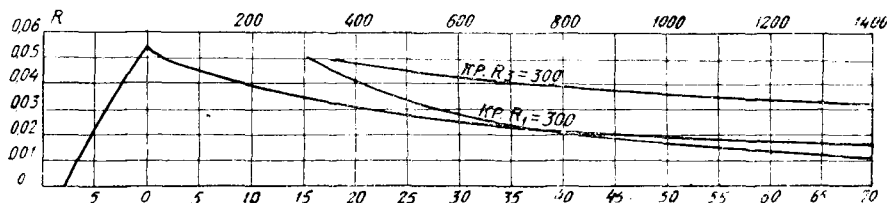
Таблица 34

$\varphi'$	$g$	$R_3$
0,01	-6,76	1 652
0,02	-5,47	847
0,03	-4,01	567
0,04	-2,33	417
0,05	-0,41	316
0,0567	0	300

### § 32. Соединение двух параллельных криволинейных путей

Если мы имеем два параллельных криволинейных пути  $I$  и  $II$ , соединенных третьим переходным, то весь съезд или переход будет состоять из следующих частей (черт. 270).

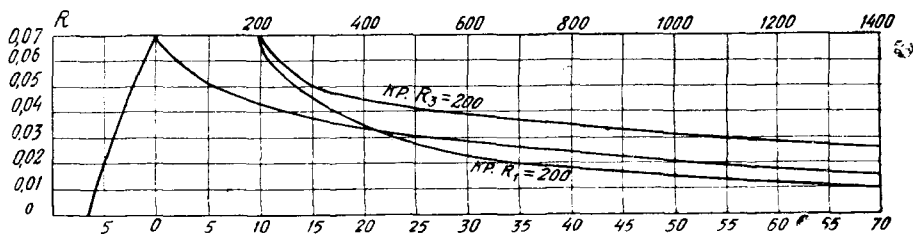
1. На первом пути из перевода, расположенного на кривой, причем центры кривых главного пути и переходного лежат по разные стороны. Во всяком случае переходный путь представляет собой в пределах перевода прямую.



Черт. 268.

2. На втором пути — из перевода, расположенного на кривой, причем центры кривых главного пути и переходного лежат по одну сторону.

3. Из переходной части соединительного пути, расположенного вне колеи каждого из путей  $I$  и  $II$ . Эта часть представляет, вообще говоря, кривую, а при



Черт. 269.

одинаковых марках крестовин на путях  $I$  и  $II$  всегда кривую; если угол крестовины пути  $II$  более угла крестовины пути  $I$ , то угол  $\beta_1$  может равняться нулю.

Очевидно, если угол  $\beta_1$  равен нулю, то длина части соединительного пути, расположенного вне колеи путей  $I$  и  $II$ , будет короче. Это обстоятельство влечет за собой необходимость применения на пути  $II$  крестовины более крутого угла, нежели на пути  $I$ .

Выше было указано, что переводы на кривых для случая, когда центры кривых для главного пути и переходного лежат по одну сторону, получаются короче при применении крестовин пологих углов, а для случая, когда центры кривых главного пути и переходного лежат по разные стороны, получаются

короче при применении крестовин более крутых углов; следовательно, выполняя условие  $\beta_1 = 0$ , мы ставим оба перевода в условия, способствующие увеличению длины переводов, т. е., уменьшая среднюю часть всего перехода, мы увеличиваем оконечные части перехода (длины переводов).

В дальнейшем ради общности вывода будем полагать углы крестовин разными и  $\beta_1 > 0$ .

Пусть радиус кривой средней части соединительного пути  $r$ , угол при центре  $\beta_1$ , средняя величина радиуса главных путей

$$r_0 = \frac{R_1 + R_2}{2},$$

расстояние между осями  $e$ ;

линия  $NO_1$  есть перпендикуляр, опущенный из центра  $N$  кривой радиуса  $r$  на хвост крестовины  $IO_1$ ;

линия  $NP_1$ —такой же перпендикуляр на хвост крестовины  $KP_1$ ;

линия  $MP$ —есть перпендикуляр, опущенный из центра  $M$  кривой радиуса  $r_0$  на хвост крестовины  $KP$  и

линия  $MO$ —такой же перпендикуляр на хвост крестовины  $IO$ .

Продолженный перпендикуляр  $NO_1$  пересекается с  $MO$  в точке  $O'$ , и продолженный перпендикуляр  $MP$  пересекается с  $NP_1$  в  $P'$ . Далее соединяем точку  $O_1$  с  $M$  и точку  $P_1$  с  $M$  и называем  $MO_1$  через  $r_1$  и  $MP_1$  через  $r_2$ ;  $MN = a$  и  $\angle OMO_1 = \delta_2$ ;  $\angle PMP_1 = \delta_1$ ; угол крестовины  $K = \alpha_1$  и угол крестовины  $I = \alpha_2$ ; тогда:

$$\angle MO_1N = \angle MO'N + \delta_2 = \alpha_2 + \delta_2$$

$$\text{и } \angle MP_1N = \angle MP'N - \delta_1 = \alpha_1 - \delta_1.$$

Из  $\Delta$ -ков  $MNO_1$  и  $MNP$  следует:

$$\alpha^2 = r_1^2 + \left(r + \frac{s}{2}\right)^2 - 2r_1 \left(r + \frac{s}{2}\right) \cos(\alpha_2 + \delta_2);$$

$$\alpha^2 = r_2^2 + \left(r - \frac{s}{2}\right)^2 - 2r_2 \left(r - \frac{s}{2}\right) \cos(\alpha_1 - \delta_1).$$

Приравняв уравнения друг другу, получим радиус кривой соединительного пути:

$$r = \frac{r_1^2 - r_2^2 - r_1 s \cos(\alpha_2 + \delta_2) - r_2 s \cos(\alpha_1 - \delta_1)}{2r_1 \cos(\alpha_2 + \delta_2) - 2r_2 \cos(\alpha_1 - \delta_1) - 2s}.$$

Далее из чертежа имеем:

$$MO_1 = r_1 = r_0 + \frac{e-s}{2} - K_2 \sin \alpha_2;$$

$$MP_1 = r_2 = r_0 - \frac{e-s}{2} + K_1 \sin \alpha_1.$$

Далее из  $\Delta MP_1P'$  будем иметь:

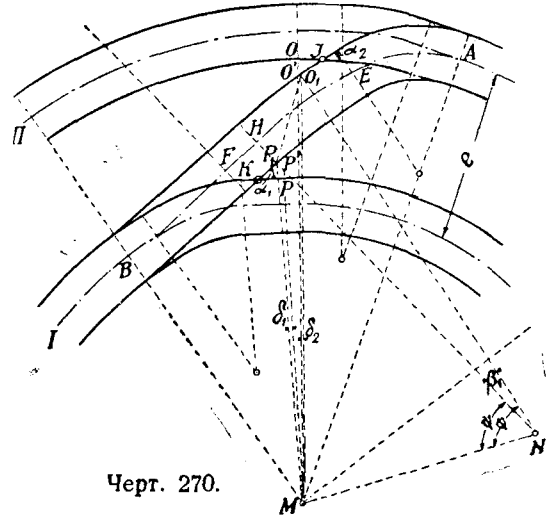
$$\frac{P_1P'}{MP_1} = \frac{\sin \delta_1}{\sin \alpha_1},$$

из  $\Delta KP_1P'$  имеем:

$$P_1P_1' = k_1 \sin \frac{\alpha_1}{2} \quad \text{и} \quad MP_1 = r_2,$$

откуда

$$\sin \delta = \frac{k_1 \sin \alpha_1 \sin \frac{\alpha_1}{2}}{r_2},$$



и аналогично из  $\Delta$ -ков  $MO'O_1$  и  $O'O_1I$  будем иметь:

$$\frac{\sin \delta_2}{\sin \alpha_2} = \frac{k_2 \sin \frac{\alpha_2}{2}}{r_1} \quad \text{и} \quad \sin \delta_2 = \frac{k_2 \sin \alpha_2 \sin \frac{\alpha_2}{2}}{r_1};$$

замечая, что:

$$\sin \alpha_1 = 2 \sin \frac{\alpha_1}{2} \cos \frac{\alpha_1}{2} \quad \text{и} \quad \sin \alpha_2 = 2 \sin \frac{\alpha_2}{2} \cos \frac{\alpha_2}{2},$$

получим:

$$\sin \delta_1 = \frac{2k_1 \sin^2 \frac{\alpha_1}{2} \cos \frac{\alpha_1}{2}}{r_2} = \frac{k_1 (1 - \cos \alpha_1)}{r_2} \cos \frac{\alpha_1}{2}$$

и

$$\sin \delta_2 = \frac{k_2 (1 - \cos \alpha_2)}{r_1} \cos \frac{\alpha_2}{2},$$

из этих уравнений определяются углы  $\delta_1$  и  $\delta_2$ .

После определения  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $\delta_1$  и  $\delta_2$  надо определить угол  $\beta_1 = \varphi - \psi$ .

Из  $\Delta MO_1N$ , в котором известны:  $\angle MO_1N = \alpha_2 - \delta_2$  и две прилежащие стороны  $MO_1 = r_1$  и  $NO_1 = r + \frac{s}{2}$ , будем иметь:

$$\frac{\varphi + \angle O_1MN}{2} = 90^\circ - \frac{\alpha_2 + \delta_2}{2}; \quad \frac{\sin \varphi}{\sin \angle O_1MN} = \frac{MO}{NO_1}$$

или

$$\begin{aligned} \frac{\sin \varphi - \sin \angle O_1MN}{\sin \varphi + \sin \angle O_1MN} &= \frac{MO_1 - NO_1}{MO_1 + NO_1} = \frac{2 \cos \frac{\varphi + \angle O_1MN}{2} \sin \frac{\varphi - \angle O_1MN}{2}}{2 \sin \frac{\varphi + \angle O_1MN}{2} \cos \frac{\varphi - \angle O_1MN}{2}} = \\ &= \frac{\operatorname{tg} \frac{\varphi - \angle O_1MN}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\varphi + \angle O_1MN}{2}} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\varphi - \angle O_1MN}{2}}{\operatorname{tg} \left( 90^\circ - \frac{\alpha_2 + \delta_2}{2} \right)}, \end{aligned}$$

откуда определим:

$$\frac{\operatorname{tg} \frac{\varphi - \angle O_1MN}{2}}{2} = \operatorname{tg} \left( 90^\circ - \frac{\alpha_2 + \delta_2}{2} \right) \frac{MO_1 - NO_1}{MO_1 + NO_1} = \frac{r - \left( r + \frac{s}{2} \right)}{\left( r_1 + r + \frac{s}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha_2 + \delta_2}{2}};$$

следовательно,  $\varphi$  определится.

Далее из  $\Delta MP_1N$ , в котором известны:  $\angle MP_1N = \alpha_1 - \delta_1$ ;

$MP_1 = r_2$  и  $NP_1 = r = \frac{s}{2}$  будем иметь:

$$\frac{\psi + \angle P_1MN}{2} = 90^\circ - \frac{\alpha_1 - \delta_1}{2},$$

аналогично предыдущему:

$$\operatorname{tg} \frac{\psi + \angle P_1MN}{2} = \frac{r_2 - \left( r - \frac{s}{2} \right)}{\left( r_2 + r - \frac{s}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha_1 - \delta_1}{2}},$$

откуда определится  $\psi$  и далее угол  $\beta_1$  и длина дуги радиуса  $r$ .

Из расчетов переводов мы имеем угол, соответствующий длинам каждого из переводов, а именно  $\angle BMP$  и  $\angle AMO$ ; для того, чтобы получить длину, занимаемую всем переходом, надо к означенным углам прибавить величину  $\angle PMO$ , равную  $\angle P_1MO_1 - (\delta_1 + \delta_2)$ .

Из  $\triangle P_1O_1N$  определим длину  $P_1O_1$ :

$$P_1O_1^2 = \left(r - \frac{s}{2}\right)^2 + \left(r + \frac{s}{2}\right)^2 - 2\left(r + \frac{s}{2}\right)\left(r - \frac{s}{2}\right) \cos \beta_1;$$

из  $\triangle P_1MO_1$  имеем:

$$P_1O_1^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos \angle P_1MO_1,$$

откуда получим  $\angle P_1MO_1$  и далее  $\angle PMO$ , после чего получится длина всего перехода и угол  $\angle BMA$ .

Пример. Радиус  $r_0 = \frac{R_1 + R_2}{2}$ , принимаем в 1000 м; пусть, кроме того,

применены переводы, приведенные в качестве примеров в §§ 17 и 18 (там приняты радиусы в 1000 м; в действительности же, если принять  $r_0 = 1000$  м, то радиус одного перевода будет несколько меньше, другого — несколько больше, но мы будем предполагать данные переводов применимыми в том виде, как они приведены в упомянутых примерах); для перевода с центрами кривых, лежащими по одну сторону, имеем:  $\varphi = 1^\circ 50' 2''$  и  $u_2 =$  длине хвоста крестовины  $k = 2$  м и  $\alpha_2 = 5^\circ 11' 40''$ ; для перевода с центрами кривых, лежащими по разные стороны, имеем:  $\varphi = 1^\circ 29' 24''$  и  $u_3 =$  длине хвоста крестовины  $k = 2$  м и  $\alpha_1 = 6^\circ 20' 25''$ .

Далее переходим к определению величин, указанных в данном параграфе, имея в виду  $e = 5,2$  м.

$$MO_1 = r_1 = r_0 + \frac{e - s}{2} - 2 \cdot 0,0905 = 1001,7 \text{ м.}$$

$$MP_1 = r_2 = r_0 - \frac{e - s}{2} + 2 \cdot 0,1104 = 998,4 \text{ м.}$$

$$\sin \delta_1 = \frac{(1 - \cos \alpha_1) k_1^2}{r_2} = \frac{0,01224}{998,4} = 0,000012 \text{ и } \delta_1 = 3'',$$

$$\sin \delta_2 = \frac{(1 - \cos \alpha_2) k_2^2}{r_1} = \frac{2 \cdot 0,00411}{1001,7} = 0,0000082 \text{ и } \delta_2 = 2'',$$

$$r = \frac{r_1^2 - r_2^2 - r_1 s \cos 5^\circ 11' 42'' - r_2 s \cos 6^\circ 20' 22''}{2r_1 \cos 5^\circ 11' 42'' - 2r_2 \cos 6^\circ 20' 22'' - 2s} = \frac{3567 \cdot 8}{7,53} = 473,8 \text{ м.}$$

$$\frac{\varphi + \angle O_1MN}{2} = 90^\circ - \frac{\alpha_2 + \delta_2}{2} = 87^\circ 24' 9'',$$

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi - \angle O_1MN}{2} = \frac{1001,7 - 473,8 - 0,762}{1001,7 + 473,8 + 0,762 \operatorname{tg} 2^\circ 35' 51''} = \frac{520,3}{66,97} = 7,7691.$$

$$\frac{\varphi - \angle O_1MN}{2} = 82^\circ 39' 56'' \text{ и } \varphi = 170^\circ 4' 5''.$$

Далее:

$$\frac{\varphi + \angle P_1MN}{2} = 90^\circ - \frac{\alpha_1 - \delta_1}{2} = 86^\circ 49' 49'',$$

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi - \angle P_1MN}{2} = \frac{r_2 - \left(r - \frac{s}{2}\right)}{\left(r_2 + r - \frac{s}{2}\right) \operatorname{tg} \frac{\alpha_1 - \delta_1}{2}} =$$

$$= \frac{998,4 - 473,8 + 0,762}{(998,4 + 473,8 - 0,762) \operatorname{tg} \frac{\alpha_1 - \delta_1}{2}} = \frac{525,4}{85,78} = 6,12497;$$

$$\frac{\varphi - \angle P_1MN}{2} = 80^\circ 43' 58'' \text{ и } \varphi = 167^\circ 33' 47'';$$

$$\beta_1 = \varphi - \psi = 170^\circ 4' 5'' - 167^\circ 33' 47'' = 2^\circ 30' 18'',$$

<sup>1</sup> Величины  $k_1$  и  $k_2$  принимаем в 2 м.

Далее:

$$P_1O_1^2 = \left(r - \frac{s}{2}\right)^2 + \left(r + \frac{s}{2}\right)^2 - 2\left(r + \frac{s}{2}\right)\left(r - \frac{s}{2}\right) \cos \beta_1 = 473,038^2 + \\ + 474,562^2 - 2 \cdot 473,038 \cdot 474,562 \cdot 0,999044 = 431,54;$$

$$\cos \angle P_1MO_1 = \frac{r_1^2 + r_2^2 - P_1O_1^2}{2} = \frac{1001,7^2 + 998 \cdot 4^2 - 431 \cdot 5}{2 \cdot 1001,7 \cdot 998,4} = 0,99977;$$

$$\angle P_1MO_1 = 1^\circ 13' 40''; r_1 r_2 \angle PMO_1 = \angle P_1MO_1 - (\delta_1 + \delta_2) = 1^\circ 13' 35''.$$

Следовательно, вся длина кривой, на которой расположен перевод, при центральном угле, равном  $1^\circ 50' 2'' + 1^\circ 29' 24'' + 1^\circ 10' 25'' = 4^\circ 29' 51''$ , будет равна

$$nr_0 \frac{4^\circ 29' 51''}{180^\circ} = 78,48 \text{ м} \left( \text{длина по дуге радиуса } r_0 = \frac{R_1 + R_2}{2} \right).$$

Чаще углы обеих крестовин делаются равными, и тогда  $\beta_1$  получится меньшим.

# ГЛАВА VI

## РАЗДВИЖКА ПУТЕЙ

### § 33. Раздвижка путей и устройство обходных путей

Раздвижка путей может потребоваться:

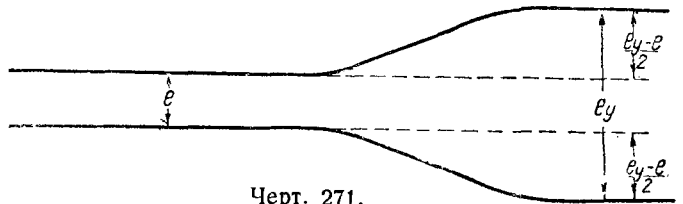
- 1) на перегоне;
- 2) при переходе от расстояния между осями путей на перегоне (4,10 м по новым техническим условиям) на расстояние между осями путей на станции (5,3 м или более);

3) при устройстве на станции промежуточных пасс. платформ, когда от расстояния между осями путей в 5,3 м надо переходить на большие расстояния.

На перегоне раздвижка путей может потребоваться:

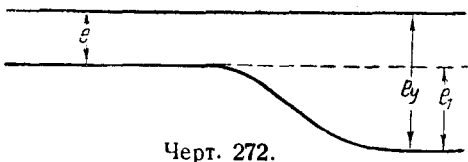
1) на двухпутных линиях при подходе к мостам с ездой понизу, требующих увеличения расстояния между осями путей;

2) при устройстве отводов для постройки временных мостов или постоянных мостов на новом мосте.



Черт. 271.

Раздвижка путей может быть симметричная, когда пути с расстоянием между осями путей, равными  $e$ , оба раздвигаются на ширину  $e_y$ , так что сдвигка каждого пути равна (черт. 271)  $(e_y - e) : 2$ , или же один путь сохраняет свое направление (черт. 272), а другой сдвигается на величину  $e_y - e$ .



Черт. 272.

Два пути, требующие раздвижки, могут подходить:

- 1) в виде двух параллельных прямых;
- 2) в виде двух прямых, имеющих угол перед тем местом, где должна быть осуществлена раздвижка (черт. 273);
- 3) в виде двух параллельных круговых кривых (черт. 275).

Для выполнения сдвижки по черт. 274 надо устроить две обратные кривые радиуса  $R$  и угла  $\varphi$  с прямой между ними вставкой  $L_1$ .

Радиусом на перегоне следует задаться в соответствии с техническими условиями, принятыми для дороги; в пределах станционных путей можно применять радиусы меньших значений, но не менее радиусов, имеющих в переходных кривых стрелочных переводах (округляя радиусы переходных кривых до 5 м).

Заданными величинами будут:

- 1) величина сдвижки  $e_1$ ;
- 2) радиус кривой  $R$ ;
- 3) длина вставки между обратными кривыми (с учетом возможности на перегоне устройства переходных кривых).

Требуется найти (черт. 274):

- 1) угол кривых  $\varphi$ ;
- 2) протяжение  $L_n$ , на котором расположена сдвигка.



Из черт. 274 имеем, проектируя линию  $ABCD$  на вертикаль:

$$e_1 = AE + CG + DF;$$

$$AE = DF = AO - OE = R - R \cos \varphi = R(1 - \cos \varphi), \quad (1)$$

$$e_1 = 2R(1 - \cos \varphi) + L_1 \sin \varphi$$

или

$$\cos \varphi = 1 - \frac{e_1}{2R} + \frac{L_1}{2R} \sin \varphi.$$

Обозначая  $1 - \frac{e_1}{2R}$  через  $A$  и вводя вспомогательный угол  $\psi$ :

$$L_1 : 2R = \operatorname{tg} \psi, \quad (2)$$

из ур-ния (2) получим угол  $\psi$  и  $\cos \psi$  и далее будем иметь:

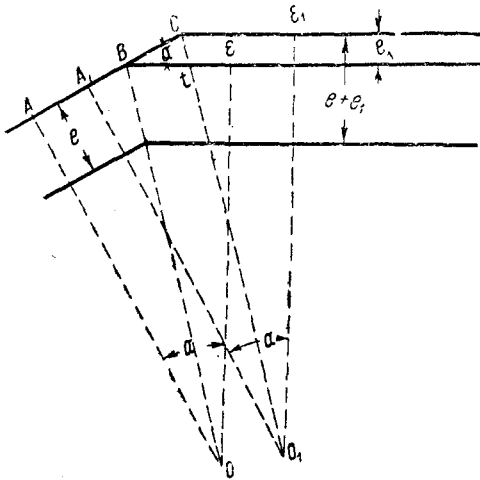
$$\cos \varphi = A + \operatorname{tg} \psi \sin \varphi$$

или

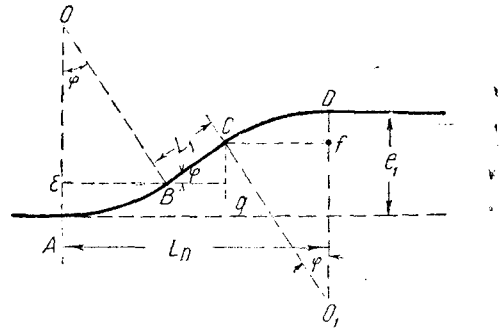
$$\cos \varphi \cos \psi = A \cos \psi + \sin \varphi \sin \psi,$$

или

$$\begin{aligned} \cos \varphi \cos \psi - \sin \varphi \sin \psi &= A \cos \psi, \\ \cos(\varphi + \psi) &= A \cos \psi. \end{aligned} \quad (3)$$



Черт. 273.



Черт. 274.

Из ур-ния (3) получим угол  $\varphi + \psi$ , а т. к. величина  $\psi$  известна, то получим угол  $\varphi$ .

Протяжение, занимаемое раздвижкой путей, считая по ее горизонтальной проекции, равно:

$$L_n = 2R \sin \varphi + L_1 \cos \varphi. \quad (4)$$

Пример. Пусть  $e_1 = 2$  м;  $R = 300$  м и  $L_1 = 20$  м.

Вставляя в ур-ние (2):

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{20}{600} = \frac{1}{30} = 0,033333' \quad \text{и} \quad \psi = 1^\circ 54' 34'',$$

$$A = 1 - \frac{e_1}{2R} = 1 - \frac{2}{600} = \frac{299}{300}; \quad \cos \psi = 0,99945;$$

$$\cos(\varphi + \psi) = A \cos \psi = \frac{299}{300} \cdot 0,99945 = 0,996112;$$

$$\varphi + \psi = 5^\circ 3' 14'' \quad \text{и} \quad \varphi = 5^\circ 3' 14'' - 1^\circ 54' 34'' = 3^\circ 8' 40''$$

$$L_n = 2R \sin \varphi + L_1 \cos \varphi = 600 \cdot 0,054853 + 20 \cdot 0,998494 = 52,88 \text{ м.}$$

Пусть имеются две параллельные кривые радиуса  $R$  и  $R + e$  и угла  $\alpha$ . Если расстояние между осями путей должно быть увеличено на  $e_1$ , то это может быть сделано поднятием пути I вверх на  $e_1$ ; опусканием пути II вниз на  $e_1$  или отодвиганием пути I вверх на  $e_1 : 2$  и пути II вниз на  $e_1 : 2$ . Уширение может быть произведено при поднятии пути I вверх на  $e_1$ , сдвижкой вершины кривой на величину  $BC$ , которая равна (черт. 273):

$$BC = \frac{e_1}{\sin \alpha}. \quad (5)$$

Чем больше центральный угол кривой  $\alpha$ , тем меньше сдвижка; на ту же величину сдвигаются начала кривых  $A$  и  $E$ , переходя в точки  $A_1$  и  $E_1$ .

§ 34. Сдвигка криволинейного пути внаружу кривой. Обходные пути с устройством примыкания с внешней стороны главного пути

На черт. 275 показана кривая радиуса  $R$  и угла  $\alpha$ , в пределах коего кривая должна быть сдвинута внаружу на величину  $e_1$ ; достигается это устройством радиуса  $R_2 > R$  угла  $\alpha_2$  с центром в точке  $O_2$  и устройством кривой  $R_1 < R$  угла  $\alpha_1$  с центром в точке  $O_1$ .

Центры кривых образуют  $\triangle OO_1O_2$ , стороны коего будут:

$$\left. \begin{aligned} OO_1 &= a_1 \\ OO_2 &= a_2 \\ O_1O_2 &= R_2 - R_1 = (R + a_2) - (R - a_1 + e_1) = a_1 + a_2 - e_1 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Если  $a_1, a_2$  и  $e_1$  заданы, то из  $\triangle OO_1O_2$  получим:

$$\cos \alpha_1 = \frac{(a_1 + a_2 - e_1)^2 + a_1^2 - a_2^2}{2a_1(a_1 + a_2 - e_1)} \quad (2)$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{(a_1 + a_2 - e_1)^2 + a_2^2 - a_1^2}{2a_2(a_1 + a_2 - e_1)} \quad (3)$$

$$1 - \cos \alpha_1 = \frac{2a_1^2 - 2a_2^2 + 2a_2e_1 - e_1^2}{2a_1(a_1 + a_2 - e_1)} \quad (4)$$

$$1 - \cos \alpha_2 = \frac{2a_2^2 - 2a_1^2 + 2a_1e_1 - e_1^2}{2a_2(a_1 + a_2 - e_1)} \quad (5)$$

$$1 + \cos \alpha_1 = \frac{4a_1^2 + 4a_1a_2 - 4a_1e_1 - 2a_2e_1 + e_1^2}{2a_1(a_1 + a_2 - e_1)} \quad (6)$$

$$1 + \cos \alpha_2 = \frac{4a_2^2 + 4a_1a_2 - 4a_2e_1 - 2a_1e_1 + e_1^2}{2a_2(a_1 + a_2 - e_1)} \quad (7)$$

$$t_1 = R_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} = R_1 \frac{\sin \alpha_1}{1 + \cos \alpha_1} \quad (8)$$

$$t_2 = \frac{R_2 \sin \alpha_2}{1 + \cos \alpha_2} \quad (9)$$

$$v_1 = R_1(1 - \cos \alpha_1) = R_1 \frac{2a_1^2 - 2a_2^2 + 2a_2e_1 - e_1^2}{2a_1(a_1 + a_2 - e_1)} \quad (10)$$

$$v_2 = R_2(1 - \cos \alpha_2) = R_2 \frac{2a_2^2 - 2a_1^2 + 2a_1e_1 - e_1^2}{2a_1(a_1 + a_2 - e_1)} \quad (11)$$

$$u_1 = R_1 \sin \alpha_1; \quad u_2 = R_2 \sin \alpha_2. \quad (12)$$

$$x = t_2 \cos \alpha_1. \quad (13)$$

$$y = (t_1 + t_2) \sin \alpha_1. \quad (14)$$

$$z = t_1 \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{v_1}{\sin \alpha_1} \cdot \frac{\sin \alpha_1}{\cos \alpha_1} = \frac{v_1}{\cos \alpha_1} \quad (15)$$

Приведенные формулы значительно упрощаются, если  $a_1 = a_2 = a$  и  $e = e_1 = e_2 = e$  — целое число, тогда:

$$R_1 = R + e_1 - a = R - e_1(n^2 - 1) \quad \text{и} \quad R_2 = R + a = R + e_1 n^2$$

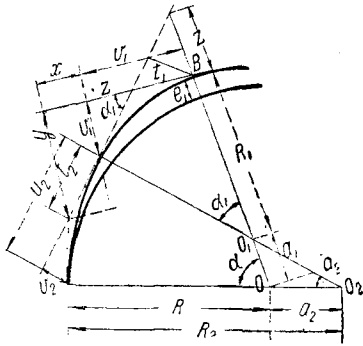
и далее

$$R_2 - R_1 = 2a - e_1 = e_1(2n^2 - 1). \quad (16)$$

$$\cos \alpha = \frac{2a - e_1}{2a} = \frac{2n^2 - 1}{2n^2}. \quad (17)$$

$$1 - \cos \alpha = \frac{1}{2n^2}. \quad (18)$$

$$1 + \cos \alpha = \frac{4n^2 - 1}{2n^2}. \quad (19)$$



Черт. 275.

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{4n^2 - 1}}{2n^2} \quad (20)$$

$$t_1 = R_1 \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = \frac{R_1}{\sqrt{4n^2 - 1}} \quad (21)$$

$$t_2 = \frac{R_2}{\sqrt{4n^2 - 1}} \quad (22)$$

$$v_1 = \frac{R_1}{2n^2} \text{ и } v_2 = \frac{R_2}{2n^2} \quad (23)$$

$$u_1 = R_1 \sin \alpha = \frac{R_1 \sqrt{4n^2 - 1}}{2n^2} = v_1 \sqrt{4n^2 - 1} \quad (24)$$

$$u_2 = R_2 \sin \alpha = \frac{R_2 \sqrt{4n^2 - 1}}{2n^2} = v_2 \sqrt{4n^2 - 1} \quad (25)$$

$$x = t_2 \cos \alpha = t_2 \frac{2n^2 - 1}{2n^2} \quad (26)$$

$$y = \frac{R_1 + R_2}{2n^2} = \frac{2R + e_1}{2n^2} \quad (27)$$

$$z = \frac{v_1}{\cos \alpha} = \frac{R_1}{2n^2 - 1} \quad (28)$$

При малых значениях  $e_1$  можно им пренебречь по сравнению с величиной  $n^2 e_1$ , и тогда получим:

$$R_1 = R - e_1 n^2; \quad R_2 = R + e_1 n^2$$

$$R_2 - R_1 = 2e_1 n^2 \quad (16')$$

$$t_1 = \frac{R_1}{2n} \quad (21')$$

$$v_1 = \frac{t_1}{n} = \frac{R_1}{2n^2} \quad (23')$$

$$u_1 = \frac{R_1}{n} = 2t_1 \quad (24')$$

$$x = t_2 = \frac{R^2}{2n} \quad (26')$$

$$y = \frac{R}{n^2} \quad (27')$$

$$z = \frac{R_1}{2n^2} = \frac{t_1}{n} = v_1 \quad (28')$$

$$v_2 - v_1 = \frac{R_2 - R_1}{2n^2} = \frac{e_1 (2n^2 - 1)}{2n^2}$$

или, пренебрегая значением 1 в скобках, получим:

$$v_2 - v_1 = e_1 \quad (29)$$

Длина  $AB$  перехода будет:

$$AB = 2(t_1 + t_2) = \frac{2R_1 + 2R_2}{2n} = \frac{R_1 + R_2}{n} = \frac{2R}{n} \quad (30)$$

Если длина  $AB$  задана, то из ур-ния (30) получим  $n$ ; величины  $R$ ,  $e_1$  и  $a$  также заданы.

Пример. Пусть  $a_1$  и  $a_2$  не равны друг другу;

$R = 600$  м,  $e_1 = 2$  м,  $R_2 = 750$  м и  $R_1 = 550$  м и  $a_2 = 150$  и  $a_1 = 50$  м.

$$\cos \alpha_1 = \frac{(200 - 2)^2 + 2500 - 22500}{100 \cdot 198} = \frac{19204}{19800} = 0,969899 \text{ и } \alpha_1 = 14^\circ 5' 37'';$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{(200-2)^2 + 22500 - 2500}{300 \cdot 198} = \frac{59204}{59490} = 0,996633 \text{ и } \alpha_2 = 4^\circ 42' 10'';$$

$$t_1 = 550 \operatorname{tg} \frac{14^\circ 5' 37''}{2} = 550 \cdot 0,123612 = 67,99;$$

$$t_2 = 750 \operatorname{tg} \frac{4^\circ 42' 10''}{2} = 750 \cdot 0,041062 = 30,80,$$

и вся длина равна  $2(67,99 + 30,80) = 197,58$ .

Если будем считать, что наименьший радиус  $R_1 = 550$  м, то, увеличивая  $R_2$ , мы будем получать некоторое уменьшение длины переводной части  $2(t_1 + t_2)$ , как это видно из таблицы 35.

Однако получить длину  $2(t_1 + t_2)$  в 150 м не удастся.

Пусть длина переводной части ограничена длиной 150 м и  $a_1 = a_2$ ,  $e_1 = 2$  и  $R = 600$  м, тогда из уравнения (30) получим:

$$150 = \frac{1200}{n} \text{ или } n = 8.$$

Таблица 35

Величины	По точным формулам	По приближенным формулам
$R_1$	474	472
$R_2$	728	728
$R_2 - R_1$	254	256
$\cos \alpha$	$\frac{63}{64} = 0,984375$	1
$1 - \cos \alpha$	0,015625	0
$1 + \cos \alpha$	1,984375	2
$t_1$	29,68	29,50
$t_2$	45,59	45,50
$v_1$	3,70	3,70
$v_2$	5,69	5,69
$u_1$	59,08	59,00
$u_2$	90,86	91,00
$x$	45,23	45,50
$y$	9,39	9,38
$z$	3,73	3,69
$v_2 - v_1$	1,99	1,99

В таблице 35 приведены основные размеры по точным и приближенным формулам.

Из таблицы видно, что по приближенным формулам  $2(t_1 + t_2) = 150$  м, а по точным 150,54 м.

В предшествующем выводе сдвигка достигалась изменением радиусов, но без применения прямой вставки, причем сдвинутый путь идет по кривой. Ниже приводится расчет сдвигки пути, примыкающего к кривой, но расположенного в сдвинутом положении по прямой<sup>1</sup>.

1) Пусть надо сдвинуть путь на величину  $e_1$ , используя кривую радиуса  $R$ ; для сдвигки на величину  $e_1$  надо предвидеть устройство прямой  $d$ , кривой радиуса  $r < R$  и примыкание на расстоянии  $m$  от конца существующей кривой (черт. 276).

Обозначим через:

$R$  — радиус существующей кривой;

$r$  — радиус сдвинутой кривой, причем  $r < R$ ;

$e_1$  — величину сдвигки;

$m$  — сдвигку конца кривой радиуса  $r$  относительно конца кривой радиуса  $R$ ;

$d$  — длину прямой вставки;

$L$  — горизонтальную проекцию отвода;

$C$  и  $K$  — абсциссу и ординату точки кривой радиуса  $R$ , откуда начинается сдвигка;

$\gamma$  — угол, соответствующий длине дуги кривой радиуса  $R$ , занимаемой сдвинутым путем.

Предположим данными и искомыми следующие величины:

даны —  $R$ ,  $r$ ,  $m$  и  $e_1$ ; надо определить  $d$ ,  $L$ ,  $K$ ,  $C$  и  $\gamma$ .

а) Из черт. 276 будем иметь:

$$n = \sqrt{(R + e_1 - r)^2 + m^2}. \quad (31)$$

$$\sin \beta = \frac{m}{n}. \quad (32)$$

$$\sin \varphi = \frac{R - r}{R}. \quad (33)$$

<sup>1</sup> См. альбом соединений путей Главжелдорстроя, 1933 г.

$$\gamma = 90^\circ - \varphi - \beta. \quad (34)$$

$$d = \sqrt{n^2 - (R-r)^2}. \quad (35)$$

$$C = R \sin \gamma, \quad (36)$$

$$L = C + m, \quad (37)$$

$$K = R(1 - \cos \gamma). \quad (38)$$

б) Если вместо  $m$  задана длина вставки  $d$ , то получим:

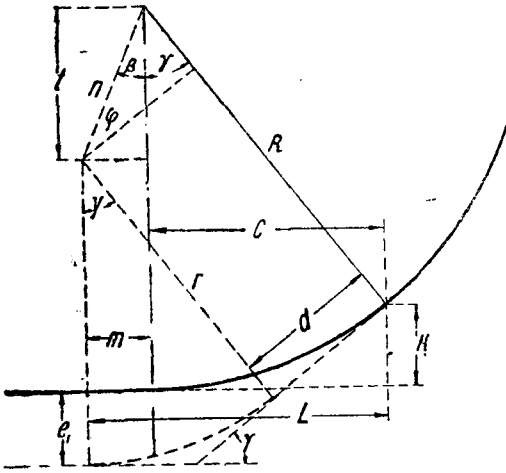
$$n = \sqrt{(R-r)^2 + d^2}, \quad (39)$$

$$m = \sqrt{n^2 + (R - e_1 - r)^2}. \quad (40)$$

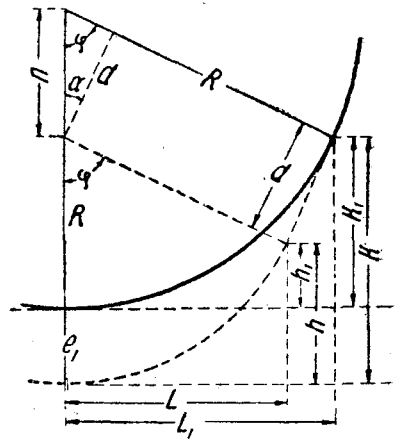
Остальные элементы определяются по формулам пункта „а“.

в) Даны  $R$ ,  $d$ ,  $m$  и  $e_1$ ; тогда получим:

$$n^2 = (R + e_1 - r)^2 + m^2 = (R - r)^2 + d^2$$



Черт. 276.



Черт. 277.

и далее:

$$r = R - \frac{d^2 - e_1^2 - m^2}{2e_1}. \quad (41)$$

Пример. Пусть  $R = 800$ ,  $r = 600$  м,  $m = 25$  м и  $e_1 = 10$  м, тогда:

$$n = \sqrt{210^2 + 25^2} = 211,48 \text{ м}, \quad \sin \beta = \frac{25}{211,48} = 0,118216 \text{ и}$$

$$\beta = 6^\circ 47' 21''; \quad \sin \varphi = \frac{200}{211,48} = 0,94572 \text{ и } \varphi = 71^\circ 2' 8'';$$

$$\gamma = 90^\circ - (\beta + \varphi) = 12^\circ 10' 31''; \quad d = \sqrt{44725 - 40000} = 68,74 \text{ м.}$$

$$C = 800 \sin 12^\circ 10' 31'' = 800 \cdot 0,210899 = 168,62 \text{ м.}$$

$$L = 168,62 + 25 = 193,62 \text{ м.}$$

2) Пусть все данные такие же, что и в предшествующем случае, но длина  $m = 0$ , тогда будем иметь (черт. 277):

а) заданными  $R$ ,  $r$  и  $e_1$  и искомыми  $d$ ,  $L$ ,  $L_1$  и угол  $\varphi$ , также  $K$ ,  $K_1$ ,  $h$  и  $h_1$  и получим следующие формулы:

$$n = R + e_1 - r, \quad (42)$$

$$d = \sqrt{n^2 - (R-r)^2} = \sqrt{e_1(2R - 2r + e_1)}, \quad (43)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{d}{R-r}. \quad (44)$$

$$L = r \sin \varphi. \quad (45)$$

$$L_1 = R \sin \varphi. \quad (46)$$

$$h = r(1 - \cos \varphi). \quad (47)$$

$$h_1 = h - L_1. \quad (48)$$

$$K = \left( r \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + d \right) \sin \varphi. \quad (49)$$

$$K_1 = R(1 - \cos \varphi). \quad (50)$$

Пример. Принимая  $R = 800$  м;  $r = 600$  м и  $e_1 = 10$  м, получим:

$$n = R + e_1 - r = 210 \text{ м}, \quad d = \sqrt{210^2 - 200^2} = 64,03,$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{64,03}{200} = 0,32015 \text{ и } \varphi = 17^\circ 45' 9''; \text{ длина, занятая сдвижкой } L_1 = 800 \cdot \sin \varphi = 800 \cdot 0,304905 = 243,92 \text{ см.}$$

3) На черт. 278 сдвижка достигается применением радиуса  $R_1$ , большего, чем на существующей кривой, причем конец кривой на отодвинутом пути отстоит на  $m$  от конца существующей кривой. Заданными могут быть:

а)  $R_1$ ,  $m$  и  $e_1$ , искомыми  $R$ ,  $L$ ,  $d$  и угол  $\gamma$ , которые определяются из следующих формул:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e_1}{m}. \quad (51)$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha. \quad (52)$$

$$\gamma = 180^\circ - 2\beta = 2\alpha. \quad (53)$$

$$K = 2R \sin \frac{\gamma}{2} = 2R \sin \alpha. \quad (54)$$

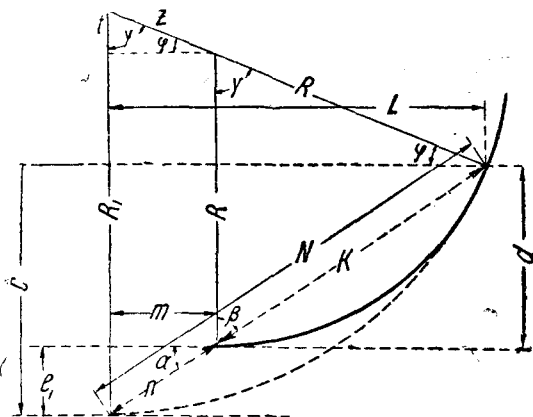
$$\varphi = 90^\circ - \gamma. \quad (55)$$

$$R_1 = R + e_1 + m \operatorname{tg} \varphi. \quad (56)$$

$$L = R_1 \sin \varphi. \quad (57)$$

$$d = R(1 - \cos \gamma). \quad (58)$$

$$C = R_1(1 - \cos \gamma) = d + e_1. \quad (59)$$



Черт. 278

б) Если даны  $R$ ,  $R_1$  и  $e_1$ , то получим:

$$m = \sqrt{(R_1 - R)^2 - (R_1 - R - e_1)^2} = \sqrt{e_1(2R - 2r - e_1)}. \quad (60)$$

в) Если даны  $R_1$ ,  $R$  и  $m$ , то получим:

$$t = \sqrt{(R_1 - R)^2 + m^2}. \quad (61)$$

$$e_1 = R_1 - R - t. \quad (62)$$

### § 35. Сдвижка криволинейного пути внутрь кривой. Обходные пути с устройством примыкания с внутренней стороны главного пути

На черт. 279 показан сдвиг оси пути внутрь; в этом случае  $R_1 > R_2$ , и будем иметь:

$$R_1 = R + a_1 - e_1, \quad (1)$$

$$R_2 = R - a_2, \quad (2)$$

$$R_1 - R_2 = a_1 + a_2 - e_1. \quad (3)$$

Далее:

$$\cos \alpha_1 = \frac{(a_1 + a_2 - e_1)^2 + a_1^2 - a_2^2}{2a_1(a_1 + a_2 - e_1)}. \quad (4)$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{(a_1 + a_2 - e_1)^2 + a_2^2 - a_1^2}{2a_2(a_1 + a_2 - e_1)}. \quad (5)$$

Если  $a_1 = a_2 = a$ , то:

$$R_1 = R + e_1(n^2 - 1), \quad (6)$$

$$R_2 = R - e_1 n^2, \quad (7)$$

$$R_1 - R_2 = e_1(2n^2 - 1). \quad (8)$$

Далее получим формулы, аналогичные полученным по черт. 275.

Таблица 36

$R_2$	$R_1$	$a_2$	$a_1$	$e_1$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$t_2$	$t_1$	$2(t_1 + t_2)$	$\alpha_1 + \alpha_2$
550	750	50	150	2	14° 5'37"	4°42'10"	67,99	30,8	197,58	18°47'47"
550	800	50	200	2	14°33'20"	3°36'10"	70,24	25,16	190,8	18° 9'30"
550	1 000	50	400	2	15°20'22"	1°53'42"	74,1	10,9	170,0	17°14' 4"
550	1 500	50	900	2	15°49'53"	0°52'36"	76,5	6,1	165,2	16°42'29"
500	800	100	200	2	9°22'30"	4°40'17"	41,0	32,6	147,2	14° 2'47"
500	1 000	100	400	2	10°16'15"	3° 8' 0"	44,9	27,4	144,6	13°24'15"
500	2 000	100	1 400	2	11° 5'30"	0°47'20"	48,5	13,7	124,4	11°52'50"

Из таблицы 36 видно, что для данного радиуса  $R_2$  с минимальным значением в 550 м можно получить наименьшее значение  $2(t_1 + t_2)$  в 165 м; снижение возможно до тех пор, пока будем получать некоторое значение для  $a_2$ ; как видно из таблицы, для  $R_1 = 1 500$  величина  $a_2 < 1^\circ$ . Для  $R_1 = 2 000$  м угол  $a_2$  получается отрицательным, что показывает, что при радиусе  $R = 2 000$  м радиусом  $R_2 = 550$  м нельзя получить  $e_1$  в 2 м.

Для  $R_2 = 500$  м в таблице приведены для значений  $R_1 = 800, 1 000$  и  $2 000$  м длины перехода  $2(t_1 + t_2)$  от 147 до 124 м. Из таблицы видно, что при  $a_1 = a_2$  и углах  $\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{\alpha}{2}$  радиусы получаются менее удачные, нежели в том случае, когда углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  неравны. Так, например, для  $R_2 = 500$  м и  $R_1 = 1 000$  м, которые соответственно больше тех же величин радиусов при  $\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{\alpha}{2}$ , получаем длину  $2(t_1 + t_2)$  менее 150 м.

Из изложенного следует, что ход вычислений должен быть таков: задаются наименьшей величиной  $R_2$  и определяют  $R_1$  из условия возможно меньшего значения угла  $\alpha_1$ .

Сдвигка может быть достигнута одной из следующих комбинаций применения прямых вставок и кривых.

1. На черт. 280 вместо кривой радиуса  $R$  применена кривая радиуса  $r < R$ , причем концы кривых сдвинуты друг относительно друга на  $m$ .

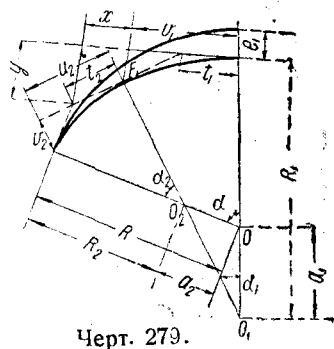
а) Даны  $R, m$  и  $e_1$ , следует определить  $r, L, A$  и угол  $\gamma$ . Из черт. 280 имеем:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e_1}{m} \quad (9)$$

$$\gamma = 2\alpha \quad (10)$$

$$A = R(1 - \cos \gamma) - e_1 \quad (11)$$

$$r = R - \frac{m}{\sin \gamma} \quad (12)$$



Черт. 279.

$$L = R \sin \gamma \quad (13)$$

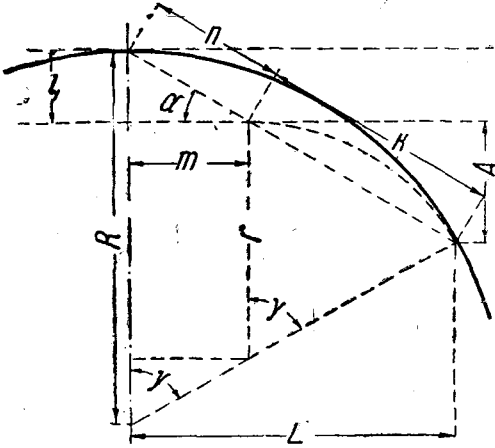
$$n = \frac{m}{\cos \alpha} \quad (14)$$

$$K = 2R \sin \alpha - n = 2r \sin \alpha. \quad (15)$$

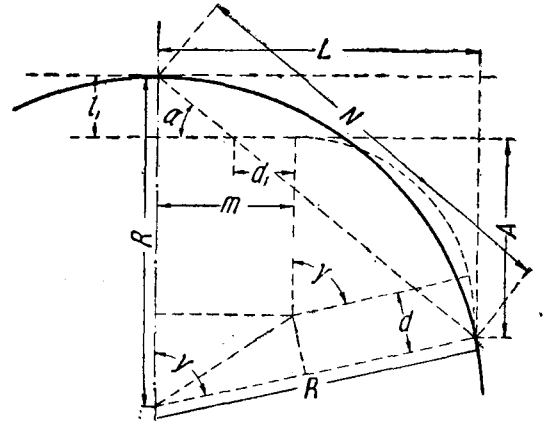
б) Если даны  $R$ ,  $r$ , и  $e_1$ , то кроме приведенных формул имеем:

$$m = \sqrt{(R-r)^2 - (R-r-e_1)^2} = \sqrt{e_1(2R-2r-e_1)}. \quad (16)$$

2. По черт. 281 кривая радиуса  $r$  начинается после вставки длиной  $d$ ; концы кривых также сдвинуты друг относительно друга на  $m$ .



Черт. 280.



Черт. 281.

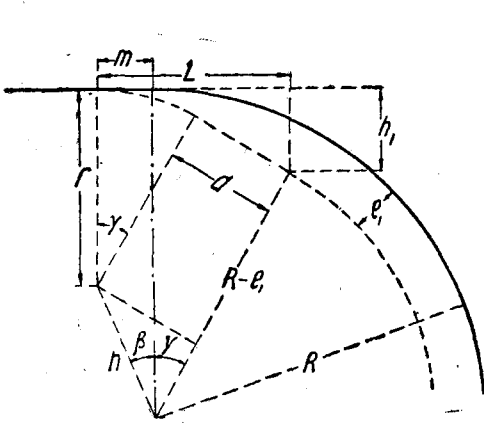
а) Даны  $R$ ,  $m$ ,  $e_1$  и  $d$ ; следует определить  $r$ ,  $L$ ,  $A$  и угол  $\gamma$ . Из черт. 281 имеем:

$$d = d_1 \quad (17)$$

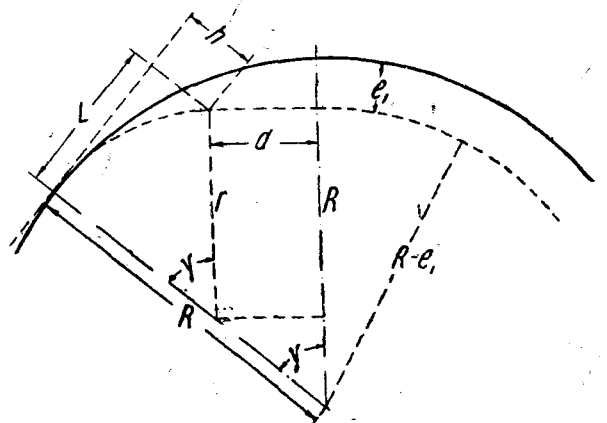
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e_1}{m-d} \quad (18)$$

$$\gamma = 2\alpha, \quad (19)$$

$$(R-r)^2 + d^2 = m^2 + (R-r-e_1)^2$$



Черт. 282.



Черт. 283.

ИЛИ

$$r = R - \frac{m^2 - d^2 + e_1^2}{2e_1} \quad (20)$$

$$A = R(1 - \cos \gamma) - e_1 \quad (21)$$

$$L = R \sin \gamma \quad (22)$$

$$N = 2R \sin \alpha \quad (23)$$



б) Если даны  $R, e_1, m$  и  $r$ , то пользуемся ур-ниями (17)—(23) и, кроме того, из ур-ния (20) получаем:

$$d = \sqrt{m^2 - e_1(2R - 2r - e_1)}. \quad (24)$$

3. По черт. 282 показана отодвижка в пределах кривой. Кривая радиуса  $r < R$  начинается на  $m$  метров влево от начала кривой радиуса  $R$ , далее идет прямая длиной  $d$ , после которой идет концентрическая кривая радиуса  $R - e_1$ . Даны  $R, r, m$  и  $e_1$ , следует определить  $d$ , угол  $\gamma, L$  и  $h_1$ .

$$d = \sqrt{m^2 + e_1(2R - 2r - e_1)}. \quad (25)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{m}{R - r}. \quad (26)$$

$$\operatorname{tg}(\beta + \gamma) = \frac{d}{R - r - e_1}. \quad (27)$$

$$L = 2 \sin \gamma + d \cos \gamma. \quad (28)$$

$$h_1 = r(1 - \cos \gamma) + d \sin \gamma. \quad (29)$$

Пример. Пусть  $R = 800$  м,  $r = 600$  м,  $m = 25$  м и  $e_1 = 10$  м, тогда имеем:

$$d = \sqrt{625 + 10(400 - 10)} = \sqrt{4525} = 67,27 \text{ м.}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{25}{200} = 0,125 \text{ и } \beta = 7^\circ 7' 30''.$$

$$\operatorname{tg}(\beta + \gamma) = \frac{67,27}{190} = 0,354053 \text{ и } \beta + \gamma = 19^\circ 29' 48''.$$

$$\gamma = 12^\circ 22' 18'', \quad \sin \gamma = 0,333752; \quad \cos \gamma = 0,942661;$$

$$h_1 = 600(1 - 0,942661) + 67,27 \cdot 0,333752 = 56,85 \text{ м.}$$

$$L = 600 \cdot 0,333752 + 67,27 \cdot 0,942661 = 263,67 \text{ м.}$$

4. По черт. 283 отодвижка отличается лишь тем, что от кривой радиуса  $R$  она производится кривой радиуса  $r < R$ ; затем, как и в предыдущем случае, имеется прямая вставка  $d$ .

Даны  $R, r$  и  $e_1$ , требуется найти  $d, L, h$  и угол  $\gamma$ :

$$d = \sqrt{e_1(2R - 2r - e_1)}.$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{d}{R - r - e_1}. \quad (31)$$

$$L = r \sin \gamma, \quad (32)$$

$$h = r(1 - \cos \gamma). \quad (33)$$

Пример. Пусть  $R = 800$  м,  $r = 600$  м и  $e_1 = 10$  м, тогда будем иметь:

$$d = \sqrt{10 \cdot 390} = \sqrt{3900} = 62,45 \text{ м.}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{62,45}{190} = 0,329684 \text{ и } \gamma = 18^\circ 11' 42''.$$

$$L = 600 \cdot 0,312253 = 187,35 \text{ м.}$$

# ГЛАВА VII

## СТРЕЛОЧНЫЕ УЛИЦЫ

### § 36. Стрелочные улицы

Ряд параллельных путей, представляющих собой парк путей, должен быть соединен одним общим путем, на который бы выходили все параллельные пути ради возможности производства маневров в парке.

Путь, на который выходят пути парка, называется *стрелочным путем* или *стрелочной улицей*. Стрелочная улица может быть наклонена к парку под тем или иным углом; в зависимости от угла наклона получаются разные комбинации как в расположении самих путей парка, так и в расположении переводов.

В нижеприведенных расчетах  $L_t$  означает длину перевода от острия пера до математического центра крестовины (теоретическая длина перевода):

$q$  — величину хвоста крестовины, находящегося вне  $L_t$ ;

$p$  — выступ рамного рельса за острие пера;

$L_p = L_t + p + q =$  длине перевода;

$\alpha$  — угол крестовины;

$\beta_1$  — угол наклона стрелочной улицы;

$e$  — расстояние между осями двух смежных путей;

$a$  — расстояние от острия до пересечения осей пути перевода;

$b$  — расстояние, считая по оси от пересечения осей путей от центра крестовины;

кроме того:

$$a_1 = a + p \quad \text{и} \quad b_1 = b + q.$$

Ниже рассмотрены следующие типы стрелочных улиц:

а) Стрелочные улицы с расположением всех стрелок на основном стрелочном пути. Этот тип имеет следующие преимущества:

1) при ручном обслуживании стрелок стрелочники стоят по одну сторону стрелочного пути (улицы), и им не надо перебегать через пути при обслуживании стрелок, и

2) при обслуживании стрелок из центрального поста агент, передвигающий переводные рычаги, лучше видит, какие стрелки уже пройдены отдельными вагонами и какие нет, нежели в том случае, когда стрелки не все выходят на основной стрелочный путь.

б) В целях увеличения угла наклона стрелочной улицы применяют типы, при которых стрелки выходят на основной путь не все, а через путь, т. е. на основной путь выходят 50% парковых путей; далее возможен выход на основной путь лишь одной трети всех парковых путей.

в) Вверные стрелочные улицы, здесь парковые пути выходят на стрелочную улицу, ось которой идет по ломаной линии и угол меняется после примыкания каждого пути.

г) Особо рассмотрены стрелочные улицы для парковых путей, расположенных на кривых.

### § 37. Стрелочная улица с углом наклона, равным углу крестовины

Для стрелочных улиц применяются стрелочные переводы марки не положе 1:9; могут применяться также переводы с крестовинами марки  $\frac{1}{8}$ .

На черт. 284 показан парк путей I—V; от оси первого пути идет стрелочный перевод под углом  $\alpha$ ; откладываем длину  $b_1$ . Наклоненный под углом  $\alpha$  путь,

от которого идут параллельные пути, называется *стрелочным путем* или *стрелочной улицей*. В точках  $O_2, O_3$  и т. д. будем иметь пересечение путей II, III и т. д. со стрелочным путем. Откладывая от этих точек влево  $a_1$  и вправо  $b_1$ , будем получать точки расположения стыков рамного рельса и концов крестовины.

Из  $\triangle O_2O_3C$  видно, если расстояние между осями путей обозначим через  $e$ , что:

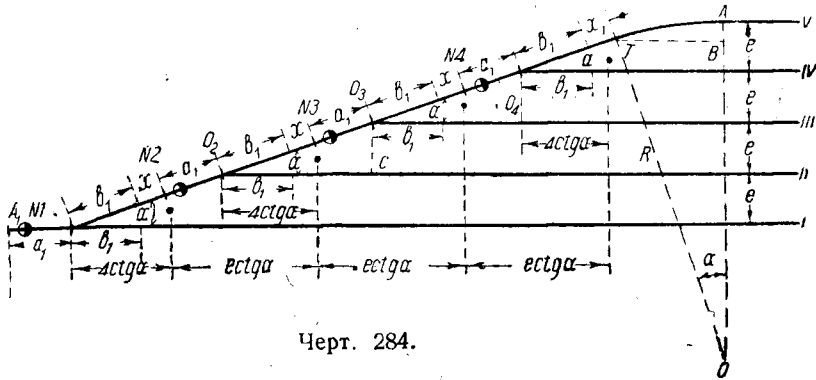
$$O_2O_3 = \frac{O_3C}{\sin \alpha} = \frac{e}{\sin \alpha}. \quad (1)$$

Между концом крестовины и началом рамного рельса будем иметь прямую вставку, длина коей  $x$  будет:

$$x = \frac{e}{\sin \alpha} - b_1 - a_1 = \frac{e}{\sin \alpha} - L_p. \quad (2)$$

Последний путь V выходит из стрелочного пути и сопряжен с ним кривой радиуса  $R$  и угла  $\alpha$ .

Между началом кривой (тангенс  $T$ ) и хвостом крестовины имеется вставка.



Черт. 284.

Проектируя линию на вертикаль, будем иметь:

$$e = b_1 \sin \alpha + x_1 \sin \alpha + AB, \quad (3)$$

$$AB = R(1 - \cos \alpha). \quad (4)$$

Вставляя в уравнение (3) и решая относительно  $x_1$ , получим:

$$x_1 = \frac{e - R(1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} - b_1. \quad (5)$$

Предельные столбики отстоят от пересечения осей на  $4 \operatorname{ctg} \alpha$ , а друг от друга на  $e \operatorname{ctg} \alpha$  (черт. 284).

Если полезная длина  $L$  путей IV и V равна расстоянию между предельными столбиками, расстояние между пересечениями путей IV и V в точке  $O_4$  и соответственной точкой  $O_4'$  в стрелочной улице, расположенной справа, равно:

$$L + 2 \cdot 4 \operatorname{ctg} \alpha = L + 8 \operatorname{ctg} \alpha.$$

Полезная длина пути III будет больше полезной длины пути IV на  $2 \operatorname{ctg} \alpha$ ; полезная длина пути I  $= L + 6e \operatorname{ctg} \alpha$ .

Таким образом будем иметь полезную длину пути I при  $n$  путях, равную:

$$L + 2(n - 2)e \operatorname{ctg} \alpha. \quad (6)$$

Длина парка  $L_n$ , считая от стрелки № 1 до соответственной стрелки № 1 справа при числе путей в парке  $n$  равна:

$$L_n = L + 2(n - 2)e \operatorname{ctg} \alpha + 8 \operatorname{ctg} \alpha + 2a_1. \quad (7)$$

Пример. Пусть будем иметь стрелочный перевод марки 1:9, для которого  $L_p = 30,7$ ;  $b_1 = 16,06$  м;  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ ;  $\sin \alpha = 0,11043$ ;  $\cos \alpha = 0,993884$ ; далее

$e \neq 5,3$  м и  $R$  принимаем в 220 м, что соответствует с округлением радиусу стрелочного перевода; тогда будем иметь:

$$\begin{aligned} \text{Длина } O_2O_3 &= e : \sin \alpha = 5,3 : 0,11043 = 47,99 \text{ м.} \\ x &= 47,99 - L_p = 47,99 - 30,7 = 17,29 \text{ м.} \end{aligned}$$

$$x_1 = \frac{e - R(1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} - b_1 = \frac{5,3 - 220(1 - 0,993884)}{0,11043} - 16,55 = 19,25 \text{ м.}$$

Пусть полезная длина двух крайних путей 9 и 10 равна 800 м;

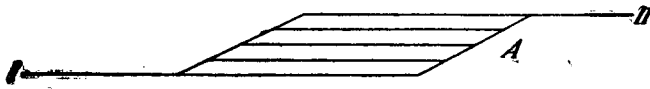
$$a_1 = 14,64 \text{ м, } e = 5,3,$$

тогда  $L_n$  будет:

$$L_n = 800 + 2(10 - 2)5,3 \cdot 9 + 8 \cdot 9 + 14,64 \cdot 2 = 1664,48 \text{ м.}$$

### § 38. Парковые пути в виде трапеции с одинаковой полезной длиной путей

Парк может быть сконструирован в виде параллелограмма (черт. 285); в этом случае полезная длина путей одинакова, но входной путь  $I$  и выходной путь  $II$  сдвинуты друг относительно друга на ширину парка, поэтому место  $A$  остается неиспользованным.



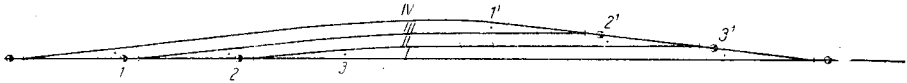
Черт. 285.

Если устраивать парки трапециoidalными, то длина каждой пары смежных путей будет различаться на двойное расстояние между стрелками, считая по горизонтальной проекции.

Для парка со стрелочной улицей по черт. 284 разница в длине смежных путей равна  $2e \operatorname{ctg} \alpha$ , а при  $n$  путях разница между первым и крайним путем будет:

$$2(n - 2)e \operatorname{ctg} \alpha. \quad (1)$$

Если концы парков устроить по черт. 286, то все пути парка будут иметь кривые угла  $\alpha$  с увеличивающимся радиусом; для второго пути величина радиуса равна  $R$ , для третьего —  $R + e$ , для четвертого —  $R + 2e$  и т. д.



Черт. 286.

Величина  $x_1$  прямой вставки для второго пути определится из равенства:

$$e = (b_1 + x) \sin \alpha + R(1 - \cos \alpha) \quad \text{и} \quad x_1 = \frac{e - R(1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} - b_1. \quad (2)$$

Длина пути от точки  $B_2$  до крестовины стрелки № 1 будет равна:

$$b_1 + x_1 + \frac{\alpha \pi R}{180}. \quad (3)$$

Прямая вставка  $x$  на основном пути определится из равенства:

$$(L_p + x) \sin \alpha = e. \quad (4)$$

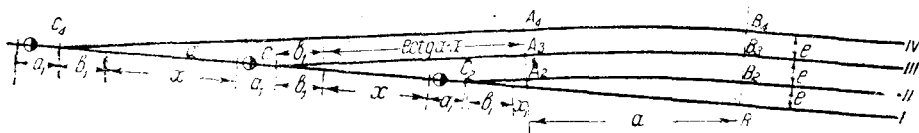
Из черт. 287 видно, что путь  $III$ , считая его от точки  $A_3$ , длиннее пути  $II$ , считая его от точки  $A_2$ , на длину  $A_3C_3 = e \operatorname{ctg} \alpha$ ; каждый следующий путь будет больше на ту же величину. Кроме того, пути будут увеличиваться вследствие удлинения дуг  $A_3B_3$ ,  $A_4B_4$ ; однако удлинение это ничтожно и может не приниматься в расчет, и тогда мы получим, что длина путей будет одинакова, т. к. с правой по чертежу стороны парка каждый путь будет короче на длину  $e \operatorname{ctg} \alpha$ .

Расстояние между стрелками № 1 и 2, № 2 и 3 и т. д. будет:

$$\frac{e}{\sin \alpha}. \quad (5)$$

Полезная длина парковых путей (черт. 286), равная расстоянию между предельными столбиками 1—1' и 2—2', получается для всех путей примерно одинаковая.

На черт. 286 показана разбивка по осям, причем правая сторона парка спроектирована при условии, что угол наклона стрелочной улицы равен углу

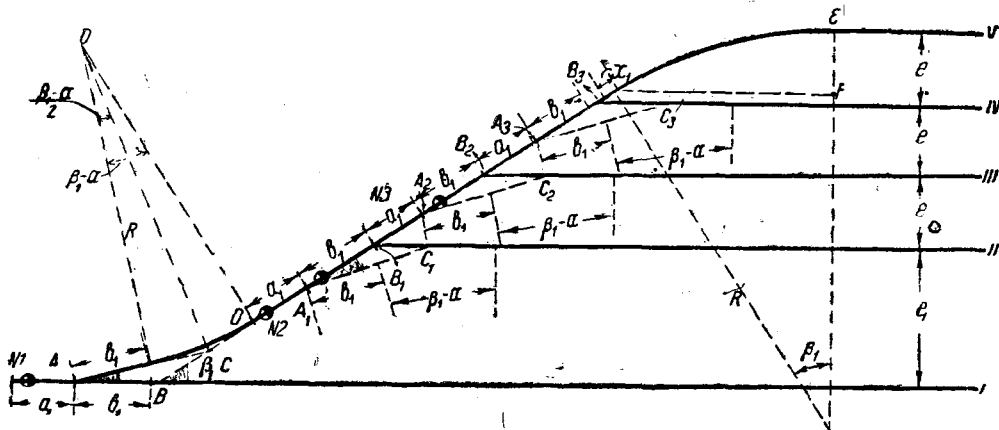


Черт. 287.

крестовины. Из черт. 287 видно, что для пути II прямая вставка равна  $x$ , а прямые вставки остальных путей увеличиваются на  $e \operatorname{ctg} \alpha$ .

### § 39. Стрелочная улица предельного угла наклона

На черт. 284 имеется между стрелочными переводами, расположенными на стрелочной улице, прямая вставка  $x$ . Если мы расположим стрелочную улицу под более крутым углом таким образом, что прямой вставки не будет и стре-



Черт. 288.

лочные переводы будут примыкать друг к другу, то угол наклона  $\beta_1$  такой стрелочной улицы определяется из следующего соотношения (черт. 288):

$$\sin \beta_1 = \frac{e}{L_p}, \quad (1)$$

причем  $\beta_1 > \alpha$ . Для того, чтобы стрелочная улица имела наклон  $\beta_1$ , после хвоста крестовины первой стрелки, ведущей на стрелочный путь, имеется кривая с центральным углом  $\beta_1 - \alpha$ . Касательная к этой кривой представляет положение  $b_1$ , так что:

$$AC = b_1 + R \operatorname{tg} \frac{\beta_1 - \alpha}{2}. \quad (2)$$

Вторая касательная совпадает с направлением стрелочной улицы; непосредственно после конца кривой уложен рамный рельс и  $DA_1 = a_1$ . В точке  $A_1$  стрелка ответвляет второй путь; от  $A_1$  откладываем  $b_1$ , по стрелочному пути и по пути II; чтобы выйти на направление, параллельное первому пути, надо устроить кривую радиуса  $R$  и угла  $\beta_1 - \alpha$ , причем будем иметь:

$$A_1C_1 = b_1 + R \operatorname{tg} \frac{\beta_1 - \alpha}{2}. \quad (3)$$

Таким образом линия  $ACDA_1C_1$  будет состоять из трех прямых:

1. Прямой  $AC$  под углом  $\alpha$  к пути I, причем длина определяется ур-нием (2).

2. Прямой  $CA_1$  под углом  $\beta_1$  к пути  $I$ , причем длина будет равна:

$$CA_1 = R \operatorname{tg} \frac{\beta_1 - \alpha}{2} + a_1. \quad (4)$$

3. Прямой  $A_1C_1$  равной  $AC$  и наклоненной под углом  $\beta_1 - \alpha$ .

Проектируя эти три прямые на вертикаль, получим расстояние  $e_1$  между путями  $I$  и  $II$ , причем  $e_1$  будет больше расстояния между остальными путями:

$$e_1 = \left[ b_1 + R \operatorname{tg} \frac{\beta_1 - \alpha}{2} \right] \left[ \sin \alpha + \sin (\beta_1 - \alpha) \right] + \left[ R \operatorname{tg} \frac{\beta_1 - \alpha}{2} + a_1 \right] \sin \beta_1. \quad (5)$$

Если продолжим (черт. 288) ось стрелочного пути до пересечения с путем  $I$ , то получим треугольник  $ACB$ , в котором сторона  $AC$  определяется ур-нием (2) и все углы известны, а именно:

$$\angle CAB = \alpha; \quad \angle ABC = 180^\circ - \beta_1; \quad \angle ACB = \beta_1 - \alpha.$$

На черт. 289 этот треугольник показан отдельно. Совершенно одинаковые треугольники  $A_1C_1B_1$ ,  $A_2C_2B_2$  и т. д. мы получим при примыкании путей  $II$ ,  $III$  и  $IV$  к стрелочному пути.

В этих треугольниках  $A_1C_1 = A_2C_2 = AC$ ; прямые  $A_1B_1$ ,  $A_2B_2$  и т. д. показывают, насколько пересечение стрелочного пути с осями путей  $II$ ,  $III$  и  $IV$  ниже точки пересечения прямых направлений путей  $II$ ,  $III$  и  $IV$ .

Чтобы выйти на прямые направления путей, имеются кривые радиуса  $R$  и угла  $\beta_1 - \alpha$ . Из черт. 288 и 289 имеем:

$$A_1B_1 = A_2B_2 = A_3B_3 = \frac{\sin (\beta_1 - \alpha)}{\sin \beta_1} AC. \quad (6)$$

Путь  $V$  сопряжен со стрелочным путем кривой радиуса  $R$  и угла  $\beta_1$ ; между концом хвоста крестовины и началом кривой имеется прямая вставка  $x_1$ , величина коей определяется, если мы спроектируем на вертикаль отрезок  $B_3E$ :

$$e = (b_1 - A_3B_3) \sin \beta_1 + x_1 \sin \beta_1 + EF. \quad (7)$$

Вставляя вместо  $A_3B_3$  ее величину и  $R(1 - \cos \beta_1)$  вместо  $EF$  и замечая, что:

$$R \operatorname{tg} \left( \frac{\beta_1 - \alpha}{2} \right) \sin (\beta_1 - \alpha) = R [1 - \cos (\beta_1 - \alpha)],$$

получим:

$$x_1 = \frac{e - b_1 [\sin \beta_1 - \sin (\beta_1 - \alpha)] - R [\cos (\beta_1 - \alpha) - \cos \beta_1]}{\sin \beta_1}. \quad (8)$$

Пример. Применим стрелочный перевод с указанными выше основными размерами; расстояние между осями путей:  $e = 5,3$  м и  $R = 220$  м.

Предельный угол наклона  $\beta_1$  стрелочный улицы:

$$\sin \beta_1 = \frac{5,3}{30,7} = 0,172638 \quad \text{и} \quad \beta_1 = 9^\circ 56' 30''; \quad \alpha = 6^\circ 20' 25'';$$

$$\beta_1 - \alpha = 3^\circ 36' 5'';$$

далее будем иметь:

$$R \operatorname{tg} \frac{\beta_1 - \alpha}{2} = 220 \operatorname{tg} 1^\circ 48' 2,5'' = 220 \cdot 0,03144 = 6,91 \text{ м.}$$

$$\sin \alpha = 0,11043; \quad \sin \beta_1 = 0,17264; \quad \sin (\beta_1 - \alpha) = 0,06282;$$

$$\cos \beta_1 = 0,984984; \quad \cos (\beta_1 - \alpha) = 0,998025;$$

$$AC = b_1 + 6,91 = 16,06 + 6,91 = 22,97 \text{ м.}$$

$$CA_1 = a_1 + R \operatorname{tg} \frac{\beta_1 - \alpha}{2} = 14,54 + 6,91 = 21,55 \text{ м.}$$

Расстояние между путями I—II:

$$e_1 = \left[ b_1 + R \operatorname{tg} \frac{\beta_1 - \alpha}{2} \right] \left[ \sin \alpha + \sin (\beta_1 - \alpha) \right] + \left[ a_1 + R \operatorname{tg} \frac{\beta_1 - \alpha}{2} \right] \sin \beta_1$$

$$e_1 = 22,97 (0,11043 + 0,06482) + 21,55 \cdot 0,17264 = 7,70 \text{ м}$$

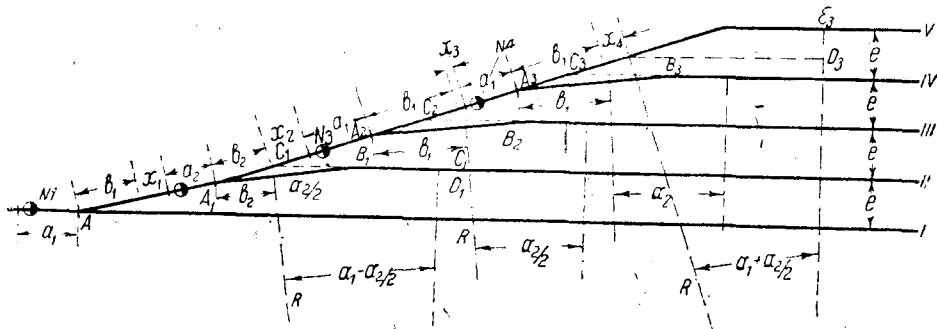
$$x_1 = \frac{5,3 - 16,06 (0,17264 - 0,06282) - 220 (0,998025 - 0,98498)}{0,17264} = 3,87 \text{ м.}$$

Так как расстояние между путями I и II получилось много более 5,3 м, то можно его сделать равным  $2e = 10,6$  м и вставить между путями I и II еще один путь. Для увеличения расстояния между путями I и II на  $10,6 - 7,70 = 2,90$  между концом D кривой и рамным рельсом стрелки № 2 надо будет вставить прямую  $x_a$  длиной

$$x_a = \frac{2,90}{\sin \beta_1} = \frac{2,90}{0,17264} = 16,73 \text{ м.}$$

#### § 40. Увеличение угла наклона стрелочной улицы посредством укладки симметричной стрелки

Применяя все стрелки, кроме стрелки № 2, марки  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$ , т. е. угла  $6^\circ 20' 25''$ , можем увеличить наклон стрелочной улицы укладкой симметричной



Черт. 290.

быть стрелки № 2. Марка крестовины этой стрелки может быть  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9, 1/8$  и  $1/7$  и  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$  или  $7^\circ 7' 30''$  или  $8^\circ 7' 50''$ .

Таким образом, угол наклона стрелочной улицы (черт. 290) будет равен:

$$\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2};$$

$$6^\circ 20' 25'' + 3^\circ 10' 12,5'' = 9^\circ 30' 37,5'' = \alpha$$

$$6^\circ 20' 25'' + 3^\circ 34' 45'' = 9^\circ 54' 10'' = \alpha$$

$$6^\circ 20' 25'' + 4^\circ 3' 55'' = 10^\circ 24' 20'' = \alpha.$$

Для стрелочной улицы предельного угла наклона должно иметь место:

$$\sin \alpha = \frac{e}{L_p}. \quad (1)$$

Если принять  $L_p$  равным (согласно таблице 11) 28, 34 м, то получим наименьшее значение  $e$ , для которого применимы три марки симметричных стрелочных переводов:

$$e = 28,34 \cdot \sin 9^\circ 30' 37'' = 28,34 \cdot 0,165228 = 4,68 \text{ м.}$$

$$e = 28,34 \cdot \sin 9^\circ 54' 10'' = 28,34 \cdot 0,172072 = 4,88 \text{ м.}$$

$$e = 28,34 \cdot \sin 10^\circ 24' 20'' = 28,34 \cdot 0,180614 = 5,12 \text{ м.}$$

Для  $L_p = 30,7$  м получим значение  $e$  соответственно в 5,07 м, 5,28 м и 5,52 м.

Действительные расстояния между путями  $e_p$  при применении заданных длин  $L_p$  и марок крестовин не могут быть менее приведенных выше расстояний  $e$ , если же они более, то между концом крестовины  $q$  и началом рамного рельса  $p$  на стрелочной улице будем иметь прямую вставку  $x_2$  длиной:

$$x_2 = \frac{e_p - e}{\sin \alpha} \quad (2)$$

Обозначим через (черт. 290):

- $a_1, b_1, p_1$  и  $q_1$  — основные элементы стрелочного перевода марки  $1/3$ ;
- $a_2, b_2, p_2$  и  $q_2$  — то же симметричного перевода;
- $x_1$  — прямую вставку на стрелочном пути между стрелочным переводом № 1 и 2;
- $x_3$  — то же между стрелочными переводами № 3 и 4, 4 и 5 и т. д.;
- $R$  — радиус кривых;
- $x_2$  — прямую вставку на стрелочном пути между стрелочным переводом (симметричный) и № 3 (обыкновенный);
- $x_4$  — прямую вставку при выходе на последний путь.

Как видно из черт. 290, на основном пути  $I-I$  расположена стрелка № 1 с углом  $\alpha_1$ ; откладываем по стрелочному пути  $b_1$ , за ним будем иметь прямую вставку  $x_1$ , длина коей подлежит определению. Далее укладывается симметричная стрелка угла  $\alpha_2$  и откладываем  $a_2$  и длины  $b_2$  по направлению пути  $II$  и стрелочной улицы. После  $b_2$  будет расположена на пути  $II$  кривая радиуса  $R$  и угла  $\alpha_1 - \frac{\alpha_2}{2}$ ;

Угол наклона стрелочного пути равен  $\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2}$  и после  $b_2$  идет прямая вставка  $x_2$ , длина коей подлежит определению. За прямой вставкой расположена стрелка № 3 с углом крестовины  $\alpha_1$  и откладываем  $a_1$  и далее  $b_1$  по направлению пути  $III$  и стрелочного пути. После  $b_1$  на пути  $III$  будем иметь кривую радиуса  $R$  и угла  $\alpha_2$ ;

На стрелочном пути будем иметь вставку  $x_3$ , длина коей подлежит определению; далее откладываем  $a_1$  и по пути  $IV$  и стрелочному пути  $b_1$ .

Прямая вставка  $x_3$  будет повторяться во всех последующих промежутках между стрелками с крестовинами угла  $\alpha_1$ .

Выход на последний путь будет иметь прямую вставку  $x_4$  и кривую радиуса  $R$  и угла  $\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2}$ . Стрелочная улица под углом  $\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2}$ ; расстояние между осями путей  $e$  задано. Длина  $C_2C_3 = A_2A_3$ .

Из черт. 290 видно, что:

$$C_2C_3 = \frac{e}{\sin\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2}\right)} \text{ и } x_3 = C_2C_3 - L_p = \frac{e}{\sin\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2}\right)} - L_p \quad (3)$$

Из черт. 290 видно, что  $\triangle A_2B_2C_2 = \triangle A_3B_3C_3$ ; на черт. 292  $\triangle A_2B_2C_2$  изображен в более крупном масштабе. Из  $\triangle A_2B_2C_2$  имеем:

$$A_2B_2 = b_1 + R \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{4} \quad (4)$$

Далее величины углов будут:

$$\angle C_2A_2B_2 = \alpha_1; \angle A_2B_2C_2 = \frac{\alpha_2}{2} \text{ и } \angle A_2C_2B_2 = 180^\circ - \left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2}\right) \quad (5)$$

Точки  $C_2$  и  $C_3$  представляют собой пересечения продолжения путей  $III$  и  $IV$  со стрелочным путем; пересечения ответвляющихся путей со стрелочным путем находятся в точках  $A_2$  и  $A_3$ ; из черт. 292 имеем:

$$A_2C_2 = \left(b_1 + R \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{4}\right) \frac{\sin \frac{\alpha_2}{2}}{\sin\left(\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2}\right)} \quad (6)$$



Определим длину вставки  $x_1$ , для чего проектируем ломаную линию  $AA_1B_1D_1$  на вертикаль и получим:

$$e = (b_1 + x_1 + a_2) \sin \alpha_1 + b_2 \sin \left( \alpha_1 - \frac{\alpha_2}{2} \right) + R \left[ 1 - \cos \left( \alpha_1 - \frac{\alpha_2}{2} \right) \right]. \quad (7)$$

Откуда получим  $x_1$ :

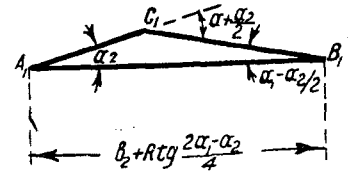
$$x_1 = \frac{e - b_2 \sin \left( \alpha_1 - \frac{\alpha_2}{2} \right) - R \left[ 1 - \cos \left( \alpha_1 - \frac{\alpha_2}{2} \right) \right]}{\sin \alpha_1} - b_1 - a_2. \quad (8)$$

Для определения  $x_2$  надо линию  $C_1A_2B_2$  спроектировать на вертикаль, и тогда получим:

$$e = (b_2 - A_1C_1) \sin \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) + (a_1 + x_2) \sin \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) + b_1 \sin \frac{\alpha_2}{2} + R \left( 1 - \cos \frac{\alpha_2}{2} \right). \quad (9)$$

Член  $b_2 - A_1C_1$  надо брать с тем знаком, какой получится; если  $b_2 > A_1C_1$ , знак  $+$ , если  $A_1C_1 > b_2$ , знак  $-$ ; из уравнения (9) получим:

$$x_2 = \frac{e - b_1 \sin \frac{\alpha_2}{2} - R \left( 1 - \cos \frac{\alpha_2}{2} \right)}{\sin \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right)} - (b_2 - A_1C_1) - a_1. \quad (10)$$



Черт. 291.

Из черт. 291 имеем:

$$A_1C_1 = A_1B_1 \frac{\sin \left( \alpha_1 - \frac{\alpha_2}{2} \right)}{\sin \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right)} = \left[ b_2 + R \operatorname{tg} \frac{2\alpha_1 - \alpha_2}{4} \right] \frac{\sin \left( \alpha_1 - \frac{\alpha_2}{2} \right)}{\sin \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right)}. \quad (11)$$

Наконец  $x_4$  получится, проектируя  $A_3C_3E_3$  на вертикаль:

$$e = (b_1 - A_3C_3) \sin \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) + x_4 \sin \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) + R \left[ 1 - \cos \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) \right]. \quad (12)$$

$$x_4 = \frac{e - R \left[ 1 - \cos \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) \right]}{\sin \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right)} - (b_1 - A_3C_3). \quad (13)$$

Пример. Пусть  $e = 5,50$  м;  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$ ;  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ ;  $a_1 = 12,2$  м;  $b_1 = 16,14$  м;  $\operatorname{tg} \alpha_2 = 1/7$ ;  $\alpha_2 = 8^\circ 7' 50''$ ;  $a_2 = 10$  м и  $b_2 = 12$  м;  $R = 220$  м;  $\alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} = 10^\circ 24' 20''$ ;  $L_p = a_1 + b_1 = 23,34$  м для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$ .

Для определения  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  и  $x_4$  нужны следующие тригонометрические величины:

$$\sin \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) = \sin 10^\circ 24' 20'' = 0,180614;$$

$$\cos \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} \right) = \cos 10^\circ 24' 20'' = 0,983554;$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{4} = \operatorname{tg} 2^\circ 1' 57,5'' = 0,03548;$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} = \operatorname{tg} 4^\circ 3' 55'' = 0,071072;$$

$$\sin \frac{\alpha_2}{2} = \sin 4^\circ 3' 55'' = 0,070893;$$

$$\cos \frac{\alpha_2}{2} = \cos 4^\circ 3' 55'' = 0,997480;$$

$$\sin \alpha_1 = \sin 6^\circ 20' 25'' = 0,11043;$$

$$\sin \left( \alpha_1 - \frac{\alpha_2}{2} \right) = \sin 2^\circ 16' 30'' = 0,03970;$$

$$\cos \left( \alpha_1 - \frac{\alpha_2}{2} \right) = \cos 2^\circ 16' 30'' = 0,999212;$$

$$\operatorname{tg} \left( \frac{2\alpha_1 - \alpha_2}{4} \right) = \operatorname{tg} 1^\circ 8' 15'' = 0,019856;$$

По ур-нию (3) определим  $x_3$ :

$$x_3 = \frac{5,5}{0,180614} - 28,34 = 30,45 - 28,34 = 2,11 \text{ м.}$$

По ур-нию (6) будем иметь:

$$A_2C_2 = (16,14 + 220 \cdot 0,03548) \frac{0,070893}{0,180614} = 9,40 \text{ м.}$$

Далее, по ур-нию (8):

$$x_1 = \frac{5,5 - 12 \cdot 0,0397 - 220 \cdot 0,000788}{0,11043} - 16,14 - 10 = 17,78 \text{ м.}$$

По ур-нию (10) будем иметь:

$$x_2 = \frac{5,50 - 16,14 \cdot 0,070893 - 220 \cdot 0,00252}{0,180614} = (12,00 - 3,60) - 12,2 = 0,44 \text{ м.}$$

По ур-нию (11) получим длину  $A_1C_1$ :

$$A_1C_1 = (12 + 220 \cdot 0,019856) \frac{0,03970}{0,180614} = 3,60 \text{ м.}$$

Если бы  $x_2$  получилось отрицательным, то надо увеличить радиус  $R$  кривой угла  $\alpha_1 - \frac{\alpha_2}{2}$ , ведущей на второй путь, благодаря чему (см. значение  $x_1$ ) числитель дроби уменьшится, и  $x_1$  уменьшится, а  $x_2$  увеличится.

Остается определить  $x_4$  по ур-нию (13):

$$x_4 = \frac{5,5 - 220 \cdot 0,016446}{0,180614} - (16,14 - 9,40) = 11,13 - 6,74 = 4,39 \text{ м.}$$

#### 41. Стрелочная улица предельного угла наклона с применением несимметричного стрелочного перевода

Несимметрично разветвляющийся по двум направлениям стрелочный перевод дает возможность, применяя предельный угол наклона стрелочной улицы, обойтись без кривой между стрелками № 1 и № 2 и без увеличения расстояния  $e_1$  между первым и вторым путем.

При расстоянии между путями в 4,9, 5,0, 5,2 и 5,5 м и длине  $L_p$  для крестовины марки  $\frac{1}{9}$ , равной  $L_p = 27,5$  м, получим предельные углы наклона:

$$\beta_1 = \arcsin \frac{4,9}{27,5} \text{ и } \beta_1 = 10^\circ 15' 50'', \quad (1)$$

$$\beta_2 = \arcsin \frac{5,0}{27,5} \text{ и } \beta_2 = 10^\circ 28' 32''. \quad (2)$$

$$\beta_3 = \arcsin \frac{5,3}{27,5} \text{ и } \beta_3 = 11^\circ 6' 43'', \quad (3)$$

$$\beta_4 = \arcsin \frac{5,5}{27,5} \text{ и } \beta_4 = 11^\circ 32' 13''. \quad (4)$$

Имея в виду, что угол крестовин  $\text{tg } \alpha = \frac{1}{9}$  равен  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ , получим величину<sup>1</sup> недостающего наклона:

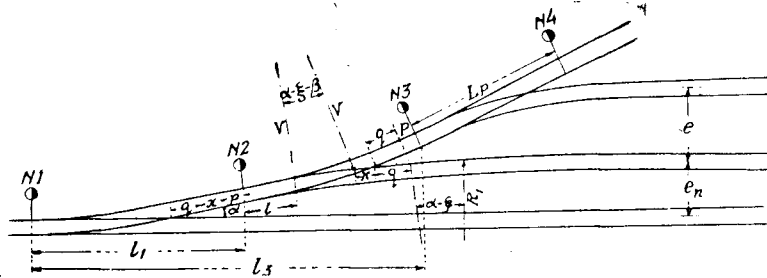
$$\beta_1 - \alpha = \alpha - \xi_1 = 3^\circ 55' 25'' \text{ и } \xi_1 = 2^\circ 25' 0'', \quad (5)$$

$$\beta_2 - \alpha = \alpha - \xi_2 = 4^\circ 8' 7'' \text{ и } \xi_2 = 2^\circ 12' 18'', \quad (6)$$

$$\beta_3 - \alpha = \alpha - \xi_3 = 4^\circ 46' 18'' \text{ и } \xi_3 = 1^\circ 34' 7'', \quad (7)$$

$$\beta_4 - \alpha = \alpha - \xi_4 = 5^\circ 11' 48'' \text{ и } \xi_4 = 1^\circ 8' 37''. \quad (8)$$

Для того чтобы стрелочная улица имела наклон<sup>2</sup>  $\beta_n$ , надо, чтобы угол  $\alpha - \xi_n$  был направлен вверх, а угол  $\xi_n$  — вниз, т. к.  $\beta_1 = 2\alpha - \xi_n = \alpha + (\alpha - \xi_n)$ .



Черт. 293.

Прямая вставка  $x$  между стрелками № 1 и № 2 при заданном междупутье  $e_n$  определится из уравнения<sup>3</sup> (черт. 293):

$$e_n = (q + x + p) \sin \alpha + \left[ l + \left( r + \frac{s}{2} \right) \text{tg} \left( \frac{\alpha - \xi - \beta}{2} \right) \right] \sin (\alpha + \beta) + \\ + \left[ \left( r + \frac{s}{2} \right) \text{tg} \frac{\alpha - \xi - \beta}{2} + k \right] \sin (2\alpha - \xi) + \left( q + R' \text{tg} \frac{\alpha - \xi}{2} \right) \sin (\alpha - \xi), \quad (9)$$

где:

$e_n$  — задано,

$q$  и  $p$  — могут быть приняты равными 1,6 м и 0,9 м,

$l$  — длина остряка.

Величина  $e$  для прочих междупутий равна  $e_n$ .

Радиусы  $r$ ,  $R$  — определены при расчете соответствующего перевода.

Радиус  $R$  надо брать равным не менее радиуса, имеющегося в кривых стрелочных переводах.

Между стрелками № 2 и 3, № 3 и 4 и т. д. прямых вставок нет.

Расстояние между стрелками от № 1 до № 2 равно:

по горизонтальной проекции  $l_1 = L_t + (p + x + q) \cos \alpha$ .

Расстояние между стрелками № 1 и № 3:

$$l_3 = L_t + (p + x + q) \cos \alpha + \left[ l + \left( r + \frac{s}{2} \right) \text{tg} \frac{\alpha - \xi - \beta}{2} \right] \cos (\alpha + \beta) + \\ + \left[ \left( r + \frac{s}{2} \right) \text{tg} \frac{\alpha - \xi - \beta}{2} + k \right] \cos (2\alpha - \xi) + (p + q) \cos (2\alpha - \xi). \quad (10)$$

Приведем формулы для разбивки по осям (черт. 294). Стрелка № 1 с углом крестовины  $\alpha$ ; далее идет прямая вставка  $x$ , после которой идет выступ рамного рельса  $p$ ; стрелка № 2 несимметричная, и от нее ответвляется вниз путь II с углом  $\xi$ , а вверх стрелка № 2 выходит на стрелочный путь кривой угла  $\alpha - \xi - \beta$ . Расстояние от стрелки до пересечения с путем II равно  $a_2'$  и до пересечения со стрелочным путем равно  $a_1'$ ; далее до хвоста крестовины имеем расстояние  $b_2' + q$  и  $b_1' + q$ . После  $b_1' + q$  имеем прямую вставку  $x_1$ . Стрелка № 3 выводит на третий путь, и после  $b_1$  имеется кривая радиуса  $R$  и угла  $\alpha - \xi$ .

<sup>1</sup> Взят стрелочный перевод марки  $1/6$ ; если будет взят перевод марки  $1/8$ , то получатся другие данные.

<sup>2</sup> См. расчет несимметричного стрелочного перевода.

<sup>3</sup> В нижеприведенных уравнениях угол  $\beta$  — стрелочный угол.

Все следующие стрелочные переводы № 4, 5 и т. д. выходят на пути IV, V и т. д., и между  $b_1$  и  $a_1$  прямых вставок нет. При выходе стрелочной улицы на последний путь имеем кривую радиуса  $R$  и угла  $\beta_1$  и между кривой и  $b_1$  прямую вставку  $x_2$ .

В  $\triangle A_1B_1C_1$  имеем сторону  $A_1B_1$  равной:

$$A_1B_1 = b_2' + q + R \operatorname{tg} \frac{\alpha - \xi}{2}. \quad (11)$$

Далее в  $\triangle A_1B_1C_1$  все углы будут известны, а именно:

$$\begin{aligned} \angle B_1A_1C_1 = \alpha; \quad \angle C_1B_1A_1 = \alpha - \xi; \quad \angle A_1C_1B_1 = 180^\circ - (2\alpha - \xi), \\ A_1C_1 = \frac{A_1B_1 \sin(\alpha - \xi)}{\sin(2\alpha - \xi)}. \end{aligned} \quad (12)$$

Вертикальная проекция кривой угла  $\alpha - \xi$  и радиуса  $R$  будет:

$$\varepsilon_1 D_1 = R [1 - \cos(\alpha - \xi)]. \quad (13)$$

В  $\triangle A_2B_2C_2$  имеем сторону  $A_2B_2$  равной:

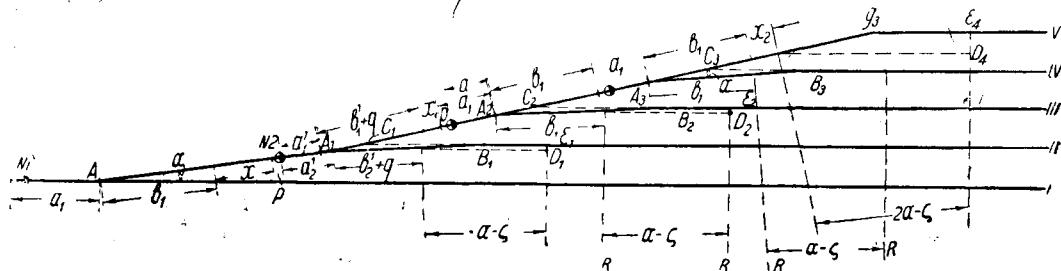
$$A_2B_2 = b_1 + R \operatorname{tg} \frac{\alpha - \xi}{2}. \quad (14)$$

Далее в  $\triangle A_2B_2C_2$  углы будут иметь следующие значения:

$$\angle B_2A_2C_2 = \alpha; \quad \angle C_2B_2A_2 = \alpha - \xi; \quad \angle A_2C_2B_2 = 180^\circ - (2\alpha - \xi), \quad (15)$$

$$A_2C_2 = \frac{A_2B_2 \sin(\alpha - \xi)}{\sin(2\alpha - \xi)}. \quad (16)$$

Надо иметь в виду, что элементы несимметричного стрелочного перевода  $a_1'$ ,  $a_2'$ ,  $b_1'$  и  $b_2'$  известны; равным образом известны углы  $\alpha - \xi$ ,  $\alpha$  и  $\xi$ .



Черт. 294.

Для определения длины прямой вставки  $x$  проектируем линию  $AA_1B_1$  на вертикаль:

$$e = (b_1 + x + p + a_2') \sin \alpha + (b_2' + q) \sin(\alpha - \xi) + R [1 - \cos(\alpha - \xi)], \quad (17)$$

$$x = \frac{e - (b_2' + q) \sin(\alpha - \xi) - R [1 - \cos(\alpha - \xi)]}{\sin \alpha} - [b_1 + p + a_2']. \quad (18)$$

Для определения длины вставки  $x_1$  проектируем на вертикаль ломаную линию  $C_1A_2B_2$ :

$$e = (b_1' + q - A_1C_1) \sin(2\alpha - \xi) + (x_1 + p + a) \sin(2\alpha - \xi) + b_1 \sin(\alpha - \xi) + R [1 - \cos(\alpha - \xi)], \quad (19)$$

$$x_1 = \frac{e - b_1 \sin(\alpha - \xi) - R [1 - \cos(\alpha - \xi)]}{\sin(2\alpha - \xi)} - (b_1' + q - A_1C_1 + p + a). \quad (20)$$

Наконец, проектируя на вертикаль ломаную  $A_3GE_4$  и имея в виду, что  $A_3C_3 = A_2C_2$ , получим  $x_2$ :

$$e = (b_1 - A_3C_3) \sin(2\alpha - \xi) + x_2 \sin(2\alpha - \xi) + R [1 - \cos(2\alpha - \xi)], \quad (21)$$

$$x_2 = \frac{e - R [1 - \cos(2\alpha - \xi)]}{\sin(2\alpha - \xi)} - (b_1 - A_2C_2). \quad (22)$$

Угол  $\beta_1 = 2\alpha - \xi$  и его величина определится из условия предельного значения угла  $\beta_1$ , определяемого из соотношения:

$$\sin(2\alpha - \xi) = \frac{e}{L_p} = \frac{e}{a_1 + b_1}. \quad (23)$$

Пример. Пусть  $e = 5,0$  м;  $a_1 = 12$  м;  $b_1 = 15,5$  м и  $L_p = 27,5$  м;  $\operatorname{tg} \alpha = 1/2$  и  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ ;  $\sin \beta_1 = \sin(2\alpha - \xi) = \frac{e}{L_p} = \frac{5,0}{27,5} = 0,181818$  и  $\beta_1 = 2\alpha - \xi = 10^\circ 28' 32''$ ,  $\xi = 2\alpha - \beta_1 = 12^\circ 40' 50'' - 10^\circ 28' 32'' = 2^\circ 12' 18''$  и  $\alpha - \xi = 4^\circ 8' 7''$ .

Согласно § 14, примем цифры графы второй таблицы 19, в которой  $P_1 = 1,056$  м;  $P_2 = 0,468$  м;  $L = 20,96$  м; надо определить  $a_1'$ ,  $a_2'$ ,  $b_1'$  и  $b_2'$  по уравнениям (8)—(13) (§ 14).

Для определения этих величин нужны следующие тригонометрические величины:

$$\begin{aligned} \sin(\alpha - \xi) &= \sin 4^\circ 8' 7'' = 0,072112 \\ \cos(\alpha - \xi) &= \cos 4^\circ 8' 7'' = 0,997397 \\ \operatorname{tg}(\alpha - \xi) &= \operatorname{tg} 4^\circ 8' 7'' = 0,072300 \\ \sin \xi &= \sin 2^\circ 12' 18'' = 0,038475 \\ \cos \xi &= \cos 2^\circ 12' 18'' = 0,999260 \\ \operatorname{tg} \xi &= \operatorname{tg} 2^\circ 12' 18'' = 0,038503. \end{aligned}$$

Из черт. 198 имеем:

$$\begin{aligned} M_1 N &= \frac{2P_1 - s}{2 \operatorname{tg}(\alpha - \xi)} + \frac{s}{2 \sin(\alpha - \xi)} = \frac{1056 \cdot 2 - 1524}{2 \cdot 0,0723} + \frac{1524}{0,072112 \cdot 2} = \\ &= 4,066 + 10,567 = 14,633 \text{ м}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 N &= \frac{s}{2 \sin \xi} - \frac{2P_1 - s}{2 \operatorname{tg} \xi} = \frac{1524}{2 \cdot 0,038475} - \frac{1056 \cdot 2 - 1524}{2 \cdot 0,038503} = \\ &= 19 \cdot 805 - 7,636 = 12,169 \text{ м}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2' &= \frac{1}{2 \operatorname{tg} \xi} [s - (P_1 - P_2) \cos \xi] = \\ &= \frac{1}{2 \cdot 0,038503} [1524 - (1056 - 468) \cdot 0,99926] = 12,162 \text{ м}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1' &= \frac{1}{2 \operatorname{tg}(\alpha - \xi)} [(P_1 - P_2) \cos(\alpha - \xi) + s] = \\ &= \frac{588 \cdot 0,997397 + 1524}{2 \cdot 0,0723} = 14,595 \text{ м}. \end{aligned}$$

$$a_2' = 20,96 - M_2 N = 20,96 - 12,169 = 8,791 \text{ м},$$

$$a_1 = 20,96 - M_1 N = 20,96 - 14,633 = 6,327 \text{ м}.$$

Пусть для несимметричного перевода  $p = 0,8$  мм,  $q = 2$  м, определим следующие величины:

$$\begin{aligned} A_1 B_1 &= b_2' + q + R \operatorname{tg} \frac{\alpha - \xi}{2} = 12,162 + 2 + 200 \operatorname{tg} 2^\circ 4' 3'' = 12,16 + \\ &+ 2 + 200 \cdot 0,0361 = 21,38 \text{ м}. \end{aligned}$$

$$A_1 C_1 = \frac{21,38 \cdot 0,072112}{0,181818} = 8,48 \text{ м}.$$

$$s_1 D_1 = 200(1 - 0,997397) = 0,521 \text{ м}.$$

$$A_2 B_2 = b_1 + R \operatorname{tg} \frac{\alpha - \xi}{2} = 15,5 + 200 \cdot 0,0361 = 22,72 \text{ м}.$$

$$A_2 C_2 = \frac{22,72 \cdot 0,072112}{0,181818} = 9,01 \text{ м}.$$

По ур-нию (18) получим:

$$x = \frac{5,5 - 14,162 \cdot 0,072112 - 0,521}{0,11043} - (15,5 + 0,8 + 8,79) = 10,75 \text{ м.}$$

По ур-нию (20) имеем:

$$x_1 = \frac{5,5 - 15,5 \cdot 0,072112 - 200 \cdot 0,002603}{0,181818} - (14,595 + 2 - 8,48 + 12) = 1,13 \text{ м.}$$

По ур-нию (22) имеем:

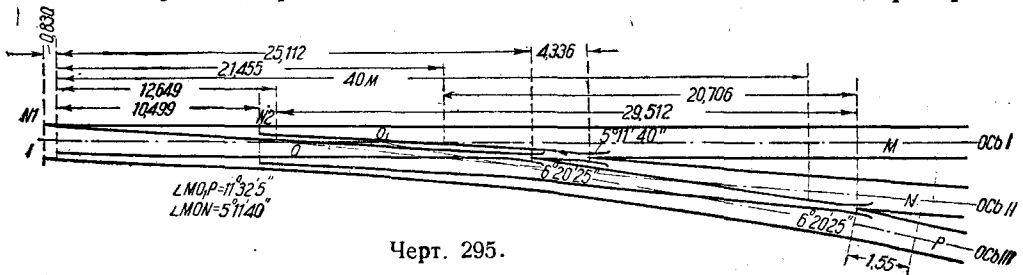
$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{5,5 - 200(1 - \cos 10^\circ 28' 32'')}{0,181818} - (15,5 - 9,01) = \\ &= \frac{5,5 - 200 \cdot 0,016667}{0,181818} - 6,49 = 5,43 \text{ м.} \end{aligned}$$

## § 42. Стрелочная улица с расположением стрелок на расстоянии, меньшем длины стрелочного перевода

Во всех рассматриваемых случаях стрелки путей, ответвляющихся от основного стрелочного пути, расположены на этом последнем; такое расположение стрелок удобно в том отношении, что стрелочники находятся вне парка и им удобно переводит стрелки; кроме того для лица, распоряжающегося с горки сортировкой, расположение стрелок в одну линию удобно и представляется возможность видеть, прошел ли данный вагон стрелку или нет.

Если желательно сконцентрировать стрелки еще ближе к подошве горки, чем то возможно при применении стрелочной улицы предельного угла наклона, но вместе с тем желательно сохранить преимущества, предоставляемые при расположении всех стрелок на одном пути, то переходят к типу стрелочной улицы, в которой вторая стрелка расположена в пределах перевода предшествующей стрелки.

Для этого типа стрелочной улицы принимаем односторонний двойной стрелочный перевод, приведенный на листе 49 альбома схем и эпюр стрелочных



Черт. 295.

переводов Главжелдорстроя. В этом переводе применены крестовины марки  $\frac{1}{9}$  и  $\frac{1}{11}$ . На черт. 295 приведена в малом масштабе эпюра этого перевода: от основного пути I—I ответвляется стрелочный перевод № 1 с крестовиной  $\text{tg } \alpha = 1 : 11$  на путь II; на расстоянии 10,499 м от пути II ответвляется стрелочный перевод № 2 с крестовиной  $\text{tg } \alpha = 1 : 9$ ; путь II идет по прямой, путь III после крестовины угла  $6^\circ 20' 95''$  имеет кривую угла  $5^\circ 11' 40''$ , вследствие чего в пересечении путей II и III получаем крестовину угла  $6^\circ 20' 25''$ .

Продолжение оси пути II пересекает ось пути I в точке O, находящейся на расстоянии 12,649 м от острья острьяков перевода № 1, причем  $\angle MON = 5^\circ 11' 40''$ , а продолжение оси пути III пересекает ось пути I в точке O<sub>1</sub>, находящейся от начала острьяков стрелочного перевода № 1 на расстоянии 21,455 м и  $\angle MO_1P = 11^\circ 32' 5''$ . Расстояние  $OO_1 = 8,806$  м. Центр крестовины в пересечении путей II и III находится на расстоянии 20,706 м от точки O<sub>1</sub> и на расстоянии 29,512 м от точки O; длина наружного хвоста крестовины 1,55 м. Опуская из центра крестовины перпендикуляр на ось пути I, получим в точке M пересечение этого перпендикуляра с осью пути I и в точках N и P с осями путей II и III. Общая длина, занимаемая двойным стрелочным переводом, равна 40 м.

Из  $\triangle MO_1P$  имеем:

$$\angle MO_1P = 5^\circ 11' 40'' + 6^\circ 20' 25'' = 11^\circ 32' 5'',$$

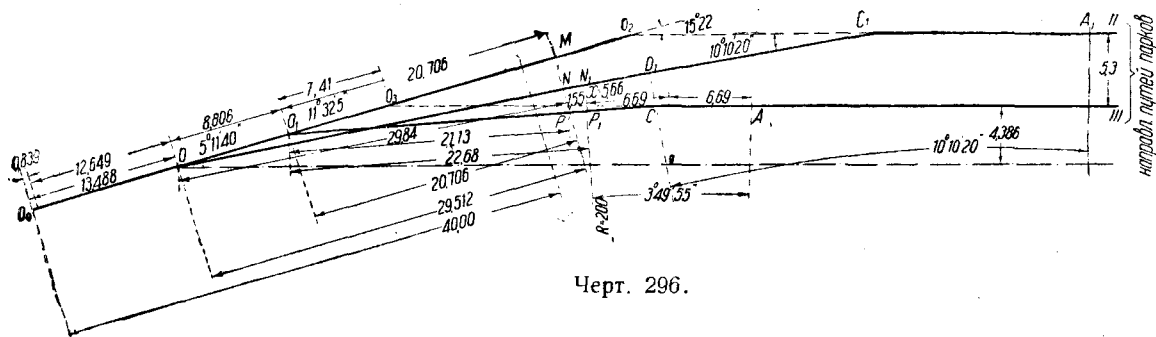
$$MO_1 = 20,706 \text{ м и } O_1P = 20,706 : \cos 11^\circ 32' 5'' = 21,13 \text{ м}$$

и, прибавляя длину хвоста крестовины 1,55 м, получим 22,68 м. На черт. 296 приведена разбивка по осям, нанесена длина 22,68 м.

Из  $\triangle MON$  имеем:

$$\angle MON = 5^\circ 11' 40''; MO = 29,512 \text{ м и } MN = 29,512 : \cos 5^\circ 11' 40'' = 29,84 \text{ м}$$

и, прибавляя длину хвоста крестовины, получим 31,39 м. При расстоянии между



Черт. 296.

осями путей 5,3 м и длине двойного стрелочного перевода в 40 м получим угол наклона стрелочной улицы  $\beta_1$ :

$$\sin \beta_1 = \frac{5,3 \cdot 2}{40} = \frac{10,6}{40} = 0,265 \text{ и } \beta_1 = 15^\circ 22'.$$

После точки  $P_1$  (черт. 296) для того, чтобы выйти на направление парковых путей, надо повернуть на угол  $15^\circ 22' - 11^\circ 32' 5'' = 3^\circ 49' 55''$ , и касательные будут равны при радиусе  $R$  в 200 м  $= 200 \operatorname{tg} \frac{3^\circ 49' 55''}{2} = 200 \cdot 0,033453 = 6,69$  м.

Спроектируем ломаную  $OO_1PP_1A$  на линию, перпендикулярную к направлению парковых путей, тогда получим:

$$\begin{aligned} 8,806 \sin 15^\circ 22' + 22,68 \sin 3^\circ 49' 55'' + 200(1 - \cos 3^\circ 49' 55'') = \\ = 2,404 + 1,515 + 0,467 = 4,386 \text{ м.} \end{aligned}$$

Путь II, идущий от точки  $O$ , должен отстоять от пути III, идущего от точки  $O_1$ , на 5,3 м, поэтому проекция  $ONN_1D_1C_1A_1$  (черт. 296) на направление, перпендикулярное к направлению парковых путей, должна быть равна  $4,386 + 5,3 = 9,686$  м, и между хвостом крестовины  $N_1$  и кривой радиуса  $R = 200$  м и угла  $15^\circ 22' - 5^\circ 11' 40'' = 10^\circ 10' 20''$  будет прямая вставка  $x$  (на черт. 296 —  $N_1D_1$ ), длина которой определится из следующего соотношения:

$$(33,39 + x) \sin 10^\circ 10' 20'' + 200(1 - \cos 10^\circ 10' 20'') = 9,686 \text{ м,}$$

откуда получим  $x = 5,66$  м.

Касательная

$$D_1C_1 = C_1A_1 = 200 \operatorname{tg} \frac{10^\circ 10' 20''}{2} = 17,30 \text{ м.}$$

Продолжения осей путей II и III пересекут ось пути II в точках  $O_2$  и  $O_3$ . Из  $\triangle OO_2C_1$  будем иметь:

$$\begin{aligned} OC_1 = 31,19 + 5,66 + 17,80 = 54,65 \text{ м; } OO_2 = 54,65 \frac{\sin 10^\circ 10' 20''}{\sin 15^\circ 22'} = \\ = 54,65 \frac{0,176605}{0,265} = 36,42 \text{ м.} \end{aligned}$$

Из  $\triangle O_1O_3C$  будем иметь:

$$O_1C = 22,68 + 6,69 = 29,37 \text{ м и } O_1O_3 = O_1C \frac{\sin 3^\circ 49' 55''}{\sin 15^\circ 22'} = \\ = 29,37 \frac{0,06683}{0,265} = 7,41 \text{ м.}$$

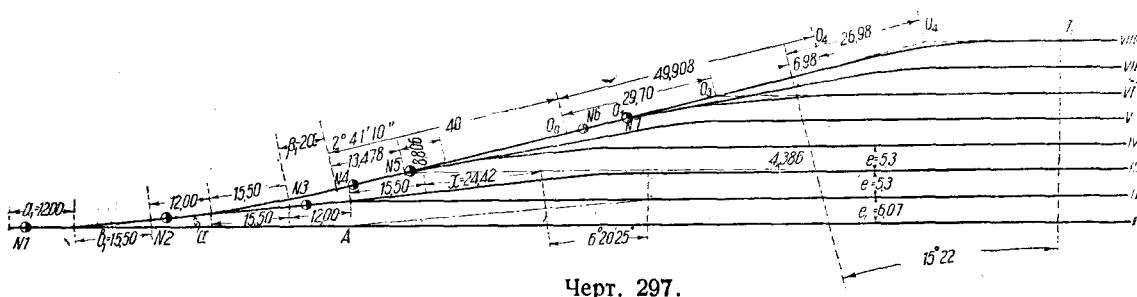
Из черт. 296 видно, что от точки  $O_0$  стыка рамного рельса стрелки № 1 до точки  $O_3$  пересечения оси пути II (а по черт. 297 пути VI) расстояние равно

$$0,839 + 12,649 + 8,806 + 7,41 = 29,704 \text{ м.}$$

От той же точки  $O_0$  до точки  $O_2$  пересечения оси пути III (а по черт. 297 пути VII) расстояние равно:

$$0,839 + 12,649 + 36,42 = 49,908 \text{ м.}$$

Построим теперь стрелочную улицу (черт. 297). Из черт. 296 видно, что путь II отстоит по направлению, перпендикулярному к направлению парковых



путей от точки  $O$  на расстоянии 4,386 м. От стрелок № 4 и 5 ответвляются пути V и IV, а от стрелок №№ 6 и 7 пути VII и VI.

На основном пути располагаем стрелочный перевод марки  $\frac{1}{9}$ , причем  $a_1 = 12 \text{ м}$  и  $b_1 = 15 \text{ м}$ ; далее укладывается стрелочный перевод, ответвляющийся влево, так что наклон стрелочной улицы после стрелки № 2 будет  $2\alpha = 12^\circ 40' 50''$ , и для того, чтобы получить угол  $15^\circ 22'$ , надо сделать кривую угла  $15^\circ 22' - 12^\circ 40' 50'' = 2^\circ 41' 10''$ , которая примкнет к стрелочному переводу № 4; эту кривую берем радиуса  $R = 200 \text{ м}$ .

На пути, ответвляющемся на пути II и III от перевода № 2, укладываем стрелку № 3, ведущую на пути II и III. На пути III имеем кривую угла  $\alpha$ .

Мы допускаем в виде исключения стрелку № 3 не на основном стрелочном пути; определяем расстояние между путями I и II:

$$e_1 = (15,5 + 12) 2 \cdot \sin \alpha = 55 \cdot 0,11043 = 6,07 \text{ м.}$$

Расстояние между путями II и III должно быть нормальным; принимая радиус кривой на пути III в 200 м, получим прямую вставку  $x$  длиной:

$$e = 5,3 = (15,50 + x) \sin \alpha + R(1 - \cos \alpha). \\ x = \frac{5,3 - 200(1 - 0,993884)}{0,11043} - 15,5 = 36,92 - 15,5 = 24,42 \text{ м.}$$

Спроектируем стрелочную улицу от ее начала до точки  $O$  перед стрелкой № 5.

$$27,5 \sin 6^\circ 20' 25'' + 15,5 \sin 12^\circ 40' 50'' + 200(\cos 12^\circ 40' 50'' - \cos 15^\circ 22') + \\ + 13,478 \cdot \sin 15^\circ 22' = 3,037 + 3,402 + 2,272 + 3,574 = 12,285 \text{ м.}$$

и, прибавляя расстояние в 4,386 м, получим 16,67 м, или между путями II и IV расстояние равно  $16,67 - 6,07 = 10,6 \text{ м}$  или нормальное расстояние. Таким образом некоторое превышение будет лишь между I и II путями.



Путь II можно вывести на путь I, как указано на черт. 297 пунктиром.

На последний путь VIII стрелочная улица выходит кривой угла  $15^{\circ}22'$  и радиуса 200 м; касательные  $O_4T = O_4T_1 = 200 \operatorname{tg} 7^{\circ}41' = 26,98$  м.

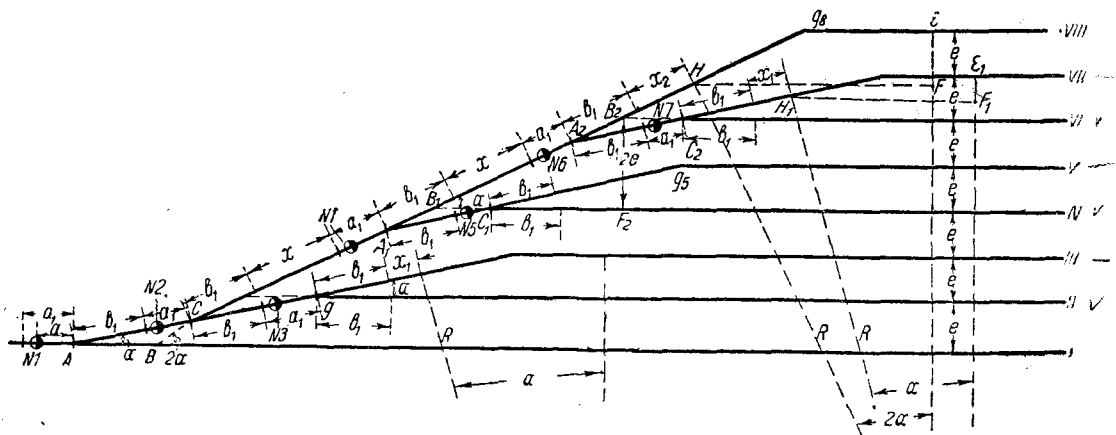
Так как  $O_2O_4$  при расстоянии между осями путей в 5,3 м равно  $5,3 : 0,265 = 20$  м, то  $TO_2 = 26,98 - 20 = 6,98$  м.

### СТРЕЛОЧНЫЕ УЛИЦЫ С РАСПОЛОЖЕНИЕМ ЧАСТИ СТРЕЛОК НА ОСНОВНОМ ПУТИ

В предыдущих типах стрелочных улиц все стрелки располагались на основном стрелочном пути; в нижеследующих типах на основном главном пути стрелки располагаются через одну или каждая третья стрелка, две же других стрелки располагаются вне стрелочного пути.

#### § 43. Стрелочная улица с углом наклона, равным двойному углу крестовины

Наклон стрелочной улицы в этом случае достигается расположением последовательно стрелочных переводов с наклоном влево. Стрелочный перевод № 1 поворачивает стрелочный путь влево от пути I (черт. 298). Откладываем  $b_1$



Черт. 298.

и располагаем стрелку № 2 с ответвлением влево, и стрелочная улица  $Sg_8$  наклонена под углом  $2\alpha$ . Другой путь стрелочного перевода № 2 служит для ответвления путей II и III, для чего имеется стрелочный перевод № 3. Длина прямой  $Ag$  состоит из  $b_1 + a_1 + b_1 + a_1 = 2L_p$ . Так как прямая  $Ag$  наклонена под углом  $\alpha$ , то расстояние между путями I и II равно:

$$e_1 = 2L_p \sin \alpha. \quad (1)$$

Пути III, V и VII расположены относительно путей II, IV и VI так, что имеется прямая вставка  $x_1$ , длина которой определяется аналогично черт. 284:

$$x_1 = \frac{e - R(1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} - b_1.$$

Длина  $AC = b_1 + a_1 = L_p$ ; продолжая ось стрелочной улицы до пересечения с путем I в точке B, получим  $\triangle ABC$ , который будет равнобедренным, т. к.  $AB = BC$  и  $\angle CAB = \angle ACB = \alpha$  и  $\angle ABC = 180^{\circ} - 2\alpha$ .

На черт. 299 этот треугольник показан отдельно в большом масштабе.

$$AB = BC = A_1B_1 = B_1C_1 = \frac{AC \sin \alpha}{\sin 2\alpha} = L_p \frac{\sin \alpha}{\sin 2\alpha} = \frac{L_p}{2 \cos \alpha}. \quad (2)$$

На эту величину точка ответвления осей переводов ниже точек  $B_1, B_2$  и т. д.

Так как стрелочный перевод № 4 отстоит от точки  $B_1$  на такое же расстояние, как стрелочный перевод № 5 от точки  $B_2$ , то расстояние между

стрелками на стрелочной улице равно длинам  $B_1B_2 = B_2B_3$ , и поэтому из треугольника  $\angle B_1B_2F_2$  будем иметь:

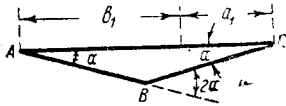
$$A_1A_2 = B_1B_2 = \frac{B_2E_2}{\sin 2\alpha} = \frac{2e}{\sin 2\alpha} \quad (3)$$

$$A_1A_2 = B_1B_2 = b_1 + x + a_1 = L_p + x \quad (4)$$

и далее:

$$x = \frac{2e}{\sin 2\alpha} - L_p. \quad (5)$$

Последний путь отходит от стрелочного пути под углом  $2\alpha$  с радиусом  $R$ ; между хвостами крестовины стрелки № 6 и началом кривой  $H$  имеется прямая вставка  $x_2$ , длина коей определяется на основании нижеследующего:



Черт. 299.

$$2e = (b_1 - A_2B_2) \sin 2\alpha + x_2 \sin 2\alpha + R(1 - \cos 2\alpha) \quad (6)$$

$$2e = b_1 \sin 2\alpha - L_p \sin \alpha + x_2 \sin 2\alpha + R(1 - \cos 2\alpha) \quad (7)$$

$$x_2 = \frac{2e + L_p \sin \alpha - R(1 - \cos 2\alpha)}{\sin 2\alpha} - b_1. \quad (8)$$

Точно так же, как и в предыдущем случае, расстояние между осями путей  $I$  и  $II$  можно увеличить до двух и вставить промежуточный путь, выходящий на путь  $I$ .

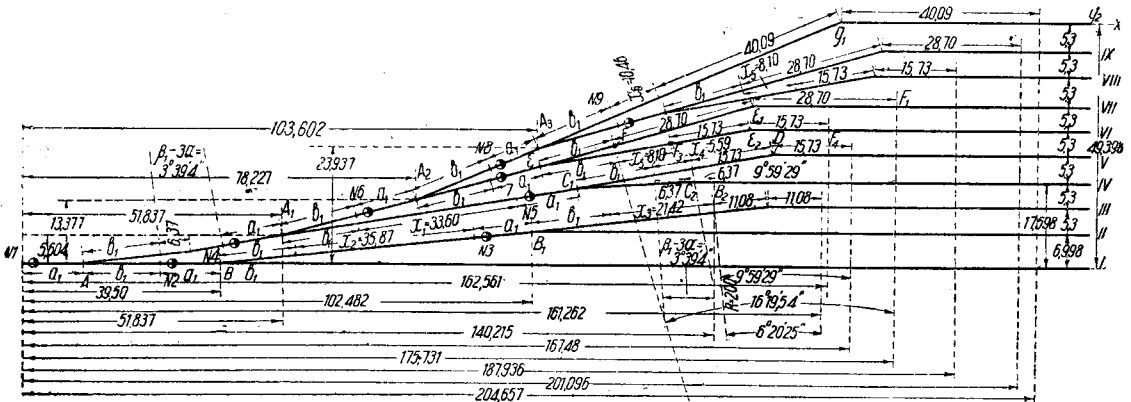
#### § 44. Стрелочная улица с предельным углом наклона при расположении стрелок через одну на основном стрелочном пути (черт. 300)

Так как каждая пара путей отходит от основного стрелочного пути, то предельный угол наклона  $\beta_1$  будет:

$$\sin \beta_1 = \frac{2e}{L_p}. \quad (1)$$

Из черт. 298 видно, что стрелочная улица делает поворот на угол  $\alpha$ , затем идет кривая радиуса 200 м и угла, равного разнице между углом  $\beta_1$  и  $3\alpha$ , если  $\beta_1 > 3\alpha$ ; кривая эта будет угла  $\beta_1 - 2\alpha$ , если  $\beta_1 > 2\alpha$  и  $< 3\alpha$ .

Расчет ведем следующим образом: определяем длину вертикальной проекции отдельных элементов основного стрелочного пути до отхождения каждой



Черт. 300.

пары путей, далее определяем величины прямых вставок. Все данные расчета приведены в таблице 37, в которой одновременно приводятся формулы для расчета и численный пример. Для численного примера принимаем:

$L_p = 27,5$  м,  $2e = 10,6$  м и  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ , тогда будем иметь:

$$\sin \beta_1 = \frac{10,6}{27,5} = \frac{4}{11} = 0,385455 \quad \text{и} \quad \beta_1 = 22^\circ 40' 19'',$$

т. е. имеем  $3\alpha = 3 \cdot 6^\circ 20' 25'' = 19^\circ 1' 15''$  и дополнительный угол кривой  $\beta_1 - 3\alpha = 22^\circ 40' 19'' - 19^\circ 1' 15'' = 3^\circ 39' 4''$ .

Из таблицы видно, что без устройства прямых вставок пути отстоят от пути *I* на следующие величины:

Путь	<i>IV</i> — 17,598 м
Путь	<i>VI</i> — 28,198 м
Путь	<i>VIII</i> — 38,798 м
Путь	<i>X</i> — 49,398 м

Расстояние между путями (кроме расстояния между путями *I* и *II*, равного 6,998 м) остается нормальным, вытекающим из типа данной стрелочной улицы; далее, расстояние между путями *IV* и *VI* должно быть 10,6 м, а имеется 28,198 — 11,768 = 16,43 м, т. е. на 5,83 м более. Это показывает, что пути *IV*—*V* надо приблизить к путям *VI*—*VII*; так как на основном стрелочном пути стрелки расположены на минимальном расстоянии, то сдвига эта не может быть сделана приближением друг к другу стрелок на основном пути. Устраиваем прямую вставку в 33,60 м перед стрелкой, от которой ответвляются пути *IV* и *V*. После такой сдвижки расстояние между путями *I* и *IV* будет 17,598 м, что более 15,9 м нормального расстояния от пути *I* до пути *IV* и что показывает, что на основном пути прямой вставки нет и что для того, чтобы стрелочную улицу можно было иметь предельного угла, расстояние между путями *I* и *II* должно быть  $5,3 + 17,598 - 15,9 = 6,998$  м.

Расстояние между двумя путями *IV*—*V*, *VI*—*VII* должны быть нормальны. Если проекция части путей *IV*—*V* в виде двух прямых  $DC_1C_2$  на вертикаль менее 5,3 м, то прямая вставка должна быть на пути *V*, т. е. на верхнем пути. Если это расстояние более 5,3 м, то прямая вставка должна быть на нижнем пути.

Из дальнейших вычислений видно, что для смежных путей *IV*—*V* прямая вставка получается на пути *V* ( $x_4 = 5,59$  м), а для смежных путей *VI*—*VII* прямая вставка получается на нижнем пути ( $x_5 = 8,10$  м). Так как в таблице 37 взяты добавочные проекции (гр. 5 таблицы) до выхода на нижний путь каждой пары путей, то добавляется в графах 5 и 6 прямая вставка  $x_5 = 8,1$  м.

Приводим необходимые нам в дальнейшем следующие значения тригонометрических величин:

$\sin 3^\circ 39' 4'' = 0,06368;$	$\cos 3^\circ 39' 4'' = 0,997971;$
$\sin 6^\circ 20' 25'' = 0,11043;$	$\cos 6^\circ 20' 25'' = 0,993884;$
$\sin 9^\circ 59' 29'' = 0,1735;$	$\cos 9^\circ 59' 29'' = 0,984834;$
$\sin 16^\circ 19' 54'' = 0,281197;$	$\cos 16^\circ 19' 54'' = 0,959650;$
$\sin 22^\circ 40' 19'' = 0,385455;$	$\cos 22^\circ 40' 19'' = 0,922727.$

На пути *I* укладывается стрелка № 1, от которой ответвляется стрелочная улица; на том же пути *I* укладываем стрелку № 2, от которой ответвляется путь, ведущий на пути *II* и *III*.

От точки *B* ответвления пути  $BB_1$  до точки  $B_1$  пересечения с осью пути *II* будут расположены элементы  $b_1$  и  $a_1$  стрелочного перевода и прямая вставка  $x_2$ , длина которой определится, проектируя  $BB_1$  на вертикаль:

$$(a_1 + b_1 + x_2) \sin 6^\circ 20' 25'' = 6,998. \quad (1)$$

$$x_2 = \frac{6,998}{0,11043} - 27,5 = 35,87 \text{ м.}$$

На путь *III* путь  $BB_1$  выходит кривой радиуса  $R = 200$  м, угла  $\alpha$  и между  $b_1$  и кривой будет иметь прямую вставку  $x_3$ , длина коей определится:

$$(b_1 + x_3) \sin 6^\circ 20' 25'' + R(1 - \cos 6^\circ 20' 25'') = 5,3 \text{ м,}$$

$$x_3 = \frac{5,3 - 200(1 - 0,993884)}{0,11043} - 15,5 = 21,42 \text{ м.} \quad (2)$$

Ответвление по основному стрелочному пути	Вертикальная проекция	Численные величины графы 2	Последовательн. суммы вертикальной проекции	Добавочная проекция до выхода на нижний путь каждой пары путей	Численные величины графы 5	Сумма вертикальной проекции до нижнего из парных путей
1	2	3	4	5	6	7
На путь IV—V от A до A <sub>1</sub>	$b_1 \sin \alpha + 2 [\cos \alpha - \cos (\beta_1 - 2\alpha)] + \alpha_1 \sin (\beta_1 - 2\alpha)$	$15,5 + \sin 6^\circ 20' 25'' + 200 (\cos 6^\circ 20' 25'' - \cos 9^\circ 59' 29'') + 12 \sin 9^\circ 59' 29'' = 15,5 \cdot 0,11043 + 200 (0,993884 - 0,984834) + 12 \cdot 0,1735 = 5,604$	5,604	$L_p \sin (\beta_1 - 2\alpha) + b_1 \sin (\beta_1 - 3\alpha) + R [1 - \cos (\beta_1 - 3\alpha)]$	$27,5 \sin 9^\circ 59' 29'' + 15,5 \sin 3^\circ 39' 4'' + 200 (1 - \cos 3^\circ 39' 4'') = 27,5 \cdot 0,1735 + 15,5 \cdot 0,06368 + 200 (1 - 0,997971) = 6,164$	11,768
На путь VI—VII. Добавить вертикальную проекцию от A <sub>1</sub> до A <sub>2</sub> .	$L_p \sin (\beta - \alpha)$	$27,60 \sin 16^\circ 19' 54'' = 27,5 \cdot 0,281197 = 7,733 \text{ м}$	13,337	$L_p \sin (\beta_1 - \alpha) + b_1 \sin (\beta_1 - 2\alpha) + R [1 - \cos (\beta_1 - 2\alpha)] + x_5 \sin (\beta_1 - 2\alpha)$	$27,5 \sin 16^\circ 19' 54'' + 15,5 \cdot \sin 9^\circ 59' 29'' + 200 (1 - \cos 9^\circ 59' 29'') + 8,1 \sin 9^\circ 59' 29'' = 27,5 \cdot 0,281197 + 15,5 \cdot 0,1735 + 200 \cdot 0,015166 + 8,1 \cdot 0,1735 = 14,861$	$13,337 + 14,861 = 28,198$
На путь VIII—IX. Добавить вертикальную проекцию от A <sub>2</sub> до A <sub>3</sub> .	$L_p \sin \beta_1$	$27,50 \cdot 0,385455 = 10,6$	23,937	То же, что и для путей VI—VII	—	$23,937 + 14,861 = 38,798$
Далее будем прибавлять по	$L_p \sin \beta_1$	10,6 м	34,537	—	14,861	49,398

Примечание. Путь IV будет отстоять от пути I на  $11,768 + 5,83 = 17,598$ , что более 15,9; путь I будет отстоять от пути VI на  $17,598 + 10,6 = 28,198$ , что более нормального расстояния  $5,3 \cdot 5 = 26,5 \text{ м}$  на 1,698 м, и на ту же величину будет больше расстояния между путем I и II, т. е. оно будет  $5,3 + 1,698 = 6,998 \text{ м}$ .

Путь IV надо приблизить к пути VI, чтобы расстояние между их осями было в 10,6 м, вместо  $28,198 - 11,768 = 16,43 \text{ м}$ , или приблизить на  $16,43 - 10,6 = 5,83 \text{ м}$ , и на пути, ответвляющем пути IV и V, будем иметь прямую вставку  $x_1$  длиной

$$x_1 = \frac{5,83}{\sin 9^\circ 59' 29''} = \frac{5,83}{0,1735} = 33,60$$

Касательные кривой угла  $\alpha$  будут иметь длину:

$$R \operatorname{tg} \frac{6^{\circ}20'25''}{2} = 200 \cdot 0,055386 = 11,08 \text{ м.} \quad (3)$$

По стрелочному пути после конца крестовины стрелки № 1 идет кривая радиуса 200 м и угла  $3^{\circ}39'4''$ .

Длина касательных равна:

$$R \operatorname{tg} \frac{3^{\circ}39'4''}{2} = 200 \cdot 0,031873 = 6,37 \text{ м.} \quad (4)$$

После кривой угол наклона стрелочной улицы равен  $9^{\circ}59'29''$ ; далее стрелочный перевод № 4, ответвляясь влево, дает дальнейшее увеличение угла стрелочной улицы до  $9^{\circ}59'29'' + 6^{\circ}20'25'' = 16^{\circ}19'54''$ . От точки  $A_1$  идет путь  $A_1C_1$ , разветвляющийся в  $C_1$  на пути IV и V. Расстояние от оси пути I до оси пути IV равно  $10,6 + 6,998 = 17,598$  м; между концом крестовины стрелки № 4 и стрелкой № 5 имеется прямая вставка  $x_1 = 33,60$  м, величина которой определена в таблице 37.

От стрелки № 5 ответвляются пути IV и V; на путь  $A_1C_1$  выходит путь V кривой угла  $\beta_1 - 2\alpha = 9^{\circ}59'29''$ ; а на путь IV стрелка № 5 поворачивает путь на  $6^{\circ}20'25''$ , и потому угол кривой, выходящий на путь IV, равен  $3^{\circ}39'4''$ . Проектируя ломаную линию  $C_2C_1D$  на вертикаль и называя прямую между концом крестовины и кривой угла  $\beta_1 - 3\alpha$  через  $x_4$  (вставка  $x_4$  находится на выходе на путь V), получим длину этой последней:

$$(b_1 + x_4) \sin 9^{\circ}59'29'' + R(1 - \cos 9^{\circ}59'29'') - b_1 \sin 3^{\circ}39'4'' - R(1 - \cos 3^{\circ}39'4'') = 5,3 \quad (5)$$

или

$$b(\sin 9^{\circ}59'29'' - \sin 3^{\circ}39'4'') + R(\cos 3^{\circ}39'4'' - \cos 9^{\circ}59'29'') + x_4 \sin 9^{\circ}59'29'' = 5,3$$

или

$$15,5(0,1735 - 0,6368) + 200(0,997971 - 0,984834) + 0,1735x_4 = 5,3$$

$$0,1735x_4 = 0,97$$

и

$$x_4 = 5,59 \text{ м.}$$

На основном стрелочном пути стрелочный перевод № 6 поворотом влево увеличивает наклон стрелочной улицы до его предельного значения  $22^{\circ}40'19''$ ; другой путь идет от  $A_2$  до  $E$  и  $E_1$  на путь VII, причем последовательно расположены элементы  $b_1$ ,  $a_1$  и  $b_1$  стрелочных переводов, и от  $F$  до  $F_1$  идет кривая угла  $16^{\circ}19'54''$ . От стрелки № 7 ответвляется вправо путь VI; от  $E$  последовательно расположены  $b_1$ , прямая вставка  $x_5$  и кривая  $F_3F_4 \angle 9^{\circ}59'29''$ . Прямая вставка находится на выходе на путь VI, т. е. на нижнем пути, и потому ее величина включена в таблицу.

Длину прямой вставки  $x_5$  определим, проектируя  $F_1E_1FEF_3E_2$  на вертикаль:

$$R(1 - \cos 16^{\circ}19'54'') + b_1(\sin 16^{\circ}19'54'' - \sin 9^{\circ}59'29'') - x_5 \sin 9^{\circ}59'29'' - R(1 - \cos 9^{\circ}59'29'') = 5,3 \quad (6)$$

или

$$15,5(0,281197 - 0,1735) + 200(0,984834 - 0,959650) - 0,1735x_5 = 5,3$$

или

$$0,1735x_5 = 1,406$$

и

$$x_5 = 8,10 \text{ м.}$$

Длина касательных  $F_3E_2 = E_2F_4$  равна:

$$R \operatorname{tg} \frac{9^{\circ}59'29''}{2} = 200 \cdot 0,078629 = 15,73 \text{ м.} \quad (7)$$

Длина касательных  $FE_1 = E_1F_1$  равна:

$$R \operatorname{tg} \frac{16^{\circ}19'54''}{2} = 200 \cdot 0,143493 = 28,70 \text{ м.} \quad (8)$$

Согласно приведенной таблице, вертикальная проекция точки  $A_3$  равна 23,937 м.

Для выхода на путь  $X$  от точки  $A_3$  имеем  $b_1$ , затем прямую вставку  $x_6$  и от точки  $g$  до точки  $g_2$  будем иметь кривую угла  $22^\circ 40' 19''$ . Проектируя линию  $AA_3g_1$  на вертикаль, получим длину, равную  $6,998 + 8 \cdot 5,3 = 49,398$  м.

Длина  $x_6$  определится из следующего соотношения:

$$23,937 + 15,5 \cdot \sin 22^\circ 40' 19'' + x_6 \sin 22^\circ 40' 19'' + 200 (1 - \cos 22^\circ 40' 19'') = 49,398 \quad (9)$$

или

$$23,937 + 15,5 \cdot 0,385455 + 0,385455 x_6 + 200 (1 - 0,922727) = 49,398 \text{ м.}$$

$$0,385455 x_6 = 49,398 - 23,937 - 5,975 - 15,455 = 4,032 \text{ м.}$$

и

$$x_6 = 10,46 \text{ м.}$$

Длины касательных для угла  $22^\circ 40' 19''$  и радиуса 200 м будут равны:

$$R \operatorname{tg} \frac{22^\circ 40' 19''}{2} = 200 \cdot 0,200472 = 40,09 \text{ м.}$$

Ниже определены расстояния от начальной точки (стык рамного рельса стрелки № 1) до характерных точек  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$ , а также расстояния (считая по горизонтальной проекции) от начальной точки до конца кривых, выходящих на пути парка.

$$\text{Горизонтальная проекция до точки } A_1 = 12 + 15,5 \cos 6^\circ 20' 25'' + 200 (\sin 9^\circ 59' 29'' - \sin 6^\circ 20' 25'') + 12 \cos 9^\circ 59' 29'' = 12 + 15,5 \cdot 0,993884 + 12 \cdot 0,984834 + 200 (0,1735 - 0,11043) = 51,837.$$

$$\text{То же до точки } A_2 = 51,837 + 27,5 \cos 16^\circ 19' 54'' = 51,837 + 27,5 \cdot 0,95965 = 78,227.$$

$$\text{То же до точки } A_3 = 78,227 + 27,5 \cos 22^\circ 40' 19'' = 78,227 + 27,5 \cdot 0,922727 = 103,602.$$

До конца путей:

$$\text{До точки } B = 27,5 + 12 = 39,5 \text{ м.}$$

$$\text{До точки } B_1 = 39,5 + 6,998 \cdot 9 = 102,482.$$

$$\text{До конца пути III} = 102,482 + 5,3 \cdot 9 + 11,08^1 = 161,262.$$

$$\text{До конца пути IV} = 51,837 + (33,60 + 27,5) \cos 9^\circ 59' 19'' + 15,5 \cos 3^\circ 34' 4'' + 200 \sin 3^\circ 39' 40'' = 51,837 + 61,1 \cdot 0,984834 + 15,5 \cdot 0,997971 + 200 \cdot 0,06368 = 112,010 + 15,469 + 12,736 = 140 215 \text{ м.}$$

$$\text{До конца пути V} = 112,010 + (15,5 + 5,59) \cos 9^\circ 59' 29'' + 200 \sin 9^\circ 59' 29'' = 112,010 + 21,09 \cdot 0,984834 + 200 \cdot 0,1735 = 167,48.$$

$$\text{До конца пути VI} = 78,227 + 27,5 \cos 16^\circ 19' 54'' + (15,5 + 8,10) \cos 9^\circ 59' 29'' + 200 \cdot \sin 9^\circ 59' 29'' = 78,227 + 27,5 \cdot 0,95965 + 23,6 \cdot 0,984834 + 200 \cdot 0,1735 = 104,617 + 23,244 + 34,70 = 162,561 \text{ м.}$$

$$\text{До конца пути VII} = 104,617 + 15,5 \cos 16^\circ 19' 54'' + 200 \sin 16^\circ 19' 54'' = 104,617 + 15,5 \cdot 0,95965 + 200 \cdot 0,281197 = 175,731 \text{ м.}$$

$$\text{До конца пути VIII} = 103,602 + 27,5 \cos 16^\circ 19' 54'' + (15,5 + 8,10) \cos 9^\circ 59' 29'' + 200 \sin 9^\circ 59' 29'' = 103,602 + 26,390 + 23,244 + 34,70 = 187,936 \text{ м.}$$

$$\text{До конца пути IX} = 129,992 + 15,5 \cdot 0,95965 + 200 \cdot 0,281197 = 201,096 \text{ м.}$$

$$\text{До конца пути X} = 103,602 + (15,5 + 10,46) \cos 27^\circ 40' 19'' + 200 \sin 22^\circ 40' 19'' = 103,602 + 25,96 \cdot 0,922727 + 200 \cdot 0,385455 = 204,657 \text{ м.}$$

<sup>1</sup> Представляет касат. кривой угла  $6^\circ 20' 25''$ .

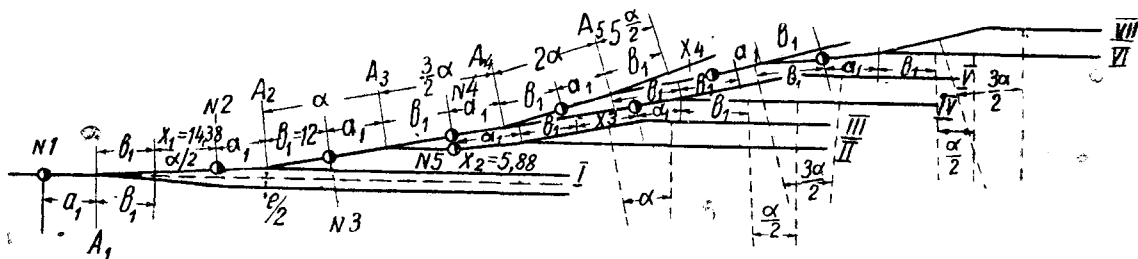
Иногда, чтобы не делать кривых угла  $\beta_1 - 3\alpha$ , задаются углом наклона стрелочной улицы в  $3\alpha$ , и тогда будут лишь кривые угла  $2\alpha$  и  $\alpha$ , но возможная крутизна стрелочной улицы не будет использована, и на стрелочном пути между  $a_1$  и  $b_1$  будут прямые вставки, величины коих равны:

$$\frac{10,6}{\sin 3\alpha} - L_p = \frac{10,6}{\sin 19^\circ 1' 15''} - 27,5 = \frac{10,6}{0,325992} - 27,5 = 5,00 \text{ м.}$$

Построение стрелочной улицы, аналогичное черт. 300, не представит затруднений.

### § 45. Стрелочная улица из симметричных стрелочных переводов

В тех случаях, когда удобно применять парк, состоящий из двух парков, расположенных по обе стороны пути, с которого производится сортировка вагонов, можно применять симметричные стрелочные переводы. На черт. 301



Черт. 301.

изображена лишь одна половина парка. Наклон стрелочной улицы идет сначала под углом  $\alpha : 2$ ; затем увеличивается после каждого ответвления на  $\alpha : 2$ . В пределах  $A_1A_2$  имеется прямая вставка  $x_1$ , длина коей определяется из следующего:

$$(b_1 + x_1 + a_1) \sin \frac{\alpha}{2} = (L_p + x_1) \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{e}{2}$$

$$x_1 = \frac{e}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - L_p \quad (1)$$

Далее элементы ломаной стрелочной улицы будут иметь последовательно вертикальные проекции  $L_p \sin \alpha$ ,  $L_p \sin \frac{3\alpha}{2}$ ,  $L_p \sin 2\alpha$  и т. д., причем в зависимости от расстояния между осями путей будут определяться длины прямых вставок. В нижеприведенной таблице приведены формулы и численные значения для  $L_p = 23$  м,  $L_i = 20,7$  м,  $p = 0,9$  м и  $q = 1,4$  м, причем  $a_1 = 11$  м и  $b_1 = 12$  м.

Из таблицы видно, что при расстоянии между осями путей в 5,3 м расстояние от входного пути (пунктирная линия на черт. 301) до пути II—7,95 м, до пути IV—18,55 м и до пути VI—29,15 м, в действительности, вертикальные проекции соответственно равны: 7,533, 15,369 и 25,982, и, следовательно, вертикальные проекции прямых вставок равны:

$$7,95 - 7,533 = 0,417 \text{ м,}$$

$$18,55 - 15,369 = 3,181 \text{ м,}$$

$$29,15 - 25,982 = 3,168 \text{ м.}$$

Прямые вставки могут быть устроены на основном стрелочном пути, и тогда бесполезные пробеги всех вагонов, следующих на вышележащие пути, увеличатся на длину вставок, или же прямые вставки устраиваются на ответвлениях к каждой группе путей, и в этом случае увеличивается бесполезный

Ответвление по основному стрелочному пути	Вертикальная проекция	Численная величина графы II	Последовательность сумм вертикальн. проекции	Добавочная проекция до выхода на нижний путь каждой группы	Численные величины графы V	Суммы вертикальной проекции до нижнего пути каждой группы (графа IV + графа VI)
I	II	III	IV	V	VI	VII
На путь I (A <sub>1</sub> - A <sub>3</sub> )	$(L_p + x_1) \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{e}{2}$	$x_1 = \frac{5,3}{2 \sin 4^\circ 3' 55''} - 23 = 14,38$ $e = 2,65$	—	—	—	—
На путь II (A <sub>2</sub> - A <sub>3</sub> ) На путь IV (A <sub>3</sub> - A <sub>4</sub> )	$L_p \sin \alpha$ $L_p \sin \frac{3\alpha}{2}$	$23 \sin 8^\circ 7' 50'' = 3,253$ $23 \sin 12^\circ 11' 45'' = 23 \cdot 0,211254 = 4,859$	5,903 10,762	$L_p \sin \frac{\alpha}{2}$ $L_p \sin \alpha + \left( b_1 + R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4} \right) \sin \frac{\alpha}{2}$	$23 \sin 4^\circ 3' 55'' = 1,63$ $23 \sin 8^\circ 7' 50'' + (12 + 200 \operatorname{tg} 2^\circ 1' 57'') \sin 4^\circ 3' 55'' = 4,607$	7,533 15,369
На путь VI (A <sub>4</sub> - A <sub>3</sub> )	$L_p \sin 2\alpha$	$23 \sin 16^\circ 15' 40'' = 23 \cdot 0,263223 = 6,054$	13,816	$L_p \left( \sin \frac{3\alpha}{2} + \sin \alpha \right) + \left( b_1 + R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{4} \right) \sin \frac{\alpha}{2}$	$4,607 + L_p \sin 12^\circ 11' 48'' = 9,166 \text{ м}$	25,982

пробег вагонов, отправляющихся на данную группу путей, кроме того уменьшается полезная длина путей несколько в большей степени, чем при расположении прямой на основном пути<sup>1</sup>. Вставки назовем через  $x_2, x_3$  и  $x_4$ , они расположены на путях с углами наклона соответственно в

$$\frac{\alpha}{2}, \alpha \text{ и } \frac{3\alpha}{2}$$

Величины вставок будут:

$$x_2 = 0,417 : \sin \frac{\alpha}{2} = 5,88 \text{ м},$$

$$x_3 = 3,181 : \sin \alpha = 22,49 \text{ м},$$

$$x_4 = 3,168 : \sin \frac{3\alpha}{2} = 15,00 \text{ м}.$$

### § 46. Двухстороннее расположение парков

Если пути расположить по обе стороны подводящего пути или иметь к каждой половине свой подводящий путь, причем оба подводящие пути соединены перекрестным съездом, то полная длина путей будет меньше, чем при одностороннем расположении.

Независимо от экономии места и материала, бесполезный пробег паровоза с составом при двухстороннем положении путей будет меньше, чем при расположении путей по одну сторону. Так, если стрелочная улица уложена с углом наклона, равным углу крестовины (по чертежу 284), то при шести путях в парке бесполезный пробег выразится при одностороннем расположении в 900 м, а при двухстороннем 450 м, для такого же парка в 12 путей цифры соответственно будут 3465 м и 1800 м; если стрелочная улица уложена

<sup>1</sup> Длина уложенных путей будет меньше при расположении прямых вставок на основном стрелочном пути.



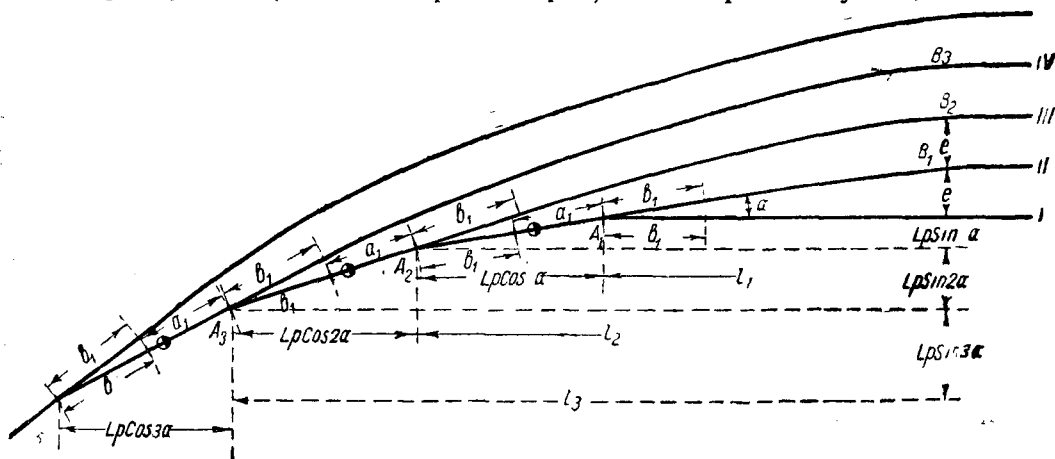
с предельным углом наклона (по черт. 288), то для парка в шесть путей бесполезный пробег при односторонней укладке будет равен 670 м, а при двухсторонней 390 м; для стрелочной улицы с предельным углом наклона и укладкой стрелок на основном пути через одну (по черт. 300) при тех же условиях эти цифры будут — 780 м и 620 м; стрелочная улица с углом наклона, равным  $2\alpha$ , (по черт. 298), дает бесполезный пробег для пяти путей при одностороннем расположении в 535 м, тогда как при двухстороннем такая же улица в шесть путей имеет бесполезный пробег в 490 м; стрелочная улица из симметричных переводов (по черт. 301) при одностороннем расположении дает бесполезный пробег для пяти путей в 630 м, в то время как такой же пробег при двухстороннем расположении имеет парк в шесть путей, Парки с большим числом путей дают большие итоговые величины.

Эти цифры бесполезного пробега достаточно наглядно подтверждают выгодность расположения парков по обе стороны от подводящего пути по сравнению с односторонним расположением.

### ВЕЕРНЫЕ СТРЕЛОЧНЫЕ УЛИЦЫ

Во всех приведенных типах, кроме типа по § 38, для путей, расположенных по чертежу, длины путей уменьшаются. Если мы устроим правый конец парка по черт. 286 таким образом, как и левый конец, то для путей, расположенных выше по чертежу, длины путей будут больше.

Устроенный по черт. 286 парк имеет весьма малый угол наклона. Расположим стрелку № 2 (с левой стороны парка) не на прямом пути I, а на пути II



Черт. 302

после того, как он будет изогнут под углом  $\alpha$ ; изогнем путь III под углом  $2\alpha$ , путь IV под углом  $3\alpha$  и т. д; тогда получим так называемую веерную стрелочную улицу, изображенную на черт. 302.

В зависимости от того, как будут расположены начало и конец кривых углов  $\alpha$ ,  $2\alpha$ ,  $3\alpha$ , и т. д., различают три вида стрелочных улиц.

#### 47. Веерные стрелочные улицы без прямых вставок

На черт. 302 показано расположение осей путей; путь II после  $b_1$  имеет кривую радиуса  $R_1$ ; продолжение пути II входит в состав стрелочной улицы, причем  $a_1$  расположено под углом  $\alpha$ . Каждый следующий путь увеличивает угол стрелочной улицы на  $\alpha$  и крутизна левой ее части равна  $(n-1)\alpha$  при числе путей, равном  $n$ .

Обозначим расстояние от пересечения осей путей до конца кривой через  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  и т. д.

Для определения радиуса кривых будем проектировать на вертикаль пути парка.

Число путей	Величины		Величины		Величины		Величины		R	l	Гориз. про-екц. расст. от пересеч. осей путей до стр. № 1	Расстоян. концов кри-вых от стр. № 1
	Величина углов $\alpha$ , $2\alpha$ и т. д.	$\sin \alpha$ , $\sin 2\alpha$ и т. д.	Последова-тельные суммы синусов	Последова-тельные суммы кос $\alpha$ , $\cos 2\alpha$ и т. д.	Последова-тельные суммы $1 - \cos \alpha$ и т. д.	VIII	IX	X				
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI		
2	6°20'25"	0,11043	0,11043	0,99378	0,99378	0,00622	568	78,62	29,81	78,62	78,62	
3	12°40'50"	0,21952	0,32995	0,97561	0,96939	0,02439	426	109,12	59,08	79,31	79,31	
4	19°1'15"	0,32591	0,63686	0,94531	2,91470	0,05469	376	137,67	87,44	78,59	78,59	
5	25°21'40"	0,42882	1,08418	0,90363	3,81833	0,09693	351	164,80	114,55	77,36	77,36	
6	31°42'5"	0,52549	1,60967	0,85080	4,66913	0,14920	340	192,28	140,07	77,73	77,73	
7	38°2'30"	0,61623	2,22590	0,78756	5,45669	0,21244	331	216,57	163,70	76,50	76,50	
8	44°22'55"	0,69944	2,92534	0,71469	6,17138	0,28531	325	238,75	185,14	75,05	75,05	
9	50°43'20"	0,77409	3,69943	0,63308	6,80446	0,36692	321	258,61	204,13	73,47	73,47	
10	57°3'45"	0,83926	4,53869	0,54372	7,34818	0,45628	313	271,39	220,45	67,26	67,26	

Из черт. 302 будем иметь, проектируя  $A_1B_1$  на вертикаль:

$$e = b_1 \sin \alpha + R_1(1 - \cos \alpha) \quad (1)$$

$$R_1 = \frac{e - b_1 \sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \quad (2)$$

Горизонтальная проекция  $A_1B_1$  будет  $l_1$ :

$$l_1 = b_1 \cos \alpha + R_1 \sin \alpha$$

Проектируя на вертикаль  $B_2A_2A_1$ , получим  $2e$  или:

$$2e = b_1 \sin 2\alpha + R_2(1 - \cos 2\alpha) - L_p \sin \alpha$$

и

$$R_2 = \frac{2e + L_p \sin \alpha - b_1 \sin 2\alpha}{1 - \cos 2\alpha} \quad (3)$$

$$l_2 = b_1 \cos 2\alpha + R_2 \sin 2\alpha \quad (4)$$

Для пути IV будем иметь, проектируя на вертикаль  $B_3A_3A_2A_1$ :

$$3e = b_1 \sin 3\alpha + R_3(1 - \cos 3\alpha) - L_p(\sin \alpha + \sin 2\alpha)$$

$$R_3 = \frac{3e - b_1 \sin 3\alpha + L_p(\sin \alpha + \sin 2\alpha)}{1 - \cos 3\alpha} \quad (5)$$

$$l_3 = b_1 \cos 3\alpha + R_3 \sin 3\alpha \quad (6)$$

Для  $n$ -го пути:

$$R_{n-1} = \frac{(n-1)e - b_1 \sin(n-1)\alpha}{1 - \cos(n-1)\alpha} + \frac{L_p \sin \alpha + \sin 2\alpha + \dots + \sin(n-2)\alpha}{1 - \cos(n-1)\alpha} \quad (7)$$

$$l_{n-1} = b_1 \cos(n-1)\alpha + R_{n-1} \sin(n-1)\alpha \quad (8)$$

Принимая  $e = 5,3$  м,  $L_p = 30$  м,  $a_1 = 14$  м,  $b_1 = 16$  м,  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ , получим данные для радиусов и  $l$ , показанные в таблице 39 (графы VIII и IX); графа X таблицы представляет расстояние от пересечения осей путей до стрелки № 1, т. е. будем иметь (см. также черт. 300):

для пути II —  $L_p \cos \alpha$ ;

для пути III —  $L_p(\cos \alpha + \cos 2\alpha)$ ;

для пути  $n$ -го —  $L_p[\cos \alpha + \cos 2\alpha + \dots + \cos(n-1)\alpha]$ .

Вычитая эти расстояния из графы IX таблицы, получим расстояние концов (кривых по чертежу) кривых от стрелки № 1 (графа XI). Как видно, эти расстояния изменяются от 67,26 и до 79,31 м, или колебание имеется лишь в 12,05 м. Располагаем после концов кривых прямые вставки длиной не свыше 12,05 м, т. е. выравниваем концы всех путей на расстоя-

нии 79,31 м от стрелки № 1; тогда в этом сечении могут примкнуть [парковые пути, идущие по круговым кривым.

Мы можем также считать, что все кривые парковых путей начинаются от вертикали, отстоящей от стрелки № 1 на 67,26 м. В этом случае по уменьшенной величине касательных надо подсчитать измененный радиус, и тогда будут прямые вставки между крестовинами и началом кривых.

Для пути IV расстояние конца кривой от стрелки № 1 равно 78,69 м, и уменьшение касательной равно  $78,59 - 67,26 = 11,33$  м.

Для  $R = 376$  м (см. таблицу) длина касательной равна  $376 \operatorname{tg} \frac{19^{\circ}1'15''}{2} = 62,99$  м; так как новая касательная равна  $62,99 - 11,33 = 51,66$  м, то новый радиус  $R_n$  равен:

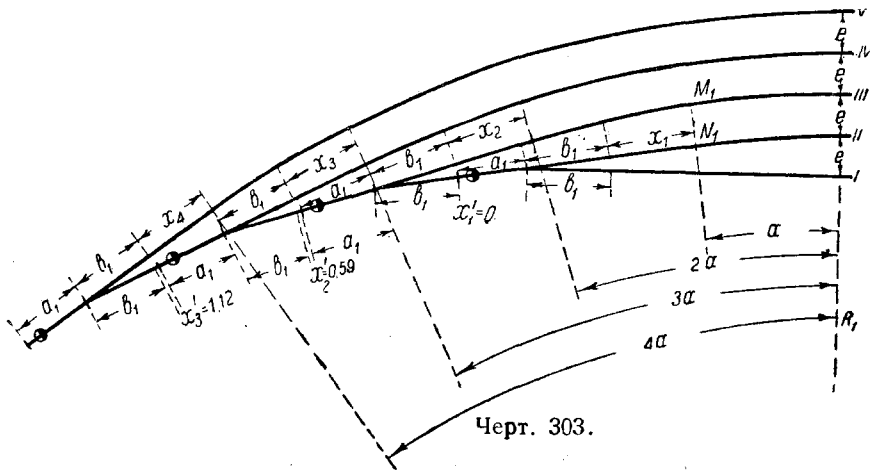
$$R_n = \frac{51,66}{\operatorname{tg} \frac{19^{\circ}1'15''}{2}} = 309 \text{ м,}$$

и между крестовиной и началом кривой будет прямая вставка в 11,33 м.

Веерные стрелочные улицы по этому типу имеют большие колебания в величине радиуса, который уменьшается с увеличением номера пути.

### § 48. Веерные стрелочные улицы с прямыми вставками

Другой способ заключается в том <sup>1</sup>, что все кривые начинаются от одной вертикали и имеют один общий центр, причем величина радиуса последовательно увеличивается на  $e$ ,  $2e$  и т. д.



Обозначая радиус первого пути через  $R_1$ , будем иметь (черт. 303):

$$(b_1 + x_1) \sin \alpha + R_1 (1 - \cos \alpha) = e;$$

$$x_1 = \frac{e - R_1 (1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} - b_1 = \frac{e}{\sin \alpha} - R_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - b_1 \quad (1)$$

Проектируя на линию  $M_1N_1$  часть третьего пути от пересечения его с путем II и до точки  $M_1$ , лежащей на продолжении радиуса в конце кривой второго пути, получим:

$$\left[ b_1 + x_2 + (R_1 + e) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right] \sin \alpha = e$$

$$x_2 = \frac{e}{\sin \alpha} - R_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - b_1 - e \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = x_1 - e \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

<sup>1</sup> Способ этот называется способом Циглера, но у нас он применялся ранее опубликования Циглером.

Аналогично получим:

$$x_3 = x_2 - e \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = x_1 - 2e \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (3)$$

Для  $n$ -го пути будем иметь:

$$x_n = x_1 - (n-1)e \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (4)$$

Таким образом прямые вставки на путях парка уменьшаются.

Проектируя линию от пересечения путей III и II до точки  $M_1$  и того же пересечения до точки  $N_1$  на это последнее направление, получим:

$$x_1' = 2R_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - L_p \quad (5)$$

Далее:

$$x_2' = 2(R_1 + e) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - L_p = x_1' + 2e \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (6)$$

$$x'_{n-1} = x_1' + 2(n-2)e \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (7)$$

т. е. получим, что прямые вставки увеличиваются на  $2e \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$  по мере увеличения номера пути.

Так как наименьшее значение  $x_1'$  равно нулю, то:

$$\min R_1 = \frac{L_p}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \quad (8)$$

Для  $L_p = 30$  м;  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$  получим:

$$R_1 = \frac{30}{0,11076} = 270 \text{ м.}$$

Наибольшее значение  $R_1$  определяется из условия, чтобы  $x_n$  на крайнем парковом пути не было отрицательно, т. е.:

$$x_n = x_1 - (n-1)e \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{e}{\sin \alpha} - R_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - b_1 - (n-1)e \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (9)$$

или

$$\max R_1 = \frac{e}{1 - \cos \alpha} - b_1 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} - (n-1)e \quad (10)$$

Для

$$e = 5,3 \text{ м, } \alpha = 6^\circ 20' 25'', \quad b_1 = 16 \text{ м,}$$

получим:

$$\max R_1 = 563 - (n-1)e.$$

К приведенной стрелочной улице примыкают парковые пути, расположенные по кривым. Значение  $l$  определяется, как и в предыдущем типе, только прибавляются величины прямых вставок  $x_1'$ ,  $x_2'$  и т. д.

Пример. Пусть  $R_1 = 270$  м;  $L_p = 30$  м;  $a_1 = 14$  м;  $b_1 = 16$  м;  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ ,  $n = 10$ . В таблице 40 даны значения  $x_1$ ,  $x_2$  и т. д. и  $x_1'$ ,  $x_2'$  и т. д. и величины  $l$  для  $R_1 = 270$  м и  $R_1 = 300$  м.

В таблице 40 приведены также значения вставок и длин для  $R_1 = 270$  м и 300 м.

При отсутствии прямых вставок наименьший радиус равен 313 м и наибольшее значение  $l = 271$  м (таблица 39).

При прямых вставках радиус постоянный  $R_1 = 270$  м, причем  $l = 268$  м, т. е. немного менее, чем для веерной улицы без прямых вставок. Делая  $R_1 =$

Пути	$R_1 = 270 \text{ м}$			$R_1 = 300 \text{ м}$		
	$x'$	$x$	$l$	$x'$	$x$	$l$
2 . . . . .	0	17,07	62,63	—	15,40	64,33
3 . . . . .	0	16,77	92,44	3,23	15,11	97,35
4 . . . . .	0,59	16,47	121,91	3,82	14,81	130,35
5 . . . . .	1,17	16,18	150,61	4,40	14,52	162,87
6 . . . . .	1,76	15,87	178,13	4,99	14,23	194,49
7 . . . . .	2,35	15,59	204,07	5,58	13,93	224,76
8 . . . . .	2,74	15,30	228,03	6,17	13,64	253,25
9 . . . . .	3,52	15,01	249,62	6,75	13,35	279,51
10 . . . . .	4,11	14,71	268,49	7,34	13,05	303,15

$= 300 \text{ м}$ , мы получим вместо  $x'_1 = 0$  величину  $3,23 \text{ м}$ , и все значения  $x'_1$  на стрелочной улице увеличиваются на  $3,23 \text{ м}$  и  $l = 303 \text{ м}$ , т. е. несколько более, чем для типа без прямых вставок. Стрелочной улице по черт. 301 с постоянным радиусом следует отдать предпочтение перед стрелочной улицей по черт. 300.

### ВЕЕРНЫЕ УЛИЦЫ ДЛЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПАРКОВЫХ ПУТЕЙ

Стрелочная улица при криволинейных парковых путях наклонена либо под определенным углом на всем ее протяжении, либо стрелочная улица представляет изломанные прямые, соединенные кривыми, и угол наклона улицы меняется на всем ее протяжении.

#### § 49. Угол наклона стрелочной улицы постоянный

Прежде чем перейти к рассмотрению вопроса, надо заметить следующее (черт. 304): если мы проведем стрелочную улицу под углом  $\alpha$  (равным углу крестовины) к наружному пути, то крайний внутренний путь будет пересечен под углом  $\gamma$ , который менее  $\alpha$ .

Если число путей парка значительно или радиус кривой небольшой, то прямая  $AC$  может пересечь лишь часть путей (I, II, III), а не все пути парка.

Обозначая число путей через  $n$ , расстояние между осями путей через  $e$ , радиус наружного пути  $AB$  через  $R$ , получим из  $\triangle ACB$ :

$$BC = R - (n-1)e; \quad \angle CAB = \angle A = 90^\circ - \alpha; \quad \angle ACB = 90^\circ + \gamma;$$

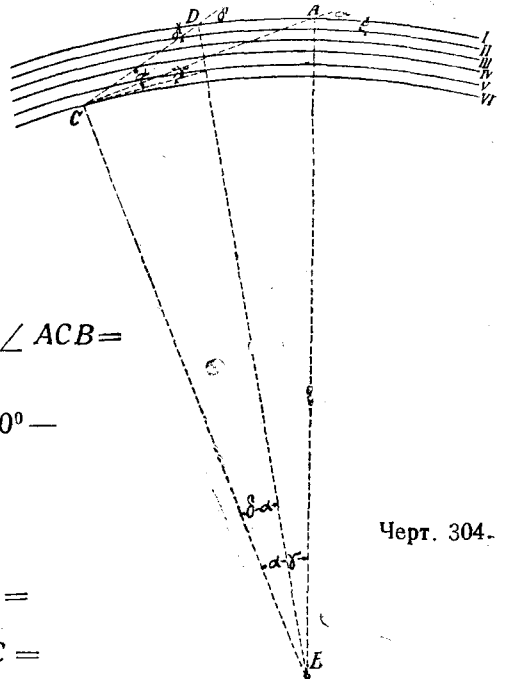
$$\sin C = \cos \alpha \frac{R}{R - (n-1)e}; \quad \angle CBA = 180^\circ - (90^\circ - \alpha) - (90^\circ + \gamma) = \alpha - \gamma;$$

$$AC = \frac{[R - (n-1)e] \sin(\alpha - \gamma)}{\cos \alpha} =$$

$$= \frac{[\sin \alpha \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma]}{\cos \alpha} [R - (n-1)e] =$$

$$= [R - (n-1)e] [\operatorname{tg} \alpha \cos \gamma - \sin \gamma]; \quad \sin \angle C =$$

$$= \sin(90^\circ + \gamma) = \cos \gamma = \cos \alpha \frac{R}{R - (n-1)e},$$



Черт. 304.

и следовательно:

$$AC = R \sin \alpha - [R - (n-1)e] \sin \gamma = R \sin \alpha - \sqrt{[R - (n-1)e]^2 - R^2 \cos^2 \alpha}.$$

Отрицательная величина под корнем будет показывать, что не все пути парка пересекаются линией AC.

Для случая предельного, когда AC будет касаться крайнего внутреннего пути, будем иметь:  $AC = R \sin \alpha$  и  $R - (n-1)e = R \cos \alpha$ ; значение R, для того чтобы все пути пересекались, будет.

$$R \geq \frac{(n-1)e}{1 - \cos \alpha}.$$

Если стрелочную улицу направить под углом  $\alpha$  к внутреннему пути, то угол  $\delta$ , под которым будет пересекаться наружный, определится следующим образом (черт. 304):

$$\sin(90^\circ - \delta) = \cos \delta = \frac{\sin(90^\circ + \alpha)[R - (n-1)e]}{R} = \cos \alpha \frac{[R - (n-1)e]}{R};$$

$$\angle CBD = 180^\circ - (90^\circ - \alpha) - (90^\circ - \delta) = \delta - \alpha;$$

$$CD = \frac{R \sin(\delta - \alpha)}{\cos \alpha} = R[\sin \delta - \operatorname{tg} \alpha \cos \delta] = R \sin \delta - [R - (n-1)e] \sin \alpha = \\ = \sqrt{R^2 - [R - (n-1)e]^2 \cos^2 \alpha} - \sin \alpha [R - (n-1)e].$$

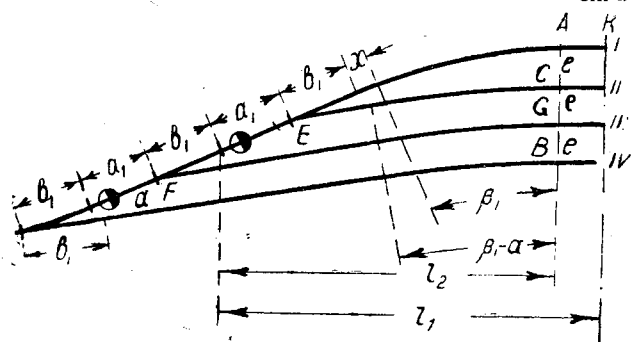
Под корнем всегда положительная величина. Для  $R = 1200$  м,

$$\alpha = 6^\circ 20' 25'' \text{ (tg } \alpha = 1/9); n = 6, e = 4,9 \text{ м, получим}$$

$$\delta = 13^\circ 13' 20'' \text{ и } CD = 144,66 \text{ м.}$$

На черт. 305 показана стрелочная улица, наклоненная под углом  $\beta_1$  к касательной к кривым в точке A; кривые всех путей II, III и т. д. проведены из одного центра.

Расстояние между стрелками равно  $\frac{e}{\sin \alpha}$ , где  $e$  — расстояние между осями



Черт. 305

путей. В стрелочной улице данного типа надо задаться радиусом концентричных кривых; радиус пути II будет  $R_2$ , тогда:

$$R_3 = R_2 - e; R_4 = R_2 - 2e; R_n = R_2 - (n-2)e.$$

Задаваясь при данном числе путей минимальным значением  $R_n$ , получим:

$$R_2 = R_n + (n-2)e.$$

Принимаем угол наклона стрелочной улицы в  $\beta_1$  и проектируем кривые радиуса в  $R_1$  и  $R_2$  на расстояние между путями  $e$  (черт. 305):

$$R_1(1 - \cos \beta_1) + (b_1 + x) \sin \beta_1 - b_1 \sin(\beta_1 - \alpha) - R_2[1 - \cos(\beta_1 - \alpha)] = e, \quad (1)$$

$$R_1 \frac{R_2[1 - \cos(\beta_1 - \alpha)]}{1 - \cos \beta_1} + \frac{e - b_1[\sin \beta_1 - \sin(\beta_1 - \alpha)] - x \sin \beta_1}{1 - \cos \beta_1}. \quad (2)$$

Прямая вставка между крестовиной стрелки № 1 и началом кривой радиуса  $R_2$  равна нулю; для пути III прямая вставка равна  $e \operatorname{ctg} \alpha$ , и все последующие пути увеличиваются на эту величину.

Горизонтальная проекция  $l_2$  от конца рамного рельса стрелки № 1 и до конца кривой пути II будет равна:

$$\alpha_1 \cos \beta_1 + b_1 \cos(\beta_1 - \alpha) + R_2 \sin(\beta_1 - \alpha) = l_2. \quad (3)$$

Та же проекция для  $l_1$  для первого пути:

$$(L_p + x) \cos \beta_1 + R_1 \sin \beta_1 = l_1. \quad (4)$$

Ради общности вывода, между хвостом крестовины стрелки № 1 и кривой радиуса  $R_1$  предположена прямая вставка  $x$ .

Пусть:

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 12^\circ; \\ \alpha &= 6^\circ 20' 25''; \\ R_2 &= 400 \text{ м}; \\ L_p &= 27,50; \\ b_1 &= 15,5 \text{ м}; \\ a_1 &= 12 \text{ м}; \\ e &= 5,3 \text{ м}\end{aligned}$$

и

$$x = 0;$$

тогда получим:

$$\begin{aligned}\cos \beta_1 &= \cos 12^\circ = 0,978148 \\ \cos(\beta_1 - \alpha) &= \cos 5^\circ 39' 35'' = 0,995125 \\ \sin \beta_1 &= \sin 12^\circ = 0,207912 \\ \sin(\beta_1 - \alpha) &= \sin 5^\circ 39' 35'' = 0,098620. \\ R_1 &= \frac{400 \cdot 0,004875 + 5,3 - 15,5 \cdot 0,109292}{0,021852} = 254,3 \text{ м}. \\ l_1 &= 78,77 \text{ м}, \\ l_2 &= 66,61 \text{ м}.\end{aligned}$$

Если вправо от  $AB$  пути идут по прямолинейному направлению, то  $l_1$  может быть более  $l_2$ , если же по криволинейному, то, приравняв длину  $l_1$  длине  $l_2$ , мы получим, что касательная должна быть на  $l_1 - l_2 = 12,17$  м короче или:

$$R_1 \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = 254,3 \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} - 12,17,$$

откуда:

$$R_1 = 254,3 - \frac{12,17}{\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}} = 138,5 \text{ м},$$

и прямая вставка  $x = 12,17$  м.

Если  $R_1$  желательно иметь больше 138,5 м, то достигнуть этого можно, увеличивая значение  $R_2$ . Следует, однако, иметь в виду, что можно примкнуть к кривой радиуса  $R_1$  к точке  $K$  кривой паркового пути, изменив радиус  $R_1$  и оставив прямую вставку  $x$  равной нулю.

Пусть радиус оси  $I$  паркового пути будет  $R_0$ .

На черт. 306 кривая  $BK$  соответствует кривой радиуса  $R_1$ , причем точки  $A$  и  $K$  соответствуют таковым же точкам черт. 305.

$$BC = CK = R_1; \quad AO = PO = R_0; \quad \angle BCK = \beta_1; \quad \text{из } \triangle AKO:$$

$$AK = l_1 - l_2 = 12,17 \text{ м} = R_0 \operatorname{tg} \gamma;$$

$$\text{пусть } R_0 = 1200 \text{ м, тогда } \gamma = 34' 31''.$$

Из  $\triangle AKC$  имеем:

$$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{12,17}{254,3} = 0,047857;$$

$$\gamma_1 = 2^\circ 44' 24''; \quad \angle OFC = \gamma + \gamma_1 = 3^\circ 18' 55'',$$

$$\angle FCB = \beta_1 - \gamma_1 = 12^\circ - 2^\circ 44' 24'' = 9^\circ 15' 36'',$$

$$\angle FEC = 180^\circ - 3^\circ 18' 55'' - 9^\circ 15' 36'' = 167^\circ 25' 29'',$$

$$\angle BEK = \beta_1 + \gamma = 12^\circ 34' 31''.$$

Новая кривая будет идти от  $B$  до  $P$ , центр ее будет в точке  $E$ , и радиус равен  $R'$ ;

$$EC = R_1 - R'.$$

Из  $\triangle KEC$  имеем:

$$KE = KC \frac{\sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \gamma)} = 254,3 \frac{\sin 12^\circ}{\sin 12^\circ 34' 31''} = 242,8.$$

$$BE = PE = KE - KP;$$

$$KP = \frac{R_0}{\cos \gamma} - R_0 = 1200,05 - 1200 = 0,05 \text{ м,}$$

$$PE = 242,8 - 0,05 = 242,75 \text{ м.}$$

При небольших значениях  $AK$  можно величиной  $KP$  пренебречь, и тогда исправленный радиус  $PE$  будет:

$$PE = R_1 \frac{\sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \gamma)}.$$

Из этого уравнения видно, что изменение радиуса тем меньше, чем меньше  $\gamma$ , а последнее тем меньше, чем меньше  $AK$  и чем больше  $R_0$ , т. е. радиус парковых путей.

В стрелочной улице по черт. 303 прямые вставки получаются довольно длинные, стрелки отстоят друг от друга на значительном расстоянии. В целях уменьшения прямых вставок и увеличения за их счет радиуса кривых углов  $\beta_1 - \alpha$ , а также с целью уменьшения расстояния между стрелками до предельной величины  $L_p$  применяется тип, изображенный на черт. 305.

Предположим, что до линии  $AB$  все пути парка идут по концентричным кривым, описанным из одного центра; все пути  $II, III, IV$  и т. д. от линии  $AB$  и до соответственных крестовин идут кривыми без прямых вставок радиусов  $R_2, R_3$  и т. д.

Проектируя линию  $CEFG$  на  $AB$  и замечая, что  $CG = e =$  расстоянию между осями путей, получим:

$$R_2 [1 - \cos(\beta_1 - \alpha)] + b_1 \sin(\beta_1 - \alpha) + L_p^* \sin \beta_1 - b_1 \sin(\beta_1 - \alpha) - R_3 [1 - \cos(\beta_1 - \alpha)] = e,$$

Черт. 306.

откуда:

$$R_3 = R_2 + \frac{L_p \sin \beta_1 - e}{1 - \cos(\beta_1 - \alpha)}.$$

Аналогично получим:

$$R_4 = R_3 + \frac{L_p \sin \beta_1 - e}{1 - \cos(\beta_1 - \alpha)} = R_2 + 2 \frac{L_p \sin \beta_1 - e}{1 - \cos(\beta_1 - \alpha)};$$

$$R_n = R_{n-1} + \frac{L_p \sin \beta_1 - e}{1 - \cos(\beta_1 - \alpha)} = R_2 + (n - 2) \frac{L_p \sin \beta_1 - e}{1 - \cos(\beta_1 - \alpha)}.$$

\* На черт. 305 длина  $L_p = EF$ .



Далее, замечая, что горизонтальная проекция линии  $CEF$  равна горизонтальной проекции линии  $FG$ , получим:

$$R_2 \sin(\beta_1 - \alpha) + b_1 \cos(\beta_1 - \alpha) + L_p \cos \beta_1 = b_1 \cos(\beta_1 - \alpha) + R_3 \sin(\beta_1 - \alpha).$$

Откуда:

$$R_3 = R_2 + \frac{L_p \cos \beta_1}{\sin(\beta_1 - \alpha)}$$

и аналогично:

$$R_4 = R_3 + \frac{L_p \cos \beta_1}{\sin(\beta_1 - \alpha)} = R_2 + \frac{2L_p \cos \beta_1}{\sin(\beta_1 - \alpha)};$$

$$R_n = R_{n-1} + \frac{L_p \cos \beta_1}{\sin(\beta_1 - \alpha)} = R_2 + (n-2) \frac{L_p \cos \beta_1}{\sin(\beta_1 - \alpha)}.$$

Так как радиусы, определенные из обеих систем уравнений, должны быть равны, то для того, чтобы все кривые сходились у линии  $AB$ , надо, чтобы:

$$\frac{L_p \sin \beta_1 - e}{1 - \cos(\beta_1 - \alpha)} = \frac{L_p \cos \beta_1}{\sin(\beta_1 - \alpha)}, \quad (1)$$

откуда получим:

$$L_p \sin \beta_1 \sin(\beta_1 - \alpha) - L_p \cos \beta_1 + L_p \cos \beta_1 \cos(\beta_1 - \alpha) = e \sin(\beta_1 - \alpha);$$

$$L_p [\sin^2 \beta_1 \cos \alpha - \sin \beta_1 \sin \alpha \cos \beta_1 - \cos \beta_1 + \cos^2 \beta_1 \cos \alpha + \sin \alpha \sin \beta_1 \cos \beta_1] = e(\sin \beta_1 \cos \alpha - \cos \beta_1 \sin \alpha)$$

или

$$L_p (\cos \alpha - \cos \beta_1) = e(\sin \beta_1 \cos \alpha - \cos \beta_1 \sin \alpha),$$

или

$$\cos \beta_1 (L_p - e \sin \alpha) = L_p \cos \alpha - e \cos \alpha \sin \beta_1,$$

или

$$\cos \beta_1 = \frac{L_p \cos \alpha}{L_p - e \sin \alpha} - \frac{e \cos \alpha}{L_p - e \sin \alpha} \sin \beta_1, \quad (2)$$

Принимая:

$$A = \frac{L_p \cos \alpha}{L_p - e \sin \alpha} \text{ и } B = \frac{e \cos \alpha}{L_p - e \sin \alpha} = \operatorname{tg} \psi, \quad (3)$$

$\cos \beta_1 = A - \operatorname{tg} \psi \sin \beta_1$  откуда получим  $\psi$  и  $\cos \psi$  и далее

$$\cos(\beta_1 - \psi) = A \cos \psi. \quad (4)$$

После определения угла  $(\beta_1 - \psi)$  определим угол  $\beta_1$ ; величины радиусов определяются, если будет задан радиус  $R_2$ ; все последующие радиусы будут увеличиваться на определенную величину. Величиной радиуса  $R_2$  следует задаться и, задавшись его величиной, определить радиус  $R_1$  первого пути угла  $\beta_1$  и далее поступать, как было сказано выше, т. е. если конец кривой выйдет за точку  $A$ , то уменьшить радиус до такой величины, чтобы конец кривой совпал с точкой  $A$ , и в этом случае будет иметься прямая вставка между концом крестовины стрелки № 1 и кривой. Если уменьшение радиуса нежелательно, то надо допустить для первого пути несовпадение примыкания кривой радиуса  $R_1$  с точкой  $A$  и выправить (в сторону уменьшения) величину радиуса  $R_1$  согласно черт. 306.

Пусть  $e = 4,9$  м;  $L_r = 25$  м;  $L_p = 27,5$  м;  $q = 1,6$  м и  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ . Определим угол  $\beta_1$ :

$$A = \frac{L_p \cos \alpha}{L_p - e \sin \alpha} = \frac{27,5 \cdot 0,99878}{27,5 - 4,9 \cdot 0,11043} = 1,01384; \quad B = \frac{e \cos \alpha}{L_p - e \sin \alpha} = 0,2152 = \operatorname{tg} \psi;$$

$$\psi = 12^\circ 8' 37''; \quad \cos \psi = 0,977624; \quad \cos(\beta_1 - \psi) = 1,01384 \cdot 0,977624 = 0,991154;$$

$$\beta_1 - \psi = 7^\circ 37' 25''; \quad \beta_1 = 7^\circ 37' 25'' + \psi = 19^\circ 46' 2''.$$

В дальнейшем потребуются величины:

$$\cos \beta_1 = \cos 19^\circ 46' 2'' = 0,941075; \quad \sin 19^\circ 46' 2'' = 0,3382;$$

$$\cos(\beta_1 - \alpha) = \cos 13^\circ 25' 37'' = 0,972667;$$

$$\sin 13^\circ 25' 57'' = 0,232205.$$

Далее имеем:

$$\frac{L_p \cos \beta_1}{\sin(\beta_1 - \alpha)} = 165 \text{ м.}$$

Задаваясь  $R_2$  в 300 м, получим, что все последующие радиусы будут на 165 м больше.

Для определения величины радиуса первого пути получим:

$$R_1(1 - \cos \beta_1) + b_1 \sin(\beta_1 - \alpha) = e + b_1 \sin(\beta_1 - \alpha) + R_2[1 - \cos(\beta_1 - \alpha)].$$

Откуда:

$$R_1 = R_2 \frac{1 - \cos(\beta_1 - \alpha)}{1 - \cos \beta_1} + \frac{e - b_1[\sin \beta_1 - \sin(\beta_1 - \alpha)]}{1 - \cos \beta_1}$$

и для данных числовых значений  $R_1 = 186,3$  м.

Стрелка № 1 будет отстоять от точки А по вертикали вниз на:

$$R_1(1 - \cos \beta_1) + b_1 \sin \beta_1$$

и при данных численных значениях на 16,2 м. Величина эта будет тем больше чем больше угол  $\beta_1$  и чем больше радиус  $R_1$  или соответственно  $R_2$ . Иногда радиусом  $R_2$  задаются, исходя из того условия, чтобы радиус  $n$ -го пути  $R_n$  равнялся радиусу  $R_0$  путей парка; тогда:

$$R_2 = R_n - (n - 2) \frac{L_p \cos \beta_1}{\sin(\beta_1 - \alpha)};$$

конечно, при этом  $R_2$  не должен быть менее принятого для станционных путей минимального радиуса.

Величина горизонтальной проекции расстояния от первой стрелки до линии АВ для пути II будет:

$$l_2 = \alpha_1 \cos \beta_1 + b_1 \cos(\beta_1 - \alpha) + R_2 \sin(\beta_1 - \alpha).$$

То же для пути I:

$$l_1 = L_p \cos \beta_1 + R_1 \sin \beta_1,$$

для данных цифровых величин  $l_2 = 96,03$  м и  $l_1 = 88,89$  м.

Горизонтальные проекции расстояний между стрелками равны:

$$L_p \cos \beta_1 = 27,5 \cdot 0,941075 = 25,88 \text{ м.}$$

Конец кривой радиуса  $R_1$  не доходит на величину  $l_2 - l_1 = 7,14$  м до линии АВ.

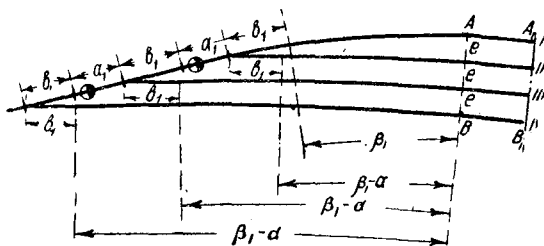
Если бы  $l_1$  было больше  $l_2$ , то можно устроить прямую вставку длиной  $l_1 - l_2$  между хвостом  $q$  крестовины стрелки № 1 и кривой пути  $I$ , уменьшив величину радиуса  $R_1^1$ , либо оставить длину  $l_1$  без изменения, а радиус выправить по черт. 306.

Если мы возьмем угол  $\beta_1$  меньше, чем он получится по ур-нию (4), то расстояние  $L_p'$  между стрелками увеличится, причем величины радиусов в соответствии с увеличением  $L_p'$  будут расти быстрее; если  $L_p$  останутся без изменения, то будем получать между кривыми путей парка и кривыми стрелочных переводов прямые вставки, постепенно увеличивающиеся с увеличением нумерации путей по чертежу. Эти вставки исчезнут, если мы возьмем вместо линии  $AB$  некоторую новую линию  $A_1B_1$  вправо по чертежу от линии  $AB$ .

Стрелочную улицу с прямыми вставками между кривыми не следует применять, т. к. лучше использовать эти вставки для увеличения радиусов. Если углу  $\beta_1$  дать значение, большее определяемого вышеприведенным уравнением, то кривые начнут заходить вправо от линии  $AB$ ; величина захода за пределы линии  $AB$  будет увеличиваться с нумерацией путей по черт. 307. Для каждого из путей придется выправить радиус по черт. 306.

Пусть все данные для стрелочной улицы остаются те же, что и для предшествующего примера, кроме того,  $R_0 = 1200$  м для пути  $I$ , а для прочих путей величина  $R_0$  уменьшается последовательно на величину  $e$ ; далее  $\beta_1 = 22^\circ$ , тогда:

$$R_3 = R_2 + \frac{L_p \sin \beta_1 - e}{1 - \cos(\beta_1 - \alpha)} = 300 + \frac{27,5 \cdot 0,37461 - 4,9}{0,03712} = 300 + 145,5 = 445,5 \text{ м.}$$



Черт. 307.

В этом случае увеличение радиусов идет не столь интенсивно ( $145,5 \text{ м} < 165 \text{ м}$  определенных выше).

Горизонтальная проекция расстояния от стрелки № 1 до конца кривой пути  $II$  радиуса  $R_2$  будет:

$$l_2 = a_1 \cos \beta_1 + b_1 \cos(\beta_1 - \alpha) + R_2 \sin(\beta_1 - \alpha).$$

Если для третьего пути будем считать расстояние  $l_3'$  конца кривой  $R_3$  тоже от стрелки № 1, что удобно для определения величин заходов за линию  $AB$ , то получим:

$$l_3' = R_3 \sin(\beta_1 - \alpha) + b_1 \cos(\beta_1 - \alpha) - b_1 \cos \beta_1;$$

и далее:

$$l_4' = R_4 \sin(\beta_1 - \alpha) + b_1 \cos(\beta_1 - \alpha) - (L_p + b_1) \cos \beta_1;$$

$$l_5' = R_5 \sin(\beta_1 - \alpha) + b_1 \cos(\beta_1 - \alpha) - (2L_p + b_1) \cos \beta_1;$$

$$l_n' = R_n \sin(\beta_1 - \alpha) + b_1 \cos(\beta_1 - \alpha) - [n - 3] L_p + b_1 \cos \beta_1.$$

Так как радиусы увеличиваются по определенному закону, то, вычислив  $l_3'$ , получим:

$$l_4' - l_3' = \frac{L_p \sin \beta_1 - e}{1 \cos(\beta_1 - \alpha)} \sin(\beta_1 - \alpha) - L_p \cos \beta_1 = \lambda_0;$$

$$l_5' - l_3' = 2 \frac{L_p \sin \beta_1 - e}{1 - \cos(\beta_1 - \alpha)} \sin(\beta_1 - \alpha) - 2L_p \cos \beta_1 = 2\lambda_0;$$

$$l_6' - l_3' = 3 \frac{L_p \sin \beta_1 - e}{1 - \cos(\beta_1 - \alpha)} \sin(\beta_1 - \alpha) - 3L_p \cos \beta_1 = 3\lambda_0;$$

$$l_n' - l_3' = (n - 3) \frac{L_p \sin \beta_1 - e}{1 - \cos(\beta_1 - \alpha)} \sin(\beta_1 - \alpha) - (n - 3) L_p \cos \beta_1 = (n - 3)\lambda_0.$$

<sup>1</sup> Т. е. уменьшить касательную на  $l_1 - l_2 = l_0$ , и получим уменьшение длины радиуса на  $186,3 - \frac{l_0}{\text{tg } \frac{\beta_1}{2}}$ .

$$l_3' = 445,5 \cdot 0,26992 + 15,5(0,962882 - 0,927184) = 120,8 \text{ м};$$

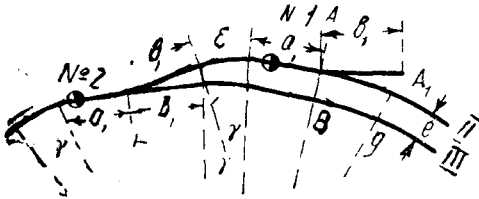
$$l_4' - l_3' = 145,5 \cdot 0,26992 - 27,5 \cdot 0,927184 = 13,77 = \lambda_0;$$

$$l_5' - l_3' = 2\lambda_0 = 27,54 \text{ м}.$$

Уничтожая выступы  $\lambda_0$ ,  $2\lambda_0$  и т. д., будем уменьшать полученные радиусы по черт. 306.

### § 50. Стрелочная улица с изменяющимся углом наклона парковых путей

Выше (черт. 302) было указано, что стрелочную улицу приходится наклонять под углом бóльшим, нежели угол крестовины, т. к., если угол пересечения линии  $AC$  с путем  $I$  равен  $\alpha$ , то с путем  $II$  этот угол будет менее  $\alpha$ , с путем  $III$  еще менее; означенное обстоятельство приводит к необходимости стрелочную улицу направлять по  $CD$  под углом  $\alpha$  (или углом, близким к этой величине) к крайнему внутреннему пути. Применяя кривые радиуса  $r$  на самой стрелочной улице между стрелками, мы можем не делать угла наклона слишком большим.



Черт. 308.

Пусть пути парка расположены на концентричных кривых; пусть радиус пути  $III = R_3$ , пути  $II = R_3 + e$ ; пусть угол кривой между стрелками равен  $\gamma$ ; кривая пути  $III$  доходит до хвоста крестовины стрелки № 2 (черт. 308).

Проектируя линию  $AEFG$  на  $AB$ , получим:

$$e = \left[ L_p + r \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \right] \sin \alpha + \left( r \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} + b_1 \right) \sin (\alpha + \gamma) - \left( R_3 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} + b_1 \right) \sin \gamma.$$

Откуда:

$$r = R_3 \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha + \sin (\alpha + \gamma)} + \frac{e - L_p \sin \alpha - b_1 [\sin (\alpha + \gamma) - \sin \gamma]}{\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} [\sin \alpha + \sin (\alpha + \gamma)]}. \quad (1)$$

Такую же зависимость мы получим для любой пары путей, причем вместо  $R_3$  надо поставить значение радиуса соответственно номера пути.

Имея в виду, что проекции линий  $AEF$  и  $FG$  на направление, перпендикулярное  $AB$ , равны, получим:

$$\begin{aligned} L_p \cos \alpha + r \operatorname{tg} \gamma [\cos \alpha + \cos (\alpha + \gamma)] + b_1 \cos (\alpha + \gamma) = \\ = b_1 \cos \gamma + R_3 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} (1 + \cos \gamma). \end{aligned}$$

Откуда:

$$r = R_3 \frac{1 + \cos \gamma}{\cos \alpha + \cos (\alpha + \gamma)} - \frac{L_p \cos \alpha + b_1 [\cos (\alpha + \gamma) - \cos \gamma]}{\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} [\cos \alpha + \cos (\alpha + \gamma)]}.$$

Приравнявая друг другу вторые части уравнений, получим:

$$\begin{aligned} R_3 \left[ \frac{1 + \cos \gamma}{\cos \alpha + \cos (\alpha + \gamma)} - \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha + \sin (\alpha + \gamma)} \right] = \frac{e - L_p \sin \alpha - b_1 [\sin (\alpha + \gamma) - \sin \gamma]}{\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} [\sin \alpha + \sin (\alpha + \gamma)]} + \\ + \frac{L_p \cos \alpha + b_1 [\cos (\alpha + \gamma) - \cos \gamma]}{\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} [\cos \alpha + \cos (\alpha + \gamma)]}. \quad (2) \end{aligned}$$

Если даны  $L_p$  и  $\alpha$ , то выведенное уравнение дает зависимость между  $R_3$  и углом  $\gamma$ ; для практических целей удобнее было бы по данному  $R_3$  определить  $\gamma$ , однако приходится определять  $\gamma$  попытками, и после определения  $\gamma$  опреде-

лится и  $r$ . Следует иметь в виду, что величина  $\gamma$  весьма мало будет изменяться для значений радиусов, разнящихся на величины расстояний между осями путей (в виду концентричности кривых путей парка), поэтому за расчетное  $R_3$  можно было бы взять среднее значение  $R_c$  для  $n$  путей парка. Чем больше радиус путей, тем меньше при этом будет погрешность. В таблице 41 вычислены для разных значений  $\gamma$  величины  $R$  и  $r$  для  $e = 4,9$  м;  $L_p = 27,5$  м;  $\text{tg } \alpha = 1/9$  и  $1/8$ ;  $L_t = 25$ ;  $a_1 = 12$  м,  $b_1 = 15,5$  м.

Вставляя эти значения и разные величины  $\gamma$  в уравнение (2), получаем  $R_3$ , а вставляя в уравнение (1) все данные и величину  $R_3$ , получим  $r$ . Ниже приводятся необходимые тригонометрические величины в таблице 41 и в таблице 42 значения  $R_3$  и  $r$  для разных углов  $\gamma$ .

Таблица 41

Тригон. вел. $\gamma$	$\cos \gamma$	$\cos \alpha$	$\cos (\alpha + \gamma)$	$\sin \gamma$	$\sin \alpha$	$\sin (\alpha + \gamma)$	$\text{tg } \frac{\gamma}{2}$
$\gamma = 1^\circ$	0,999848	0,993884	0,991815	0,017452	0,11043	0,127762	0,008727
$\gamma = 2^\circ$	0,999391	0,993884	0,989424	0,034900	0,11043	0,145052	0,017455
$\gamma = 3^\circ$	0,998633	0,993884	0,986742	0,052336	0,11043	0,162298	0,026186
$\gamma = 4^\circ$	0,997564	0,993884	0,983758	0,069757	0,11043	0,179494	0,034921

Таблица 42

Величина угла $\gamma$	При $\text{tg } \alpha = 1/9$		При $\text{tg } \alpha = 1/8$	
	$R_3$	$r$	$R_3$	$r$
$1^\circ$	2642	1092	2524	959
$2^\circ$	1384	667	1313	537
$3^\circ$	967	448	911	395
$4^\circ$	754	377	710	324

В этом типе пути парка сохраняют свой радиус до примыкания к крестовине; концы кривых (черт. 308) в точках  $A$ ,  $A'$  и т. д. образуют ступени.

Так как парковые пути устраиваются на кривых радиуса не менее 1200 м и редко менее 800 м, то значения для  $r$  получаются вполне допустимые.

Наклон стрелочной улицы в пределах между путями  $I$  и  $II$  не может быть менее угла  $\alpha$  крестовины стрелки; далее угол наклона постепенно увеличивается на угол  $\gamma$ , так что в нижнем (по чертежу) конце угол наклона стрелочной улицы будет, считая относительно касательной в точке  $A$  к пути  $I$ :

$$\begin{aligned} &\text{при трех путях } \alpha + \gamma \\ &\quad \text{„ четырех „ } \alpha + 2\gamma \\ &\quad \text{„ } n \quad \text{„ } \alpha + (n-2)\gamma. \end{aligned}$$

Величины ступеней будут тем меньше, чем больше радиус; наименьшая величина ступени получается при радиусе, равном бесконечности. Из предшествующей таблицы мы видим, что угол растет быстрее, нежели уменьшение радиуса. Длина ступени для угла в  $1^\circ$  и радиуса 2642 м равна 46,10 м (для  $\text{tg } \alpha = 1/9$ ), для угла в  $2^\circ$  и радиуса 1384 м равна 48,3 м. Для  $R = \infty$  величина ступени  $4,9 \cdot 9 = 44,1$  м. Расстояния между стрелками, равные длине  $L_p$  (равной 27,50 м),<sup>1</sup> сложенной с длиной дуги радиуса  $r + \frac{s}{2}$ , также растут с уменьшением радиуса  $R + \frac{s}{2}$  и наименьшими будут при радиусе, равном бесконеч-

<sup>1</sup> Длина 46,10 м представляет длину дуги при угле  $1^\circ$  и радиусе  $R = 2642$  м.

ности, что соответствует черт. 303, для которого расстояние между стрелками при  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$  будет равно  $\frac{4,9}{\sin \alpha} = 44,37$  м.

Величины ступеней для определенных в предшествующей таблице радиусов и для радиуса, равного бесконечности (черт. 303), приведены в таблице 43; также вычислены расстояния между стрелками для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$  и  $\operatorname{tg} \alpha = 1/8$ <sup>1</sup>.

Таблица 43

Величина углов	Для вычисленных в предшеств. таблице радиусов и $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$		Для вычисленных в предшеств. таблице радиусов и $\operatorname{tg} \alpha = 1/8$	
	величина ступени	расстояние между стрелками	величина ступени	расстояние между стрелками
$0^\circ$ и $R = \infty$	44,10 м	44,37 м	39,20 м	39,50 м
$1^\circ$	46,10 „	46,56 „	44,04 „	44,23 „
$2^\circ$	48,30 „	48,68 „	46,82 „	46,24 „
$3^\circ$	50,62 „	50,95 „	47,69 „	48,18 „
$4^\circ$	52,63 „	53,81 „	49,56 „	50,12 „

Из таблицы видно, насколько целесообразно для парковых путей на кривых применять более крутые углы крестовины.

Устраивая стрелочную улицу так, чтобы пути доходили до крестовин таким же радиусом, каким они идут на протяжении всего парка, мы получаем парк, в котором стрелочная улица нисколько не искажает парковых путей; длина ступеней и расстояние между стрелками получаются большие (например, для  $R = 967$  м, и  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$ , длина ступени = 50,62 м, расстояние между стрелками = 50,95 м); если при подходе к стрелочной улице увеличить значение  $R$ , то конец парка и все стрелки поднимутся (по чертежу), но длина ступеней уменьшится, и точно так же уменьшится расстояние между стрелками (например, делая  $R = 2642$  м, получим для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/9$  длину ступени 46,10 м и расстояние между стрелками 46,50 м; устраивая концы путей на прямых (по черт. 303), мы достигаем минимальных значений ступеней, с отодвижкой входного конца стрелочной улицы вверх (по чертежу), но сохраняем параллельность всех парковых путей. Если желательно еще более уменьшить расстояние между стрелками, чем то достигается черт. 303, то переходим к черт. 305, в котором стрелки сближаются более, чем то имеет место по черт. 303, но зато параллельность парковых путей сохраняется лишь до линии АВ, а от линии АВ расстояния между путями постепенно уменьшаются, причем радиусы путей увеличиваются вместе с нумерацией путей по черт. 305.

Вместо расположения кривой радиуса  $r + \frac{s}{2}$  между стрелками можно эту кривую расположить в пределах стрелочного перевода, т. е. в этом случае применение стрелки по черт. 205 будет вполне уместным.

Применяем для перевода по черт. 205 следующие обозначения:

- $x$  — абсцисса центра крестовины;
- $y$  — ордината центра крестовины;
- $\varphi$  — угол поворота (на черт. 308 обозначен через  $\gamma$ );
- $\alpha$  — угол крестовины;
- $x'$  — прямая вставка между стрелками (черт. 309).

Абсцисса  $x$  наклонена под углом  $(\varphi + \alpha)$  к хвосту крестовины, выходящей на путь II, а ордината  $y$  наклонена к той же линии под углом  $90^\circ + \varphi + \alpha$ .

<sup>1</sup> Значения  $L_p$ ,  $p$  и  $q$  приняты для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/8$  такие же, что и для  $\operatorname{tg} \alpha = 1/6$ .

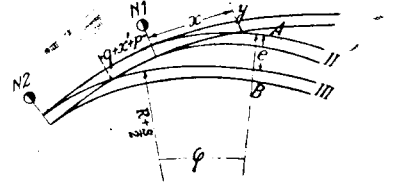
Проектируя на  $AB$ , получим:

$$x \sin(\alpha + \varphi) - y \cos(\alpha + \varphi) + (p + x' + q) \sin(\alpha + \varphi) + s \cos(\alpha + \varphi) - \left[ q + \left( R + \frac{s}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \right] \sin \varphi = e.$$

Приравнявая горизонтальные проекции, получим:

$$q + y \sin(\alpha + \varphi) + (x + x' + p + q) \cos(\alpha + \varphi) - s \sin(\alpha + \varphi) = q \cos \varphi + \left( R + \frac{s}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} (1 + \cos \varphi).$$

В данном случае мы вводим перевод с определенным углом поворота и допускаем возможность устройства прямой вставки  $x'$ ; если бы радиусы и углы перевода также ввести в сравнения, то получаются очень сложные выводы; поэтому предполагаем, что перевод применяется с определенным углом поворота  $\varphi$ . Если угол поворота не подходящ, то нужно спроектировать другой перевод. Из каждого уравнения определяем значение  $R + \frac{s}{2}$ ; из первого уравнения:



Черт. 309.

$$R + \frac{s}{2} = \frac{(x + x' + p + q) \sin(\alpha + \varphi) - (y - s) \cos(\alpha + \varphi) - q \sin \varphi - e}{1 - \cos \varphi}.$$

Из второго уравнения получаем:

$$R + \frac{s}{2} = \frac{(x + x' + p + q) \cos(\alpha + \varphi) + (y - s) \sin(\alpha + \varphi) + q(1 - \cos \varphi)}{\sin \varphi}$$

и приравнявая  $R + \frac{s}{2}$  друг другу, получим:

$$\frac{1 - \cos \varphi}{\sin \varphi} = \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{(x + x' + p + q) \sin(\alpha + \varphi) - (y - s) \cos(\alpha + \varphi) - q \sin \varphi - e}{(x + x' + p + q) \cos(\alpha + \varphi) + (y - s) \sin(\alpha + \varphi) + q(1 - \cos \varphi)}.$$

Откуда:

$$x' = \frac{e + (y - s) \left[ \sin(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \cos(\alpha + \varphi) \right] + q(1 - \cos \varphi) \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \sin(\alpha + \varphi) - \cos(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}}{\sin(\alpha + \varphi) - \cos(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \sin \varphi + \cos(\alpha + \varphi) \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} - \sin(\alpha + \varphi)} = -(p + x).$$

Для значений<sup>1</sup>:  $e = 4,9$  м,  $y = 1,965$  м,  $x = 29,81$  м,  $q = 2,0$  м,  $\alpha = 5^\circ 11' 40''$ ,  $\varphi = 1^\circ 50' 2''$ ,  $p = 0,9$  м, получим  $x' \approx 17$  м и  $R \approx 1400$  м, т. е. данный перевод применим для парковых путей с таким радиусом.

Следует иметь в виду, что если полученный радиус немного отличается от радиуса путей парка, то при подходе к стрелочной улице можно изменить величину радиуса путей.

<sup>1</sup> См. пример § 17.

**ПУТИ, ВЕДУЩИЕ К ПАРОВОЗНОМУ ЗДАНИЮ И ПОВОРОТНОМУ КРУГУ. ОБСЛУЖИВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВОРОТНЫМИ КРУГАМИ<sup>1</sup>**

На железных дорогах встречаются применение три типа паровозных зданий:

- 1) прямоугольное,
- 2) веерное и
- 3) ступенчатое.

В веерное паровозное здание паровоз входит через поворотный круг, который вместе с тем служит и для поворачивания паровозов.

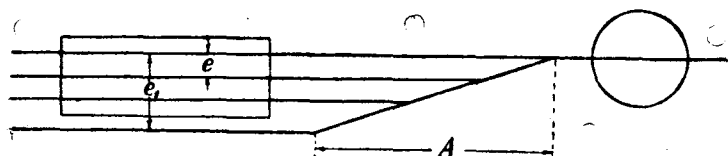
В ступенчатое здание паровоз входит, проходя лишь через стрелочные переводы, поворотный же круг может быть расположен на особом пути.

Прямоугольные паровозные здания могут либо обслуживаться поворотным кругом, через который паровозы должны пройти, чтобы попасть в паровозное здание, либо поворотный круг расположен на особом пути.

**§ 51. Пути при прямоугольном паровозном здании**

Расстояние между осями путей в паровозном здании зависит от конструкции паровозного здания. При сооружении паровозного здания ворота его устраиваются по высоте согласно габариту подвижного состава, а не габариту приближения строений; ввиду

чего высота ворот, считая от головки рельса, равна 5,25 м, ширина же ворот делается несколько шире величины габарита подвижного состава, равного 3,60 м, а именно делается равной 4,10 м.



Черт. 310.

Расстояния между осями ворот зависят от того, является ли депо основным или оборотным, и должно быть в соответствии с указаниями приложения.

Диаметр поворотного круга для линий магистрального типа для мощных паровозов около 30 м (30,2 м) и в 25,2 м для маломощных паровозов. При прямоугольных паровозных зданиях всегда есть возможность устроить поворотный круг по черт. 310, соединив предварительно стрелочной улицей все параллельные пути, причем при угле наклона стрелочной улицы  $\frac{1}{n}$  расстояние  $A = ne_1$ , где  $e_1$  равно расстоянию между крайними путями.

В тех случаях, когда расстояние  $A$  получается очень большим и при недостатке места на станции, можно соединить параллельные пути одним из следующих способов.

1. Пусть один из параллельных путей сохраняет прямолинейное направление (черт. 311).

Радиус поворотного круга  $r = 15,1$  м, 12,6 м или 9,9 м; величина прямой вставки между поворотным кругом и началом кривой равна  $a$ ; расстояние между путями  $e$ ; радиус кривой пути  $R$ ; угол кривой  $\beta$  и горизонтальная проекция

<sup>1</sup> См. по вопросу об устройстве паровозных зданий приложение: „Временные правила устройства, оборудования и содержания депо“.



расстояния между центрами поворотного круга и началом кривой равна  $l$ ; тогда:

$$e = (r + a) \sin \beta + R (1 - \cos \beta) \quad (1)$$

$$l = (r + a) \cos \beta + R \sin \beta. \quad (2)$$

Из шести неизвестных, входящих в уравнения (1) и (2), четыре должны быть даны и два определяться; для того чтобы пути не пересекались вне пределов круга, т. е. чтобы не приходилось прибегать к крестовинам (черт. 311), должно быть:

$$\sin \frac{\beta}{2} \geq \frac{s}{2r} \quad \text{или для } 2r = 30,2 \text{ м} - \beta \geq 5^\circ 47' 6''; \quad \text{для } 2r = 25,2 \text{ м} - \beta \geq 6^\circ 56' 4'',$$

$$\text{для } 2r = 19,8 - \beta = 8^\circ 49' 44''.$$

Величинами заданными обыкновенно являются:  $e$ ,  $r$ ,  $a$  и  $R$ ; величиной  $a$  надо задаваться в 2—5 м и  $R$  — от 150 до 180 м; для определения  $l$  и  $\beta$ , принимая во внимание, что  $\beta$  входит в виде тригонометрической величины, принимаем  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{r+a}{R}$ , и, следовательно,  $\varphi$  будет величиной определенной; деля уравнение (1) на  $R$ , получим:

$$\frac{e}{R} = \operatorname{tg} \varphi \sin \beta + (1 - \cos \beta) \quad \text{или} \quad \frac{R-e}{R} = \cos \beta - \operatorname{tg} \varphi \sin \beta \quad (3)$$

и

$$\frac{R-e}{R} \cos \varphi = \cos \beta \cos \varphi - \sin \varphi \sin \beta = \cos (\varphi + \beta). \quad (3)$$

После определения угла  $\beta$  определяется и  $l$ .  
Пример.

$$e = 6 \text{ м}, \quad R = 180 \text{ м}; \quad a = 2,5 \text{ м}.$$

$$r = 15,1 \text{ м}, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{17,6}{180} = 0,097778$$

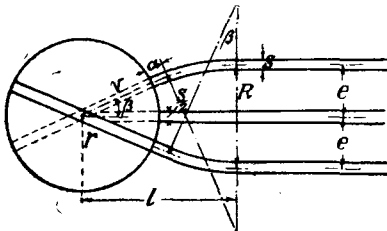
$$\cos \varphi = 0,995254; \quad \varphi = 5^\circ 35' 4''.$$

$$\cos (\varphi + \beta) = \frac{R-e}{R} \cos \varphi = 0,966667 \cdot 0,995254 = 0,962079.$$

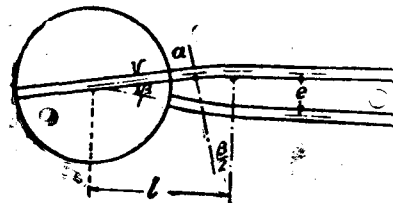
$$\varphi + \beta = 15^\circ 49' 45'' \quad \text{и} \quad \beta = 10^\circ 14' 45'',$$

$$l = 49,33 \text{ м}.$$

Если с другой стороны пути находился бы такой же путь на расстоянии  $e$ , то расчет для него был бы такой же.



Черт. 311.



Черт. 312.

2. В предыдущем случае длина  $l$  получается довольно значительной; ради уменьшения этой длины, когда на поворотный круг идут всего два пути, можно устраивать оба пути с кривыми радиуса  $R$ . Считая, что оба пути подходят к поворотному кругу симметрично, угол кривой каждого пути будет равен  $\frac{\beta}{2}$  (черт. 312).

Аналогично равенствам, написанным для предыдущего случая, получим:

$$\frac{e}{2} = (r + a) \sin \frac{\beta}{2} + R \left(1 - \cos \frac{\beta}{2}\right) \quad (4)$$

$$l = (r + a) \cos \frac{\beta}{2} + R \sin \frac{\beta}{2}. \quad (5)$$

Вводя дополнительный угол  $\varphi$  и  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{r+a}{R}$ , получим:

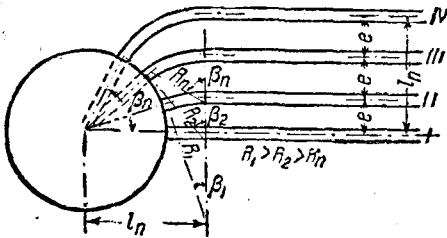
$$\cos \left(\varphi + \frac{\beta}{2}\right) = \frac{R - \frac{e}{2}}{R} \cos \varphi.$$

Для предыдущего примера получим:

$$\cos \left(\varphi + \frac{\beta}{2}\right) = 0,978667, \quad \varphi + \frac{\beta}{2} = 11^\circ 51' 22'', \quad \beta = 12^\circ 32' 36''.$$

Значительная величина угла  $\beta$  и  $l$  указывает на то, что значения  $R$  и  $e$  могли бы быть меньшими и применять крестовины все-таки не пришлось бы.

3. Может встретиться необходимость выпустить ряд параллельных путей на поворотный круг. Назначая для крайнего пути величину радиуса  $R_n$  и полагая заданными  $r + a$ , а также расстояние крайнего пути от первого  $e_n$ , получим (черт. 313):



Черт. 313.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{r+a}{R_n};$$

далее:

$$\cos \left(\varphi + \beta_n\right) = \frac{R_n - e_n}{R} \cos \varphi.$$

Принимая, что при подходе к поворотному кругу расстояния между осями путей будут равны, надо величину  $\beta_n$  разделить на  $n-1$ , и тогда для каждого пути, полагая  $r + a$ , а также  $e$  и  $\beta_n$ ,  $\beta_{n-1}$ ,  $\beta_{n-2}$  заданными, будем получать величины  $l_n$ ,  $l_{n-1}$ ,  $l_2$ ,  $l_1$  и  $R_n$ ,  $R_{n-1}$ ,  $R_1$ .

Пример. Пусть имеется 4 пути с междупутьями по 6 м,  $R_n = 160$  м,  $e_n = 3e = 18$  м,  $a = 2,5$  м,  $r + a = 17,6$  м и  $\varphi = 5^\circ 35' 4''$ .

$$\cos \left(\varphi + \beta_n\right) = \frac{160 - 18}{160} \cdot 0,995254 = 0,883288,$$

$$\varphi + \beta_n = 27^\circ 57' 30'', \quad \beta_n = 22^\circ 22' 26'' \text{ и } \frac{\beta_n}{3} = 7^\circ 27' 29'', \text{ т. е. крестовины не будет.}$$

Найдя  $\beta_n$ , мы получим:

Для крайнего пути, вставляя радиус  $R_n = 160$  м и  $\beta_n = 22^\circ 22' 26''$ , получаем длину  $l_n$ . Далее, для третьего пути, по заданному  $2e = 12$  м, определяется радиус  $R_3$  из ур-ния (1), и, далее, вставляя  $R_3$  в ур-ние (2), получаем длину  $l_3$ . В таблице 44 приведены результаты вычислений.

Таблица 44

№№ путей	$R$	$e_n$	$l_n$
IV	160 /	18	77,17
III	221,7	12	74,07
II	439,3	6	74,47

Из таблицы видно, что величины  $l$  очень мало отличаются друг от друга.

## § 52. Пути при веерном паровозном здании

Пути, ведущие от поворотного круга к паровозному зданию, могут не пересекаться, пересекаться один раз и наконец пересекаться несколько раз.

Для случая, когда пересечения не получится, будем иметь (по черт. 314)

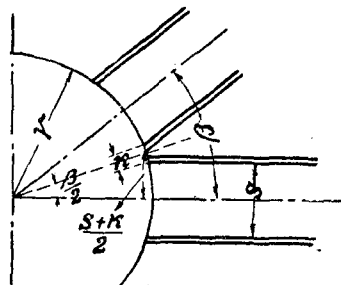
$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{s+k}{2r}, \quad (1)$$

причем значение  $k$  не должно быть менее ширины  $v$  головки рельса, т. е. каждый из сходящихся рельсов срезается до толщины полуголовки.

Для трех диаметров поворотных кругов и двух смежных рельсов, составляющих  $2v$ ,  $v$  и острие, получим значения угла  $\beta$ , показанные в таблице 45.

Таблица 45

Смежные рельсы $2r$	$2v$ (120 мм)	$v$ (60 мм)	0
30,2	6°13'54''	6°0'18''	5°46'40''
25,2	7°27'54''	7°11'36''	6°55'35''
19,8	9°29'34''	9°8'52''	8°48'10''



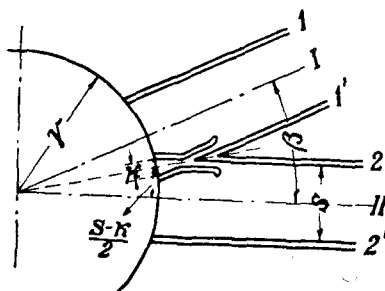
Черт. 314.

Для случая, когда получается одно крестовинное пересечение, угол  $\beta$  определяется (черт. 315) из следующего соотношения:

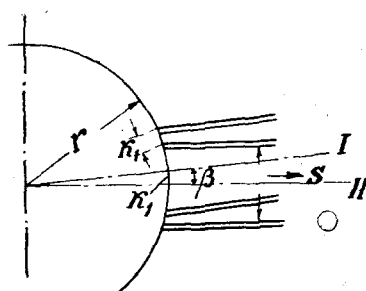
$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{s-k}{2r}, \quad (2)$$

причем минимальная величина  $k$  определяется в зависимости от размеров крестовины.

По мере того как крестовинные пересечения удаляются от поворотного круга, рельс 2 второго пути приближается к рельсу 1 первого пути (черт. 315),



Черт. 315.



Черт. 316.

а рельс 1' первого пути к рельсу 2' второго пути; расстояние между осями рельсов  $k_1$  у края поворотного круга (черт. 316) должно удовлетворять условию:

$$k_1 > v + 45 \text{ мм},$$

где  $v$  — ширина головки рельса, а 45 мм — наименьшая ширина жолоба для прохода гребня колесного ската паровоза.

Для поворотного круга данного радиуса  $r$  величины  $s-k$  и  $k_1$  дают предельные значения для одного крестовинного пересечения.

Величина угла  $\beta$  зависит от радиуса паровозного здания и требуемого расстояния между осями входных ворот.

Пусть радиус внутренней стены паровозного здания  $R$  и расстояние между осями ворот  $c$ , тогда

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{c}{2R}. \quad (3)$$

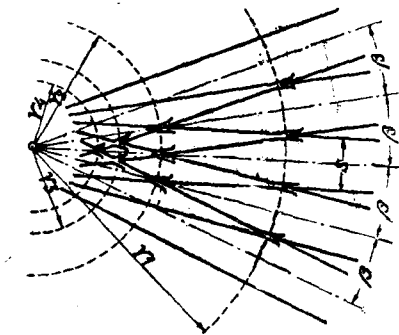
Величины  $r_1, r_2, r_3$  определяется (черт. 317) из следующих соотношений:

$$r_1 = \frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}; r_2 = \frac{s}{2 \operatorname{tg} \beta}; r_3 = \frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{3\beta}{2}}; r_4 = \frac{s}{\operatorname{tg} 2\beta}. \quad (4)$$

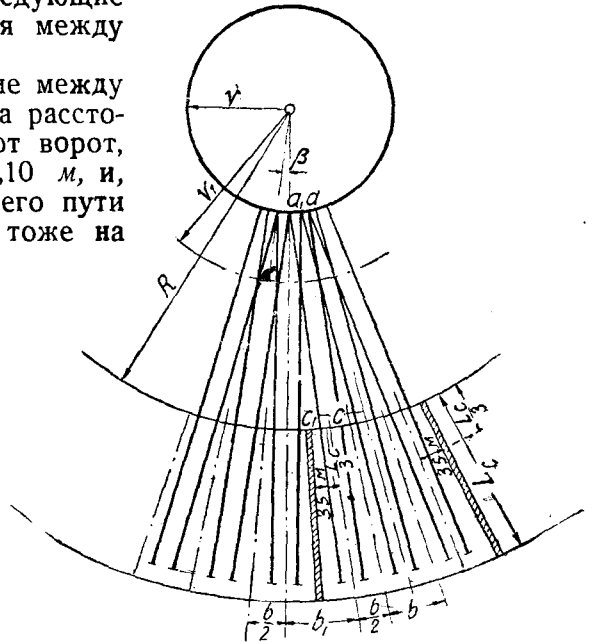
При радиусе поворотного круга более  $r_1$  крестовинных пересечений не будет; при радиусе поворотного круга в  $r_1$  смежные рельсы будут оканчиваться остриями; при радиусе поворотного круга менее  $r_1$ , но более  $r_2$ , будет одна система крестовинных пересечений, расположенных в расстоянии  $r_1$  от центра поворотного круга; при радиусе менее  $r_2$ , но более  $r_3$ —две системы крестовинных пересечений и т. д. (черт. 317).

В приведенных в приложении „Временных правилах устройства, оборудования и содержания депо и прочих тягово-эксплуатационных устройств на железных дорогах“ упоминаются следующие данные для определения расстояния между осями ворот.

Для основного депо: расстояние между осями стоек должно быть 5,80 м на расстоянии одной трети полной длины от ворот, ширина ворот в свету не менее 4,10 м, и, наконец, расстояние от оси крайнего пути до ближайшей стены равно 3,5 м, тоже на



Черт. 317.



Черт. 318.

расстоянии одной трети от ворот. На черт. 318 показано расстояние в 3,5 м на расстоянии  $L:3$  от ворот.

Для оборотного депо: расстояние между осями стоек (без колонн) равно 5,20 м на расстоянии одной трети от ворот, и расстояние 3 м до стены тоже на одной трети.

При расчете путей, ведущих к паровозному зданию, исходят:

1. Из условия, что марки крестовин заданы; причем могут быть заданы как крестовины, получающиеся при пересечении смежных путей данной секции (например  $\operatorname{tg} \beta_1 = 1/11$ ), а также и марки крестовины при пересечении смежных путей, находящихся у продольной стены, но в разных секциях (например  $\operatorname{tg} \beta_2 = 1/9$ ). Возможно также задаваться углами крестовин для смежных внутрисекционных путей, а для смежных путей, находящихся у продольной стены, предвидеть специальные углы крестовин; наконец, возможно, что для смежных к продольной стене путей крестовинного пересечения не получится.

2. Из условия определенного расположения головок рельсов у края поворотного круга, как например два смежных рельса образуют две головки рельса или одну головку рельса.

Стены веерного паровозного здания — передняя (ближайшая к поворотному кругу) и задняя являются многоугольными и вписанными или описанными. Так как веерные здания должны быть на протяжении своей ширины расположены на прямой, то переломы надо делать посредине расположенных между воротами столбов. Если радиусом передней стены будем считать расстояние от

центра поворотного круга до ворот, то (черт. 319) паровозное здание будет описано вокруг окружности радиуса  $R$ , и, обозначая расстояние между срединами столбов через  $C$ , получим:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{C}{2R}. \quad (5)$$

Прямая  $C$  между центрами столбов будет касательна к окружности.

Если (черт. 320) мы за радиус будем считать расстояние от центра поворотного круга до середины столба, то:

$$\sin \frac{\beta_1}{2} = \frac{C}{2R}. \quad (6)$$

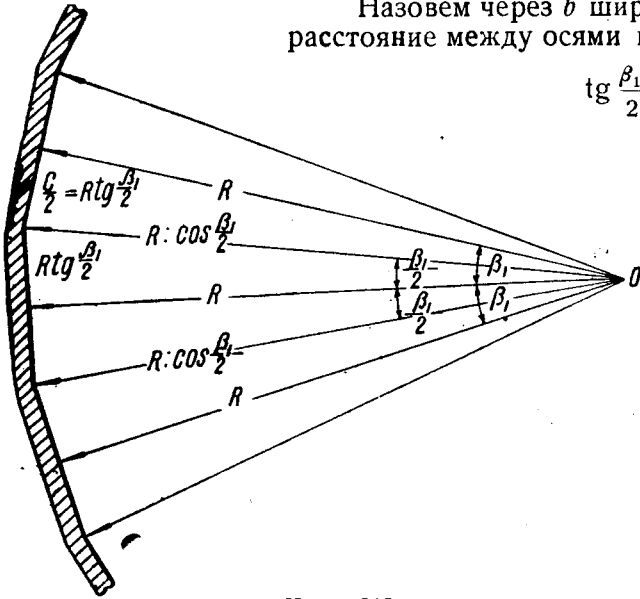
В этом случае прямая между серединами столбов будет хордой, и паровозное здание будет вписано в окружность.

Угол  $\beta_1$  по ур-нию (5) будет несколько меньше, чем угол  $\beta_1$  по ур-нию (6).

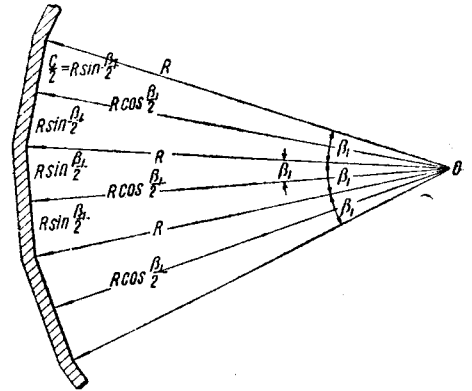
Мы будем предполагать, что паровозное здание многоугольник, описанный вокруг окружности, т. е. будем руководствоваться расположением по черт. 319 и уравнением (5).

Назовем через  $b$  ширину столба между воротами, тогда расстояние между осями ворот будет  $4,10 + b$ , и получим:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{4,10 + b}{2R}. \quad (7)$$



Черт. 319.



Черт. 320.

Обозначая длину паровозного здания внутри между стенками (передней и задней) через  $L$ , получим, что на расстоянии  $R + b + \frac{L}{3}$  от центра поворотного круга расстояние между смежными путями должно быть для основного депо  $5,8$  м, а для оборотного  $5,2$  м, т. е.:

а) Для основного депо:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{5,8}{2\left(R + b + \frac{L}{3}\right)}. \quad (8)$$

б) Для оборотного депо:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{5,2}{2\left(R + b + \frac{L}{3}\right)}. \quad (9)$$

Как было указано выше, угол  $\beta_1$  обычно задан и тогда из ур-ний (7—9) получим значение  $R$ :

$$R = \frac{4,10 + b}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}}. \quad (7')$$

$$R = \frac{2,9}{\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}} - \frac{L}{3} - b. \quad (8')$$

$$R = \frac{2,6}{\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}} - \frac{L}{3} - b. \quad (9')$$

Значение  $R$  должно быть принято наибольшее для основного депо из ур-ний (7') и (8'), а для оборотного из ур-ний (7') и (9').

Для каждой пары путей смежных секций должно быть выполнено условие при толщине продольной стены  $b_1$ :

а) Для основного депо:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{3,5 + \frac{b_1}{2}}{R + b + \frac{L}{3}}. \quad (10)$$

б) Для оборотного депо:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{3 + \frac{b_1}{2}}{R + b + \frac{L}{3}}. \quad (11)$$

Так как  $R$  определено, то получаются величины углов  $\beta_2$ .

После определения  $R$ ,  $\beta_1$  и  $\beta_2$  определяем число стоек в секциях и число секций, причем в веерном здании сумма углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  должна быть около  $180^\circ$ .

Столбам между воротами и их углам (посредине ворот) соответствуют такие же углы на задней стенке.

Называя расстояние между осями столбов у ворот  $C$ , получим на задней стене расстояние  $C_1$  между серединами столбов (черт. 321):

$$C_1 = C \frac{R + b + L}{R} = C \left(1 + \frac{b + L}{R}\right). \quad (12)$$

Угол  $\beta_c$  секции при  $n$  паровозах в секции будет равен:

$$\beta_c = (n - 1)\beta_1 + \beta_2. \quad (13)$$

Расстояние  $r_1$  центров крестовин угла  $\beta_1$  от центра поворотного круга равно<sup>1</sup>:

$$r_1 = \frac{s}{2 \sin \frac{\beta_1}{2}}, \quad (14)$$

если  $r_1 > r$  радиуса поворотного круга, то крестовинные пересечения будут, если  $r_1 < r$ , то крестовин не будет.

Расстояние  $r_2$  центров крестовин угла  $\beta_2$  от центра поворотного круга равно:

$$r_2 = \frac{s}{2 \sin \frac{\beta_2}{2}}; \quad (15)$$

<sup>1</sup> Считая расстояния по оси путей.

аналогично, если  $r_2 < r$ , то крестовинных пересечений не будет.

Пример. Пусть требуется рассчитать основные размеры веерного паровозного здания при следующих данных:

- 1) марки крестовины углов  $\beta_1$  равны одной одиннадцатой;
- 2) длина  $L = 36$  м;  $b = 0,6$  м;
- 3) диаметр поворотного круга 30,2 м;
- 4) толщина продольной стенки  $b_1 = 0,6$  м;
- 5) депо основное;
- 6) расстояние между осями ворот по конструктивным данным 5,25 м, т. е. ширина столба равна 1,15 м.

Из уравнений (7') и (8') будем иметь:

$$R = \frac{5,25}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}} = \frac{2,625}{\operatorname{tg} 2^\circ 35' 50''} = \frac{2,625}{0,045361} = 57,87 \text{ м.}$$

$$R = \frac{2,9}{0,045361} - 12 - 0,6 = 51,3 \text{ м.}$$

Радиус надо взять 57,87 м, и расстояние между смежными путями секции на расстоянии  $L:3$  будет более 5,8 м и будет равно

$$(57,87 + 12,6) 0,0453612 = 3,20 \cdot 2 = 6,40 \text{ м.}$$

Центры крестовин будут находиться на расстоянии  $r_1$  от центра поворотного круга:

$$r_1 = \frac{s}{2 \sin \frac{\beta_1}{2}} = \frac{762}{0,045314} = 16,82 \text{ м}$$

или на расстоянии  $16,82 - 15,1 = 1,72$  м от края поворотного круга.

Угол между осями смежных с продольной стеной путей возьмем в  $6^\circ 20' 25''$ , что соответствует  $\operatorname{tg} \beta_2 = 1/9$ ; тогда на расстоянии  $L:3$ ; при радиусе  $R = 57,87$  м, получим расстояние до оси стены равным:

$$(57,87 + 0,6 + 12) \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = 70,47 \cdot 0,055386 = 3,90 \text{ м,}$$

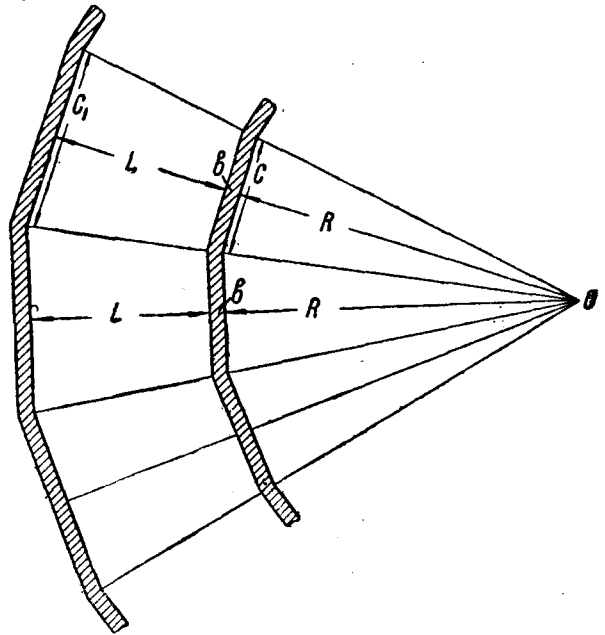
т. е. на 0,10 м более нормального расстояния, которое равно  $3,5 + 0,3 = 3,8$  м. То же расстояние по наружной грани стенки будет:

$$57,87 \cdot 0,055386 = 3,20 \text{ м.}$$

Расстояние  $r_2$  центра крестовин марки 1:9 от центра поворотного круга равно:

$$r_2 = \frac{1524}{2 \sin \frac{\beta_2}{2}} = \frac{762}{0,055300} = 13,77 \text{ м.}$$

В таблице 46 показано, для радиусов каких поворотных кругов получатся крестовинные пересечения и на каком расстоянии от края поворотного круга:



Черт. 321.

Таблица 46

Марки крестовины	Радиусы повор. кругов		
	15,1	12,6	9,9
$\operatorname{tg} \beta_1 = 1/11$ . . . . .	1,72	4,22	6,92
$\operatorname{ig} \beta_2 = 1/8$ . . . . .	Нет	1,17	3,87

Так как для поворотного круга диаметром 30,2 м для  $\beta_2 = 6^\circ 20' 25''$  кр стовины не получается, то можно взять расстояние до середины продольной стены в 3,80 м, и тогда получим:<sup>1</sup>

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{3,8}{57,87 + 0,6 + 12} = \frac{3,8}{70,47} = 0,053924$$

и

$$\frac{\beta_2}{2} = 3^\circ 5' 12'' \quad \text{и} \quad \beta_2 = 6^\circ 10' 24''.$$

Расстояние от оси ближайших ворот до середины продольной стены вместо 3,20 м будет:

$$53,87 \cdot 0,053924 = 3,12 \text{ м.}$$

Обозначая расстояние между рабочими гранями рельсов через  $k$ , получим для  $\beta_2 = 6^\circ 10' 24''$ :

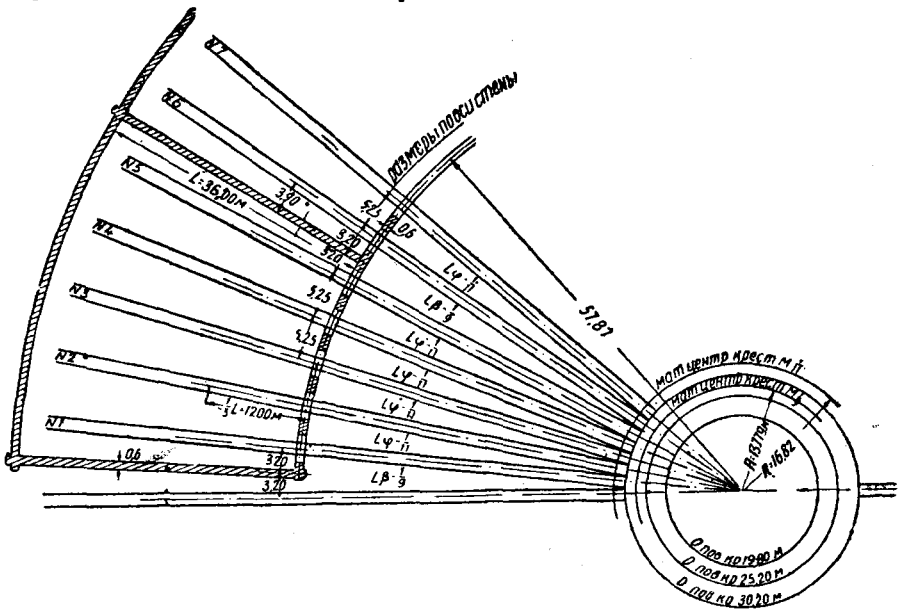
$$\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = 0,053924 = \frac{s + k}{2r} = \frac{1524 + k}{30200}$$

и

$$k = 30200 \cdot 0,053924 - 1524 = 1628 - 1524 = 104 \text{ м,}$$

т. е. две неполных головки рельсов.

На черт. 322 показана часть паровозного здания.



Черт. 322.

Расстояние между серединами столбов внутри паровозного по направлению передней стенки равно:

$$\frac{57,87 + 0,6}{57,87} \cdot 5,25 = 5,30 \text{ м.}$$

Длина между серединами столба задней стенки равна:

$$\frac{57,87 + 0,6 + 36}{57,87} \cdot 5,25 = 8,57 \text{ м.}$$

<sup>1</sup> Для поворотного круга диаметром 25,2 м получается крестовина, поэтому лучше взять 3,9 м вместо 3,8 м.



У продольной стенки будем иметь:

$$(57,87 + 0,6) \cdot 0,003924 = 3,15 \text{ м.}$$

У задней стенки будем иметь:

$$\frac{57,87 + 0,6 + 36}{57,87} 3,12 = 5,09 \text{ м.}$$

Площадь между осями путей у продольной стены:

$$\omega_2 = \frac{(5,09 + 3,15) \cdot 36 \cdot 2}{2} = 296,64 \text{ м}^2.$$

Для прочих путей:

$$\omega_1 = \frac{(5,30 + 8,57) 36}{2} = 249,66 \text{ м}^2.$$

Площадь секции для пяти паровозов равна  $296,64 + 4 \cdot 249,66 = 1295,98$  или на один паровоз  $259 \text{ м}^2$ .

Центральный угол для одной секции в 5 паровозов:

$$4(5^\circ 11' 40'') + 6^\circ 10' 24'' = 26^\circ 57' 4''.$$

Расстояния у края поворотного круга между осями путей будут:

а) При угле  $\beta_1 = 5^\circ 11' 40''$ :

$$\frac{s - k_1}{2r} = \frac{1524 - k_1}{30200} = 0,045361;$$

$$k_1 = 1524 - 30200 \cdot 0,045361 = 1524 - 1370 = 154 \text{ м}$$

и

$$s - k_1 = 1370 \text{ м.}$$

б) При угле  $\beta_2 = 6^\circ 10' 24''$ :

$$\frac{s + k_2}{30200} = \text{tg } 3^\circ 5' 12'' = 0,053924;$$

$$k_2 = 0,053924 \cdot 30200 - 1524 = 104 \text{ м;}$$

$$s + k_2 = 1628 \text{ м.}$$

В таблице 47 приведены: комбинации секции на 5—7 стойл, общее число стойл и величина угла между крайними путями, которую принимаем не более  $190^\circ$ .

Таблица 47

Число стойл	Число секций в			Угол между осями крайних путей
	5 стойл ( $26^\circ 57' 4''$ )	6 стойл ( $32^\circ 8' 44''$ )	7 стойл ( $37^\circ 9' 24''$ )	
30	6	—	—	$161^\circ 42' 24''$
30	—	5	—	$160^\circ 43' 4''$
31	—	4	1	$165^\circ 55' 20''$
32	—	3	2	$171^\circ 7' 1''$
33	—	2	3	$176^\circ 18' 30''$
34	—	1	4	$181^\circ 30' 20''$
35	1	5	—	$187^\circ 46' 44''$
35	—	—	5	$186^\circ 42' 0''$
36	—	6	—	$192^\circ 52' 24''$

Как видно, в паровозном здании можно расположить от 30 до 35 паровозов. На черт. 323 показано расположение рельсов у края поворотного круга.

Пример. Зададимся условием, что у края поворотного круга два рельса образуют головку рельса в 60 мм, тогда:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2} = \frac{1524 + 60}{2r} = \frac{1584}{30\,200} = 0,052450$$

$$\frac{\beta_1}{2} = 3^\circ 0' 9'' \quad \text{и} \quad \beta_1 = 6^\circ 0' 18''.$$

Пусть расстояние между осями ворот, как и в предыдущем примере, равно: 5,25 м; тогда радиус  $R$  передней стены будет равен:

$$R = \frac{5,25}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta_1}{2}} = \frac{2,625}{0,05245} = 50,05 \text{ м.}$$

Угол  $\beta_2$  определяется из нижеследующего:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = \frac{3,8}{50,05 + 12 + 0,6} = \frac{3,8}{62,65} = 0,060654,$$

т. е.

$$\frac{\beta_2}{2} = 3^\circ 28' 15''$$

и

$$\beta_2 = 6^\circ 56' 30''.$$

Расстояние от оси ближайшего к продольной стене пути до оси продольной стены равно:

$$50,05 \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} = 50,05 \cdot 0,060654 = 3,04 \text{ м.}$$

У края поворотного круга расстояние между рабочими гранями рельсов равно:

$$\frac{s + k_2}{30200} = 0,060654$$

и

$$k_2 = 0,060654 \cdot 30\,200 - 1\,524 = 1\,832 - 1\,524 = 308 \text{ мм,}$$

т. е. крестовины не будет.

Аналогично предшествующему примеру определим ширину между столбами внутри паровозного здания по передней и задней стене.

Ширина по передней стенке внутри паровозного здания равна:

$$\frac{50,05 + 0,60}{50,05} \cdot 5,25 = 5,31 \text{ м.}$$

То же по задней стенке:

$$\frac{50,05 + 0,6 + 36}{50,05} \cdot 5,25 = 9,09 \text{ м.}$$

То же для смежных к продольной стенке путей:  
а) у передней стенки

$$(50,05 + 0,6) \cdot 0,060654 = 3,07 \text{ м;}$$

б) у задней стенки

$$\frac{50,05 + 0,6 + 36}{50,05} \cdot 3,04 = 5,27 \text{ м.}$$

Площадь между осями путей у продольной стены будет равна:

$$\omega_2 = \frac{(5,27 + 3,07) \cdot 36 \cdot 2}{2} = 300,24 \text{ м}^2.$$

Для прочих путей:

$$\omega_1 = \frac{(5,31 + 9,09)}{2} \cdot 36 = 259,2 \text{ м}^2.$$

Площадь секции в 5 паровозов равна  $300,24 + 4 \cdot 259,2 = 1337,04 \text{ м}^2$  или на один паровоз  $267,4 \text{ м}^2$ .

Центральный угол, соответствующий одной секции =  $4(6^\circ 0' 18'') + 6^\circ 56' 30'' = 30^\circ 57' 42''$ .

При 6 паровозах в секции центральный угол будет равен  $36^\circ 58'$  и при 7 паровозах будет равен  $42^\circ 58' 18''$ .

В таблице 48 приведены: возможные комбинации секции на 5—7 стоек, общее число стоек и величина центрального угла.

Таблица 48

Число стоек	Число секций из			Угол между осями крайних стоек
	5 стоек ( $30^\circ 57' 42''$ )	6 стоек ( $36^\circ 58'$ )	7 стоек ( $43^\circ 58' 18''$ )	
30	6	—	—	$185^\circ 46' 12''$
30	—	5	—	$184^\circ 56' 0''$
31	—	4	1	$190^\circ 50' 18''$
32	—	3	2	$194^\circ 50' 36''$

В паровозном здании при  $R = 50,05 \text{ м}$  можно расположить 30—31 паровоз, т. е. менее, чем при радиусе в  $57,87 \text{ м}$ , и вместе с тем площадь на каждый паровоз будет больше.

Так как радиус в  $57,87 \text{ м}$  определен лишь из условия применения наиболее пологой применяемой у нас крестовины в 1:11, то вообще можно поставить вопрос о наиболее экономичном радиусе паровозного здания.

Радиус  $R$  внутренней стенки паровозного здания может быть определен, исходя из требования, чтобы стоимость площади паровозного здания и длины путей паровозного здания представляла минимум строительных расходов.

Обозначим через:

$R_2$ —радиус задней стены веерного паровозного здания,

$R_1$ —радиус передней стены веерного паровозного здания,

$R_2 - R_1 = a_0$ —длину стойла,

$c_b$ —расстояние между осями ворот внутри паровозного здания,

$c_n$ —длину наружной стены, соответствующей одному стойлу,

$\omega$ —площадь стойла;

$$\omega = \frac{c_b + c_n}{2} a_0; \quad c_n = c_b \frac{R_1 + a_0}{R_1}, \quad (16)$$

$$\omega = a_0 c_b \left( \frac{2R_1 + a_0}{2R_1} \right) = a_0 c_b \left( 1 + \frac{a_0}{2R_1} \right). \quad (17)$$

При увеличении радиуса  $R_1$  на 1 м площадь стойла будет меньше, чем по ур-нию (18), а именно:

$$\omega_1 = a_0 c_b \left[ 1 + \frac{a_0}{2(R_1 + 1)} \right], \quad (18)$$

$$\omega - \omega_1 = \frac{a_0^2 c_b}{2(R_1 + 1)R_1}. \quad (19)$$

Если стоимость одного кв. метра паровозного здания  $k$  руб. и пог. метра пути  $k_1$  руб., то величина  $R_1$  определяется из условия:

$$\frac{a_0^2 c_b k}{2(R_1 + 1)R_1} = k_1 \quad (20)$$

или

$$R_1^2 + R_1 = \frac{a_0^2 c_b k}{2k_1},$$

и

$$R_1 = -0,5 + \sqrt{0,25 + \frac{a_0^2 c_b k}{2k_1}}. \quad (21)$$

Пусть  $a_0 = 30$  м,  $c_b = 5$  м,  $k = 150$  руб. и  $k_1 = 20$  руб., тогда  $R_1 = 130$  м, т. е. значительно больше, чем полученная выше величина в 57 м.

В приведенном выводе не исчислен пробег паровозов, вследствие удлинения пути следования паровоза. Считая скорость следования по путям от поворотного круга до паровозного здания 4—5 км/час, или в среднем 1,25 м/сек, получим, что для прохождения одного метра надо 0,8 сек., а считая вывод и ввод паровоза в 1,6 сек., в год на один паровоз получим  $365 \cdot 1,6 = 584$  сек., или 10 мин.; а для  $n$  паровозов, выводимых и вводимых на одно стойло, 10  $n$  мин. на 1 пог. м пути; для радиуса  $R_1$ , получим 10  $nR_1$  мин.; принимая стоимость паровозо-часа с учетом всех накладных расходов в  $k_2$  руб., а паровозо-минуты  $k_2 : 60$ , получим эксплуатационные расходы по передвижению паровоза:

$$\frac{10nk_2R_1}{60} = \frac{nk_2R_1}{6}, \quad (22)$$

что соответствует единовременной затрате (из расчета 60%) в:

$$\frac{100}{6} \cdot \frac{nk_2R_1}{6} = 2,78nk_2R_1$$

и на 1 м пути 2,78  $nk_2$ .

Учитывая этот расход, вместо ур-ния (21) получим:

$$\frac{a_0^2 c_b k}{2(R_1 + 1)R_1} = k_1 + 2,78nk_2. \quad (23)$$

$R_1 = -0,5 + \sqrt{0,25 + \frac{a_0^2 c_b k}{2(k_1 + 2,78nk_2)}}.$   
Принимая  $a_0 = 36$  м,  $c_b = 5,25$  м,  $k_1 = 25$  руб.,  $k = 150$  руб. и для  $n$  и  $k_2$  значения, приведенные в таблице 49, получим величины  $R_1$  для разных значений  $n$  и  $k_2$ :

Таблица 49

$n \backslash k_2$	1	1,5	2	2,5	3	4
15	90	75	70	65	60	52,5
20	80	70	62,5	57,5	52,5	45
25	75	65	55	52,5	47,5	40

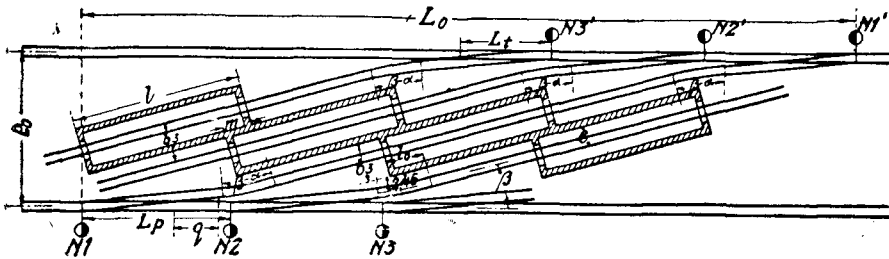
Величину  $n$ , т. е. число паровозов, вводимых и выводимых с одного стойла в сутки, принимаем в 1, 1,5, 2, 2,5, 3 и 4.

Из таблицы 49 видно, что для  $n = 1-1,5$  теоретически выгодны радиусы 70—90 м, однако, территория станции обычно дает возможность применять радиус не более 60 м.

### § 53. Пути при ступенчатых паровозных зданиях<sup>1</sup>

На черт. 324 изображено ступенчатое паровозное здание, в котором по ширине здания имеется один путь, на черт. 326 — два пути и на черт. 327 три пути.

Называя расстояние между осями внутри паровозных зданий через  $e$ , рас-



Черт. 324.

стояние от оси ближайшего к стене пути до внутренней поверхности стены через  $e_1$  и толщину стены (наибольшую, вместе с выступами) через  $k$ , получим ширину  $b_1$  паровозного здания внутри:

$$b_1 = (n - 1)e + 2e_1, \quad (1)$$

включая толщину стен, ширина  $b_2$  будет:

$$b_2 = (n - 1)e + 2(e_1 + k); \quad (2)$$

расстояние между осями путей  $b_3$  или ширина узкого уступа паровозного здания (черт. 326):

$$b_3 = (n - 1)e + 2e_1 + k. \quad (3)$$

Величину  $e$  примем равной 6,00 м\*,  $k = 0,80$  м, считая стенку кирпичной, и  $e_1$  в паровозных зданиях по черт. 326 и 327 приняты в 4,5 м; при одном пути ширина паровозного здания внутри не менее 7 м.

Длина паровозного здания зависит от числа паровозов, располагающихся вдоль здания; число паровозов обычно не менее двух и не более трех.

Примем длину паровоза и тендера  $l$ ; число паровозов, стоящих вдоль —  $n$ , расстояние от ворот до паровоза  $l_1$  и между паровозами  $l_2$ ; тогда длина  $L$  паровозного здания внутри будет равна:

$$L = nl + 2l_1 + (n - 1)l_2.$$

В таблице 50 приведены данные о длинах паровозных зданий для мощных паровозов.

Для того чтобы можно было проходить из одного паровозного здания в другое, каждая смежная пара паровозных зданий (черт. 326) касается друга друга на протяжении  $m$ , так что размер более длинного уступа паровозного здания:

$$l_1 = l - m. \quad (4)$$

<sup>1</sup> Ступенчатые паровозные здания впервые были предложены и разработаны на Северных ж. д. инж. Г. Б. Красинным.

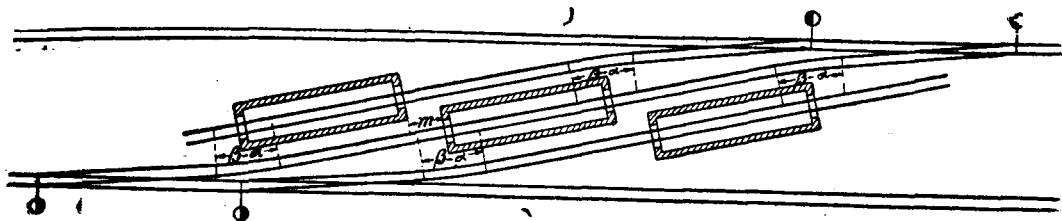
\* В случае устройств колонн расстояние это может быть увеличено на толщину колонн.

Наименование депо	Число паровозов на одном пути	$l$ м	$l_1$ м	$l_2$ м	$L = nl + (n - 1)l_2 + 2l_1$
Коренное . . . . .	2	30	2,5	2,50	67,5
• . . . . .	3	30	2,5	2,50	100,0
Оборотное . . . . .	2	30	1,5	1,5	64,5
• . . . . .	3	30	1,5	1,5	96,0

Каждая стрелка, от которой идет путь (черт. 324) в каждое паровозное здание, должна быть расположена однообразно по отношению к каждому паровозному зданию, а потому расстояние между стрелками  $L_p$  при угле наклона паровозных зданий к основным путям  $\beta$  будет:

$$L_p = \frac{l_1}{\cos \beta}. \quad (5)$$

Расстояние между стрелками можно выразить также в зависимости от расстояния между осями путей  $b_3$ , которое для ступенчатого паровозного здания по черт. 324 будет фиксировать расстояния между стрелками № 1 и № 2,



Черт. 325.

№ 2 и № 3 и т. д.; для паровозного здания по черт. 326 будет фиксировать расстояния между стрелками № 1 и № 3, № 3 и № 5 и т. д., и для паровозного здания по черт. 327 расстояния между стрелками № 1 и № 4, № 4 и № 7 и т. д.; поэтому мы будем иметь:

$$L_p' = \frac{b_3}{\sin \beta} \text{ и, следовательно, } \frac{l_1}{\cos \beta} = \frac{b_3}{\sin \beta} \text{ или } \operatorname{tg} \beta = \frac{b_3}{l_1}. \quad (6)$$

Этот результат получается непосредственно из треугольника  $ABC$  (черт. 326), имея в виду, что линия  $AC$  должна быть параллельна основным путям. Наименьшая длина соприкасающейся части  $m$  определяется необходимостью устроить проход, который принимается не менее 2,5 м.

Устраивая величину  $m$  более значительной, мы ухудшаем освещение паровозного здания; однако следует иметь в виду, что с увеличением  $m$  уменьшается  $l_1$  и увеличивается угол  $\beta$ .

К длине паровозного здания  $L$  надо еще прибавить толщину стенок  $k$ , и полная длина будет  $L + 2k$ . Толщину стенок примем 0,75 м и расстояние от крайних путей до стенок 4,5 м; расстояние между путями 6 м. Согласно типовым чертежам ступенчатых паровозных зданий<sup>1</sup> примем длину  $L$  для основного депо и двух паровозов — 72 м; для трех паровозов — 100 м. Далее примем для одного паровоза длину 36 м и ширину 7 м, тогда получим данные для основных депо, приведенные в таблице 51.

В этой таблице длина  $m$  принята в 4,5 м, и  $l - m$  будет равно соответственно 69 и 97 м и  $\operatorname{tg} \beta_3 = b_3 : l_1$  приведены в таблице и по  $\operatorname{tg} \beta_3$  определены  $\beta_3$ .

<sup>1</sup> См. Альбом схем и эпюр стрелочных переводов и соединений путей Главжелдорстроя, изд. 1933 г.

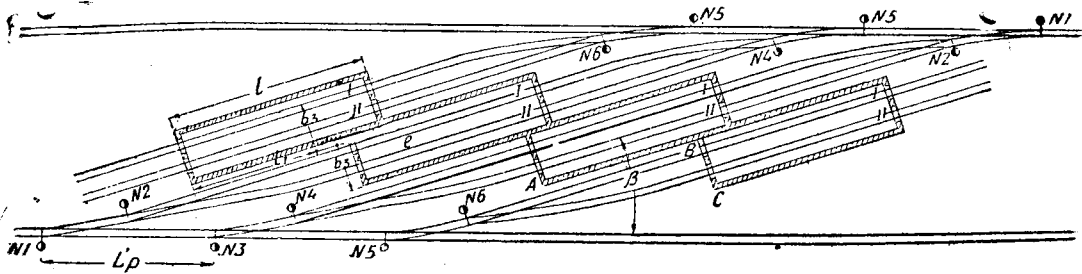
Число паровозов вдоль пути	$L$	$l = L + 2k$	$l_1 = l - m$	Ширина $b_3$ при числе путей поперек		
				$n = 1$ $b_3 = 7,75$	$n = 2$ $b_3 = 15,75$	$n = 3$ $b_3 = 21,75$
2	72	73,50	69	0,1123 9	0,228261	0,315217
				6°24'31"	12°51'29"	17°29'45"
3	100	101,50	97	0,079897	0,162371	0,224227
				4°34'5"	9°13'22"	12°38'18"

Ступенчатые паровозные здания могут быть устроены временные, деревянные; в этом случае паровозные здания расставляют, в целях большей безопасности от пожара, на некоторую величину  $m$  (черт. 325), и вышеприведенная формула будет тогда иметь вид:

$$\operatorname{tg} \beta_3 = \frac{b_3}{l + m}, \quad (7)$$

т. е. угол наклона будет значительно положе (величину  $m$  надо принимать не менее 10 м).

В типе паровозного здания на черт. 324 после стрелок расположена кривая угла  $\beta_1 - \alpha$ , где  $\alpha$  — угол крестовины; кривая эта, с целью уменьшения расстоя-



Черт. 326

ния между основными путями, должна начаться возможно ближе после выхода из паровозного здания. Имея в виду, что расстояние от оси пути до стенки равно  $e_1$  (принято в 3,5 м), а по габариту приближения строений около угла паровозного здания расстояние это должно быть 2,45 м, мы получим, что кривая может начаться на расстоянии  $l_0$ , не доходя угла, каковое расстояние определится из соотношения (черт. 328):

$$l_0 = \sqrt{(2R - e_1 + 2,45)(e_1 - 2,45)}$$

или, имея в виду незначительность по сравнению с  $2R$  величины  $= e_1 + 2,45$  м получим  $l_0 = \sqrt{2R(e_1 - 2,45)}$ , где  $R$  — радиус кривой.

Вышеуказанное значение  $l_0$  определяется величиной

$$\sqrt{2R(e_1 - 2,45)},$$

если эта величина менее проекции кривой, определяемой величиной  $R \sin(\beta_1 - \alpha)$  или если  $e_1 - 2,45$  м менее ординаты конца кривой, равной  $R[1 - \cos(\beta_1 - \alpha)]$ ; если же  $e_1 - 2,45$  м более  $R[1 - \cos(\beta_1 - \alpha)]$ , то вся кривая помещается в пределах здания и расположена вправо от выступа А паровозного здания (черт. 328), и величина  $l_0$  будет равна:

$$l_0 = R \sin(\beta_1 - \alpha) + \{e_1 - 2,45 - R[1 - \cos(\beta_1 - \alpha)]\} \operatorname{ctg}(\beta_1 - \alpha). \quad (9)$$

<sup>1</sup> Тут взят габарит приближения строений, существующий до сего времени. В случае его изменения должны быть изменены данные расчета.

Второй член для значения  $l_0$  не должен быть более  $n + q$  (черт. 329), т. е. длины крестовины; если же он больше, то, обозначая радиус переходной кривой стрелочного перевода через  $r$  и угол соответствующей части этой кривой, помещающейся от крестовины до угла  $A$  паровозного здания, через  $\gamma$ , получим:

$$l_0 = R \sin(\beta_1 - \alpha) + (n + q) \cos(\beta_1 - \alpha) + r [\sin(\beta_1 - \alpha + \gamma) - \sin(\beta_1 - \alpha)], \quad (10)$$

где угол  $\gamma$  определится из следующего:

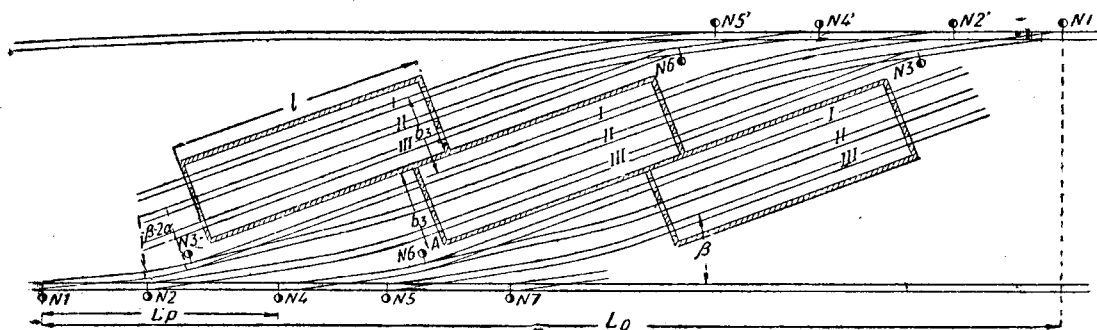
$$e_1 - 2,45 - (n + q) \sin(\beta_1 - \alpha) - R [1 - \cos(\beta_1 - \alpha)] - r [\cos(\beta_1 - \alpha) - \cos(\beta_1 - \alpha + \gamma)] = 0. \quad (11)$$

Величина угла  $\gamma$  не должна быть больше угла  $\alpha - \beta$  переходной кривой стрелочного перевода. Если  $\gamma > \alpha - \beta$ , то берем  $\gamma = \alpha - \beta$ , и тогда расстояние до угла  $A$  паровозного здания будет более 2,45 м, и, принимая это расстояние за искомое  $x$ , получим его величину из ур-ния (11).

Ур-ния (10) и (11) обратятся в следующие, принимая  $\gamma = \alpha - \beta$ :

$$l_0 = R \sin(\beta_1 - \alpha) + (n + q) \cos(\beta_1 - \alpha) + r [\sin(\beta_1 - \beta) - \sin(\beta_1 - \alpha)], \quad (12)$$

$$x = e_1 - (n + q) \sin(\beta_1 - \alpha) - R [1 - \cos(\beta_1 - \alpha)] - r [\cos(\beta_1 - \alpha) - \cos(\beta_1 - \beta)]. \quad (13)$$



Черт. 327.

В расстоянии  $l_0$  от угла паровозного здания расположено начало кривой угла  $\beta_1 - \alpha$ , и будем иметь расстояние между осями путей:

$$l_0 = 2[b_1 \sin \alpha + R(\cos \alpha - \cos \beta_1) + (l_1 - l_0) \sin \beta_1] + l \sin \beta_1. \quad (14)$$

$$L_0 = 2[a_1 + b_1 \cos \alpha + R(\sin \beta_1 - \sin \alpha) + (l_1 - l_0) \cos \beta_1] + l \cos \beta_1. \quad (15)$$

Пример. Длина паровозного здания внутри равна 55 м; принимая толщину стенок 0,80 м, получим  $l = 55 + 2 \cdot 0,8 = 56,6$  м; пусть  $m = 6,6$  м и  $l_1 = 50$  м,  $b_2 = 2 \cdot 3,5 + 0,8 = 7,8$  м;  $\operatorname{tg} \beta_1 = 7,8 : 50 = 0,156$ ;  $\beta_1 = 8^\circ 52'$ ;  $\operatorname{tg} \alpha = 1/6$ ;

$$\alpha = 6^\circ 20' 25''; \quad \beta_1 - \alpha = 8^\circ 52' - 6^\circ 20' 25'' = 2^\circ 31' 35'';$$

$$n + q = 3,5 \text{ м}; \quad e_1 = 3,5 \text{ м}; \quad R = 220 \text{ м}; \quad r = 220 \text{ м}.$$

Вставляя численные значения в ур-ние (11), получим:

$$3,5 - 2,45 - 3,5 \cdot \sin 2^\circ 31' 35'' - 220(1 - \cos 2^\circ 31' 35'') - 220[(\cos 2^\circ 31' 35'' - \cos(\beta_1 - \alpha + \gamma))] = 0;$$

откуда

$$\cos(\beta_1 - \alpha + \gamma) = 0,995928 \quad \text{и} \quad \beta_1 - \alpha + \gamma = 5^\circ 10' 20'' \quad \text{и} \quad \gamma = 5^\circ 10' 20'' - 2^\circ 31' 35'' = 2^\circ 38' 45''.$$

Далее получим:

$$l_0 = 220 \cdot \sin 2^\circ 31' 35'' + 3,5 \cos 2^\circ 31' 35'' + 220(\sin 5^\circ 10' 20'' - \sin 2^\circ 31' 25'') = 23,33 \text{ м}.$$

Прямая вставка перед воротами паровозного здания равна:

$$l_1 - 23,33 = 50 - 23,33 = 26,67 \text{ м}.$$



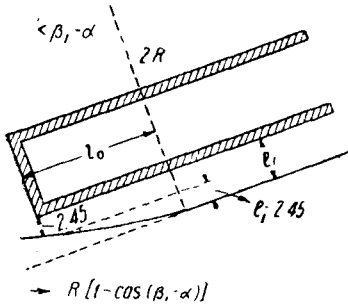
Вставляя в ур-ния (14) и (15) численные значения и принимая  $a_1 = 14,64$  м, и  $b_1 = 16,06$  м, получим:

$$l_0 = 2 [16,06 \cdot \sin 6^\circ 20' 25'' + R (\cos 6^\circ 20' 25'' - \cos 8^\circ 52') + (50 - 23,33) \sin 8^\circ 52'] + 56,6 \sin 8^\circ 52' = 23,07 \text{ м.}$$

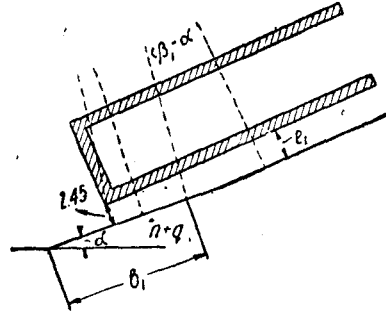
$$L_0 = 2 [14,64 + 16,06 \cos 6^\circ 20' 25'' + R (\sin 8^\circ 52' - \sin 6^\circ 20' 25'') + (50 - 23,33) \cos 8^\circ 52'] + 56,6 \cos 8^\circ 52' = 189,06 \text{ м.}$$

Расстояние между стрелками, ведущими в паровозное здание:

$$L_p' = \frac{l_1}{\cos \beta_1} = \frac{50}{0,98805} = 50,60 \text{ м.}$$



Черт. 328.



Черт. 329.

Площадь территории, занимаемая  $n$  секциями ступенчатого здания, равна:

$$e_0 L_0 + (n - 1) L_p' = e_0 [L_0 + (n - 1) L_p'] = 23,07 [189,06 + (n - 1) 50,6]. \quad (16)$$

Площадь, приходящаяся на один паровоз, равна:

$$\frac{e_0 [L_0 + (n - 1) L_p]}{2n} = \frac{23,07 [189,06 + (n - 1) 50,6]}{2n}. \quad (17)$$

В таблице 52 показана общая площадь территории при  $n$  секциях и площадь, приходящаяся на один паровоз.

В дальнейшем рассмотрим расположение двух паровозов вдоль паровозного здания с двумя путями, т. е. каждая секция на четыре паровоза.

Пример 1 (черт. 330)<sup>1</sup>. Примем длину паровозного здания внутри в 72 м, а включая толщину стен 73,50 м; ширина здания внутри равна 15 м; и полная ширина 16,5 м;

$$b_3 = 15,75 \text{ м; } t = 5,5 \text{ м и } l_1 = l - t = 75,5 - 5,5 = 68 \text{ м,}$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = 15,76 : 68 = 0,231619 \text{ и } \beta_1 = 13^\circ 2' 27''.$$

Задаемся условием, чтобы на втором пути кривая не доходила до ворот на 10 м (черт. 330)<sup>2</sup>.

Первую стрелку, идущую от основного пути, берем марки 1 : 8 при угле  $7^\circ 7' 30''$ ; вторая стрелка той же марки, но симметричная, так что после симметричной стрелки путь I будет наклонен к основному пути под углом  $7^\circ 7' 30'' + 3^\circ 33' 45'' = 10^\circ 41' 15''$ , а путь второй под углом  $3^\circ 33' 45''$ , а поэтому требуется:

1) На втором пути кривая угла  $\varphi$ , причем:

$$\varphi = 13^\circ 2' 27'' - 3^\circ 33' 45'' = 9^\circ 28' 42''.$$

Таблица 52

$n$	Площадь $\text{м}^2$	На 1 паровоз $\text{м}^2$
1	4361,6	2180,8
2	5528,9	1382,2
3	6896,2	1116,0
4	7863,6	983,0
5	9309,9	903,0
6	10198,2	850,0

<sup>1</sup> Пример составлен применительно к проектным чертежам Главжелдорстроя (альбом 1933 г.)

<sup>2</sup> Величину эту желательно увеличить до 12,5—15 м.

2) На первом пути кривая угла  $\beta$ , причем:

$$\beta = 13^{\circ}2'27'' - 10^{\circ}41'15'' = 2^{\circ}21'12''.$$

Как видно из черт. 330, кривые применены радиуса 200 м.

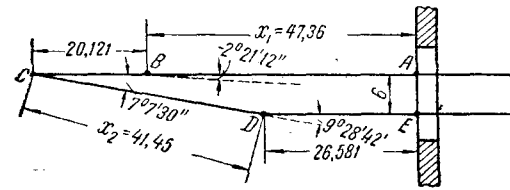
Кривая угла  $\varphi = 9^{\circ}28'42''$  радиуса 200 м имеет длину касательной, равную:

$$200 \operatorname{tg} \frac{9^{\circ}28'42''}{2} = 200 \cdot 0,0829 = 16,58 \text{ м},$$

и, следовательно (черт. 331), от вершины угла до входа в паровозное здание будем иметь 26,58 м; от вершины угла до пересечения путей I и II будем иметь длину  $x_2$ , в которую войдет касательная в 16,58 м и длина  $b_1$  симметричного стрелочного перевода, равного 14,013 м.

Пути пересекаются под углом  $7^{\circ}7'30''$ , причем на пути I имеется кривая угла  $2^{\circ}21'12''$ , касательная которой равна:

$$200 \operatorname{tg} 1^{\circ}10'36'' = 200 \cdot 0,02054 = 4,108 \text{ м}.$$



Черт. 331

Между началом кривой угла  $2^{\circ}21'12''$  и концом крестовины стрелочного перевода имеется вставка в 2 м, и общая длина от пересечения путей I и II до вершины угла  $2^{\circ}21'12''$  кривой будет равна  $14,013 + 2 + 4,108 = 20,121$  м. Расстояние от вершины кривой до входа в паровозное здание пути I равно  $x_1$ .

Из черт. 331 будем иметь:

1) Проекции на направление путей I и II двух отрезков ABC и CDE равны друг другу или:

$$26,58 + x_2 \cos 9^{\circ}28'42'' = x_1 + 20,121 \cos 2^{\circ}21'12''. \quad (18)$$

2) Проекции ABC и CDE на направление, перпендикулярное к направлению путей, разнятся на 6 м (расстояние между осями путей):

$$x_2 \sin 9^{\circ}28'42'' = 20,121 \sin 2^{\circ}21'12'' + 6. \quad (19)$$

Тригонометрические значения углов равны:

$$\sin 2^{\circ}21'12'' = 0,041062; \quad \cos 2^{\circ}21'42'' = 0,999157;$$

$$\sin 9^{\circ}28'42'' = 0,164675; \quad \cos 9^{\circ}28'42'' = 0,986348.$$

Вставив в ур-ния (18) и (19) приведенные значения, получим:

$$0,986348 x_2 + 26,58 = x_1 + 20,121 \cdot 0,999157$$

или 
$$x_1 - 0,986348 x_2 = 6,477 \quad (18')$$

и 
$$0,164675 x_2 = 20,121 \cdot 0,041062 + 6 = 6,826. \quad (19')$$

Из ур-ния (19') имеем  $x_2 = 41,452$  м и далее  $x_1 = 47,364$  м.

В дальнейших вычислениях нам нужны следующие тригонометрические величины:

$$\sin 7^{\circ}7'30'' = 0,124035; \quad \cos 7^{\circ}7'30'' = 0,992278;$$

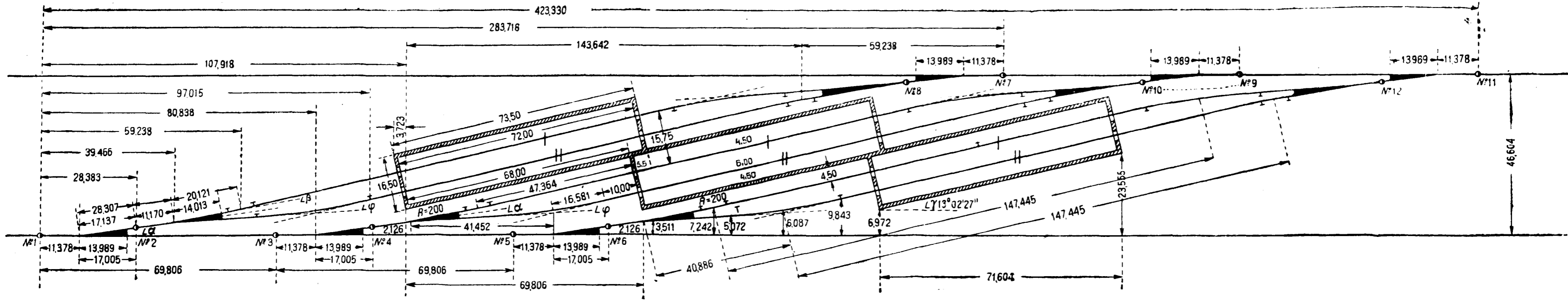
$$\sin 10^{\circ}41'15'' = 0,185453; \quad \cos 10^{\circ}41'15'' = 0,982654;$$

$$\sin 13^{\circ}2'27'' = 0,225644; \quad \cos 13^{\circ}2'27'' = 0,974209.$$

Из черт. 330 получим горизонтальную проекцию от стрелки № 3 до входа по пути во вторую секцию паровозного здания<sup>1</sup>; это расстояние равно:

$$\begin{aligned} 11,378 + 17,005 + 11,17 \cos 7^{\circ}7'30'' + 20,121 \cos 10^{\circ}41'15'' + 47,364 \cos 13^{\circ}2'27'' = \\ = 11,378 + 17,005 + 11,086 + 19,769 + 46,142 = 105,38 \text{ м}. \end{aligned}$$

<sup>1</sup> То же расстояние получится от стрелки № 1 до входа в первую секцию паровозного здания.



Для того, чтобы получить расстояние от стрелки № 3 (а также стрелки № 1) до нижнего угла ближайшей секции, надо к 105,38 м прибавить (черт. 330):

$$(6 + 4,5 + 0,75) \sin 13^\circ 2' 27'' = 11,25 \cdot 0,225644 = 2,538 \text{ м}$$

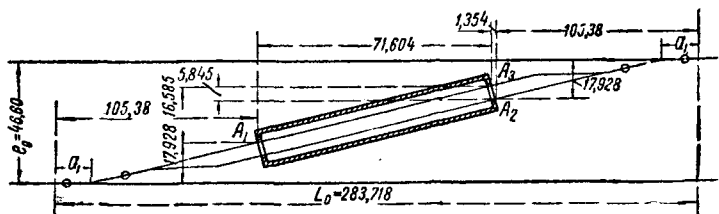
или всего

$$105,38 + 2,538 = 107,918 \text{ м.}$$

Расстояние между стрелками № 1 и № 3, а также расстояние между углами смежных секций  $L'_p$  равно:

$$L'_p = \frac{15,75}{\sin 13^\circ 2' 27''} = \frac{15,75}{0,225644} = 69,806.$$

Расстояние между стрелками, выводящими в одну и ту же секцию пути I и II, но находящимися на разных основных путях (черт. 332), т. е. расстояние между стрелками № 3 и № 3' определится следующим образом: горизонтальные проекции от стрелки № 3 до  $A_1$  и соответственно от стрелки № 3' до  $A_2$  равны каждая 105,38 м; далее надо прибавить горизонтальную проекцию  $A_1A_2$  и  $A_2A_3$ , причем  $A_1A_3 = 73,50 \text{ м}$  и  $A_2A_3 = 6 \text{ м}$ , тогда получим:



Черт. 332.

$$L_0 = 2 \cdot 105,38 + 73,50 \cos 13^\circ 2' 17'' + 6 \sin 13^\circ 2' 27'' = 210,76 + 73,50 \cdot 0,974209 + 6 \cdot 0,225644 = 210,76 + 71,604 + 1,354 = 283,718 \text{ м.}$$

На каждую секцию к величине  $L_0$  надо прибавить 69,806 м.

Для того, чтобы получить расстояние  $e_0$  между основными путями, надо взять вертикальную проекцию от стрелки № 3 до входа в паровозное здание по пути I; проекция эта равна:  $(17,137 + 11,17) \sin 7^\circ 7' 30'' + 20,121 \cdot \sin 10^\circ 41' 15'' + 47,364 \sin 13^\circ 2' 27'' = 28,307 \cdot 0,124305 + 20,121 \cdot 0,185453 + 47,364 \cdot 0,225644 = 3,511 + 3,730 + 10,687 = 17,928 \text{ м.}$

Расстояние между основными путями (черт. 332) равно:  $e_0 = 2 \cdot 17,928 + 73,5 \sin 13^\circ 2' 27'' - 6 \cos 13^\circ 2' 27'' = 35,856 + 16,585 - 5,845 = 46,60 \text{ м.}$

Площадь территории, занимаемая  $n$  секциями ступенчатых паровозных зданий, будет равна:

$$e_0 L_0 + (n - 1) e_0 L'_p = e_0 [L_0 + (n - 1) L'_p]; \quad (20)$$

вставляя численные значения, имеем:

$$46,60 [283,72 + (n - 1) 69,80].$$

Площадь территории на один паровоз составляет:

$$\frac{46,60 [283,72 + (n - 1) 69,80]}{4n}. \quad (21)$$

В таблице 53 приведена площадь для разного числа секций и площадь территории, приходящаяся на один паровоз.

Таблица 53

$n$	Площадь $\text{м}^2$	На 1 паровоз $\text{м}^2$
1	13 221	3 305
2	16 474	2 060
3	19 727	1 645
4	22 079	1 435
5	26 232	1 315
6	29 485	1 230

**§ 54. Пути, соединяющие поворотный круг со стационарными или тракционными путями (черт. 333).**

Расстояние от оси пути I—I до края поворотного круга, или если имеется рычаг для поворачивания поворотного круга, то до этого рычага, должно быть не менее 3 м.

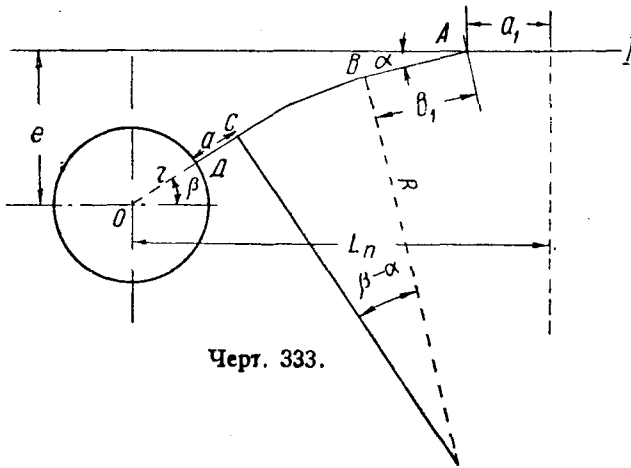
Обозначим через:

$a_1, b_1$  и  $a$  — элементы стрелочного перевода;

$R$  — радиус кривой.

$\beta - \alpha$  — угол кривой.

$a$  — прямую вставку между концом кривой радиуса  $R$  и поворотным кругом, тогда (черт. 333) будем иметь, проектируя ABCDO на вертикаль:



Черт. 333.

$$e = (r + a) \sin \beta + R (\cos \alpha - \cos \beta) + b_1 \sin \alpha \quad (1)$$

Откуда:

$$\cos \beta = \cos \alpha + \frac{b_1 \sin \alpha - e}{R} + \frac{r + a}{R} \sin \beta \quad (2)$$

или, обозначая первые два слагаемые правой части ур-ния (2) через  $A$  и принимая

$$\frac{r + a}{R} = \operatorname{tg} \varphi \quad (3)$$

получим:

$$\cos \beta = A + \operatorname{tg} \varphi \sin \beta$$

и далее:

$$\cos \beta \cos \varphi - \sin \beta \sin \varphi = A \cos \varphi$$

или

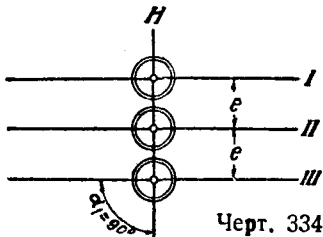
$$\cos(\beta + \varphi) = A \cos \varphi \quad (4)$$

Так как из ур-ния (3) можно определить  $\varphi$  и  $\cos \varphi$ , то по ур-нию (4) определим  $\beta$ , и далее  $L_n$  будет равно:

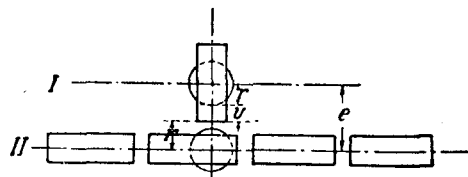
$$L_n = (r + a) \cos \beta + R (\sin \beta - \sin \alpha) + b_1 \cos \alpha + a_1. \quad (5)$$

**§ 55. Обслуживание параллельных путей поворотными кругами**

Для передачи вагонов на параллельные пути можно устроить (черт. 334) поперечный путь с поворотными кругами. Поворотный круг может быть устроен либо сплошной с двумя перпендикулярными друг к другу путями, либо на пово-



Черт. 334



Черт. 335

ротном кругу имеется лишь один путь. В первом случае поворотный круг для передачи вагона с пути I, II или III на поперечный путь должен быть повернут на  $90^\circ$ , а другой путь установится против соответственного пути, и поворачивать поворотный круг для взятия другого вагона не потребуется.

Назовем через (черт. 335):

$e$  — расстояние между осями путей,

$r$  — радиус поворотного круга,

$u$  — свес вагона из за края поворотного круга,

$p$  — половина ширины габарита подвижного состава,

$k$  — запас между поворотными кругами, — тогда будем иметь:

$$e \geq 2r + k; e \geq p + r + u. \quad (1)$$

Если одновременно поворачивают вагоны на двух смежных путях, то:

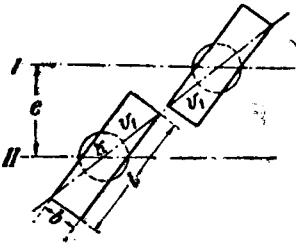
$$e \geq 2(r + u). \quad (2)$$

Самый невыгодный случай будет, когда вагоны при поворачивании станут оба под диагонали, тогда (черт. 336):

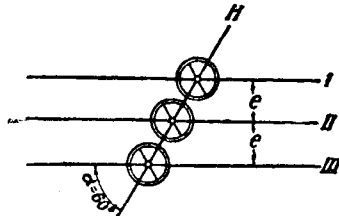
$$v_1 = \sqrt{b^2 + l^2}, \quad (3)$$

где:  $b$  — ширина, а  $l$  — длина кузова вагона.

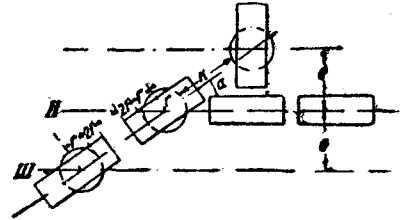
Расстояние между осями путей  $e$  может получиться при расположении поперечного пути под углом  $90^\circ$  довольно большим, поэтому путь может быть



Черт. 336.



Черт. 337.



Черт. 338.

устроен под острым углом. Имея в виду (черт. 337), что на соседнем пути при поворачивании стоят вагоны и принимая, что одновременно поворачивается один вагон, получим:

$$e \geq (2r + k) \sin \alpha \text{ и } e \geq p + r + u \quad (4)$$

или

$$\sin \alpha = \frac{p + r + u}{2r + k}. \quad (5)$$

Если одновременно поворачивают два вагона (черт. 338), то:

$$e = p + r + u = 2(r + u) \sin \alpha \text{ или } = \sqrt{b^2 + l^2}. \quad (6)$$

$$\sin \alpha = \frac{p + r + u}{2(r + u)} = 0,5 + \frac{p}{2(r + u)}. \quad (7)$$

Из ур-ния (7) видно, что  $\sin \alpha$  более 0,5 или  $\alpha$  более  $30^\circ$ .

При сплошных кругах удобно делать пути под углом  $60^\circ$  (черт. 339); в этом случае расстояние между осями путей придется делать несколько более определяемого по ур-ию (7). При междупутье  $e = 5$  м будем иметь:

$$\sin 60^\circ = 0,866 = \frac{e}{2(r + u)}; r + u = \frac{e}{2 \cdot 0,866} = 2,9 \text{ м.}$$

Пример. Пусть длина вагона 7,6 м и  $r = 2,5$  м,  $u = 3,8 - 2,5 = 1,3$  м, тогда при  $\alpha = 60^\circ$ ,  $e = 7,6 \sin 60^\circ = 6,58$  м, для того чтобы  $e$  было равно 5 м, угол  $\alpha = 41^\circ$ .

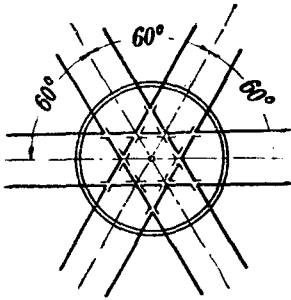
Если одновременно поворачивать один вагон, то  $p = 1,8$  м\*,  $p + r + u = 1,8 + 3,8 = 5,6$  м;  $\min e = 5,6 \sin 60^\circ = 4,85$  м.

\* Ширина половины габарита подвижного состава.

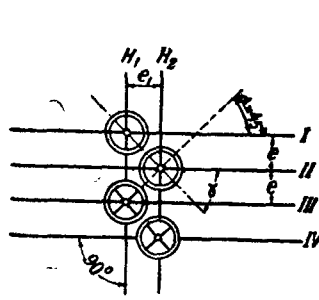
При расположении поворотных кругов на двух путях, перпендикулярных к основным путям, получим расстояние  $e_1$  (черт. 340) между поперечными путями:

$$e_1 = (2r + k) \sin 45^\circ. \quad (8)$$

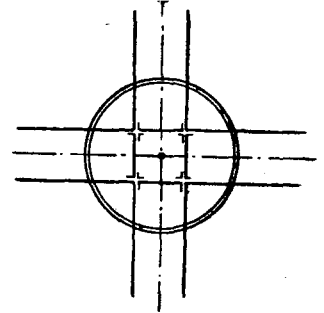
На черт. 340 показано расположение двух перпендикулярных друг к другу путей на поворотном круге, а на черт. 341 схема одного круга.



Черт. 339.



Черт. 340.



Черт. 341.

При расположении на поворотном круге одного пути, диаметр круга определяется из следующих соображений: называя базу вагона через  $l$ , ширину колеи через  $s$  и считая, что гребень может выступить из-за осей колес на  $x$  (где  $r_0$  — диаметр колеса вагона и  $h$  высота — гребня бандажа):

$$x = \sqrt{(2r_0 + h)h}, \text{ или около } 0,165 \text{ м,}$$

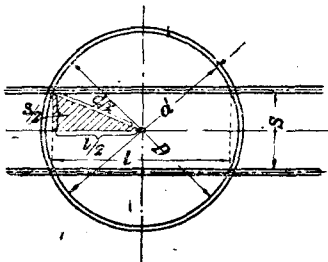
по черт. 342 будем иметь:

$$l_{\min} = l + 2x = l + 0,33, \quad (9)$$

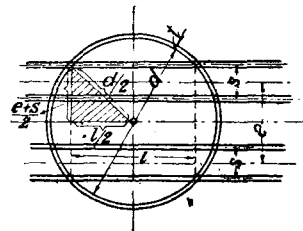
$l_{\min}$  — лучше брать на 1 м более базы вагона.

Диаметр поворотного круга  $d$  будет равен:

$$d = \sqrt{l_{\min}^2 + s^2} \quad (10)$$



Черт. 342.



Черт. 343.

Диаметр  $d$  поворотного круга для базы вагона 3,8 м, а прибавляя 1 м на запас, получим  $l = 4,8$  м, будет равен:

$$d = \sqrt{4,8^2 + 1,524^2} = 5,03 \text{ м.}$$

Пусть на поворотном круге расположено два пути с расстоянием между осями путей  $e$ , тогда (черт. 343):

$$d = \sqrt{l^2 + (e + s)^2}, \quad (11)$$

где вместо  $l$  надо поставить длину базы вагона с запасом.

§ 56. Петли

Петли служат как для поворачивания паровозов, так и для передачи составов с пути прибытия на путь отправления.

Петли имеют применение:

а) на конечных станциях, очень часто метрополитенных, для передачи поезда с пути прибытия на путь отправления;

б) на станциях с большим ожидаемым движением воинских поездов, когда нужно прибывший воинский поезд выгрузить и быстро передать на путь отправления; внутри петли (черт. 344) весьма часто располагается тяговое хозяйство.

Обозначим через:

$R$  — радиус петли,

$l$  — длину переходной кривой, если она устраивается,

$L$  — длину вставки между обратными кривыми; длина эта при устройстве переходных кривых равна  $l^1$  плюс 10—20 м; вставка в 10—20 м нужна между двумя переходными кривыми круговых кривых, расположенных в разные стороны. Если переходных кривых не устраивается, что вполне возможно при небольших скоростях следования по петле, то  $l = 0$  и  $L = 10—20$  м.

$e$  — расстояние между путями, обслуживаемыми петлей,

$2R$  — ширина петли,

$x$  — расстояние от начала петли до ее центра.

Из черт. 344 будем иметь:

$$OC_2 = OC_1 + C_2C_1 = 2R; \quad (1)$$

$$AC_2 = L;$$

$$AO = \sqrt{AC_2^2 + OC_2^2} = \sqrt{(2R)^2 + L^2}; \quad (2)$$

$$AF = R + \frac{e}{2}. \quad (3)$$

Из  $\triangle AOF_1$  имеем:

$$AF_1 = \sqrt{AO^2 - OF_1^2} = \sqrt{4R^2 + L^2 - \left(R + \frac{e}{2}\right)^2}; \quad (4)$$

$$x = \sqrt{3R^2 + L^2 - e\left(R + \frac{e}{4}\right)}. \quad (5)$$

Для  $l = 0$  и  $L = 10$  м будем иметь:

$$x = \sqrt{3R^2 + 100 - e\left(R + \frac{e}{4}\right)}. \quad (6)$$

<sup>1</sup> Где  $l$  — сумма двух полудлин переходных кривых.



Для получения предельных значений  $x$  и  $e$  предположим  $L = 0$  (в действительности надо брать  $L = 10-20$  м), тогда:

$$x = \sqrt{3R^2 - e \left( R + \frac{e}{4} \right)}. \quad (7)$$

При  $e = 2R$  получим  $x = 0$ , т. е. получим вместо петли полуокружность при  $e = 0$  получим предельное значение  $x = R \sqrt{3} = 1,73 R$ . Радиус петли надо брать не менее 150—180 м при отсутствии специальных устройств, применяемых при малых радиусах, и в 40—60 м при наличии таких устройств.

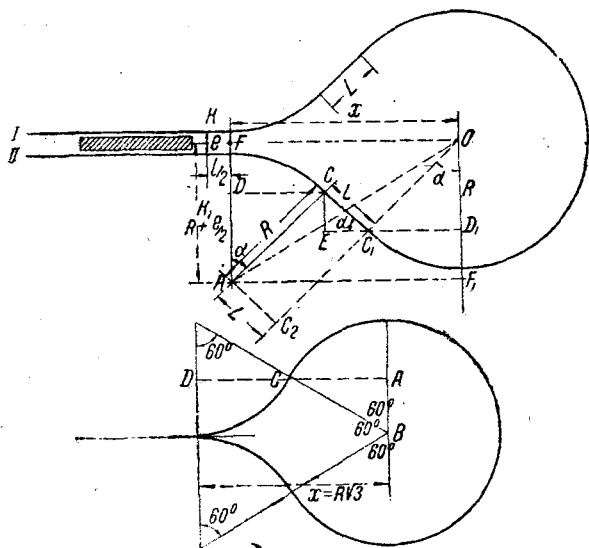
Ур-ния (6) и (7) дают основные размеры для выяснения площади, необходимой для устройства петли, но величины углов  $\alpha$  (черт. 344) не определены.

Из черт. 344 имеем:

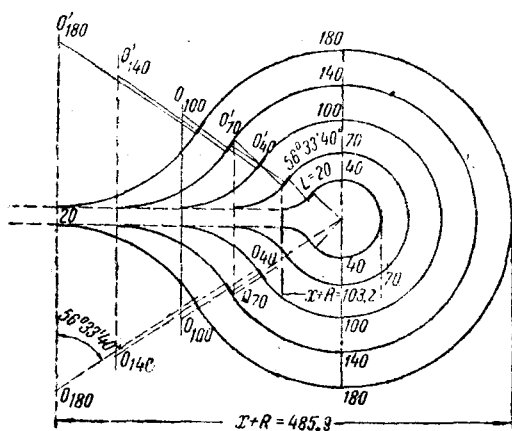
$$AF = OD_1 + AD - CE = 2R \cos \alpha - L \sin \alpha. \quad (8)$$

Далее, имея в виду, что:

$$\cos \alpha = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}} \quad \text{и} \quad \sin \alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}},$$



Черт. 344 и 344а.



Черт. 345.

и вставляя эти величины в ур-ние (8), получим:

$$\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{2L}{3R + \frac{e}{2}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = R - \frac{e}{2}. \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{-L + \sqrt{L^2 + \left( R - \frac{e}{2} \right) \left( 3R + \frac{e}{2} \right)}}{3R + \frac{e}{2}}. \quad (10)$$

$$x = CD + C_1 D_1 + EC_1 = 2R \sin \alpha + L \cos \alpha. \quad (11)$$

Для получения предельных значений  $\alpha$  примем  $L = 0$ , тогда:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{R - \frac{e}{2}}{3R + \frac{e}{2}}}. \quad (12)$$

Для  $e = 2R$  получим  $\alpha = 0$ , т. е. получается полуокружность, как это получилось выше при чисто геометрическом выводе. Для  $e = 0$  получим  $\alpha = 60^\circ$ . На черт. 344а изображен теоретический случай, когда  $e = 0$ , и получается петля в виде груши с наибольшим значением угла  $\alpha$  в  $60^\circ$ ; из того же чертежа видно, что:

$$x = AC + CD = 2R \sin 60^\circ = 2 \frac{R\sqrt{3}}{2} = R\sqrt{3}. \quad (13)$$

В таблице 54 для  $e = 20$  м,  $l = 0$  и  $L = 20$  м приведены значения  $x$  и  $\alpha$  для разных величин  $R$ . На черт. 345 показаны площади, занимаемые петлями радиуса  $R = 40, 70, 100, 140$  и  $180$  м и  $e = 20$  м; центры кривых лежат соответственно в точках  $O_{180}, O_{140}, O_{100}$  и т. д.

Таблица 54

$R$	$\alpha$	$x$	$R$	$\alpha$	$x$
180	56°33'40"	305,9	80	52°16'15"	132,7
160	56°7'45"	271,3	70	51°9'50"	115,3
140	55°35'35"	236,7	60	49°41'35"	98,0
120	54°50'55"	202,0	50	47°37'55"	81,6
100	53°49'30"	167,3	40	43°6'30"	63,2

### § 57. Поворотные треугольники

Если (черт. 346) паровоз по стрелке № 1 пройдет по ответвляющемуся пути к стрелке № 2 и затем к стрелке № 3, то он, пройдя по треугольнику, будет повернут.

Вообще паровоз можно повернуть, проводя его по любому многоугольнику с нечетным числом сторон; на черт. 347 показан пятиугольник. Если паровоз последовательно пройдет от стрелки № 1 к стрелке № 2 и т. д. по всем пяти путям, то, вернувшись к стрелке № 1, он окажется повернутым.

В треугольнике в целях симметричного его устройства (черт. 346) стрелку № 2 надо делать симметричной.

Путь I—I является основным (черт. 346), и от него идут стрелочные переводы №№ 1 и 3, которые ведут на путь II, расположенный под прямым углом к пути I—I.

Путь второй может быть удлинен, и на его расположении может быть расположен склад, завод, фабрика, или же путь II служит только для поворота паровоза, и в том случае за стрелкой № 2 длина пути  $a_0$  должна быть достаточна для помещения паровоза с некоторым запасом.

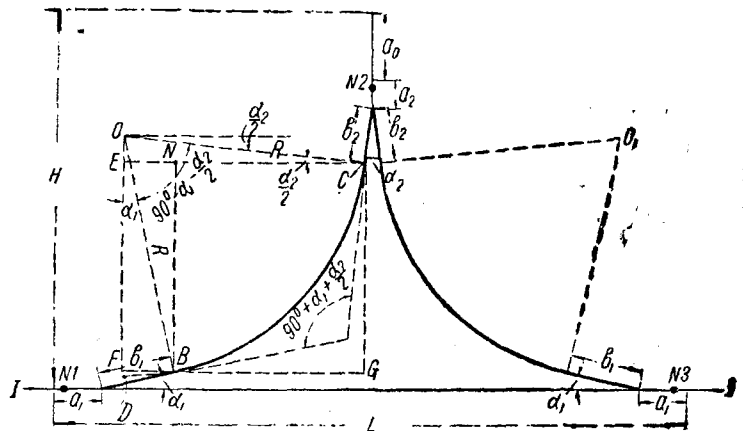
Стрелочный перевод № 2—симметричный, угла, одинакового или большего по сравнению со стрелочными переводами №№ 1 и 3.

Заданными являются:

1) Основные элементы стрелочных переводов, т. е. длины  $a_1, b_1, a_2$  и  $b_2$ , углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

2) Радиусы  $R$  кривых.

Требуется определить величины  $L$  и  $H$ , которые дают площадь, требующуюся для устройства треугольника.



Черт. 346.

Из черт. 346 имеем:

$$H = b_1 \sin \alpha_1 + b_2 \cos \frac{\alpha_2}{2} + CG + a_2 + a_0; \quad (1)$$

$$CG = EF = OF - OE.$$

Из  $\triangle OFB$  и  $EOC$  видно, что:

$$OF = R \cos \alpha_1 \quad \text{и} \quad OE = R \sin \frac{\alpha_2}{2},$$

или

$$CG = R \left( \cos \alpha_1 - \sin \frac{\alpha_2}{2} \right)$$

и, вставляя в ур-ние (1), получим:

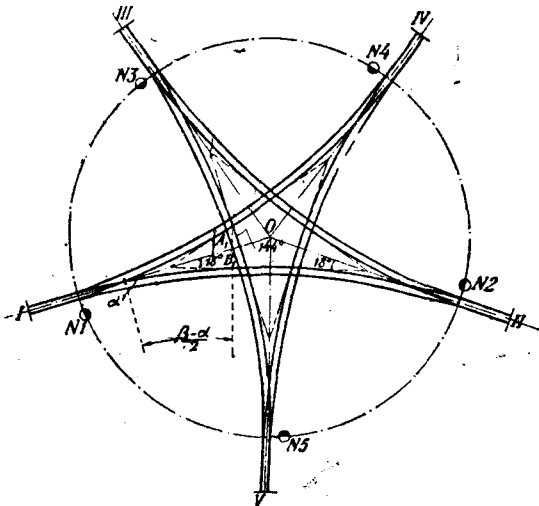
$$H = b_1 \sin \alpha_1 + b_2 \cos \frac{\alpha_2}{2} + R \left( \cos \alpha_1 - \sin \frac{\alpha_2}{2} \right) + a_2 + a_0; \quad (2)$$

$$L = 2 \left( a_1 + b_1 \cos \alpha_1 + b_2 \sin \frac{\alpha_2}{2} + BG \right); \quad (3)$$

$$BG = EC - EN = EC - FB = R \left( \cos \frac{\alpha_2}{2} - \sin \alpha_1 \right);$$

и, вставляя в ур-ние (5), получим:

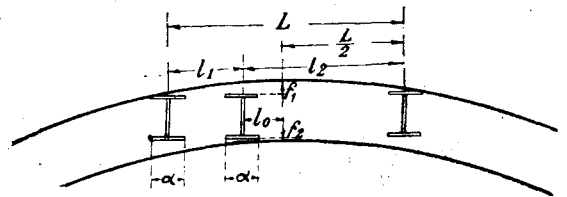
$$L = 2 \left[ a_1 + b_1 \cos \alpha_1 + b_2 \sin \frac{\alpha_2}{2} + R \left( \cos \frac{\alpha_2}{2} - \sin \alpha_1 \right) \right]. \quad (4)$$



Черт. 347.

Величиной радиуса, если требуется поворачивать только паровоз, задаются в зависимости от типа паровоза, но не менее 125—150 м.

Пример. Пусть имеем  $a_1 = 14,7$  м,  $b_1 = b_2 = 16$  м,  $a_2 = 8$  м,  $\text{tg } \alpha_1 = \text{tg } \alpha_2 = 1/9$ ,  $\alpha_1 = \alpha_2 = 6^\circ 20' 25''$ ,  $\sin \alpha_1 = 0,11043$ ,  $\sin \frac{\alpha_2}{2} = 0,0553$ ,  $\cos \alpha_1 = 0,993884$ ,  $\cos \frac{\alpha_2}{2} = 0,99847$ ,  $a_0 = 25$  м и  $R = 150$  м.



Черт. 343.

$$H = 16 \cdot 0,11043 + 16 \cdot 0,99847 + 8 + 25 + 150 (0,993884 - 0,0553) = 191,5 \text{ м.}$$

$$L = 2 [14,7 + 16 \cdot 0,993884 + 16 \cdot 0,0553 + 150 (0,99847 - 0,11043)] = 196,2 \text{ м.}$$

Для уменьшения площади, необходимой для устройства треугольника, важно уменьшить радиус кривой; однако при небольшом радиусе необходимая величина уширения получается настолько значительной, что является опасностью в том, что среднее колесо (или несколько средних колес) паровоза на наружном рельсе будет соприкасаться очень небольшой площадью с головкой рельса, а для крайних колес то же положение будет иметь место в отношении внутреннего рельса.

Площадка соприкосновения при малых радиусах может быть столь малой, что колесо может сойти (соскочить) с рельса внутрь колеи.

Пусть будем иметь (черт. 348):

$f_1$  — уширение, зависящее от базы паровоза;

$f_2$  — стрелка, получающаяся у внутреннего рельса в том случае, если со серединой базы паровоза не совпадает ни одно колесо; величина  $f_2$  уменьшает значение  $f_1$ ; оно тем меньше, чем ближе колесо к середине базы и обращается в нуль при совпадении колеса со серединой базы

$f_3$  — запас, имеющийся при нормальной колее и равный при широкой насадке в 1,443 мм и ширине неизношенных гребней бандажей в 33 мм

$$1\,524 - 1\,443 - 2 \cdot 33 = 1\,524 - 1\,509 = 15 \text{ мм}$$

и 1 509 мм — наименьшая ширина колеи при отсутствии кривой;

$a$  — длина соприкосновения бандажа колеса с верхней боковой гранью рельса; величина эта при высоте гребня  $h$  и радиусе  $r$  колеса, не считая высоты гребня, будет равна  $2\sqrt{(2r + h)h}$ ;

$L$  — длина базы паровоза;

$l_0$  — расстояние середины базы до ближайшего колеса;

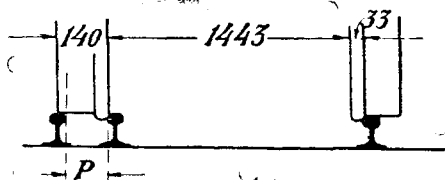
$R$  — радиус кривой, отнесенный к оси пути,—

тогда получим:

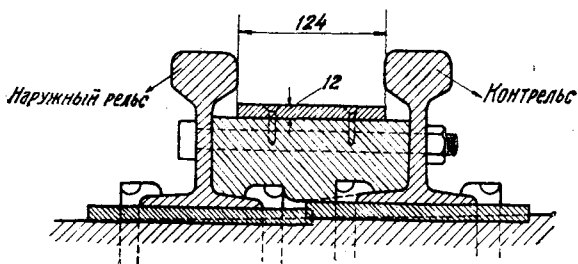
$$f_1 = \frac{(L + a)^2}{4(2R + 1,509)} \quad \text{и} \quad f_2 = \frac{\left(l_0 - \frac{a}{2}\right)^2}{2R - 1,509},$$

где ввиду незначительности величины  $f_1$  и  $f_2$  по сравнению с  $2R$  таковые в знаменатель не входят.

Действительную величину уширения  $f_0$  можно уменьшить по сравнению с  $f_1$  на величину  $f_2$  и половину от 15 мм, принимая во внимание, что для



Черт. 349.



Черт. 350.

каждого колеса оси имеется запас лишь в 7,5 мм; таким образом уширение  $f_0$  (сверх нормальной колеи в 1 524 мм) должно быть:

$$f_0 = f_1 - f_2 - 7,5 = \frac{(L + a)^2}{4(2R + 1,509)} - \frac{\left(l_0 - \frac{a}{2}\right)^2}{2R - 1,509} - 0,0075. \quad (5)$$

Величина  $f_2$  получается обыкновенно очень небольшой.

Величина  $f_0$  должна быть такова, чтобы бандаж соприкасался с рельсом хотя бы на половину своей ширины, т. е., принимая ширину бандажа в 140 мм и гребня в 33 мм, уширение должно быть не более  $(140 - 33) \cdot \frac{1}{2} = 55$  мм, а это дает возможность при базе паровоза около 8 м применять радиусы не менее 125 м.

Применение треугольников с меньшим радиусом вызывает столь значительное уширение, что для поддержания колес нужны особые устройства; инж. Н. И. Богоявленский сделал возможным применение поворотных треугольников малых радиусов устройством контрольных рельсов как у наружного, так и внутреннего рельса и устройством между рельсом и контрольным рельсом особых полос, поддерживающих гребень бандажей и устраняющих возможность провала колеса, в случае схода с рельсов.

Ширина колеи  $1\,524 + f_0$ , расстояние  $p$  между рельсом и контрольным рельсом (черт. 349), принимая широкую насадку в 1 443 м и ширину гребня бандажа в 33 мм, будет:

$$p = 1\,524 + f_0 - (1\,443 + 33) = 48 + f_0, \quad (6)$$

т. е. расстояние должно быть увеличено против 48 мм на величину уширения.

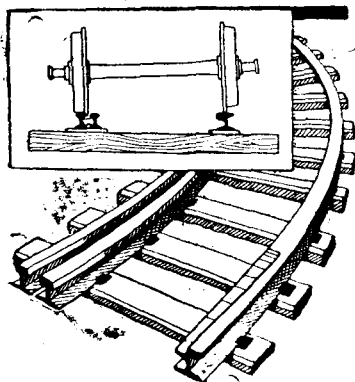
На черт. 350 показано расположение наружного рельса и контррельса с расстоянием  $r$  в 124 мм. Железная полоса шириной 120 мм и толщиной в 12 мм привинчена шурупами к вкладышам, расположенным между рельсом и контррельсом.

Ширина  $r$  должна быть не более ширины бандажа, иначе колесо совершенно сойдет с рельсов.

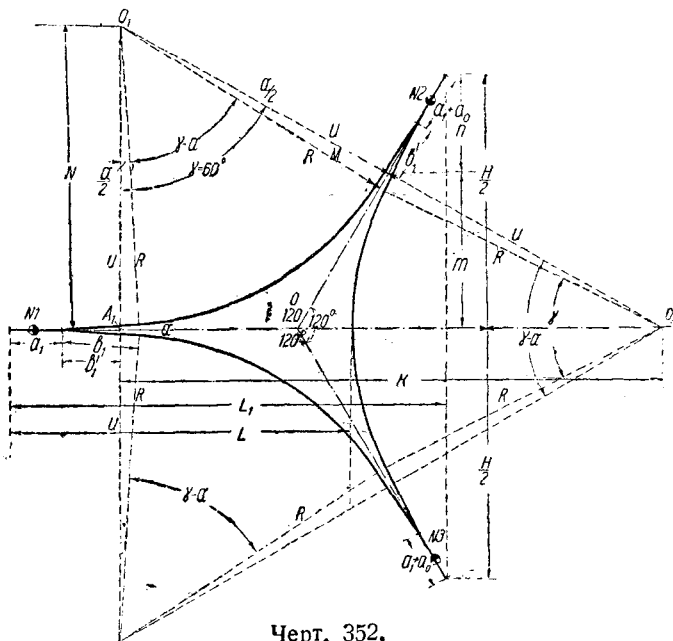
Радиус может быть уменьшен до 50–60 м, если база паровоза меньше или если одна из крайних осей вращается (бегунок) и тем дает возможность уменьшить расчетную базу паровоза и величину уширения.

В Германии для кривых малого радиуса устраивают у внутреннего колеса контррельсы, а по головке наружного рельса колесо катится гребнем бандажа. Головка наружного рельса делается шириной около 100–120 мм, и гребень вкатывается по наклонной плоскости, идущей на ширину половины головки наружного рельса с внутренней его стороны<sup>1</sup> (черт. 351).

На черт. 346 две стрелки находятся на основном пути и имеется один тупиковый,



Черт. 351.



Черт. 352.

путь; однако возможно устройство треугольника в конце основного пути, и в этом случае будет два тупиковых пути (черт. 352). Все три стрелочных перевода симметричны; угол крестовины  $\alpha$  и основные элементы для разбивки  $a_1$  и  $b_1$ ; радиус  $R$ . Продолжения путей пересекаются в точке  $O$ , образуя три угла по  $120^\circ$ . Такой треугольник называется *звездой*. Угол кривых равен  $\gamma - \alpha$ , причем  $\gamma = 60^\circ$ ; восстановив перпендикуляры к основным путям в точках разветвления (пересечения) путей, мы получим точки пересечения этих перпендикуляров в  $O_1$  и  $O_2$  (и симметрично  $O_1$  третью точку внизу чертежа). Длина этих перпендикуляров  $u$  равна:

$$u = R \cos \frac{\alpha}{2} + b_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (7)$$

Обозначая через  $M$  длину радиуса, продолженного до основного пути, получим:

$$M = \frac{u}{\cos \frac{\alpha}{2}} = R + \frac{b_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}}. \quad (8)$$

Расстояние от точки разветвления основного пути до центра  $O_2$  равно  $K$ .

$$K = 2u \cos \frac{\gamma}{2} = \frac{2u\sqrt{3}}{2} = u\sqrt{3}. \quad (9)$$

<sup>1</sup> См. стр. 302 Wulfert „Die Weichen der Deutschen Reichsbahn“.

$$m = u \sin \frac{\gamma}{2} = 0,5 u \quad (10)$$

$$n = (b_1 + a_0) \cos \frac{\gamma}{2}. \quad (11)$$

$$\frac{H}{2} = m + n \text{ и } H = 2(m + n). \quad (12)$$

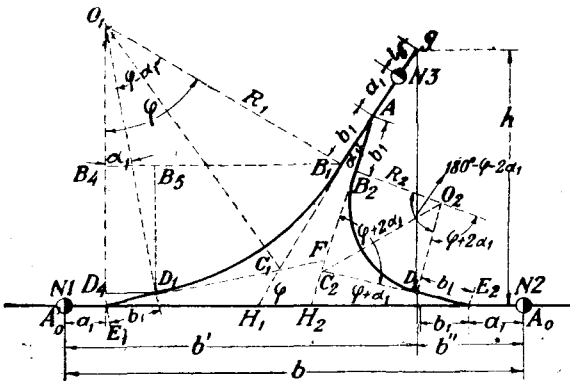
Расстояние  $L$  от стрелки № 1 до вершины кривой равно:

$$L = a_1 + e_1' + k - R. \quad (13)$$

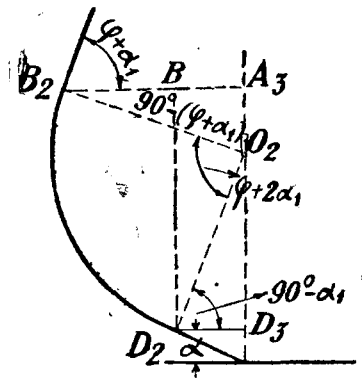
Расстояние  $L_1$ , занимаемое треугольником от стрелки № 1 по направлению основного пути, равно:

$$L_1 = a_1 + b_1 \cos \frac{\alpha}{2} + R \left[ \cos \frac{\alpha}{2} - \cos \left( \gamma - \frac{\alpha}{2} \right) \right] + b_1 \sin \frac{\gamma - \alpha}{2} + (a_1 + a_0) \sin \frac{\gamma}{2}. \quad (14)$$

Иногда по местным условиям ось пути, перпендикулярного к основному пути, удобнее расположить под углом  $\varphi$  (черт. 353) к основному пути. Пусть  $\varphi$  угол менее  $90^\circ$ ; стрелки № 1, 2 и 3 применяем все односторонними, причем стрелки № 2 и 3 расположены так, что их углы уменьшают центральный угол кривой радиуса  $R_2$  на  $2\alpha_1$ . Ось пути, наклоненного под углом  $\varphi$ , —  $GH_1$ ;  $AH_2$  составляет угол  $\alpha_1$  с направлением  $GH_1$ , тогда как  $E_2C_2$  и  $E_1F$  составляют углы  $\alpha_1$  с направлением основного пути.



Черт. 353.



Черт. 354.

Углы по черт. 353 имеют следующие величины:

$$\begin{aligned} \angle GH_1E_2 &= \varphi; \quad \angle AH_2E_2 = \varphi + \alpha_1; \quad \angle H_2C_2E_2 = 180^\circ - (\varphi + 2\alpha_1); \\ \angle AC_2E_2 &= \varphi + 2\alpha_1; \quad \angle B_2O_2D_2 = 180^\circ - \varphi - 2\alpha_1; \quad \angle E_1H_2F = 180^\circ - (\varphi + \alpha_1); \\ \angle E_1FH_2 &= 180^\circ - 180^\circ + \varphi + \alpha_1 - \alpha_1 = \varphi; \quad \angle E_1C_1H_1 = \angle B_1C_1F = \varphi - \alpha_1; \\ \angle H_1C_1F &= 180^\circ - \varphi + \alpha_1; \quad \angle B_1O_1D_1 = \varphi - \alpha_1. \end{aligned}$$

От стрелок № 1, 2 и 3 отложено расстояние  $a_1$ <sup>1</sup> до пересечения осей путей; далее отложено расстояние  $b_1$ —до конца хвоста крестовины, и от этих точек могут начинаться кривые. Кривая угла  $180^\circ - \varphi - 2\alpha_1$  должна быть наименьшего радиуса  $R_2$ ; проектируя линию  $GAB_2C_2D_2E_2$  на вертикаль, получим:

$$h = (l_0 + a_1) \sin \varphi + b_1 \sin (\varphi + \alpha_1) + R_2 [\cos (\varphi + \alpha_1) + \cos \alpha_1] + b_1 \sin \alpha_1. \quad (15)$$

Из черт. 354 видно, что вертикальная проекция кривой радиуса  $R_2$  или двух ее тангенсов равна:

$$\begin{aligned} A_3O_2 + O_2D_3 &= O_2B_2 \sin [90^\circ - (\varphi + \alpha_1)] + O_2D_2 \sin (90^\circ - \alpha_1) = \\ &= R [\cos (\varphi + \alpha_2) + \cos \alpha_1], \end{aligned} \quad (16)$$

Так как все величины, входящие в ур-ние (15), известны, то определится  $h$ .

<sup>1</sup> В значении  $a_1$  включен выступ рамного рельса  $p$ .

Горизонтальная проекция линии  $GAB_2D_2E_2A_0$  равна  $b''$  (черт. 353):

$$b'' = a_1 + b [\cos \alpha_1 + \cos (\varphi + \alpha_1)] + B_2B + (a_1 + l_0) \cos \varphi.$$

Из черт. 354 определится  $B_2B$ :

$B_2B = B_2A_3 - BA_3 = B_2A_3 - D_2D_3 = R_2 [\sin (\varphi + \alpha_1) - \sin \alpha_1]$  и, вставляя, получим:

$$b'' = a_1 + b_1 [\cos \alpha_1 + \cos (\varphi + \alpha_1)] + R_2 [\sin (\varphi + \alpha_1) - \sin \alpha_1] + (a_1 + l_0) \cos \varphi. \quad (17)$$

Величина радиуса  $R_1$  определится из условия, что вертикальная проекция  $GAB_1C_1D_1E$  равна  $h$ :

$$h = (l_0 + a_1 + b_1) \sin \varphi + b_1 \sin \alpha_1 + B_4D_4.$$

Длина  $B_4D_4$  представляет вертикальную проекцию кривой  $B_1D_1$ , и она равна:

$$B_4D_4 = O_1D_4 - O_1B_4 = R (\cos \alpha_1 - \cos \varphi)$$

и, вставляя значение  $B_4D_4$ , получим:

$$h = (l_0 + a_1 + b_1) \sin \varphi + b_1 \sin \alpha_1 + R_1 (\cos \alpha_1 - \cos \varphi). \quad (18)$$

Откуда получим  $R_1$ :

$$R_1 = \frac{h - (l_0 + a_1 + b_1) \sin \varphi - b_1 \sin \alpha_1}{\cos \alpha_1 - \cos \varphi}. \quad (19)$$

Далее, проектируя на направление основного пути, получим:

$$b' = a_1 + b_1 \cos \alpha_1 + (b_1 + a_1 + l_0) \cos \varphi + B_5B_1.$$

Из черт. 353 длина  $B_5B_1$  равна:

$$B_5B_1 = B_4B_1 - B_4B_5 = B_4B_1 - D_4D_1 = R_1 (\sin \varphi - \sin \alpha_1)$$

и, вставляя, получим:

$$b' = a_1 + b_1 \cos \alpha_1 + (b_1 + a_1 + l_0) \cos \varphi + R_1 (\sin \varphi - \sin \alpha_1). \quad (20)$$

Для разбивки надо иметь  $E_1H_1$ ,  $E_2H_2$ ,  $AH_1$ ,  $AH_2$ ,  $H_1C_1$  и  $H_2C_2$ .

Из  $\triangle E_1C_1H_1$  имеем:

$$E_1C_1 = b_1 + R_1 \operatorname{tg} \frac{\varphi - \alpha_1}{2}; \quad E_1H_1 = \frac{E_1C_1 \sin (\varphi - \alpha_1)}{\sin \varphi} \quad (21)$$

$$E_2C_2 = b_1 + R_2 \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \varphi - 2\alpha_1}{2}; \quad E_2H_2 = \frac{E_2C_2 \sin (180^\circ - \varphi - 2\alpha_1)}{\sin (\varphi + \alpha_1)} \quad (22)$$

$$C_1H_1 = \frac{E_1C_1 \sin \alpha_1}{\sin \varphi} \quad \text{и} \quad C_2H_2 = \frac{E_2C_2 \sin \alpha_1}{\sin (\varphi + \alpha_1)} \quad (23)$$

$$AH_1 = b_1 + R_1 \operatorname{tg} \frac{\varphi - \alpha_1}{2} + C_1H_1 \quad \text{и} \quad AH_2 = b_1 + R_2 \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \varphi - 2\alpha_1}{2} + C_2H_2. \quad (24)$$

По черт. 353 кривая радиуса  $R_1$  расположена таким образом, что она начинается и кончается у концов крестовин стрелок № 1 и 3; однако в целях уменьшения длины  $b'$  можно применить наименьшую допускаемую величину радиуса ( $R_2$ ) и иметь прямую вставку  $x$  между хвостом крестовины и началом кривой (черт. 355). Величина прямой вставки получится, проектируя (черт. 355)  $GAB_1C_1D_1A_0$  на  $h$ :

$$h = (l_0 + a_1 + b_1 + x) \sin \varphi + b_1 \sin \alpha_1 + R_2 (\cos \alpha_1 - \cos \varphi) \quad (25)$$

$$x = \frac{h - b_1 \sin \alpha_1 - R_2 (\cos \alpha_1 - \cos \varphi)}{\sin \varphi} - (l_0 + a_1 + b_1) \quad (26)$$

$$b' = a_1 + b_1 \cos \alpha_1 + (l_0 + a_1 + b_1 + x) \cos \varphi + R_2 (\sin \varphi - \sin \alpha_1). \quad (27)$$

Пример. Пусть  $l_0 = 30$  м,  $a_1 = 10$  м,  $b_1 = 15$   $\operatorname{tg} \alpha_1 = 1/8$

и

$$\alpha_1 = 7^\circ 7' 30'', \quad \varphi = 50^\circ$$

и

$$\min R = R_2 = 125 \text{ м,}$$

тогда из ур-ния (15) будем иметь:

$$h = 40 \sin 50^\circ + 15 (\sin 50^\circ + \sin 57^\circ 7' 30'') + 125 (\cos 50^\circ + \sin 57^\circ 7' 30'') = 202,9 \text{ м,}$$

$$b'' = 10 + 15 (\cos 50^\circ + \cos 57^\circ 7' 30'') + 125 (\sin 57^\circ 7' 30'' - \sin 7^\circ 7' 30'') +$$

$$40 \cos 50^\circ = 143 \text{ м.}$$

$$R = \frac{202,9 - 55 \sin 50^\circ - 15 \sin 7^\circ 7' 30''}{\cos 7^\circ 7' 30'' - \cos 50^\circ} = 454,7 \text{ м,}$$

$$b' = 10 + 15 \cos 7^\circ 7' 30'' + 55 \cos 50^\circ + 454,7 \sin 50^\circ - \sin 7^\circ 7' 30'' = 352,1 \text{ м}$$

$$b' + b'' = 495 \text{ м.}$$

$$\sin 7^\circ 7' 30'' = 0,124035, \quad \cos 7^\circ 7' 30'' = 0,992278,$$

$$\sin 50^\circ = 0,766044, \quad \cos 50^\circ = 0,642788,$$

$$\sin 57^\circ 7' 30'' = 0,839857, \quad \cos 57^\circ 7' 30'' = 0,542808.$$

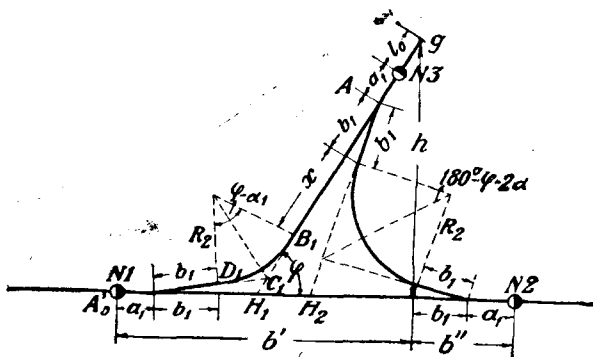
Если применить наименьший радиус также на левой по чертежу ветви-то получим:

$$x = \frac{202,9 - 15 \cdot 0,124035 - 125 \cdot 0,349490}{0,766044} - 55 = 150,4 \text{ м,}$$

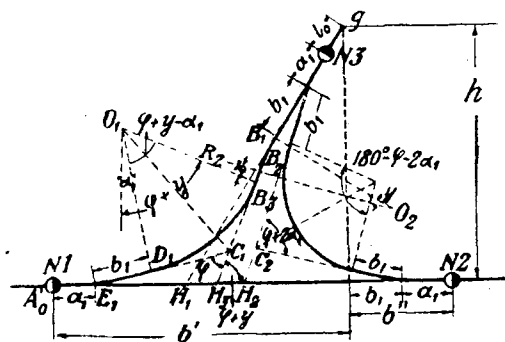
$$b' = 10 + 15 \cdot 0,992278 + 205,4 \cdot 0,642788 + 125 \cdot 0,642009 = 237,2 \text{ м,}$$

$$b = b' + b'' = 380,2 \text{ м.}$$

Длина сторон поворотного треугольника по черт. 353 и 355 больше, чем по черт. 346, поэтому треугольник с путем под косым углом может вызываться



Черт. 355.



Черт. 356.

либо уменьшением земляных работ, либо проектом станции, на которой общая конфигурация путей требует треугольника с направлением осей под углом.

Как видно из приведенного примера, величины радиуса  $R_1$  получилась значительной, поэтому значительной получилась и величина  $b'$ . Иногда более целесообразно кривую радиуса  $R_1$  в целях сокращения длины ветви сделать из двух обратных кривых радиуса  $R_1$ , равных наименьшей величине радиуса.

На черт. 356 приведен поворотный треугольник с обратными кривыми для левой ветви треугольника. Правая ветвь, величина  $h$  и  $b''$ , определяется по ур-нию (15) и (17); левая ветвь имеет кривую угла  $\psi$  и радиуса  $R_2$ , затем прямую вставку  $x$  и кривую радиуса  $R_2$  и угла  $\varphi + \psi - \alpha_1$ . Для того чтобы определить величину угла  $\psi$ , спроектируем на вертикаль линию  $GB_1B_2C_1D_1E_1$ :

$$h = (l_0 + a_1 + b_1) \sin \varphi + R_2 [\cos \varphi - \cos (\varphi + \psi)] + x \sin (\varphi + \psi) + R_2 [\cos \alpha_1 - \cos (\varphi + \psi)] + b_1 \sin \alpha_1; \quad (28)$$

$$2R_2 \cos (\varphi + \psi) = (l_0 + a_1 + b_1) \sin \varphi - h + R_2 (\cos \varphi + \cos \alpha_1) + b_1 \sin \alpha_1 + x \sin (\varphi + \psi);$$

$$\cos (\varphi + \psi) = \frac{(l_0 + a_1 + b_1) \sin \varphi - h + R_2 (\cos \varphi + \cos \alpha_1) + b_1 \sin \alpha_1}{2R_2} + \frac{x}{2R_2} \cdot \sin (\varphi + \psi). \quad (29)$$



Обозначая первый член второй части ур-ния (29) через  $A$  получим:

$$\cos(\varphi + \psi) = A + \frac{x}{2R_2} \sin(\varphi + \psi). \quad (30)$$

Принимая  $x : 2R_2 = \operatorname{tg} \psi$ , получим  $\psi$  и  $\cos \psi$  и, вставляя в ур-ние (30), получим:

$$\cos(\varphi + \psi) \cos \psi = A \cos \psi + \sin \psi \sin(\varphi + \psi)$$

или

$$\cos(\varphi + \psi) \cos \psi - \sin \psi \sin(\varphi + \psi) = \cos(\varphi + \psi + \psi) = A \cos \psi,$$

откуда получим  $\varphi + \psi + \psi$ . Так как  $\varphi$  и  $\psi$  известны, то получим  $\psi$ .

После определения  $\psi$  определится длина  $b'$ :

$$b' = (l_0 + a_1 + b_1) \cos \varphi + x \cos(\varphi + \psi) + b_1 \cos \alpha_1 + R_2 [2 \sin(\varphi + \psi) - \sin \varphi - \sin \alpha_1]. \quad (31)$$

Остальные данные для разбивки и углы определяются аналогично предшествующему расчету.

Пример. Возьмем все данные предшествующего примера и примем:

$$x = 10 \text{ м.}$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{10}{250} = 0,04; \quad \psi = 2^\circ 17' 26''; \quad \cos \psi = 0,999201$$

$$A = \frac{55 \sin 50^\circ - 202,9 + 125 (\cos 50^\circ + \cos 77^\circ 30'') + 15 \sin 77^\circ 30''}{2 \cdot 125} = 0,18188;$$

$$\cos(\varphi + \psi + \psi) = 0,18188 \cdot 0,999201 = 0,181735;$$

$$\varphi + \psi + \psi = 79^\circ 31' 45'' \text{ и } \psi = 79^\circ 31' 45'' - 52^\circ 17' 26'' = 27^\circ 14' 19''$$

$$b' = 55 \cos 50^\circ + 10 \cos 77^\circ 14' 19'' + 15 \cos 77^\circ 30'' +$$

$$+ 125 (\sin 77^\circ 14' 19'' + \sin 77^\circ 14' 19'' - \sin 50^\circ - \sin 77^\circ 36'') = 185,00 \text{ м}$$

вместо 352 м, бывших в предшествующем примере, и  $b = b' + b'' = 185 + 143 = 328 \text{ м.}$

Длину  $b$  можно несколько сбавить, применяя для стрелки № 3 односторонний стрелочный перевод с кривыми на обоих ответвляющихся путях.

Возможен случай, что основной путь между стрелками № 1 и 2 будет не прямой, а каждый из трех выходящих на треугольник путей имеет свою ось. В этом случае возможно применение несимметричных, симметричных и обыкновенных стрелочных переводов.

Ниже мы предполагаем применение обыкновенных стрелочных переводов, и ответвление направлено в сторону кривой с большим центральным углом.

Оси трех путей (черт. 357—358) образуют в пересечении треугольник: пути I и III пересекаются в точке  $A_1$ , образуя угол  $\varphi_1$ , пути I и II пересекаются в точке  $A_3$ , образуя угол  $\varphi_3$ , и, наконец, пути II и III пересекаются в точке  $A_2$ , образуя угол  $\varphi_2$ . Наименьший из углов  $\varphi$  потребует наибольшего центрального угла кривой, поэтому, применяя обыкновенный перевод, ответвления переводов № 1 и 3 должны быть направлены в сторону угла  $\varphi_1$ ; следующий угол  $\varphi_3$ , и в сторону  $\varphi_3$  должно быть направлено ответвление перевода № 2.

В пересечении трех осей получается  $\triangle A_1 A_2 A_3$ , стороны которого и углы известны.

Для кривой угла  $180^\circ - \varphi - 2\alpha_1$  радиус  $R_1$  будет иметь наименьшее значение.

Из  $\triangle C_1 P_1 A_1$  будем иметь:

$$C_1 P_1 = b_1 + R \operatorname{tg} \left( \frac{180^\circ - \varphi_1 - 2\alpha_1}{2} \right) \quad (32)$$

$$A_2' A_1 = a_1 + C_1 A_1 = a_1 + C_1 P_1 \frac{\sin \angle C_1 P_1 A_1}{\sin \angle P_1 A_1 C_1} \quad (33)$$

$$\angle C_1 P_1 A_1 = 180^\circ - \alpha_1 - \frac{\varphi_1}{2} \text{ и } \angle P_1 A_1 C_1 = \frac{\varphi_1}{2}$$

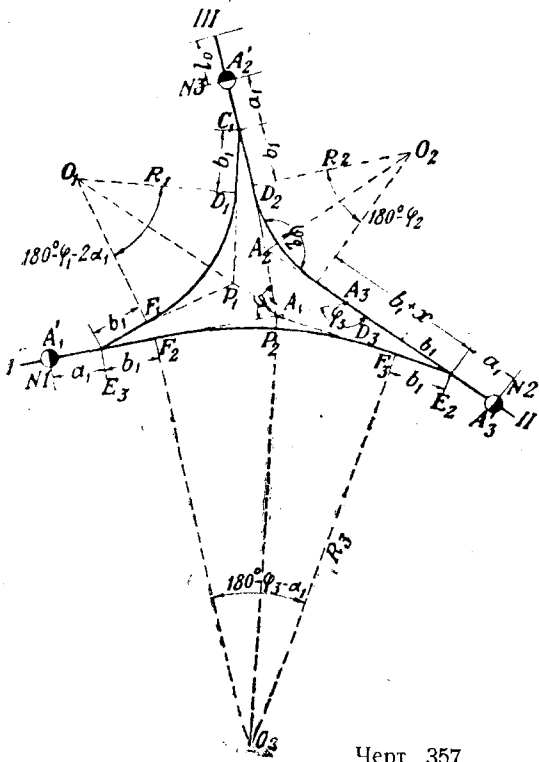
и, вставляя в ур-ние (43), получим:

$$A_2'A_1 = a_1 + C_1P_1 \frac{\sin\left(a_1 + \frac{\varphi_1}{2}\right)}{\sin \frac{\varphi_1}{2}}. \quad (34)$$

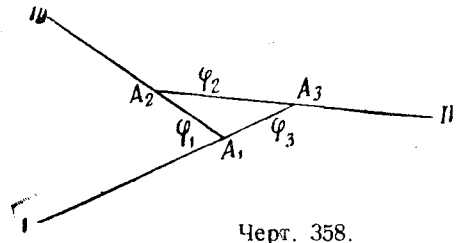
Так как  $A_1A_2$  задано (так как стороны  $\triangle A_1A_2A_3$  известны), то  $D_2A_2$  вполне определенная величина и  $R_2$  определится:

$$R_2 = D_2A_2 \operatorname{ctg}\left(\frac{180^\circ - \varphi_2}{2}\right). \quad (35)$$

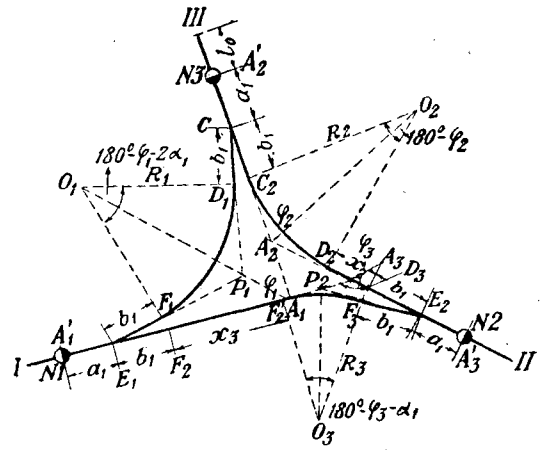
Если  $A_2E_2$ , определенная из нижеследующего расчета для  $R_3$ , не даст сделать  $R_2$  по ур-нию (35), то  $R_2$  определится исходя из длины  $A_2E_2$  и будет прямой вставкой между  $C_1$  и  $D_2$ , так что вместо  $b_1$  будет длина  $b_1 + x_2$ .



Черт. 357.



Черт. 358.



Черт. 359.

Длина  $A_1A_3$  известна; далее будем иметь:

$$F_2A_1 = F_2A_3 - A_1A_3 \text{ или } A_1A_3 = F_2A_3 - R_3 \operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ - \varphi_3 - \alpha_1}{2}\right). \quad (36)$$

$$A_1E_2 = R_3 \operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ - \varphi_3 - \alpha_1}{2}\right) + b_1. \quad (37)$$

$$\frac{F_2A_3 - R_3 \operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ - \varphi_3 - \alpha_1}{2}\right)}{R_3 \operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ - \varphi_3 - \alpha_1}{2}\right) + b_1} = \frac{A_1A_3}{A_1E_2} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \varphi_3}. \quad (38)$$

Беря сумму членов отношения ко второму члену отношения, получим:

$$\begin{aligned} \frac{F_2A_3 + b_1}{R_3 \operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ - \varphi_3 - \alpha_1}{2}\right) + b_1} &= \frac{\sin \alpha_1 + \sin \varphi_3}{\sin \varphi_3} \text{ и } R_3 = \\ &= \left[ \frac{\sin \varphi_3 (F_2A_3 + b_1)}{\sin \alpha_1 + \sin \varphi_3} - b_1 \right] \operatorname{ctg}\left(\frac{180^\circ - \varphi_3 - \alpha_1}{2}\right). \end{aligned} \quad (39)$$

Далее  $A_2A_3$  — известно, и величина  $A_3E_2$  будет равна:

$$A_3E_2 = \frac{A_1E_2 \sin(\alpha_1 + \varphi_3)}{\sin \varphi_3} \quad (40)$$

Сторона треугольника, соединяющая пути  $I$  и  $II$ , запроектирована таким образом, чтобы кривая целиком заполнила расстояние между хвостами крестовин стрелок № 1 и 2. Положение стрелок № 1 и 2 определяется наименьшей величиной радиуса  $R_2$ . Положение стрелки № 3 может определяться применением наименьшего радиуса  $R$  в одном из углов  $\varphi_2$  или  $\varphi_3$ , смотря по тому, который из них меньше (центральный угол будет соответственно больше). Из черт. 359 ясно, что для того чтобы возможно ближе подвинуть к треугольнику стрелку № 2, кривая должна начаться непосредственно за хвостом крестовины стрелки № 2, и между хвостом крестовины стрелки № 1 и началом кривой  $F_2$  будет прямая вставка  $x_3$ . Так как положение стрелок № 1 и 3 зафиксировано кривой между путями  $I$  и  $III$  и положение стрелок № 1 и 2 кривой между путями  $I$  и  $II$ , то радиус  $R_2$  определится меньшей из прямых  $A_2D_2$ , или  $A_2D_3$ , которая должна равняться касательной.

На черт. 359 соединение между путями  $I$  и  $III$  точно такое, что и на черт. 357. Радиус кривой  $R_3$  принимаем минимальным, тогда будем иметь:

$$P_2E_2 = P_2F_3 + F_3E_2 = R_3 \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \varphi_3 - \alpha_1}{2} + b_1 \quad (41)$$

$$P_2A_3 = \frac{P_2E_2 \sin \alpha_1}{\sin \varphi_3} \quad (42)$$

$$x_3 = A_1'A_3 - \left( P_2A_3 + R_3 \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \varphi_3 - \alpha_1}{2} + a_1 + b_1 \right) \quad (43)$$

Далее для определения радиуса  $R_2$  имеем:

$$A_2C_2 = A_1A_2' - (a_1 + b_1 + A_1A_2) \quad (44)$$

$$A_3E_2 = \frac{P_2E_2 \sin(\varphi_3 + \alpha_1)}{\sin \varphi_3} \quad (45)$$

$$A_2E_2 = A_2A_3 + A_3E_2 \quad (46)$$

$$x_2 = A_2A_3' - \left( R_2 \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \varphi_2}{2} + a_1 + b_1 \right) \quad (47)$$

$$\left. \begin{aligned} R_2 &= A_2C_2 \operatorname{ctg} \frac{180^\circ - \varphi_2}{2} \\ \text{или} \\ R_2 &= A_2D_2 \operatorname{ctg} \frac{180^\circ - \varphi_2}{2} \end{aligned} \right\} \quad (48)$$

смотря по тому, что меньше  $A_2C_2$  или  $A_2D_2$ .

Пример. Пусть  $\varphi_1 = 60^\circ$ ,  $\varphi_2 = 160^\circ$  и  $\varphi_3 = 140^\circ$  (сумма углов  $360^\circ$ ,  $A_1A_2 = 20$  м,  $\operatorname{tg} \alpha_1 = 1/8$  и  $\alpha_4 = 7^\circ 7' 30''$ ;  $a_1 = 10$  м,  $b_1 = 15$  м.

$$A_2A_3 = \frac{A_1A_2 \sin 60^\circ}{\sin 40^\circ} = \frac{20 \cdot 0,866025}{0,642788} = 26,95 \text{ м};$$

$$A_1A_3 = \frac{20 \sin 20^\circ}{\sin 40^\circ} = \frac{20 \cdot 0,342020}{0,642788} = 10,64 \text{ м};$$

$$C_1P_1 = 15 + 125 \operatorname{tg} 52^\circ 52',5'' = 15 + 125 \cdot 1,321338 = 180,2 \text{ м};$$

$$A_2'A_1 = 10 + 180 \cdot 2 \frac{\sin 37^\circ 7' 30''}{\sin 30^\circ} = 227,5;$$

$$C_2A_2 = A_2'A_1 - (a_1 + b_1 + A_1A_2) = 227,5 - 45 = 182,5 \text{ м};$$

$$R_2 = 182,5 \cdot 5,671 = 1105,3 \text{ м};$$

$$A_1'A_1 = A_2'A_1 = 227,5; F_2A_1 = 227,5 - 25 = 202,5 \text{ м};$$

$$F_2A_3 = F_2A_1 + A_1A_3 = 202,5 + 10,64 = 213,14 \text{ м}.$$

Из ур-ния (39) получим:

$$R_3 = \left[ \frac{\sin \varphi_3 (F_2 A_3 + b_1)}{\sin \alpha_1 + \sin \varphi_3} - b_1 \right] \operatorname{ctg} \frac{180^\circ - \varphi_3 - \alpha_1}{2} =$$

$$= \left[ \frac{0,642788 (213,14 + 15)}{0,124035 + 0,642788} - 15 \right] 3,38952 = 597,4 \text{ м};$$

$$P_2 E_2 = 15 + 597,4 \operatorname{tg} 16^\circ 26' 15'' = 15 + 597,4 \cdot 0,295027 = 191,2 \text{ м};$$

$$A_3 E_2 = \frac{191,2 \sin 147^\circ 7' 3''}{\sin 140^\circ} = \frac{191,2 \cdot 0,542808}{0,642788} = 161,5 \text{ м};$$

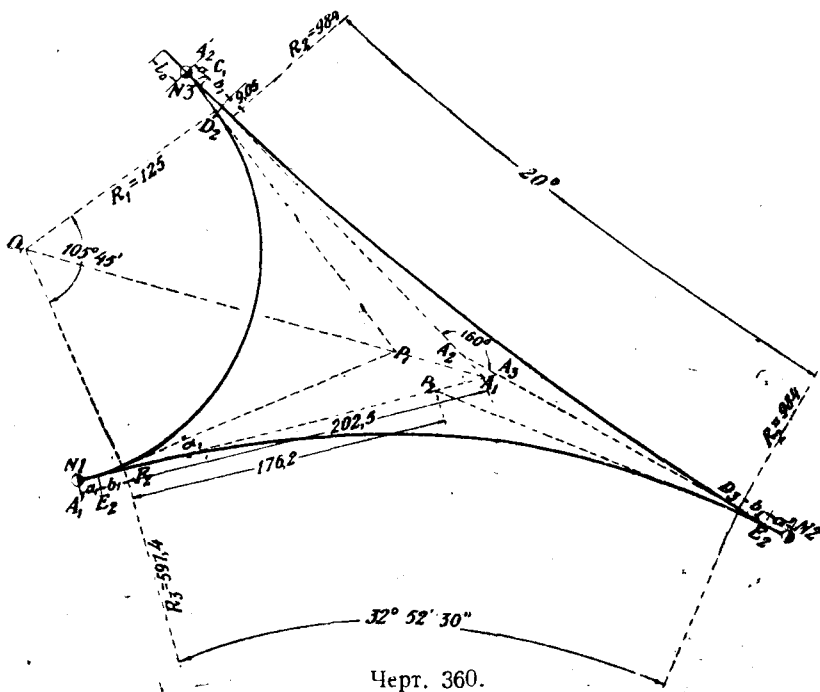
$$A_2 E_2 = A_2 A_3 + A_3 E_2 = 26,95 + 161,5 = 188,45 \text{ м};$$

$$b_1 + x_3 = A_2 E_2 - R_2 \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \varphi_2}{2} = 188,45 - 1105,3 \operatorname{tg} 10^\circ = 188,45 - 194,89 =$$

$$= -6,44 \text{ м},$$

что показывает, что величина касательной для кривой  $R_2$  и угла  $180^\circ - \varphi_2$  будет:

$$A_3 E_2 - b_1 = 188,45 - 15 = 173,45 \text{ м},$$



откуда:

$$R_2 = 173,45 \cdot 5,671 = 984,6 \text{ м},$$

и при величине касательной в 173,45 м будем иметь прямую вставку в 182,5 — 173,45 = 9,05 м впереди касательной  $C_2 A_2$ .

На черт. 360 сделано построение для приведенного примера.

Проектируя треугольник для двух ветвей с минимальными радиусами, получим, что соединение между путями I и III останется без изменений, далее будем иметь (черт. 361):

$$P_2 E_2 = 125 \operatorname{tg} \frac{180^\circ - 140^\circ - 7^\circ 7' 30''}{2} + 15 = 125 \cdot 0,295027 + 15 = 51,88 \text{ м};$$

$$P_2 A_3 = \frac{51,88 \sin 7^\circ 7' 30''}{\sin 140^\circ} = 10,01 \text{ м};$$

$$A_1' A_3 = A_1' A_1 + A_1 A_3 = 227,5 + 10,64 = 238,14 \text{ м}.$$

$$x_3 = 238,14 - \left( 10,64 + 125 \operatorname{tg} \frac{180^\circ - 140^\circ - 7^\circ 7' 30''}{2} + 10 + 15 \right) = 165,62 \text{ м}.$$

Касательная

$$P_2F_2 = 125 \operatorname{tg} 16^\circ 26' 15'' = 36,88 \text{ м};$$

$$A_2C_2 = A_1A_2' - (10 + 15 + 20) = 227,5 - 45 = 182,5 \text{ м};$$

$$A_3E_2 = \frac{51,88 \sin 147^\circ 7' 30''}{\sin 140^\circ} = \frac{51,88 \cdot 0,54288}{0,642788} = 43,81 \text{ м};$$

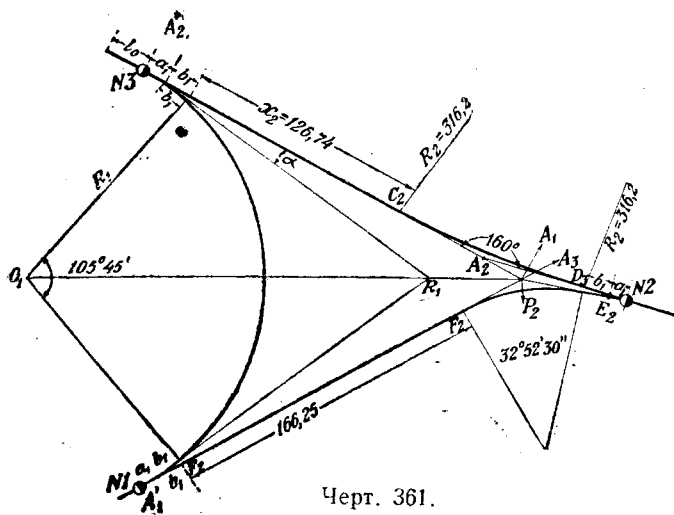
$$A_2E_2 = A_2A_3 + A_3E_2 = 26,95 + 43,81 = 70,76 \text{ м}.$$

Так как  $A_2E_2 = 70,76 \text{ м}$ , то касательная  $A_2D_2 = 70,76 - 15 = 55,76 \text{ м}$ , т. е. менее  $A_2C_2$ , и далее:

$$R_2 = 55,76 \operatorname{ctg} 10^\circ = 316,2 \text{ м}, \text{ и прямая } x_2 \text{ между } C_2 \text{ и концом крестовины} =$$

$$= 182,5 - 55,76 = 126,74 \text{ м}.$$

На черт. 361 приведен треугольник с применением наименьшего значения радиусов по черт. 359 и по приведенному выше расчету, длина пути между стрелками № 1 и 3 та же, что и по черт. 360, стрелка же № 2 находится на  $161,5 - 43,81 = 117,69$ , ближе по черт. 361, нежели по черт. 360, длина путей треугольника сокращается на  $117,69 \cdot 2 = 235 \text{ м}$ .



Черт. 361.

§ 58. Поворотные пятиугольники

На черт. 347 показан симметричный пятиугольник для поворота паровозов. Части путей в пределах пяти глухих пересечений и между ними желательно иметь прямыми, во избежание затруднений в устройстве глухих пересечений.

Кроме того, для возможности устройства глухих пересечений прямая часть (черт. 362) продолжается на величину  $q_1$ .

В  $\triangle ABC$  углы  $CAB$  и  $ABC$  равны каждый  $72^\circ$ , и угол  $\beta_1 = \angle ACB = 36^\circ$ ; все пять стрелок предположены симметричными и каждый из десяти путей, ведущих от стрелок к пятиугольнику (черт. 362), одинаковых радиусов и угла  $\beta_1 = \frac{\alpha}{2}$ , где  $\alpha$  — угол крестовины.

Обозначая через:

- $l_0$  — длину тупиков для помещения паровоза + запас,
- $l$  — теоретическую длину переводов,
- $\alpha$  — угол крестовины,
- $q$  — длину хвоста крестовины,
- $q_1$  — длину короткого хвоста глухого пересечения,
- $R$  — радиус кривых,
- $s$  — ширину колеи,
- $b$  — расстояние от тупиков до центра пятиугольника,
- $a$  — длину стороны пятиугольника, считая по рабочему канту рельса, более удаленного от центра пятиугольника, — будем иметь:

$$\frac{a}{2} = q \sin \frac{\alpha}{2} + q_1 \sin \frac{\beta_1}{2} + \left( R + \frac{s}{2} \right) \left( \cos \frac{\alpha}{2} - \cos \frac{\beta_1}{2} \right) + \frac{s}{\cos \frac{\beta_1}{2}} \quad (1)$$

$$b = l_0 + l + q \cos \frac{\alpha}{2} + q_1 \cos \frac{\beta_1}{2} + \left( R + \frac{s}{2} \right) \left( \sin \frac{\beta_1}{2} - \sin \frac{\alpha}{2} \right) + D_1 O \quad (2)$$

$$D_1 O = \frac{\alpha}{2} \operatorname{ctg} \beta_1. \quad (3)$$

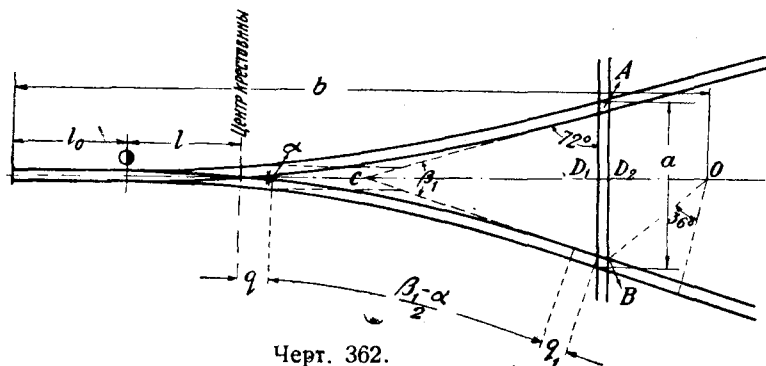
Пятиугольник в том виде, как он изображен на черт. 347, может иметь применение лишь в случаях, когда имеется достаточно места.

Если один из тупиков, положим, находящийся при стрелке № 1 (черт. 347), будем передвигать к центру пятиугольника до тех пор, пока конец тупика не перейдет через путь, соединяющий стрелки № 3 и № 5, то получим пятиугольник, изображенный на черт. 363.

Вместо пяти глухих пересечений получается только три. Кривые предположены идущими и на протяжении глухих пересечений; такое предположение делается для упрощения расчета, в действительности же глухие пересечения предпочтительно расположить на прямых, соответственно уменьшив радиус перед и после глухих пересечений.

Стрелочные переводы № 1 и 2 обычного типа, а № 3, 4 и 5 симметричные. Обозначим через:

- $b$  — расстояние между стрелками № 1 и 2 основного пути;
- $h$  — расстояние по вертикали от оси одного из тупиков, идущих от стрелок № 3 или № 4 до оси основного пути;
- $l_1, \alpha_1$  и  $q_1$  — теоретическую длину, угол и хвост крестовины переводов № 1 и 2;
- $l_2, \alpha_2$  и  $q_2$  — то же для симметричных переводов;



Черт. 362.

- $l_0$  — длину тупиков;
- $k$  — расстояние от конца тупика стрелки № 5 до ближайшего рабочего канта рельса основного пути;
- $\beta$  — угол кривых между стрелками № 2 и 3 и № 4 и 5.

Тогда будем иметь:

$$h = \frac{s}{2} + k + l_0 + l_2 + q_2 \cos \frac{\alpha_2}{2} + \left( R + \frac{s}{2} \right) \left[ \cos (\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) - \sin \frac{\alpha_2}{2} \right] + q_2 \sin (\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) + (l_2 + l_0) \sin \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} + \beta \right), \quad (4)$$

$$h = (l_2 + l_0) \sin \left( \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{2} + \beta \right) + \frac{s}{2} + q_2 \sin (\alpha_1 + \beta_1) + q_1 \sin \alpha_1 + \left( R + \frac{s}{2} \right) [\cos \alpha_1 - \cos (\alpha_1 + \beta)]. \quad (5)$$

Приравнявая друг другу оба значения  $h$ , получим:

$$\begin{aligned} & \left( R + \frac{s}{2} \right) \left( \cos \alpha_1 + \sin \frac{\alpha_2}{2} \right) - k - l_0 - l_2 - q_2 \cos \frac{\alpha_2}{2} + q_1 \sin \alpha_1 = \\ & = \left( R + \frac{s}{2} \right) [\cos (\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) + \cos (\alpha_1 + \beta)] + q_2 [\sin (\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) - \sin (\alpha_1 + \beta)]. \end{aligned} \quad (6)$$

В ур-нии (6) все величины, кроме угла  $\beta$ , известны; замечая, что:

$$\cos (\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) + \cos (\alpha_1 + \beta) = 2 \cos \left( \alpha_1 + \beta + \frac{\alpha_2}{2} \right) \cos \frac{\alpha_2}{2}$$

и

$$\sin(\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) - \sin(\alpha_1 + \beta) = 2 \cos\left(\alpha_1 + \beta + \frac{\alpha_2}{2}\right) \sin \frac{\alpha_2}{2}$$

и обозначая  $\alpha_1 + \beta + \frac{\alpha_2}{2}$  через  $\gamma$ , а левую часть ур-ния (6) через  $A$ , получим:

$$A = 2 \cos \gamma \left[ \left( R + \frac{s}{2} \right) \cos \frac{\alpha_2}{2} + q_2 \sin \frac{\alpha_2}{2} \right];$$

откуда:

$$\cos \gamma = \frac{A}{2 \left[ \left( R + \frac{s}{2} \right) \cos \frac{\alpha_2}{2} + q_2 \sin \frac{\alpha_2}{2} \right]}. \quad (7)$$

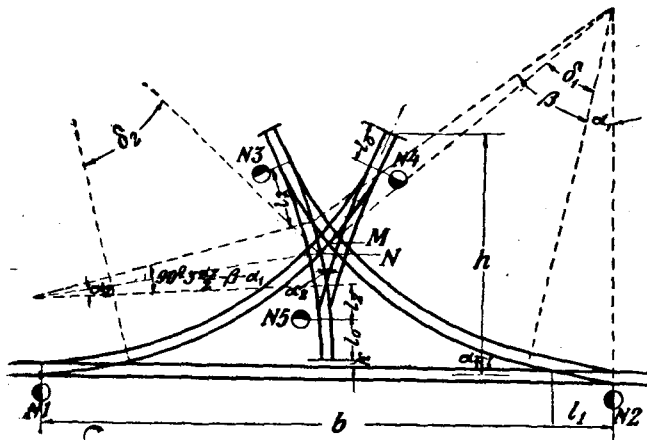
Для

$$R + \frac{s}{2} = 125 \text{ м},$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 7^\circ 7' 30'', \quad l_0 = l_1 = l_2 = 20 \text{ м}, \quad k = 4 \text{ м}, \quad q_1 = q_2 = 1,6 \text{ м}, \quad \text{получим } \gamma = \\ = 69^\circ 51' 20'' \text{ и } -\beta = \gamma - \frac{3}{2} \alpha_1 = 59^\circ 10' 5''; \text{ угол другой кривой} = 90^\circ - \frac{\beta}{2} - \frac{5}{2} \alpha_1 = \\ = 13^\circ 1' 10''.$$

Расстояние между стрелками № 1 и № 2 будет:

$$b = 2 \left\{ l_1 + q_1 \cos \alpha_1 + \left( R + \frac{s}{2} \right) [\sin(\alpha_1 + \beta) - \sin \alpha_1] + \right. \\ \left. + q [\cos(\alpha_1 + \beta) - \cos(\alpha_1 + \alpha_2 + \beta)] - \left( R + \frac{s}{2} \right) \left[ \cos \frac{\alpha_2}{2} - \sin(\alpha_1 + \alpha_2 + \beta) \right] - \right. \\ \left. - q_2 \sin \frac{\alpha_2}{2} \right\}. \quad (8)$$



Черт. 363.

Вставляя цифровые данные, получим  $b = 230 \text{ м}$  и  $h$  около  $115 \text{ м}$ , т. е. цифры значительно меньше, нежели для треугольника.

Определим углы глухих пересечений; назовем угол кривой, соответствующий точке  $M$  (черт. 363) глухим пересечением, через  $\delta_1$  и, замечая, что горизонтальная проекция от любой из стрелок № 1 и 2 основного пути до точки  $D$  равна половине  $b$ , получим:

$$\frac{b}{2} = l_1 + q_2 \cos \alpha_1 + \left( R + \frac{s}{2} \right) [\sin(\delta_1 + \alpha_1) - \sin \alpha_1];$$

откуда:

$$\sin(\delta_1 + \alpha_1) = \sin \alpha_1 + \frac{\frac{b}{2} - l_1 - q_1 \cos \alpha_1}{R + \frac{s}{2}}. \quad (9)$$

и угол  $M$  глухого пересечения  $= 2 [90^\circ - (\delta_1 + \alpha_1)]$ ; вставляя цифровые данные, получим  $\delta_1 + \alpha_1 = 60^\circ 36'$  и угол  $M = 58^\circ 48'$ .

Обозначая угол кривой, идущей от конца крестовины стрелки № 1 до точки  $N$  другого глухого пересечения, через  $\delta_2$  и угол кривой, идущей от конца крестовины стрелки № 5 до этой же точки, через  $\epsilon$ , получим следующие два уравнения:

Первое:

$$k_1 + l_0 + l_2 + q_2 \cos \frac{\alpha_2}{2} + \left(R + \frac{s}{2}\right) \left[ \sin \left( \frac{\alpha_2}{2} + \varepsilon \right) - \sin \frac{\alpha_2}{2} \right] = \\ = q_1 \sin \alpha_1 + \left(R + \frac{s}{2}\right) [\cos \alpha_1 - \cos (\alpha_1 + \delta_1)];$$

откуда:

$$\sin \left( \frac{\alpha_2}{2} + \varepsilon \right) + \cos (\alpha_1 + \delta_2) = \cos \alpha_1 + \sin \frac{\alpha_2}{2} - \\ - \frac{k + l_0 + l_2 + q_2 \cos \frac{\alpha_2}{2} - q_1 \sin \alpha_1}{R + \frac{s}{2}}. \quad (10)$$

Называя правую часть ур-ния (10) через  $A$  и обозначая:

$$\frac{\alpha_2}{2} + \varepsilon = P \text{ и } \alpha_1 + \delta_2 = Q,$$

получим:

$$\sin P + \cos Q = A. \quad (11)$$

Второе:

$$l_1 + q_1 \cos \alpha_1 + \left(R + \frac{s}{2}\right) [\sin (\alpha_1 + \delta_2) - \sin \alpha_1] + \\ + \left(R + \frac{s}{2}\right) \left[ \cos \frac{\alpha_2}{2} - \cos \left( \frac{\alpha_2}{2} + \varepsilon \right) \right] + q_2 \sin \frac{\alpha_2}{2} = \frac{b}{2},$$

откуда:

$$\cos \left( \frac{\alpha_2}{2} + \varepsilon \right) - \sin (\alpha_1 + \delta_2) = \cos \frac{\alpha_2}{2} - \sin \alpha_1 - \\ - \frac{\frac{b}{2} - l_1 - q_1 \cos \alpha_1 - q_2 \sin \frac{\alpha_2}{2}}{R + \frac{s}{2}}. \quad (12)$$

и, называя вторую часть равенства через  $B$ , получим:

$$\cos P - \sin Q = B. \quad (13)$$

Вычитая ур-ния (11) и (13) друг из друга и складывая их и заменяя суммы и разности косинусов и синусов через удвоенные произведения косинусов и синусов полусумм углов, получим:

$$2 \sin \frac{P+Q}{2} \left( \cos \frac{P-Q}{2} + \sin \frac{P-Q}{2} \right) = A - B \quad (14)$$

$$2 \cos \frac{P+Q}{2} \left( \cos \frac{P-Q}{2} + \sin \frac{P-Q}{2} \right) = A + B. \quad (15)$$

Деля ур-ние (14) на (15), получим:

$$\operatorname{tg} \frac{P+Q}{2} = \frac{A-B}{A+B} \text{ и определим } P+Q.$$

Надо иметь в виду, что угол  $P$  обыкновенно получается меньше  $Q$ , так что ур-ния (14) и (15) следует написать так:

$$2 \sin \frac{P+Q}{2} \left( \cos \frac{Q-P}{2} - \sin \frac{Q-P}{2} \right) = A - B, \quad (14')$$

$$2 \cos \frac{P+Q}{2} \left( \cos \frac{Q-P}{2} - \sin \frac{Q-P}{2} \right) = A + B. \quad (15')$$



Из ур-ния (14') будем иметь:

$$\cos \frac{Q-P}{2} - \sin \frac{Q-P}{2} = \sqrt{1 - \sin(Q-P)} = \frac{A-B}{2 \sin \frac{P+Q}{2}} = C,$$

откуда:

$$\sin(Q-P) = 1 - C^2,$$

после чего определится  $Q$  и  $P$ .

Величина угла  $N = 180^\circ - P - Q$ , а вычисляя так же, как и для глухого пересечения  $M$  острый угол, получим:  $N = P + Q$ .

Для данных цифровых величин получим:

$$A = 0,691,$$

$$B = 0,128,$$

$$C = 0,497.$$

$$\frac{P+Q}{2} = 34^\circ 31' 20''.$$

$$Q - P = 48^\circ 51';$$

$$Q = 58^\circ 56' 50'';$$

и

$$P = 10^\circ 5' 50'';$$

$$\varepsilon = 6^\circ 32' 5'';$$

$$\delta_2 = 51^\circ 49' 20'';$$

$$N = 110^\circ 57' 20''.$$

а считая по острому углу:

$$P + Q = 69^\circ 2' 40''.$$

Следует иметь в виду, что применение треугольника инж. Н. И. Богоявленского надо считать более удачным решением вопроса, нежели устройство пятиугольника, требующего специальных глухих пересечений.

Вообще же применяют треугольники вместо поворотных кругов в следующих случаях:

1) когда число подлежащих поворачиванию паровозов незначительно; если, например, данная станция является конечной для небольшого числа поездов;

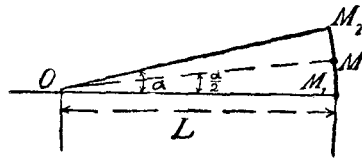
2) поворачивание паровозов носит случайный характер, например, станция сделалась конечной ввиду наступления или отступления во время военных действий;

3) вследствие порчи поворотных кругов или когда ввиду стратегического значения станции желательно иметь возможность поворачивать паровозы при случайной или умышленной порче поворотного круга.

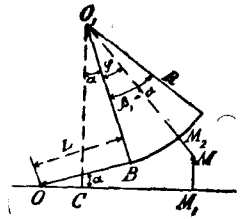
ПРЕДЕЛЬНЫЕ СТОЛБИКИ (ЗНАКИ)<sup>1</sup>

59. Определение положения предельных столбиков

Предельные столбики показывают тот предел, до которого могут располагаться на пути вагоны. Предельный столбик (черт. 364) располагается на расстоянии  $MM_2 = MM_1 = 2,0$  м<sup>2</sup> от оси каждого из двух смежных. Расстояние это при вычерчивании деталей соединений путей в большом масштабе может быть определено по чертежу, однако, имея в виду обычный имеющийся масштаб и необходимость иметь заданную полезную длину путей (расстояние между предельными столбиками), положение предельных столбиков надо определять подсчетом. Ниже приводится ряд подсчетов положения предельных столбиков.



Черт. 364.



Черт. 365.

1. На черт. 364 точка O представляет разветвление осей двух путей, причем угол  $\alpha$  равен углу крестовины;  $M_1M = MM_2 = 2,00$  м. Из  $\triangle OMM_1$  имеем:

$$OM_1 = \frac{2,0}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = 2,0 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$

До тех пор пока  $OM_1$  не выходит из пределов двух прямых по черт. 364 положение предельного столбика определяется по ур-нию (1).

2. Весьма часто (черт. 365) предельный столбик располагается в том месте между осями двух путей, где один путь прямой, а другой идет по кривой.

Величина L равна:

$$L = \frac{s}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + q. \quad (2)$$

Для данного угла крестовины и длины хвоста крестовины q величина L является вполне определенной. Пусть предельный столбик расположен в пределах кривой радиуса R, и прямая, соединяющая центр предельного столбика с центром кривой, отбивает угол  $\varphi$  от общего угла кривой  $\beta_1 - \alpha$ , где  $\beta_1$  — угол наклона прямой, идущей после кривой.

Спроектируем на вертикаль ломаную  $OBO_1MM_1O$ , тогда получим:

$$L \sin \alpha + R \cos \alpha = (R + 2) \cos (\varphi + \alpha) + 2, \\ \cos (\varphi + \alpha) = \frac{L \sin \alpha}{R + 2} + \frac{R \cos \alpha - 2}{R + 2}. \quad (3)$$

<sup>1</sup> Так как возможно обозначение не только столбиками, то имеется предложение наименовать их предельными знаками вместо столбиков.

<sup>2</sup> На вновь строящихся линиях расстояние равно 2 м; для существующих станций может быть снижено до 1,9 м.



$$(R-2) \cos(\beta_1 - \beta - \varphi) = 2 - L \sin \alpha - R(\cos \alpha - \cos \beta_1) - p \sin \beta_1 - l \sin(\beta_1 - \beta) + R \cos(\beta_1 - \beta); \quad (7)$$

$$\cos(\beta_1 - \beta - \varphi) = \frac{2 - L \sin \alpha - R(\cos \alpha - \cos \beta_1) - p \sin \beta_1 - l \sin(\beta_1 - \beta) + R \cos(\beta_1 - \beta)}{R-2}; \quad (8)$$

Пусть стрелочный угол  $\beta = 1^\circ 20'$ , угол  $\beta_1 = 8^\circ$ ,

$$\alpha = 6^\circ 20' 25'',$$

$$l = 5 \text{ м},$$

$$L = 18 \text{ м},$$

$$R = 200 \text{ м},$$

$$p = 0,9 \text{ м},$$

тогда:

$$\cos(\beta_1 - \beta - \varphi) = 0,995135$$

и

$$\beta_1 - \beta - \varphi = 5^\circ 39' 15'';$$

$$\varphi = \beta_1 - \beta - 5^\circ 39' 15'' = 8^\circ - 1^\circ 20' - 5^\circ 39' 15'' = 1^\circ 0' 45''.$$

Расстояние  $OM_1$  будет равно:

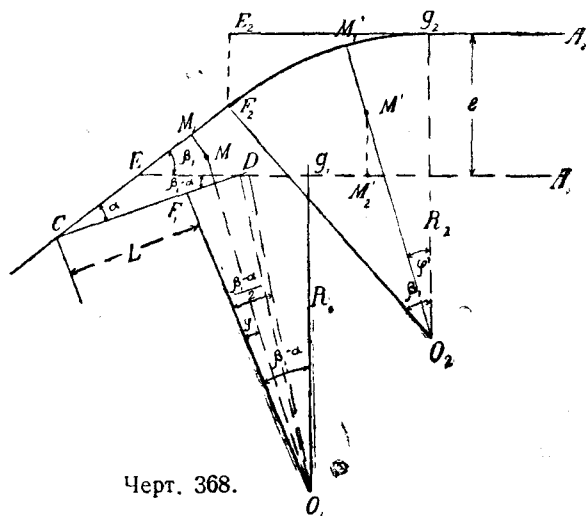
$$OM_1 = OD + DM_1;$$

$OD$  определится из  $\triangle ODE$  и далее:

$$DM_1 = (DE + EK + p) \cos \beta_1 + l \cos(\beta_1 - \beta) + R [\sin(\beta_1 - \beta) - \sin(\beta_1 - \beta - \varphi)] + 2 \sin(\beta_1 - \beta - \varphi). \quad (9)$$

Длина  $DE$  определится из  $\triangle ODE$ .

5. На черт. 368 показано положение предельного столбика, когда имеется нижний по чертежу путь с кривой радиуса  $R_1$  и углом  $\beta_1 - \alpha$  и верхний путь с радиусом  $R_2$  и углом  $\beta_1$ , причем в частном случае  $R_1 = R_2$ .



Черт. 368.

Предельный столбик может располагаться:

- 1) в точке  $M$  между кривой  $F_1G_1$  и прямой  $CF_2$ ;
- 2) между кривой  $F_2G_2$  и прямой  $G_1A_1$  и
- 3) между кривой  $F_2G_2$  и кривой  $F_1G_1$ .

Во всех трех случаях, как и в вышеприведенных выводах для определения угла кривой, на протяжении радиуса коей находится предельный столбик, надо спроектировать ломаную линию на одну ось, а для определения положения предельного столбика надо спроектировать на другую ось.

Проектируя ломаную линию  $CF_1O_1MM_1$  на вертикаль к линии  $CM_1$ , получим:

$$L \sin \alpha + R_1 \cos \alpha = (R_1 + 2) \cos(\alpha + \varphi) + 2; \quad (10)$$

$$\cos(\alpha + \varphi) = \frac{L \sin \alpha + R_1 \cos \alpha - 2}{R_1 + 2}, \quad (11)$$

т. е. формулу, аналогичную с ур-нием (3).

Длина  $CM_1$  определится из ур-ния (4).

Пример. Для  $L = 18 \text{ м}$ ,  $\text{tg} \alpha = 1/9$ ,  $R_1 = 200 \text{ м}$  получим по ур-нию (11),

$$\cos(\alpha + \varphi) = \frac{18 \cdot 0,111043 + 200 \cdot 0,993884 - 2}{202} = 0,984967$$

и

$$\varphi + \alpha = 10^\circ 14' 53'' \text{ и } \varphi = 10^\circ 14' 53'' - 6^\circ 20' 25'' = 3^\circ 54' 28''.$$

Угол  $\varphi$  должен быть менее  $\beta_1 - \alpha$ , иначе предельный столбик помещается правее точки  $G_1$ .

Пусть  $\beta_1 = 9^\circ$ , тогда предельный столбик поместится правее  $G_1$  в точке  $M$ , и получим:

$$O_2G_2 - e + M'M'_2 = (R_2 - 2) \cos \varphi'$$

или

$$(R_2 - 2) \cos \varphi' = R_2 - e + 2$$

или

$$\cos \varphi' = \frac{R_2 + 2 - e}{R_2 - 2}. \quad (12)$$

Пусть

$$R_2 = 200 \text{ м}, e = 5 \text{ м},$$

тогда:

$$\cos \varphi' = \frac{197}{198} = 0,995460$$

и

$$\varphi' = 5^\circ 27' 43''.$$

Для определения  $EM'_2$  имеем:

$$E_2F_2 = R_2 (1 - \cos \beta_1)$$

и

$$EF_2 = \frac{e - E_2F_2}{\sin \beta_1} = \frac{e - R_2(1 - \cos \beta_1)}{\sin \beta_1}.$$

Проектируя  $EF_2M'_1M'M'_2$  на линию  $EM'_2$ , получим:

$$EM'_2 = EF_2 \cos \beta'_1 + R_2 (\sin \beta_1 - \sin \varphi') + 2 \sin \varphi'. \quad (13)$$

Наконец разберем третий случай, когда предельный столбик попадает в пределы расположения двух кривых; чтобы не затемнять чертежа, для этого случая сделан отдельный черт. 369.

Предельный столбик  $M$  расположен таким образом, что, соединяя его с центром кривой  $F_1G_1$ , получаем на кривой точку  $M_2$  и угол  $\varphi_1$ ;

соединяя  $M$  с  $O_2$ , центром кривой  $F_2G_2$ , получаем на кривой точку  $M_1$  и угол  $\varphi_2$ . Предполагаем, что радиусы кривых разные  $R_1$  и  $R_2$ .

Из  $\triangle C_1EO_1$  и  $G_1EO_2$  имеем следующие данные:

$$\angle C_1O_1E = \beta_1 - \alpha;$$

$$EO_1 = O_1G_1 - EG_1 = R_1 - (R_2 - e) = R_1 - R_2 + e;$$

$$EG_1 = R_2 - e;$$

$$\angle EG_1O_2 = \beta_1 - \varphi_2.$$

Далее будем иметь:

$$C_1E = EO_1 \operatorname{tg} (\beta_1 - \alpha) = (R_1 - R_2 + e) \operatorname{tg} (\beta_1 - \alpha). \quad (14)$$

$EO_2$  равно расстоянию по горизонтальной проекции между точками  $G_1$  и  $G_2$ ; это расстояние вполне определенная величина, которую назовем через  $a$ , тогда:

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{EO_2}{EO_1} = \frac{a}{R_1 - R_2 + e} \quad (15)$$

$$O_1O_2 = \frac{a}{\sin \varphi_3}. \quad (16)$$

Для определения угла  $\varphi_1$  будем иметь из  $\triangle O_1MO_2$ :

$$O_1M = R_1 + 2,$$

$$O_2M = R_2 - 2$$

и

$$O_1O_2 = c;$$

$$\angle MO_1O_2 = \beta_1 - \alpha - \varphi_1 + \varphi_3$$

и далее:

$p$  равно полупериметру

$$MO_1O_2 = \frac{R_1 + 2 + R_2 - 2 + c}{2} = \frac{R_1 + R_2 + c}{2} \quad (17)$$

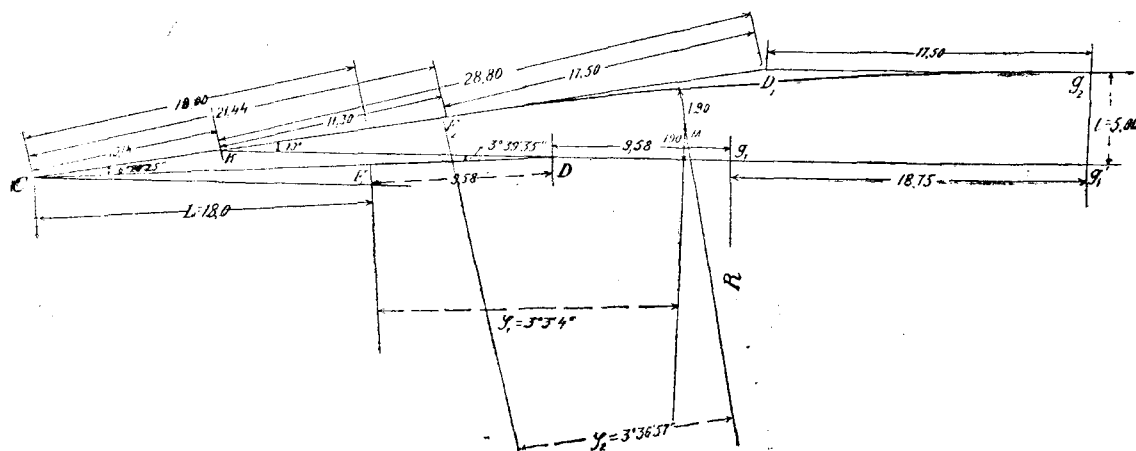
$$\sin\left(\frac{\beta_1 - \alpha - \varphi_1 + \varphi_3}{2}\right) = \sqrt{\frac{(p - O_1M)(p - c)}{O_1M \cdot c}} = \sqrt{\frac{(R_2 + c - R_1 - 4)(R_1 + R_2 - c)}{4c(R_1 + 2)}} \quad (18)$$

Если

$$R_1 = R_2 = R,$$

то:

$$\sin\left(\frac{\beta_1 - \alpha - \varphi_1 + \varphi_3}{2}\right) = \sqrt{\frac{(c - 4)(2R - c)}{4c(R + 2)}} \quad (19)$$



Черт. 370.

Из ур-ния (19) получим  $\varphi_1$  и далее, замечая, что проекция  $O_1M$  на вертикаль к  $CF_2$  равна проекции  $O_1O_2M$  на ту же вертикаль, получим:

$$(R + 2) \cos(\alpha + \varphi_1) = c \cos(\beta_1 + \varphi_3) + (R_2 - 2) \cos \varphi_2$$

или

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_1 + 2}{R_2 - 2} \cos(\alpha + \varphi_1) - \frac{c}{R_2 - 2} \cos(\beta_1 + \varphi_3). \quad (20)$$

Пример. Пусть  $L = 18$  м,  $\alpha = 6^\circ 20' 25''$ ,  $\beta_1 = 10^\circ$ ,  $R_1 = 300$  м,  $R_2 = 200$  м,  $e = 5$  м.

На черт. 370 приведены основные размеры для приведенных данных, а именно:

$CF_1 = 18$  равно расстоянию от пересечения путей до конца хвоста крестовины; начало кривой  $F_2$  радиуса  $R_2$  должно отстоять от точки  $C$  не менее чем на 18 м. Центральный угол кривой  $R_1 = 300$  м,  $\beta_1 - \alpha = 10^\circ - 6^\circ 20' 25'' = 3^\circ 39' 35''$ , кривой радиуса  $R_2 = 200$  м, равен  $\beta_1 = 10^\circ$ .

$$F_1D = DG_1 = 300 \operatorname{tg} \frac{3^\circ 39' 35''}{2} = 9,58 \text{ м}$$

и

$$\begin{aligned}
 CD &= 18 + 9,58 = 27,58 \text{ м}; \\
 F_2D_1 &= D_1G_2 = 200 \operatorname{tg} 5^\circ = 17,50 \text{ м}; \\
 KD_1 &= 5 : \sin 10^\circ = 28,80 \text{ м}; \\
 KF_2 &= 28,80 - 17,50 = 11,30 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

Из  $\triangle CKD$  получим:

$$\begin{aligned}
 CK &= \frac{CD \sin 3^\circ 39' 35''}{\sin 10^\circ} = 10,14 \text{ м}; \\
 CF_2 &= CK + KF_2 = 10,14 + 11,30 = 21,44 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

Для того чтобы определить длину  $G_1G'_1$ , надо спроектировать на горизонтальную линию  $CF_2D_1G_2$  и  $CF_1DG'_1$ , тогда получим:

Проекция

$$CF_2D_1G_2 = 17,50 + (21,44 + 17,50) \cos 10^\circ = 17,50 + 38,94 \cdot 0,984808 = 55,85 \text{ м}.$$

Проекция

$$\begin{aligned}
 C_1F_1DG'_1 &= 27,58 \cos 3^\circ 39' 35'' + 9,58 + G_1G'_1 = 37,10 + G_1G'_1; \\
 G_1G'_1 &= 55,85 - 37,10 = 18,75 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

Все приведенные по черт. 370 вычисления необходимы для построения и разбивки стрелочной улицы.

$$\begin{aligned}
 EO_1 &= R_1 - R_2 + e = 105 \text{ м}; \\
 EG_1 &= R_2 - e = 195 \text{ м}; \\
 EO_2 &= 18,75 \text{ м}; \\
 \operatorname{tg} \varphi_3 &= \frac{18,75}{105} = 0,178571
 \end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned}
 \varphi_3 &= 10^\circ 7' 29''; \\
 O_1O_2 = c &= \frac{18,75}{\sin \varphi_3} = \frac{18,75}{\sin 10^\circ 7' 29''} = 106,66 \text{ м}.
 \end{aligned}$$

Для  $\triangle O_1O_2M$  получим длину полупериметра  $p$ :

$$p = \frac{R_1 + R_2 + c}{2} = \frac{300 + 200 + 106,66}{2} = 303,33 \text{ м};$$

$$O_1M = R_1 + 2 = 302 \text{ м}$$

и

$$O_2M = R_2 - 2 = 198 \text{ м};$$

$$\angle MO_1O_2 = \beta_1 - \alpha - \varphi_1 + \varphi_3$$

и далее:

$$\begin{aligned}
 \sin \left( \frac{\beta_1 - \alpha - \varphi_1 + \varphi_3}{2} \right) &= \sqrt{\frac{(p - O_1M)(p - c)}{c \cdot O_1M}} = \sqrt{\frac{1,33 \cdot 196,67}{106,66 \cdot 302}} \\
 &= \sqrt{0,0081204764} = 0,09011
 \end{aligned}$$

и

$$\frac{\beta_1 - \alpha - \varphi_1 + \varphi_3}{2} = 5^\circ 10' 10''$$

и

$$\beta_1 - \alpha + \varphi_3 - \varphi_1 = 10^\circ 20' 20''$$

$\varphi_1 = \beta_1 - \alpha + \varphi_3 - 10^\circ 20' 20'' = 10^\circ - 6^\circ 20' 25'' + 10^\circ 7' 29'' - 10^\circ 20' 20'' = 3^\circ 26' 44''$ ,  
что менее  $\beta_1 - \alpha$ , т. е. столбик находится в пределах кривой радиуса  $R_1$ .

Для определения  $\varphi_2$  имеем из ур-ния (20):

$$\cos \varphi_2 = \frac{302 \cos(\alpha + \varphi_1) - 106,66 \cos(\beta_1 + \varphi_3)}{198} = \frac{302 \cos 9^\circ 47' 9'' - 106,66 \cos 20^\circ 7' 29''}{198} =$$

$$= \frac{302 \cdot 0,985450 - 106,66 \cdot 0,938944}{198} = 0,997263$$

и

$$\varphi_2 = 4^\circ 14' 25''.$$

Как видно, аналитический расчет требует много вычислений; при разработке типовых стрелочных улиц следует все-таки производить все приведенные вычисления.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Винклер, Стрелки и крестовины. Перевод Вурцеля. Изд. 1878 г. Петербург.
2. Труды МИИТА. Вып. II. Москва, 1926 г. Статья Е. А. Гибшмана: «Увеличение угла наклона стрелочных улиц при перекрестных переводах с применением крестовин, расположенных на кривых».
3. Вахнин, Устройства СЦБ на железных дорогах. Москва, 1933 г. Госжелдориздат.
4. Проф. О б р а з ц о в В. Н., Основные данные для проектирования железнодорожных станций. Москва, 1929 г.
5. Инженер К р а с и н Г. Б., Типы ступенчатых паровых зданий. Труды XXI съезда инженеров службы пути.
6. В и ш н и ц к и й, Пятиугольник для поворота паровозов. Журнал «Инженер». Киев, 1911 г.
7. Журнал «Железнодорожное дело», 1931 г., № 2. Установление для железных дорог наиболее рациональных типов устройств для поворота паровозов инж. Миксни.
8. Eisenbahntechnik der Gegenwart: «Oberbau und Gleisverbindungen».
9. H. d. J. «Gleisverbindungen». Leipzig, 1923.
10. R o l l. «Enzyklopädie des Eisenbahnwesens». Berlin, 1912—1923.
11. S a l l e r. Der Eisenbahnbau im Deutschland. Berlin, 1928.
12. B l o s s. Oberbau und Gleisverbindungen. Berlin, 1927.
13. S c h u b e r t. Katechismus für den Weichenstellerdienst. Berlin, 1925.
14. W u l f e r t. Die Weichen. Berlin, 1928.
15. K n e l l e s. Die Berechnung von Gleis und Weichenanlagen für Kleinbahnen. Berlin, 1910.
16. Der Bahnbau № 21—1932. Reichsbahnweichen und Reichsbahnbogenweichen.
17. S a m p. Notes on Track.
18. Proceedings of the American Railway Engineering Association.
19. Railway Engineering and Maintenance Cyclopädia.

### ПРИЛОЖЕНИЕ I

#### Выборка из временных, правил устройства, оборудования и содержания депо

Типы паровозных зданий и их назначение	Длина стоек (в м)	Расст. между осями (в м)	Расст. от оси крайнего пути до ближ. стены (в м)	Ширина ворот в свету (в м)	Примечание	
<b>Оборотное депо</b>						
Для стоянки, заправки и мелкого ремонта:						
Прямоугольного или ступенчатого типа без колонн . . . . .	$L + l + 3,00$ но не менее 27,00	5,20	3,50	4,10	L — полная длина паровоза l — полная длина тендера	
Веерного типа без колонн . . . . .	$L + l + 4,50$ но не менее 18,50	5,20	3,00	4,10		
<b>Основное депо</b>						
Для обмывочно-протирачных работ, промывка текущего и плано-предупредительного ремонта . . . . .						
Прямоугольного или ступенчатого типа . . . . .	$L + l + 5,00$ но не менее 30,00 $L + l + 6,00$ но не менее 30,00	6,00 5,80	4,50 3,50	4,10 4,10		
Веерного типа . . . . .	—	—	—	—		
Для подъемочного ремонта прямоугольного типа без колонн . . . . .	30	7,50	5,00	4,10		

Примечание. При наличии колонн расстояние между осями стоек должно быть увеличено на толщину колонн. Расстояние между буферами паровозов при стоянке на одном пути прямоугольного здания нескольких паровозов принимается на 1 м для оборотных депо и в 2 м для основных.

Расстояние между осями стоек и от оси крайнего пути до ближайшей стены в веерном здании — определяется на расстоянии одной трети полной длины стойла от ворот.



**ТАБЛИЦЫ  
ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

ДЛЯ УГЛОВ ОТ 0° ДО 90°

через каждую минуту

0 град.					0 град.						
М.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	М.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	М.
0	0,000000	1,000000	0,000000	∞	60	30	0,008727	0,999962	0,008727	114,5887	30
1	0,000291	1,000000	0,000291	3437,747	59	31	0,009017	0,999959	0,009018	110,8921	29
2	0,000582	0,999999	0,000582	1718,873	58	32	0,009308	0,999957	0,009309	107,4265	28
3	0,000873	0,999999	0,000873	1145,915	57	33	0,009599	0,999954	0,009600	104,1709	27
4	0,001164	0,999999	0,001164	859,4363	56	34	0,009890	0,999951	0,009891	101,1069	26
5	0,001454	0,999999	0,001454	687,5489	55	35	0,010181	0,999948	0,010181	98,21794	25
6	0,001745	0,999999	0,001745	572,9572	54	36	0,010472	0,999945	0,010472	95,48948	24
7	0,002036	0,999998	0,002036	491,1060	53	37	0,010763	0,999942	0,010763	92,90849	23
8	0,002327	0,999997	0,002327	429,7176	52	38	0,011054	0,999939	0,011054	90,46334	22
9	0,002618	0,999997	0,002618	381,9710	51	39	0,011344	0,999936	0,011345	88,14357	21
10	0,002909	0,999996	0,002909	343,7737	50	40	0,011635	0,999932	0,011636	85,93979	20
11	0,003200	0,999995	0,003200	312,5214	49	41	0,011926	0,999929	0,011927	83,84351	19
12	0,003491	0,999994	0,003491	286,4777	48	42	0,012217	0,999925	0,012218	81,84704	18
13	0,003782	0,999993	0,003782	264,4408	47	43	0,012508	0,999922	0,012509	79,94343	17
14	0,004072	0,999992	0,004072	245,5520	46	44	0,012799	0,999918	0,012800	78,12634	16
15	0,004363	0,999991	0,004363	229,1817	45	45	0,013090	0,999914	0,013091	76,39001	15
16	0,004654	0,999989	0,004654	214,8576	44	46	0,013381	0,999911	0,013382	74,72917	14
17	0,004945	0,999988	0,004945	202,2188	43	47	0,013671	0,999907	0,013673	73,13899	13
18	0,005236	0,999986	0,005236	190,9842	42	48	0,013962	0,999903	0,013964	71,61507	12
19	0,005527	0,999985	0,005527	180,9322	41	49	0,014253	0,999898	0,014255	70,15335	11
20	0,005818	0,999983	0,005818	171,8854	40	50	0,014544	0,999894	0,014545	68,75003	10
21	0,006109	0,999981	0,006109	163,7002	39	51	0,014835	0,999890	0,014836	67,40185	9
22	0,006400	0,999980	0,006400	156,2591	38	52	0,015126	0,999886	0,015127	66,10547	8
23	0,006690	0,999978	0,006691	149,4650	37	53	0,015417	0,999981	0,015418	64,85801	7
24	0,006981	0,999976	0,006981	143,2371	36	54	0,015707	0,999877	0,015709	63,65674	6
25	0,007272	0,999974	0,007272	137,5075	35	55	0,015998	0,999872	0,016000	62,49915	5
26	0,007563	0,999971	0,007563	132,2185	34	56	0,016289	0,999867	0,016291	61,38291	4
27	0,007854	0,999969	0,007854	127,3213	33	57	0,016580	0,999863	0,016582	60,30582	3
28	0,008145	0,999967	0,008145	122,7740	32	58	0,016871	0,999858	0,016873	59,26587	2
29	0,008436	0,999964	0,008436	118,5402	31	59	0,017162	0,999853	0,017164	58,26117	1
30	0,008727	0,999962	0,008727	114,5887	30	60	0,017452	0,999848	0,017455	57,28996	0
М.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	М.	М.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	М.

89 град.

89 град.

1 град.

2 град.

M.	Sinüs.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinüs.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,017452	0,999848	0,017455	57,28996	60	0	0,034900	0,999391	0,034921	28,63625	60
1	0,017743	0,999843	0,017746	56,35059	59	1	0,035190	0,999381	0,035212	28,39940	59
2	0,018034	0,999837	0,018037	55,44152	58	2	0,035481	0,999370	0,035503	28,16642	58
3	0,018325	0,999832	0,018328	54,56130	57	3	0,035772	0,999360	0,035795	27,93723	57
4	0,018616	0,999827	0,018619	53,70859	56	4	0,036062	0,999350	0,036086	27,71174	56
5	0,018907	0,999821	0,018910	52,88211	55	5	0,036353	0,999339	0,036377	27,48985	55
6	0,019197	0,999816	0,019201	52,08067	54	6	0,036644	0,999328	0,036668	27,27149	54
7	0,019488	0,999810	0,019492	51,30316	53	7	0,036934	0,999318	0,036960	27,05956	53
8	0,019779	0,999804	0,019783	50,54851	52	8	0,037225	0,999307	0,037251	26,84498	52
9	0,020070	0,999799	0,020074	49,81573	51	9	0,037516	0,999296	0,037542	26,63669	51
10	0,020361	0,999793	0,020365	49,10388	50	10	0,037807	0,999285	0,037834	26,43160	50
11	0,020652	0,999787	0,020656	48,41208	49	11	0,038097	0,999274	0,038125	26,22964	49
12	0,020942	0,999781	0,020947	47,73950	48	12	0,038388	0,999263	0,038416	26,03074	48
13	0,021233	0,999775	0,021233	47,08534	47	13	0,038679	0,999252	0,038707	25,83182	47
14	0,021524	0,999768	0,021529	46,44886	46	14	0,038969	0,999240	0,038999	25,64183	46
15	0,021815	0,999762	0,021820	45,82935	45	15	0,039260	0,999229	0,039290	25,45170	45
16	0,022106	0,999756	0,022111	45,22614	44	16	0,039551	0,999218	0,039581	25,26436	44
17	0,022397	0,999749	0,022402	44,63860	43	17	0,039841	0,999206	0,039873	25,07976	43
18	0,022687	0,999743	0,022693	44,06611	42	18	0,040132	0,999194	0,040164	24,89783	42
19	0,022978	0,999736	0,022984	43,50812	41	19	0,040422	0,999183	0,040456	24,71851	41
20	0,023269	0,999729	0,023275	42,96408	40	20	0,040713	0,999171	0,040747	24,54176	40
21	0,023560	0,999722	0,023566	42,43346	39	21	0,041004	0,999159	0,041038	24,36751	39
22	0,023851	0,999716	0,023857	41,91579	38	22	0,041294	0,999147	0,041330	24,19571	38
23	0,024141	0,999709	0,024148	41,41059	37	23	0,041585	0,999135	0,041621	24,02632	37
24	0,024432	0,999702	0,024440	40,91741	36	24	0,041876	0,999123	0,041912	23,85928	36
25	0,024723	0,999694	0,024731	40,43584	35	25	0,042166	0,999111	0,042204	23,69454	35
26	0,025014	0,999687	0,025022	39,96546	34	26	0,042457	0,999098	0,042495	23,53205	34
27	0,025305	0,999680	0,025313	39,50590	33	27	0,042748	0,999086	0,042787	23,37178	33
28	0,025595	0,999672	0,025604	39,05677	32	28	0,043038	0,999073	0,043078	23,21367	32
29	0,025886	0,999665	0,025895	38,61774	31	29	0,043329	0,999061	0,043370	23,05768	31
30	0,026177	0,999657	0,026186	38,18946	30	30	0,043619	0,999048	0,043661	22,90377	30
31	0,026468	0,999650	0,026477	37,76861	29	31	0,043910	0,999036	0,043952	22,75189	29
32	0,026759	0,999642	0,026768	37,35789	28	32	0,044201	0,999023	0,044244	22,60202	28
33	0,027049	0,999634	0,027059	36,95600	27	33	0,044491	0,999010	0,044535	22,45401	27
34	0,027340	0,999626	0,027350	36,56266	26	34	0,044782	0,998997	0,044827	22,30810	26
35	0,027631	0,999618	0,027641	36,17760	25	35	0,045072	0,998984	0,045118	22,16398	25
36	0,027922	0,999610	0,027933	35,80055	24	36	0,045363	0,998971	0,045410	22,02171	24
37	0,028212	0,999602	0,028224	35,43128	23	37	0,045654	0,998957	0,045701	21,88125	23
38	0,028503	0,999594	0,028515	35,06955	22	38	0,045944	0,998944	0,045993	21,74257	22
39	0,028794	0,999585	0,028806	34,71512	21	39	0,046235	0,998931	0,046284	21,60563	21
40	0,029085	0,999577	0,029097	34,36777	20	40	0,046525	0,998917	0,046576	21,47040	20
41	0,029376	0,999568	0,029388	34,02730	19	41	0,046816	0,998904	0,046867	21,33685	19
42	0,029666	0,999560	0,029679	33,69351	18	42	0,047107	0,998890	0,047159	21,20495	18
43	0,029957	0,999551	0,029971	33,36619	17	43	0,047397	0,998876	0,047450	21,07466	17
44	0,030248	0,999542	0,030262	33,04517	16	44	0,047688	0,998862	0,047742	20,94597	16
45	0,030539	0,999534	0,030553	32,73026	15	45	0,047978	0,998848	0,048033	20,81883	15
46	0,030829	0,999525	0,030844	32,42130	14	46	0,048269	0,998834	0,048325	20,69322	14
47	0,031120	0,999516	0,031135	32,11810	13	47	0,048559	0,998820	0,048617	20,56912	13
48	0,031411	0,999507	0,031426	31,82052	12	48	0,048850	0,998806	0,048908	20,44649	12
49	0,031702	0,999497	0,031717	31,52839	11	49	0,049140	0,998792	0,049200	20,32531	11
50	0,031992	0,999488	0,032009	31,24153	10	50	0,049431	0,998778	0,049491	20,20555	10
51	0,032283	0,999479	0,032300	30,95993	9	51	0,049721	0,998763	0,049783	20,08720	9
52	0,032574	0,999469	0,032591	30,68331	8	52	0,050012	0,998749	0,050075	19,97022	8
53	0,032864	0,999460	0,032882	30,41158	7	53	0,050302	0,998734	0,050366	19,85459	7
54	0,033155	0,999450	0,033173	30,14462	6	54	0,050593	0,998719	0,050658	19,74029	6
55	0,033446	0,999441	0,033465	29,88230	5	55	0,050884	0,998705	0,050950	19,62730	5
56	0,033737	0,999431	0,033756	29,62450	4	56	0,051174	0,998690	0,051241	19,51558	4
57	0,034027	0,999421	0,034047	29,37111	3	57	0,051465	0,998675	0,051533	19,40513	3
58	0,034318	0,999411	0,034338	29,12201	2	58	0,051755	0,998660	0,051824	19,29592	2
59	0,034609	0,999401	0,034630	28,87709	1	59	0,052046	0,998645	0,052116	19,18793	1
60	0,034900	0,999391	0,034921	28,63625	0	60	0,052336	0,998630	0,052408	19,08114	0

M.	Cosin.	Sinüs.	Cotang.	Tang.	M.	M.	Cosin.	Sinüs.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----	----	--------	--------	---------	-------	----

88 град.

87 град.

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,052336	0,998630	0,052408	19,08114	60	0	0,009757	0,997564	0,069927	14,30067	60
1	0,052626	0,998614	0,052700	18,97552	59	1	0,070047	0,997544	0,070219	14,24113	59
2	0,052917	0,998599	0,052991	18,87107	58	2	0,070337	0,997523	0,070512	14,18209	58
3	0,053207	0,998584	0,053283	18,76775	57	3	0,070627	0,997503	0,070804	14,12354	57
4	0,053498	0,998568	0,053575	18,66556	56	4	0,070917	0,997482	0,071096	14,06546	56
5	0,053788	0,998552	0,053866	18,56447	55	5	0,071207	0,997462	0,071389	14,00786	55
6	0,054079	0,998537	0,054158	18,46447	54	6	0,071497	0,997441	0,071681	13,95072	54
7	0,054369	0,998521	0,054450	18,36554	53	7	0,071788	0,997420	0,071073	13,89405	53
8	0,054660	0,998505	0,054742	18,26765	52	8	0,072078	0,997399	0,072266	13,83783	52
9	0,054950	0,998489	0,055033	18,17081	51	9	0,072368	0,997378	0,072558	13,78206	51
10	0,055241	0,998473	0,055325	18,07498	50	10	0,072658	0,997357	0,072851	13,72674	50
11	0,055531	0,998457	0,055617	17,98015	49	11	0,072948	0,997336	0,073143	13,67186	49
12	0,055822	0,998441	0,055909	17,88631	48	12	0,073238	0,997315	0,073435	13,61741	48
13	0,056112	0,998425	0,056201	17,79344	47	13	0,073528	0,997293	0,073728	13,56339	47
14	0,056402	0,998408	0,056492	17,70153	46	14	0,073818	0,997272	0,074020	13,50980	46
15	0,056693	0,998392	0,056784	17,61056	45	15	0,074109	0,997250	0,074313	13,45663	45
16	0,056983	0,998375	0,057076	17,52052	44	16	0,074399	0,997229	0,074605	13,40387	44
17	0,057274	0,998359	0,057368	17,43139	43	17	0,074689	0,997207	0,074898	13,35152	43
18	0,057564	0,998342	0,057660	17,34316	42	18	0,074979	0,997185	0,075190	13,29957	42
19	0,057854	0,998325	0,057952	17,25581	41	19	0,075269	0,997163	0,075483	13,24803	41
20	0,058145	0,998308	0,058243	17,16934	40	20	0,075559	0,997141	0,075776	13,19688	40
21	0,058435	0,998291	0,058535	17,08372	39	21	0,075849	0,997119	0,076068	13,14613	39
22	0,058726	0,998274	0,058827	16,99896	38	22	0,076139	0,997097	0,076361	13,09576	38
23	0,059016	0,998257	0,059119	16,91503	37	23	0,076429	0,997075	0,076653	13,04577	37
24	0,059306	0,998240	0,059411	16,83192	36	24	0,076719	0,997053	0,076946	12,99616	36
25	0,059597	0,998223	0,059703	16,74961	35	25	0,077009	0,997030	0,077238	12,94692	35
26	0,059887	0,998205	0,059995	16,66811	34	26	0,077299	0,997008	0,077531	12,89806	34
27	0,060178	0,998188	0,060287	16,58740	33	27	0,077589	0,996985	0,077824	12,84956	33
28	0,060468	0,998170	0,060579	16,50746	32	28	0,077879	0,996963	0,078116	12,80142	32
29	0,060758	0,998153	0,060871	16,42828	31	29	0,078169	0,996940	0,078409	12,75363	31
30	0,061049	0,998135	0,061163	16,34986	30	30	0,078459	0,996917	0,078702	12,70621	30
31	0,061339	0,998117	0,061455	16,27217	29	31	0,078749	0,996895	0,078994	12,65913	29
32	0,061629	0,998099	0,061747	16,19523	28	32	0,079039	0,996872	0,079287	12,61239	28
33	0,061920	0,998081	0,062039	16,11900	27	33	0,079329	0,996849	0,079580	12,56600	27
34	0,062210	0,998063	0,062331	16,04348	26	34	0,079619	0,996825	0,079873	12,51994	26
35	0,062500	0,998045	0,062623	15,96867	25	35	0,079909	0,996802	0,080165	12,47422	25
36	0,062791	0,998027	0,062915	15,89455	24	36	0,080199	0,996779	0,080458	12,42883	24
37	0,063081	0,998008	0,063207	15,82110	23	37	0,080489	0,996756	0,080751	12,38377	23
38	0,063371	0,997990	0,063499	15,74834	22	38	0,080779	0,996732	0,081044	12,33903	22
39	0,063661	0,997972	0,063791	15,67623	21	39	0,081069	0,996709	0,081337	12,29461	21
40	0,063952	0,997953	0,064083	15,60478	20	40	0,081359	0,996685	0,081629	12,25051	20
41	0,064242	0,997934	0,064375	15,53398	19	41	0,081649	0,996661	0,081922	12,20672	19
42	0,064532	0,997916	0,064667	15,46381	18	42	0,081939	0,996637	0,082215	12,16324	18
43	0,064823	0,997897	0,064959	15,39428	17	43	0,082228	0,996614	0,082508	12,12006	17
44	0,065113	0,997878	0,065251	15,32536	16	44	0,082518	0,996590	0,082801	12,07719	16
45	0,065403	0,997859	0,065544	15,25705	15	45	0,082808	0,996566	0,083094	12,03462	15
46	0,065693	0,997840	0,065836	15,18935	14	46	0,083098	0,996541	0,083387	11,99235	14
47	0,065984	0,997821	0,066128	15,12224	13	47	0,083388	0,996517	0,083679	11,95037	13
48	0,066274	0,997802	0,066420	15,05572	12	48	0,083678	0,996493	0,083972	11,90868	12
49	0,066564	0,997782	0,066712	14,98978	11	49	0,083968	0,996469	0,084265	11,86728	11
50	0,066854	0,997763	0,067004	14,92442	10	50	0,084258	0,996444	0,084558	11,82617	10
51	0,067145	0,997743	0,067297	14,85962	9	51	0,084547	0,996420	0,084851	11,78533	9
52	0,067435	0,997724	0,067589	14,79537	8	52	0,084837	0,996395	0,085144	11,74478	8
53	0,067725	0,997704	0,067881	14,73168	7	53	0,085127	0,996370	0,085437	11,70450	7
54	0,068015	0,997684	0,068173	14,66853	6	54	0,085417	0,996345	0,085730	11,66450	6
55	0,068306	0,997665	0,068465	14,60592	5	55	0,085707	0,996320	0,086023	11,62476	5
56	0,068596	0,997645	0,068758	14,54383	4	56	0,085997	0,996295	0,086316	11,58529	4
57	0,068886	0,997625	0,069050	14,48227	3	57	0,086286	0,996270	0,086609	11,54609	3
58	0,069176	0,997605	0,069342	14,42123	2	58	0,086576	0,996245	0,086903	11,50715	2
59	0,069466	0,997584	0,069635	14,36070	1	59	0,086866	0,996220	0,087196	11,46847	1
60	0,069757	0,997564	0,069927	14,30067	0	60	0,087156	0,996195	0,087489	11,43005	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----	----	--------	--------	---------	-------	----

5 град.

6 град.

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,087156	0,996195	0,087489	11,43005	60	0	0,104529	0,994522	0,105104	9,514365	60
1	0,087446	0,996169	0,087782	11,39189	59	1	0,104818	0,994491	0,105398	9,487815	59
2	0,087735	0,996144	0,088075	11,35397	58	2	0,105107	0,994461	0,105692	9,461412	58
3	0,088025	0,996118	0,088368	11,31630	57	3	0,105396	0,994430	0,105987	9,435153	57
4	0,088315	0,996093	0,088661	11,27889	56	4	0,105686	0,994400	0,106281	9,409038	56
5	0,088605	0,996067	0,088954	11,24171	55	5	0,105975	0,994369	0,106575	9,383066	55
6	0,088894	0,996041	0,089248	11,20478	54	6	0,106264	0,994338	0,106869	9,357236	54
7	0,089184	0,996015	0,089541	11,16809	53	7	0,106553	0,994307	0,107163	9,331545	53
8	0,089474	0,995989	0,089834	11,13164	52	8	0,106843	0,994276	0,107458	9,305994	52
9	0,089764	0,995963	0,090127	11,09542	51	9	0,107132	0,994245	0,107752	9,280580	51
10	0,090053	0,995937	0,090421	11,05943	50	10	0,107421	0,994214	0,108046	9,255304	50
11	0,090343	0,995911	0,090714	11,02368	49	11	0,107710	0,994182	0,108341	9,230163	49
12	0,090633	0,995884	0,091007	10,98815	48	12	0,107999	0,994151	0,108635	9,205156	48
13	0,090922	0,995858	0,091300	10,95285	47	13	0,108289	0,994120	0,108929	9,180284	47
14	0,091212	0,995832	0,091594	10,91778	46	14	0,108578	0,994088	0,109223	9,155544	46
15	0,091502	0,995805	0,091887	10,88292	45	15	0,108867	0,994056	0,109518	9,130935	45
16	0,091791	0,995778	0,092180	10,84829	44	16	0,109156	0,994025	0,109812	9,106456	44
17	0,092081	0,995752	0,092474	10,81387	43	17	0,109445	0,993993	0,110107	9,082107	43
18	0,092371	0,995725	0,092767	10,77967	42	18	0,109734	0,993961	0,110401	9,057887	42
19	0,092660	0,995698	0,093061	10,74569	41	19	0,110023	0,993929	0,110695	9,033793	41
20	0,092950	0,995671	0,093354	10,71191	40	20	0,110313	0,993897	0,110990	9,009826	40
21	0,093240	0,995644	0,093647	10,67835	39	21	0,110602	0,993865	0,111284	8,985984	39
22	0,093529	0,995617	0,093941	10,64499	38	22	0,110891	0,993833	0,111579	8,962267	38
23	0,093819	0,995589	0,094234	10,61184	37	23	0,111180	0,993800	0,111873	8,938673	37
24	0,094108	0,995562	0,094528	10,57890	36	24	0,111469	0,993768	0,112168	8,915201	36
25	0,094398	0,995535	0,094821	10,54615	35	25	0,111758	0,993736	0,112463	8,891851	35
26	0,094688	0,995507	0,095115	10,51361	34	26	0,112047	0,993703	0,112757	8,868621	34
27	0,094977	0,995479	0,095408	10,48126	33	27	0,112336	0,993670	0,113052	8,845510	33
28	0,095267	0,995452	0,095702	10,44911	32	28	0,112625	0,993638	0,113346	8,822519	32
29	0,095556	0,995424	0,095996	10,41716	31	29	0,112914	0,993605	0,113641	8,799645	31
30	0,095846	0,995396	0,096289	10,38540	30	30	0,113203	0,993572	0,113936	8,776887	30
31	0,096135	0,995368	0,096583	10,35383	29	31	0,113492	0,993539	0,114230	8,754246	29
32	0,096425	0,995340	0,096876	10,32245	28	32	0,113781	0,993506	0,114525	8,731720	28
33	0,096714	0,995312	0,097170	10,29126	27	33	0,114070	0,993473	0,114820	8,709308	27
34	0,097004	0,995284	0,097464	10,26025	26	34	0,114359	0,993440	0,115114	8,687009	26
35	0,097293	0,995256	0,097757	10,22943	25	35	0,114648	0,993406	0,115409	8,664822	25
36	0,097583	0,995227	0,098051	10,19879	24	36	0,114937	0,993373	0,115704	8,642748	24
37	0,097872	0,995199	0,098345	10,16833	23	37	0,115226	0,993339	0,115999	8,620783	23
38	0,098162	0,995171	0,098638	10,13805	22	38	0,115515	0,993306	0,116294	8,598929	22
39	0,098451	0,995142	0,098932	10,10795	21	39	0,115804	0,993272	0,116588	8,577184	21
40	0,098741	0,995113	0,099226	10,07803	20	40	0,116093	0,993238	0,116883	8,555547	20
41	0,099030	0,995084	0,099520	10,04828	19	41	0,116382	0,993205	0,117178	8,534017	19
42	0,099320	0,995056	0,099813	10,01871	18	42	0,116671	0,993171	0,117473	8,512594	18
43	0,099609	0,995027	0,100107	9,989305	17	43	0,116960	0,993137	0,117768	8,491277	17
44	0,099899	0,994998	0,100401	9,960072	16	44	0,117249	0,993103	0,118063	8,470065	16
45	0,100188	0,994969	0,100695	9,931009	15	45	0,117537	0,993069	0,118358	8,448957	15
46	0,100478	0,994939	0,100989	9,902113	14	46	0,117826	0,993034	0,118653	8,427953	14
47	0,100767	0,994910	0,101282	9,873382	13	47	0,118115	0,993000	0,118948	8,407052	13
48	0,101056	0,994881	0,101576	9,844817	12	48	0,118404	0,992966	0,119243	8,386252	12
49	0,101346	0,994851	0,101870	9,816414	11	49	0,118693	0,992931	0,119538	8,365554	11
50	0,101635	0,994822	0,102164	9,788173	10	50	0,118982	0,992897	0,119833	8,344956	10
51	0,101925	0,994792	0,102458	9,760093	9	51	0,119270	0,992862	0,120128	8,324458	9
52	0,102214	0,994763	0,102752	9,732171	8	52	0,119559	0,992827	0,120423	8,304059	8
53	0,102503	0,994733	0,103046	9,704408	7	53	0,119848	0,992792	0,120718	8,283758	7
54	0,102793	0,994703	0,103340	9,676800	6	54	0,120137	0,992757	0,121013	8,263555	6
55	0,103082	0,994673	0,103634	9,649348	5	55	0,120426	0,992722	0,121308	8,243449	5
56	0,103371	0,994643	0,103928	9,622049	4	56	0,120714	0,992687	0,121604	8,223438	4
57	0,103661	0,994613	0,104222	9,594902	3	57	0,121003	0,992652	0,121899	8,203524	3
58	0,103950	0,994583	0,104516	9,567907	2	58	0,121292	0,992617	0,122194	8,183704	2
59	0,104239	0,994552	0,104810	9,541061	1	59	0,121581	0,992582	0,122489	8,163979	1
60	0,104529	0,994522	0,105104	9,514365	0	60	0,121869	0,992546	0,122785	8,144346	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----	----	--------	--------	---------	-------	----

84 град.

83 град.

7 град.

8 град.

M.	Sinus.	C sin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,121869	0,992546	0,122785	8,144346	60	0	0,139173	0,990268	0,140541	7,115370	60
1	0,122158	0,992511	0,123080	8,124807	59	1	0,139461	0,990228	0,140837	7,100383	59
2	0,122447	0,992475	0,123375	8,105360	58	2	0,139749	0,990187	0,141134	7,085457	58
3	0,122736	0,992439	0,123671	8,086004	57	3	0,140037	0,991146	0,141431	7,070593	57
4	0,123024	0,992404	0,123966	8,066739	56	4	0,140325	0,990106	0,141728	7,055791	56
5	0,123313	0,992368	0,124261	8,047565	55	5	0,140613	0,990065	0,142024	7,041048	55
6	0,123602	0,992332	0,124557	8,028480	54	6	0,140901	0,990024	0,142321	7,026366	54
7	0,123890	0,992296	0,124852	8,009484	53	7	0,141189	0,989983	0,142618	7,011744	53
8	0,124179	0,992260	0,125147	7,990576	52	8	0,141477	0,989942	0,142915	6,997181	52
9	0,124467	0,992224	0,125443	7,971756	51	9	0,141765	0,989900	0,143212	6,982678	51
10	0,124756	0,992187	0,125738	7,953022	50	10	0,142053	0,989859	0,143508	6,968234	50
11	0,125045	0,992151	0,126034	7,934376	49	11	0,142341	0,989818	0,143805	6,953847	49
12	0,125333	0,992115	0,126329	7,915815	48	12	0,142629	0,989776	0,144102	6,939519	48
13	0,125622	0,992078	0,126625	7,897340	47	13	0,142917	0,989735	0,144399	6,925249	47
14	0,125910	0,992042	0,126921	7,878949	46	14	0,143205	0,989693	0,144696	6,911036	46
15	0,126199	0,992005	0,127216	7,860642	45	15	0,143493	0,989651	0,144993	6,896880	45
16	0,126488	0,991968	0,127512	7,842419	44	16	0,143781	0,989610	0,145290	6,882781	44
17	0,126776	0,991931	0,127807	7,824279	43	17	0,144068	0,989568	0,145587	6,868738	43
18	0,127065	0,991894	0,128103	7,806221	42	18	0,144356	0,989526	0,145884	6,854751	42
19	0,127353	0,991857	0,128399	7,788245	41	19	0,144644	0,989484	0,146181	6,840820	41
20	0,127642	0,991820	0,128694	7,770351	40	20	0,144932	0,989442	0,146478	6,826944	40
21	0,127930	0,991783	0,128990	7,752537	39	21	0,145220	0,989399	0,146776	6,813123	39
22	0,128219	0,991746	0,129286	7,734803	38	22	0,145508	0,989357	0,147073	6,799357	38
23	0,128507	0,991709	0,129582	7,717149	37	23	0,145795	0,989315	0,147370	6,785645	37
24	0,128796	0,991671	0,129877	7,699574	36	24	0,146083	0,989272	0,147667	6,771987	36
25	0,129084	0,991634	0,130173	7,682077	35	25	0,146371	0,989230	0,147964	6,758383	35
26	0,129373	0,991596	0,130469	7,664658	34	26	0,146659	0,989187	0,148262	6,744832	34
27	0,129661	0,991558	0,130765	7,647317	33	27	0,146946	0,989145	0,148559	6,731334	33
28	0,129949	0,991521	0,131061	7,630053	32	28	0,147234	0,989102	0,148856	6,717889	32
29	0,130238	0,991483	0,131357	7,612866	31	29	0,147522	0,989059	0,149154	6,704497	31
30	0,130526	0,991445	0,131653	7,595754	30	30	0,147809	0,989016	0,149451	6,691156	30
31	0,130815	0,991407	0,131948	7,578718	29	31	0,148097	0,988973	0,149748	6,677868	29
32	0,131103	0,991369	0,132244	7,561757	28	32	0,148385	0,988930	0,150046	6,664631	28
33	0,131391	0,991331	0,132540	7,544870	27	33	0,148672	0,988887	0,150343	6,651445	27
34	0,131680	0,991292	0,132836	7,528057	26	34	0,148960	0,988843	0,150641	6,638310	26
35	0,131968	0,991254	0,133132	7,511318	25	35	0,149248	0,988800	0,150938	6,625226	25
36	0,132256	0,991216	0,133429	7,494651	24	36	0,149535	0,988756	0,151236	6,612192	24
37	0,132545	0,991177	0,133725	7,478058	23	37	0,149823	0,988713	0,151533	6,599208	23
38	0,132833	0,991138	0,134021	7,461536	22	38	0,150111	0,988669	0,151831	6,586274	22
39	0,133121	0,991100	0,134317	7,445086	21	39	0,150398	0,988626	0,152129	6,573389	21
40	0,133410	0,991061	0,134613	7,428706	20	40	0,150686	0,988582	0,152426	6,560554	20
41	0,133698	0,991022	0,134909	7,412398	19	41	0,150973	0,988538	0,152724	6,547767	19
42	0,133986	0,990983	0,135205	7,396160	18	42	0,151261	0,988494	0,153022	6,535029	18
43	0,134274	0,990944	0,135502	7,379991	17	43	0,151548	0,988450	0,153319	6,522340	17
44	0,134563	0,990905	0,135798	7,363892	16	44	0,151836	0,988406	0,153617	6,509698	16
45	0,134851	0,990866	0,136094	7,347861	15	45	0,152123	0,988362	0,153915	6,497104	15
46	0,135139	0,990827	0,136390	7,331899	14	46	0,152411	0,988317	0,154213	6,484558	14
47	0,135427	0,990787	0,136687	7,316005	13	47	0,152698	0,988273	0,154510	6,472059	13
48	0,135716	0,990748	0,136983	7,300178	12	48	0,152986	0,988228	0,154808	6,459607	12
49	0,136004	0,990708	0,137279	7,284418	11	49	0,153273	0,988184	0,155106	6,447202	11
50	0,136292	0,990669	0,137576	7,268726	10	50	0,153561	0,988139	0,155404	6,434843	10
51	0,136580	0,990629	0,137872	7,253099	9	51	0,153848	0,988095	0,155702	6,422530	9
52	0,136868	0,990589	0,138169	7,237538	8	52	0,154136	0,988050	0,155910	6,410263	8
53	0,137156	0,990549	0,138465	7,222042	7	53	0,154423	0,988005	0,156298	6,398042	7
54	0,137445	0,990510	0,138762	7,206612	6	54	0,154710	0,987960	0,156596	6,385867	6
55	0,137733	0,990469	0,139058	7,191246	5	55	0,154998	0,987915	0,156894	6,373736	5
56	0,138021	0,990429	0,139355	7,175944	4	56	0,155285	0,987870	0,157192	6,361650	4
57	0,138309	0,990389	0,139651	7,160706	3	57	0,155573	0,987825	0,157490	6,349609	3
58	0,138597	0,990349	0,139948	7,145531	2	58	0,155860	0,987779	0,157788	6,337613	2
59	0,138885	0,990309	0,140244	7,130419	1	59	0,156147	0,987734	0,158086	6,325660	1
60	0,139173	0,990268	0,140541	7,115370	0	60	0,156435	0,987688	0,158384	6,313752	0

M. Cosin. Sinus. Cotang. Tang. M.

82 град.

M. Cosin. Sinus. Cotang. Tang. M.

81 град.

9 град.

10 град.

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,156435	0,987688	0,158384	6,313752	60
1	0,156722	0,987643	0,158683	6,301887	59
2	0,157009	0,987597	0,158981	6,290065	58
3	0,157296	0,987551	0,159279	6,278287	57
4	0,157584	0,987506	0,159577	6,266551	56
5	0,157871	0,987460	0,159876	6,254859	55
6	0,158158	0,987414	0,160174	6,243209	54
7	0,158445	0,987368	0,160472	6,231601	53
8	0,158733	0,987322	0,160771	6,220035	52
9	0,159020	0,987275	0,161069	6,208511	51
10	0,159307	0,987229	0,161368	6,197028	50
11	0,159594	0,987183	0,161666	6,185587	49
12	0,159881	0,987136	0,161965	6,174187	48
13	0,160168	0,987090	0,162263	6,162827	47
14	0,160456	0,987043	0,162562	6,151509	46
15	0,160743	0,986996	0,162860	6,140230	45
16	0,161030	0,986950	0,163159	6,128992	44
17	0,161317	0,986903	0,163458	6,117794	43
18	0,161604	0,986856	0,163756	6,106636	42
19	0,161891	0,986809	0,164055	6,095517	41
20	0,162178	0,986762	0,164354	6,084438	40
21	0,162465	0,986714	0,164653	6,073398	39
22	0,162752	0,986667	0,164951	6,062397	38
23	0,163039	0,986620	0,165250	6,051434	37
24	0,163326	0,986572	0,165549	6,040510	36
25	0,163613	0,986525	0,165848	6,029625	35
26	0,163900	0,986477	0,166147	6,018777	34
27	0,164187	0,986429	0,166446	6,007968	33
28	0,164474	0,986382	0,166745	5,997196	32
29	0,164761	0,986334	0,167044	5,986461	31
30	0,165048	0,986286	0,167343	5,975764	30
31	0,165335	0,986238	0,167642	5,965105	29
32	0,165621	0,986189	0,167941	5,954482	28
33	0,165908	0,986141	0,168240	5,943895	27
34	0,166195	0,986093	0,168539	5,933346	26
35	0,166482	0,986045	0,168838	5,922832	25
36	0,166769	0,985996	0,169137	5,912355	24
37	0,167056	0,985948	0,169437	5,901914	23
38	0,167342	0,985899	0,169736	5,891508	22
39	0,167629	0,985850	0,170035	5,881139	21
40	0,167916	0,985801	0,170334	5,870804	20
41	0,168203	0,985752	0,170634	5,860505	19
42	0,168489	0,985704	0,170933	5,850241	18
43	0,168776	0,985654	0,171233	5,840012	17
44	0,169063	0,985605	0,171532	5,829817	16
45	0,169350	0,985556	0,171831	5,819657	15
46	0,169636	0,985507	0,172131	5,809532	14
47	0,169923	0,985457	0,172430	5,799440	13
48	0,170210	0,985408	0,172730	5,789383	12
49	0,170496	0,985358	0,173030	5,779359	11
50	0,170783	0,985309	0,173329	5,769369	10
51	0,171069	0,985259	0,173629	5,759412	9
52	0,171356	0,985209	0,173929	5,749489	8
53	0,171643	0,985159	0,174228	5,739599	7
54	0,171929	0,985109	0,174528	5,729742	6
55	0,172216	0,985059	0,174828	5,719917	5
56	0,172502	0,985009	0,175128	5,710126	4
57	0,172789	0,984959	0,175427	5,700366	3
58	0,173075	0,984909	0,175727	5,690639	2
59	0,173362	0,984858	0,176027	5,680945	1
60	0,173648	0,984808	0,176327	5,671282	0

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,173648	0,984808	0,176327	5,671282	60
1	0,173935	0,984757	0,176627	5,661651	59
2	0,174221	0,984707	0,176927	5,652052	58
3	0,174508	0,984656	0,177227	5,642484	57
4	0,174794	0,984605	0,177527	5,632947	56
5	0,175080	0,984554	0,177827	5,623442	55
6	0,175367	0,984503	0,178127	5,613968	54
7	0,175653	0,984452	0,178427	5,604525	53
8	0,175940	0,984401	0,178727	5,595112	52
9	0,176226	0,984350	0,179028	5,585730	51
10	0,176512	0,984299	0,179328	5,576379	50
11	0,176798	0,984247	0,179628	5,567057	49
12	0,177085	0,984196	0,179928	5,557766	48
13	0,177371	0,984144	0,180229	5,548505	47
14	0,177657	0,984092	0,180529	5,539274	46
15	0,177944	0,984041	0,180830	5,530072	45
16	0,178230	0,983989	0,181130	5,520901	44
17	0,178516	0,983937	0,181430	5,511758	43
18	0,178802	0,983885	0,181731	5,502645	42
19	0,179088	0,983833	0,182031	5,493560	41
20	0,179375	0,983781	0,182332	5,484505	40
21	0,179661	0,983729	0,182632	5,475479	39
22	0,179947	0,983676	0,182933	5,466481	38
23	0,180233	0,983624	0,183234	5,457512	37
24	0,180519	0,983572	0,183534	5,448572	36
25	0,180805	0,983519	0,183835	5,439659	35
26	0,181091	0,983466	0,184136	5,430775	34
27	0,181377	0,983414	0,184437	5,421919	33
28	0,181664	0,983361	0,184737	5,413091	32
29	0,181950	0,983308	0,185038	5,404299	31
30	0,182236	0,983255	0,185339	5,395517	30
31	0,182522	0,983202	0,185640	5,386772	29
32	0,182808	0,983149	0,185941	5,378054	28
33	0,183094	0,983096	0,186242	5,369363	27
34	0,183380	0,983042	0,186543	5,360699	26
35	0,183665	0,982989	0,186844	5,352063	25
36	0,183951	0,982935	0,187145	5,343453	24
37	0,184237	0,982882	0,187446	5,334870	23
38	0,184523	0,982828	0,187747	5,326313	22
39	0,184809	0,982774	0,188048	5,317783	21
40	0,185095	0,982721	0,188350	5,309279	20
41	0,185381	0,982667	0,188651	5,300802	19
42	0,185667	0,982613	0,188952	5,292351	18
43	0,185952	0,982559	0,189253	5,283925	17
44	0,186238	0,982505	0,189555	5,275526	16
45	0,186524	0,982450	0,189856	5,267152	15
46	0,186810	0,982396	0,190157	5,258804	14
47	0,187096	0,982342	0,190459	5,250481	13
48	0,187381	0,982287	0,190760	5,242184	12
49	0,187667	0,982233	0,191062	5,233911	11
50	0,187953	0,982178	0,191363	5,225665	10
51	0,188239	0,982123	0,191665	5,217443	9
52	0,188524	0,982069	0,191966	5,209246	8
53	0,188810	0,982014	0,192268	5,201074	7
54	0,189095	0,981959	0,192570	5,192926	6
55	0,189381	0,981904	0,192871	5,184804	5
56	0,189667	0,981849	0,193173	5,176705	4
57	0,189952	0,981793	0,193475	5,168631	3
58	0,190238	0,981738	0,193777	5,160581	2
59	0,190523	0,981683	0,194078	5,152556	1
60	0,190809	0,981627	0,194380	5,144554	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----

80 град.

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----

79 град.

11 град.

12 град.

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,190809	0,981627	0,194380	5,144554	60	0	0,207912	0,978148	0,212557	4,704630	60
1	0,191095	0,981572	0,194682	5,136576	59	1	0,208196	0,978087	0,212861	4,697910	59
2	0,191380	0,981516	0,194984	5,128622	58	2	0,208481	0,978027	0,313165	4,691208	58
3	0,191666	0,981460	0,195286	5,120692	57	3	0,208765	0,977966	0,213469	4,684525	57
4	0,191951	0,981405	0,195588	5,112780	56	4	0,209050	0,977905	0,213773	4,677860	56
5	0,192237	0,981349	0,195890	5,104902	55	5	0,209334	0,977844	0,214077	4,671212	55
6	0,192522	0,981293	0,196192	5,097043	54	6	0,209619	0,977783	0,214381	4,664583	54
7	0,192807	0,921237	0,196494	5,089206	53	7	0,209903	0,977722	0,214686	4,657972	53
8	0,193093	0,981181	0,196796	5,081393	52	8	0,210187	0,977661	0,214990	4,651379	52
9	0,193378	0,981124	0,197099	5,073603	51	9	0,210472	0,977600	0,215294	4,644803	51
10	0,193664	0,981068	0,197401	5,065835	50	10	0,210756	0,977539	0,215599	4,638246	50
11	0,193949	0,981012	0,197703	5,058091	49	11	0,211041	0,977477	0,215903	4,631706	49
12	0,194234	0,980955	0,198005	5,050369	48	12	0,211325	0,977416	0,216208	4,625183	48
13	0,194520	0,980899	0,198308	5,042670	47	13	0,211609	0,977354	0,216512	4,618678	47
14	0,194805	0,980842	0,198610	5,034994	46	14	0,211893	0,977293	0,216817	4,612191	46
15	0,195090	0,980785	0,198912	5,027340	45	15	0,212178	0,977231	0,217121	4,605721	45
16	0,195376	0,980729	0,199215	5,019708	44	16	0,212462	0,977169	0,217426	4,599268	44
17	0,195661	0,980672	0,199517	5,012098	43	17	0,212746	0,977108	0,217731	4,592833	43
18	0,195946	0,980615	0,199820	5,004511	42	18	0,213030	0,977046	0,218035	4,586414	42
19	0,196231	0,980558	0,200122	4,996946	41	19	0,213315	0,976984	0,218340	4,580013	41
20	0,196517	0,980501	0,200425	4,989403	40	20	0,213599	0,976929	0,218645	4,573629	40
21	0,196802	0,980443	0,200727	4,981881	39	21	0,213883	0,976869	0,218950	4,567261	39
22	0,197087	0,980386	0,201030	4,974382	38	22	0,214167	0,976797	0,219254	4,560911	38
23	0,197372	0,980329	0,201333	4,966904	37	23	0,214451	0,976735	0,219559	4,554578	37
24	0,197657	0,980271	0,201635	4,959447	36	24	0,214735	0,976672	0,219864	4,548261	36
25	0,197943	0,980214	0,201938	4,952013	35	25	0,215019	0,976610	0,220169	4,541961	35
26	0,198228	0,980156	0,202241	4,944599	34	26	0,215304	0,976547	0,220474	4,535677	34
27	0,198513	0,980098	0,202544	4,937207	33	27	0,215588	0,976485	0,220779	4,529411	33
28	0,198798	0,980041	0,202847	4,929836	32	28	0,215872	0,976422	0,221084	4,523160	32
29	0,199083	0,979983	0,203149	4,922486	31	29	0,216156	0,976359	0,221390	4,516926	31
30	0,199368	0,979925	0,203452	4,915157	30	30	0,216440	0,976296	0,221695	4,510709	30
31	0,199653	0,979867	0,203755	4,907849	29	31	0,216724	0,976233	0,222000	4,504507	29
32	0,199938	0,979809	0,204058	4,900562	28	32	0,217008	0,976170	0,222305	4,498322	28
33	0,200223	0,979750	0,204361	4,893296	27	33	0,217292	0,976107	0,222610	4,492153	27
34	0,200508	0,979692	0,204664	4,886050	26	34	0,217575	0,976044	0,222916	4,486000	26
35	0,200793	0,979634	0,204967	4,878825	25	35	0,217859	0,975980	0,223221	4,479864	25
36	0,201078	0,979575	0,205271	4,871620	24	36	0,218143	0,975917	0,223527	4,473743	24
37	0,201363	0,979517	0,205574	4,864436	23	37	0,218427	0,975853	0,223832	4,467638	23
38	0,201648	0,979458	0,205877	4,857272	22	38	0,218711	0,975790	0,224137	4,461549	22
39	0,201933	0,979399	0,206180	4,850128	21	39	0,218995	0,975726	0,224443	4,455476	21
40	0,202218	0,979341	0,206483	4,843005	20	40	0,219279	0,975662	0,224749	4,449418	20
41	0,202502	0,979282	0,206787	4,835901	19	41	0,219562	0,975599	0,225054	4,443376	19
42	0,202787	0,979223	0,207090	4,828817	18	42	0,219846	0,975535	0,225360	4,437350	18
43	0,203072	0,979164	0,207393	4,821754	17	43	0,220430	0,975471	0,225665	4,431339	17
44	0,203357	0,979105	0,207697	4,814710	16	44	0,220414	0,975407	0,225971	4,425344	16
45	0,203642	0,979046	0,208000	4,807685	15	45	0,220697	0,975342	0,226277	4,419364	15
46	0,203927	0,978986	0,208304	4,800681	14	46	0,220981	0,975278	0,226583	4,413400	14
47	0,204211	0,978927	0,208607	4,793696	13	47	0,221265	0,975214	0,226889	4,407450	13
48	0,204496	0,978867	0,208911	4,786730	12	48	0,221549	0,975149	0,227194	4,401512	12
49	0,204781	0,978808	0,209215	4,779784	11	49	0,221832	0,975085	0,227500	4,395598	11
50	0,205066	0,978748	0,209518	4,772857	10	50	0,222116	0,975020	0,227806	4,389694	10
51	0,205350	0,978689	0,209822	4,765949	9	51	0,222399	0,974956	0,228112	4,383805	9
52	0,205635	0,978629	0,210126	4,759060	8	52	0,222683	0,974891	0,228418	4,377932	8
53	0,205920	0,978569	0,210429	4,752191	7	53	0,222967	0,974826	0,228724	4,372073	7
54	0,206204	0,978509	0,210733	4,745340	6	54	0,223250	0,974761	0,229031	4,366229	6
55	0,206489	0,978449	0,211037	4,738508	5	55	0,223534	0,974696	0,229337	4,360400	5
56	0,206773	0,978389	0,211341	4,731695	4	56	0,223817	0,974631	0,229643	4,354586	4
57	0,207058	0,978329	0,211645	4,724901	3	57	0,224101	0,974566	0,229949	4,348787	3
58	0,207343	0,978268	0,211949	4,718126	2	58	0,324384	0,974501	0,230256	4,343002	2
59	0,207627	0,978208	0,212253	4,711369	1	59	0,224668	0,974436	0,230562	4,337232	1
60	0,207912	0,978148	0,212557	4,702630	0	60	0,224951	0,974370	0,230868	4,331476	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----	----	--------	--------	---------	-------	----

78 град.

77 град.

## 13 град.

## 14 град.

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,224951	0,974370	0,230868	4,331476	60	0	0,241922	0,970296	0,249328	4,010781	60
1	0,225235	0,974305	0,231175	4,325735	59	1	0,242204	0,970225	0,249637	4,005817	59
2	0,225518	0,974239	0,231481	4,320008	58	2	0,242486	0,970155	0,249946	4,000864	58
3	0,225801	0,974173	0,231788	4,314296	57	3	0,242769	0,970084	0,250255	3,995922	57
4	0,226085	0,974108	0,232094	4,308597	56	4	0,243051	0,970014	0,250564	3,990992	56
5	0,226368	0,974042	0,232401	4,302914	55	5	0,243333	0,969943	0,250873	3,986074	55
6	0,226651	0,973976	0,232707	4,297244	54	6	0,243615	0,969872	0,251183	3,981167	54
7	0,226935	0,973910	0,233014	4,291589	53	7	0,243897	0,969801	0,251492	3,976271	53
8	0,227218	0,973844	0,233321	4,285947	52	8	0,244179	0,969730	0,251801	3,971387	52
9	0,227501	0,973778	0,233627	4,280320	51	9	0,244461	0,969659	0,252111	3,966514	51
10	0,227784	0,973712	0,233934	4,274707	50	10	0,244743	0,969588	0,252420	3,961652	50
11	0,228068	0,973645	0,234241	4,269107	49	11	0,245025	0,969517	0,252729	3,956801	49
12	0,228351	0,973579	0,234548	4,263522	48	12	0,245307	0,969445	0,253039	3,951962	48
13	0,228634	0,973512	0,234855	4,257950	47	13	0,245589	0,969374	0,253348	3,947133	47
14	0,228917	0,973446	0,235162	4,252392	46	14	0,245871	0,969303	0,253658	3,942316	46
15	0,229200	0,973379	0,235469	4,246848	45	15	0,246153	0,969231	0,253968	3,937509	45
16	0,229484	0,973313	0,235776	4,241318	44	16	0,246435	0,969159	0,254277	3,932714	44
17	0,229767	0,973246	0,236083	4,235801	43	17	0,246717	0,969088	0,254587	3,927930	43
18	0,230050	0,973179	0,236390	4,230298	42	18	0,246999	0,969016	0,254897	3,923156	42
19	0,230333	0,973112	0,236697	4,224808	41	19	0,247281	0,968944	0,255207	3,918394	41
20	0,230616	0,973045	0,237004	4,219332	40	20	0,247563	0,968872	0,255517	3,913642	40
21	0,230899	0,972978	0,237312	4,213869	39	21	0,247845	0,968800	0,255826	3,908901	39
22	0,231182	0,972911	0,237619	4,208420	38	22	0,248126	0,968728	0,256136	3,904171	38
23	0,231465	0,972843	0,237926	4,202984	37	23	0,248408	0,968656	0,256446	3,899452	37
24	0,231748	0,972776	0,238234	4,197561	36	24	0,248690	0,968583	0,256756	3,894743	36
25	0,232031	0,972708	0,238541	4,192151	35	25	0,248972	0,968511	0,257066	3,890045	35
26	0,232314	0,972641	0,238849	4,186755	34	26	0,249253	0,968438	0,257377	3,885357	34
27	0,232597	0,972573	0,239156	4,181371	33	27	0,249535	0,968366	0,257687	3,880681	33
28	0,232880	0,972506	0,239464	4,176001	32	28	0,249817	0,968293	0,257997	3,876014	32
29	0,233163	0,972438	0,239771	4,170644	31	29	0,250098	0,968220	0,258307	3,871358	31
30	0,233445	0,972370	0,240079	4,165300	30	30	0,250380	0,968148	0,258618	3,866713	30
31	0,233728	0,972302	0,240386	4,159969	29	31	0,250662	0,968075	0,258928	3,862078	29
32	0,234011	0,972234	0,240694	4,154650	28	32	0,250943	0,968002	0,259238	3,857454	28
33	0,234294	0,972166	0,241002	4,149345	27	33	0,251225	0,967929	0,259549	3,852840	27
34	0,234577	0,972098	0,241310	4,144052	26	34	0,251506	0,967856	0,259859	3,848236	26
35	0,234859	0,972029	0,241618	4,138772	25	35	0,251788	0,967783	0,260170	3,843642	25
36	0,235142	0,971961	0,241926	4,133505	24	36	0,252069	0,967709	0,260481	3,839059	24
37	0,235425	0,971893	0,242233	4,128250	23	37	0,252351	0,967636	0,260791	3,834486	23
38	0,235708	0,971824	0,242541	4,123008	22	38	0,252632	0,967562	0,261102	3,829923	22
39	0,235990	0,971755	0,242849	4,117778	21	39	0,252914	0,967489	0,261413	3,825371	21
40	0,236273	0,971687	0,243158	4,112561	20	40	0,253195	0,967415	0,261723	3,820828	20
41	0,236556	0,971618	0,243466	4,107357	19	41	0,253477	0,967342	0,262034	3,816296	19
42	0,236838	0,971549	0,243774	4,102165	18	42	0,253758	0,967268	0,262345	3,811773	18
43	0,237121	0,971480	0,244082	4,096985	17	43	0,254039	0,967194	0,262656	3,807261	17
44	0,237403	0,971411	0,244390	4,091818	16	44	0,254321	0,967120	0,262967	3,802759	16
45	0,237686	0,971342	0,244698	4,086663	15	45	0,254602	0,967046	0,263278	3,798266	15
46	0,237968	0,971273	0,245007	4,081520	14	46	0,254883	0,966972	0,263589	3,793784	14
47	0,238251	0,971204	0,245315	4,076389	13	47	0,255165	0,966898	0,263900	3,789311	13
48	0,238534	0,971134	0,245624	4,071271	12	48	0,255446	0,966823	0,264211	3,784848	12
49	0,238816	0,971065	0,245932	4,066164	11	49	0,255727	0,966749	0,264523	3,780395	11
50	0,239098	0,970995	0,246241	4,061070	10	50	0,256008	0,966675	0,264834	3,775952	10
51	0,239381	0,970926	0,246549	4,055988	9	51	0,256289	0,966600	0,265145	3,771519	9
52	0,239663	0,970856	0,246858	4,050917	8	52	0,256571	0,966526	0,265457	3,767095	8
53	0,239946	0,970786	0,247166	4,045859	7	53	0,256852	0,966451	0,265768	3,762681	7
54	0,240228	0,970717	0,247475	4,040813	6	54	0,257133	0,966376	0,266079	3,758276	6
55	0,240510	0,970647	0,247784	4,035778	5	55	0,257414	0,966301	0,266391	3,753882	5
56	0,240793	0,970577	0,248093	4,030755	4	56	0,257695	0,966226	0,266703	3,749496	4
57	0,241075	0,970507	0,248401	4,025744	3	57	0,257976	0,966151	0,267014	3,745121	3
58	0,241357	0,970436	0,248710	4,020745	2	58	0,258257	0,966076	0,267326	3,740755	2
59	0,241640	0,970366	0,249019	4,015757	1	59	0,258538	0,966001	0,267637	3,736398	1
60	0,241922	0,970296	0,249328	4,010781	0	60	0,258819	0,965926	0,267949	3,732051	0

M. Cosin. Sinus. Cotang. Tang. M.

## 76 град.

M. Cosin. Sinus. Cotang. Tang. M.

## 75 град.



M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,258819	0,965926	0,267949	3,732051	60	0	0,275637	0,961262	0,286745	3,487414	60
1	0,259100	0,965851	0,268261	3,727713	59	1	0,275917	0,961182	0,287060	3,483590	59
2	0,259381	0,965775	0,268573	3,723385	58	2	0,276197	0,961101	0,287375	3,479773	58
3	0,259662	0,965700	0,268885	3,719066	57	3	0,276476	0,961021	0,287690	3,475963	57
4	0,259943	0,965624	0,269197	3,714756	56	4	0,276756	0,960940	0,288005	3,472162	56
5	0,260224	0,965548	0,269509	3,710456	55	5	0,277035	0,960860	0,288320	3,468368	55
6	0,260505	0,965473	0,269821	3,706165	54	6	0,277315	0,960779	0,288635	3,464581	54
7	0,260785	0,965397	0,270133	3,701883	53	7	0,277594	0,960699	0,288950	3,460803	53
8	0,261066	0,965321	0,270445	3,697610	52	8	0,277874	0,960618	0,289266	3,457032	52
9	0,261347	0,965245	0,270757	3,693347	51	9	0,278153	0,960537	0,289581	3,453265	51
10	0,261623	0,965169	0,271069	3,689093	50	10	0,278432	0,960456	0,289896	3,449512	50
11	0,261909	0,965093	0,271382	3,684848	49	11	0,278712	0,960375	0,290211	3,445764	49
12	0,262189	0,965017	0,271694	3,680612	48	12	0,278991	0,960294	0,290527	3,442023	48
13	0,262470	0,964940	0,272006	3,676385	47	13	0,279270	0,960213	0,290842	3,438289	47
14	0,262751	0,964864	0,272319	3,672167	46	14	0,279550	0,960131	0,291158	3,434563	46
15	0,263031	0,964787	0,272631	3,667958	45	15	0,279829	0,960050	0,291473	3,430845	45
16	0,263312	0,964711	0,272944	3,663758	44	16	0,280108	0,959968	0,291789	3,427183	44
17	0,263593	0,964634	0,273256	3,659567	43	17	0,280388	0,959887	0,292105	3,423430	43
18	0,263873	0,964557	0,273569	3,655384	42	18	0,280667	0,959805	0,292421	3,419733	42
19	0,264154	0,964481	0,273882	3,651211	41	19	0,280946	0,959724	0,292736	3,416044	41
20	0,264434	0,964404	0,274194	3,647047	40	20	0,281225	0,959642	0,293052	3,412363	40
21	0,264715	0,964327	0,274507	3,642891	39	21	0,281504	0,959560	0,293368	3,408688	39
22	0,264995	0,964250	0,274820	3,638744	38	22	0,281783	0,959478	0,293684	3,405021	38
23	0,265276	0,964173	0,275133	3,634606	37	23	0,282062	0,959396	0,294000	3,401361	37
24	0,265556	0,964095	0,275446	3,630477	36	24	0,282342	0,959314	0,294316	3,397709	36
25	0,265837	0,964018	0,275759	3,626357	35	25	0,282621	0,959232	0,294632	3,394063	35
26	0,266117	0,963941	0,276072	3,622245	34	26	0,282900	0,959150	0,294948	3,390425	34
27	0,266397	0,963863	0,276385	3,618142	33	27	0,283179	0,959067	0,295265	3,386794	33
28	0,266678	0,963786	0,276698	3,614047	32	28	0,283458	0,958985	0,295581	3,383170	32
29	0,266958	0,963708	0,277011	3,609961	31	29	0,283736	0,958902	0,295897	3,379553	31
30	0,267238	0,963631	0,277325	3,605884	30	30	0,284015	0,958820	0,296214	3,375943	30
31	0,267519	0,963553	0,277638	3,601815	29	31	0,284294	0,958737	0,296530	3,372341	29
32	0,267799	0,963475	0,277951	3,597754	28	32	0,284573	0,958654	0,296846	3,368745	28
33	0,268079	0,963397	0,278265	3,593702	27	33	0,284852	0,958572	0,297163	3,365157	27
34	0,268359	0,963319	0,278578	3,589659	26	34	0,285131	0,958489	0,297480	3,361575	26
35	0,268640	0,963241	0,278892	3,585624	25	35	0,285410	0,958406	0,297796	3,358001	25
36	0,268920	0,963163	0,279205	3,581598	24	36	0,285688	0,958323	0,298113	3,354433	24
37	0,269200	0,963084	0,279519	3,577579	23	37	0,285967	0,958239	0,298430	3,350873	23
38	0,269480	0,963006	0,279832	3,573570	22	38	0,286246	0,958156	0,298747	3,347319	22
39	0,269760	0,962928	0,280146	3,569568	21	39	0,286525	0,958073	0,299063	3,343772	21
40	0,270040	0,962849	0,280460	3,565575	20	40	0,286803	0,957990	0,299380	3,340233	20
41	0,270320	0,962770	0,280774	3,561590	19	41	0,287082	0,957906	0,299697	3,336700	19
42	0,270600	0,962692	0,281087	3,557613	18	42	0,287361	0,957823	0,300014	3,333174	18
43	0,270881	0,962613	0,281401	3,553645	17	43	0,287639	0,957739	0,300332	3,329654	17
44	0,271161	0,962534	0,281715	3,549685	16	44	0,287918	0,957655	0,300649	3,326142	16
45	0,271440	0,962455	0,282029	3,545733	15	45	0,288196	0,957571	0,300966	3,322636	15
46	0,271720	0,962376	0,282343	3,541789	14	46	0,288475	0,957488	0,301283	3,319137	14
47	0,272000	0,962297	0,282657	3,537853	13	47	0,288753	0,957404	0,301600	3,315645	13
48	0,272280	0,962218	0,282972	3,533925	12	48	0,289032	0,957320	0,301918	3,312160	12
49	0,272560	0,962139	0,283286	3,530005	11	49	0,289310	0,957235	0,302235	3,308681	11
50	0,272840	0,962059	0,283600	3,526094	10	50	0,289589	0,957151	0,302553	3,305209	10
51	0,273120	0,961980	0,283914	3,522190	9	51	0,289867	0,957067	0,302870	3,301744	9
52	0,273400	0,961901	0,284229	3,518295	8	52	0,290146	0,956983	0,303188	3,298285	8
53	0,273679	0,961821	0,284543	3,514407	7	53	0,290424	0,956898	0,303506	3,294833	7
54	0,273960	0,961741	0,284858	3,510527	6	54	0,290702	0,956814	0,303823	3,291388	6
55	0,274239	0,961662	0,285172	3,506656	5	55	0,290981	0,956729	0,304141	3,287949	5
56	0,274519	0,961582	0,285487	3,502792	4	56	0,291259	0,956644	0,304459	3,284516	4
57	0,274798	0,961502	0,285801	3,498936	3	57	0,291537	0,956560	0,304777	3,281091	3
58	0,275078	0,961422	0,286116	3,495087	2	58	0,291815	0,956475	0,305095	3,277672	2
59	0,275358	0,961342	0,286431	3,491247	1	59	0,292094	0,956390	0,305413	3,274259	1
60	0,275637	0,961262	0,286745	3,487414	0	60	0,292372	0,956305	0,305731	3,270853	0

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,292372	0,956305	0,305731	3,270853	60	0	0,309017	0,951057	0,324920	3,077684	60
1	0,292650	0,956220	0,306049	3,267453	59	1	0,309294	0,950967	0,325241	3,074640	59
2	0,292928	0,956135	0,306367	3,264060	58	2	0,309570	0,950877	0,325563	3,071602	58
3	0,293206	0,956049	0,306685	3,260673	57	3	0,309847	0,950787	0,325885	3,068569	57
4	0,293484	0,955964	0,307003	3,257292	56	4	0,310123	0,950696	0,326207	3,065542	56
5	0,293762	0,955879	0,307322	3,253918	55	5	0,310400	0,950606	0,326529	3,062520	55
6	0,294040	0,955793	0,307640	3,250551	54	6	0,310676	0,950516	0,326850	3,059504	54
7	0,294318	0,955707	0,307959	3,247190	53	7	0,310953	0,950425	0,327172	3,056493	53
8	0,294596	0,955622	0,308277	3,243835	52	8	0,311229	0,950335	0,327494	3,053487	52
9	0,294874	0,955536	0,308596	3,240486	51	9	0,311506	0,950244	0,327817	3,050487	51
10	0,295152	0,955450	0,308914	3,237144	50	10	0,311782	0,950154	0,328139	3,047492	50
11	0,295430	0,955364	0,309233	3,233808	49	11	0,312059	0,950063	0,328461	3,044502	49
12	0,295708	0,955278	0,309552	3,230478	48	12	0,312335	0,949972	0,328783	3,041517	48
13	0,295986	0,955192	0,309871	3,227155	47	13	0,312611	0,949881	0,329106	3,038538	47
14	0,296264	0,955106	0,310189	3,223837	46	14	0,312888	0,949790	0,329428	3,035564	46
15	0,296542	0,955020	0,310508	3,220526	45	15	0,313164	0,949699	0,329751	3,032595	45
16	0,296819	0,954934	0,310827	3,217222	44	16	0,313440	0,949608	0,330073	3,029632	44
17	0,297097	0,954847	0,311146	3,213923	43	17	0,313716	0,949517	0,330396	3,026674	43
18	0,297375	0,954761	0,311465	3,210630	42	18	0,313993	0,949426	0,330718	3,023721	42
19	0,297653	0,954674	0,311785	3,207344	41	19	0,314269	0,949334	0,331041	3,020773	41
20	0,297930	0,954588	0,312104	3,204064	40	20	0,314545	0,949243	0,331364	3,017830	40
21	0,298208	0,954501	0,312423	3,200790	39	21	0,314821	0,949151	0,331687	3,014893	39
22	0,298486	0,954414	0,312742	3,197522	38	22	0,315097	0,949060	0,332010	3,011960	38
23	0,298763	0,954327	0,313062	3,194260	37	23	0,315373	0,948968	0,332333	3,509033	37
24	0,299041	0,954240	0,313381	3,191004	36	24	0,315649	0,948876	0,332656	3,006111	36
25	0,299318	0,954153	0,313701	3,187754	35	25	0,315925	0,948784	0,332979	3,003194	35
26	0,299596	0,954066	0,314020	3,184510	34	26	0,316201	0,948692	0,333302	3,000282	34
27	0,299873	0,953979	0,314340	3,181272	33	27	0,316477	0,948600	0,333625	2,997375	33
28	0,300151	0,953892	0,314659	3,178041	32	28	0,316753	0,948508	0,333949	2,994473	32
29	0,300428	0,953804	0,314979	3,174815	31	29	0,317029	0,948416	0,334272	2,991577	31
30	0,300706	0,953717	0,315299	3,171585	30	30	0,317305	0,948324	0,334595	2,988685	30
31	0,300983	0,953629	0,315619	3,168381	29	31	0,317581	0,948231	0,334919	2,985798	29
32	0,301261	0,953542	0,315939	3,165173	28	32	0,317856	0,948139	0,335242	2,982917	28
33	0,301538	0,953454	0,316259	3,161971	27	33	0,318132	0,948046	0,335566	2,980040	27
34	0,301815	0,953366	0,316579	3,158774	26	34	0,318408	0,947954	0,335890	2,977168	26
35	0,302093	0,953279	0,316899	3,155584	25	35	0,318684	0,947861	0,336213	2,974302	25
36	0,302370	0,953191	0,317219	3,152399	24	36	0,318959	0,947768	0,336537	2,971440	24
37	0,302647	0,953103	0,317539	3,149221	23	37	0,319235	0,947676	0,336861	2,968583	23
38	0,302924	0,953015	0,317859	3,146048	22	38	0,319511	0,947583	0,337185	2,965731	22
39	0,303202	0,952926	0,318179	3,142881	21	39	0,319786	0,947490	0,337509	2,962884	21
40	0,303479	0,952838	0,318500	3,139719	20	40	0,320062	0,947397	0,337833	2,960042	20
41	0,303756	0,952750	0,318820	3,136564	19	41	0,320337	0,947304	0,338157	2,957205	19
42	0,304033	0,952662	0,319141	3,133414	18	42	0,320613	0,947210	0,338481	2,954373	18
43	0,304310	0,952573	0,319461	3,130270	17	43	0,320889	0,947117	0,338806	2,951545	17
44	0,304587	0,952484	0,319782	3,127132	16	44	0,321164	0,947024	0,339130	2,948723	16
45	0,304864	0,952396	0,320103	3,123999	15	45	0,321440	0,946930	0,339454	2,945905	15
46	0,305141	0,952307	0,320423	3,120872	14	46	0,321715	0,946837	0,339779	2,943092	14
47	0,305418	0,952218	0,320744	3,117751	13	47	0,321990	0,946743	0,340103	2,940284	13
48	0,305695	0,952129	0,321065	3,114635	12	48	0,322266	0,946649	0,340428	2,937481	12
49	0,305972	0,952040	0,321386	3,111525	11	49	0,322541	0,946556	0,340752	2,934682	11
50	0,306249	0,951951	0,321707	3,108421	10	50	0,322816	0,946462	0,341077	2,931889	10
51	0,306526	0,951862	0,322028	3,105322	9	51	0,323092	0,946368	0,341402	2,929100	9
52	0,306803	0,951773	0,322349	3,102229	8	52	0,323367	0,946274	0,341727	2,926315	8
53	0,307080	0,951684	0,322670	3,099142	7	53	0,323642	0,946180	0,342052	2,923536	7
54	0,307357	0,951594	0,322991	3,096060	6	54	0,323917	0,946085	0,342377	2,920761	6
55	0,307633	0,951505	0,323313	3,092983	5	55	0,324193	0,945991	0,342702	2,917991	5
56	0,307910	0,951415	0,323634	3,089912	4	56	0,324468	0,945897	0,343027	2,915226	4
57	0,308187	0,951326	0,323955	3,086847	3	57	0,324743	0,945802	0,343352	2,912465	3
58	0,308464	0,951236	0,324277	3,083787	2	58	0,325018	0,945708	0,343677	2,909709	2
59	0,308740	0,951146	0,324598	3,080733	1	59	0,325293	0,945613	0,344002	2,906958	1
60	0,309017	0,951057	0,324920	3,077684	0	60	0,325568	0,945519	0,344328	2,904211	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----

19 град.

20 град.

M	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M	M	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M
0	0,325568	0,945519	0,344328	2,904211	60	0	0,342020	0,939693	0,363970	2,747477	60
1	0,325843	0,945424	0,344653	2,901469	59	1	0,342294	0,939593	0,364370	2,744993	59
2	0,326118	0,945329	0,344979	2,898731	58	2	0,342567	0,939494	0,364629	2,742512	58
3	0,326393	0,945234	0,345304	2,895999	57	3	0,342840	0,939394	0,364959	2,740035	57
4	0,326668	0,945139	0,345630	2,893270	56	4	0,343113	0,939294	0,365289	2,737562	56
5	0,326943	0,945044	0,345955	2,890547	55	5	0,343387	0,939194	0,365618	2,735093	55
6	0,327218	0,944949	0,346281	2,887828	54	6	0,343660	0,939094	0,365948	2,732623	54
7	0,327493	0,944854	0,346607	2,885113	53	7	0,343933	0,938994	0,366278	2,730167	53
8	0,327768	0,944758	0,346933	2,882403	52	8	0,344206	0,938894	0,366608	2,727710	52
9	0,328042	0,944663	0,347259	2,879698	51	9	0,344479	0,938794	0,366938	2,725257	51
10	0,328317	0,944568	0,347585	2,876997	50	10	0,344752	0,938694	0,367268	2,722808	50
11	0,328592	0,944472	0,347911	2,874301	49	11	0,345025	0,938593	0,367598	2,720362	49
12	0,328867	0,944376	0,348237	2,871609	48	12	0,345298	0,938493	0,367928	2,717920	48
13	0,329141	0,944281	0,348563	2,868922	47	13	0,345571	0,938393	0,368259	2,715483	47
14	0,329416	0,944185	0,348889	2,866239	46	14	0,345844	0,938292	0,368589	2,713049	46
15	0,329691	0,944089	0,349216	2,863560	45	15	0,346117	0,938191	0,368920	2,710619	45
16	0,329965	0,943993	0,349542	2,860886	44	16	0,346390	0,938091	0,369250	2,708192	44
17	0,330240	0,943897	0,349869	2,858217	43	17	0,346663	0,937990	0,369581	2,705770	43
18	0,330514	0,943801	0,350195	2,855552	42	18	0,346936	0,937889	0,369911	2,703351	42
19	0,330789	0,943705	0,350522	2,852891	41	19	0,347209	0,937788	0,370242	2,700936	41
20	0,331063	0,943609	0,350848	2,850235	40	20	0,347481	0,937687	0,370573	2,698525	40
21	0,331338	0,943512	0,351175	2,847583	39	21	0,347754	0,937586	0,370904	2,696118	39
22	0,331612	0,943416	0,351502	2,844936	38	22	0,348027	0,937485	0,371235	2,693715	38
23	0,331887	0,943319	0,351829	2,842293	37	23	0,348299	0,937383	0,371566	2,691315	37
24	0,332161	0,943223	0,352156	2,839654	36	24	0,348572	0,937282	0,371897	2,688919	36
25	0,332436	0,943126	0,352483	2,837020	35	25	0,348845	0,937181	0,372228	2,686527	35
26	0,332710	0,943029	0,352810	2,834390	34	26	0,349117	0,937079	0,372559	2,684138	34
27	0,332984	0,942933	0,353137	2,831764	33	27	0,349390	0,936977	0,372890	2,681754	33
28	0,333258	0,942836	0,353464	2,829143	32	28	0,349662	0,936876	0,373222	2,679373	32
29	0,333533	0,942739	0,353791	2,826526	31	29	0,349935	0,936774	0,373553	2,676995	31
30	0,333807	0,942642	0,354119	2,823913	30	30	0,350207	0,936672	0,373885	2,674622	30
31	0,334081	0,942544	0,354446	2,821305	29	31	0,350480	0,936570	0,374216	2,672252	29
32	0,334355	0,942447	0,354774	2,818700	28	32	0,350752	0,936468	0,374548	2,669885	28
33	0,334629	0,942350	0,355101	2,816100	27	33	0,351025	0,936366	0,374880	2,667523	27
34	0,334903	0,942252	0,355429	2,813505	26	34	0,351297	0,936264	0,375212	2,665164	26
35	0,335178	0,942155	0,355756	3,810913	25	35	0,351569	0,936162	0,375543	2,662809	25
36	0,335452	0,942058	0,356084	2,808326	24	36	0,351842	0,936060	0,375875	2,660457	24
37	0,335726	0,941960	0,356412	2,805743	23	37	0,352114	0,935957	0,376207	2,658109	23
38	0,336000	0,941862	0,356740	2,803165	22	38	0,352386	0,935855	0,376539	2,655765	22
39	0,336274	0,941764	0,357068	2,800590	21	39	0,352658	0,935752	0,376872	2,653424	21
40	0,336548	0,941667	0,357396	2,798020	20	40	0,352931	0,935650	0,377204	2,651087	20
41	0,336821	0,941569	0,357724	2,795454	19	41	0,353203	0,935547	0,377536	2,648753	19
42	0,337095	0,941471	0,358052	2,792892	18	42	0,353475	0,935444	0,377869	2,646423	18
43	0,337369	0,941372	0,358380	2,790334	17	43	0,353747	0,935341	0,378201	2,644097	17
44	0,337643	0,941274	0,358708	2,787780	16	44	0,354019	0,935238	0,378534	2,641774	16
45	0,337917	0,941176	0,359037	2,785231	15	45	0,354291	0,935135	0,378866	2,639455	15
46	0,338191	0,941078	0,359365	2,782685	14	46	0,354563	0,935032	0,379199	2,637139	14
47	0,338464	0,940979	0,359694	2,780144	13	47	0,354835	0,934929	0,379532	2,634827	13
48	0,338738	0,940881	0,360022	2,777607	12	48	0,355107	0,934826	0,379864	2,632519	12
49	0,339012	0,940782	0,360351	2,775074	11	49	0,355379	0,934722	0,380197	2,630214	11
50	0,339285	0,940684	0,360680	2,772545	10	50	0,355651	0,934619	0,380530	2,627912	10
51	0,339559	0,940585	0,361008	2,770020	9	51	0,355923	0,934515	0,380863	2,625614	9
52	0,339833	0,940486	0,361337	2,767499	8	52	0,356194	0,934412	0,381196	2,623320	8
53	0,340106	0,940387	0,361666	2,764982	7	53	0,356466	0,934308	0,381530	2,621029	7
54	0,340380	0,940288	0,361995	2,762470	6	54	0,356738	0,934205	0,381863	2,618741	6
55	0,340653	0,940189	0,362324	2,759961	5	55	0,357010	0,934101	0,382196	2,616457	5
56	0,340927	0,940090	0,362658	2,757456	4	56	0,357281	0,933997	0,382530	2,614177	4
57	0,341200	0,939991	0,362982	2,754955	3	57	0,357553	0,933893	0,382863	2,611900	3
58	0,341473	0,939891	0,363312	2,752459	2	58	0,357825	0,933789	0,383197	2,609626	2
59	0,341747	0,939792	0,363641	2,749966	1	59	0,358096	0,933685	0,383530	2,607356	1
60	0,342020	0,939693	0,363970	2,747477	0	60	0,358368	0,933580	0,383864	2,605089	0

M	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M	M	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M
---	--------	--------	---------	-------	---	---	--------	--------	---------	-------	---

70 град.

69 град.

21 град.

M	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M
0	0,358368	0,933580	0,383864	2,605089	60
1	0,358640	0,933476	0,384198	2,602826	59
2	0,358911	0,933372	0,384532	2,600566	58
3	0,359183	0,933267	0,384866	2,598310	57
4	0,359454	0,933163	0,385200	2,596056	56
5	0,359725	0,933058	0,385534	2,593807	55
6	0,359997	0,932954	0,385868	2,591561	54
7	0,360268	0,932849	0,386202	2,589318	53
8	0,360540	0,932744	0,386536	2,587078	52
9	0,360811	0,932639	0,386871	2,584842	51
10	0,361082	0,932534	0,387205	2,582609	50
11	0,361353	0,932429	0,387540	2,580380	49
12	0,361625	0,932324	0,387874	2,578154	48
13	0,361896	0,932219	0,388209	2,575931	47
14	0,362167	0,932113	0,388544	2,573712	46
15	0,362438	0,932008	0,388879	2,571496	45
16	0,362709	0,931902	0,389214	2,569283	44
17	0,362980	0,931797	0,389549	2,567074	43
18	0,363251	0,931691	0,389884	2,564867	42
19	0,363522	0,931586	0,390219	2,562665	41
20	0,363793	0,931480	0,390554	2,560465	40
21	0,364064	0,931374	0,390889	2,558269	39
22	0,364335	0,931268	0,391225	2,556076	38
23	0,364606	0,931162	0,391560	2,553886	37
24	0,364877	0,931056	0,391896	2,551699	36
25	0,365148	0,930950	0,392231	2,549516	35
26	0,365418	0,930843	0,392567	2,547336	34
27	0,365689	0,930737	0,392903	2,545159	33
28	0,365960	0,930631	0,393239	2,542986	32
29	0,366231	0,930524	0,393575	2,540815	31
30	0,366501	0,930418	0,393911	2,538648	30
31	0,366772	0,930311	0,394247	2,536484	29
32	0,367043	0,930204	0,394583	2,534323	28
33	0,367313	0,930097	0,394919	2,532166	27
34	0,367584	0,929991	0,395255	2,530011	26
35	0,367854	0,929884	0,395592	2,527860	25
36	0,368125	0,929777	0,395928	2,525712	24
37	0,368395	0,929669	0,396265	2,523567	23
38	0,368665	0,929562	0,396601	2,521425	22
39	0,368936	0,929455	0,396938	2,519286	21
40	0,369206	0,929348	0,397275	2,517151	20
41	0,369477	0,929240	0,397611	2,515018	19
42	0,369747	0,929133	0,397948	2,512889	18
43	0,370017	0,929025	0,398285	2,510763	17
44	0,370287	0,928917	0,398622	2,508640	16
45	0,370557	0,928810	0,398960	2,506520	15
46	0,370828	0,928702	0,399297	2,504403	14
47	0,371098	0,928594	0,399634	2,502289	13
48	0,371368	0,928486	0,399972	2,500178	12
49	0,371638	0,928378	0,400309	2,498071	11
50	0,371908	0,928270	0,400647	2,495966	10
51	0,372178	0,928161	0,400984	2,493865	9
52	0,372448	0,928053	0,401322	2,491766	8
53	0,372718	0,927945	0,401660	2,439671	7
54	0,372988	0,927836	0,401998	2,487578	6
55	0,373258	0,927728	0,402335	2,485489	5
56	0,373528	0,927619	0,402673	2,483402	4
57	0,373797	0,927510	0,403012	2,481319	3
58	0,374067	0,927402	0,403350	2,479239	2
59	0,374337	0,927293	0,403688	2,477161	1
60	0,374607	0,927184	0,404026	2,475087	0

22 град.

M	Sinus.	Costn.	Tang.	Cotang.	M
0	0,374607	0,927184	0,404026	2,475087	60
1	0,374876	0,927075	0,404365	2,473016	59
2	0,375146	0,926966	0,404703	2,470947	58
3	0,375416	0,926857	0,405042	2,468882	57
4	0,375685	0,926747	0,405380	2,466819	56
5	0,375955	0,926638	0,405719	2,464760	55
6	0,376224	0,926529	0,406058	2,462703	54
7	0,376494	0,926419	0,406397	2,460649	53
8	0,376763	0,926310	0,406736	2,458599	52
9	0,377033	0,926200	0,407075	2,456551	51
10	0,377302	0,926090	0,407414	2,454506	50
11	0,377571	0,925981	0,407753	2,452464	49
12	0,377841	0,925871	0,408092	2,450425	48
13	0,378110	0,925761	0,408432	2,448389	47
14	0,378379	0,925651	0,408771	2,446356	46
15	0,378649	0,925541	0,409111	2,444326	45
16	0,378918	0,925430	0,409450	2,442298	44
17	0,379187	0,925320	0,409790	2,440274	43
18	0,379456	0,925210	0,410130	2,438252	42
19	0,379725	0,925099	0,410470	2,436233	41
20	0,379994	0,924989	0,410810	2,434217	40
21	0,380263	0,924878	0,411150	2,432204	39
22	0,380532	0,924768	0,411490	2,430194	38
23	0,380801	0,924657	0,411830	2,428186	37
24	0,381070	0,924546	0,412170	2,426182	36
25	0,381339	0,924435	0,412511	2,424180	35
26	0,381608	0,924324	0,412851	2,422181	34
27	0,381877	0,924213	0,413192	2,420185	33
28	0,382146	0,924102	0,413532	2,418192	32
29	0,382415	0,923991	0,413873	2,416201	31
30	0,382683	0,923880	0,414214	2,414214	30
31	0,382952	0,923768	0,414554	2,412229	29
32	0,383221	0,923657	0,414895	2,410247	28
33	0,383490	0,923545	0,415236	2,408267	27
34	0,383758	0,923434	0,415577	2,406291	26
35	0,384027	0,923322	0,415919	2,404317	25
36	0,384295	0,923210	0,416260	2,402346	24
37	0,384564	0,923098	0,416601	2,400377	23
38	0,384832	0,922987	0,416943	2,398412	22
39	0,385101	0,922875	0,417284	2,396449	21
40	0,385369	0,922762	0,417626	2,394489	20
41	0,385638	0,922650	0,417967	2,392532	19
42	0,385906	0,922538	0,418309	2,390577	18
43	0,386174	0,922426	0,418651	2,388625	17
44	0,386443	0,922313	0,418993	2,386676	16
45	0,386711	0,922201	0,419335	2,384729	15
46	0,386979	0,922088	0,419677	2,382786	14
47	0,387247	0,921976	0,420019	2,380844	13
48	0,387516	0,921863	0,420361	2,378906	12
49	0,387784	0,921750	0,420704	2,376970	11
50	0,388052	0,921638	0,421046	2,375037	10
51	0,388320	0,921525	0,421389	2,373107	9
52	0,388588	0,921412	0,421731	2,371179	8
53	0,388856	0,921299	0,422074	2,369254	7
54	0,389124	0,921185	0,422417	2,367332	6
55	0,389392	0,921072	0,422759	2,365412	5
56	0,389660	0,920959	0,423102	2,363495	4
57	0,389928	0,920846	0,423445	2,361580	3
58	0,390196	0,920732	0,423788	2,359668	2
59	0,390463	0,920619	0,424132	2,357759	1
60	0,390731	0,920505	0,424475	2,355852	0

M	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M
---	--------	--------	---------	-------	---

68 град.

M	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M
---	--------	--------	---------	-------	---

67 град.

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,390731	0,920505	0,424475	2,355852	60	0	0,406737	0,913545	0,445229	2,246037	60
1	0,390999	0,920391	0,424818	2,353948	59	1	0,407002	0,913427	0,445577	2,244280	59
2	0,391267	0,920277	0,425162	2,352047	58	2	0,407268	0,913309	0,445926	2,242525	58
3	0,391534	0,920164	0,425505	2,350148	57	3	0,407534	0,913190	0,446275	2,240772	57
4	0,391802	0,920050	0,425849	2,348252	56	4	0,407799	0,913072	0,446624	2,239022	56
5	0,392070	0,919936	0,426192	2,346358	55	5	0,408065	0,912953	0,446973	2,237274	55
6	0,392337	0,919822	0,426536	2,344467	54	6	0,408331	0,912834	0,447322	2,235528	54
7	0,392605	0,919707	0,426880	2,342579	53	7	0,408596	0,912715	0,447671	2,233785	53
8	0,392872	0,919593	0,427224	2,340693	52	8	0,408862	0,912597	0,448020	2,232043	52
9	0,393140	0,919479	0,427568	2,338810	51	9	0,409127	0,912478	0,448369	2,230304	51
10	0,393407	0,919264	0,427912	2,336929	50	10	0,409392	0,912358	0,448719	2,228568	50
11	0,393675	0,919250	0,428256	2,335051	49	11	0,409658	0,912239	0,449068	2,226833	49
12	0,393942	0,919135	0,428601	2,333175	48	12	0,409923	0,912120	0,449418	2,225101	48
13	0,394209	0,919021	0,428945	2,331302	47	13	0,410188	0,912001	0,449768	2,223371	47
14	0,394477	0,918906	0,429289	2,329431	46	14	0,410454	0,911881	0,450117	2,221643	46
15	0,394744	0,918791	0,429634	2,327563	45	15	0,410719	0,911762	0,450467	2,219918	45
16	0,395011	0,918676	0,429979	2,325698	44	16	0,410984	0,911643	0,450817	2,218194	44
17	0,395278	0,918561	0,430323	2,323835	43	17	0,411249	0,911523	0,451167	2,216473	43
18	0,395546	0,918445	0,430668	2,321974	42	18	0,411514	0,911403	0,451517	2,214755	42
19	0,395813	0,918331	0,431013	2,320116	41	19	0,411780	0,911284	0,451868	2,213038	41
20	0,396080	0,918216	0,431358	2,318261	40	20	0,412045	0,911164	0,452218	2,211323	40
21	0,396347	0,918101	0,431703	2,316408	39	21	0,412310	0,911044	0,452568	2,209611	39
22	0,396614	0,917986	0,432048	2,314557	38	22	0,412575	0,910924	0,452919	2,207901	38
23	0,396881	0,917870	0,432393	2,312709	37	23	0,412840	0,910804	0,453269	2,206193	37
24	0,397148	0,917755	0,432739	2,310864	36	24	0,413104	0,910684	0,453620	2,204488	36
25	0,397415	0,917639	0,433084	2,309021	35	25	0,413369	0,910564	0,453971	2,202784	35
26	0,397682	0,917523	0,433430	2,307180	34	26	0,413634	0,910443	0,454322	2,201083	34
27	0,397949	0,917408	0,433775	2,305342	33	27	0,413899	0,910323	0,454673	2,199384	33
28	0,398216	0,917292	0,434121	2,303506	32	28	0,414164	0,910202	0,455024	2,197687	32
29	0,398482	0,917176	0,434467	2,301673	31	29	0,414429	0,910082	0,455375	2,195992	31
30	0,398749	0,917060	0,434812	2,299843	30	30	0,414693	0,909961	0,455726	2,194300	30
31	0,399016	0,916944	0,435158	2,298014	29	31	0,414958	0,909841	0,456078	2,192609	29
32	0,399283	0,916828	0,435504	2,296189	28	32	0,415223	0,909720	0,456429	2,190921	28
33	0,399549	0,916712	0,435850	2,294365	27	33	0,415487	0,909599	0,456781	2,189235	27
34	0,399816	0,916596	0,436197	2,292544	26	34	0,415752	0,909478	0,457132	2,187551	26
35	0,400083	0,916479	0,436543	2,290726	25	35	0,416016	0,909357	0,457484	2,185869	25
36	0,400349	0,916363	0,436889	2,288910	24	36	0,416281	0,909236	0,457836	2,184189	24
37	0,400616	0,916246	0,437236	2,287096	23	37	0,416545	0,909115	0,458188	2,182512	23
38	0,400882	0,916130	0,437582	2,285285	22	38	0,416810	0,908994	0,458540	2,180836	22
39	0,401149	0,916013	0,437929	2,283476	21	39	0,417074	0,908873	0,458892	2,179163	21
40	0,401415	0,915896	0,438276	2,281669	20	40	0,417339	0,908751	0,459244	2,177492	20
41	0,401681	0,915780	0,438622	2,279865	19	41	0,417603	0,908630	0,459596	2,175823	19
42	0,401948	0,915663	0,438969	2,278064	18	42	0,417867	0,908508	0,459949	2,174156	18
43	0,402214	0,915546	0,439316	2,276264	17	43	0,418131	0,908387	0,460301	2,172491	17
44	0,402480	0,915429	0,439663	2,274467	16	44	0,418396	0,908265	0,460654	2,170828	16
45	0,402747	0,915312	0,440011	2,272673	15	45	0,418660	0,908143	0,461006	2,169168	15
46	0,403013	0,915194	0,440358	2,270881	14	46	0,418924	0,908021	0,461359	2,167509	14
47	0,403279	0,915077	0,440705	2,269091	13	47	0,419188	0,907900	0,461712	2,165853	13
48	0,403545	0,914960	0,441053	2,267304	12	48	0,419452	0,907778	0,462065	2,164198	12
49	0,403811	0,914842	0,441400	2,265518	11	49	0,419716	0,907655	0,462418	2,162546	11
50	0,404078	0,914725	0,441748	2,263736	10	50	0,419980	0,907533	0,462771	2,160896	10
51	0,404344	0,914607	0,442095	2,261955	9	51	0,420244	0,907411	0,463124	2,159248	9
52	0,404610	0,914490	0,442443	2,260177	8	52	0,420508	0,907290	0,463478	2,157602	8
53	0,404876	0,914372	0,442791	2,258402	7	53	0,420772	0,907166	0,463831	2,155958	7
54	0,405142	0,914254	0,443139	2,256628	6	54	0,421036	0,907044	0,464185	2,154316	6
55	0,405408	0,914136	0,443487	2,254857	5	55	0,421300	0,906922	0,464538	2,152676	5
56	0,405673	0,914018	0,443835	2,253089	4	56	0,421563	0,906799	0,464892	2,151038	4
57	0,405939	0,913900	0,444184	2,251322	3	57	0,421827	0,906676	0,465246	2,149402	3
58	0,406205	0,913782	0,444532	2,249558	2	58	0,422091	0,906554	0,465600	2,147768	2
59	0,406471	0,913664	0,444880	2,247796	1	59	0,422355	0,906431	0,465954	2,146137	1
60	0,406737	0,913545	0,445229	2,246037	0	60	0,422618	0,906308	0,466308	2,144507	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
						66 град.					
						65 град.					

25 град.

26 град.

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,422618	0,906308	0,466308	2,144507	60	0	0,438371	0,898794	0,487733	2,050304	60
1	0,422882	0,906185	0,466662	2,142879	59	1	0,438633	0,898667	0,488093	2,048791	59
2	0,423146	0,906062	0,467016	2,141254	58	2	0,438894	0,898539	0,488453	2,047280	58
3	0,423409	0,905939	0,467371	2,139630	57	3	0,439155	0,898411	0,488813	2,045771	57
4	0,423673	0,905815	0,467725	2,138009	56	4	0,439417	0,898283	0,489174	2,044263	56
5	0,423936	0,905692	0,468080	2,136389	55	5	0,439678	0,898156	0,489534	2,042758	55
6	0,424199	0,905569	0,468434	2,134771	54	6	0,439939	0,898028	0,489895	2,041254	54
7	0,424463	0,905445	0,468789	2,133156	53	7	0,440200	0,897900	0,490256	2,039752	53
8	0,424726	0,905322	0,469144	2,131542	52	8	0,440462	0,897772	0,490617	2,038252	52
9	0,424990	0,905198	0,469499	2,129931	51	9	0,440723	0,897643	0,490978	2,036753	51
10	0,425253	0,905075	0,469854	2,128321	50	10	0,440984	0,897515	0,491339	2,035257	50
11	0,425516	0,904951	0,470209	2,126714	49	11	0,441245	0,897387	0,491700	2,033762	49
12	0,425779	0,904827	0,470564	2,125108	48	12	0,441506	0,897258	0,492061	2,032268	48
13	0,426043	0,904703	0,470920	2,123505	47	13	0,441767	0,897130	0,492422	2,030777	47
14	0,426306	0,904579	0,471275	2,121903	46	14	0,442028	0,897001	0,492784	2,029287	46
15	0,426569	0,904455	0,471631	2,120303	45	15	0,442289	0,896873	0,493145	2,027799	45
16	0,426832	0,904331	0,471986	2,118706	44	16	0,442550	0,896744	0,493507	2,026313	44
17	0,427095	0,904207	0,472342	2,117110	43	17	0,442810	0,896615	0,493869	2,024829	43
18	0,427358	0,904083	0,472698	2,115516	42	18	0,443071	0,896486	0,494231	2,023346	42
19	0,427621	0,903958	0,473054	2,113925	41	19	0,443332	0,896358	0,494593	2,021865	41
20	0,427884	0,903834	0,473410	2,112335	40	20	0,443593	0,896229	0,494955	2,020386	40
21	0,428147	0,903709	0,473766	2,110747	39	21	0,443853	0,896099	0,495317	2,018909	39
22	0,428410	0,903585	0,474122	2,109161	38	22	0,444114	0,895970	0,495679	2,017433	38
23	0,428672	0,903460	0,474479	2,107577	37	23	0,444375	0,895841	0,496042	2,015959	37
24	0,428935	0,903335	0,474835	2,105995	36	24	0,444635	0,895712	0,496404	2,014487	36
25	0,429198	0,903211	0,475191	2,104415	35	25	0,444896	0,895582	0,496767	2,013016	35
26	0,429461	0,903086	0,475548	2,102837	34	26	0,445156	0,895453	0,497130	2,011548	34
27	0,429723	0,902961	0,475905	2,101261	33	27	0,445417	0,895323	0,497493	2,010081	33
28	0,429986	0,902836	0,476262	2,099686	32	28	0,445677	0,895194	0,497855	2,008615	32
29	0,430249	0,902711	0,476619	2,098114	31	29	0,445938	0,895064	0,498219	2,007152	31
30	0,430511	0,902585	0,476976	2,096544	30	30	0,446198	0,894934	0,498582	2,005690	30
31	0,430774	0,902460	0,477333	2,094975	29	31	0,446458	0,894805	0,498945	2,004230	29
32	0,431036	0,902335	0,477690	2,093408	28	32	0,446718	0,894675	0,499308	2,002771	28
33	0,431299	0,902209	0,478047	2,091844	27	33	0,446979	0,894545	0,499672	2,001314	27
34	0,431561	0,902084	0,478405	2,090281	26	34	0,447239	0,894415	0,500035	1,999859	26
35	0,431823	0,901958	0,478762	2,088720	25	35	0,447499	0,894284	0,500399	1,998406	25
36	0,432086	0,901833	0,479120	2,087161	24	36	0,447759	0,894154	0,500763	1,996954	24
37	0,432348	0,901707	0,479477	2,085604	23	37	0,448019	0,894024	0,501127	1,995504	23
38	0,432610	0,901581	0,479835	2,084049	22	38	0,448279	0,893894	0,501491	1,994055	22
39	0,432873	0,901455	0,480193	2,082495	21	39	0,448539	0,893763	0,501855	1,992609	21
40	0,433135	0,901329	0,480551	2,080944	20	40	0,448799	0,893633	0,502219	1,991164	20
41	0,433397	0,901203	0,480909	2,079394	19	41	0,449059	0,893502	0,502583	1,989720	19
42	0,433659	0,901077	0,481268	2,077847	18	42	0,449319	0,893371	0,502948	1,988279	18
43	0,433921	0,900951	0,481626	2,076301	17	43	0,449579	0,893241	0,503312	1,986839	17
44	0,434183	0,900825	0,481984	2,074757	16	44	0,449839	0,893110	0,503677	1,985400	16
45	0,434445	0,900698	0,482343	2,073215	15	45	0,450098	0,892979	0,504042	1,983964	15
46	0,434707	0,900572	0,482701	2,071674	14	46	0,450358	0,892848	0,504406	1,982529	14
47	0,434969	0,900445	0,483060	2,070136	13	47	0,450618	0,892717	0,504771	1,981095	13
48	0,435231	0,900319	0,483419	2,068599	12	48	0,450878	0,892586	0,505136	1,979664	12
49	0,435493	0,900192	0,483778	2,067065	11	49	0,451137	0,892455	0,505502	1,978233	11
50	0,435755	0,900065	0,484137	2,065532	10	50	0,451397	0,892323	0,505867	1,976805	10
51	0,436017	0,899939	0,484496	2,064001	9	51	0,451656	0,892192	0,506232	1,975378	9
52	0,436278	0,899812	0,484855	2,062472	8	52	0,451916	0,892061	0,506598	1,973953	8
53	0,436540	0,899685	0,485215	2,060944	7	53	0,452175	0,891929	0,506963	1,972530	7
54	0,436802	0,899558	0,485574	2,059419	6	54	0,452435	0,891798	0,507329	1,971108	6
55	0,437063	0,899431	0,485933	2,057895	5	55	0,452694	0,891666	0,507695	1,969687	5
56	0,437325	0,899304	0,486293	2,056373	4	56	0,452954	0,891534	0,508061	1,968269	4
57	0,437587	0,899176	0,486653	2,054853	3	57	0,453213	0,891402	0,508427	1,966852	3
58	0,437848	0,899049	0,487013	2,053335	2	58	0,453472	0,891271	0,508793	1,965436	2
59	0,438110	0,898922	0,487373	2,051818	1	59	0,453731	0,891139	0,509159	1,964023	1
60	0,438371	0,898797	0,487733	2,050304	0	60	0,453991	0,891007	0,509525	1,962611	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----

64 град.

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----

63 град.

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,453991	0,891007	0,509525	1,962611	60	0	0,469472	0,882948	0,531709	1,880727	60
1	0,454250	0,890874	0,509892	1,961200	59	1	0,469728	0,882811	0,532083	1,879407	59
2	0,454509	0,890742	0,510259	1,959791	58	2	0,469985	0,882674	0,532456	1,878090	58
3	0,454768	0,890610	0,510625	1,958384	57	3	0,470242	0,882538	0,532829	1,876774	57
4	0,455027	0,890478	0,510992	1,956978	56	4	0,470499	0,882401	0,533203	1,875459	56
5	0,455286	0,890345	0,511359	1,955574	55	5	0,470755	0,882264	0,533577	1,874146	55
6	0,455545	0,890213	0,511726	1,954171	54	6	0,471012	0,882127	0,533950	1,872834	54
7	0,455804	0,890080	0,512093	1,952770	53	7	0,471269	0,881990	0,534324	1,871523	53
8	0,456063	0,889948	0,512460	1,951371	52	8	0,471525	0,881853	0,534698	1,870214	52
9	0,456322	0,889815	0,512828	1,949973	51	9	0,471782	0,881716	0,535072	1,868906	51
10	0,456580	0,889682	0,513195	1,948577	50	10	0,472038	0,881578	0,535447	1,867600	50
11	0,456839	0,889549	0,513563	1,947183	49	11	0,472294	0,881441	0,535821	1,866296	49
12	0,457098	0,889416	0,513930	1,945790	48	12	0,472551	0,881304	0,536195	1,864992	48
13	0,457357	0,889283	0,514298	1,944398	47	13	0,472807	0,881166	0,536570	1,863690	47
14	0,457615	0,889150	0,514666	1,943008	46	14	0,473063	0,881028	0,536945	1,862390	46
15	0,457874	0,889017	0,515034	1,941620	45	15	0,473320	0,880891	0,537319	1,861091	45
16	0,458133	0,888884	0,515402	1,940233	44	16	0,473576	0,880753	0,537694	1,859793	44
17	0,458391	0,888751	0,515770	1,938848	43	17	0,473832	0,880615	0,538069	1,858497	43
18	0,458650	0,888617	0,516139	1,937465	42	18	0,474088	0,880477	0,538445	1,857202	42
19	0,458908	0,888484	0,516507	1,936083	41	19	0,474344	0,880339	0,538820	1,855908	41
20	0,459167	0,888350	0,516876	1,934702	40	20	0,474600	0,880201	0,539195	1,854616	40
21	0,459425	0,888217	0,517244	1,933323	39	21	0,474856	0,880063	0,539571	1,853325	39
22	0,459683	0,888083	0,517613	1,931946	38	22	0,475112	0,879925	0,539946	1,852036	38
23	0,459942	0,887949	0,517982	1,930570	37	23	0,475368	0,879787	0,540322	1,850748	37
24	0,460200	0,887815	0,518351	1,929196	36	24	0,475624	0,879649	0,540698	1,849461	36
25	0,460458	0,887682	0,518720	1,927823	35	25	0,475880	0,879510	0,541074	1,848176	35
26	0,460716	0,887548	0,519089	1,926452	34	26	0,476136	0,879372	0,541450	1,846892	34
27	0,460974	0,887413	0,519458	1,925082	33	27	0,476392	0,879233	0,541826	1,845610	33
28	0,461233	0,887279	0,519828	1,923714	32	28	0,476647	0,879095	0,542203	1,844329	32
29	0,461491	0,887145	0,520197	1,922347	31	29	0,476903	0,878956	0,542579	1,843049	31
30	0,461749	0,887011	0,520567	1,920982	30	30	0,477159	0,878817	0,542956	1,841771	30
31	0,462007	0,886876	0,520937	1,919619	29	31	0,477414	0,878678	0,543332	1,840494	29
32	0,462265	0,886742	0,521307	1,918257	28	32	0,477670	0,878539	0,543709	1,839218	28
33	0,462523	0,886608	0,521677	1,916896	27	33	0,477926	0,878400	0,544086	1,837944	27
34	0,462780	0,886473	0,522047	1,915537	26	34	0,478181	0,878261	0,544463	1,836671	26
35	0,463038	0,886338	0,522417	1,914180	25	35	0,478436	0,878122	0,544840	1,835400	25
36	0,463296	0,886204	0,522787	1,912824	24	36	0,478692	0,877983	0,545218	1,834130	24
37	0,463554	0,886069	0,523158	1,911469	23	37	0,478947	0,877844	0,545595	1,832861	23
38	0,463812	0,885934	0,523528	1,910116	22	38	0,479203	0,877704	0,545973	1,831594	22
39	0,464069	0,885799	0,523899	1,908765	21	39	0,479458	0,877565	0,546350	1,830328	21
40	0,464327	0,885664	0,524270	1,907415	20	40	0,479713	0,877425	0,546728	1,829063	20
41	0,464585	0,885529	0,524641	1,906066	19	41	0,479968	0,877286	0,547106	1,827799	19
42	0,464842	0,885394	0,525012	1,904719	18	42	0,480224	0,877146	0,547484	1,826537	18
43	0,465100	0,885258	0,525383	1,903374	17	43	0,480479	0,877006	0,547862	1,825277	17
44	0,465357	0,885123	0,525754	1,902030	16	44	0,480734	0,876867	0,548240	1,824017	16
45	0,465615	0,884988	0,526125	1,900687	15	45	0,480989	0,876727	0,548619	1,822759	15
46	0,465872	0,884852	0,526497	1,899346	14	46	0,481244	0,876587	0,548997	1,821503	14
47	0,466129	0,884717	0,526869	1,898007	13	47	0,481499	0,876447	0,549376	1,820247	13
48	0,466387	0,884581	0,527240	1,896669	12	48	0,481754	0,876307	0,549755	1,818993	12
49	0,466644	0,884445	0,527612	1,895332	11	49	0,482009	0,876167	0,550134	1,817741	11
50	0,466901	0,884310	0,527984	1,893997	10	50	0,482263	0,876026	0,550513	1,816489	10
51	0,467158	0,884174	0,528356	1,892663	9	51	0,482518	0,875886	0,550892	1,815239	9
52	0,467416	0,884038	0,528728	1,891331	8	52	0,482773	0,875746	0,551271	1,813990	8
53	0,467673	0,883902	0,529100	1,890001	7	53	0,483028	0,875605	0,551650	1,812743	7
54	0,467930	0,883766	0,529473	1,888671	6	54	0,483282	0,875465	0,552030	1,811497	6
55	0,468187	0,883629	0,529845	1,887344	5	55	0,483537	0,875324	0,552409	1,810252	5
56	0,468444	0,883493	0,530218	1,886017	4	56	0,483792	0,875183	0,552789	1,809009	4
57	0,468701	0,883357	0,530591	1,884692	3	57	0,484046	0,875042	0,553169	1,807766	3
58	0,468958	0,883221	0,530963	1,883369	2	58	0,484301	0,874902	0,553549	1,806526	2
59	0,469215	0,883084	0,531336	1,882047	1	59	0,484555	0,874761	0,553929	1,805286	1
60	0,469472	0,882948	0,531709	1,880727	0	60	0,484810	0,874620	0,554309	1,804048	0

M. Cosin. Sinus. Cotang. Tang. M.

M. Cosin. Sinus. Cotang. Tang. M.

29 град.

30 град.

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,484810	0,874620	0,554309	1,804048	60	0	0,500000	0,866025	0,577350	1,732051	60
1	0,485064	0,874479	0,554689	1,802811	59	1	0,500252	0,865880	0,577738	1,730888	59
2	0,485318	0,874338	0,555070	1,801575	58	2	0,500504	0,865734	0,578126	1,729726	58
3	0,485573	0,874196	0,555450	1,800341	57	3	0,500756	0,865589	0,578514	1,728565	57
4	0,485827	0,874055	0,555831	1,799108	56	4	0,501007	0,865443	0,578903	1,727406	56
5	0,486081	0,873914	0,556212	1,797876	55	5	0,501259	0,865297	0,579291	1,726248	55
6	0,486335	0,873772	0,556593	1,796645	54	6	0,501511	0,865151	0,579680	1,725091	54
7	0,486590	0,873631	0,556974	1,795416	53	7	0,501762	0,865006	0,580068	1,723935	53
8	0,486844	0,873489	0,557355	1,794188	52	8	0,502014	0,864860	0,580457	1,722780	52
9	0,487098	0,873348	0,557736	1,792962	51	9	0,502266	0,864713	0,580846	1,721626	51
10	0,487352	0,873206	0,558118	1,791736	50	10	0,502517	0,864567	0,581235	1,720474	50
11	0,487606	0,873064	0,558499	1,790512	49	11	0,502769	0,864421	0,581625	1,719322	49
12	0,487860	0,872922	0,558881	1,789289	48	12	0,503020	0,864275	0,582014	1,718172	48
13	0,488114	0,872780	0,559263	1,788068	47	13	0,503271	0,864128	0,582403	1,717023	47
14	0,488367	0,872638	0,559645	1,786848	46	14	0,503523	0,863982	0,582793	1,715875	46
15	0,488621	0,872496	0,560027	1,785629	45	15	0,503774	0,863836	0,583183	1,714728	45
16	0,488875	0,872354	0,560409	1,784411	44	16	0,504025	0,863689	0,583573	1,713583	44
17	0,489129	0,872212	0,560791	1,783194	43	17	0,504277	0,863542	0,583963	1,712438	43
18	0,489383	0,872069	0,561174	1,781979	42	18	0,504528	0,863396	0,584353	1,711295	42
19	0,489636	0,871927	0,561556	1,780765	41	19	0,504779	0,863249	0,584743	1,710150	41
20	0,489890	0,871784	0,561939	1,779552	40	20	0,505030	0,863102	0,585134	1,709012	40
21	0,490143	0,871642	0,562322	1,778341	39	21	0,505281	0,862955	0,585524	1,707872	39
22	0,490397	0,871499	0,562705	1,777131	38	22	0,505532	0,862808	0,585915	1,706733	38
23	0,490650	0,871357	0,563088	1,775922	37	23	0,505783	0,862661	0,586306	1,705595	37
24	0,490904	0,871214	0,563471	1,774714	36	24	0,506034	0,862514	0,586697	1,704459	36
25	0,491157	0,871071	0,563854	1,773508	35	25	0,506285	0,862366	0,587088	1,703323	35
26	0,491411	0,870928	0,564238	1,772302	34	26	0,506536	0,862219	0,587479	1,702189	34
27	0,491664	0,870785	0,564621	1,771099	33	27	0,506786	0,862072	0,587870	1,701056	33
28	0,491917	0,870642	0,565005	1,769896	32	28	0,507037	0,861924	0,588262	1,699924	32
29	0,492170	0,870499	0,565389	1,768694	31	29	0,507288	0,861777	0,588653	1,698793	31
30	0,492424	0,870356	0,565773	1,767494	30	30	0,507538	0,861629	0,589045	1,697663	30
31	0,492677	0,870212	0,566157	1,766295	29	31	0,507789	0,861482	0,589437	1,696534	29
32	0,492930	0,870069	0,566541	1,765097	28	32	0,508040	0,861334	0,589829	1,695407	28
33	0,493183	0,869926	0,566925	1,763901	27	33	0,508290	0,861186	0,590221	1,694280	27
34	0,493436	0,869782	0,567310	1,762705	26	34	0,508541	0,861038	0,590613	1,693155	26
35	0,493689	0,869639	0,567694	1,761511	25	35	0,508791	0,860890	0,591006	1,692031	25
36	0,493942	0,869495	0,568079	1,760318	24	36	0,509041	0,860742	0,591398	1,690908	24
37	0,494195	0,869351	0,568464	1,759127	23	37	0,509292	0,860594	0,591791	1,689786	23
38	0,494448	0,869207	0,568849	1,757936	22	38	0,509542	0,860446	0,592184	1,688665	22
39	0,494701	0,869064	0,569234	1,756747	21	39	0,509792	0,860297	0,592577	1,687545	21
40	0,494953	0,868920	0,569619	1,755559	20	40	0,510043	0,860149	0,592970	1,686426	20
41	0,495206	0,868776	0,570005	1,754372	19	41	0,510293	0,860001	0,593363	1,685309	19
42	0,495459	0,868632	0,570390	1,753187	18	42	0,510543	0,859852	0,593757	1,684192	18
43	0,495711	0,868487	0,570776	1,752002	17	43	0,510793	0,859704	0,594150	1,683077	17
44	0,495964	0,868343	0,571161	1,750819	16	44	0,511043	0,859555	0,594544	1,681962	16
45	0,496217	0,868199	0,571547	1,749637	15	45	0,511293	0,859406	0,594938	1,680849	15
46	0,496469	0,868054	0,571933	1,748456	14	46	0,511543	0,859258	0,595331	1,679737	14
47	0,496722	0,867910	0,572319	1,747277	13	47	0,511793	0,859109	0,595725	1,678626	13
48	0,496974	0,867766	0,572705	1,746098	12	48	0,512043	0,858960	0,596120	1,677516	12
49	0,497226	0,867621	0,573092	1,744921	11	49	0,512293	0,858811	0,596514	1,676407	11
50	0,497479	0,867476	0,573478	1,743745	10	50	0,512543	0,858662	0,596908	1,675299	10
51	0,497731	0,867331	0,573865	1,742571	9	51	0,512792	0,858513	0,597303	1,674192	9
52	0,497983	0,867187	0,574252	1,741397	8	52	0,513042	0,858364	0,597698	1,673086	8
53	0,498236	0,867042	0,574639	1,740225	7	53	0,513292	0,858214	0,598093	1,671982	7
54	0,498488	0,866897	0,575026	1,739053	6	54	0,513541	0,858065	0,598488	1,670878	6
55	0,498740	0,866752	0,575413	1,737883	5	55	0,513791	0,857916	0,598883	1,669776	5
56	0,498992	0,866607	0,575800	1,736714	4	56	0,514040	0,857766	0,599278	1,668674	4
57	0,499244	0,866461	0,576187	1,735547	3	57	0,514290	0,857616	0,599674	1,667574	3
58	0,499496	0,866316	0,576575	1,734380	2	58	0,514539	0,857467	0,600069	1,666475	2
59	0,499748	0,866171	0,576963	1,733215	1	59	0,514789	0,857317	0,600465	1,665377	1
60	0,500000	0,866025	0,577350	1,732051	0	60	0,515038	0,857167	0,600861	1,664280	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----	----	--------	--------	---------	-------	----

60 град.

59 град.



M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,515038	0,857167	0,600861	1,664280	60	0	0,529919	0,848048	0,624869	1,600335	60
1	0,515237	0,857017	0,601257	1,663183	59	1	0,530166	0,847894	0,625274	1,599299	59
2	0,515537	0,856868	0,601653	1,662088	58	2	0,530413	0,847740	0,625679	1,598265	58
3	0,515786	0,856718	0,602049	1,660995	57	3	0,530659	0,847585	0,626083	1,597231	57
4	0,516035	0,856567	0,602445	1,659902	56	4	0,530906	0,847431	0,626488	1,596199	56
5	0,516284	0,856417	0,602842	1,658810	55	5	0,531152	0,847276	0,626894	1,595167	55
6	0,516533	0,856267	0,603239	1,657719	54	6	0,531399	0,847122	0,627299	1,594137	54
7	0,516782	0,856117	0,603635	1,656629	53	7	0,531645	0,846967	0,627704	1,593107	53
8	0,517031	0,855966	0,604032	1,655541	52	8	0,531891	0,846813	0,628110	1,592078	52
9	0,517280	0,855816	0,604429	1,654453	51	9	0,532138	0,846658	0,628516	1,591051	51
10	0,517529	0,855666	0,604827	1,653366	50	10	0,532384	0,846503	0,628922	1,590024	50
11	0,517778	0,855515	0,605224	1,652281	49	11	0,532630	0,846348	0,629328	1,588998	49
12	0,518027	0,855364	0,605622	1,651196	48	12	0,532876	0,846193	0,629734	1,587973	48
13	0,518276	0,855214	0,606019	1,650113	47	13	0,533122	0,846038	0,630140	1,586949	47
14	0,518525	0,855063	0,606417	1,649030	46	14	0,533369	0,845883	0,630546	1,585926	46
15	0,518773	0,854912	0,606815	1,647949	45	15	0,533615	0,845728	0,630953	1,584904	45
16	0,519022	0,854761	0,607213	1,646869	44	16	0,533861	0,845573	0,631360	1,583883	44
17	0,519271	0,854610	0,607611	1,645789	43	17	0,534107	0,845417	0,631767	1,582863	43
18	0,519519	0,854459	0,608010	1,644711	42	18	0,534352	0,845262	0,632174	1,581844	42
19	0,519768	0,854308	0,608408	1,643634	41	19	0,534598	0,845106	0,632581	1,580825	41
20	0,520016	0,854156	0,608807	1,642558	40	20	0,534844	0,844951	0,632988	1,579808	40
21	0,520265	0,854005	0,609205	1,641482	39	21	0,535090	0,844795	0,633396	1,578792	39
22	0,520513	0,853854	0,609604	1,640403	38	22	0,535336	0,844640	0,633804	1,577776	38
23	0,520761	0,853702	0,610003	1,639335	37	23	0,535581	0,844484	0,634211	1,576762	37
24	0,521010	0,853551	0,610403	1,638263	36	24	0,535827	0,844328	0,634619	1,575748	36
25	0,521258	0,853399	0,610802	1,637192	35	25	0,536072	0,844172	0,635027	1,574735	35
26	0,521506	0,853248	0,611201	1,636122	34	26	0,536318	0,844016	0,635436	1,573723	34
27	0,521754	0,853096	0,611601	1,635053	33	27	0,536563	0,843860	0,635844	1,572713	33
28	0,522002	0,852944	0,612001	1,633985	32	28	0,536809	0,843704	0,636253	1,571703	32
29	0,522251	0,852792	0,612401	1,632918	31	29	0,537054	0,843548	0,636661	1,570694	31
30	0,522499	0,852640	0,612801	1,631852	30	30	0,537300	0,843391	0,637070	1,569686	30
31	0,522747	0,852488	0,613201	1,630787	29	31	0,537545	0,843235	0,637479	1,568678	29
32	0,522995	0,852336	0,613601	1,629723	28	32	0,537790	0,843079	0,637889	1,567672	28
33	0,523242	0,852184	0,614002	1,628660	27	33	0,538035	0,842922	0,638298	1,566667	27
34	0,523490	0,852032	0,614402	1,627598	26	34	0,538281	0,842766	0,638707	1,565663	26
35	0,523738	0,851879	0,614803	1,626537	25	35	0,538526	0,842609	0,639117	1,564659	25
36	0,523986	0,851727	0,615204	1,625477	24	36	0,538771	0,842452	0,639527	1,563656	24
37	0,524234	0,851574	0,615605	1,624418	23	37	0,539016	0,842296	0,639937	1,562655	23
38	0,524481	0,851422	0,616006	1,623360	22	38	0,539261	0,842139	0,640347	1,561654	22
39	0,524729	0,851269	0,616408	1,622303	21	39	0,539506	0,841982	0,640757	1,560654	21
40	0,524977	0,851117	0,616809	1,621247	20	40	0,539751	0,841825	0,641167	1,559655	20
41	0,525224	0,850964	0,617211	1,620192	19	41	0,539996	0,841668	0,641578	1,558657	19
42	0,525472	0,850811	0,617613	1,619138	18	42	0,540240	0,841511	0,641989	1,557660	18
43	0,525719	0,850658	0,618015	1,618085	17	43	0,540485	0,841354	0,642400	1,556664	17
44	0,525967	0,850505	0,618417	1,617033	16	44	0,540730	0,841196	0,642811	1,555669	16
45	0,526214	0,850352	0,618819	1,615982	15	45	0,540975	0,841039	0,643222	1,554674	15
46	0,526461	0,850199	0,619221	1,614932	14	46	0,541219	0,840882	0,643633	1,553681	14
47	0,526709	0,850046	0,619624	1,613883	13	47	0,541464	0,840724	0,644044	1,552688	13
48	0,526956	0,849893	0,620026	1,612835	12	48	0,541708	0,840567	0,644456	1,551696	12
49	0,527203	0,849739	0,620429	1,611788	11	49	0,541953	0,840409	0,644868	1,550705	11
50	0,527450	0,849586	0,620832	1,610742	10	50	0,542197	0,840251	0,645280	1,549716	10
51	0,527697	0,849433	0,621235	1,609697	9	51	0,542442	0,840094	0,645692	1,548726	9
52	0,527944	0,849279	0,621638	1,608653	8	52	0,542686	0,839936	0,646104	1,547738	8
53	0,528191	0,849125	0,622042	1,607609	7	53	0,542930	0,839778	0,646517	1,546751	7
54	0,528438	0,848972	0,622445	1,606567	6	54	0,543174	0,839620	0,646929	1,545765	6
55	0,528685	0,848818	0,622849	1,605526	5	55	0,543419	0,839462	0,647342	1,544779	5
56	0,528932	0,848664	0,623253	1,604486	4	56	0,543663	0,839304	0,647755	1,543795	4
57	0,529179	0,848510	0,623657	1,603447	3	57	0,543907	0,839146	0,648168	1,542811	3
58	0,529426	0,848356	0,624061	1,602408	2	58	0,544151	0,838987	0,648581	1,541828	2
59	0,529673	0,848202	0,624465	1,601371	1	59	0,544395	0,838829	0,648994	1,540846	1
60	0,529919	0,848048	0,624869	1,600335	0	60	0,544639	0,838671	0,649408	1,539865	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----	----	--------	--------	---------	-------	----

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,544639	0,838671	0,649408	1,539865	60
1	0,544883	0,838512	0,649821	1,538885	59
2	0,545127	0,838354	0,650235	1,537906	58
3	0,545371	0,838195	0,650649	1,536927	57
4	0,545615	0,838035	0,651063	1,535949	56
5	0,545858	0,837878	0,651477	1,534973	55
6	0,546102	0,837719	0,651892	1,533997	54
7	0,546346	0,837560	0,652306	1,533022	53
8	0,546589	0,837401	0,652721	1,532048	52
9	0,546833	0,837242	0,653136	1,531075	51
10	0,547076	0,837083	0,653551	1,530102	50
11	0,547320	0,836924	0,653966	1,529131	49
12	0,547563	0,836764	0,654382	1,528160	48
13	0,547807	0,836605	0,654797	1,527190	47
14	0,548050	0,836446	0,655213	1,526222	46
15	0,548293	0,836286	0,655629	1,525254	45
16	0,548537	0,836127	0,656045	1,524286	44
17	0,548780	0,835967	0,656461	1,523320	43
18	0,549023	0,835807	0,656877	1,522355	42
19	0,549266	0,835648	0,657294	1,521390	41
20	0,549509	0,835488	0,657710	1,520426	40
21	0,549752	0,835328	0,658127	1,519463	39
22	0,549995	0,835168	0,658544	1,518501	38
23	0,550238	0,835008	0,658961	1,517540	37
24	0,550481	0,834848	0,659379	1,516580	36
25	0,550724	0,834688	0,659796	1,515620	35
26	0,550966	0,834528	0,660214	1,514661	34
27	0,551209	0,834367	0,660631	1,513704	33
28	0,551452	0,834207	0,661049	1,512747	32
29	0,551694	0,834046	0,661467	1,511791	31
30	0,551937	0,833886	0,661886	1,510835	30
31	0,552180	0,833725	0,662304	1,509881	29
32	0,552422	0,833565	0,662723	1,508927	28
33	0,552665	0,833404	0,663141	1,507974	27
34	0,552907	0,833243	0,663560	1,507022	26
35	0,553149	0,833082	0,663979	1,506071	25
36	0,553392	0,832921	0,664398	1,505121	24
37	0,553634	0,832760	0,664818	1,504172	23
38	0,553876	0,832599	0,665237	1,503223	22
39	0,554118	0,832438	0,665657	1,502275	21
40	0,554360	0,832277	0,666077	1,501328	20
41	0,554602	0,832116	0,666497	1,500382	19
42	0,554844	0,831954	0,666917	1,499437	18
43	0,555086	0,831793	0,667338	1,498492	17
44	0,555328	0,831631	0,667758	1,497549	16
45	0,555570	0,831470	0,668179	1,496606	15
46	0,555812	0,831308	0,668600	1,495664	14
47	0,556054	0,831146	0,669021	1,494723	13
48	0,556296	0,830984	0,669442	1,493782	12
49	0,556537	0,830823	0,669863	1,492843	11
50	0,556779	0,830661	0,670285	1,491904	10
51	0,557021	0,830499	0,670706	1,490966	9
52	0,557262	0,830337	0,671128	1,490029	8
53	0,557504	0,830175	0,671550	1,489093	7
54	0,557745	0,830012	0,671972	1,488157	6
55	0,557987	0,829850	0,672394	1,487222	5
56	0,558228	0,829688	0,672817	1,486288	4
57	0,558469	0,829525	0,673240	1,485355	3
58	0,558711	0,829363	0,673662	1,484423	2
59	0,558952	0,829200	0,674085	1,483492	1
60	0,559193	0,829038	0,674509	1,482561	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,559193	0,829038	0,674509	1,482561	60
1	0,559434	0,828875	0,674932	1,481631	59
2	0,559675	0,828712	0,675355	1,480702	58
3	0,559916	0,828549	0,675779	1,479773	57
4	0,560157	0,828386	0,676203	1,478846	56
5	0,560398	0,828223	0,676627	1,477920	55
6	0,560639	0,828060	0,677051	1,476994	54
7	0,560880	0,827897	0,677475	1,476069	53
8	0,561121	0,827734	0,677900	1,475145	52
9	0,561361	0,827571	0,678324	1,474221	51
10	0,561602	0,827407	0,678749	1,473298	50
11	0,561843	0,827244	0,679174	1,472376	49
12	0,562083	0,827081	0,679599	1,471455	48
13	0,562324	0,826917	0,680025	1,470535	47
14	0,562565	0,826753	0,680450	1,469616	46
15	0,562805	0,826590	0,680876	1,468697	45
16	0,563045	0,826426	0,681302	1,467779	44
17	0,563286	0,826262	0,681723	1,466862	43
18	0,563526	0,826098	0,682154	1,465945	42
19	0,563766	0,825934	0,682580	1,465030	41
20	0,564007	0,825770	0,683007	1,464115	40
21	0,564247	0,825606	0,683433	1,463201	39
22	0,564487	0,825442	0,683860	1,462287	38
23	0,564727	0,825278	0,684287	1,461375	37
24	0,564967	0,825114	0,684714	1,460463	36
25	0,565207	0,824949	0,685142	1,459552	35
26	0,565447	0,824785	0,685569	1,458642	34
27	0,565687	0,824620	0,685997	1,457733	33
28	0,565927	0,824456	0,686425	1,456824	32
29	0,566167	0,824291	0,686853	1,455916	31
30	0,566406	0,824126	0,687281	1,455009	30
31	0,566646	0,823961	0,687709	1,454103	29
32	0,566886	0,823797	0,688138	1,453197	28
33	0,567125	0,823632	0,688567	1,452292	27
34	0,567365	0,823467	0,688996	1,451388	26
35	0,567604	0,823302	0,689425	1,450485	25
36	0,567844	0,823136	0,689854	1,449583	24
37	0,568083	0,822971	0,690283	1,448681	23
38	0,568323	0,822806	0,690713	1,447780	22
39	0,568562	0,822641	0,691143	1,446880	21
40	0,568801	0,822475	0,691572	1,445980	20
41	0,569040	0,822310	0,692003	1,445081	19
42	0,569280	0,822144	0,692433	1,444183	18
43	0,569519	0,821978	0,692863	1,443286	17
44	0,569758	0,821813	0,693294	1,442390	16
45	0,569997	0,821647	0,693725	1,441494	15
46	0,570236	0,821481	0,694156	1,440599	14
47	0,570475	0,821315	0,694587	1,439705	13
48	0,570714	0,821149	0,695018	1,438811	12
49	0,570952	0,820983	0,695450	1,437919	11
50	0,571191	0,820817	0,695881	1,437027	10
51	0,571430	0,820651	0,696313	1,436136	9
52	0,571669	0,820485	0,696745	1,435245	8
53	0,571907	0,820318	0,697177	1,434355	7
54	0,572146	0,820152	0,697610	1,433466	6
55	0,572384	0,819985	0,698042	1,432578	5
56	0,572623	0,819819	0,698475	1,431691	4
57	0,572861	0,819652	0,698908	1,430804	3
58	0,573100	0,819486	0,699341	1,429918	2
59	0,573338	0,819319	0,699774	1,429033	1
60	0,573576	0,819152	0,700208	1,428148	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,573576	0,819152	0,700208	1,428148	60	0	0,587785	6,809017	0,726543	1,376382	60
1	0,573815	0,818985	0,700641	1,427264	59	1	0,588021	0,808846	0,726987	1,375540	59
2	0,574053	0,818818	0,701075	1,426381	58	2	0,588256	0,808675	0,727432	1,374699	58
3	0,574291	0,818651	0,701509	1,425499	57	3	0,588491	0,808504	0,727877	1,373859	57
4	0,574529	0,818484	0,701943	1,424617	56	4	0,588726	0,808333	0,728322	1,373020	56
5	0,574767	0,818317	0,702377	1,423736	55	5	0,588961	0,808161	0,728767	1,372181	55
6	0,575005	0,818150	0,702812	1,422856	54	6	0,589196	6,807990	0,729213	1,371342	54
7	0,575243	0,817982	0,703247	1,421977	53	7	0,589431	0,807819	0,729658	1,370505	53
8	0,575481	0,817815	0,703681	1,421098	52	8	0,589666	0,807647	0,730104	1,369668	52
9	0,575719	0,817648	0,704116	1,420220	51	9	0,589901	0,807475	0,730550	1,368832	51
10	0,575957	0,817480	0,704552	1,419343	50	10	0,590136	0,807304	0,730996	1,367996	50
11	0,576195	0,817313	0,704987	1,418466	49	11	0,590371	0,807132	0,731443	1,367161	49
12	0,576432	0,817145	0,705422	1,417590	48	12	0,590606	0,806960	0,731889	1,366327	48
13	0,576670	0,816977	0,705855	1,416715	47	13	0,590840	0,806789	0,732336	1,365493	47
14	0,576908	0,816809	0,706294	1,415841	46	14	0,591075	0,806617	0,732783	1,364660	46
15	0,577145	0,816642	0,706730	1,414967	45	15	0,591310	0,806445	0,733230	1,363828	45
16	0,577383	0,816474	0,707166	1,414094	44	16	0,591544	0,806273	0,733678	1,362996	44
17	0,577620	0,816306	0,707603	1,413222	43	17	0,591779	0,806101	0,734125	1,362165	43
18	0,577858	0,816138	0,708040	1,412351	42	18	0,592013	0,805928	0,734575	1,361335	42
19	0,578095	0,815970	0,708476	1,411480	41	19	0,592248	0,805756	0,735021	1,360505	41
20	0,578332	0,815801	0,708913	1,410610	40	20	0,592482	0,805584	0,735469	1,359676	40
21	0,578570	0,815633	0,709351	1,409741	39	21	0,592716	0,805411	0,735917	1,358848	39
22	0,578807	0,815465	0,709788	1,408872	88	22	0,592951	0,805239	0,736366	1,358020	38
23	0,579044	0,815296	0,710225	1,408004	37	23	0,593185	0,805066	0,736815	1,357193	37
24	0,579281	0,815128	0,710663	1,407137	36	24	0,593419	0,804894	0,737264	1,356367	36
25	0,579518	0,814959	0,711101	1,406270	35	25	0,593653	0,804721	0,737713	1,355541	35
26	0,579755	0,814791	0,711539	1,405404	34	26	0,593887	0,804548	0,738162	1,354716	34
27	0,579992	0,814622	0,711977	1,404539	33	27	0,594121	0,804376	0,738612	1,353892	33
28	0,580229	0,814453	0,712416	1,403675	32	28	0,594355	0,804203	0,739061	1,353068	32
29	0,580466	0,814284	0,712854	1,402811	31	29	0,594589	0,804030	0,739511	1,352245	31
30	0,580703	0,814116	0,713293	1,401948	30	30	0,594823	0,803857	0,739961	1,351422	30
31	0,580940	0,813947	0,713732	1,401086	29	31	0,595057	0,803684	0,740411	1,350601	29
32	0,581177	0,813778	0,714171	1,400225	28	32	0,595290	0,803511	0,740862	1,349779	28
33	0,581413	0,813608	0,714611	1,399364	27	33	0,595524	0,803338	0,741312	1,348959	27
34	0,581650	0,813439	0,715050	1,398503	26	34	0,595758	0,803164	0,741763	1,348139	26
35	0,581886	0,813270	0,715490	1,397644	25	35	0,595991	0,802991	0,742214	1,347320	25
36	0,582123	0,813101	0,715930	1,396785	24	36	0,596225	0,802818	0,742666	1,346501	24
37	0,582360	0,812931	0,716370	1,395927	23	37	0,596458	0,802644	0,743117	1,345683	23
38	0,582596	0,812762	0,716810	1,395070	22	38	0,596692	0,802471	0,743569	1,344866	22
39	0,582832	0,812593	0,717251	1,394213	21	39	0,596925	0,802297	0,744020	1,344049	21
40	0,583069	0,812423	0,717691	1,393357	20	40	0,597159	0,802123	0,744472	1,343233	20
41	0,583305	0,812253	0,718132	1,392502	19	41	0,597392	0,801949	0,744925	1,342418	19
42	0,583541	0,812084	0,718573	1,391647	18	42	0,597625	0,801776	0,745377	1,341603	18
43	0,583777	0,811914	0,719014	1,390793	17	43	0,597858	0,801602	0,745830	1,340789	17
44	0,584014	0,811744	0,719456	1,389940	16	44	0,598092	0,801428	0,746282	1,339975	16
45	0,584250	0,811574	0,719897	1,389088	15	45	0,598325	0,801254	0,746735	1,339162	15
46	0,584486	0,811404	0,720339	1,388236	14	46	0,598558	0,801080	0,747189	1,338350	14
47	0,584722	0,811234	0,720781	1,387385	13	47	0,598791	0,800906	0,747642	1,337539	13
48	0,584958	0,811064	0,721223	1,386534	12	48	0,599024	0,800731	0,748096	1,336728	12
49	0,585194	0,810894	0,721665	1,385684	11	49	0,599257	0,800557	0,748549	1,335917	11
50	0,585429	0,810723	0,722108	1,384835	10	50	0,599489	0,800383	0,749003	1,335108	10
51	0,585665	0,810553	0,722550	1,383987	9	51	0,599722	0,800208	0,749458	1,334298	9
52	0,585901	0,810383	0,722993	1,383139	8	52	0,599955	0,800034	0,749912	1,333490	8
53	0,586137	0,810212	0,723436	1,382292	7	53	0,600188	0,799859	0,750367	1,332682	7
54	0,586372	0,810042	0,723879	1,381446	6	54	0,600420	0,799685	0,750821	1,331875	6
55	0,586608	0,809871	0,724323	1,380600	5	55	0,600653	0,799510	0,751276	1,331068	5
56	0,586844	0,809700	0,724766	1,379755	4	56	0,600885	0,799335	0,751731	1,330262	4
57	0,587079	0,809530	0,725210	1,378911	3	57	0,601118	0,799160	0,752187	1,329457	3
58	0,587315	0,809359	0,725654	1,378067	2	58	0,601350	0,798986	0,752642	1,328652	2
59	0,587550	0,809188	0,726098	1,377224	1	59	0,601583	0,798811	0,753098	1,327848	1
60	0,587785	0,809017	0,726543	1,376382	0	60	0,601815	0,798636	0,753554	1,327045	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----	----	--------	--------	---------	-------	----

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,601815	0,798636	0,753554	1,327045	60	0	0,615662	0,788011	0,781286	1,279942	60
1	0,602047	0,798460	0,754010	1,326242	59	1	0,615891	0,787832	0,781754	1,279175	59
2	0,602280	0,798285	0,754467	1,325440	58	2	0,616120	0,787652	0,782223	1,278408	58
3	0,602512	0,798110	0,754923	1,324638	57	3	0,616349	0,787473	0,782692	1,277642	57
4	0,602744	0,797935	0,755380	1,323837	56	4	0,616578	0,787294	0,783161	1,276876	56
5	0,602976	0,797759	0,755837	1,323037	55	5	0,616807	0,787115	0,783631	1,276112	55
6	0,603208	0,797584	0,756294	1,322237	54	6	0,617036	0,786935	0,784100	1,275347	54
7	0,603440	0,797408	0,756751	1,321438	53	7	0,617265	0,786756	0,784570	1,274584	53
8	0,603672	0,797233	0,757209	1,320639	52	8	0,617494	0,786576	0,785040	1,273820	52
9	0,603904	0,797057	0,757667	1,319841	51	9	0,617722	0,786396	0,785510	1,273058	51
10	0,604136	0,796882	0,758125	1,319044	50	10	0,617951	0,786217	0,785981	1,272296	50
11	0,604367	0,796706	0,758583	1,318247	49	11	0,618180	0,786037	0,786452	1,271534	49
12	0,604599	0,796530	0,759041	1,317451	48	12	0,618408	0,785857	0,786922	1,270773	48
13	0,604831	0,796354	0,759500	1,316656	47	13	0,618637	0,785677	0,787394	1,270013	47
14	0,605062	0,796178	0,759959	1,315861	46	14	0,618866	0,785497	0,787865	1,269253	46
15	0,605294	0,796002	0,760418	1,315067	45	15	0,619094	0,785317	0,788336	1,268494	45
16	0,605526	0,795826	0,760877	1,314273	44	16	0,619322	0,785137	0,788808	1,267735	44
17	0,605757	0,795650	0,761336	1,313480	43	17	0,619551	0,784957	0,789280	1,266977	43
18	0,605988	0,795474	0,761796	1,312688	42	18	0,619779	0,784776	0,789752	1,266220	42
19	0,606220	0,795297	0,762256	1,311896	41	19	0,620007	0,784596	0,790225	1,265463	41
20	0,606451	0,795121	0,762716	1,311105	40	20	0,620236	0,784416	0,790698	1,264706	40
21	0,606682	0,794944	0,763176	1,310314	39	21	0,620464	0,784235	0,791170	1,263950	39
22	0,606914	0,794768	0,763636	1,309524	38	22	0,620692	0,784055	0,791643	1,263195	38
23	0,607145	0,794591	0,764097	1,308735	37	23	0,620920	0,783874	0,792117	1,262440	37
24	0,607376	0,794415	0,764558	1,307945	36	24	0,621148	0,783694	0,792590	1,261686	36
25	0,607607	0,794238	0,765019	1,307158	35	25	0,621376	0,783513	0,793064	1,260932	35
26	0,607838	0,794061	0,765480	1,306370	34	26	0,621604	0,783332	0,793538	1,260179	34
27	0,608069	0,793884	0,765941	1,305583	33	27	0,621831	0,783151	0,794012	1,259427	33
28	0,608300	0,793707	0,766403	1,304796	32	28	0,622059	0,782970	0,794487	1,258675	32
29	0,608531	0,793530	0,766865	1,304011	31	29	0,622287	0,782789	0,794961	1,257923	31
30	0,608761	0,793353	0,767327	1,303225	30	30	0,622515	0,782608	0,795436	1,257172	30
31	0,608992	0,793176	0,767789	1,302441	29	31	0,622742	0,782427	0,795911	1,256422	29
32	0,609223	0,792999	0,768252	1,301657	28	32	0,622970	0,782246	0,796386	1,255672	28
33	0,609454	0,792822	0,768714	1,300873	27	33	0,623197	0,782065	0,796862	1,254923	27
34	0,609684	0,792645	0,769177	1,300090	26	34	0,623425	0,781883	0,797337	1,254174	26
35	0,609915	0,792467	0,769640	1,299308	25	35	0,623652	0,781702	0,797813	1,253426	25
36	0,610145	0,792290	0,770104	1,298527	24	36	0,623880	0,781521	0,798290	1,252678	24
37	0,610376	0,792112	0,770567	1,297745	23	37	0,624107	0,781339	0,798766	1,251931	23
38	0,610606	0,791935	0,771031	1,296965	22	38	0,624334	0,781157	0,799243	1,251185	22
39	0,610836	0,791757	0,771495	1,296185	21	39	0,624561	0,780976	0,799719	1,250439	21
40	0,611067	0,791579	0,771959	1,295406	20	40	0,624789	0,780794	0,800196	1,249693	20
41	0,611297	0,791401	0,772423	1,294627	19	41	0,625016	0,780612	0,800674	1,248948	19
42	0,611527	0,791224	0,772888	1,293849	18	42	0,625243	0,780430	0,801151	1,248204	18
43	0,611767	0,791046	0,773353	1,293071	17	43	0,625470	0,780249	0,801629	1,247460	17
44	0,611987	0,790868	0,773818	1,292294	16	44	0,625697	0,780067	0,802107	1,246717	16
45	0,612217	0,790690	0,774283	1,291518	15	45	0,625924	0,779885	0,802585	1,245974	15
46	0,612447	0,790512	0,774748	1,290742	14	46	0,626150	0,779702	0,803063	1,245232	14
47	0,612677	0,790333	0,775214	1,289967	13	47	0,626377	0,779520	0,803542	1,244490	13
48	0,612907	0,790155	0,775680	1,289192	12	48	0,626604	0,779338	0,804021	1,243749	12
49	0,613137	0,789977	0,776146	1,288418	11	49	0,626831	0,779156	0,804500	1,243009	11
50	0,613367	0,789798	0,776612	1,287645	10	50	0,627057	0,778973	0,804979	1,242269	10
51	0,613596	0,789620	0,777078	1,286872	9	51	0,627284	0,778791	0,805459	1,241529	9
52	0,613826	0,789441	0,777545	1,286100	8	52	0,627510	0,778608	0,805938	1,240790	8
53	0,614056	0,789263	0,778012	1,285328	7	53	0,627737	0,778426	0,806418	1,240052	7
54	0,614285	0,789084	0,778479	1,284557	6	54	0,627963	0,778243	0,806898	1,239314	6
55	0,614515	0,788905	0,778946	1,283786	5	55	0,628189	0,778060	0,807379	1,238576	5
56	0,614744	0,788727	0,779414	1,283016	4	56	0,628416	0,777878	0,807859	1,237839	4
57	0,614974	0,788548	0,779881	1,282247	3	57	0,628642	0,777695	0,808340	1,237103	3
58	0,615203	0,788369	0,780349	1,281478	2	58	0,628868	0,777512	0,808821	1,236367	2
59	0,615432	0,788190	0,780817	1,280709	1	59	0,629094	0,777329	0,809303	1,235632	1
60	0,615662	0,788011	0,781286	1,279942	0	60	0,629320	0,777146	0,809784	1,234897	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,629320	0,777146	0,809784	1,234897	60	0	0,642788	0,766044	0,839100	1,191754	60
1	0,629546	0,776963	0,810266	1,234163	59	1	0,643010	0,765857	0,839595	1,191050	59
2	0,629772	0,776780	0,810748	1,233429	58	2	0,643233	0,765670	0,840092	1,190347	58
3	0,629998	0,776597	0,811230	1,232696	57	3	0,643456	0,765483	0,840588	1,189644	57
4	0,630224	0,776413	0,811712	1,231963	56	4	0,643679	0,765296	0,841084	1,188941	56
5	0,630450	0,776230	0,812195	1,231231	55	5	0,643901	0,765109	0,841581	1,188240	55
6	0,630676	0,776046	0,812678	1,230500	54	6	0,644124	0,764921	0,842078	1,187538	54
7	0,630902	0,775863	0,813161	1,229769	53	7	0,644346	0,764734	0,842576	1,186837	53
8	0,631127	0,775679	0,813644	1,229038	52	8	0,644569	0,764547	0,843073	1,186137	52
9	0,631353	0,775496	0,814128	1,228308	51	9	0,644791	0,764359	0,843571	1,185437	51
10	0,631578	0,775312	0,814612	1,227579	50	10	0,645013	0,764171	0,844069	1,184738	50
11	0,631804	0,775128	0,815096	1,226850	49	11	0,645236	0,763984	0,844567	1,184039	49
12	0,632029	0,774945	0,815580	1,226121	48	12	0,645458	0,763796	0,845066	1,183340	48
13	0,632255	0,774761	0,816065	1,225393	47	13	0,645680	0,763608	0,845564	1,182642	47
14	0,632480	0,774577	0,816549	1,224666	46	14	0,645902	0,763420	0,846063	1,181945	46
15	0,632705	0,774393	0,817034	1,223939	45	15	0,646124	0,763233	0,846563	1,181248	45
16	0,632931	0,774209	0,817520	1,223213	44	16	0,646346	0,763045	0,847062	1,180551	44
17	0,633156	0,774024	0,818005	1,222487	43	17	0,646568	0,762856	0,847562	1,179855	43
18	0,633381	0,773840	0,818491	1,221761	42	18	0,646790	0,762668	0,848062	1,179160	42
19	0,633606	0,773656	0,818976	1,221036	41	19	0,647012	0,762480	0,848562	1,178464	41
20	0,633831	0,773472	0,819463	1,220312	40	20	0,647233	0,762292	0,849062	1,177770	40
21	0,634056	0,773287	0,819949	1,219588	39	21	0,647455	0,762104	0,849563	1,177076	39
22	0,634281	0,773103	0,820435	1,218865	38	22	0,647677	0,761915	0,850064	1,176382	38
23	0,634506	0,772918	0,820922	1,218142	37	23	0,647898	0,761727	0,850565	1,175689	37
24	0,634731	0,772734	0,821409	1,217420	36	24	0,648120	0,761538	0,851067	1,174996	36
25	0,634955	0,772549	0,821897	1,216698	35	25	0,648341	0,761350	0,851568	1,174304	35
26	0,635180	0,772364	0,822384	1,215977	34	26	0,648563	0,761161	0,852070	1,173612	34
27	0,635405	0,772179	0,822872	1,215256	33	27	0,648784	0,760972	0,852573	1,172921	33
28	0,635629	0,771995	0,823360	1,214536	32	28	0,649006	0,760784	0,853075	1,172230	32
29	0,635854	0,771810	0,823848	1,213816	31	29	0,649227	0,760595	0,853578	1,171540	31
30	0,636078	0,771625	0,824336	1,213097	30	30	0,649448	0,760406	0,854081	1,170850	30
31	0,636303	0,771440	0,824825	1,212378	29	31	0,649669	0,760217	0,854584	1,170160	29
32	0,636527	0,771254	0,825314	1,211660	28	32	0,649890	0,760028	0,855087	1,169471	28
33	0,636751	0,771069	0,825803	1,210942	27	33	0,650111	0,759839	0,855591	1,168783	27
34	0,636976	0,770884	0,826293	1,210225	26	34	0,650332	0,759650	0,856095	1,168095	26
35	0,637200	0,770699	0,826782	1,209509	25	35	0,650553	0,759461	0,856599	1,167407	25
36	0,637424	0,770513	0,827272	1,208792	24	36	0,650774	0,759271	0,857104	1,166720	24
37	0,637648	0,770328	0,827762	1,208077	23	37	0,650995	0,759082	0,857608	1,166033	23
38	0,637872	0,770142	0,828252	1,207362	22	38	0,651216	0,758893	0,858113	1,165347	22
39	0,638096	0,769957	0,828742	1,206647	21	39	0,651437	0,758703	0,858619	1,164662	21
40	0,638320	0,769771	0,829234	1,205933	20	40	0,651657	0,758514	0,859124	1,163976	20
41	0,638544	0,769585	0,829725	1,205219	19	41	0,651878	0,758324	0,859630	1,163292	19
42	0,638768	0,769400	0,830216	1,204506	18	42	0,652098	0,758134	0,860136	1,162607	18
43	0,638992	0,769214	0,830708	1,203793	17	43	0,652319	0,757945	0,860642	1,161923	17
44	0,639215	0,769028	0,831199	1,203081	16	44	0,652539	0,757755	0,861148	1,161240	16
45	0,639439	0,768842	0,831691	1,202369	15	45	0,652760	0,757565	0,861655	1,160557	15
46	0,639663	0,768656	0,832183	1,201658	14	46	0,652980	0,757375	0,862162	1,159875	14
47	0,639886	0,768470	0,832676	1,200948	13	47	0,653200	0,757185	0,862669	1,159193	13
48	0,640110	0,768284	0,833169	1,200237	12	48	0,653421	0,756995	0,863177	1,158511	12
49	0,640333	0,768097	0,833662	1,199528	11	49	0,653641	0,756805	0,863685	1,157830	11
50	0,640557	0,767911	0,834155	1,198818	10	50	0,653861	0,756615	0,864193	1,157150	10
51	0,640780	0,767725	0,834648	1,198110	9	51	0,654081	0,756425	0,864701	1,156469	9
52	0,641003	0,767538	0,835142	1,197402	8	52	0,654301	0,756234	0,865209	1,155790	8
53	0,641226	0,767352	0,835636	1,196694	7	53	0,654521	0,756044	0,865718	1,155110	7
54	0,641450	0,767165	0,836130	1,195987	6	54	0,654741	0,755854	0,866227	1,154432	6
55	0,641673	0,766979	0,836624	1,195280	5	55	0,654961	0,755663	0,866736	1,153753	5
56	0,641896	0,766792	0,837119	1,194574	4	56	0,655180	0,755472	0,867246	1,153075	4
57	0,642119	0,766605	0,837614	1,193868	3	57	0,655400	0,755282	0,867756	1,152398	3
58	0,642342	0,766418	0,838109	1,193163	2	58	0,655620	0,755091	0,868266	1,151721	2
59	0,642565	0,766231	0,838604	1,192458	1	59	0,655840	0,754900	0,868776	1,151045	1
60	0,642788	0,766044	0,839100	1,191754	0	60	0,656059	0,754710	0,869287	1,150368	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	

M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,656059	0,754710	0,869287	1,150368	60	0	0,669131	0,743145	0,900404	1,110613	60
1	0,656279	0,754519	0,869798	1,149693	59	1	0,669347	0,742950	0,900931	1,109933	59
2	0,656498	0,754328	0,870309	1,149018	58	2	0,669563	0,742755	0,901458	1,109314	58
3	0,656717	0,754137	0,870820	1,148343	57	3	0,669779	0,742561	0,901985	1,108665	57
4	0,656937	0,753946	0,871332	1,147669	56	4	0,669995	0,742366	0,902513	1,108017	56
5	0,657156	0,753755	0,871844	1,146995	55	5	0,670211	0,742171	0,903041	1,107369	55
6	0,657375	0,753563	0,872356	1,146322	54	6	0,670427	0,741976	0,903569	1,106722	54
7	0,657594	0,753372	0,872868	1,145649	53	7	0,670642	0,741781	0,904098	1,106075	53
8	0,657814	0,753181	0,873381	1,144976	52	8	0,670858	0,741586	0,904627	1,105428	52
9	0,658033	0,752989	0,873894	1,144304	51	9	0,671074	0,741391	0,905156	1,104782	51
10	0,658252	0,752798	0,874407	1,143633	50	10	0,671290	0,741195	0,905685	1,104137	50
11	0,658471	0,752607	0,874920	1,142962	49	11	0,671505	0,741000	0,906215	1,103491	49
12	0,658690	0,752415	0,875434	1,142291	48	12	0,671721	0,740805	0,906745	1,102846	48
13	0,658908	0,752223	0,875948	1,141621	47	13	0,671936	0,740609	0,907275	1,102202	47
14	0,659127	0,752032	0,876462	1,140951	46	14	0,672152	0,740414	0,907805	1,101558	46
15	0,659346	0,751840	0,876977	1,140282	45	15	0,672367	0,740218	0,908336	1,100914	45
16	0,659565	0,751648	0,877491	1,139613	44	16	0,672582	0,740023	0,908867	1,100271	44
17	0,659783	0,751456	0,878006	1,138944	43	17	0,672797	0,739827	0,909398	1,099628	43
18	0,660002	0,751264	0,878522	1,138276	42	18	0,673013	0,739631	0,909930	1,098986	42
19	0,660220	0,751072	0,879037	1,137609	41	19	0,673228	0,739435	0,910462	1,098344	41
20	0,660439	0,750880	0,879553	1,136941	40	20	0,673443	0,739239	0,910994	1,097702	40
21	0,660657	0,750688	0,880069	1,136275	39	21	0,673658	0,739044	0,911527	1,097061	39
22	0,660875	0,750496	0,880585	1,135609	38	22	0,673873	0,738848	0,912059	1,096420	38
23	0,661094	0,750303	0,881102	1,134943	37	23	0,674088	0,738652	0,912592	1,095780	37
24	0,661312	0,750111	0,881619	1,134277	36	24	0,674302	0,738455	0,913126	1,095140	36
25	0,661530	0,749919	0,882136	1,133612	35	25	0,674517	0,738259	0,913659	1,094500	35
26	0,661748	0,749726	0,882653	1,132948	34	26	0,674732	0,738063	0,914193	1,093861	34
27	0,661966	0,749534	0,883171	1,132284	33	27	0,674947	0,737867	0,914727	1,093222	33
28	0,662184	0,749341	0,883689	1,131620	32	28	0,675161	0,737670	0,915262	1,092584	32
29	0,662402	0,749148	0,884207	1,130957	31	29	0,675376	0,737474	0,915796	1,091946	31
30	0,662620	0,748956	0,884725	1,130294	30	30	0,675590	0,737277	0,916331	1,091309	30
31	0,662838	0,748763	0,885244	1,129632	29	31	0,675805	0,737081	0,916867	1,090671	29
32	0,663056	0,748570	0,885763	1,128970	28	32	0,676019	0,736884	0,917402	1,090035	28
33	0,663273	0,748377	0,886282	1,128309	27	33	0,676233	0,736688	0,917938	1,089398	27
34	0,663491	0,748184	0,886802	1,127648	26	34	0,676448	0,736491	0,918474	1,088762	26
35	0,663709	0,747991	0,887322	1,126987	25	35	0,676662	0,736294	0,919010	1,088127	25
36	0,663926	0,747798	0,887842	1,126327	24	36	0,676876	0,736097	0,919547	1,087492	24
37	0,664144	0,747605	0,888362	1,125667	23	37	0,677090	0,735900	0,920084	1,086857	23
38	0,664361	0,747412	0,888883	1,125008	22	38	0,677304	0,735703	0,920621	1,086223	22
39	0,664579	0,747218	0,889403	1,124349	21	39	0,677518	0,735506	0,921159	1,085589	21
40	0,664796	0,747025	0,889925	1,123691	20	40	0,677732	0,735309	0,921697	1,084955	20
41	0,665013	0,746832	0,890446	1,123033	19	41	0,677946	0,735112	0,922235	1,084322	19
42	0,665230	0,746638	0,890968	1,122375	18	42	0,678160	0,734915	0,922773	1,083690	18
43	0,665448	0,746445	0,891489	1,121718	17	43	0,678373	0,734717	0,923312	1,083057	17
44	0,665665	0,746251	0,892012	1,121062	16	44	0,678587	0,734520	0,923851	1,082425	16
45	0,665882	0,746057	0,892534	1,120405	15	45	0,678801	0,734323	0,924391	1,081794	15
46	0,666099	0,745864	0,893057	1,119750	14	46	0,679014	0,734125	0,924930	1,081163	14
47	0,666316	0,745670	0,893580	1,119094	13	47	0,679228	0,733928	0,925470	1,080532	13
48	0,666533	0,745476	0,894103	1,118439	12	48	0,679441	0,733730	0,926010	1,079902	12
49	0,666749	0,745282	0,894627	1,117785	11	49	0,679655	0,733532	0,926551	1,079272	11
50	0,666966	0,745088	0,895151	1,117131	10	50	0,679868	0,733335	0,927091	1,078642	10
51	0,667183	0,744894	0,895675	1,116477	9	51	0,680081	0,733137	0,927632	1,078013	9
52	0,667399	0,744700	0,896199	1,115824	8	52	0,680295	0,732939	0,928174	1,077384	8
53	0,667616	0,744506	0,896724	1,115171	7	53	0,680508	0,732741	0,928715	1,076756	7
54	0,667833	0,744312	0,897249	1,114518	6	54	0,680721	0,732543	0,929257	1,076128	6
55	0,668049	0,744117	0,897774	1,113866	5	55	0,680934	0,732345	0,929800	1,075501	5
56	0,668266	0,743923	0,898299	1,113215	4	56	0,681147	0,732147	0,930342	1,074873	4
57	0,668482	0,743729	0,898825	1,112564	3	57	0,681360	0,731949	0,930885	1,074247	3
58	0,668698	0,743534	0,899351	1,111913	2	58	0,681573	0,731750	0,931428	1,073620	2
59	0,668914	0,743339	0,899878	1,111262	1	59	0,681786	0,731552	0,931971	1,072994	1
60	0,669131	0,743145	0,900404	1,110613	0	60	0,681998	0,731354	0,932515	1,072369	0

M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.	M.	Cosin.	Sinus.	Cotang.	Tang.	M.
----	--------	--------	---------	-------	----	----	--------	--------	---------	-------	----

43 град.					44 град.					
M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.	Sinus.	Cosin.	Tang.	Cotang.	M.
0	0,681998	0,731354	0,932515	1,072369	60	0,694658	0,719340	0,965689	1,035530	60
1	0,682211	0,731155	0,933059	1,071744	59	0,694868	0,719138	0,966251	1,034928	59
2	0,682424	0,730957	0,933603	1,071119	58	0,695077	0,718936	0,966814	1,034325	58
3	0,682636	0,730758	0,934148	1,070494	57	0,695286	0,718733	0,967377	1,033724	57
4	0,682849	0,730560	0,934693	1,069870	56	0,695495	0,718531	0,967940	1,033122	56
5	0,683061	0,730361	0,935238	1,069247	55	0,695704	0,718329	0,968504	1,032521	55
6	0,683274	0,730162	0,935783	1,068623	54	0,695913	0,718126	0,969067	1,031920	54
7	0,683486	0,729964	0,936329	1,068000	53	0,696122	0,717924	0,969632	1,031320	53
8	0,683698	0,729765	0,936875	1,067378	52	0,696331	0,717721	0,970196	1,030719	52
9	0,683911	0,729566	0,937422	1,066756	51	0,696539	0,717519	0,970761	1,030120	51
10	0,684123	0,729367	0,937968	1,066134	50	0,696748	0,717316	0,971326	1,029520	50
11	0,684335	0,729168	0,938515	1,065513	49	0,696957	0,717113	0,971892	1,028921	49
12	0,684547	0,728969	0,939063	1,064892	48	0,697165	0,716911	0,972458	1,028323	48
13	0,684759	0,728769	0,939610	1,064271	47	0,697374	0,716708	0,973024	1,027724	47
14	0,684971	0,728570	0,940158	1,063651	46	0,697582	0,716505	0,973590	1,027126	46
15	0,685183	0,728371	0,940706	1,063031	45	0,697791	0,716302	0,974157	1,026529	45
16	0,685395	0,728172	0,941255	1,062412	44	0,697999	0,716099	0,974724	1,025932	44
17	0,685607	0,727972	0,941803	1,061793	43	0,698207	0,715896	0,975291	1,025335	43
18	0,685818	0,727773	0,942352	1,061174	42	0,698415	0,715693	0,975859	1,024733	42
19	0,686030	0,727573	0,942902	1,060556	41	0,698623	0,715490	0,976427	1,024142	41
20	0,686242	0,727374	0,943451	1,059938	40	0,698832	0,715286	0,976996	1,023545	40
21	0,686453	0,727174	0,944001	1,059321	39	0,699040	0,715083	0,977564	1,022951	39
22	0,686665	0,726974	0,944552	1,058703	38	0,699248	0,714880	0,978133	1,022356	38
23	0,686876	0,726775	0,945102	1,058087	37	0,699456	0,714676	0,978703	1,021761	37
24	0,687088	0,726575	0,945653	1,057470	36	0,699663	0,714473	0,979272	1,021166	36
25	0,687299	0,726375	0,946204	1,056854	35	0,699871	0,714269	0,979842	1,020572	35
26	0,687510	0,726175	0,946756	1,056239	34	0,700079	0,714066	0,980413	1,019979	34
27	0,687721	0,725975	0,947307	1,055624	33	0,700287	0,713862	0,980983	1,019385	33
28	0,687933	0,725775	0,947860	1,055009	32	0,700494	0,713658	0,981554	1,018792	32
29	0,688144	0,725575	0,948412	1,054394	31	0,700702	0,713454	0,982126	1,018200	31
30	0,688355	0,725374	0,948965	1,053780	30	0,700909	0,713251	0,982697	1,017607	30
31	0,688566	0,725174	0,949518	1,053166	29	0,701117	0,713047	0,983269	1,017016	29
32	0,688777	0,724974	0,950071	1,052553	28	0,701324	0,712843	0,983842	1,016424	28
33	0,688987	0,724773	0,950625	1,051940	27	0,701531	0,712639	0,984414	1,015833	27
34	0,689198	0,724573	0,951178	1,051328	26	0,701739	0,712434	0,984987	1,015242	26
35	0,689409	0,724372	0,951733	1,050715	25	0,701946	0,712230	0,985560	1,014651	25
36	0,689620	0,724172	0,952287	1,050103	24	0,702153	0,712026	0,986134	1,014061	24
37	0,689830	0,723971	0,952842	1,049492	23	0,702360	0,711822	0,986708	1,013471	23
38	0,690041	0,723771	0,953397	1,048881	22	0,702567	0,711617	0,987282	1,012882	22
39	0,690251	0,723570	0,953953	1,048270	21	0,702774	0,711413	0,987857	1,012293	21
40	0,690462	0,723369	0,954508	1,047660	20	0,702981	0,711209	0,988432	1,011704	20
41	0,690672	0,723168	0,955064	1,047050	19	0,703188	0,711004	0,989007	1,011115	19
42	0,690882	0,722967	0,955621	1,046440	18	0,703395	0,710800	0,989583	1,010527	18
43	0,691093	0,722766	0,956177	1,045831	17	0,703601	0,710595	0,990158	1,009939	17
44	0,691303	0,722565	0,956734	1,045222	16	0,703808	0,710390	0,990735	1,009352	16
45	0,691513	0,722364	0,957292	1,044614	15	0,704015	0,710185	0,991311	1,008765	15
46	0,691723	0,722163	0,957849	1,044006	14	0,704221	0,709981	0,991888	1,008178	14
47	0,691933	0,721962	0,958408	1,043398	13	0,704428	0,709776	0,992465	1,007592	13
48	0,692143	0,721760	0,958966	1,042790	12	0,704634	0,709571	0,993043	1,007006	12
49	0,692353	0,721559	0,959524	1,042183	11	0,704841	0,709366	0,993621	1,006420	11
50	0,692563	0,721357	0,960083	1,041577	10	0,705047	0,709161	0,994199	1,005835	10
51	0,692773	0,721156	0,960642	1,040970	9	0,705253	0,708956	0,994778	1,005250	9
52	0,692983	0,720954	0,961202	1,040365	8	0,705459	0,708750	0,995357	1,004665	8
53	0,693192	0,720753	0,961761	1,039759	7	0,705666	0,708545	0,995936	1,004081	7
54	0,693402	0,720551	0,962322	1,039154	6	0,705872	0,708340	0,996515	1,003497	6
55	0,693611	0,720349	0,962882	1,038549	5	0,706078	0,708135	0,997095	1,002913	5
56	0,693821	0,720148	0,963443	1,037945	4	0,706284	0,707929	0,997676	1,002330	4
57	0,694030	0,719946	0,964004	1,037340	3	0,706489	0,707724	0,998256	1,001747	3
58	0,694240	0,719744	0,964565	1,036737	2	0,706695	0,707518	0,998837	1,001164	2
59	0,694449	0,719542	0,965127	1,036133	1	0,706901	0,707312	0,999418	1,000582	1
60	0,694658	0,719340	0,965689	1,035530	0	0,707107	0,707107	1,000000	1,000000	0



Цена 4 р. 40 к.  
перепл. 7 60 к.

Ж  
7476

Издания Трансжелдоризда-  
та продаются в магазинах  
Книгообъединения ОГИЗ  
Единичные экземпляры  
высылает наложенным  
платежом „Книга-почтой“  
Москва, 64.