

С. И. ЛОПАТИН

*Московский горный институт
им. И. В. Сталина*

ПОДЗЕМНОЕ ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
НЕФТЯНОЙ И ГОРНО-ТОПЛИВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва 1941 Ленинград

ОПЕЧАТКИ

<i>Стр.</i>	<i>Строка</i>	<i>Напечатано</i>	<i>Следует читать</i>	<i>По вине</i>
42	8 сл.	R	R_1	Автора
95	7 сл.	составляющей силы	силы трения (на фиг. 115) не показаны)	»
96	7 сл.	прямоугольным	прямоугольным	Считч.
131	3 »	$v = 10$	$V = 10$	Вычит.
155	12 сл.	заместителей	заменителей	Автора

С. И. Л о п а т и н. Подъемное путевое хозяйство.



~~622
Л-77~~

АННОТАЦИЯ

В книге излагается весь комплекс вопросов путевого хозяйства—одного из важнейших звеньев подземного транспорта шахты. Здесь рассмотрены все элементы пути, их расчет, укладка и ремонт. Целый ряд вопросов ставится совершенно по-новому для подземных путей (например устройство переходных кривых, длина шахтных рельсов, применение расчета пути и др.).

Кроме того, в общем виде изложены и организационные вопросы по укладке, содержанию и ремонту пути. В конце книги приведены примеры расчета и данные по рельсовым путям.

Книга рассчитана на широкие круги ИТР, студентов, техников и практиков горной промышленности.

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

6726 $\frac{8}{60}$

$\frac{1}{17247}$

~~С. Я. Хейфиц~~

Редактор С. Я. Хейфиц

Подписано к печати 1/II 1941 г. Тираж 4500 экз. 10³/₄ печ. л. 12,4 авт. л.
50 592 типографских знаков в печ. л. Л 11864. Заказ 1273.

Цена 7 руб. Перепл. 75 коп.

Типогр. «Красный Печатник». Ленинград, Международнй пр., 75а.

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Историческим XVIII Съездом ВКП(б) в третьем сталинском пятилетии предусмотрено крупное развертывание нового шахтного строительства, в связи с чем подземное путевое хозяйство в общей цепи комплексной механизации будет играть важнейшую роль в деле выполнения государственного плана по добыче угля, руды и других полезных ископаемых.

Если подсчитать протяженность всех подземных путей, существующих только в каменноугольных шахтах, то она выразится почти в 5 млн. *пог. м* одноколейного пути. Огромная протяженность путей требует особо внимательного отношения к подземному путевому хозяйству, чего до сих пор не было. Все лучшие люди горного дела — стахановцы, передовые инженеры и техники — должны в подземное путевое хозяйство вносить новую технику, новую социалистическую культуру, используя для этой цели все достижения науки и техники, в том числе накопленный богатейший опыт и теорию железнодорожного транспорта. Однако при этом не следует механически переносить все законы, правила, нормы и допуски железнодорожных путей на подземные, так как техническая характеристика и условия их работы значительно отличаются друг от друга.

Необходимо ставить свои опыты и наблюдения за работой и деформацией подземных путей, внося при этом в общую теорию железных дорог коррективы и дополнения. Тогда мы создадим надежный, прочный и дешевый путь, который полностью гарантирует циклическую работу в лавах как основу стахановского движения.

Следует отметить, что подземное путевое хозяйство на целом ряде шахт все еще стоит на самом низком уровне и нередко тормозит циклование лав и нарушает нормальный режим работы шахт.

Это объясняется, с одной стороны, невнимательным отношением к подземным путям некоторых работников шахт, а с другой — почти полным отсутствием литературы по этому важнейшему вопросу. Кроме того, вопросами подземных путей мало занимаются и научно-исследовательские институты.

Стремясь хотя бы в общих чертах пополнить пробел по подземному путевому хозяйству, как одному из основных звеньев подземного транспорта, автор предлагает вниманию читателей настоящую книгу, в которой в основном изложены все необходимые сведения для ведения путевого хозяйства на шахтах.

В предлагаемой работе ставится целый ряд новых вопросов для подземных путей (например переходные кривые, уменьшение механических рельсовых стыков на погонную единицу пути, определение напряжений в отдельных элементах его и др.), поэтому автор обращается к читателям с просьбой сообщить свои замечания и пожелания по книге «Подземное путевое хозяйство». Все ценные замечания в дальнейшем будут учтены.

Глава I

НИЖНЕЕ СТРОЕНИЕ И ОТКАТОЧНЫЕ ВЫРАБОТКИ

§ 1. Главные части рельсового пути

Как известно, современный рельсовый путь, где бы он ни устраивался, состоит из двух главных частей: 1) нижнего строения и 2) верхнего строения пути.

Нижним строением обычно называется фундамент, на котором покоится верхнее строение пути. С помощью нижнего строения соответственно выравнивается поверхность местности для придания рельсовому пути требуемых подъемов и уклонов, а также гарантируется отвод воды от пути и пропуск через нижнее строение разного рода препятствий, если таковые имеют место.

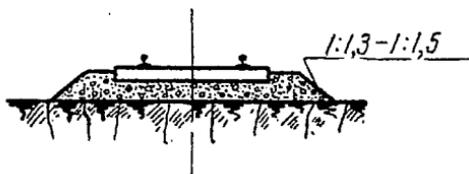
В подземных условиях нижним строением пути обычно служит сама почва откаточных выработок и, как правило, никаких искусственных сооружений не создается. Когда проходят откаточные выработки, то заранее почве последних придают соответственные небольшие уклоны в продольном и в поперечном направлениях. Эти уклоны, как увидим ниже, устраиваются для отвода рудничных вод от пути. Уклон же в продольном направлении необходим еще для того, чтобы груженные поезда шли от погрузочных пунктов к рудничному двору с меньшим усилием, приложенным к поезду извне.

В состав верхнего строения пути (подробно это будет рассмотрено ниже) входят: рельсы, устройства для перевода подвижного состава с одного пути на другой, скрепления, с помощью которых отдельные звенья рельсов соединяются между собой и прикрепляются к шпалам (накладки, подкладки, болты, шурупы, костыли и пр.).

К верхнему строению относятся также: подрельсовые опоры — шпалы, разного рода брусья и балласт.

Верхнее строение пути воспринимает давление от колес подвижного состава и передает его равномерно уменьшенным нижнему строению; оно должно создавать ровный, твердый и прочный путь, который не только направляет колеса движущихся электровозов и вагонеток, но и обеспечивает безопасность движения.

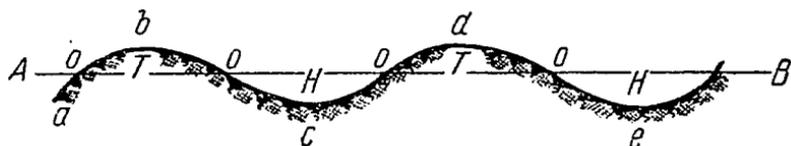
На фиг. 1 показан рельсовый путь в поперечном разрезе, где ясно видно нижнее и верхнее строения его.



Фиг. 1.

§ 2. Продольный и поперечный профили нижнего строения пути

При прохождении откаточных выработок (в зависимости от характера залегания полезного ископаемого) может случиться, что продольный профиль почвы будет иметь сложный вид (фиг. 2.). Так как локомотив (электровоз), тяга которого определяется сцеплением ведущих колес (бандажей) с гладкими рельсами, может преодолевать сравнительно небольшие подъемы и спуски, то прокладка рельсов в этом случае по естественной почве невозможна без предварительных работ по смягчению профиля. Эти работы сводятся частично к засыпке породой до требуемого уровня будущего железнодорожного полотна и к подрывке почвы. На фиг. 2 линия AB представляет поверхность железнодорожного полотна, а линия $abcde$ — почву выработки. Границы между засыпками ($H-H$) и подрывками ($T-T$) называются нулевыми отметками ($0-0$).



Фиг. 2.

Нижнее строение рельсового пути, представленное засыпками, подрывками и нулевыми отметками, в железнодорожном деле часто называется **земляным полотном**.

Продольный профиль нижнего строения пути (в нашем случае почвы) должен устраиваться с определенным заданным углом наклона к горизонту с таким расчетом, чтобы сила сопротивления движению груженого поезда, идущего под уклон к рудничному двору от погрузочных пунктов, была равна силе сопротивления движению порожнякового поезда, идущего на подъем от рудничного двора к погрузочным пунктам. Величину этого угла можно определить, исходя из того, что

$$W_{зр} = W_{пор},$$

где: $W_{зр}$ — сила сопротивления движению груженого поезда,
 $W_{пор}$ — сила сопротивления движению порожнякового поезда.

Пользуясь законом локомотивной тяги можем написать:

$$W_{зр} = G_з (\mu_з - i) + n_з (G + G_0) (\mu_з - i);$$

$$W_{пор} = G_п (\mu_п + i) + n_п (0,1G + G_0) (\mu'_п + i)$$

или

$$G_з (\mu_з - i) + n_з (G + G_0) (\mu_з - i) = G_п (\mu_п + i) + n_п (0,1G + G_0) (\mu'_п + i),$$

откуда

$$i = \frac{n_п [\mu_п (G + G_0) - \mu'_п (0,1G + G_0)]}{2G_з + n_з (1,1G + 2G_0)} \text{ ‰}, \quad (1)$$

где: $n_п$ — число вагонеток в составе поезда;

G — полезный вес вагонетки;

G_0 — мертвый (тара) вес вагонетки;

G_2 — вес электровоза;

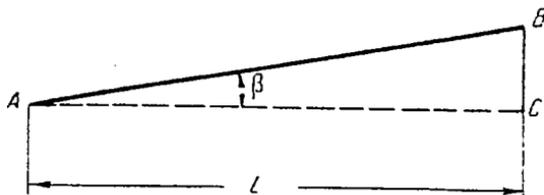
μ_0 — общий коэффициент сопротивления движению на прямолинейном горизонтальном пути при установившемся движении для груженой вагонетки;

μ'_0 — то же для порожняковой вагонетки;

μ_2 — то же для электровоза;

$0,1G$ — принимается на случай передвижения лесоматериалов (или других частей) в порожних вагонетках от рудничного двора к погрузочным пунктам.

Однако для вычисления угла равного сопротивления следует пользоваться все же не выражением (1), так как оно дает преуменьшенный



Фиг. 3.

наклон, который затрудняет сток воды, а формулой, вытекающей из того же выражения при $0,1G = 0$, т. е.

$$i = \frac{n_0 [(G + G_0) \mu_0 - G_0 \mu'_0]}{2G_2 + n_0 (G + 2G_0)} \quad (1')$$

Величина угла наклона к горизонту, определенная на основании выражения (1'), обычно называется углом равного сопротивления. Почву всех откаточных горизонтальных выработок весьма желательно проходить с углом равного сопротивления, так как при этом получается устойчивый режим работы локомотивной тяги.

Если AB профиль нижнего строения пути — почвы выработки (фиг. 3), L длина откатки, H_0 отметка в точке A , H — в точке B , а β угол наклона к горизонту, то:

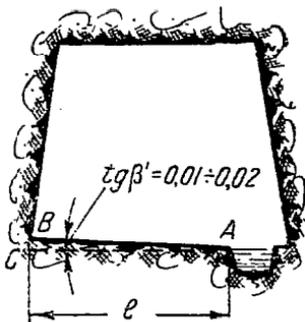
$$i = \operatorname{tg} \beta = \frac{H - H_0}{L} \text{ ‰} \quad (2)$$

или

$$H = H_0 + iL. \quad (3)$$

Таким образом, если нам известна первоначальная отметка (допустим рудничного двора) H_0 и длина откатки L , а величину i мы определяем из выражения (1'), то отметка в конце откаточной выработки определяется весьма просто из выражения (3).

Поперечный профиль нижнего строения пути для сырых откаточных выработок должен иметь вчерне вид, показанный на фиг. 4. Если в



Фиг. 4.

точке A будет отметка h_0 , в точке B — h и ширина выработки понизу (без ширины водоотводной канавы) l , то:

$$\operatorname{tg} \beta' = \frac{h - h_0}{l} = 0,01 \div 0,02 \quad (4)$$

или

$$h = h_0 + (0,01 \div 0,02) l. \quad (5)$$

Как видно из фиг. 4, выработку надо проходить в поперечном сечении с таким расчетом, чтобы вода могла свободно стекать в водоотводную канаву, осушая рельсовые пути в случае их обводнения.

§ 3. Оценка притоков воды в шахте

Приток воды в шахте оценивается двумя способами: в абсолютных или в относительных единицах.

Абсолютные притоки принято относить к одному часу или суткам в куб. метрах.

Для относительной оценки величины притоков подсчитывается так называемый коэффициент водообильности, под которым понимается число куб. метров откачиваемой из шахты воды на 1 m добываемого полезного ископаемого¹. Эта величина имеет смысл только для тех шахт, которые уже работают и дают нормальную добычу.

Как правило, величина притока, следовательно и коэффициент водообильности, не остаются величиной постоянной, а претерпевают колебания в течение года. В общем можно сказать, что величина притоков по сезонам мало колеблется для глубоких шахт, и наоборот, их изменения могут быть чрезвычайно велики для шахт малой глубины. Дело в том, что при неглубоких разработках (например подмосковные угольные шахты, которые имеют глубину 30—60 м) гораздо легче возникают сообщения с поверхностными водами через трещины и провалы и эти воды быстрее и легче попадают в подземные выработки.

Для шахт (ввиду сезонности колебаний величины притоков) различают притоки: максимальные, нормальные и минимальные. К максимальным относятся притоки весенние, после таяния снегов, и иногда осенние, при продолжительной дождливой погоде. Нормальные притоки преобладают по продолжительности в течение года. Минимальные притоки наблюдаются в сухое время года.

Зная часовой (или какой-либо другой) приток воды в шахте (V $m^3/\text{час}$) и часовую производительность шахты (A $m/\text{час}$), можно определить коэффициент водообильности:

$$k = \frac{V}{A} \text{ м}^3/\text{м}. \quad (6)$$

Эта величина, как отмечалось выше, для отдельных шахт колеблется очень сильно, а именно $K = 0 \div 4$; для некоторых шахт Донбасса в среднем можно считать $K = 2 \div 2,5$.

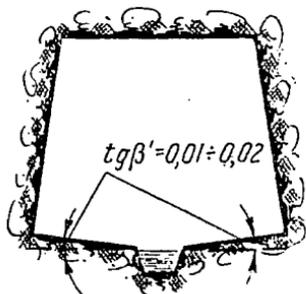
¹ Как исключение, могут быть и совершенно сухие шахты.

Обычно весь приток воды в шахте, который появляется в горных выработках в результате их проведения, отводится по водоотводным канавам или дренажам к водосборнику, расположенному около ствола шахты, а из последнего насосами выкачивается на земную поверхность.

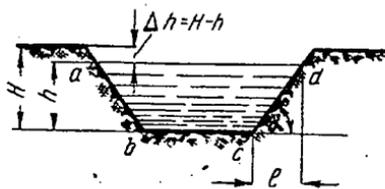
§ 4. Водоотводные устройства и их расчет

Водоотводные каналы устраиваются в почве откаточной выработки и располагаются сбоку ее (фиг. 4) или посредине (фиг. 5).

Водоотводные каналы могут иметь различные формы поперечного сечения. Наиболее распространенным типом является водоотводная канава трапециoidalного сечения (фиг. 6). Крутизна откосов водоотводных канав зависит от качества грунта, в котором они устраиваются.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

Расчет водоотводной канавы ведется по следующей схеме:

1. Выясняют продольный уклон канавы i по условиям продольного профиля пути.
2. Задаются поперечным сечением канавы, имея в виду необходимость наличия запаса Δh , и вычисляют величину живого сечения воды в канаве F , равную площади $abcd$ (фиг. 6).
3. Определяют длину смоченного или подводного периметра:

$$p = ab + bc + cd. \quad (7)$$

4. Определяют подводный гидравлический радиус:

$$R = \frac{F}{p}. \quad (8)$$

5. Коэффициент C для данной породы (или грунта), в которой устраивается канава, определяется по известной эмпирической формуле:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}, \quad (9)$$

где γ характеризует шероховатость русла канавы и берется по табл. 1.

Далее, имея величины C , R и i , можем определить среднюю скорость в сечении, близкую к максимальной скорости течения воды по дну канавы:

$$v = C \sqrt{R \cdot i} \text{ м/сек.} \quad (10)$$

Род русла (стенки канавы): грунт или его отделка	γ
Очень гладкие стенки (строганные доски, гладкая цементная штукатурка и т. д.)	0,06
Гладкие стенки (нестроганные доски, тесовая и кирпичная кладка, бетонные и чугунные трубы, очень тщательная бетонировка и др.)	0,16
Негладкие стенки (хорошо выложенная бутовая кладка, посредственная бетонировка)	0,46
Грубообделанные стенки (грубая бутовая кладка, очень грубая бетонировка, замощения булыгой, стенки плотных землястых грунтов, хорошо содержимые, чисто высеченные в скале стенки)	0,85
Землястые стенки при среднем их состоянии, мощенные поверхности, но заросшие	1,30
Землянные русла с большим сопротивлением движению — при плохом содержании, сильно заросшие с валунами или крупной галькой.	1,75

Наконец, расход воды в канаве определяется:

$$V = Fv \text{ м}^3/\text{сек} \quad (11)$$

или

$$V = 3600 Fv \text{ м}^3/\text{час}, \quad (12)$$

где F — живое сечение, которое можно определить из фиг. 6:

$$F = \frac{ad + bc}{2} h = 2 (bc + h \operatorname{ctg} \alpha) h \text{ м}^2. \quad (13)$$

Полученная величина V должна быть близка к заданной V_1

$$(V - V_1 = \pm 0,05).$$

Значение расхода воды может изменяться за счет изменения как живого сечения (а следовательно и всего сечения канавы), так и продольного уклона канавы.

Таблица 2

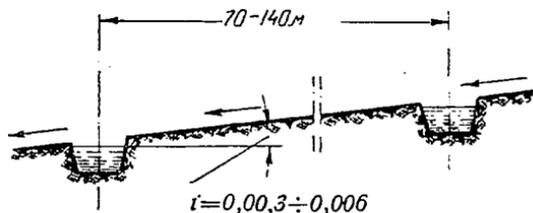
Грунт или род укрепления	v_{\max} м/сек
Илистый грунт	0,10—0,15
Мелкий песок, мягкая глина	0,25—0,35
Песок средний и крупный, мелкий гравий, хрящ, лесс, одиночная дерновка	0,60—0,80
Супески, суглинки	0,40—0,75
Глина средней плотности	0,90
Купный гравий, плотный песок с гравием, мелкая галька	1,00
Хрящеватый грунт, крупная галька	1,20
Плотная твердая глина, галька с камнем, мелкий камень, мягкие скальные породы, дерновка внахлестку	1,50
Крупный камень, средние скалистые породы, дерновка в стенку	1,80
Сложные горные породы разрушенные, одиночная мостовая	2,0
То же, неразрушенные и двойная мостовая	3,0
Твердые скальные породы (несложного сложения)	4,0
Лоток из бутовой, бетонной кладки, каменная наброска в плетневых клетках	4,5
Деревянный лоток	6,0

Кроме сопоставления расчетного расхода воды, протекающей по водоотводной канаве, с заданным расходом, необходимо сравнивать полученные скорости движения воды по канаве с максимально допустимой скоростью, приведенной в табл. 2.

Что касается минимальной допустимой скорости, то величина эта менее определена и потому нехарактерна.

Необходимо отметить, что водоотводные канавы могут заиливаться и засоряться, так как шахтная вода нередко бывает загрязненной и, кроме того, при небрежном транспортировании полезного ископаемого (или пустой породы) по откаточной выработке возможна его расструска, что тоже будет влиять на нормальный водосток по канаве.

Загрязненная водоотводная канава перестает пропускать, как следует, воду, которая подтапливает рельсовые пути, разрушает их и загрязняет при этом откаточную выработку, что крайне вредно отра-

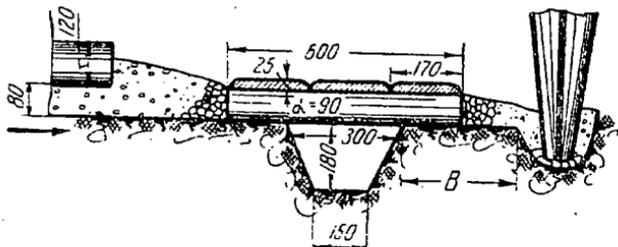


Фиг. 7.

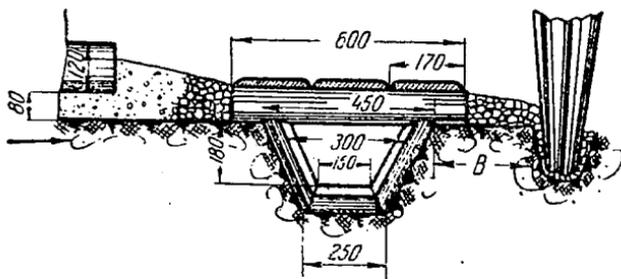
жается на работе транспорта. Поэтому канавы надо содержать в полном порядке, закрепляя их и наблюдая за ними во время эксплуатации. Во избежание заиливания и загрязнения канав рекомендуется устраивать в них отстойники в виде небольших колодцев на расстоянии 70—140 м и выше один от другого (фиг. 7); тогда текущая вода, теряя свою скорость в отстойнике, будет осаждать минеральные частицы — муль. Эти отстойники (колодцы) необходимо время от времени чистить и всю грязь из них вывозить в отведенное для этой цели место или выдавать на поверхность.

В откаточных выработках, по которым передвигаются люди, канавы должны иметь прочные перекрытия (фиг. 8—10). Как видно на этих фигурах, канавы могут быть (в зависимости от крепости пород), закрепленные тем или иным способом или незакрепленные.

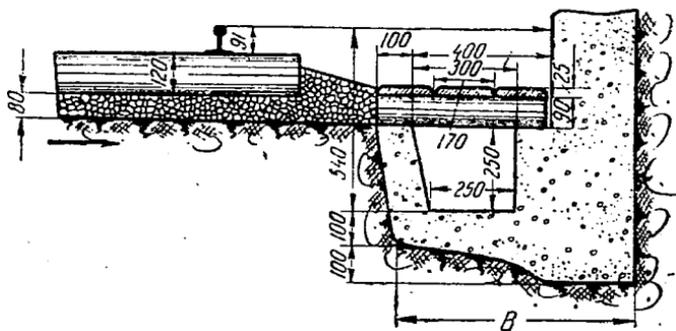
При сложном профиле *АВ* нижнего строения пути (почвы выработки) (фиг. 11) трудно, а иногда и совершенно невозможно устроить обычную водоотводную канаву вдоль откаточной выработки; тогда устраивают так называемые дренажные канавы. Для этой цели в почве откаточной выработки (штреке) выкапываются канавы такой глубины, чтобы со всех штреков был обеспечен сток воды в них (фиг. 12). Эти канавы крепят обычно деревом и обшивают досками таким образом, что получаются деревянные трубы прямоугольного или иного сечения. После крепления дренажных канав последние засыпают такой породой (щебень и другие невлагоемкие породы), через которую вода свободно может проходить со штрека в дренажную канаву. По канаве вода течет в резервуар, расположенный около рудничного двора.



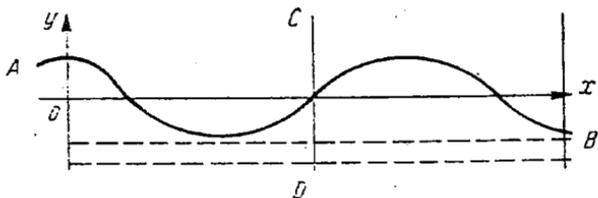
Фиг. 8.



Фиг. 9.



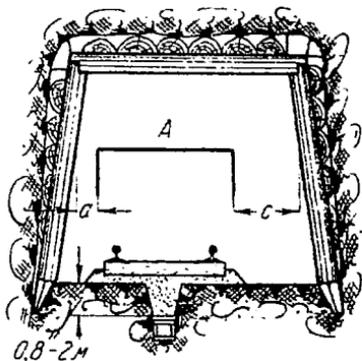
Фиг. 10.



Фиг. 11.

Однако по условиям рельефа подошвы пласта иногда невозможно спускать из дренажей воду непосредственно в резервуар, расположенный около ствола шахты, а приходится устраивать вспомогательные водоотливные установки. Дренажные каналы рассчитываются так же, как и обычные открытые каналы.

Рассмотренный случай отвода воды от рельсовых путей может иметь место там, где пласты полезного ископаемого залегают горизонтально, но в действительности почва этих пластов не является геометрически правильной горизонтальной плоскостью, а имеет некоторые поднятия и впадины (фиг. 11, АВ). Примером подобного рода залегания может служить Подмосковский угольный бассейн.



Фиг. 12.

Размеры типовых водоотводных канав и их пропускная способность по данным ВУГИ приведены в приложении 1 (табл. IX и X).

§ 5. Габариты откаточных выработок

При проектировании и устройстве рельсовых путей для безопасности движения необходимо учитывать очертание подвижного состава, чтобы при движении ни одна часть его не могла задеть за выступающие стенки откаточных выработок, расположенных вдоль пути, а также очертание подвижного состава, находящегося на соседнем пути.

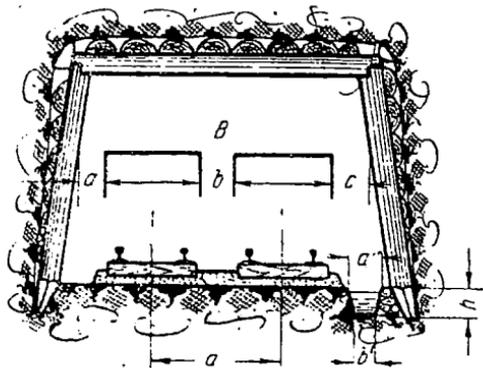
Для выполнения этого правила установлено понятие г а б а р и т, т. е. предельное поперечное очертание подвижного состава и откаточных выработок.

Правилами безопасности в каменноугольной и сланцевой промышленности (изд. 1939 г., стр. 100 и 101) установлено, что передвижение людей в горизонтальных выработках, по которым производится откатка грузов в вагонетках, допускается лишь при устройстве свободных проходов в соответствии со следующими нормами:

Скорость откатки v м/сек	Ширина свободного прохода с одной стороны выработки м
Однопутевые выработки (фиг. 12)	$c > 0,7$
Двухпутевые выработки (фиг. 13): $v = \text{до } 1,5$	Свободный проход не обязателен $c > 0,7$
$v = \text{свыше } 1,5$	
При всех скоростях канатной откатки	$c > 0,7$

Расстояние со стороны, противоположной проходу между креплением и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава, должно быть $a \geq 0,25$ м при деревянном и $a \geq 0,2$ м при бетонном креплении (фиг. 12 и 13).

В выработках, пройденных до опубликования указанных выше правил и не имеющих проходов, требуемых правилами безопасности, должны быть устроены ниши на расстоянии не более 25 м одна от другой. Ниши должны быть шириной не менее 1,2 м, глубиной 0,7 м и высотой, равной высоте выработки (фиг. 14).

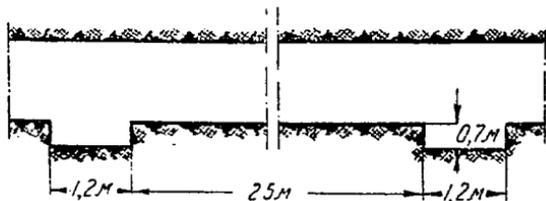


Фиг. 13.

Устройство проходов для людей между путями в двухпутевых выработках запрещается. Зазор между подвижным составом (электровозами или вагонетками) при двухпутевых выработках (фиг. 13) должен быть $b \geq 0,2$ м.

В местах, где производится сцепка и расцепка вагонеток (на рудничном дворе и на площадках у бремсбергов и уклонов), должны быть устроены проходы: для однопутевых выработок с одной стороны шириной не менее 0,7 м, а для двухпутевых — с обеих сторон по 0,7 м.

Если контактный провод подвешен ближе к какой-либо стороне откаточной выработки, то свободные проходы должны устраиваться на противоположной стороне этой выработки.



Фиг. 14.

Детальные размеры откаточных выработок на прямых и криволинейных участках пути приведены в приложении 1 (табл. I—VI).

Глава II

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ

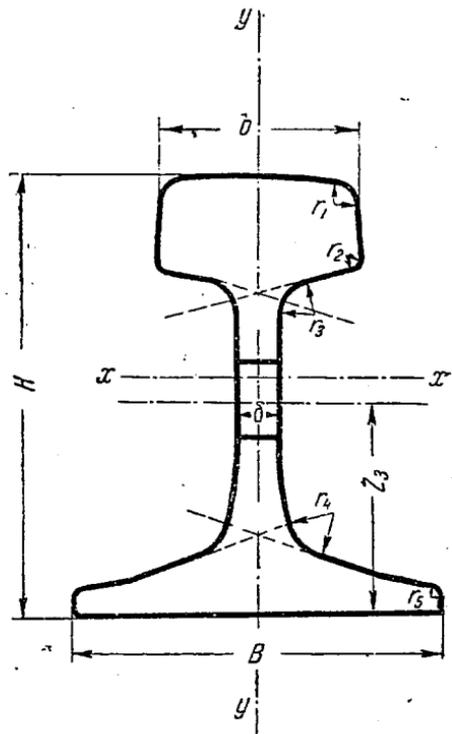
§ 1. Рельсы

Главной составной частью верхнего строения пути являются рельсы; к ним предъявляются самые строгие требования как с точки зрения материала, из которого они изготовляются, так формы и размера их.

Рельсы при любом типе опор работают на изгиб, передавая давление от колес подвижного состава на свои опоры. Чем большие прогибы позволяют иметь рельсу его опоры, тем более мощный в поперечном сечении необходимо иметь рельс.

Тип рель- сов	Размеры рельсов (фиг. 15)						I_x см ⁴	I_y см ⁴	W_H см ³	W_B см ³
	q кг/м	H мм	B мм	b мм	δ мм	F см ²				
P-44	44,4	142	114	68	13,5	56,28	1579,00	—	—	215,00
P-40	—	—	—	—	—	51,06	1306,00	—	—	188,00
Ia	43,57	140	125	70	14,0	55,64	1476,11	284,18	212,00	209,75
IIa	38,42	135	114	68	13,0	49,06	1222,54	209,28	180,29	181,95
IIIa	33,48	128	110	60	12,0	42,75	967,98	166,72	155,90	146,86
24	24,04	107	92	51	10,5	32,70	468,00	80,60	87,20	87,00
18	18,06	90	80	40	10,0	23,07	240,00	41,10	56,10	51,00
15	14,78	91	76	37	7,6	18,80	222,00	30,20	51,03	46,60
11	11,20	80,5	66	32	7,0	14,31	125,00	15,10	31,70	30,50
8	8,40	65	54	25	7,0	10,76	59,30	9,62	20,60	16,40
7	6,93	65	50	25	5,5	8,85	53,8	7,17	18,20	15,20

- q — вес 1 пог. м рельса в кг;
 H — высота рельса в мм;
 B — ширина подошвы в мм;
 b — ширина головки в мм;
 δ — толщина шейки по середине в мм;
 F — площадь поперечного сечения рельса в см².
 I_x — момент инерции сечения относительно горизонтальной нейтральной оси x в см⁴;
 I_y — то же относительно вертикальной нейтральной оси y в см⁴;
 W_H — момент сопротивления сечения рельса по нижнему волокну (по подошве) в см³;
 W_B — то же, по верхнему волокну в см³;



Фиг. 15.

Форма поперечного сечения существующих рельсов определяется наиболее выгодной формой бруса, работающего на изгиб. Таким брусом, как известно, является двутавровая балка, но так как рельсы от действия на них ходовых частей подвижного состава со временем изнашиваются, то верхней полке двутавровой балки придается утолщение и запас на износ, а для создания устойчивости рельсов от горизонтальных усилий и удобства их прикрепления к опорам делают нижнюю полку значительно более широкой, чем верхнюю. Для плавного контакта между бандажами колес и рельсами верхняя полка получает округленные очертания в углах сечения.

В настоящее время широкое распространение в СССР имеют рельсы типа Виньоль (фиг. 15), которые с успехом применяются на основных железнодорожных магистралях и в промышленном транспорте. Как видно из фиг. 15, нижняя полка такого типа рельса мало отличается от полки двутавровой балки.

Материал, из которого изготавливаются рельсы, должен быть не только достаточно твердым (хорошо сопротивляться истиранию), но в то же время эластичным, упругим и недорогим. В настоящее время таким материалом для изготовления рельсов повсеместно является литая сталь с удельным весом от 7,83 (в СССР) до 7,86 (в других странах).

Физико-механические свойства рельсов зависят не только от химического состава стали, но и от термической обработки их. Известны случаи, когда рельсы одного и того же состава материала оказывались различного качества по своей ценности в работе.

Данные о рельсах наиболее ходовых размеров для широкой и узкой колеи приведены в табл. 3.

Длина одного звена рельса широкой колеи 12,5—15 м, а для узкой колеи до 8 м.

Все исчерпывающие данные по рельсам приведены в приложении I (табл. XI—XIV).

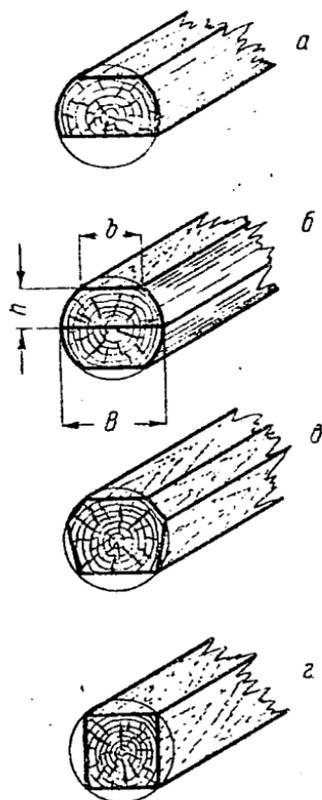
§ 2. Шпалы

Шпалы являются рельсовыми опорами и служат, с одной стороны, для взаимной связи рельсов между собой и, с другой, — для передачи давления от рельсов балласту.

Материал для изготовления шпал может применяться самый разнообразный: дерево, бетон, железобетон, асбестобетон и др., но

большинство шпал изготавливается из дерева в силу значительных преимуществ деревянных шпал перед другими.

К преимуществам деревянных шпал относятся: большая эластичность их, вполне достаточный вес и большой коэффициент трения для



Фиг. 16.

обеспечения устойчивости пути, легкость изготовления и обработки, дешевизна, удобство прикреплении рельсов, удобство подбивки и ремонта пути на любом его участке и др. К недостаткам деревянных шпал относятся: сгораемость и недолговечность, если не принимаются меры для удлинения их срока службы.

Для изготовления деревянных шпал могут употребляться следующие породы дерева: сосна, ель, пихта, лиственница, дуб, бук, кедр, граб.

Дубовые шпалы хороши, но очень дороги, поэтому чаще всего применяется сосна. Она имеет те преимущества, что отличается большой смолистостью, достаточно вязка и не так быстро загнивает (как, например, ель).

Заготовка шпал, как правило, производится осенью или зимой, т. е. в период прекращения роста дерева. Это делается для того, чтобы не происходило загнивания шпал.

По форме поперечного сечения шпалы могут быть: брусковые (а), пластинные (б), обрезные (в) и прямоугольные (г) (фиг. 16). Как видно из фиг. 16б, из одного кругляка (или тюльки) получаются две пластинные шпалы, а брусковых обрезных и прямоугольных получается по одной шпале, но зато толщина пластинных шпал при равных условиях будет меньше, чем всех остальных.

Данные о шпалах для узкой колеи приведены в табл. 4.

Таблица 4

Тип шпал	Размеры поперечного сечения				Данные для расчета верхнего строения пути					
	ширина колеи мм	толщина см	Ширина в тонком конце см		Диаметр тюльки см	Расстояние центра тяжести сечения, см		Площадь сечения см ²	Моменты	
			верхней постели	нижней постели		от нижней постели	от центра круга		инерции см ⁴	сопротивления см ³
	S_k	h	b	B	D	Z_1	Z_2	F	I	W
Брусковые										
0	1000	14	13,8	22,5	24	6,6	2,4	304	4597	621
I	1000 и 750	13	10,3	21,0	22	6,1	2,7	253	3206	458
III	750	12	10,0	19,0	20	5,6	2,2	215	2378	353
Пластинные										
II	1000 и 750	12	10,0	26,0	26	5,3	5,3	259	2906	434
IV	750	11	9,6	24,0	24	4,9	4,9	226	2025	329

Длина шпал в зависимости от колеи и типа шпал:

Колея мм	Тип шпал	Длина шпал м
1000	0; I и II	1,80
750	I и II	1,50
750	III и IV	1,50—1,35

6796
ГОС. ПУБЛИЧНАЯ НАУЧ.-ТЕХНИЧЕСКАЯ

Для подземных условий (коренные штреки, квершлагги, капитальные бремсберги и уклоны) рекомендуют применять дубовые или сосновые шпалы, а на всех остальных путях — сосновые.

Размеры шпал приведены в табл. 5

Таблица 5

Тип шпал	Высота, см	Ширина, см		Длина, см	
	h	b	B	для колеи 600 мм	для колеи 900 мм
Брусковая	12	10,0	18,8	110	140
Пластинная	11	9,6	24,0	110	140

Размеры шпал по ОСТ НКЛеса приведены в приложении I (табл. XVII).

§ 3. Балласт

Балластный слой составляет неотъемлемую часть всей конструкции верхнего строения пути и выполняет следующие функции:

1. Увеличивает площадь передачи давления от шпал на нижнее строение пути, в связи с чем последнее не испытывает значительных остаточных деформаций.

2. Обеспечивает устойчивость пути, представляя инертную среду, сопротивляющуюся передвижке шпал, как в продольном и поперечном, так и в вертикальном направлениях.

3. Воспринимает большую часть ударов от движения подвижного состава, являясь как бы упругим буфером между рельсовым путем и его основанием.

4. Является той частью верхнего строения, при помощи которой компенсируются случайные неровности и просадки земляного полотна путем досыпки балласта до требуемого уровня.

5. С помощью балласта быстро отводится вода от путей.

В соответствии с этим к балласту предъявляются следующие требования: материал балластного слоя должен обладать свойствами постепенного увеличения площади давления. Давление должно передаваться балластом в своей толще не вертикально, а под некоторым углом к вертикали. Между частицами балластного слоя должно быть возможно большее трение. Материал, из которого изготавливается балласт, должен обладать упругостью, не задерживать воду, должен быть долговечным и прочным, а также не должен разрушаться от вертикальных давлений, подбивки шпал или выветривания и не выдуваться вентиляционной струей (или ветром). Кроме того, балласт не должен вредно влиять на рельсы, скрепления и шпалы.

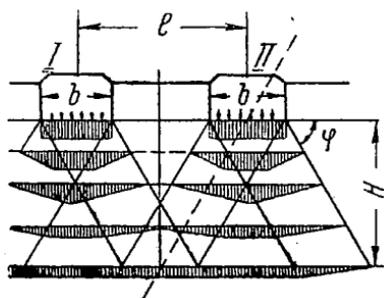
Из сказанного следует, что не всякий материал может служить для балластного слоя (например глина, песок с примесью глины и др.).

В качестве материала для балласта можно рекомендовать: щебень из твердых прочных и неветривающихся пород, некоторые доменные шлаки, щебень менее прочных и крепких скальных пород, галька, гравий, хрящ, очень крупный и чистый песок, средний чистый песок, ракушка, некоторые паровозные шлаки.

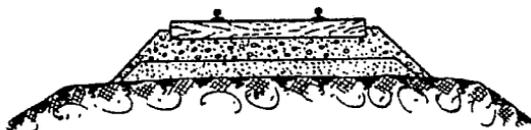
К горным породам, из которых можно получить хороший щебень, относятся: сиенит, диорит, габбро, гранит, порфир, базальт, мелафир, диабаз, песчаники, доломит, гнейс.

Наилучшим является балласт из щебня. Размеры щебня в поперечнике колеблются в пределах 1—5 см; чем крепче и прочнее порода, тем более мелким можно заготовлять щебень.

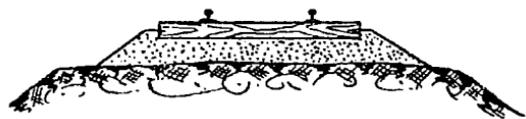
Здесь уместно отметить, что для получения дешевого балласта следует использовать местные породы, расположенные в районе сооружаемого рельсового пути.



Фиг. 17.



Фиг. 18.



Фиг. 19.

Теоретическую толщину балластного слоя, при которой получается равномерное распределение давления на основание пути (почву выработки), можно определить, пользуясь диаграммой распределения давления балластного слоя от шпалы на нижнее строение пути (фиг. 17):

$$H = \frac{l}{2} \operatorname{tg} \varphi, \quad (14)$$

где H — теоретическая толщина балластного слоя в см;

l — расстояние между осями шпал в см;

φ — угол наклона конуса распределения давления в балластном слое, зависящий от качества последнего; $\varphi \geq 45^\circ$ — для лучших сортов балласта; $\varphi \geq 60^\circ$ — для худших сортов балласта.

Практически для промышленных железнодорожных и в частности для подземных путей толщину балластного слоя берут гораздо меньшей (примерно в 2—2,5 раза), чем дает формула (14). Полную теоретическую толщину балластного слоя брать экономически невыгодно, так как дорого стоит транспортирование большого количества балласта слоя к месту настилки путей, что особенно сказывается, если балласт добывается на сравнительно далеком расстоянии от сооружаемого пути. В техническом же отношении, чем толще балластный слой между нижней постелью шпал и основанием пути, тем совершеннее получается рельсовый путь.

Балластный слой можно устраивать двояко:

1) в два слоя, из которых нижний отсыпается из песка или шлака, а верхний — из щебня или гравия (фиг. 18);

2) в один слой, отсыпаемый из песка или иного материала подходящего качества (фиг. 19).

В табл. 6 приведена толщина балластного слоя подъездных и заводских путей.

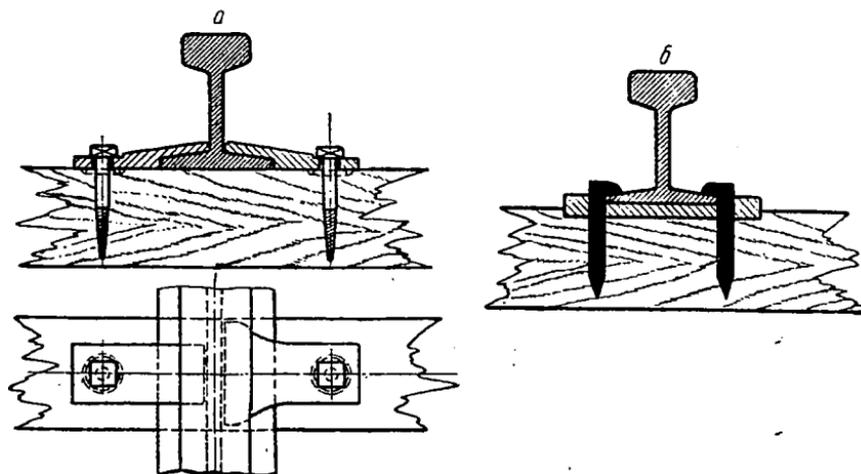
Таблица 6

Тип грунта	Тип балластного слоя	Ширина колеи 1524 мм			Ширина колеи	
		категория путей			1000 мм	750 мм
		I	II	III		
Обыкновенный	Двухслойный толщиной, см					
	верхнего слоя	25	15	15	15	15
	подушки	20	15	10	10	10
	Однослойный толщиной, см	45	30	25	25	25
Скальный	Однослойный толщиной, см	30	25	20	15	15

В подземных условиях на главных откаточных путях толщина балластного слоя под шпалами должна быть не менее 10—12 см.

§ 4. Типы скреплений рельсов с опорами и отдельные их элементы

Существующие типы рельсовых скреплений делятся на две группы: 1) скрепления нераздельные (фиг. 20) и 2) скрепления раздельные (фиг. 21).



Фиг. 20.

Первая группа скреплений характеризуется тем, что рельсы прикрепляются к опоре непосредственно (фиг. 20, а) или при наличии подкладок (фиг. 20, б). Как рельс, так и подкладки прикрепляются к опорам при помощи скреплений. При этом способе смена рельсов, исправление рельсовой колеи и т. п. отражаются на опорах, и механический износ опор (шпал) увеличивается. Однако такого рода скрепления применяются весьма широко почти на всех путях, в частности на подземных шахтных путях.

Вторая группа характеризуется наличием под рельсом специальных подкладок, самостоятельно прикрепляемых к опорам; рельс прикрепляется только к подкладке (фиг. 21). В этом случае все перестановки рельсов не затрагивают опор, поэтому их механический износ уменьшается.

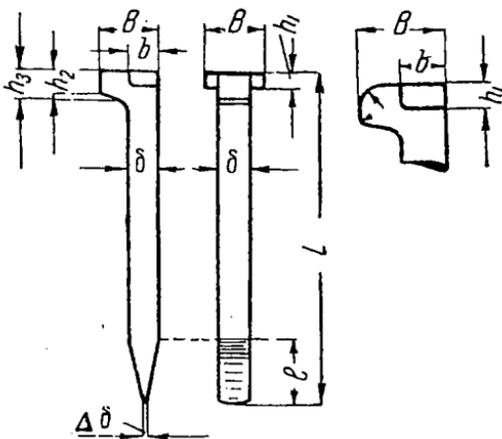
Раздельные скрепления могут иметь место для передвижных путей на открытых горнорудных разработках.

Как было указано, скрепление состоит из собственно закрепителей и из рельсовых подкладок, хотя в некоторых случаях последние могут и отсутствовать, например на вспомогательных подземных шахтных путях.

В качестве закрепителей применяют: костыли (фиг. 20, б), шурупы (фиг. 20, а), болтовые скрепления (фиг. 21) и ряд других.

Широкое применение получили костыли как в промышленном транспорте вообще, так и на путях подземного транспорта; костыли непосредственно забиваются в тело опоры (шпалы) или в предварительно заготовленные для них отверстия. Для изготовления костылей употребляют мягкую литую сталь. На фиг. 22 показаны нормальные костыли для широкой и узкой колеи. Костыль по своей форме разделяется на три составные части: головку, стержень и лезвие.

Головка костыля в нижней части должна соответствовать очертанию подошвы рельса, в верхней — иметь форму, удобную для забивки



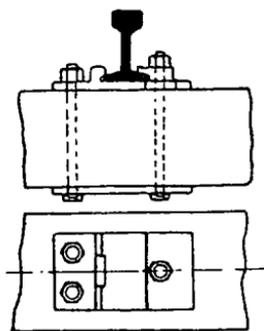
Фиг. 22.

костыля и плотного прижатия подошвы рельса к опоре. Кроме того, головка костыля должна иметь специальные приливы для удобства выдергивания его при ремонте пути.

Стержень костыля по длине должен быть согласован с типом скрепления и толщиной опоры во избежание ее сквозной пробивки; кроме того, он должен гарантировать достаточное зажатие волокнами дерева. Поперечное сечение стержня костыля чаще устраивается квадратным, однако, для большего сопротивления костылей отжатию

рационально иметь стержень прямоугольного сечения, при этом более длинная сторона должна располагаться вдоль оси пути.

Лезвие служит для того, чтобы облегчить забивку костыля и для плотного укрепления его в теле опоры, поэтому оно должно иметь соответственную заостренную форму. При забивке костыля в предварительно заготовленные отверстия диаметром в $\frac{2}{3}$ толщины костыля (по германским и американским опытам) форма лезвия отчасти теряет



Фиг. 21.

свое значение. Излишняя длина лезвия уменьшает полезную длину стержня костыля.

Размеры костылей нормального типа (фиг. 22) показаны в табл. 7.

Таблица 7

Тип рельсов	Размеры, мм								Вес одного костыля, кг
	L	l	δ	B	b	h ₁	h ₂	h ₃	
Ia, IIa и IIIa	170	30	16	33	17	11	19,4	21	0,358
IVa	155	25	14	28	15	8	14,5	16	0,257
24 (18)	130	25	14	28	15	8	14,5	16	0,212
15 и 18	110	24	12	23	13	7	10,0	12	0,130
11	100	22	11	21	12	6	9,5	11	0,099
8 и 7	90	20	10	19	11	5	8,0	10	0,073

Можно определить основные размеры костыля и без таблицы, если известна высота рельса, а именно (фиг. 22): 1) толщина костыля $\delta = (1/8 \div 1/9) H$; 2) длина стержня $L - (l + h_3) = (10,5 \div 11)\delta$; 3) длина лезвия $l = 3 \cdot \delta$, где H — высота рельса.

Рельсовые подкладки (фиг. 20, б) служат для следующих целей: 1) увеличивают площадь передачи давления от рельса на шпалу; 2) включают в работу на отжатие все костыли (или шурупы, если таковые применяются), участвующие в скреплении; 3) воспринимают поперечные сдвигающие силы на закраины, предохраняя наружные костыли от истирания подошвой рельса; 4) устраняют при наклонной пришивке рельсов (при соответственной конструкции) необходимость делать зарубку шпал; 5) воспринимают большую часть трения, связанного с колебаниями рельсов, уменьшая износ опор (шпал).

Кроме того, как было указано, в отдельных скреплениях подкладки являются промежуточным элементом для прикрепления к нему рельса без затрагивания опоры (фиг. 21).

Подкладки применяют различной формы и разделяют в основном на две группы: 1) подкладки для нераздельных скреплений и 2) подкладки для раздельных скреплений.

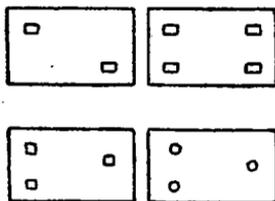
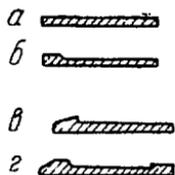
Подкладки для нераздельных скреплений изготовляют: плоские без закраин (фиг. 23, а), плоские с закраинами или с ребрами (фиг. 23, б) и клинчатые с ребордами (фиг. 23, в и г) — с наклонной верхней гранью, избавляющей от необходимости делать затеску шпал для подуклонки, о чем подробно будет сказано ниже.

По числу дыр различают подкладки двухдырные, трехдырные и четырехдырные (фиг. 23).

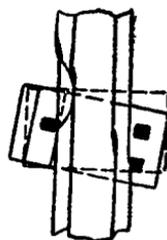
Двухдырные подкладки применяют только на прямых участках пути. Во избежание раскалывания шпал при забивке костылей без заготовки отверстий последние располагаются по диагонали. Диагональное расположение дыр при неправильном содержании пути является причиной поворачивания и перекоса подкладок от вибрации пути. Ребордчатые подкладки при недостаточной высоте реборды (менее 1 см) заскакивают под подошву рельса, в результате чего происходят выколы подошвы рельсов (фиг. 24).

На деятельных путях на прямых участках применяются трехдырные подкладки. При применении четырехдырных подкладок, во избежание раскалывания шпал при забивке костылей, требуется предварительная заготовка отверстий для костылей. Четырехдырные подкладки можно применять и при двухкостыльном укреплении, но тогда костыли забивают поочередно по двум диагоналям.

Наружные костыли воспринимают от подошвы рельсов отжимающие усилия. Внутренние костыли работают, главным образом, на выдергивание и включаются в работу на сопротивление отжатию только при наличии подкладок.



Фиг. 23.



Фиг. 24.

Для предохранения наружного костыля от быстрого износа подкладки устраивают с закраинами — ребордами, принимающими все боковое давление. Поэтому в трехдырных ребордчатых подкладках достаточно забить один костыль снаружи и два изнутри, а в плоских трехдырных подкладках при отсутствии закраин для уменьшения износа от отжимающих давлений приходится снаружи забивать два костыля.

Отверстия в подкладках делают прямоугольными или круглыми в зависимости от типа закрепления (костыль или шуруп).

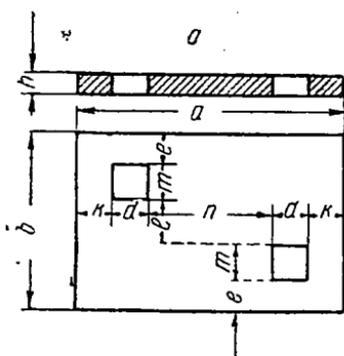
На фиг. 25, а и б показаны стандартные подкладки для рельсов узкой колеи. Данные об этих подкладках приведены в табл. 8.

Таблица 8

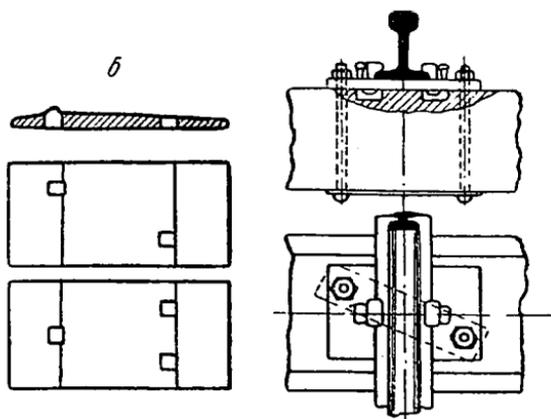
Тип рельсов	Размеры, мм								Вес подкладки, кг	Площадь подкладки, см ²
	a	b	h	t	d	n	e	k		
7	98	75	8	12	12	50	15	12	0,444	73,5
8	102	75	8	12	12	54	15	12	0,463	76,5
11	118	100	8	13	13	66	19	13	0,721	83,5
15	132	100	9	14	14	76	18	14	0,905	99,0
18	150	100	10	14	14	79	18	21,5	1,147	150,0
24 (двухдырные, клинчатые)	200	100	—	16	16	91	16	38	1,978	200,0
24 (трехдырные, клинчатые)	200	100	—	16	16	91	16	38	1,957	200,0

Подкладки для отдельных креплений присоединяются к опоре самостоятельно, независимо от прикрепления рельса. В качестве

прикрепителей подкладок к опорам применяют шурупы; костыли и анкерные болты. Для прикрепления рельсов к подкладкам в последних устраиваются гнезда с шипами для закрепления глухих головок болтов.



Фиг. 25.



Фиг. 26.

Гнезда можно устроить в теле подкладки непосредственно или путем специальной выштамповки подкладок. В болтовых креплениях (например Рудерта) гнезда для клиновых закрепителей устроены в теле шпалы (фиг. 26). Площадь подкладки в раздельных креплениях обычно больше, чем у подкладок в нераздельных креплениях.

Стоимость костылей и подкладок указана в приложении 1.

§ 5. Скрепление рельсов по их длине и противоугонные устройства

Рельсы, уложенные в пути, состоят из отдельных звеньев определенной длины, которые соединяются в стыках тем или иным способом.

В настоящее время в основном существуют два способа соединения рельсов по их длине: 1) соединение стыкаемых концов при помощи накладок, стягиваемых болтами; 2) соединение стыкаемых концов сваркой.

В первом случае соединения называются **механическими стыками**; они весьма широко распространены на промышленных магистральных железнодорожных путях.

Во втором случае соединения называются **физическими стыками**. Эти стыки осуществляются термитной, электрической и автогенной сварками. Такого рода стыки имеют широкое применение лишь на городских железнодорожных путях, где головки рельсов находятся на уровне поверхности мостовой.

На шахтах безопасных по газу и пыли, при устойчивой почве можно рекомендовать в виде опыта электросварку рельсовых стыков, благодаря чему будет создан более надежный и прочный путь.

Существует много разновидностей механических стыков рельсов. Все они отличаются не только разнообразной формой стыковых накладок и подкладок, но и формой специально обрабатываемых стыковых

концов рельсов. Однако широкое применение получили механические стыки, не требующие обработки стыкаемых концов рельсов. Поэтому рассмотрим только этот тип механических стыков.

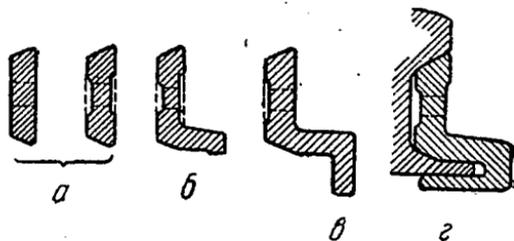
Обычные механические стыки дают рельсам возможность изменять свою длину от колебания температуры. Для этого стыковые накладки не должны заклиниваться намертво в рельсовой пазухе — натяжение стыковых болтов должно быть ограничено. Ограничение силы прилегания стыковых накладок к рельсам вызывает перемещения, связанные с трением накладок о рельс при проходе по стыкам подвижного состава, и, как следствие, износ накладок и рельсов.

Кроме того, в стыке образуются вредные уступы из-за разности высот головок рельсов. Таким образом требования, предъявляемые к механическим стыкам, противоречивы: для лучшей работы соединения требуется плотное прилегание накладок к рельсам, а для возможности изменения длины рельсов желательно иметь более свободное прилегание.

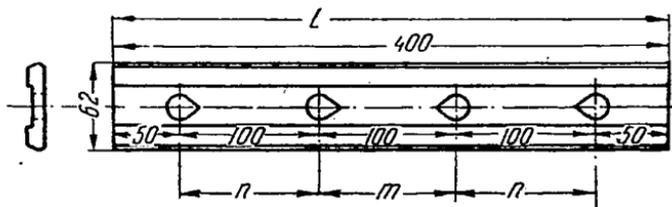
Основное назначение стыковых накладок — замена ими рельса в стыке. В силу этого стыковые накладки по своей мощности не должны уступать рельсу при сопротивлении вертикальным и горизонтальным усилиям. Далеко не все применяемые в настоящее время накладки полностью отвечают этому требованию: очень часто они являются более слабыми по сравнению с рельсом.

На фиг. 27 показаны стыковые накладки, которые разделяются на четыре типа: 1) плоские накладки (фиг. 27, а) одинакового сечения или с утолщениями вверху и внизу; 2) уголковые накладки (фиг. 27, б); 3) фартучные накладки (фиг. 27, в) и 4) накладки-подкладки (фиг. 27, г).

На фиг. 27 показаны стыковые накладки, которые разделяются на четыре типа: 1) плоские накладки (фиг. 27, а) одинакового сечения или с утолщениями вверху и внизу; 2) уголковые накладки (фиг. 27, б); 3) фартучные накладки (фиг. 27, в) и 4) накладки-подкладки (фиг. 27, г).



Фиг. 27.



Фиг. 28.

Плоские накладки слабо сопротивляются вертикальным и особенно горизонтальным усилиям, так как момент сопротивления их относительно вертикальной оси очень мал, зато они симметричны относительно горизонтальной оси.

Уголковые и фартучные накладки имеют тот недостаток, что нейтральные их оси не совпадают с нейтральными осями рельса, поэтому они при изгибе отжимаются от рельса.

Четвертый тип накладок применяется редко.

Длина накладок по опытам не имеет особого значения, и чрезмерное удлинение их нецелесообразно. Вполне достаточную длину имеет четырехболтовая накладка. Если накладка одновременно является и противоугонным приспособлением (см. ниже), она охватывает шпалу, длина ее увеличивается, и число болтов увеличивается до 6 шт.

В промышленном транспорте, в частности на шахтных подземных путях, применяют накладки плоские с грушевидными отверстиями (фиг. 28).

Размеры нестандартных накладок для некоторых шахтных путей указаны в табл. 9.

Таблица 9

Высота рельса мм	Размеры накладок, мм					Вес одной накладки кг	Тип накладки
	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>L</i>	<i>m</i>	<i>n</i>		
65	47,5	8,0	270	70	70	0,80	Плоская
75	53,0	8,5	300	75	75	0,98	
80	55,0	10,0	400	100	94	1,43	
90	58,0	11,0	400	100	100	1,75	Угловая
91	60,0	10,0	400	100	100	1,83	Плоская и угловая

Типы стандартных накладок и их размеры указаны в табл. 10.

Таблица 10

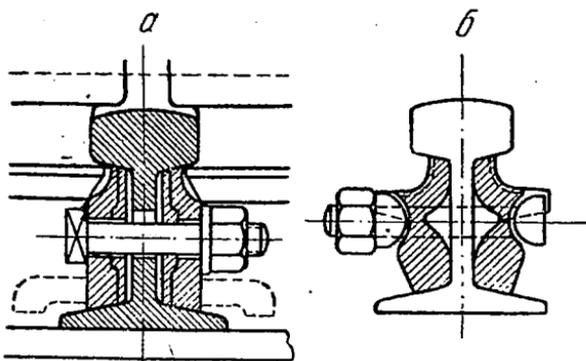
Тип рельсов	Вес одной накладки	Площадь сечения накладки, см ²	Момент инерции пары накладок отно- сительно горизон- тальной оси
7	0,583	3,68	13,88
8	0,687	3,49	10,21
11	1,91	7,11	32,00
15	2,78	10,12	56,90
18 (плоская)	2,33	8,50	41,90
18 (угловая)	3,03	10,9	69,80
24 (плоская)	3,50	13,16	97,80
24 (угловая)	4,22	15,67	136,70

Стыковые болты служат для поддержания стыковых накладок в постоянном и плотном прилегании к рельсам. Диаметр болта рассчитывается на растяжение и срезывание. Особо мощные болты приходится применять на передвижных путях открытых горнорудных разработок (фиг. 29, а и б).

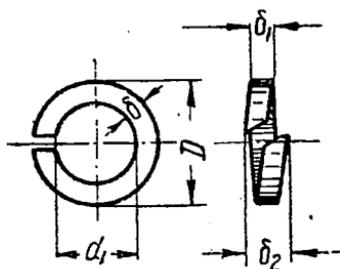
Чтобы гарантировать постоянное натяжение болтов, применяют специальные пружинные шайбы (фиг. 30).

Для возможности завинчивания гаек болтов (во избежание их провертывания) головке болта придают несимметричную форму (фиг. 31). Такого рода головки болтов при попытках к провертыванию

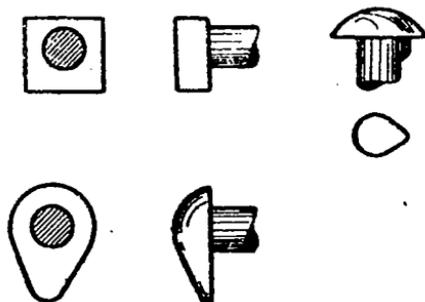
будут упираться в горизонтальную полку накладки и создавать необходимый упор. Вместо несимметричной головки часто применяют специальную форму стержня болта с приливом в пределах толщины накладок (фиг. 28) и устраивают соответственные дыры в последних.



Фиг. 29.



Фиг. 30.



Фиг. 31.

Для предохранения гаек болтов от среза при сходах с рельсов колес подвижного состава головки болтов направляются в стыке в разные стороны (часть внутрь колеи, а часть наружу, см. фиг. 32).

В табл. 11 показаны диаметры и вес болтов для разных типов рельсов.

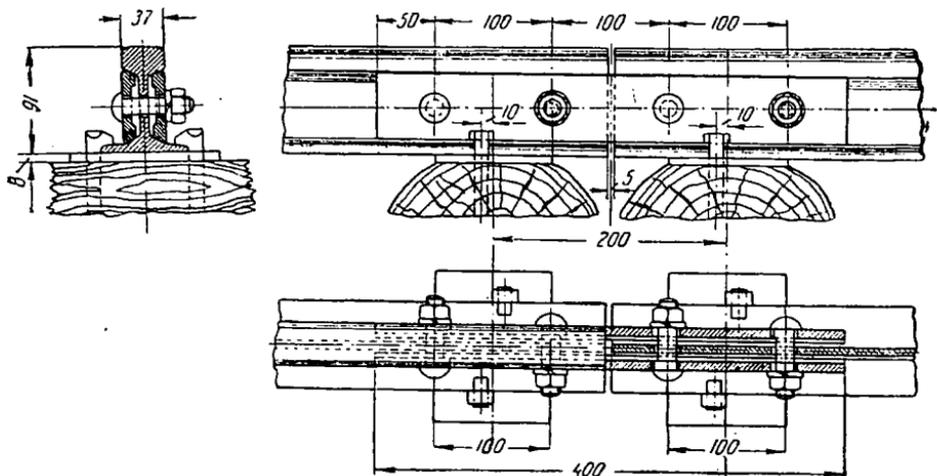
Таблица 11

Тип рельсов	Диаметр болта мм	Вес на 100 шт., кг	
		болт с прямоугольной или квадратной головкой	болт с грушевидной головкой
Ia, IIa, IIIa . . .	22	69,10	56,10
IVa и легче . .	19	43,60	35,50

Раньше стыки располагались на опорах. При этом каждый рельс работал по существу самостоятельно, и опоры быстро расшатывались,

а путь в вертикальной плоскости оказывался крайне беспокойным, что сильно влияло на быстрый износ подвижного состава.

Впоследствии пришли к удачному решению располагать рельсовый стык не на опоре, а в промежутке между опорами. В этом случае эластичность стыка достигается путем использования упругости самого рельса, концы которого, представляя консоли, создают мягкость перехода за счет упругих прогибов. Такого рода стыки называются с т ы к а м и на весу и имеют большое распространение.



Фиг. 32.

На фиг. 32 изображен стык, нередко встречающийся в подземных шахтных путях. На фиг. 33 показано устройство стыка при больших нагрузках и скоростях.

При применении контактных электровозов рельсы являются обратным электрическим проводом, идущим к отрицательной шине подстанции, питающей ток контактную электровозную сеть.

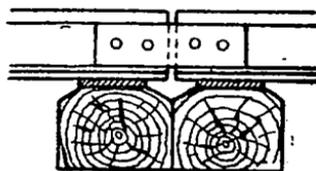
Наличие рельсовых стыков увеличивает электрическое сопротивление обратного провода (рельсов), уменьшая его проводимость. Хотя стыки рельсов и соединяются накладками, но последние покрываются ржавчиной и дают плохой контакт. Ввиду этого рельсовые стыки снабжают медными соединениями, улучшающими их проводимость.

Весьма распространенное стыковое соединение показано на фиг. 34, а. Оно представляет тонкую медную пластинку сечением 50 мм^2 , снабженную на концах медными головками диаметром 16 мм . Эти головки вставляются в соответственные дыры в соседних рельсах, затем расчеканиваются в точках а и б (фиг. 34, б). Во избежание повреждений эти соединения вставляются под накладки. Такие или подобные им соединения должны быть на всех стыках обеих ниток пути.

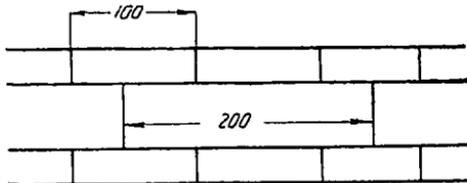
На фиг. 34, в показано стыковое соединение, располагаемое снаружи накладок. Оно представляет отрезок голого медного провода сечением 50 мм^2 с двумя наконечниками для присоединения к рельсу. Иногда медные стыковые соединения просто приваривают к поверхности соединяемых рельсов. В шахтах, не опасных по газу и пыли (при устойчивой почве) можно сваривать даже рельсовые стыки между собой, как это делается в городском трамвайном хозяйстве. Однако не следует забывать, что сваренные рельсы при частом ремонте пути могут дать отрицательный результат, поэтому в шахтах с контактными электровозами чаще всего применяют электрический способ соединения рельсовых стыков, изображенный на фиг. 34, а и б.

При отсутствии меди можно применять заменители, например из железных стержней или полос, присоединяемых тем или иным способом (в том числе и сваркой) к концам двух соседних рельсов.

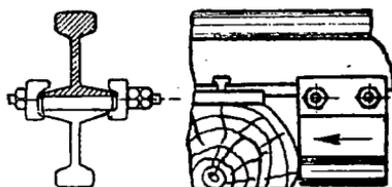
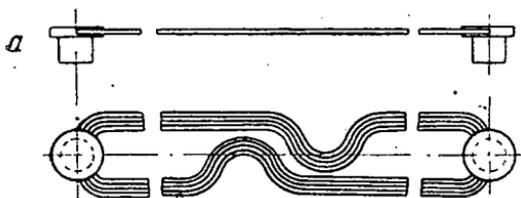
Помимо стыковых соединений, для уменьшения сопротивления рельсового пути при возможных повреждениях рельсовых стыков оба рельса одной и той же колеи должны надежно соединяться электропроводимыми частями (железные полосы, старые канаты и пр.) через каждые 100 м пути. При двухколейном пути рельсы разной колеи должны тем же способом соединяться по крайней мере через 200 м. На фиг. 35 показана схема такого соединения.



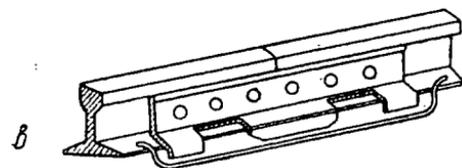
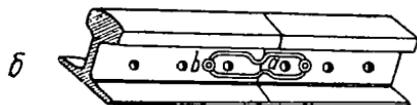
Фиг. 33.



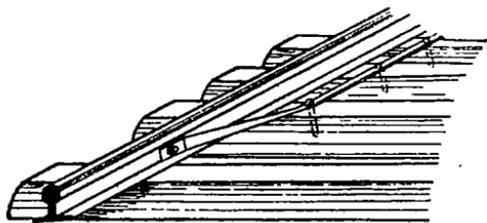
Фиг. 35.



Фиг. 36.



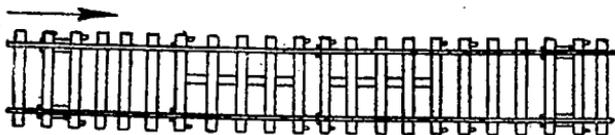
Фиг. 34.



Фиг. 37.

При слабых прикрепителях (костыли) и легкоподвижном балласте (песчаный) наблюдается угонка рельсового пути на прямых участках в сторону движения, а на уклонах по направлению спуска — тем ббльшая, чем больше уклон пути и чаще торможение на нем (здесь имеется в виду небольшой уклон пути, на котором может применяться локомотивная тяга).

Для предотвращения угона пути необходимо принимать меры к более прочному закреплению рельсового пути в балласте и к более мощному прикреплению рельса на опорах. При хорошей связи рельсов с опорой, но легкоподвижном балласте путь угоняется вместе со шпалами, наоборот, при хорошем устойчивом балласте, но плохих закреплениях, рельсы перемещаются по своим опорам.



Фиг. 38.

На фиг. 36 и 37 показаны две конструкции противоугольных устройств в случае перемещения рельсов по своим опорам, а на фиг. 38 — противоугольное устройство в случае перемещения пути вместе со шпалами.

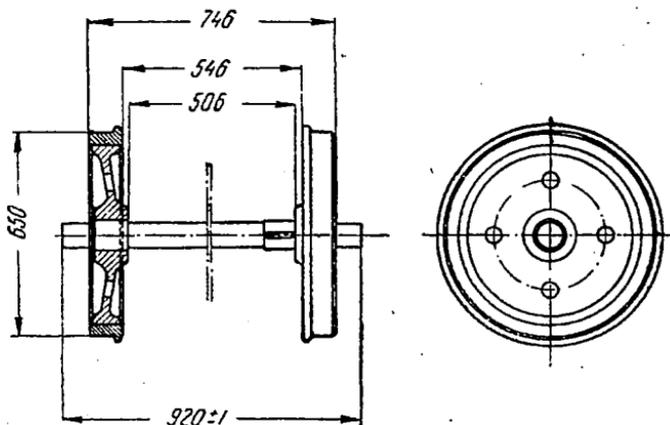
Глава III

УСТРОЙСТВО РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ

§ 1. Построение рельсовой колеи для прямолинейного пути

Чтобы правильно построить рельсовую колею, необходимо знать элементы ходовых частей подвижного состава: их форму, размеры и допуски.

Ходовыми частями в этом случае обычно называют ряд колесных пар (колесная пара состоит из одной оси и двух колес), соединенных в определенную систему между собой и с кузовом поковки.



Фиг. 39.

Рассмотрим кратко двухосную повозку при движении ее на прямолинейном пути, где отметим некоторые особенности ходовых частей, а именно:

1. Колеса могут иметь бандажи (или ободья), которые надеваются в горячем состоянии на колесные центры (фиг. 39), причем бандажи колес имеют реборды.

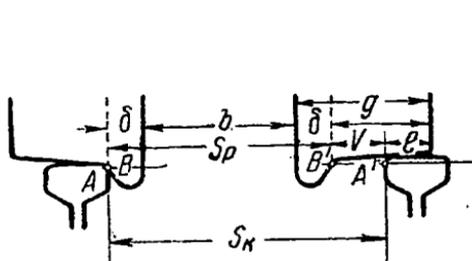
2. Бандажи колес имеют коническую форму (фиг. 40).

3. Колеса могут быть наглухо насажены на свои оси (например, колеса рудничных электровозов — фиг. 39) или свободно вращаться

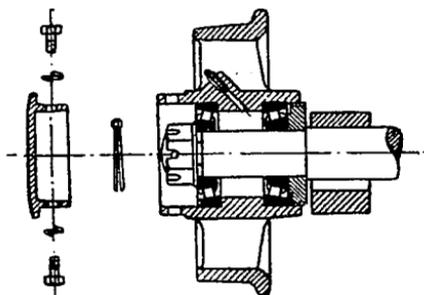
на них (например рудничные вагонетки на шариковых или роликовых подшипниках — фиг. 41).

4. При глухой насадке колес оси их должны вращаться в буксах параллельно одна другой и перпендикулярно продольной оси повозки.

5. Реборды бандажей колес удерживают ходовые части повозки в пределах рельсовой колеи, препятствуют сходу с рельсов и воспринимают боковые усилия.

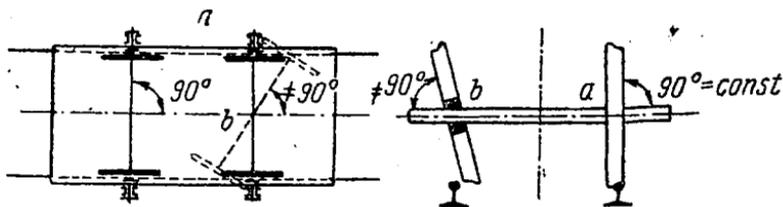


Фиг. 40.



Фиг. 41

Нормальный случай расположения колесных осей на прямом пути показан на фиг. 42 (слева сплошные линии): оси параллельны одна другой и перпендикулярны продольной оси повозки и пути; колесный полускат занимает среднее положение на рельсовой колее, т. е. для обоих колес имеются зазоры между головками рельсов и ребордами. При таком расположении гарантируется безопасность движения, и получается минимальное сопротивление движению, так как боковое трение отсутствует. Нарушение этих условий, т. е. поворот оси в положение, показанное пунктиром (фиг. 42), или общий перекос ходовых частей вызывает не только дополнительные трения, но и опасность схода с рельсов. На фиг. 42 (справа) показан перекос колеса, который может произойти в результате износа втулки в случае свободного вращения колеса на оси. Такой случай может привести к сходу подвижного состава с рельсов.



Фиг. 42.

Кроме того, при свободно вращающихся колесах заторможение одного колеса может повести к повороту оси в положение, показанное на фиг. 42 пунктиром.

Как отмечалось выше, бандажи колес подвижного состава делаются коническими. Применение таких бандажей способствует большей устойчивости пути при подуклонке (см. ниже), центральному расположению колесных скатов и смягчению боковых ударов.

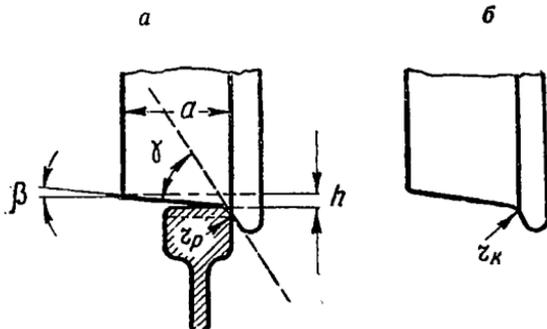
Коничность бандажей (фиг. 43, а) практически принимается: для широкой колеи:

$$\operatorname{tg} \beta = h : a = \frac{1}{20};$$

для узкой (шахтной) колеи:

$$\operatorname{tg} \beta = h : a = \frac{1}{40}.$$

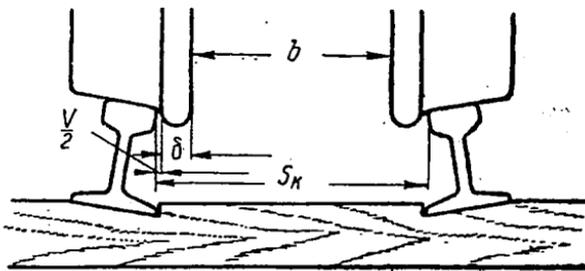
Но следует отметить, что для узкой колеи промышленного транспорта до сих пор существует большое разнообразие форм бандажей в поперечных профилях и нет еще утвержденных норм.



Фиг. 43.

Для широкой колеи при коничности бандажей в $\frac{1}{20}$ рельс пришивают к шпалам с наклоном внутрь колеи (фиг. 44). При таком расположении рельсов и коничности бандажей достигается большая устойчивость пути (получается перпендикулярность оси рельса конической поверхности катания бандажа), уменьшается плечо опрокидывающего момента рельса, и увеличивается плечо сопротивляющегося момента. Для этой цели, в местах соприкосновения подошвы рельса со шпалой (фиг. 44), в последней вырезают так называемую подуклонку для рельсов, но чаще всего никакого выреза в шпалах не делают, а применяют специального профиля подкладки (см. фиг. 23, в и г).

Для подземного транспорта, где происходит движение с небольшими сравнительно скоростями и небольшой нагрузкой, приходящейся на



Фиг. 44.

ось подвижного состава, рельсы укладываются на пути без подуклонки, чем до некоторой степени упрощается конструкция верхнего строения пути. Поэтому для шахтных вагонеток берется небольшая величина коничности поверхности катания колес.

Вопрос относительно подуклонки для главных подземных путей до сих пор еще по-настоящему не проработан. Однако, нужно полагать,

что при настилке шахтных путей устраивать подуклонку следовало бы. Это даст большое преимущество в смысле устойчивости пути, а следовательно, приведет к сокращению и ремонтных путевых работ.

Большое значение для надежности (безопасности), плавности и устойчивости движения с наименьшим трением имеет согласованность формы поверхности катания колес и ее размеров с формой очертания головки рельса. От правильной формы бандажа и согласования ее с профилем головки рельса, кроме того, зависит степень износа бандажей и рельсов.

Поэтому поверхность катания колес подвижного состава должна быть правильной геометрической формы; радиусы очертания в углах сечения рельса r_p (фиг. 43, а) и выкружки бандажа колеса r_k (фиг. 43, б) должны иметь соотношения $r_p \leq r_k$. Угол наклона грани (фиг. 43, а) для колес шахтного транспорта берется $\gamma = 62^\circ$.

Рельсовый путь на прямом участке состоит из двух параллельных рельсов. В пределах переездов, прямых пересечений в одном уровне и в некоторых других случаях применяются так называемые контррельсы, тогда вместо двух получаются четыре рельса — нитки.

В зависимости от неровностей путей, подвижной состав имеет извилистый ход, перемещаясь в пределах рельсовой колеи и прижимаясь то к одному, то к другому рельсу (фиг. 40).

Эти боковые перемещения по конструкции бандажей, снабженных ребордами, происходят в пределах зазора, имеющегося между рельсами и колесным скатом. Для уточнения величины и значения этого зазора, называемого игрой в колее, устанавливают понятие о рельсовой и колесной колеех.

На фиг. 40 горизонтальная линия, проходящая через точки A, A' рельсов и B, B' реборд бандажей, называется линией колеи, а точка B есть точка касания выкружки реборды и боковой ее наружной грани. Пересечение линии колеи с внутренними гранями головок рельсов дает рабочие канты рельсов — точки A и A' , а пересечение с наружными гранями реборд — наружные рабочие канты реборд B и B' .

Расстояние, измеренное на горизонте линии между рабочими кантами рельсов, дает ширину рельсовой колеи, а расстояние между наружными рабочими кантами реборд дает ширину колесной колеи.

Далее, пользуясь следующими обозначениями (фиг. 40):

S_k — ширина рельсовой колеи,

S_p — » колесной колеи (или ширина колесной пары),

b — » насадки,

δ — толщина реборды,

V — игра в колее,

e — ширина перекрыши,

g — полная ширина обода (бандажа) колеса,

можем написать зависимость

$$S_k = S_p + V = b + 2\delta + V. \quad (15)$$

Таким образом перемещение подвижного состава происходит в пределах игры в колее, а минимальный размер игры V должен гарантировать от зажатия колесного ската в рельсовой колее.

Ширина перекрыши определится:

$$e + S_{\kappa} = g + b + \delta,$$

откуда

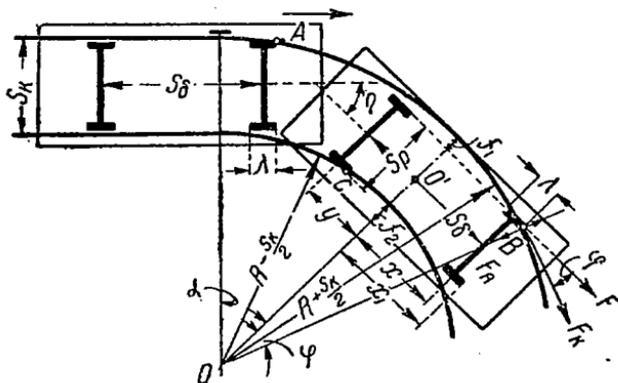
$$e = g + b + \delta - S_{\kappa}. \quad (16)$$

Следует отметить, что если взять очень малую величину V , то будет зажатие реборд колес в рельсовой колее, следовательно появится дополнительное сопротивление движению и большой износ рельсов и ходовых частей подвижного состава. Наоборот, если принять величину V чрезмерно большой, то будут происходить сильные боковые раскачивания подвижного состава (а может быть и сход его с рельсов), что в свою очередь будет расшатывать рельсовый путь и вредно влиять на ходовые части сосудов.

Поэтому игра в колее должна быть умеренной, опробированной хорошей практикой работы колесного транспорта. Для подземных шахтных путей игра в колее берется $V = 10$ мм (редко до 15 мм).

§ 2. Уширение колеи на криволинейных участках путей

На криволинейных путях делается уширение колеи, чтобы дать возможность подвижному составу пройти криволинейный путь с меньшими усилиями, приложенными к нему извне, т. е. облегчить вписывание движущегося сосуда в кривую. Этот переход, ввиду наличия жесткой базы и глухой насадки колес на ось, всегда бывает сопряжен с необходимостью преодоления добавочных сил реакции между бандажами колес и рельсами.



Фиг. 45.

Рассмотрим движение по кривой двухосного сосуда по этапам его движения (фиг. 45): вход сосуда с прямой на кривую, движение по кривой, выход сосуда с кривой на прямую.

В первом положении сосуд, входя на кривую и двигаясь прямолинейно, встречает на своем пути ребордой наружного колеса передней оси наружный рельс кривой — в точке A ; в это время задняя ось еще находится в пределах прямой. Продвигаясь дальше, сосуд входит на кривую обеими осями, причем наружное колесо передней оси прижато к головке наружного рельса в точке B , а внутреннее колесо

задней оси прижато к головке внутреннего рельса в точке С. Это расположение осей остается на всем протяжении кривой и называется статическим вписыванием ходовых частей подвижного сосуда в кривую, в отличие от динамического вписывания, когда оба наружных колеса прижаты к наружному рельсу.

Динамическое вписывание происходит в действительности лишь при движении отдельных сосудов с большими скоростями. Во всех остальных случаях бывает статическое вписывание, которое и принимается в основу при решении всех вопросов, касающихся прохода подвижного состава по кривым. В любой точке кривой сосуд стремится двигаться прямолинейно по направлению продольной оси сосуда.

Угол φ между направлением продольной оси сосуда и направлением касательной кривой в точке примыкания реборды к рельсу называется углом удара. Этот угол, как видно из фиг. 45, будет равен $\sphericalangle O'OB$, т. е. $\varphi = \sphericalangle O'OB$.

Набегание реборды на рельс вызывает реакцию рельса в виде силы, направленной по радиусу внутрь кривой, которая называется радиальным давлением и вызывает перемещение передней оси внутрь кривой по направлению радиуса, а задней оси — в наружную сторону кривой. Эти перемещения создают вращательное движение вагона около мгновенных центров, лежащих в пересечении линии, соединяющей центры осей, и радиуса кривой, перпендикулярного ей.

Величина угла удара (фиг. 45) определяется по формуле:

$$\sin \varphi = \frac{x_1}{R}, \quad (17)$$

а для предварительных соображений может быть принято

$$\sin \varphi \cong \frac{S_6}{2R}, \quad (18)$$

где S_6 — жесткая база сосуда (вагонетки),

R — радиус криволинейного пути.

Угол удара является величиной, характеризующей кривую в отношении дополнительных сопротивлений, а также и возможных износов рельсов. От этого угла главным образом зависит и радиальное давление. Для характеристики величины радиального давления можно привести формулу проф. Цеглинского:

$$F_R = (n-1) \left(0,59 - \frac{R + 200 \cdot S_6}{10000} \right) \psi \cdot p, \text{ кг}, \quad (19)$$

где n — число колес вагонетки,

ψ — коэффициент трения бандаж по рельсу,

p — нагрузка на колесо в кг.

Величину ψ можно принимать:

для сухих рельсов $\psi = 0,25$;

» влажных » $\psi = 0,20$.

На величину радиального давления влияет также центробежная сила, величина которой выразится для каждой оси:

$$F_{ц.б} = \frac{mv^2}{R} = \frac{2pv^2}{gR}, \quad (20)$$

где v — скорость движения в м/сек,

g — ускорение силы тяжести ($g = 9,81$ м/сек²).

Центробежная сила увеличивает радиальное давление для передней оси и уменьшает его для задней оси, т. е. радиальное давление будет:

$$\begin{aligned} &\text{для передней оси } F_R + F_{ц.б}; \\ &» \text{ задней } » F_R - F_{ц.б}. \end{aligned}$$

Как увидим ниже, возвышение наружного рельса на кривой, которое делается для уменьшения влияния центробежной силы, вызывает центростремительную силу, равную:

$$F_{ц.с} = 2p \frac{h}{S_{\kappa}}, \quad (21)$$

где h — возвышение наружного рельса в мм,

S_{κ} — ширина колеи в мм.

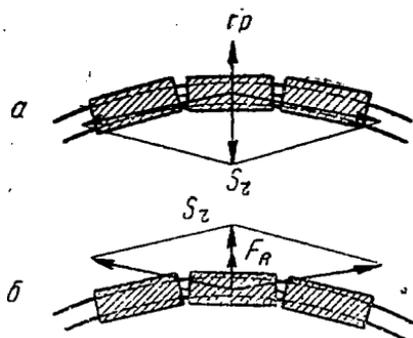
Эта сила, направленная внутрь кривой, уменьшает радиальное давление для наружного рельса и увеличивает его для внутреннего рельса, т. е. радиальное давление будет:

для наружного рельса от передней оси:

$$F_R + F_{ц.б} - F_{ц.с};$$

для внутреннего рельса от задней оси:

$$F_R - F_{ц.б} + F_{ц.с}.$$



Фиг. 46.

При расположении локомотива в голове поезда (фиг. 46) сила тяги создает в сцепных приборах растягивающие усилия, а при расположении в хвосте поезда — сжимающие усилия. Эти усилия возрастают для вагонеток, более близких к локомотиву, и убывают для более отдаленных.

Рассматривая отдельный сосуд (вагонетку) поезда, видим, что усилия, приложенные впереди и сзади его, неодинаковы и при движении поезда по кривой направлены под углом одно к другому.

В результате приложения силы тяги локомотива к составу получается для каждого отдельного сосуда некоторая равнодействующая, которая при расположении локомотива в голове состава будет прижимать ходовые части вагонетки к внутреннему рельсу, уменьшая радиальное давление для передней оси (фиг. 46, а). При расположении

локомотива в хвосте состава равнодействующая, направленная в наружную сторону кривой, будет прижимать ходовые части вагонетки к наружному рельсу кривой, увеличивая радиальное давление для передней оси вагонетки (фиг. 46, б).

Радиальное давление будет тем больше, чем больше: давление на ось, вес поезда, угол удара, жесткая база вагонетки и скорость движения. Кроме того, оно будет тем больше, чем ближе вагонетка находится к локомотиву при расположении локомотива в голове состава и чем меньше будет радиус кривой и повышение наружного рельса. Но с увеличением радиального давления увеличивается сопротивление движению и износ рельсов и ходовых частей подвижного состава.

Следует отметить, что центробежная сила, увеличивающая радиальное давление, приложена к центру тяжести подвижного состава (вагонеток или электровоза), и потому создается вращающий момент, увеличивающий давление на наружный рельс. Центроостремительная сила, наоборот, разгружает наружный рельс.

Если центр тяжести сосуда лежит выше головки рельса на величину H , то вращающий момент будет:

$$M = (F_{ц. б} - F_{ц. с}) H. \quad (22)$$

Дополнительная нагрузка наружного рельса:

$$P_H = \frac{(F_{ц. б} - F_{ц. с}) H}{S_{\kappa}}. \quad (23)$$

Далее, пользуясь фиг. 45, можно написать следующее уравнение, определяющее ширину колеи в зависимости от расположения сосуда на кривой:

$$S'_{\kappa} = S_p + f_1 - f_2 = S_p + \frac{\left(x + \frac{\lambda}{2}\right)^2}{2\left(R + \frac{S_{\kappa}}{2}\right)} - \frac{\left(y - \frac{\lambda}{2}\right)^2}{2\left(R - \frac{S_{\kappa}}{2}\right)};$$

пренебрегая величиной $\frac{S_{\kappa}}{2}$ и заменяя $x + y = S_6$; $S_{\kappa} - S_p = V'$, получим

$$V' = \frac{x^2 - y^2 + S_6 \lambda}{2R}.$$

Затем, выражая y в виде $y = S_6 - x$, получим

$$V' = \frac{2S_6 \cdot x - S_6^2 + S_6 \lambda}{2R}, \quad (24)$$

откуда в свою очередь можем определить расположение повозки на кривой в зависимости от величины V' :

$$x = \frac{S_6}{2} + \frac{RV'}{S_6} - \frac{\lambda}{2}; \quad (25)$$

$$y = S_6 - x = \frac{S_6}{2} - \frac{RV'}{S_6} + \frac{\lambda}{2}. \quad (26)$$

Таким образом, зная $V' = S'_k - S_p$ для данного радиуса R и жесткой базы вагонетки S_6 , можем определить величину x и y , а следовательно, и углы удара для передней и задней осей:

$$\varphi_n = \arcsin \frac{x}{R} \quad \text{и} \quad \varphi_z = \arcsin \frac{y}{R}.$$

Обратно, задавшись величиной x , можно определить величину V' из выражения (24), а следовательно, и ширину колеи на криволинейном пути:

$$S'_k = S_p + V'. \quad (27)$$

Величина x характеризует условия вписывания повозки, поэтому ее называют легкостью вписывания.

Из выражения (24) можно определить величину V' для двух крайних случаев:

1. Если $x = S_6$, т. е. задняя ось сосуда устанавливается радиально, то:

$$V' = \frac{2S_6^2 - S_6^2 + S_6\lambda}{2R} = \frac{S_6(S_6 + \lambda)}{2R} \approx \frac{S_6^2}{2R} \quad (28)$$

и

$$S'_k = S_p + V' = S_p + \frac{S_6^2}{2R}. \quad (29)$$

Этот случай дает наибольшую ширину колеи, а для двухосных (и трехосных) сосудов наибольшую легкость вписывания, соответствующую наименьшему сопротивлению движения.

2. Если $x = \frac{S_6}{2}$, то получается полное зажатие ходовых частей подвижного состава к рельсовой колее. Из выражения (24) имеем:

$$V' = \frac{S_6\lambda}{2R} \quad (30)$$

и

$$S'_k = S_p + V' = S_p + \frac{S_6\lambda}{2R}, \quad (31)$$

где S'_k — ширина рельсовой колеи на криволинейном пути,
 V' — игра в колее на криволинейном пути,
 S_p — ширина колесной колеи (или ширина колесной пары),
 S_6 — жесткая база подвижного сосуда,
 $\lambda = d_k$ — диаметр круга катания колеса (без реборд),
 R — радиус криволинейного пути.

Итак, для криволинейного пути можно определять ширину рельсовой колеи из выражения (29), если известны: ширина колесной пары S_p , длина жесткой базы S_6 и радиус закругления R .

Можно, разумеется, и иначе решать задачу. Если нам будет известна игра в колее на криволинейном пути V' и длина жесткой базы вагонетки S_6 , то можно из выражения (28) определить радиус закругления для подземных условий

$$R = \frac{S_6^2}{2V'}, \quad (32)$$

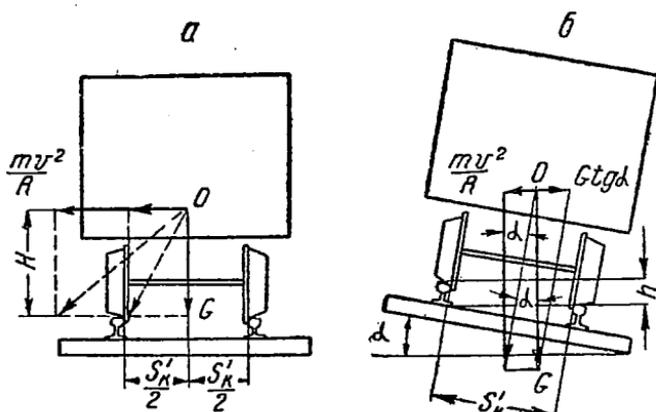
а радиус закругления, при котором будет зажатие колес подвижного сосуда в рельсовой колее, определится из выражения (30)

$$R = \frac{S_{\sigma}^2}{2V'} = \frac{S_{\sigma} d_{\kappa}}{2V'} \quad (33)$$

Величины уширения колеи на криволинейных участках пути по данным ВУГИ и Шахтостроя приведены в приложении 1 (табл. I и II).

§ 3. Превышение наружного рельса над внутренним

На прямолинейных участках пути оба рельса располагаются, как правило, на одном уровне; на кривых — для откатки подвижными машинами наружный рельс приподнимается и располагается несколько выше, чем внутренний. Это, как указывалось выше, делается для того, чтобы парализовать возникающую на криволинейном пути при движе-



Фиг. 47.

нии подвижного сосуда (электровоза или вагонетки) центробежную силу, которая вредно отражается на устойчивости подвижного состава, а при определенных условиях может вовсе сбросить его за внешний рельс.

Для безопасности движения необходимо, чтобы момент опрокидывания был меньше момента сопротивления (фиг. 47, а), т. е.

$$M_{\text{опр}} \leq M_{\text{сопр}},$$

где $M_{\text{опр}}$ — момент опрокидывания:

$$M_{\text{опр}} = \frac{mv^2}{R} H;$$

$M_{\text{сопр}}$ — момент сопротивления:

$$M_{\text{сопр}} = G \frac{S'_K}{2}.$$

Следовательно,

$$\frac{mv^2}{R} \cdot H \leq G \frac{S'_\kappa}{2},$$

откуда

$$v \leq \sqrt{\frac{GS'_\kappa R}{2mH}}. \quad (34)$$

В выражение (34) входят:

G — полный вес подвижного сосуда в кг,

S'_κ — ширина колеи на закруглении в м,

R — радиус кривой (закругления) в м,

m — масса подвижного сосуда

$$m = \frac{G}{g} = \frac{G}{9,81},$$

H — расстояние от головки рельса до центра тяжести сосуда в м.

Если вместо массы m в выражение (34) подставим ее значение, то получим:

$$v \leq \sqrt{\frac{GS'_\kappa R}{2 \frac{G}{9,81} \cdot H}}$$

или

$$v \leq 2,215 \sqrt{\frac{S'_\kappa R}{H}}. \quad (35)$$

При этой скорости не может произойти опрокидывания подвижного сосуда за внешний рельс без возвышения последнего.

Однако, если при этой скорости движения и не произойдет опрокидывания сосуда за внешний рельс, то износ его в силу перегруженности при проходе сосуда по кривой будет больший по сравнению с внутренним рельсом. Поэтому на всех ответственных путях при интенсивной локомотивной откатке внешний рельс (по отношению к центру закругления) следует повышать над внутренним.

Сказанное выше можно пояснить графически (фиг. 47, а). Если равнодействующая сил (на фигуре указана пунктиром), приложенных к центру сосуда в точке O ($\frac{mv^2}{R}$ и G), не будет выходить за пределы внешнего рельса, то с точки зрения устойчивости подвижного сосуда повышать внешний рельс не следует. Наоборот, если равнодействующая сил будет лежать за внешним рельсом, то работать без повышения его над внутренним рельсом нельзя (опасно).

Величину превышения наружного рельса над внутренним можно определить на основании следующих соображений (фиг. 47, б):

$\frac{mv^2}{R}$ — центробежная сила;

$G \operatorname{tg} \alpha$ — сила, направленная внутрь кривой;

S'_κ — ширина колеи;

h — повышение наружного рельса.

Дадим такое повышение наружного рельса h , чтобы сила:

$$\frac{mv^2}{R} = G \operatorname{tg} \alpha;$$

тогда получим

$$\frac{Gv^2}{gR} = G \operatorname{tg} \alpha$$

или

$$\frac{v^2}{2R} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Далее, принимая

$$\operatorname{tg} \alpha \cong \sin \alpha,$$

получим

$$\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha = \frac{h}{S'_\kappa};$$

тогда

$$\frac{v^2}{gR} = \frac{h}{S'_\kappa},$$

откуда

$$h = \frac{S'_\kappa v^2}{gR}. \quad (36)$$

При определении величины h вместо ширины колеи (фиг. 47, б и выражение 36) правильнее брать расстояние между осями рельсов, а для равномерного износа рельсов на кривых — среднюю скорость движения v :

$$v = \frac{n_1 G_1 v_1 + n_2 G_2 v_2 + \dots + n_m G_m v_m}{n_1 G_1 + n_2 G_2 + \dots + n_m G_m} \text{ м/сек},$$

где n_1, n_2 — число поездов разной категории (породные, угольные и т. д.);

G_1, G_2 — вес этих поездов;

v_1, v_2 — скорость движения этих поездов.

Величины повышения по данным ВУГИ и Шахтостроя приведены в приложении I (табл. VII и VIII).

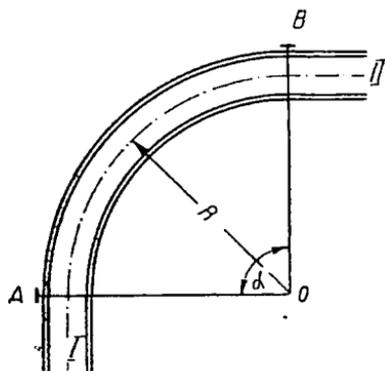
§ 4. Переходные кривые

Кривые участки пути в огромном большинстве случаев описываются по дуге круга заданного радиуса R , в зависимости от жесткой базы подвижного сосуда и скорости его движения (фиг. 48 или 49), так как содержание другой какой-либо кривой было бы затруднительно. Однако сопряжения прямых участков с круговой кривой в точках A и B , A' и B' делаются не непосредственно, а с помощью так называемых **п е р е х о д н ы х к р и в ы х**.

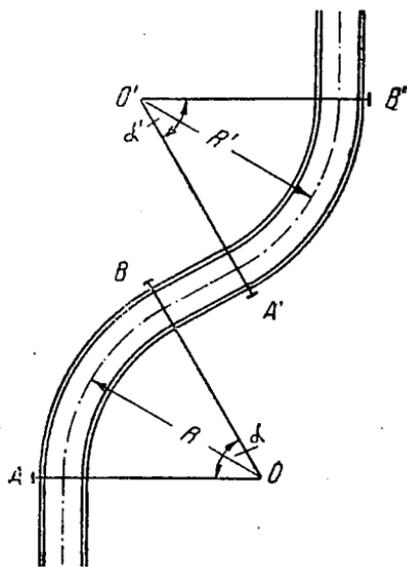
Это необходимо делать потому, что угловая скорость сосуда в начале его входа на круговую кривую мгновенно возрастает от $\frac{v}{\infty} = 0$ до $\frac{v}{R}$, отсюда и ускорение вращательного движения возрастает от $\frac{v^2}{\infty} = 0$ до $\frac{v^2}{R}$, вследствие чего получается сильный толчок при входе сосуда на круговую кривую и выходе его с кривой.

В результате подвижной состав испытывает настолько большие толчки, что иногда откалываются реборды колес, и кроме того, сильно изнашиваются все движущиеся части поезда и расстраивается рельсовый путь, а при больших скоростях может быть даже сход отдельных сосудов с рельсовых путей, что и наблюдается в практике.

Чтобы устранить все эти явления и создать плавный переход с прямолинейного участка пути на криволинейный и обратно, необходимо применять переходные кривые.



Фиг. 48.



Фиг. 49.

Существует много кривых, радиус которых может постепенно изменяться от ∞ до радиуса круговой кривой, но наиболее подходящими для этой цели являются две кривые: кубическая парабола и составная спираль. Рассмотрим их в отдельности.

Кубическая парабола

Кубическая парабола, как известно, имеет вид (фиг. 50).

$$y = \frac{x^3}{6 \cdot c}.$$

Отрезок OB' — переходная кривая; в точке O радиус переходной кривой $\rho = \infty$, а в точке B' он равен радиусу круговой кривой, т. е. $\rho = R$; в промежуточных точках радиус переходной кривой изменяется, уменьшаясь в направлении от O к B' .

Изменение радиуса переходной кривой для точки B' можно выразить

$$\rho = R_1 = \frac{c}{x} \cong \frac{c}{l_{\kappa}},$$

где c — параметр кубической параболы;

l_{κ} — длина переходной кривой, которую практически можно применить как ее проекцию;

Пользуясь последним равенством, можно написать:

$$c = R_1 \cdot l_{\kappa}.$$

Так как (фиг. 50)

$$l_{\kappa} = \frac{h}{i},$$

$$c = R_1 \frac{h}{i};$$

то

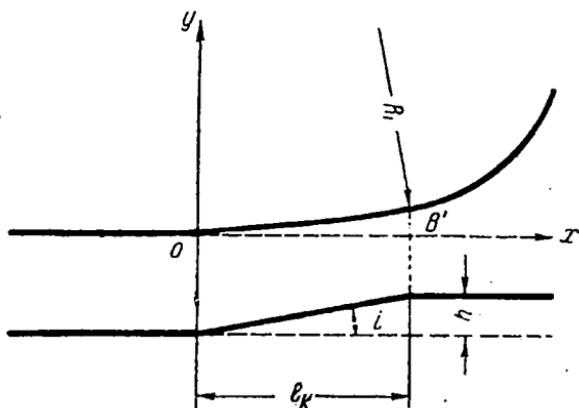
но

$$h = \frac{S'_{\kappa} \cdot v^2}{g R_1} \text{ (см. выражение 36);}$$

поэтому

$$c = R_1 \frac{S'_{\kappa} \cdot v^2}{g \cdot R_1 i} = \frac{S'_{\kappa} \cdot v^2}{g \cdot i},$$

где i — уклон постепенного повышения наружного рельса (фиг. 50).



Фиг. 50.

Таким образом, зная параметр кривой, можно написать

$$y = \frac{x^3}{6 \cdot c} = \frac{g \cdot i \cdot x^3}{6 \cdot S'_{\kappa} \cdot v^2}$$

или

$$y = \xi \cdot x^3, \quad (37)$$

где

$$\xi = \frac{g \cdot i}{6 \cdot S'_{\kappa} \cdot v^2} = 1,635 \frac{i}{S'_{\kappa} \cdot v^2} = \text{const.}$$

Допустим, нам надо изготовить и уложить в пути переходную кривую, разбитую по закону кубической параболы. Для этой цели обратимся к фиг. 51. Здесь OAB — прямолинейный участок пути; в точке A к нему примыкает круговая кривая с радиусом R (на схеме показано пунктиром). Чтобы сделать переход к круговой кривой постепенным, нужно вставить промежуточную переходную кривую. Для этого необходимо уменьшить радиус R на некоторую величину a , обеспечив

возможность развить переходную кривую между круговой кривой уменьшенного радиуса ($R_1 = R - a$) и прямой OA .

Укладка переходной кривой делается следующим способом:

1. Устанавливают величину a , на которую можно уменьшить радиус круговой кривой, т. е.

$$R_1 = R - a.$$

2. Определяют длину переходной кривой, т. е. на этой же длине делается разгон повышения наружного рельса над внутренним

$$l_n \cong l = \frac{h}{i}.$$

3. Укладывают переходную кривую так, чтобы середина ее приходилась в первоначальной точке закругления A .

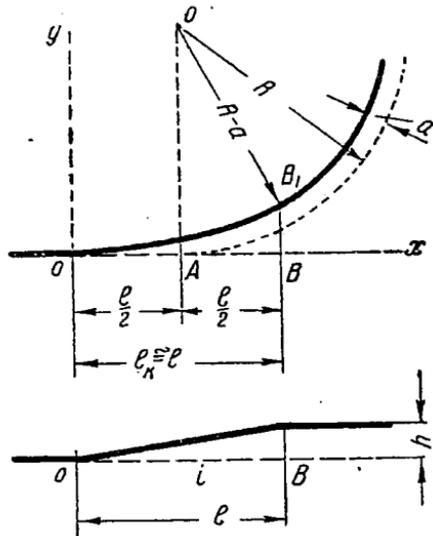
4. Начало переходной кривой находится таким образом в точке O . Конец ее, который служит одновременно началом окружности уменьшенного радиуса, находится в точке B' и определяется ординатой y_B .

Промежуточные точки определяются из уравнения переходной кривой

$$y = \xi x^3,$$

т. е. если мы даем x какое-то значение от l , то будем получать значение y в соответствии с нижеследующим:

x	$x^3 \xi$	y
$1/8 l_n$	$x_1 \xi$	y_1
$2/8 l_n$	$x_2 \xi$	y_2
$3/8 l_n$	$x_3 \xi$	y_3
\vdots	\vdots	\vdots
l_n	$x_m \xi$	y_B



Фиг. 51.

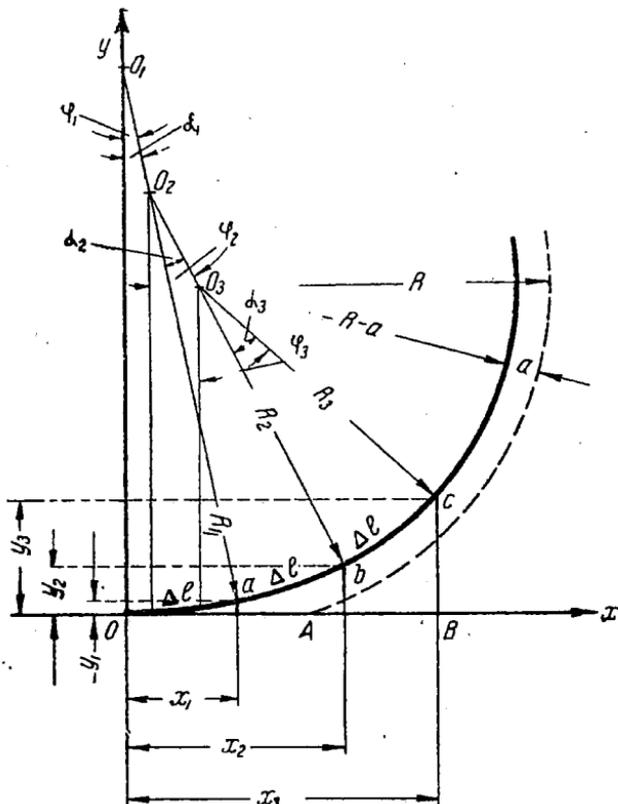
Таким образом можно найти любую промежуточную точку переходной кривой, а также и конечную. Построив затем по точкам в масштабе переходную кривую, изготовляют по этому чертежу шаблон и по шаблону гнут рельс для переходной кривой.

Составная спираль

В том случае когда по какой-либо причине практически воспользоваться кубической параболой нельзя для устройства переходной кривой, можно с успехом применить составную спираль.

Для пояснения разбивки переходной кривой по составной спирали обратимся к фиг. 52. Пусть наша кривая состоит из трех отдельных участков равной длины, разбитых по дугам круга. Первый участок —

дуга круга Oa радиуса R_1 , с центром O_1 и центральным углом α_1 ; второй участок — дуга круга ab радиуса R_2 с центром O_2 и центральным углом α_2 ; третий участок — дуга круга bc радиуса R_3 с центром O_3 и центральным углом α_3 .



Фиг. 52.

Тогда по условию для оси пути будем иметь:

$$\bar{Oa} = \bar{ab} = \bar{bc} = \Delta l,$$

откуда можно написать:

$$\Delta l = \pi R_1 \frac{\alpha_1}{180^\circ} = \pi R_2 \frac{\alpha_2}{180^\circ} = \pi R_3 \frac{\alpha_3}{180^\circ}$$

или

$$R_1 \alpha_1 = R_2 \alpha_2 = R_3 \alpha_3 = \dots R_m \alpha_m. \quad (38)$$

Далее, принимая во внимание плавность движения по кривой (спирали)

$$p = S \cdot e,$$

а для нашего случая это уравнение примет вид

$$p = \Delta l R_1 = \Delta l R_2 = \Delta l R_3 = \dots \Delta l R_m, \quad (39)$$

откуда можно получить:

$$R_m = \frac{R_1}{m}, \quad (40)$$

где m — число элементов от начала переходной кривой.

Установив закон изменения радиусов, необходимо уяснить различие составной спирали от теоретической радиальной спирали. В последней радиус изменяется непрерывно от $R_1 = \infty$ в начале кривой до $R = R_0$ в конце переходной кривой, поэтому любая точка кривой удовлетворяет уравнению

$$p = S\varrho,$$

где S — длина теоретической радиальной спирали,
 ϱ — радиус ее.

Для данной составной спирали радиусы изменяются в точках a , b , c (фиг. 52), т. е. на границах отдельных участков кривой, разбитых по дугам круга. На протяжении отдельных участков радиус остается постоянным, поэтому только точки b , c кривой, т. е. границы отдельных участков, удовлетворяют уравнению радиальной спирали

$$p = S\varrho = SR = \Delta \ln R_m.$$

Из выражения (40) имеем:

$$R_1 = m \cdot R_m$$

и, принимая во внимание выражение (38), получим

$$R_1 \alpha_1 = m R_m \alpha_1 = R_m \alpha_m,$$

откуда закон изменения центральных углов будет:

$$\alpha_m = m \alpha_1. \quad (41)$$

Зная $\alpha_1 = \frac{\Delta l \cdot 180^\circ}{\pi \cdot R_1}$, можно определить любой центральный угол, а зная закон изменения радиусов кривой R и центральных углов α , можно определить координаты точек перелома кривизны кривой x и y .

Для этой цели введем величины углов поворота φ (фиг. 52), которые представляют углы между линиями, параллельными оси ординат, проходящими через соответственные центры O_1, O_2, O_3 и т. д., и границами участков переходной кривой (a, b, c и т. д.):

$$\varphi_1 = \alpha_1; \quad \varphi_2 = \varphi_1 + \alpha_2; \quad \varphi_3 = \varphi_2 + \alpha_3 \text{ и т. д.},$$

откуда

$$\varphi_m = \varphi_{m-1} + \alpha_m. \quad (42)$$

Зная углы поворота φ , можно определить координаты точек a , b , c и т. д. (фиг. 52):

$$x_1 = R_1 \sin \varphi_1; \quad y_1 = R_1 - R \cos \varphi_1 = R_1 (1 - \cos \varphi_1);$$

$$x_2 = x_1 + R_2 (\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1); \quad y_2 = y_1 + R_1 (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2).$$

Таким образом можно определить координаты для любой точки перелома переходной кривой, а именно:

$$x_m = x_{m-1} + R_m (\sin \varphi_m - \sin \varphi_{m-1}); \quad (43)$$

$$y_m = y_{m-1} + R_m (\cos \varphi_{m-1} - \cos \varphi_m). \quad (44)$$

По этим формулам производится расчет координат переходной кривой для оси криволинейного рельсового пути, а зная ширину колеи и тип рельсов, можно построить переходную кривую уже для рабочих кантов наружного и внутреннего рельсов.

Весь процесс разбивки переходной кривой по составной спирали производится вначале на чертеже в определенном масштабе, затем так же, как и для кубической параболы, по чертежу делается шаблон, а по последнему изгибают кривую и укладывают ее в путь.

Глава IV

РАСЧЕТЫ И РАЗБИВКА ПУТИ

§ 1. Стрелочные переводы

Стрелочные переводы и другие устройства, как указывалось выше, тоже относятся к верхнему строению пути.

Для перехода подвижного состава с одного пути на другой могут применяться следующие основные виды устройств: 1) поворотный круг или неподвижная плита, 2) поперечная (траверсная) тележка и 3) стрелочные переводы.

Применение для соединения путей поворотных кругов (фиг. 53, а и б) или неподвижных плит (фиг. 54) допустимо лишь при переводе с одного пути на другой отдельных единиц подвижного состава. Пропускная способность поворотных кругов, а тем более неподвижных плит естественно ограничена, и самый процесс работы по обслуживанию поворотных кругов и плит является весьма трудоемким. Поэтому к устройству их надо прибегать в самых исключительных случаях (стесненные условия, временный характер работ и др.).

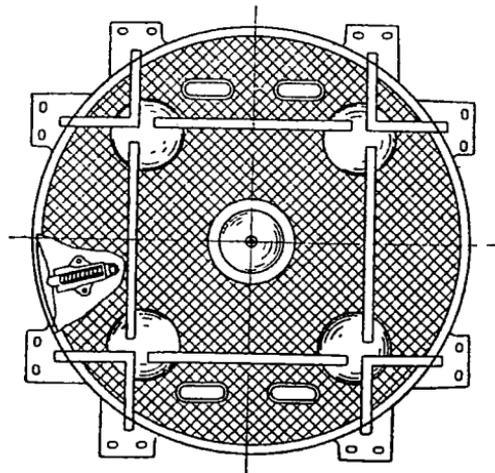
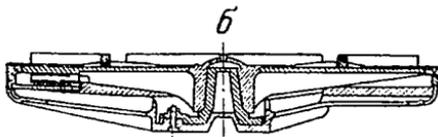
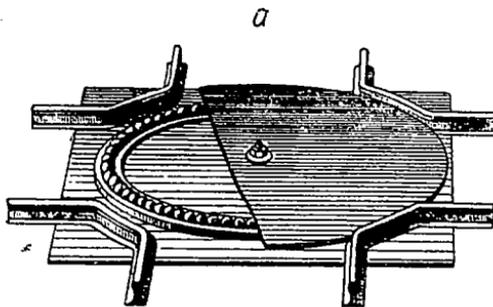
Перевод с одного пути на другой при помощи траверсных тележек заключается в следующем: отдельная повозка устанавливается на тележке (фиг. 55), которая передвигается (вручную или механическим способом) в поперечном направлении до следующего параллельного пути (фиг. 56 и 57). Пропускная способность траверсных тележек, так же как и поворотных кругов и плит, весьма ограничена.

Главным видом соединения путей являются стрелочные переводы, которые занимают большое место в рельсовом транспорте. Стрелочные переводы имеют большую пропускную способность по сравнению с другими переводными устройствами, так как при их помощи можно переводить с одного пути на другой не только отдельные единицы подвижного состава, но и целые поезда.

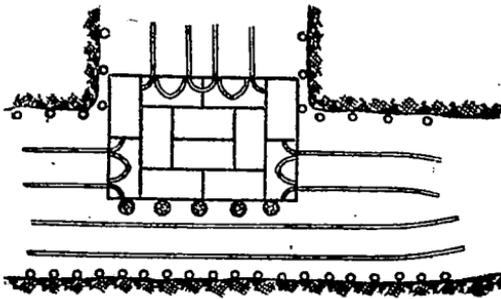
На фиг. 58 приведена схема одиночного одностороннего стрелочного перевода (изображены головки рельсов).

Он состоит из следующих частей:

1. Стрелка с подвижными перьями и переводным механизмом служит для направления подвижного состава на прямой или боковой путь отклонения.



Фиг. 53.



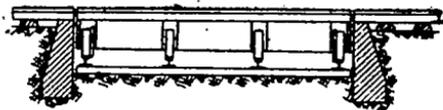
Фиг. 54.

Она состоит из: 1) неподвижных рамных рельсов AB и A_1B_1 , являющихся продолжением наружной нитки прямого и внутренней нитки бокового пути, и 2) подвижных перьев (остряков), наружного CD и внутреннего C_1D_1 , соединенных в одну систему поперечными тягами.

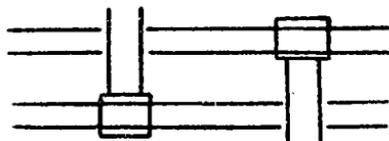
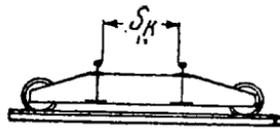
Посредством штанги переводного механизма (фиг. 59) перья, вращаясь в точках D и D_1 (фиг. 58) (пяты или корень пера), передвигаются в одно из двух положений: на боковой или на прямой путь. Перемещение острия перьев C и C_1 при переводе стрелки называется ходом пера.

2. Крестовина с контррельсами служит для пересечения ребровой бандажа колеса, движущегося по рельсовой нитке $DEFM$ и $D_1F_1M_1G$. Она состоит из сердечника PGG_1 , имеющего острие в точке P и кончающегося двумя хвостовыми рельсами GG_1 , и из усювиков (усювых рельсов) FMN и $F_1M_1N_1$.

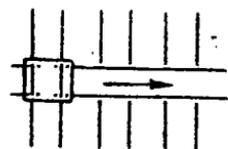
Между отогнутыми частями усювиков MN и M_1N_1 и сердечником образуются желоба крестовины, по которым проходит реборда бандажа в пределах крестовины. Для направления бандажа в соответственный желоб крестовины служат контррельсы K и K_1 , имеющие тоже желоба между рельсом и контррельсом. Пространство MM_1 называется горлом крестовины.



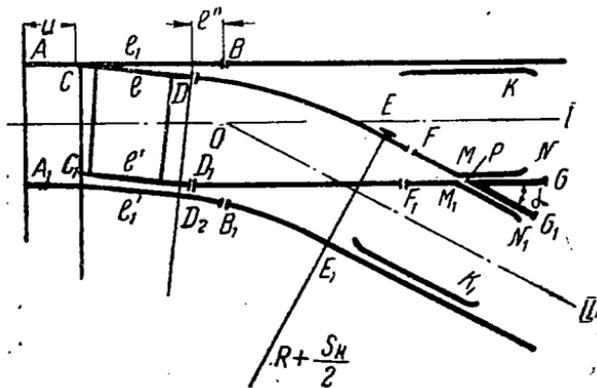
Фиг. 55.



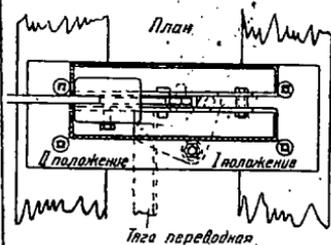
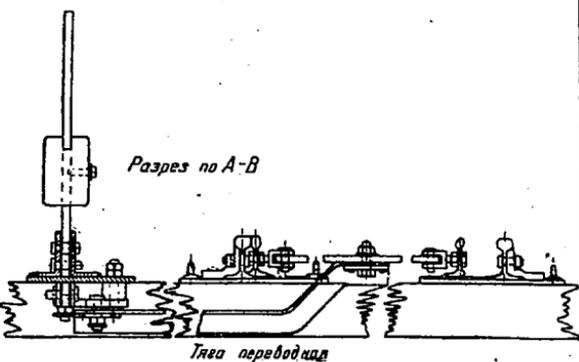
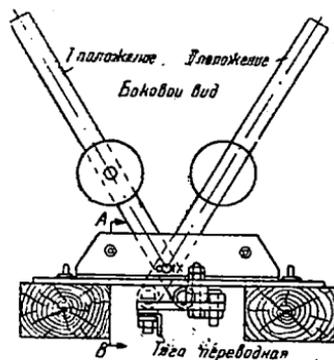
Фиг. 56.



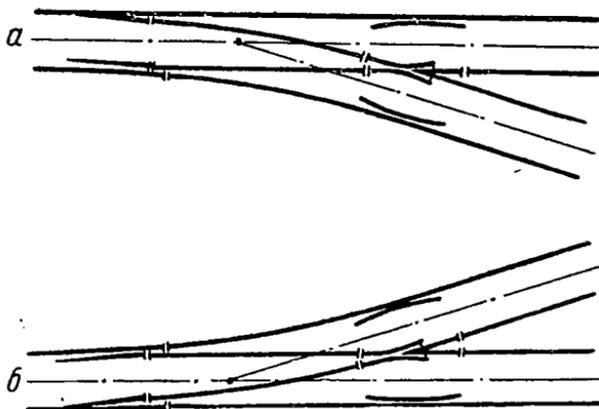
Фиг. 57.



Фиг. 58.



Фиг. 59.



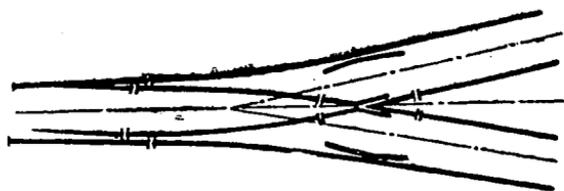
Фиг. 60.

стовины (горловина), а разрыв ниток MP и M_1P — в рѣдком пространстве.

3. Переводная (соединительная) кривая DE — обычно выгибается по дуге круга радиуса R , но иногда и по переходной кривой. Она начинается непосредственно в корне пера (для больших R) или в сечении BB_1 , соответствующем стыку рамного рельса.

Кончается переводная кривая в точке E , не доходя до стыка крестовины F . Прямая EP называется прямой вставкой.

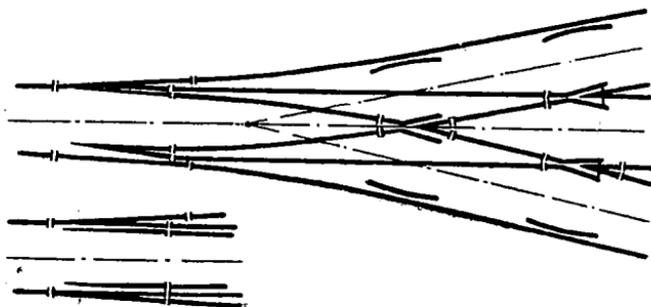
Между стрелкой и крестовиной нитки DF и D_1F_1 имеют определенную расчетную длину, и потому они не могут быть уложены из целого числа рельсов нормальной длины. Здесь приходится приме-



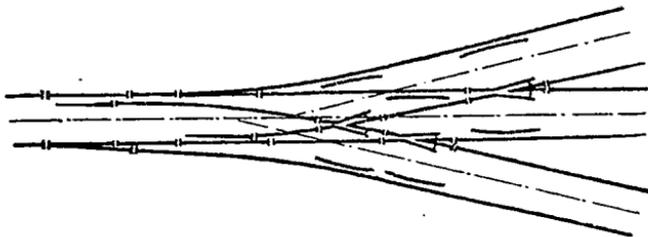
Фиг. 61.

нять так называемые рубки (недомерные рельсы), т. е. куски определенной длины, отпиленные от целых рельсов.

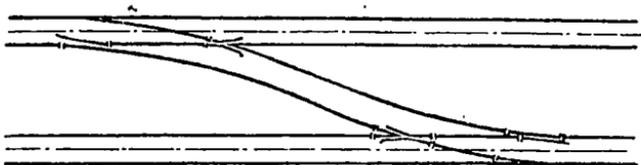
Стрелочный перевод укладывается на специальных переводных брусках, заменяющих шпалы.



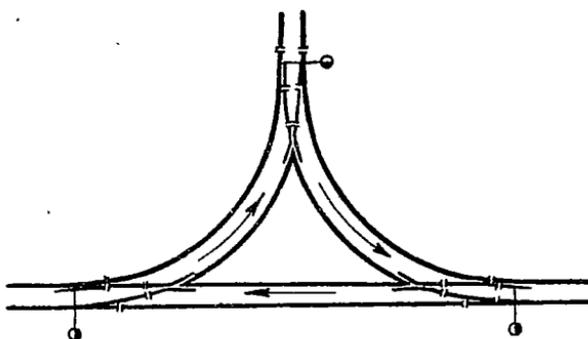
Фиг. 62.



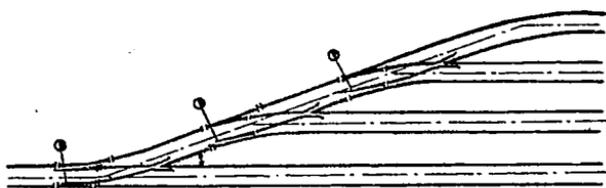
ФИГ. 63.



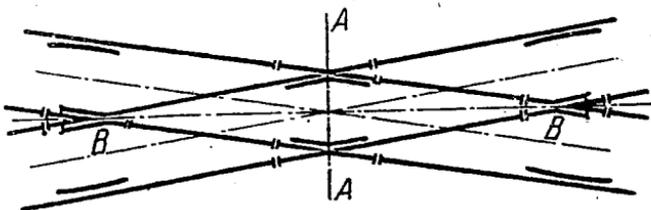
ФИГ. 64.



ФИГ. 65.



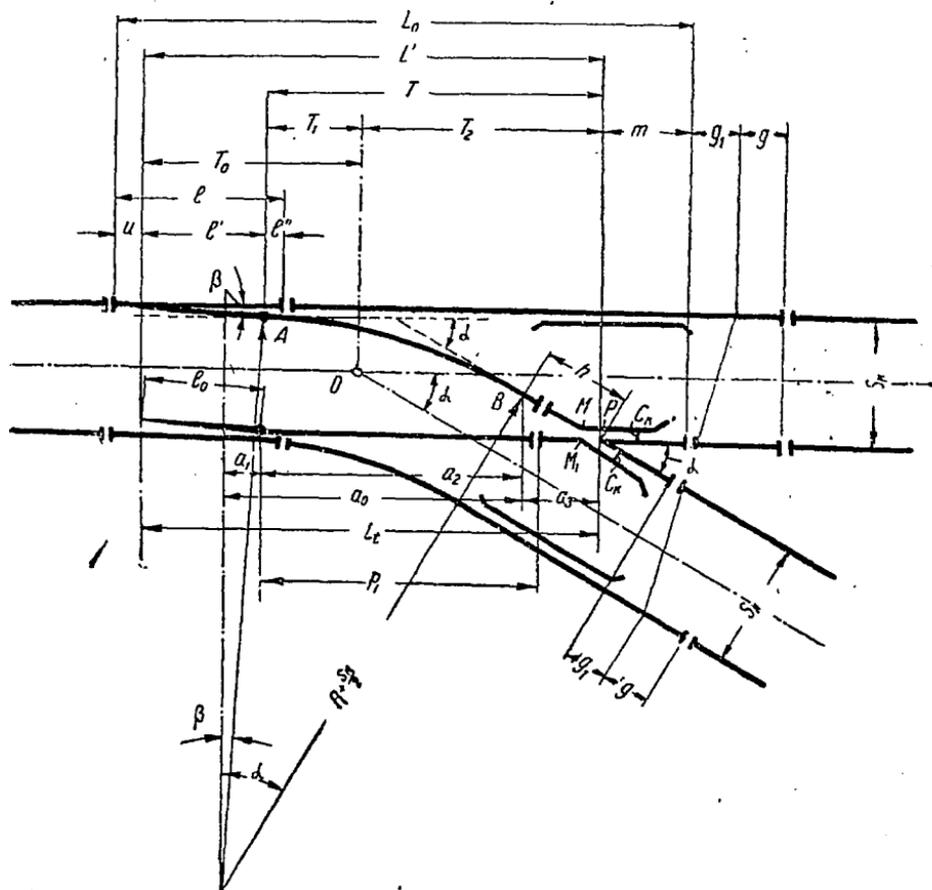
ФИГ. 66.



ФИГ. 67.

Обыкновенный односторонний стрелочный перевод — правый (фиг. 60, а) или левый (фиг. 60, б) — является наиболее распространенным типом перевода как для шахтных, так и заводских путей. Однако в шахтных подземных условиях нередко можно встретить и другие типы стрелочных переводов, а именно:

1. Симметричный перевод (фиг. 61), в котором оба пути ответвляются от предыдущего направления на половину стрелочного угла.



Фиг. 68.

2. Двойной симметричный перевод или тройник (фиг. 62). Основным недостатком тройника — наличие двойных острых краев. Эти острые края для плотного взаимного прилегания приходится очень остро затачивать, что приводит к их быстрому износу.

3. Двойной двусторонний несимметричный перевод (фиг. 63) представляет большой интерес для расположения путей в стесненных условиях. Он является более рациональным, чем предыдущий, и состоит (как видно из фиг. 63) из комбинации двух простых переводов, расположенных один за другим с добавлением еще одной крестовины.

4. Переводы (съезды) между двумя параллельными путями (фиг. 64).

5. Переводы-треугольники (фиг. 65).

6. Переводы, образующие стрелочную улицу (фиг. 66).

7. Глухой перевод (фиг. 67), при помощи которого можно пересекать один путь другим под различными углами. Такого рода переводы могут встречаться на конечных пунктах (рудничный двор, погрузочные пункты, тормозные площадки и др.), а также на пересекающихся откаточных выработках (например при крутом падении пластов, когда квершлаг пересекает ряд откаточных штреков), и в некоторых других случаях.

Рассмотрим теперь расчет стрелочного перевода. Для этой цели возьмем односторонний стрелочный перевод с прямыми острьяками и крестовиной (фиг. 68).

Чтобы увязать отдельные элементы стрелочного перевода (стрелку, переводную кривую и крестовину) в одно целое, необходимо произвести геометрический расчет перевода.

Расчет всякого стрелочного перевода обычно ведут, рассматривая проекции отдельных его элементов и их суммы на наиболее характерные оси. В одиночном одностороннем стрелочном переводе такими осями, очевидно, будут: ось прямого пути или горизонтальная ось и перпендикулярная ей вертикальная ось.

Рассматривая проекцию элементов перевода на горизонтальную ось, можем определить (фиг. 68) следующее:

1. Теоретическая длина перевода

$$L_t = l' + (a_0 - a_1) + a_3,$$

где l' — проекция на горизонтальную ось длины острьяка:

$$l' = l_0 \cos \beta,$$

l_0 — длина острьяка,
 β — угол острьяка,

$$a_0 = \left(R + \frac{S_k}{2} \right) \sin \alpha,$$

R — радиус переводной кривой,
 S_k — ширина рельсовой колеи

$$a_1 = \left(R + \frac{S_k}{2} \right) \sin \beta,$$

$$a_3 = h \cos \alpha,$$

следовательно

$$L_t = l_0 \cos \beta + \left(R + \frac{S_k}{2} \right) \sin \alpha - \left(R + \frac{S_k}{2} \right) \sin \beta + h \cos \alpha$$

или

$$L_t = l_0 \cos \beta + \left(R + \frac{S_k}{2} \right) (\sin \alpha - \sin \beta) + h \cos \alpha. \quad (45)$$

2. Полная длина перевода

$$L_0 = u + L_t + m,$$

или

$$L_0 = u + l_0 \cos \beta + \left(R + \frac{S_k}{2} \right) (\sin \alpha - \sin \beta) + h \cos \alpha + m, \quad (46)$$

где L_0 — полная длина перевода считается от начала рамного рельса до хвоста крестовины по оси прямого пути перевода;

φ — расстояние от начала рамного рельса до начала остряка (передний вылет рамного рельса), определяющееся по условиям укладки брусев под стрелкой;

m — принятая длина заднего хвоста крестовины, проверенная и округленная по условиям укладки брусев;

h — принятая прямая вставка перед математическим центром крестовины;

α — угол между осями соединенных путей (угол крестовины).

Если для данной конструкции стрелочного перевода задаться углом α (маркой крестовины — см. ниже), то получается уравнение с двумя неизвестными L_0 и R (величины u , l_0 , β считаются известными при данной стрелке, а величины h и m являются функциями угла крестовины).

Далее, проектируя те же элементы на вертикальную ось, т. е. на ширину колеи, получим (фиг. 68):

$$S_k = l_0 \sin \beta + h \sin \alpha + \left(R + \frac{S_k}{2}\right) \cos \beta - \left(R + \frac{S_k}{2}\right) \cos \alpha$$

или

$$S_k = l_0 \sin \beta + h \sin \alpha + \left(R + \frac{S_k}{2}\right) (\cos \beta - \cos \alpha); \quad (47)$$

Выражение (47) по сравнению с предыдущим дает возможность установить зависимость между отдельными элементами независимо от длины перевода. Иначе говоря, задаваясь углом крестовины, а следовательно и прямой вставкой из условий, что конструктивно $h_{\min} = n +$ полнакладки (где n — длина переднего хвоста крестовины по рабочему канту, проверенная и округленная по условиям укладки брусев), можем определить значение R :

$$R = \frac{S_k - l_0 \sin \beta - h \sin \alpha}{\cos \beta - \cos \alpha} - \frac{S_k}{2}. \quad (48)$$

Этим выражением пользуются в тех случаях, когда приходится употреблять готовые конструкции и подбирать для перевода радиус переводной кривой.

При проектировании конструкций перевода заново, наоборот, необходимо знать минимальный радиус вписывания и подбирать для этого радиуса наиболее выгодный перевод, т. е. наиболее крутой и короткий. При этом пользуются выражением:

$$h = \frac{S_k - \left[l_0 \sin \beta + \left(R + \frac{S_k}{2}\right) (\cos \beta - \cos \alpha) \right]}{\sin \alpha}, \quad (49)$$

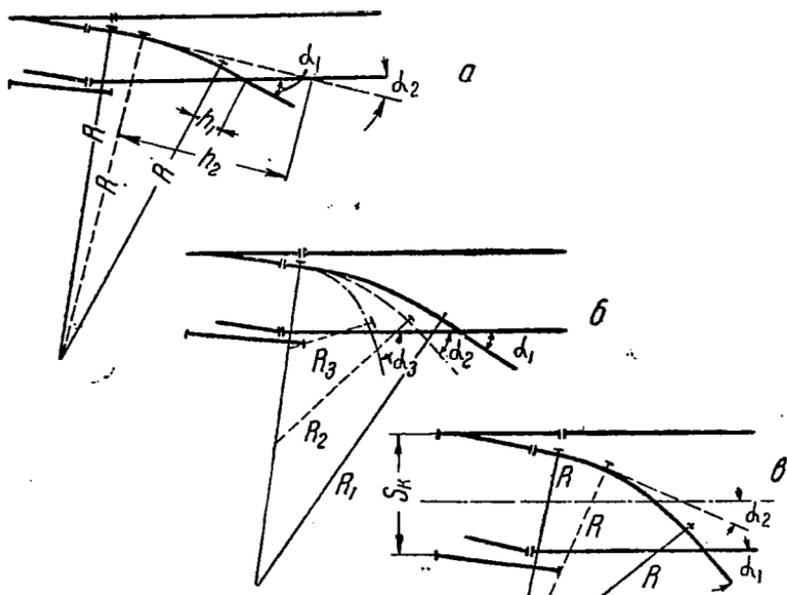
дающим ту же зависимость, но решанную относительно h .

Длина переводной кривой определяется (фиг. 68):

$$\overline{AB} = \pi \left(R + \frac{S_k}{2}\right) \frac{\alpha - \beta}{180^\circ}. \quad (50)$$

Из фиг. 69 следует:

1. При заданном радиусе, с применением более пологой марки крестовины (см. ниже), прямая вставка и длина перевода увеличатся, т. е. для максимального укорочения перевода необходимо



Фиг. 69.

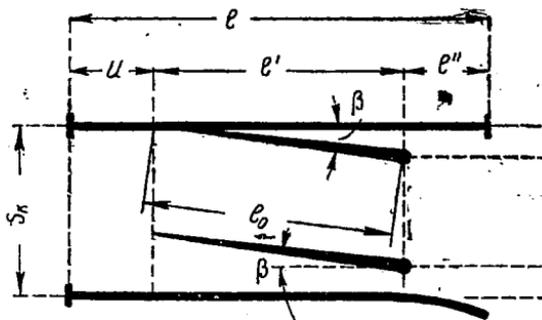
стремиться к применению наиболее крутой марки крестовины и наименьшей возможной прямой вставки (фиг. 69, а).

2. С увеличением радиуса марка крестовины становится положе, и длина перевода увеличивается, т. е. для возможного укорочения перевода и увеличения угла ответвления необходимо применять наименьшие возможные радиусы и прямые вставки (фиг. 69, б).

3. При одном и том же радиусе с уменьшением ширины колеи марка крестовины становится положе (фиг. 69, в).

Эти определения являются главнейшими факторами, лежащими в основе проектирования односторонних стрелочных переводов с прямыми крестовинами и остряками в стесненных условиях.

На фиг. 70 дана эпюра в рабочих кантах стрелки с прямыми перьями.



Фиг. 70.

Основной характеристикой стрелки является угол удара пера β . Для прямого пера этот угол образуется направлениями рабочих кантов наружного рамного рельса и пера, в прижатом его положении.

Величина β определяется

$$K = l_0 \sin \beta$$

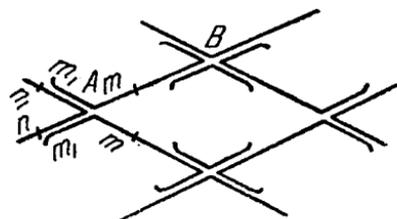
или

$$\beta = \arcsin \frac{K}{l_0}, \quad (51)$$

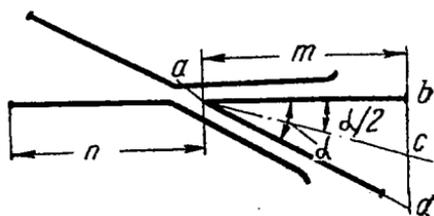
где K — расстояние в корне между рабочими кантами пера и рамного рельса,

l_0 — длина пера (остряка),

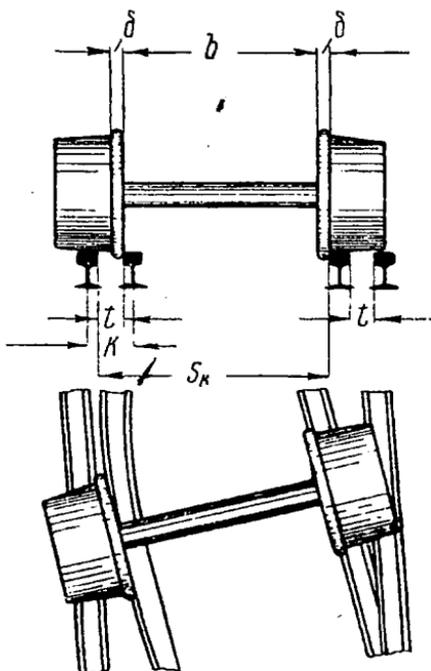
l — длина рамного рельса.



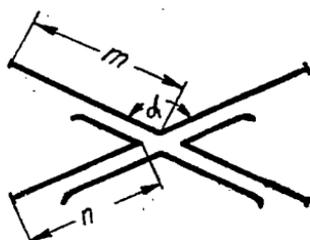
Фиг. 72.



Фиг. 73.



Фиг. 71.



Фиг. 74.

При $K = \text{const}$ чем меньше угол удара пера β , тем больше длина пера l_0 .

По условиям плавности движения по стрелке, чем больше скорость движения, тем меньше должен быть угол удара β и тем больше длина пера l_0 .

Величина K складывается из ширины желоба и ширины головки пера (головки рельса в корне пера) (фиг. 71), т. е.

$$K = t + b',$$

где t — величина свободного прохождения в корне пера;

b' — ширина головки рельса в корне пера;

$$t = S_k - b - \delta,$$

где S_k — ширина колеи; b — ширина насадки; δ — толщина реборды.

Таким образом величина K примет вид:

$$K = S_k - b - \delta + b', \quad (52)$$

следовательно, зная β и K , можно определить l_0 , или, зная K и l_0 , можно определить β .

Все крестовины по геометрическому очертанию делятся на две основные группы: прямые и кривые. Прямые крестовины в свою очередь разделяются на два типа: острые и тупые.

На фиг. 72 дано пересечение двух прямых путей: в точке A имеем острую, а в точке B тупую крестовину.

Геометрическая эпюра прямой крестовины изображена в рабочих кантах на фиг. 73 и определяется следующими элементами: углом крестовины α , длиной хвостовых частей n и m (длина усювиков n). Для тупой крестовины остаются те же элементы (фиг. 74), которыми она характеризуется: углом α и концы крестовины m и n .

Чаще всего крестовина характеризуется, кроме угла ее α , маркой крестовины (фиг. 73), т. е.

$$\frac{bd}{2} : ab = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

или

$$\frac{bd}{ab} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

или

$$M = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (53)$$

Как видно, эта величина (марка крестовины) легко определяется измерением крестовины и представляет большие удобства в расчетах стрелочных переводов.

В практике подземных путей и промышленных железных дорог встречаются марки крестовин: $M = 1/3 \div 1/4 \div 1/5 \div 1/6 \div 1/7^1$ и на основных железнодорожных магистралях: $M = 1/8 \div 1/9 \div 1/11$.

В некоторых странах марка крестовины обозначается знаменателем дроби, например 3, 4, 5, 6, 7 и т. д.

Не следует забывать, что маркой крестовины в основном характеризуется весь стрелочный перевод, его длина и другие элементы.

На фиг. 75 показана сборная крестовина, нередко применяющаяся для шахтных подземных путей.



Фиг. 75.

¹ В настоящее время ВУГИ разработал более крутые марки, чем указанные выше. В приложении I приведены табл. XV и XVI, причем табл. XV характеризует стрелочные переводы Шахтостроя, табл. XVI — стрелочные переводы ВУГИ.

§ 2. Длина рельса

Механические стыки рельсов являются самым слабым местом пути, откуда нередко и начинается расстройство последнего. Совершенно очевидно, что при устройстве рельсовых путей, где бы они ни сооружались, надо всеми техническими средствами стремиться к тому, чтобы уменьшить число стыков на погонной единице пути.

Это одна из радикальных мер, которая в сильной степени улучшает рельсовый путь не только в отношении меньших затрат на ремонт его в период эксплуатации, но и удлиняет срок службы пути и подвижного состава.

В настоящее время на железной дороге общего пользования широко ставится вопрос об удлинении рельса, и в этом направлении ведутся всевозможные практические и теоретические изыскания. Но для подземных путей этот вопрос до сих пор остается открытым, а между тем он заслуживает большого внимания, так как протяженность только одних главных горизонтальных путей по Донбассу достигает свыше 1,5 млн. пог. м. Если же учесть все пути по шахтам и бассейнам в СССР, то только по каменноугольной промышленности, не считая других горных предприятий, мы будем иметь около 5 млн. пог. м.

Таким образом удельный вес подземного рельсового транспорта весьма велик по сравнению с другими видами его. Следовательно, если на откаточных подземных путях применялись вместо 6—7-метровых несколько более длинные рельсы, то это дало бы огромные преимущества во всех отношениях.

Разумется, если бы даже в техническом отношении окончательно был решен вопрос о применении в шахтах длинных рельсов (например 10-метровых), то не на каждой шахте можно было бы применять их, так как при слабой дующей почве откаточных выработок длинные рельсы при частом ремонте могут сыграть отрицательную роль. Однако шахт с очень плохой дующей почвой в СССР не так уж много (их насчитываются единицы), следовательно этот момент не может служить препятствием для перехода на удлиненные рельсы.

Длина звена рельса определяется в зависимости от трех главных факторов: 1) колебания температуры воздуха в том месте, где настилаются рельсовые пути; 2) условий спуска их с земной поверхности в шахту (возможность заводки из ствола шахты в рудничный двор, с одной выработки на другую, например на квершлага на штрек или со штрека на бремсберг, уклон и т. д.) и 3) удобства оперирования при настилке и ремонте.

Изменение длины рельсов от колебания температуры определяется по формуле (фиг. 76)

$$\Delta l = a(t_2 - t_1)L,$$

откуда

$$\left[L = \frac{\Delta l}{a(t_2 - t_1)}, \right] \quad (54)$$

где L — длина одного звена рельса в м;

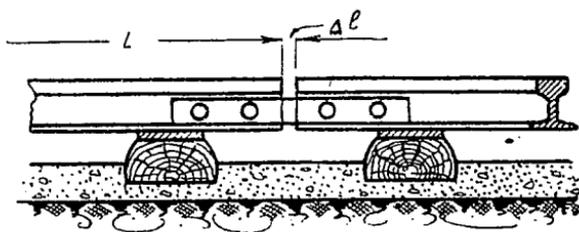
Δl — величина потребного температурного зазора: для подземных путей $\Delta l = 3 \div 5$ мм, а для путей широкой колеи при диаметре колес 1 м $\Delta l = 20$ мм;

α — коэффициент линейного удлинения материала рельсовой стали при изменении температуры на 1° ($\alpha = 0,000012$);

t_2 — наивысшая температура, наблюдаемая в данной местности (или в шахте);

t_1 — температура, при которой укладываются рельсы в пути.

Выражение (54) справедливо только для свободного неприкрепленного рельса. Что касается рельсов, лежащих в пути и соответственно прикрепленных к опорам (шпалам), то из-за значительных сил трения они не могут свободно изменять свою длину. Удлинение рельсов в данном случае происходит лишь частично; остальная часть необходимого удлинения переходит во внутренние дополнительные напряжения в рельсах.



Фиг. 76.

На основании наблюдений практический коэффициент линейного расширения принимается:

для рельсов, прикрепленных костылями:

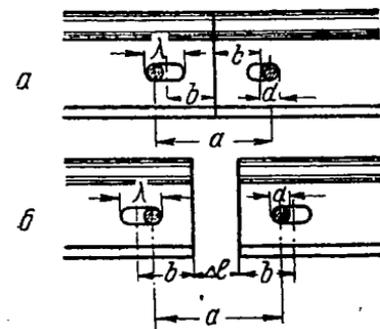
$$\alpha_k = 0,75 \cdot \alpha = 0,75 \cdot 0,000012 = 0,000009;$$

для рельсов, прикрепленных шурупами:

$$\alpha_{ш} = 0,50 \cdot \alpha = 0,50 \cdot 0,000012 = 0,000006.$$

Поэтому в выражение (54) надо подставить вместо α величины α_k или $\alpha_{ш}$ в зависимости от рода прикрепления рельсов к своим опорам.

Далее, для свободного перемещения рельсов при изменении температуры, на концах рельсов (или в накладках) просверливают для болтов 2—3 длинных отверстия в зависимости от числа болтов, на которые рассчитан стык.



Фиг. 77.

Удлиненные отверстия для болтов осуществляются просверливанием круглого отверстия большого диаметра или же овального отверстия (фиг. 77). В первом случае производство работ проще, но зато рельс ослабляется больше, чем во втором случае.

Соотношение размеров для расположения отверстий в рельсах и накладках показано на фиг. 77, а и б. Здесь показаны два положения соседних рельсов: первое при наиболее высокой температуре (фиг. 77, а) и второе при наиболее низкой температуре (фиг. 77, б), когда зазор достигает наибольшего размера.

Если обозначим:

d — диаметр круглого отверстия в накладке с запасом на допуски ($d = \delta + 2 \text{ мм}$),

a — расстояние между центрами средних отверстий в накладке,

b — расстояние от торца рельса до центра первого отверстия в рельсе,

λ — длину указанного отверстия,

то получим следующую зависимость:

$$\lambda = d + \frac{\Delta l}{2}; \quad (55)$$

$$b = \frac{a}{2} + \frac{d}{2} - \frac{\lambda}{2}$$

или

$$b = \frac{a}{2} + \frac{d}{2} - \frac{d + \frac{\Delta l}{2}}{2} = \frac{a + d - d - \frac{\Delta l}{2}}{2},$$

или

$$b = \frac{a - \frac{\Delta l}{2}}{2},$$

т. е.

$$b = \frac{2a - \Delta l}{4}, \quad (56)$$

откуда

$$\Delta l = 2(a - 2b). \quad (57)$$

Такое соотношение будет при самом невыгодном сочетании допусков в изготовлении болтов и их отверстий. Длина овала (выражение 55) превосходит величину диаметра болта на половину максимального зазора (фиг. 77); поэтому избегают придавать болтам чрезмерную толщину, а наоборот, стремятся улучшить качество металла, т. е. изготовить болты не из сварочного, а из литого железа.

В рудничных подземных условиях вопрос о применении более длинных рельсов мало зависит от величины потребного температурного зазора в механических стыках Δl . По потребному температурному зазору в стыках для подземных условий длина рельса (по выражению 54) может достигать 20 м и выше, так как колебание температуры воздуха в обычных наших шахтах невелико.

Главное препятствие к применению более длинных рельсов для подземных путей упирается только в размеры выработок.

Рассмотрим спуск рельсов с земной поверхности в шахту, вернее, заводку их из ствола шахты в рудничный двор, в зависимости от наибольшей высоты его и сечения ствола шахты (или ее диаметра). Связь между длиной спускаемого в шахту рельса, высотой рудничного двора при вертикальном стволе и его сечением можно найти следующим образом.

Обратимся к фиг. 78. Здесь: H — наибольшая высота рудничного двора в м; D — диаметр ствола шахты в м и L — длина рельса в м.

По оси x отложен диаметр ствола шахты D , а по оси y — высота рудничного двора H . На эти оси опираются концы рельса при его за-

водке в рудничный двор. Последние будут скользить по осям x и y , вычерчивая при этом соответственную кривую, точки которой покажут нужную высоту рудничного двора при любом заданном сечении ствола шахты или же длину прямой при определенных величинах H и D .

Уравнение прямой L :

$$x \cos \psi + y \sin \psi - p = 0. \quad (58)$$

Но так как L движется постоянно, скользя концами по координатным осям, то угол ψ и величина p будут изменяться. Величину p можно выразить в функции ψ , а именно:

$$AO = AB \cos \psi = L \cos \psi \quad (58a)$$

и

$$p = AO \sin \psi = L \cos \psi \cdot \sin \psi. \quad (58b)$$

Принимая во внимание выражения (58b) и (58), будем иметь:

$$x \cos \psi + y \sin \psi - L \cos \psi \cdot \sin \psi = 0, \quad (59)$$

где ψ — переменный параметр.

Дифференцируя выражение (59) по ψ , находим:

$$-x \sin \psi + y \cos \psi + L \sin^2 \psi - L \cos^2 \psi = 0. \quad (60)$$

Умножив выражение (59) на $\cos \psi$, а выражение (60) на $\sin \psi$, получим:

$$x \cos^2 \psi + y \sin \psi \cdot \cos \psi - L \cos^2 \psi \cdot \sin \psi = 0; \quad (61)$$

$$-x \sin^3 \psi + y \cos \psi \cdot \sin \psi + L \sin^3 \psi - L \cos^2 \psi \cdot \sin \psi = 0. \quad (62)$$

Вычитая далее из выражения (61) выражение (62), находим:

$$x (\cos^2 \psi + \sin^2 \psi) = L \sin^3 \psi$$

или

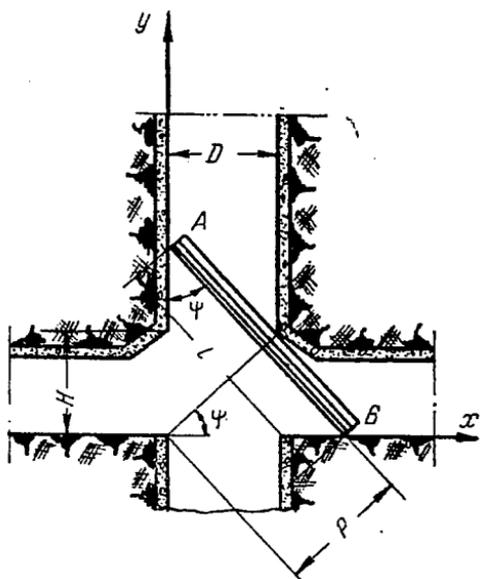
$$x = L \sin^3 \psi. \quad (63)$$

Чтобы определить y , опять воспользуемся выражениями (59) и (60), умножив первое на $-\sin \psi$, а второе на $\cos \psi$, и полученные результаты сложим; тогда будем иметь:

$$y = (\cos^2 \psi + \sin^2 \psi) = L \cos^3 \psi$$

или

$$y = L \cos^3 \psi. \quad (64)$$



Фиг. 78.

Далее, возводя равенства (63) и (64) в степень $\frac{2}{3}$ и складывая их почленно, исключим ψ , т. е.

$$x^{\frac{2}{3}} + y^{\frac{2}{3}} = L^{\frac{2}{3}}. \quad (65)$$

Из последнего выражения видно, что искомая кривая есть гипоциклоида или частный ее случай — астроида (см. курс высшей математики).

Для нашего случая выражение (65) примет вид (фиг. 78):

$$D^{\frac{2}{3}} + H^{\frac{2}{3}} = L^{\frac{2}{3}}. \quad (66)$$

Преобразовывая последнее выражение, будем иметь:

$$\frac{D}{H} = C; \quad D = CH;$$

тогда выражение (66) примет вид:

$$H^{\frac{2}{3}} + (CH)^{\frac{2}{3}} = L^{\frac{2}{3}}$$

или

$$\sqrt[3]{H^2} + \sqrt[3]{(CH)^2} = \sqrt[3]{L^2},$$

или

$$\sqrt[3]{H^2} (\sqrt[3]{C^2} + 1) = \sqrt[3]{L^2},$$

или

$$H^2 (\sqrt[3]{C^2} + 1)^3 = L^2,$$

или

$$H^2 (C^2 + 3\sqrt[3]{C^4} + 3\sqrt[3]{C^2} + 1) = L^2,$$

откуда

$$L = H \sqrt{C^2 + 3\sqrt[3]{C^2} (\sqrt[3]{C^2} + 1) + 1}. \quad (67)$$

Окончательно можно написать:

$$L = \varphi H; \quad (68)$$

где

$$\varphi = \sqrt{C^2 + 3\sqrt[3]{C^2} (\sqrt[3]{C^2} + 1) + 1}.$$

Для определения коэффициента φ в зависимости от сечения ствола шахты D в свету и высоты H рудничного двора составляем табл. 12, по которой легко определяется величина φ .

D м	H м	$\frac{D}{H} = C$	φ	D м	H м	$\frac{D}{H} = C$	φ	D м	H м	$\frac{D}{H} = C$	φ
3,0	3	1,00	2,83	4,5	4	1,12	3,01	6	4,5	1,33	3,26
3,5	3	1,17	3,06	5,0	4	1,25	3,18	6,5	4,5	1,44	3,42
4,0	3	1,33	3,30	5,5	4	1,37	3,31	7,0	4,5	1,55	3,57
4,5	3	1,50	3,54	6,0	4	1,50	3,51	7,5	4,5	1,66	3,71
5,0	3	1,67	3,73	6,5	4	1,62	3,67	8,0	4,5	1,77	3,86
5,5	3	1,83	3,96	7,0	4	1,75	3,84	3,0	4,5	0,60	2,24
6,0	3	2,00	4,19	7,5	4	1,87	3,99	3,5	5,0	0,70	2,36
6,5	3	2,17	4,38	8,0	4,5	2,00	4,19	4,0	5,0	0,80	2,44
7,0	3	2,33	4,56	3,0	4,5	0,67	2,36	4,5	5,0	0,90	2,63
7,5	3	2,50	4,76	3,5	4,5	0,78	2,51	5,0	5,0	1,00	2,83
8,0	3	2,67	5,00	4,0	4,5	0,89	2,66	5,5	5,0	1,10	2,96
3,0	4	0,75	2,48	4,5	4,5	1,00	2,83	6,0	5,0	1,20	3,10
3,5	4	0,87	2,62	5,0	4,5	1,11	3,00	6,5	5,0	1,30	3,24
4,0	4	1,00	2,83	5,5	4,5	1,22	3,11	7,0	5,0	1,40	3,42

Пример.

$$D = 4,5 \text{ м}; H = 3,0 \text{ и } \varphi = 3,54.$$

Следовательно, длина рельса будет:

$$L = \varphi H = 3,54 \cdot 3 = 10,62 \text{ м}.$$

Приведенное рассуждение о расчете длины рельса будет целиком и полностью относиться и к тому случаю, когда рельс приходится заводить с квершлага на штрек или со штрека на бремсберг или уклон, но только тогда величинами D и H надо обозначать соответственные размеры этих выработок.

Таким образом 10-метровые рельсы, повидимому, можно было бы применять для сооружения главных откаточных путей на многих шахтах, а в негазовых шахтах при хорошей (устойчивой) почве, как уже отмечалось ранее, можно рекомендовать электросварку рельсовых стыков в виде опыта.

§ 3. Методы расчета рельсового пути

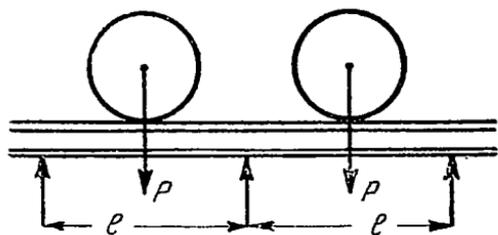
Шахтные рельсовые пути на главных откаточных выработках до сих пор укладываются на-глаз, без предварительного расчета. В результате, вследствие просадки путей, нередко получается перекося и нарушение принятой колеи, и уже потом, при дальнейшей эксплуатации, пути становятся узким местом транспорта, несмотря на частый ремонт.

Это обстоятельство можно было бы иллюстрировать целым рядом примеров по Донбассу, Кузбассу, Подмоскovie и другим бассейнам. Но приводить такие примеры нет необходимости, так как большинству горняков хорошо известно, что рельсовые шахтные пути до сих пор на многих шахтах находятся еще в неудовлетворительном состоянии и часто являются препятствием к выполнению циклической работы шахты, а следовательно плановой добычи.

Следует, однако, отметить, что если даже в самом начале все элементы пути правильно подобраны, но во время их эксплуатации будет отсутствовать своевременная профилактика (уход и ремонт за ними), то, конечно, и в этом случае они не могут обеспечить нормальный режим работы транспорта. К сожалению, у нас нередко игнорируется

то и другое, т. е. отсутствует профилактика и правильный подбор элементов в самом начале укладки путей.

Чтобы сознательно подобрать отдельные элементы пути для заданных условий, необходимо произвести соответственный расчет их. Поскольку до сих пор в горной литературе никакого метода расчета шахтных путей не предложено, можно воспользоваться тем методом расчета, который широко применяется в железнодорожном деле¹, впредь до проработки этого вопроса для шахтных путей. Впрочем, заранее можно сказать, что принципиальная основа расчета путей будет оставаться одна и та же как для



Фиг. 79.

железнодорожных, так и для шахтных путей. Речь может идти только о различных коэффициентах, которые в дальнейшем должны быть уточнены опытным путем.

Около 100 лет назад, когда рельсы были очень короткими (1—1,5 м) и покоились на отдельных опорах, работая как разрезные балки (фиг. 79), напряжение определялось очень просто с учетом лишь статической нагрузки, т. е.

$$M_{\max} = \sigma \cdot W,$$

откуда

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \text{ кг/см}^2,$$

где M_{\max} — наибольший изгибающий момент,
 σ — напряжение в рельсе при изгибе,
 W — наименьший момент сопротивления в расчетном сечении.

По наибольшему давлению колеса подвижного состава P и расстоянию между опорами l определялась величина M_{\max} , т. е.

$$M_{\max} = \frac{P \cdot l}{4} \text{ кг/см.}$$

После увеличения длины рельсов и расположения их на нескольких опорах наибольший изгибающий момент определялся следующим образом:

$$M_{\max} = 0,75 \frac{P \cdot l}{4} \cong 0,188 \cdot p \cdot l \text{ кг/см.}$$

Примерно такой же расчет рельса приводится и в наше время в горнотехнической литературе некоторыми авторами².

В действительности такой метод расчета пути нельзя было рекомендовать даже при том состоянии техники, которое было 80—100 лет назад, так как рельсы и тогда укладывались на нескольких опорах

¹ Проф. Каменский А. А., доц. Граве И. П. и доц. Березовский М. В. — Курс промышленных ж. д., том I, изд. 1937 г., стр. 207—220.

² См., например, инж. Резунов, Электровозные рельсовые пути в шахте стр. 18, 19 и др., 1935.

(шпалах), прикреплялись к ним костылями или шурупами, и вся эта система покоилась на балластной подушке. Здесь мы имеем не балку, лежащую на двух опорах, а целую сложную систему рельсового пути, которая одновременно под действием груза находится в работе.

Впоследствии была предложена схема расчета рельса в виде неразрезной балки на многих упругих опорах. В настоящее же время на основании теоретических исследований отдельных авторов, капитальных работ Института реконструкции пути НКПС, а также опытов специальной американской железнодорожной комиссии, которая работала свыше 15 лет, расчет рельсового пути оказался возможным вести в предположении схемы бруса, лежащего на сплошном упругом основании. При этом в основу расчета положена характеристика упругости пути u , исходя из гипотезы о пропорциональности осадок рельсового пути производимым на него давлениям.

Еще в 1869 г. опыты Вебера над осадкой шпал позволили Винклеру высказать гипотезу о пропорциональности упругих сжатий балласта производимым на него давлениям. Эта гипотеза имеет вид:

$$p = C_n \cdot y, \quad (69)$$

где p — нагрузка в кг на 1 см^2 поверхности балласта под нижней постелью шпал;

C_n — коэффициент пропорциональности, названный коэффициентом нижней постели шпал;

y — величина упругости просадки шпал в балластном слое.

При $y = 1 \text{ см}$

$$C_n = \frac{p}{y} = \frac{p}{1} = p,$$

т. е. коэффициент нижней постели шпал является такой нагрузкой на 1 см^2 балласта (в кг), которая вызывает упругое сжатие данного слоя балласта на 1 см , следовательно размерность его получается:

$$C_n = \frac{\text{кг/см}^2}{\text{см}} = \text{кг/см}^3.$$

В настоящее время принимают новые значения модуля упругости рельсового основания u , и выражение (69) принимает вид:

$$p = u \cdot y, \quad (70)$$

где p — нагрузка в кг на 1 пог. см пути,

u — коэффициент или модуль упругости рельсового основания,

y — упругая просадка пути в см.

При $y = 1 \text{ см}$

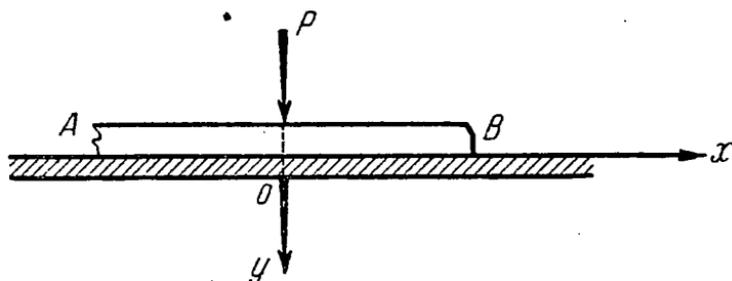
$$u = \frac{p}{y} = \frac{p}{1} = p,$$

т. е. модуль упругости рельсового основания представляет такую нагрузку на 1 пог. см основания рельса, которая вызывает упругую просадку основания на 1 см , и следовательно, размерность его получается:

$$u = \frac{\text{кг/см}}{\text{см}} = \text{кг/см}^2.$$

Таким образом новое значение модуля упругости рельсового основания u сравнительно со старым коэффициентом нижней постели шпал C_B значительно более полно отражает действительное положение вещей. Величина u учитывает не только просадки балласта и нижнего строения пути, но и упругие просадки шпалы от сжатия ее поперек волокон и от уничтожения под давлением колес свободных зазоров между подошвой рельса и подкладкой, подкладкой и шпалой и т. п.

Эти обстоятельства весьма существенны и их можно наблюдать на упругих просадках рельса на поверхности зимой, когда шпалы в мелкопесчаном смерзшемся балласте фактически почти теряют упругость основания под своей нижней постелью, и упругость рельсового пути обеспечивается главным образом сжатием самой шпалы и просадками скреплений.



Фиг. 80.

В действительности же рельс располагается не на сплошном основании, а на отдельных опорах, поэтому модуль u должен быть связан с опорной площадью шпалы. В самом деле, на протяжении между соседними шпалами рельс ничем не поддерживается, поэтому упругие просадки пути (не самого рельса) обязаны в конце концов все же просадкам шпалы и ее основания. Следовательно, вся нагрузка на протяжении между осями шпал $u \cdot l$ должна быть равна силе, приложенной к полушпале и понижающей ее на 1 см в подрельсовом сечении, т. е.

$$u \cdot l = D = \alpha \frac{a \cdot B}{2} C_B,$$

откуда

$$u = \frac{\alpha \frac{a \cdot B}{2} C_B}{l}, \quad (71)$$

где α — коэффициент изгиба шпалы или отношение средней просадки шпалы к просадке подрельсового сечения $\left(\alpha = \frac{y_{cp}}{y_p} \right)$

a — длина шпалы;

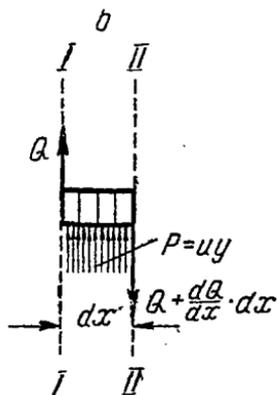
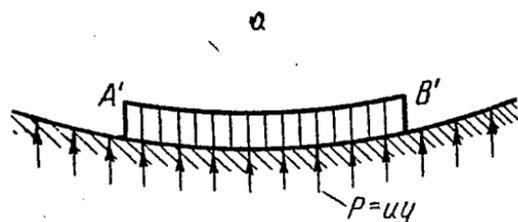
B — ширина нижней постели шпалы;

C_B — коэффициент верхней постели шпалы или подошвы рельса (что вернее, так как этот коэффициент должен учитывать упругое сжатие всего того, что находится под подошвой рельса);

l — расстояние между осями шпал.

Зная величину u , можно получить в результате расчета пути напряжения в нем, достаточно близкие к действительным, правда пока только от действия вертикальных нагрузок.

Для пути на прочных неземлистых основаниях ценность указанного метода безусловно возрастает, так как при прочных постоянных основаниях (например путь настиляется на известняке, песчанике, на твердых сланцах и других твердых породах) отпадает главнейший фактор, создающий условность этого расчета, т. е. непостоянство физико-механических свойств и условий равновесия нижнего строения пути. Но в подземных условиях настилать рельсовые пути почти всегда приходится сравнительно на однородных и твердых породах (во всяком случае не землистых), поэтому рассматриваемый метод расчета пути будет безусловно в большей степени пригоден для шахтных путей, чем для путей, сооружаемых на землистых грунтах.



Фиг. 81.

Основные формулы для окончательного расчета рельсового пути по указанному выше методу выводятся на основании следующих соображений.

Допустим мы имеем брус AB , лежащий на сплошном упругом основании (фиг. 80) с расположением начала координат в месте приложения силы P . Ось x направлена вправо по оси бруса, а ось y — вертикально вниз по направлению просадки пути.

Тогда для рассмотрения условий равновесия выделяется бесконечно малый элемент бруса, вырезанный двумя сечениями $I-I$ и $II-II$ на расстоянии dx одно от другого в свободной от равномерной загрузки части бруса (фиг. 81, a и b).

Условие равновесия выделенного бесконечно малого элемента бруса напишется:

$$Q + dQ = Q + p \cdot dx, \quad (72)$$

где Q — сила, перерезывающая брус;

p — сила реакции упругого основания на единицу его длины, которая на основании выражения (70) имеет вид:

$$p = u \cdot y.$$

Пользуясь последним выражением и принимая во внимание уравнение (72), будем иметь:

$$\frac{dQ}{dx} = u \cdot y. \quad (73)$$

Далее известно, что уравнение упругой оси бруса при изгибе с расположением координатных осей, как указано на фиг. 80, имеет вид

$$M = -EI \frac{d^2 y}{dx^2}, \quad (74)$$

где M — изгибающий момент,

E — модуль упругости бруса,

I — момент инерции рассматриваемого бруса.

Но так как

$$Q = \frac{dM}{dx},$$

то

$$\frac{dQ}{dx} = \frac{d^2 M}{dx^2} = u \cdot y. \quad (75)$$

Дифференцируя дважды уравнение изгиба (74), будем иметь:

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = -EI \frac{d^4 y}{dx^4}. \quad (76)$$

Но так как

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = u \cdot y,$$

то

$$-EI \frac{d^4 y}{dx^4} = u \cdot y$$

или

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = -u \cdot y. \quad (77)$$

Если обозначим коэффициент упругости основания и рельса через

$$k = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}},$$

то

$$k^4 = \frac{u}{4EI}$$

или

$$EI = \frac{u}{4k^4}. \quad (78)$$

Заменяя в уравнении (77) EI через $\frac{u}{4k^4}$, получим

$$\frac{u}{4k^4} \cdot \frac{d^4 y}{dx^4} = -u \cdot y$$

или

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = -4k^4 \cdot y. \quad (79)$$

После интегрирования этого выражения получается общее уравнение изгиба для бруса, лежащего на сплошном упругом основании:

$$y = e^{kx} (A \cos kx + B \sin kx) + e^{-kx} (C \cos kx + D \sin kx). \quad (80)$$

Для расчета рельсового пути наибольший интерес представляет случай загрузки одной сосредоточенной силой P (фиг. 80).

Далее определяются произвольные постоянные величины A , B , C и D , после чего получается:

$$y = \frac{Pk}{2u} e^{-kx} (\cos kx + \sin kx); \quad (81)$$

$$M = \frac{P}{4k} e^{-kx} (\sin kx - \cos kx); \quad (82)$$

$$Q = -\frac{P}{2} e^{-kx} \cos kx; \quad (83)$$

$$Q' = \frac{kP}{2} e^{-kx} (\cos kx + \sin kx) \quad (84)$$

или

$$y = \frac{Pk}{2u} a_1; \quad (81a)$$

$$M = \frac{P}{4k} a_2; \quad (82a)$$

$$Q = -\frac{P}{2} a_3; \quad (83a)$$

$$Q' = \frac{kP}{2} a_4; \quad (84a)$$

где y — упругая просадка бруса в см,

M — изгибающий момент бруса в кг/см,

Q — перерезывающая сила бруса в кг,

Q' — давление на единицу длины шпалы в кг/пог. см.

$$a_1 = e^{-kx} (\cos kx + \sin kx); \quad a_2 = e^{-kx} (\sin kx - \cos kx);$$

$$a_3 = e^{-kx} \cdot \cos kx; \quad a_4 = e^{kx} (\cos kx + \sin kx) = a_1.$$

Итак, мы получаем основные формулы (81), (82), (83) и (84), которыми можно пользоваться при расчете любой конструкции рельсового пути под действием вертикальных сил, но для этого надо знать характеристику или модуль упругости рельсового основания.

Кроме того, при расчете рельсового пути от подвижной статической нагрузки надо еще вводить динамические коэффициенты.

Если подвижной состав применяется с большим расстоянием между осями и рельсовый путь имеет большую жесткость основания, то соседние грузы не могут значительно влиять на напряжение в расчетном сечении под выбранной осью. Но подвижной состав может быть и такой конструкции, что грузы соседних осей будут иметь определенное влияние при небольшой жесткости основания пути; тогда их нужно учитывать.

Из выражения (81) видно, что упругая линия имеет волнообразную форму. Длина волны соответствует изменению угла kx на 2π и представляется (фиг. 82) так:

$$2L_0 = \frac{2\pi}{k},$$

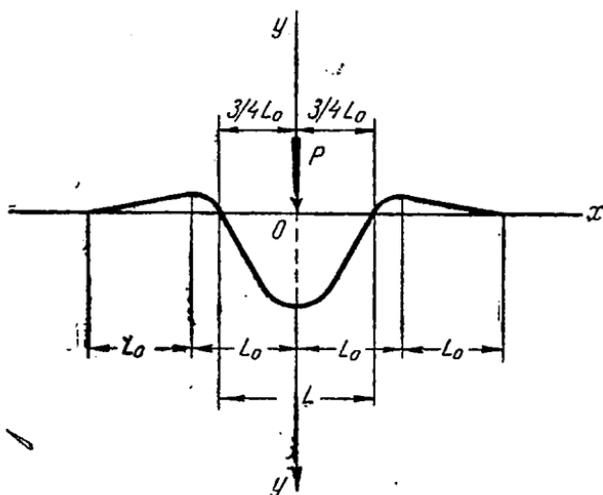
НО

$$k = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}},$$

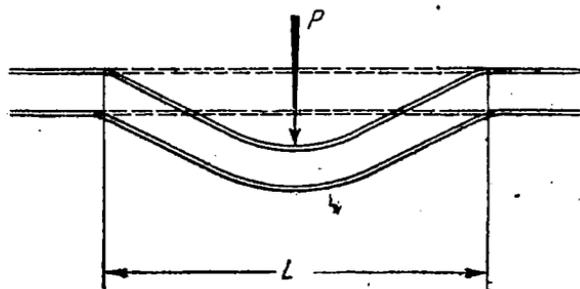
ПОЭТОМУ

$$2L_0 = 2\pi \sqrt[4]{\frac{4EI}{u}}. \quad (85)$$

Высота волны (выражение 81) вследствие все убывающего множителя e^{-kx} быстро уменьшается с удалением от места приложения груза, что видно из фиг. 82, где изогнутая линия представляет вид изогнутой оси бруса.



Фиг. 82.



Фиг. 83.

Длина бруса (рельса), оседающая под грузом P (фиг. 82 и 83), может быть представлена в таком виде (фиг. 82, 83 и выражение 85):

$$L = \frac{3}{4} L_0 + \frac{3}{4} L_0 = \frac{3}{2} L_0$$

ИЛИ

$$L = \frac{3}{2} \pi \sqrt[4]{\frac{4EI}{u}}. \quad (86)$$

Последнее выражение позволяет сделать вывод, что длина L тем больше, чем жестче рельс и мягче основание рельсового пути.

Определяя для разных значений величину k и L , можно установить (зная расстояние между осями подвижного состава), нужно ли учитывать влияние соседних колес на расчетный груз или нет.

Следует отметить, что деформации и напряжения в каком-либо сечении на расстоянии $x \neq 0$ от точки приложения сосредоточенного груза (фиг. 80 и 82) учитываются только членами a_1 , a_2 и a_3 (см. выше), причем в силу симметрии безразлично, в какую сторону от груза расположено сечение. Наибольшие значения y , M , Q и Q' соответствуют сечению под грузом, когда a_1 , a_2 и a_3 равны единице.

Влияние соседних грузов должно учитываться только для тех осей подвижного состава, которые отстоят от данной расчетной на расстоянии не более $1/2 L$ в обе стороны (фиг. 83); в противном случае нет никакого смысла учитывать соседние грузы.

Если пользоваться принципом сложения сил, совместное действие нескольких грузов приводит к одной равнодействующей силе:

$$\sum P \cdot a_1 \text{ или } \sum P \cdot a_2.$$

Из вычисленных $\sum P \cdot a_1$ или $\sum P \cdot a_2$ выбирают для расчета наибольшее значение и подставляют его в формулы вместо силы P , т. е. при нескольких грузах силу P заменяют алгебраической суммой сил, действующих на рельсовый путь в пределах пролета последнего. Тогда выражения (81а), (82а), (83а) и (84а) примут соответственно вид:

$$y = \frac{k \sum P \cdot a_1}{2 \cdot u}; \quad (87)$$

$$M = \frac{\sum P \cdot a_2}{4 k}; \quad (88)$$

$$Q = - \frac{\sum P \cdot a_3}{2}; \quad (89)$$

$$Q' = \frac{k \sum P \cdot a_4}{2}. \quad (90)$$

На основании указанных выше положений окончательно принимаются следующие основные расчетные формулы:

1. Напряжение в рельсах от изгиба:

а) при статической нагрузке

$$\sigma_{ст} = \frac{M}{W} = \frac{\sum P \cdot a_1}{4kW} \text{ кг/см}^2; \quad (91)$$

б) при динамической нагрузке

$$\sigma_{дин} = (m \cdot \rho \sigma_{ст})_{\max} \text{ кг/см}^2. \quad (92)$$

2. Давление рельса на шпалу:

а) при статической нагрузке

$$Q'_{ст} = \frac{1}{2} lk \sum P \cdot a_4 \text{ кг}; \quad (93)^1$$

б) при динамической нагрузке

$$Q'_{дн} = m_1 \cdot n \cdot Q'_{ст} \text{ кг}. \quad (94)$$

3. Давление на поверхность шпалы под подкладкой, а в случае укладки рельса непосредственно на шпалу — под рельсом:

а) при статической нагрузке

$$q_{ст} = \frac{Q'_{ст}}{F} \text{ кг/см}^2; \quad (95)$$

б) при динамической нагрузке

$$q_{дн} = (m_1 \cdot n \cdot q_{ст})_{\max} \text{ кг/см}^2. \quad (96)$$

4. Давление на поверхность балластного слоя под шпалой:

а) при статической нагрузке

$$p_{б. ст} = \frac{2 \cdot Q'_{ст}}{\frac{a \cdot B}{2}} \text{ кг/см}^2; \quad (97)$$

б) при динамической нагрузке

$$p_{б. дн} = (m \cdot n \cdot p_{б. ст})_{\max} \text{ кг/см}^2. \quad (98)$$

5. Давление на поверхность земляного полотна (почвы выработки) под балластным слоем:

а) при статической нагрузке

$$p_{з. ст} = \frac{p_{б. ст}}{1 + 0,03 \frac{H^2}{B}} \text{ кг/см}^2; \quad (99)^2$$

б) при динамической нагрузке

$$p_{з. дн} = (m \cdot n \cdot p_{з. ст})_{\max} \text{ кг/см}^2. \quad (100)$$

Значения величин, входящих в формулы (87—100), следующие:

$\sum P \cdot a_2$ — эквивалентный груз, замещающий данную систему грузов в отношении напряжений в рельсе на изгиб, в кг;

$\sum P \cdot a_4$ — то же в отношении давления на шпалу, балластный слой и земляное полотно (почву выработки) в кг;

$M = \frac{\sum P \cdot a_2}{4k}$ — изгибающий момент в рельсе в кг/см;

¹ Формула (93) похожа на формулу (90), но только в первую вводится еще расстояние между шпалами l в предположении наличия давления не на погонную единицу шпалы, а на всем протяжении между осями шпал.

² Формула эмпирическая.

$y = \frac{k \sum P \cdot a_1}{2u}$ — упругая просадка рельса в см;

$k = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}}$ — коэффициент относительной жесткости основания и рельса в см^{-1} ; эту величину следует определять до третьего знака после запятой, например $k = 0,008 \div 0,016$;

E — модуль упругости рельсовой стали $E = 2 \times 10^6 \div 2,1 \times 10^6 \text{ кг/см}^2$;

I — момент инерции рельса в см^4 ;

W — момент сопротивления рельса в см^3 ;

$u = \frac{D}{l} \cdot \frac{y_{ш}}{y_p}$ — модуль упругости рельсового основания в кг/см^2 ;

l — расстояние между осями шпал в см;

$y_{ш} : y_p$ — отношение наибольших упругих просадок шпалы и рельса;

а) при костыльном прикреплении

$$y_{ш} : y_p = 0,5;$$

б) при шурупном прикреплении

$$y_{ш} : y_p = 0,7;$$

$D = \alpha \frac{a \cdot B}{2} C_n$ — сила, вызывающая упругую просадку полушпалы, в кг/см ;

α — коэффициент, оценивающий изгиб шпалы (отношение средней осадки шпалы к осадке подрельсового сечения) определяется опытным путем; грубо ориентировочно можно принимать: $\alpha = 0,85 \div 1,00$;

a — длина шпалы в см;

B — ширина опорной площади шпалы в см;

C_n — коэффициент нижней постели шпалы (определяется опытным путем) в кг/см^3 ($C_n > 1$).

Величина модуля упругости рельсового основания может определяться:

$$u = \frac{\alpha \frac{a \cdot B}{2} C_n}{l}$$

или

$$u = \frac{\alpha \frac{a \cdot B}{2} C_B \cdot \frac{y_{ш}}{y_p}}{l},$$

где

$$C_B = C_n \frac{y_{ш}}{y_p},$$

т. е., если нам известна величина C_n , мы можем найти величину C_B , и наоборот ($C_B > 1$);

F — площадь подкладки или при отсутствии ее — площадь опорной поверхности рельса на шпале в $см^2$;

H — толщина балластного слоя под шпалой в $см$;

m — динамический коэффициент, оценивающий влияние, оказываемое неравномерностями пути и бандажей колес на напряжения в рельсах;

m_1 — динамический коэффициент, оценивающий влияние, оказываемое неравномерностями пути и бандажей колес на напряжения в шпалах;

n — динамический коэффициент, оценивающий влияние конструкции подвижного состава на напряжения в рельсах, шпалах и балласте.

Величины m , m_1 и n определяются опытным путем в зависимости от факторов, влияющих на них, и от скорости движения.

Для узкоколейных локомотивов, для которых нет еще исчерпывающих опытных данных, ориентировочно динамические коэффициенты можно принимать:

$$m_0 = m \cdot n; m'_0 = m_1 \cdot n; m_0 = m'_0 \cong 1,5.$$

Таким образом окончательно можно будет пользоваться для расчета путей формулами (91—100). Они, как показали наши подсчеты¹, дают достаточную степень точности для практики, поэтому прежде чем настилать ответственные пути в шахте, весьма желательно сделать предварительный просчет всех элементов рельсового пути, чтобы убедиться в надежности или ненадежности их.

Если в результате расчета будет обнаружено какое-либо слабое звено пути (например слабая почва выработки), то его следует соответственно усилить и уже потом производить окончательную укладку путей.

В принципе изложенный метод расчета рельсовых путей пригоден как для широкой, так и для узкой колеи, в том числе и для шахтных путей, но, разумеется, для последних надо иметь свои опытные данные к расчету, например, величины a , u , C_n и т. д. Поскольку этих величин мы пока не имеем, для некоторых случаев рекомендуем брать их такими же, какие принимаются для расчета путей промышленного транспорта узкой колеи.

Некоторые данные к расчету пути приведены в конце приложения 1.

§ 4. Принцип разбивки криволинейного пути на местности

Криволинейные участки пути устраиваются в тех местах, где рельсовый путь необходимо повернуть с одного направления на другое (фиг. 48).

В подобных случаях переход осуществляется постепенно по соответственной кривой, касательной двум данным прямым. Кривая, сопрягающая два прямых пути, большей частью является дугой окружности заданного радиуса. Величина радиуса R (фиг. 48) изме-

¹ В течение последних двух лет при проработке курса «Рудничный транспорт» со студентами МГИ по приведенным формулам было решено много примеров, причем полученные результаты не были противоречивыми.

няется в зависимости от характера подвижного состава, скорости его движения и технических условий сооружаемого пути.

По условиям работ могут быть более сложные случаи перехода пути с одного направления на другое, чем показано на фиг. 48. Один из таких случаев изображен на фиг. 49, но и здесь можно обнаружить сопряжение двух прямых путей при помощи круговых кривых с одинаковыми или разными радиусами (R и R_1).

Вообще для более надежной работы рельсового транспорта надо всегда стремиться к тому, чтобы в пределах того или другого предприятия было как можно меньше криволинейных путей. Однако обойтись вовсе без криволинейных путей в большинстве случаев по условиям работ невозможно (нужно, например, произвести заезд с квершлага на штрек и т. д.).

Круговые кривые, при помощи которых имеется возможность придавать прямолинейному пути другое направление, получили широкое распространение благодаря простоте и удобству их устройства, так как постоянство радиуса кривой позволяет сохранять на всем протяжении кривой одно и то же уширение пути и возвышение одной нитки над другой.

Кроме того, расчет и разбивка в шахте (на местности) круговой кривой отличаются от всех других наибольшей простотой. Однако, как отмечалось выше, вход поезда с прямой на круговую кривую и выход с нее создают отрицательные моменты, заставляющие устраивать между прямой и круговой кривыми переходные кривые.

Для разбивки кривой, по которой надо построить криволинейный рельсовый путь на местности, прежде всего необходимо знать ее основные элементы.

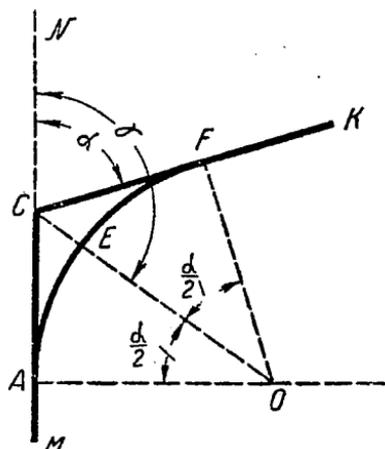
Для этой цели обратимся к фиг. 84, где MN — первоначальное направление пути; в точке C сделан поворот вправо на угол α ; новое направление $СК$. Эти два направления сопряжены круговой кривой AEF .

Угол α между продолжением первого направления и новым направлением называется углом поворота и служит основой для разбивки криволинейных путей. Центральный угол AOF равен углу поворота, как углы со взаимно перпендикулярными сторонами.

Линия OC , делящая центральный угол AOF пополам на углы, равные $\alpha/2$, является биссектрисой. Линия $AO = OF = R$ — радиус кривой, который служит также основой для разбивки.

Касательные $AC = CF$ на практике называются тангенсами и обычно обозначаются через T . (на фиг. 48 и 49 тангенсы показаны в точках A, B и A', B').

Отрезок биссектрисы от вершины угла C до кривой, т. е. CE , обозначается через B .



Фиг. 84.

Длина кривой AEF обозначается через K . Разность между длиной двух касательных (ACF) и длиной кривой (AEF), т. е. $2T - K = D$, называется домером.

Если угол поворота α и радиус кривой R известны, то все остальные элементы тоже известны, т. е. их можно определить:

1. Из треугольника OAC (фиг. 84) определяем касательную (тангенс)

$$T = AC = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (101)$$

2. Длина кривой определяется

$$K = AEF = \frac{2\pi Ra}{360^\circ} = \frac{\pi Ra}{180^\circ}. \quad (102)$$

3. Величина биссектрисы получается

$$B = CE = OC - OE = \frac{R}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R$$

или

$$B = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right). \quad (103)$$

4. Зная величины T и K , можно определить и домер, т. е.

$$D = 2T - K. \quad (104)$$

Главными точками при разбивке кривой называются (фиг. 84): A — начало кривой; F — конец кривой; C — вершина угла и E — середина кривой.

Положение этих точек при разбивке кривой определяется всегда, и на месте укладки путей они обычно отмечаются соответственными колышками.

Чтобы построить какое-либо закругление пути в зависимости от радиуса кривой R и от той местности, где предполагается соорудить это закругление, обычно перед этим производят детальную разбивку кривой, а затем уже устраивают криволинейный путь.

Разбить кривую детально — это значит наметить ее на месте устройства криволинейного пути целым рядом колышков, поставленных более или менее часто и на равных расстояниях один от другого в зависимости от R .

Для определения положения точек, лежащих на кривой, существует много способов, например так называемый способ разбивки координатами от тангенса, способ углов, способ продолженных хорд и др.¹

Рассмотрим один из этих способов, т. е. способ продолженных хорд, наиболее подходящий для подземных условий по своей простоте и наглядности, хотя и менее точный, чем другие.

Сущность этого способа заключается в следующем (фиг. 85). Первая точка K_1 , лежащая на расстоянии S от начальной точки кривой A ,

¹ По этому вопросу см., например, проф. Федоров, Круговые переходные кривые, 1938.

определяется координатами x и y с помощью маркшейдерского инструмента.

После получения точки K_1 лента (рулетка) вытягивается по продолжению прямой AK_1 на расстояние $K_1B = S$ (например на 0,5—1,0—1,5 м и т. д.), чем определяется точка B .

Далее, удерживая ленту в точке K_1 , конец ее B перемещают на расстояние d , отмеряемое рулеткой. Отрезок d называется промежуточным перемещением. Этим определяется точка K_2 . Для получения следующей точки кривой ленту направляют по продолжению прямой K_1K_2 на расстояние $K_2C = S$ и, удерживая ленту в точке K_2 , перемещают ее конец C на то же расстояние d , чем определяется точка кривой K_3 , и т. д.

Для определения величины перемещения d рассмотрим треугольник OK_1K_2 и BK_1K_2 (фиг. 85). Нетрудно установить, что эти равнобедренные треугольники имеют по равному углу α , т. е. угол BK_1K_2 равен углу K_1OK_2 , следовательно они подобны, а из их подобия вытекает, что

$$d : S = S : R,$$

откуда

$$d = \frac{S^2}{R}, \quad (105)$$

где d — величина промежуточного перемещения в м;

S — длина хорды ($S = K_1B = K_1K_2 = K_2C = K_2K_3$ и т. д.) в м;

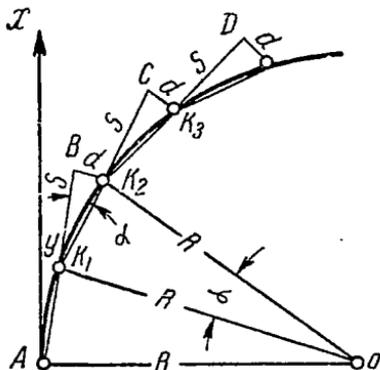
R — радиус круговой кривой (или радиус закругления) в м.

Этот способ очень прост и пригоден для стесненных условий, поэтому он может быть использован для разбивки закругления в подземных условиях, например, мы можем при его помощи легко разбить кривую на местности для сопряжения квершлага со штреком и т. д.

Как уже отмечалось, радиусом, началом и концом круговая кривая вполне задана, и этими же основными элементами определяется ее положение на местности.

Что касается самого центра кривой (точка O на фиг. 84 или 85), то он никогда не дается и никогда не отыскивается.

Таким образом, выбрав один из способов разбивки закругления, зная главные точки и радиус этого закругления, можно определить на местности ось искомой кривой. Затем в определенном масштабе вычерчивается эта кривая и за подписью лица, отвечающего за постройку путей, передается производителю работ, который обязан выполнять строго по чертежу криволинейные рельсовые пути на данной местности (в выработке), соблюдая при этом все необходимые правила путевого хозяйства.



Фиг. 85.

УКЛАДКА, РЕМОНТ И СОДЕРЖАНИЕ ПУТИ

§ 1. Организация и порядок укладки постоянного пути на прямолинейных участках

В техническом проекте, по которому предполагается постройка новой шахты (или группы шахт), должен быть предусмотрен особый раздел путевого хозяйства, где в зависимости от производительности шахты, размера ее полей, геологических условий и принятого подвижного состава устанавливается тип рельсов, стрелочных переводов, шпал, балласта и других принадлежностей рельсового пути со всеми размерами и необходимыми чертежами. В этом же проекте намечается продольный и поперечный профили пути, откаточных выработок и водоотводных или дренажных канав с их размерами. Составляется смета на потребные материалы и рабочую силу, где подсчитывается стоимость укладки погонной единицы пути в зависимости от принятой ширины колеи и числа путей.

Кроме того, со всеми подробностями должен быть разработан график производства путевых работ, на основании которого уже можно приступать к сооружению постоянных путей вслед за подвиганием забоя откаточных выработок.

Укладка постоянных шахтных путей производится участками длиной не более 100 м. По приказу наркома тяжелой промышленности Л. М. Кагановича № 952 от 5/IX 1937 г. создаются специальные квалифицированные путевые бригады, возглавляемые дорожным мастером, в обязанности которого входит вся служба пути в шахте, в том числе и укладка постоянных путей.

Бригады же по проходке и креплению откаточных выработок по мере подвигания забоя до укладки постоянных путей обязаны сами укладывать себе временный путь, необходимый для производства их работ.

Для этой цели они могут применять облегченного типа рельсы и шпалы или те же рельсы и шпалы, которые используются в дальнейшем для настилки постоянных путей, но укладка их производится не капитально: без балластировки, рихтовки и подкладок путем соединения рельсовых стыков накладками с двумя болтами и т. п. Кроме того, применяют мелкий сорт костылей, увеличивают расстояние между шпалами и т. д., так как по временным путям в процессе проходки выработки откатывается небольшое количество вагонов в смену с породой или полезным ископаемым.

При настилке временных путей надо иметь в виду следующее: допускать уход забоя на длину одного звена рельса (7—8 м) нельзя, поэтому вслед за подвиганием забоя должны укладываться специальные звенья переносного типа — так называемые концы длиной 2—4 м. После укладки таких звеньев на длину, равную длине звена применяемых для настилки пути рельсов, они убираются, и вместо них укладываются нормальной длины рельсы. В качестве концов можно рекомендовать переносные звенья рельсов на металлических шпалах (фиг. 86) или подобные им в зависимости от темпов и способов проходки выработок.

Кроме того, в обязанности проходчиков входит также и проходка черне водоотводной канавы с установленными по проекту размерами, а в специальных случаях и проходка дренажей.

Бригады по проходке и креплению откаточных выработок обязаны вести всю работу так, чтобы размеры выработок в поперечном сечении, профиль пути (как продольный, так и поперечный), а также размеры водоотводной канавы в основном строго соответствовали рабочим чертежам проекта. Вся эта работа должна выполняться под наблюдением ответственного лица (инженера или техника) с участием маркшейдера, который дает направление выработке, производит нивелировку почвы ее (нижнего строения пути) и своевременно указывает на все дефекты по проходке.

По мере подвигания забоя с временными путями на 50—100 м маркшейдер производит нивелировку этого участка по почве выработки, сверяет полученный профиль с проектным и на ножках крепит через 10—15 м забивает специальной формы гвозди на высоте 1 м от проектного положения головки рельса. По этим отметкам в дальнейшем настилается постоянный путь.

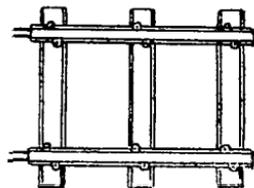
До укладки постоянных путей почва выработки выравнивается и подчищается до профильных отметок в продольном и поперечном направлениях. Выравнивание почвы производится подбиркой или засыпкой ее. Засыпка почвы должна быть плотной, для чего применяют процесс трамбования. Кроме того, строго проверяют и восстанавливают ось пути. Прохождение водоотводной канавы и ее очистка от мусора должны быть закончены до настилки постоянного пути.

Обязанности между членами путевой бригады распределяются следующим образом: руководит всей работой бригадир, он же является ответственным лицом за сроки и качество настилки постоянных путей на данном участке; два члена путевой бригады выделяются на подчистку и крепление водоотводной канавы, а остальные производят все работы, связанные с настилкой пути по указанию бригадира. Дорожный мастер является ответственным за сроки и качество настилки путей на всех участках шахты.

Во время настилки постоянного пути выработка должна быть хорошо освещена. Вся работа по настилке постоянного пути разбивается на следующие последовательные операции:

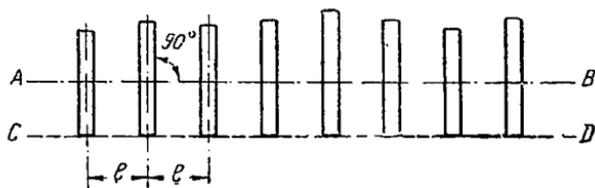
1. Срываются временные рельсовые пути.
2. Проверяется, как указано выше, почва выработки, и все обнаруженные при этом дефекты тут же устраняются.
3. Раскладывают шпалы по почве выработки, точно выдерживая при этом необходимое нормальное расстояние l между осями их. Для этой цели применяют специальную рейку (деревянную или металлическую) длиной, равной длине рельса, на которой краской отмечено положение осей шпал.

Расстояние между осями шпал зависит от: 1) веса подвижного состава (главным образом электровоза), 2) типа рельсов, 3) размера



Фиг. 86.

шпал, 4) толщины и качества балласта, 5) интенсивности движения. Это расстояние берется на прямолинейных путях 0,6—1,15 м, а на криволинейных еще меньше. Шпалы располагаются строго под прямым углом к оси пути *AB*, причем один край их, обращенный к проходу для людей, укладывается по шнуру *CD* (фиг. 87). На двухпутных выработках по шнуру укладываются внешние концы шпал. Под рельсовые стыки укладываются лучшие шпалы с широкой постелью. Эту операцию выполняют два (и редко четыре) члена путевой бригады в зависимости от потребных темпов настилки пути.

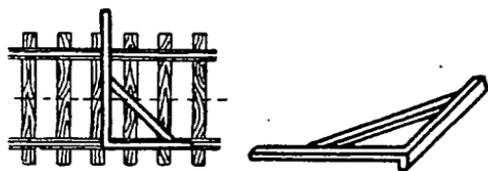


Фиг. 87.

4. Два или четыре члена бригады разносят и раскладывают рельсы и крепления на свои места, сболчивая предварительно (слегка) на два крайних болта ряд звеньев рельсов и вставляя между стыками прозорники (железные пластинки толщиной 3—5 мм)¹.

5. Когда часть бригады достаточно ушла к забою с раскладкой и подготовкой шпал, растяжкой рельсов и разноской креплений, остальные рабочие укладывают на разложенные шпалы рельсы. Рельсы на обе нитки подбираются одинаковой длины так, чтобы стыки их находились точно один против другого, т. е. на одном перпендикуляре к оси пути. Укладку стыков рекомендуется вести по наугольнику (фиг. 88). В случае несовпадения стыков приходится на месте

укладки пути отпиливать один конец рельса специальной ножовкой.



Фиг. 88.

укладки пути отпиливать один конец рельса специальной ножовкой.

6. После того как рельсы растянуты и схвачены накладками, а на шпалах на своих местах разложены подкладки, приступают к пришивке рельсов к шпалам. Эту операцию могут выполнять другие члены бригады. Сначала пришивают одну нитку рельсов на определенном расстоянии от концов шпал, уложенных по шнуру, а затем пришивают вторую параллельно первой по путевому шаблону (фиг. 89). Шаблон делается из стали; расстояние между закраинами, которые прилегают к внутренним граням рельсов, должно соответствовать ширине рельсовой колеи. Однако во избежание сужения колеи после прохода груженых составов и смятия шпал, расстояние между закраинами шаблона нужно несколько увеличивать по отношению, рельсовой колеи и брать его равным:

¹ Толщину прозорника можно подсчитать по уравнению (54).

а) при отсутствии подкладок

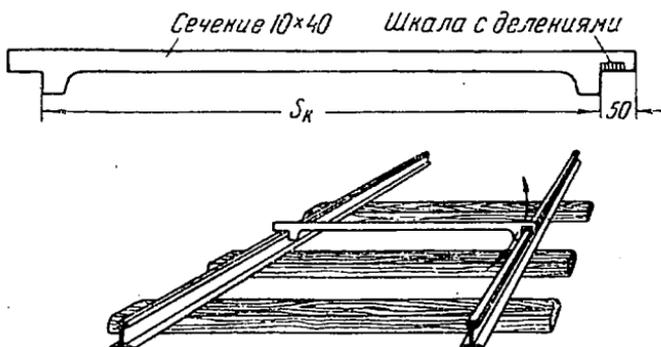
$$S_k + 3 \text{ мм};$$

б) при наличии подкладок

$$S_k + 2 \text{ мм},$$

где S_k — ширина рельсовой колеи в мм.

Путевой шаблон при пришивке второй нитки должен располагаться под прямым углом к рельсам и свободно скользить между ними. Только после пришивки второй нитки шаблон можно убирать



Фиг. 89.

и ставить на следующее звено и т. д. Вследствие неровности почвы выработки шпалы могут находиться ниже подошвы рельса, и для того чтобы пришить к ним рельс, их приподнимают с торца вагой или ломом (фиг. 90), прижимают к рельсу и после этого забивают костылями.

На забивку костылей следует ставить наиболее опытных рабочих-костыльщиков, так как рядовые члены бригады могут выполнить эту ответственную работу неудовлетворительно.

При забивке костылей необходимо соблюдать следующие правила:

1) Внимательно намечать место для костыля и сразу ставить его правильно — на половину его толщины от подошвы рельса (фиг. 91).

2) Чтобы предотвратить раскалывание шпал, надо забивать костыли так, чтобы они были смещены один по отношению к другому в случае отсутствия подкладок (фиг. 92).



Фиг. 90.

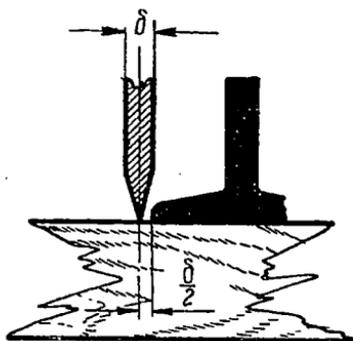
3) Головка костыля должна плотно прилегать своей внутренней поверхностью к подошве рельса.

4) Костыль забивается 3—4 ударами костыльного молотка; последние удары должны быть легкими, чтобы костыль не сдвинулся у своей головки и плотно прижал подошву рельса.

5) В тех случаях когда костыли извлекаются из шпал, в дыры последних забивают деревянные пробки (желательно проваривать их

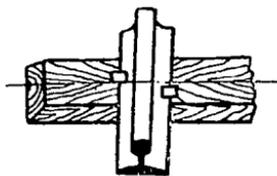
в смоле), благодаря чему шпала предохраняется от преждевременной порчи и увеличивает свой срок службы.

6) Костыли вбивают сначала в стыковые шпалы и в одну из средних шпал, после чего, придав рельсу правильное положение, забивают в остальные шпалы. В это же время гаечным ключом (фиг. 93, *a* или *б*) окончательно сболчивают накладку в стыках.



Фиг. 91.

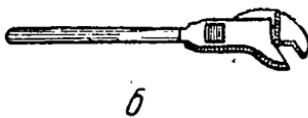
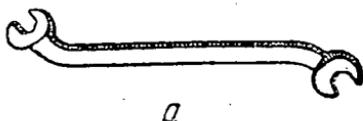
7. Когда рельсы пришиты к шпалам и сболчены в стыках, приступают к загрузке шпаль-



Фиг. 92.

ных ящичков (пространства между шпалами) балластом. Эту операцию могут выполнять те рабочие, которые раскладывали шпалы и разносили на свои места скрепления. После этого на уровне каждого маркшейдерского знака (гвоздя) устанавливают прямую рейку с уровнем, к которой подвешен отвес длиной 1 м. Правильность установки контролируется переключиванием уровня на рейке на 180°.

Далее по обе стороны пути становятся рабочие с ломачами (фиг. 94, *a*) или вагами (фиг. 94, *б*) и, поддевая под торцы шпал, приподнимают его. Лучше это делать при помощи весьма удобных и компактных домкратов Баррета (фиг. 95). Эти домкраты состоят из чугунной станины, зубчатой рейки и рычага с деревянной ручкой. Пользуются домкратом так: под подошву рельса подводят лапу, прикрепленную к рейке, и, опуская ручку домкрата, поднимают рельс вместе с пришитыми к нему шпалами.



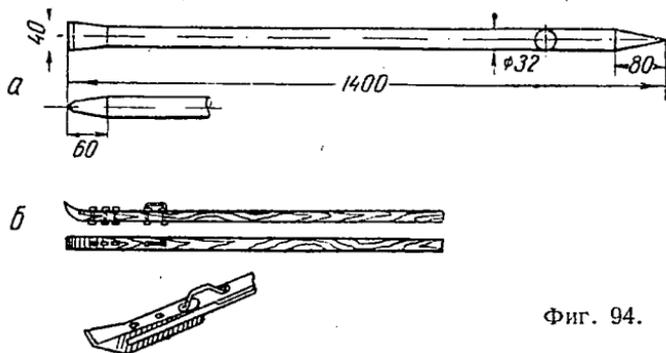
Фиг. 93.

Путь приподнимается до тех пор, пока весок не коснется головки рельсов.

8. Когда рельсовый путь приподнят, шпалы подштопывают (фиг. 96), т. е. специальными подштопками-лопатами (фиг. 97) балласт подгребают под шпалы по возможности равномерно на принятую его толщину.

9. После подгребки балласта под шпалы приступают к подбивке его (фиг. 98). Подбивку балласта производят специальными подбойками (фиг. 99). Каждая шпала должна быть подбита равномерно, но особое внимание следует обращать на подбивку под рельсами. При

этом на подштопку и на подбивку следует ставить по 2 чел. на шпалу, которые сначала тщательно подбивают балласт под рельсами и по концам шпал, а затем менее плотно по середине их.

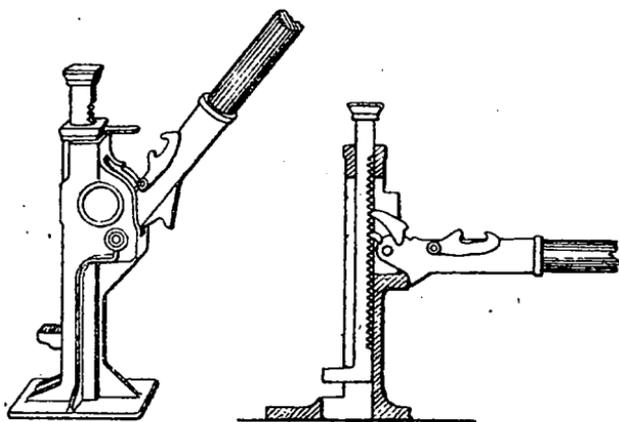


Фиг. 94.

При подбивке надо следить за тем, чтобы шпалы подбивались с обеих сторон одновременно (фиг. 98). При этом подбойщики, работая все время попарно, должны менять свои места во избежание неравномерной подбивки.

Такая расстановка рабочей силы удобна в том отношении, что два рабочих, взмахивая и ударяя одновременно подбойками, не позволяют шпале поворачиваться около своей оси, а также не допускают балласт выдавливаться из-под шпал, что могло бы иметь место при подбивке одним рабочим.

На фиг. 100 показан результат плохой, неравномерной подбивки шпал.

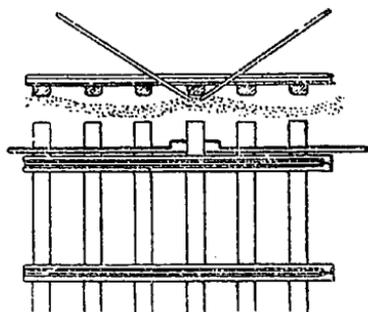


Фиг. 95.

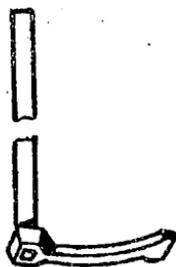
10. После того как закончена в основном подбивка, начинается выверка пути, а именно:

1) рельсовые нитки пути должны быть в плане параллельны оси выработки,

2) головки рельсов пути должны находиться на одном горизонтальном уровне,



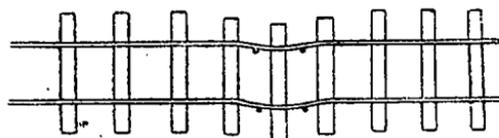
Фиг. 96.



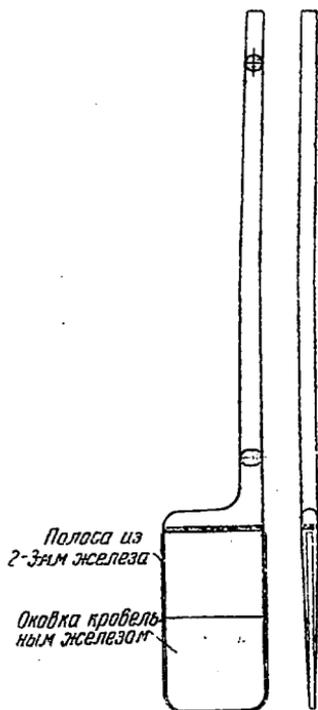
Фиг. 99.



Фиг. 100.



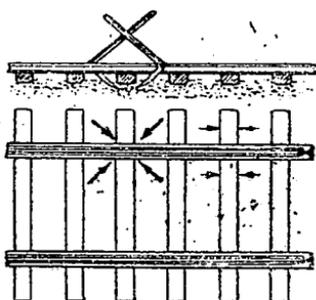
Фиг. 101.



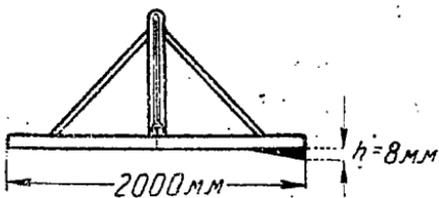
Фиг. 97.



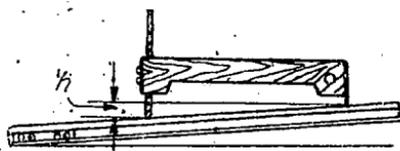
Фиг. 102.



Фиг. 98.



Фиг. 103.

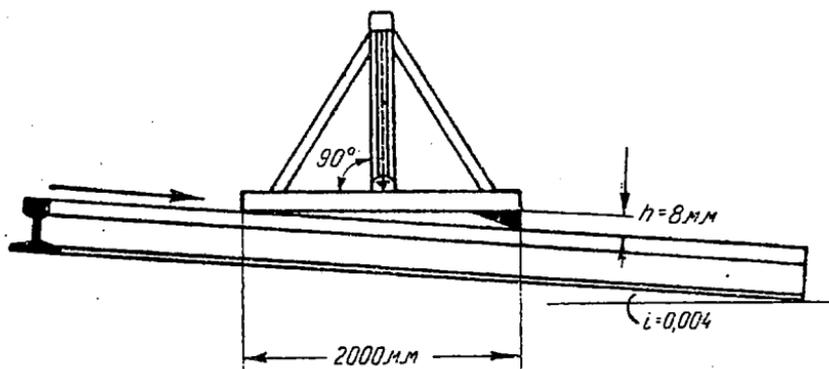


Фиг. 104.

3) продольный профиль пути должен строго соответствовать проектному,

4) ширина колеи не должна быть нарушена и должна соответствовать по величине запроектированной.

При обнаружении неточности укладки рельсовых ниток пути в плане, как показано на фиг. 101, путь выправляют, т. е. рихтуют его. Рихтовка производится группой из 2—4 рабочих, понемногу передвигающих по команде бригадира путь при помощи ломов (на фиг. 101 положение ломов указано точками) в нужную сторону с таким расчетом, чтобы рельсовая колея имела нужное направление. Следя за одной рельсовой ниткой, бригадир указывает рабочим, где и куда нужно несколько сдвинуть путь, чтобы он расположился по правильной линии.



Фиг. 105.

Положение головок двух рельсовых ниток проверяется специальной рейкой с уровнем (фиг. 102). Если головки рельсов не горизонтальны, производят соответственную подбивку балласта до тех пор, пока жидкость пузырька уровня не станет посередине.

Продольный профиль пути между маркшейдерскими знаками проверяется ватерпасом (фиг. 103) или уровнем (фиг. 104). Для этой цели к одному концу ватерпаса прикрепляется соответственная пластинка в зависимости от величины подъема (или уклона) пути и длины основания ватерпаса или уровня. Если величину угла наклона к горизонту мы определили на основании уравнения (1') и в результате получили, что $i = 0,004$, а ватерпас (фиг. 103) в своем основании имеет 2000 мм, то высота пластинки h должна быть $0,004 \cdot 2000$, т. е. $h = 8$ мм.

Чтобы получить нужную величину i (уклон или подъем пути к горизонту), необходимо ставить ватерпас на головку рельса так, как показано на фиг. 105, и если при этом отвес его (грузик) расположится на середине, то требуемый наклон пути соблюден. В противном случае надо поднять соответственный конец проверяемого звена и подбивать балласт до тех пор, пока отвес не займет среднее положение. Стрелкой указано направление движения груженых поездов.

Ватерпас может быть деревянный или металлический, а пластинку надо подбивать (или привинчивать шурупами впотай) металлическую требуемой высоты.

После окончания рихтовки бригадир еще раз проверяет путевым шаблоном, как отмечено выше, рельсовую колею. Те места, которые сильно расходятся с принятой шириной колеи, перешиваются.

Прежде чем сдавать путь в эксплуатацию, по нему прогоняют ряд груженных поездов, затем опять производят выверку пути, сметаю со шпал балласта, и только после этого можно считать, что укладка пути закончена.

Работа по укладке постоянных путей может производиться в ремонтные смены, или же забой проходки периодически (например один раз в месяц) останавливается специально для этой цели на одну или две смены (а может быть и на сутки) в зависимости от объема путевых работ. Численность путевых бригад зависит от срока настилки и объема работ, хотя в подземных условиях безмерно большое количество путевых рабочих на одном участке задалживать нельзя, так как они будут мешать друг другу и никакой пользы не принесут.

Все необходимые материалы (шпалы, рельсы, крепления, крепежный материал для водоотводных канав и др.) заранее должны быть спущены в шахту и находиться на специальном складе (старые камеры или какие-либо нерабочие штреки). К моменту начала путевых работ в район участка, где предполагается устройство постоянного пути, доставляется потребное количество материалов. Все материалы и инструменты к месту работ доставляются теми же путевыми бригадами, которые производят настилку пути. Несвоевременно загромождать откаточные выработки, а также оставлять после работы какие-либо путевые материалы или инструменты строго запрещается.

§ 2. Укладка пути на закруглениях

Порядок укладки пути на криволинейных участках выработки в принципе остается тот же, что и на прямолинейных, но с некоторыми дополнительными особенностями, которые были указаны в гл. III (§ 2—4) и IV (§ 4).

Криволинейная выработка (закругление) проходится с определенным, заранее заданным радиусом, величина которого по нормам Шахтостроя определяется из следующих условий:

1) для скоростей движения до 1,5 м/сек

$$R \geq 7S_6, \quad (106)$$

2) для скоростей движения свыше 1,5 м/сек.

$$R \geq 10S_6, \quad (107)$$

где S_6 — жесткая база подвижного состава;

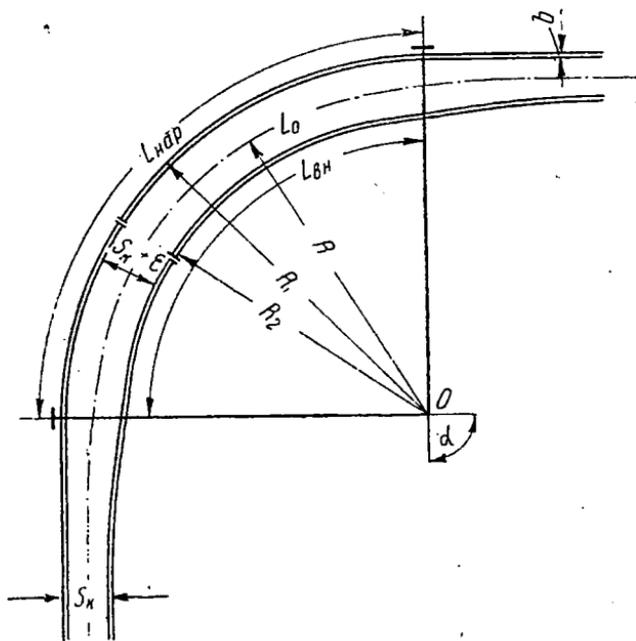
R — радиус закругления, описанный из центра кривой до ее оси.

Величина радиуса после определения округляется в большую сторону. С точки зрения лучшей работы рельсового транспорта на кривых путях надо брать радиусы закруглений несколько больше чем $7S_6$ при v до 1,5 м/сек и $10S_6$ при v свыше 1,5 м/сек, если, конечно, позволяют горные условия, где проходится криволинейная выработка.

Радиус закругления можно также определить из выражения (32), если известна игра в колее на закруглении, т. е.

$$R = \frac{S_6^2}{2V},$$

но это, повидимому, будет максимальная величина радиуса, которую не во всех случаях можно применить для подземных условий. Поэтому для определения радиусов закруглений пока нередко приходится пользоваться нормами Шахтостроя в зависимости от скорости движения подвижного состава и его максимальной жесткой базы, т. е. определять величину R на основании выражений (106) или (107).



Фиг. 106.

Особо серьезное внимание должно быть уделено раскладке рельсов на кривых для обеспечения правильного (радиального) расположения стыков в пути. При раскладке применяют укороченные рельсы на внутренней нитке закругления.

Количество укороченных рельсов для кривой (фиг. 106) определяется выражением:

$$n_p = \frac{\Delta L}{y}, \quad (108)$$

где n_p — количество укороченных рельсов,

ΔL — разница в длине наружной и внутренней ниток кривой,
 y — укорочение одного рельса.

Величину ΔL можно определить из пропорциональности радиусов и длин кривых.

$$\frac{L_{нар}}{R_1} = \frac{L_0}{R}; \quad L_{нар} \cdot R = L_0 \cdot R_1; \quad (108a)$$

$$\frac{L_{ен}}{R_2} = \frac{L_0}{R}; \quad L_{ен} \cdot R = L_0 \cdot R_2. \quad (108б)$$

Вычитая из уравнения (108a) уравнение (108б), получим:

$$R(L_{нар} - L_{ен}) = L_0(R_1 - R_2).$$

Но так как

$$L_{нар} - L_{ен} = \Delta L \quad \text{и} \quad R_1 - R_2 = S_{\kappa} + \varepsilon + b',$$

то

$$\Delta L = \frac{L_0(S_{\kappa} + \varepsilon + b')}{R}, \quad (109)$$

где L_0 — длина кривой по оси пути (фиг. 106).

Эту величину можно определить непосредственно по чертежу или же зная центральный угол кривой α (фиг. 106), выраженный в градусах, по формуле:

$$L_0 = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180^\circ},$$

S_{κ} — ширина рельсовой колеи в прямом участке пути;

ε — уширение колеи на закруглении ($\varepsilon = S_{\kappa}' - S_{\kappa}$);

S_{κ}' — ширина рельсовой колеи на закруглении;

$b' = b$ — ширина головки рельса;

R — радиус кривой по оси пути;

R_1 — радиус наружной нитки кривой по оси рельса;

R_2 — радиус внутренней нитки кривой по оси рельса.

Величину y можно определить по формуле

$$y = \frac{S_{\kappa} + \varepsilon + b'}{R + \frac{S_{\kappa} + \varepsilon + b'}{2}} \cdot L, \quad (110)$$

где L — нормальная принятая длина рельса.

Принимая во внимание выражения (108), (109) и (110), можем написать:

$$n_p = \frac{L_0}{L} \left(1 + \frac{S_{\kappa} + \varepsilon + b'}{2R} \right). \quad (111)$$

Таким образом, пользуясь двумя последними выражениями, мы можем определить, на какую величину необходимо укорачивать нормальный принятый рельс и какое количество требуется укороченных рельсов для укладки их в пути на внутренней нитке кривой, чтобы рельсовые стыки на закруглении расположились на одном радиусе.

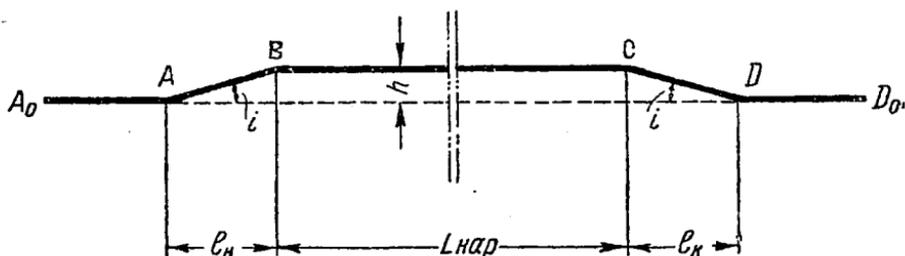
Что касается возвышения наружной нитки рельсов (для локомотивной откатки), то оно должно быть сделано на протяжении всей длины круговой кривой на полную величину. Переход от возвышенной точки к пониженной, называемый разгонкой, возвыше-

ния, делается при помощи отвода, состоящего в плавном изменении возвышения нитки с определенным уклоном.

Уширение рельсовой колеи, так же как и возвышение, должно быть сделано на всем протяжении круговой кривой на полную величину. Разгонка уширения должна производиться в пределах того же протяжения, на котором делается отвод возвышения наружной нитки, но только по внутренней нитке кривой.

Отвод возвышения делается на всем протяжении переходной кривой, а при отсутствии ее — на прямой.

На фиг. 107 изображена схема профиля на закругление со стороны внешней нитки рельсов, на которой видно возвышение наружной



Фиг. 107.

нитки h на всем протяжении круговой кривой ($BC = L_{нар}$). Плавный разгон от пониженной точки к возвышенной делается на длине

$$l_{н} = \frac{h}{i} \quad (112)$$

за пределами закругления как у входа подвижного состава на круговую кривую, так и выхода его с ней.

Величина уклона i для подземных условий может быть рекомендована $i =$ до 0,030 и меньше, а возвышение определяется из выражения (36).

На длине $l_{н}$ делается разгонка уширения пути по внутренней нитке, а в пределах круговой кривой BC (фиг. 108) величина уширения ε остается постоянной (на фигуре уширения пути показано штриховкой).

Величина уширения пути на закруглении может быть определена из следующих соображений (гл. III, § 2):

$$\varepsilon = S_{к} - S_{к}$$

или

$$\varepsilon = S_{р} + \frac{S_{\sigma}^2}{2R} - S_{к} \quad (113)$$

где $S_{р}$ — ширина колесной пары,
 S_{σ} — жесткая база подвижного состава,
 R — радиус закругления,
 $S_{к}$ — ширина рельсовой колеи.

На длине $l_{н}$ разбиваются и переходные кривые как у входа подвижного состава на круговую кривую, так и выхода его с нее. Тип переходных кривых и порядок разбивки их указан в гл. III (§ 4).

7. Изогнуть эти рельсы по дуге круга заданного радиуса

$$R_2 = R - \frac{S'_x + b'}{2}.$$

Правильность изгиба кривизны рельсов в зависимости от заданного радиуса следует проверять по хордам до их укладки в путь.

Иллюстрируем этот способ проверки кривизны круговых кривых. Для этой цели обратимся к фиг. 110, где мы имеем:

\overline{AC} — длину круговой кривой заданного радиуса R ;

$\overline{A'C'}$ — хорду, стягивающую кривую \overline{AC} ($\overline{A'C'} = a$);

BB' — стрелу прогиба ($BB' = f$).

Пользуясь заштрихованным прямоугольным треугольником, можем написать:

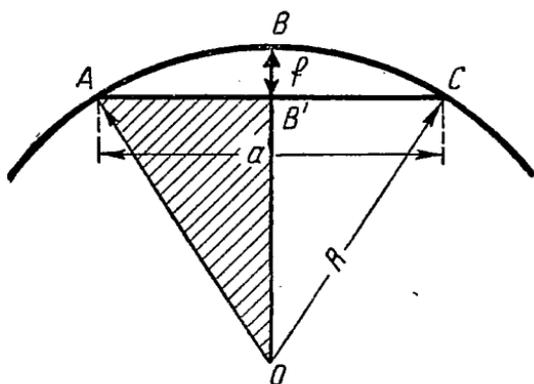
$$\left(\frac{a}{2}\right)^2 + (R - f)^2 = R^2$$

или

$$\frac{a^2}{4} + R^2 - 2Rf + f^2 = R^2;$$

величиной f^2 , имеющей малое значение, можно пренебречь; тогда окончательно будем иметь

$$f = \frac{a^2}{8R}. \quad (114)$$



Фиг. 110.

Пользуясь выражением (114), можем произвести

проверку кривизны следующим образом. Допустим мы имеем изогнутый рельс (фиг. 111); двое рабочих, имея тонкий шнур в 2—4 м, с точно отмеченной на нем серединой, натягивают его в точках a и b , b и c , c и d , причем $\overline{ab} = \overline{bc} = \overline{cd} = a$, где a — длина хорды. Когда шнур длиной a хорошо натянут и не имеет провеса, бригадир измеряет складным метром расстояния от середины шнура до внутренней боковой поверхности головки рельса и получает величины стрел прогиба в точках k , l и m . Такого рода измерения проделывают по несколько раз, все время отмечая мелом на головке рельса те точки, между которыми натягивается шнур a . В результате бригадир получает средние величины стрел прогиба в точках k , l и m . Все эти измеренные стрелы сравнивают с теоретической стрелой прогиба, вычисленной по формуле (114).

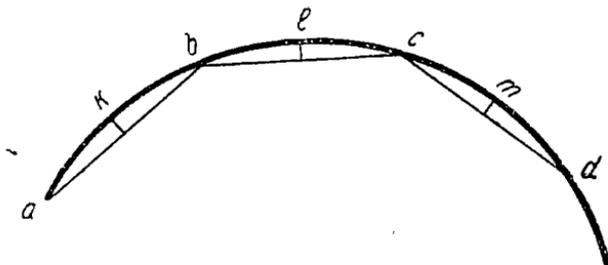
Если при определенной длине хорды a , при помощи которой измерялись стрелы прогиба в точках k , l и m (фиг. 111), эти стрелы по своей величине будут равны теоретически вычисленной стреле прогиба по формуле (114), то рельс изогнут правильно. В противном случае надо кривизну изгиба исправлять до тех пор, пока измеренные стрелы прогиба не совпадут с величиной f , вычисленной по формуле.

8. Определить повышение наружного рельса и величину уширения пути.

9. Задаются величиной уклона i и, зная h , определяют длину l_k разгона возвышения и уширения пути за пределами круговой кривой.

10. Разбивают переходные кривые на длине l_k . Эти кривые желательнее изгибать по изготовленным заранее шаблонам.

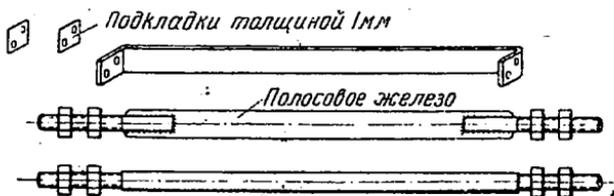
Весьма желательно всю эту подготовительную работу проделать на поверхности, там же предварительно все эти элементы уложить в путь и увязать между собой, устраняя при этом все обнаруженные недостатки, после чего их можно опускать в шахту и использовать для предназначенного закругления.



Фиг. 111.

Когда все необходимые элементы криволинейного пути приготовлены (выполнены и увязаны между собой) и весь необходимый потребный путевой материал и инструменты заранее заготовлены и доставлены на место работ, приступают к настилке пути. Опять, как и для прямолинейного пути, выравнивают почву выработки, раскладывают по ней шпалы, но уже не перпендикулярно оси пути, а по направлению радиуса кривой. Шпалы укладывают лучшего качества, на расстоянии между осями по наружной нитке, несколько меньшем, чем на прямом пути; рельсы сплошь настилают на подкладках и применяют наиболее прочные крепления рельсов.

При настилке криволинейных путей необходимо, чтобы одна нитка рельса соединялась с другой через 1,5—3 м специальными тягами (фиг. 112), которые препятствуют составам при их движении нарушать ширину колеи и предохраняют шпалы от преждевременного механического износа.

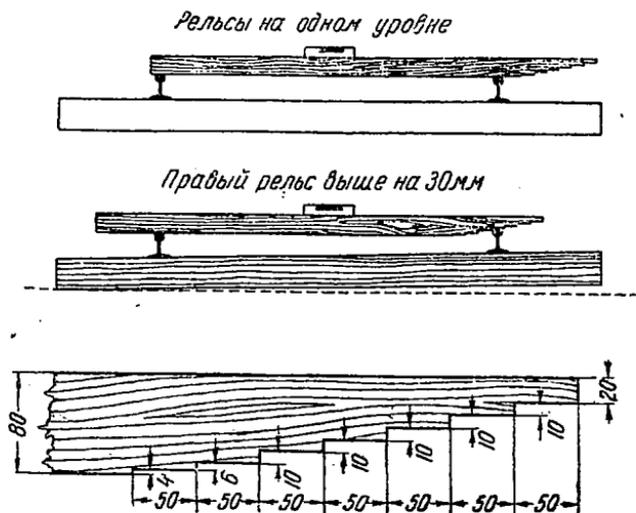


Фиг. 112.

Повышение наружного рельса для локомотивной откатки можно производить за счет толщины балласта. Рихтовка пути должна производиться по наружному рельсу; благодаря ей достигается требуемая плавность пути на кривых. После подъема и рихтовки выверяется ширина колеи путевым шаблоном, приспособленным для криволи-

нейных путей. Расстояние между закраинами шаблона берется (фиг. 89) $S_{\pi} + 2$ мм, где S_{π} — ширина рельсовой колеи на закруглении.

При проверке ширины колеи шаблон ставится на головки рельсов строго радиально. Возвышение наружной нитки рельса по отношению к внутренней проверяется специальной рейкой с уровнем (фиг. 113), которая имеет на одном конце ряд вырезов, опирающихся на головку возвышенного рельса. Эта рейка, как и путевой шаблон, располагается радиально, и по уровню судят о величине возвышения одной нитки над другой.



Фиг. 113.

Для двухколейного пути все элементы его (возвышение, уширение, переходные кривые и пр.) делаются и пригоняются самостоятельно для каждой колеи, сохраняя при этом определенное расстояние между осями путей.

Если путь настиляется для канатной откатки, то возвышать следует не наружный, а внутренний рельс, так как натяжение каната будет сталкивать вагонетку к центру закругления, а не наоборот, как это имеет место при локомотивной откатке.

§ 3. Причины угона и укладка пути на наклонных выработках

Угон пути вредно влияет на всю конструкцию верхнего строения и нарушает ширину рельсовой колеи, в результате чего приходится чаще производить ремонт пути и затрачивать на это время и средства. Поэтому надо знать причину угона пути и во время настилки его применять соответственные противоугонные средства, чтобы заранее предупредить расстройство верхнего строения.

На фиг. 114 схематически изображен нормальный тип рудничного электровоза со сцепным весом G_3 . Пусть этот электровоз движется слева направо (как указано стрелкой). При его движении возникают следующие силы:

$F_m = 2F'_m$ — внутренняя сила или сила тяги, обусловленная электровозными двигателями;

$F_c = 2F'_c$ — внешняя сила или сила сцепления, обусловленная сцепным весом электровоза: $F_c = \psi \cdot G_3$,

где ψ — коэффициент сцепления ведущих колес с рельсами.

Условие, при котором электровоз в состоянии совершать поступательное движение, напишется:

$$F_m \leq F_c$$

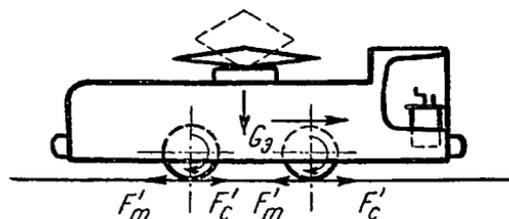
или

$$F_m \leq \psi \cdot G_3.$$

В противном случае, когда

$$F_m \geq \psi G_3,$$

очевидно, наступит буксование колес, и прекратится поступательное движение.

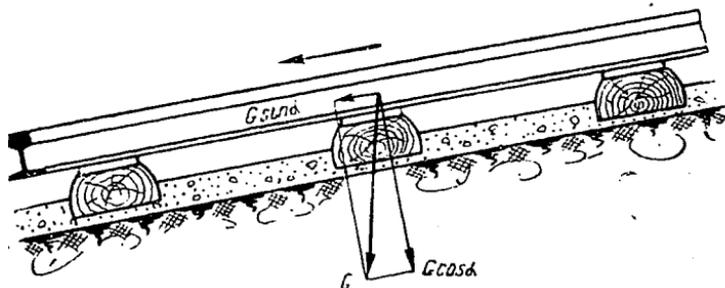


Фиг. 114.

При этом возникает вопрос, куда же будет угоняться путь при горизонтальной выработке? Повидимому, в сторону вращения ведущих колес, т. е. в этом случае угон пути происходит за счет внутренних сил электровоза, которые как бы сдвигают путь в сторону, противоположную движению электровоза.

Однако к электровозу прицепляются вагонетки, и при максимальной скорости движения поезда все колеса его, в том числе и электровозные, ударяются в торец концов рельсов на стыках. Вследствие этого путь при слабых крепежителях (костылях) и легкоподвижном балласте (песчаном) угоняется в сторону движения поезда, как наблюдается в действительности.

Далее, если путь уложен под некоторым углом к горизонту, то угон пути (фиг. 115) будет происходить в сторону уклона (как указано стрелкой) тем сильнее, чем больше уклон и чаще торможение на нем.



Фиг. 115.

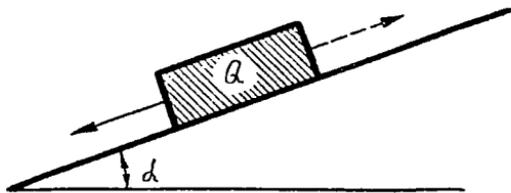
Сильный угон пути имеет, например, место на шахте им. И. В. Сталина в Кузбассе (в Прокопьевске) на закладочном горизонте.

Такого рода случаи в подземном транспорте встречаются нередко, так как рельсовые пути всегда настилаются с таким расчетом, чтобы груженные поезда шли от места погрузки к рудничному двору под уклон, а порожняковые — от рудничного двора к погрузочным пунктам на подъеме.

На фиг. 115 мы взяли одно звено пути, равное длине принятого рельса, и если обозначить через G вес этого звена (рельса, шпал, скрепления и части балласта) и разложить его на составляющие силы, то, очевидно, составляющая сила $G \cdot \sin \alpha$ будет усугублять угон пути по направлению уклона, и наоборот, эта же сила будет препятствовать угону по направлению подъема.

Что касается составляющей силы $G \cdot \cos \alpha \cdot \mu$, то она всегда имеет тенденцию удержать путь на месте, куда бы ни двигался поезд, до тех пор, пока коэффициент трения не выйдет из состояния покоя от внешних воздействий на путь. Этот коэффициент μ имеет двойное значение: 1) он является коэффициентом трения рельса о подкладку (а при отсутствии ее о шпалу) при слабых прикрепителях рельсов к шпалам или 2) коэффициентом трения шпал о легкоподвижную балласт. Конкретная величина коэффициента μ в этих двух случаях будет, очевидно, различна.

На наклонных выработках (бремсберге или уклоне), где можно из рельсового транспорта применить только какой-либо вид канатной откатки, угон пути и по давню



Фиг. 116.

будет следовать за направлением движения, что можно иллюстрировать следующим примером (фиг. 116). Допустим, при помощи каната и лебедки мы тянем по наклонной плоскости вниз под уклон какое-либо тело; очевидно, своим трением оно будет увлекать по направлению движения рельсовый путь.

Если же тело движется вверх на подъем, то и в этом случае, рассуждая по аналогии с предыдущим, оно должно увлекать своим трением рельсовый путь вверх вслед за собой, однако, здесь все же угона пути не произойдет, так как ему будет препятствовать составляющая сила веса самого пути $G \cdot \sin \alpha$ (фиг. 115). Переходя с тела, движущегося по наклонной плоскости (при помощи каната) на вагонетки, можем получить полную аналогию в отношении угона пути в зависимости от направления движения вагонеток.

В железнодорожном деле имеется целый ряд теорий по угону пути (например Коюара, Васютинского, Джонсона, Рудницкого и др.), но ни одна из них еще не доведена до практического применения, и все они дают противоречивые результаты; поэтому Б. П. Андриянов¹ предлагает силу угона пути определять, исходя из следующих соображений. Существующий в данное время угон пути на эксплуатируемых линиях действует так, что один рельс тянет за собой следующий за ним, передавая силу угона с помощью двух стыковых болтов на накладку и с помощью других двух болтов от накладок к следующему рельсу.

До сих пор считали, что болты накладок достаточно прочны для работы их в пути, и даже имелась тенденция к уменьшению веса существующих болтов; поэтому следует считать, что силы угона пути

¹ См. Труды Московского института инженеров транспорта, вып. XXII, 1932

не превышают предела прочности двух стыковых болтов, работающих на двойной срез.

Отсюда можно определить максимальную величину силы угона по формуле

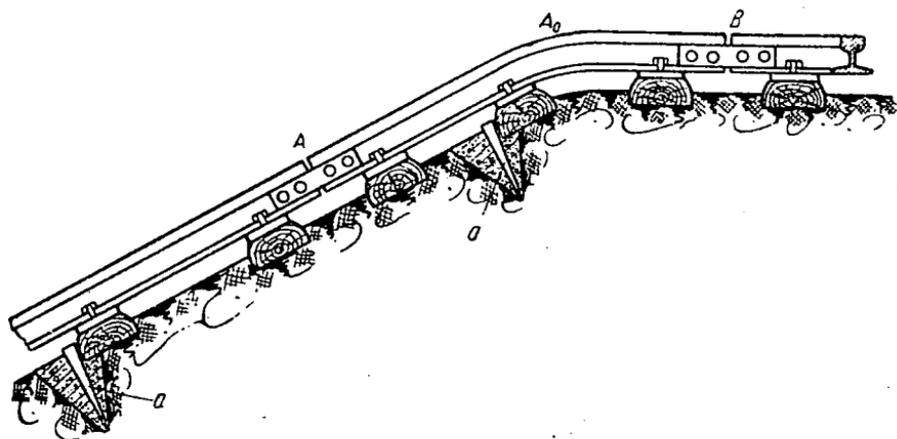
$$P' = 2\sigma_s \frac{\pi \cdot d^2}{4} n_b \text{ кг}, \quad (115)$$

где σ_s — допускаемое напряжение на срез болта ($\sigma_s = 400 \div 500 \text{ кг/см}^2$);
 n_b — число болтов, находящихся в работе ($n_b = 2$).

Если же учесть, что в пути имеются стержни болтов со значительным износом, при котором среза болтов все же не происходит, то будет правильнее за наибольшую возможную силу угона принять

$$P = 0,75 \cdot P'. \quad (116)$$

Величина угона пути непостоянна и зависит от многих факторов, например от профиля, плана пути и необходимости торможения. Если горизонтальный или слегка наклонный путь покоится на хорошем остроугольном щебеночном балласте, то, повидимому, угон будет выражаться в сдвиге рельсов по шпалам; при песчаном балласте может происходить угон и рельсов по шпалам и шпал по балласту при отсутствии противоугонных средств.



Фиг. 117.

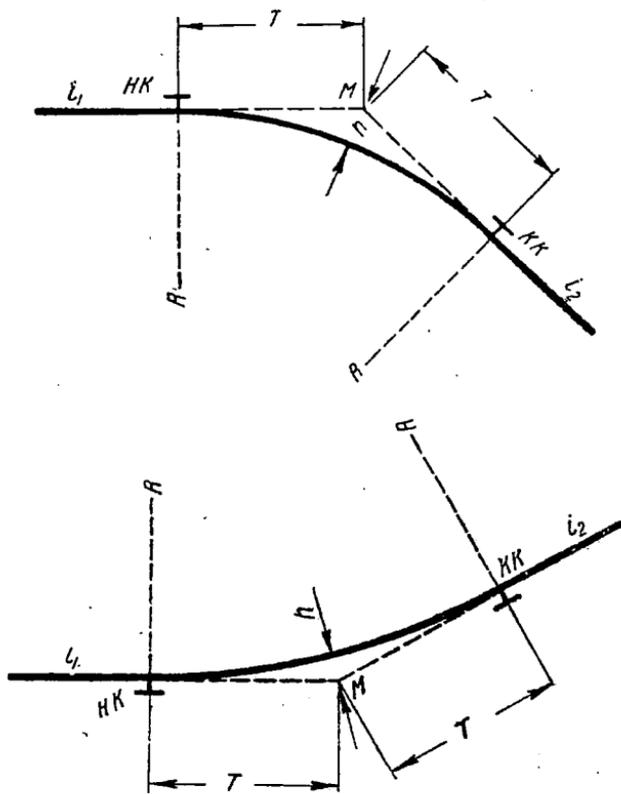
Кроме того, чем интенсивнее работает транспорт на данном перегоне, чем больше скорость движения и тяжелее подвижной состав, тем сильнее дает о себе знать угон пути.

На всех ответственных наклонных откаточных выработках (при большом сроке их существования) при настилке рельсовых путей следует пользоваться противоугольным приспособлением в виде металлических штырей $a - a$ (фиг. 117), расположенных на расстоянии 3—5 шпал один от другого и поддерживающих последние. Эти штыри можно изготовлять из старых рудничных рельсов длиной 0,60—0,75 м и укреплять их в почве выработки (желательно на цементе).

Для укладки шпал вырубают или пробуривают в почве выработки лунки на глубину, равную не менее $\frac{2}{3}$ толщины применяемых

шпал¹. Почва лунок, на которую укладываются нижняя постелью шпалы, выравнивается и строго проверяется с таким расчетом, чтобы верхняя постель всех шпал находилась в одной горизонтальной плоскости. Шпалы желательно применять брусковые с подкладками для рельсов.

Чтобы не было угона рельсов по шпалам (или по подкладкам), желательно применять фартучные стыковые накладки или же одно из устройств, указанных на фиг. 36 и 37.



Фиг. 118.

Вообще при настилке рельсового пути на ответственных наклонных выработках необходимо принимать все меры к укреплению их самым надежным способом, иначе сползание (особенно при большом угле наклона) неизбежно, а это, как известно, влечет за собой остановку работ по добыче, затрату времени и средств на частый и иногда ненужный ремонт пути.

Далее, во избежание нарушения плавности движения поездов, для обеспечения безопасности движения и для продления сроков

¹ Желательно делать лунки несколько глубже чем $\frac{2}{3}$ толщины шпал и засыпать дно лунок хорошим балластом толщиной не менее 5 см, сглаживая тем самым все неровности под шпалами.

После укладки шпал в лунки (канавки) бака их засыпаются балластом, но шпальные ящики остаются не засыпанными.

службы подвижного состава и верхнего строения на перегибе кривой АВ (фиг. 117) нельзя устраивать рельсовые стыки, а следует отнести их за точку перелома A_0 и располагать в точках А и В.

Кроме того, наклоненные под разными углами к горизонту элементы профиля AA_0 и A_0B должны сопрягаться в вертикальной плоскости круговыми кривыми как можно больших радиусов; чем эти радиусы будут больше, тем спокойнее переходит подвижной состав с одного профиля на другой.

Для разбивки сопрягающей кривой (фиг. 118) необходимо знать:

1) расстояние от точки перелома M до точек начала и конца кривой (сокращенно будем обозначать их $нк$ и $кк$), т. е. величину тангенсов T (см. гл. IV, § 4) сопрягающей кривой, которая определяется по формуле:

$$T = \frac{1}{2} R (i_2 - i_1), \quad (117)$$

где $(i_2 - i_1)$ — алгебраическая разность сопрягаемых уклонов;

2) требуемую величину h повышения или понижения колеи в точке M перелома профиля, которая определяется по формуле:

$$h = \frac{T^2}{2R}. \quad (118)$$

Итак, зная величины i_2 , i_1 и R , можем определить T и h , а следовательно выполнить и плавное сопряжение двух встречающихся в вертикальной плоскости путей.

§ 4. Укладка стрелочных переводов

Прежде чем укладывать стрелочный перевод на место, необходимо заранее иметь масштабный чертеж его, составленный в рабочих кантах в плоскости колеи по расчетным данным. Такого рода чертеж называется э п ю р о й стрелочного перевода (фиг. 119) и служит рабочим чертежом при укладке последнего.

На чертежах малых масштабов пути изображаются одной линией, которая в таком случае означает ось наносимого пути (фиг. 120, б). Положение начала острияков на этих линиях обычно обозначается условным знаком: заштрихованный на половину кружок. Метод расчета перевода для составления его э п ю р ы указан в гл. VII (п. 11).

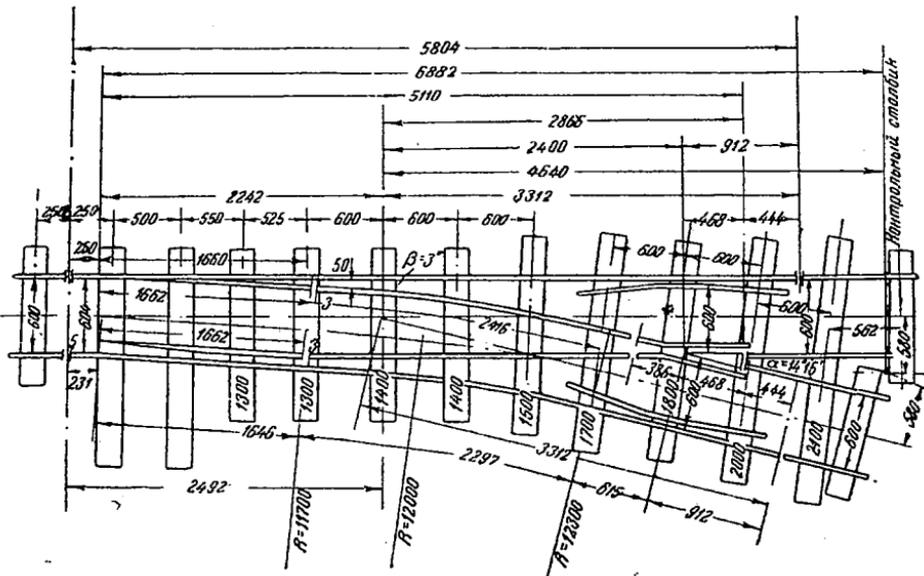
Точку O пересечения осей прямого пути и пути ответвляемого называют центром перевода (фиг. 68 и 120, а), которым определяется положение всех остальных его элементов, а именно:

1. Расстояние от центра перевода до математического центра крестовины:

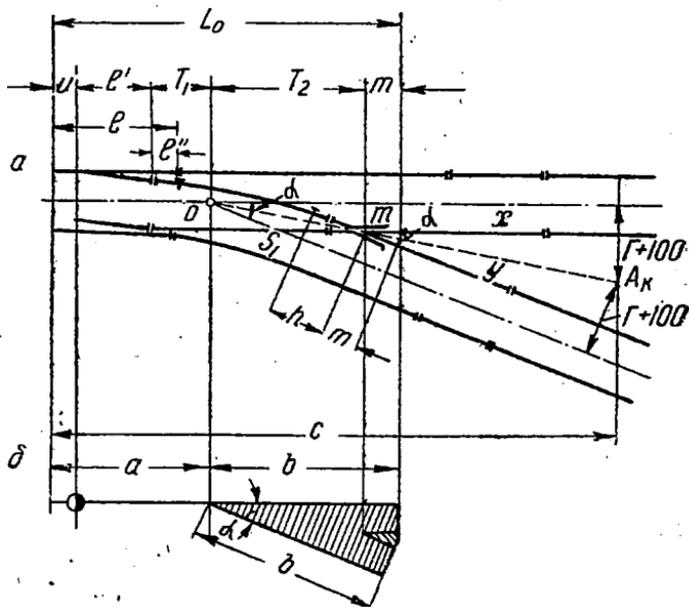
$$T_2 = \frac{\frac{S_{\pi}}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{S_{\pi}}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{S_{\pi}}{M}. \quad (119)$$

2. Расстояние от корня острияка до центра перевода:

$$T_1 = a_0 - a_1 + h \cos \alpha - T_2.$$



Фиг. 119.



Фиг. 120.

где

$$\begin{aligned} a_0 - a_1 &= \left(R + \frac{S_{\kappa}}{2}\right) \sin \alpha - \left(R + \frac{S_{\kappa}}{2}\right) \sin \beta = \\ &= \left(R + \frac{S_{\kappa}}{2}\right) (\sin \alpha - \sin \beta), \end{aligned}$$

т. е.

$$T_1 = \left(R + \frac{S_{\kappa}}{2}\right) (\sin \alpha - \sin \beta) + h \cos \alpha - \frac{S_{\kappa}}{M}. \quad (120)$$

3. Расстояние от начала рамного рельса до центра перевода:

$$a = u + l' + T_1$$

или

$$a = u + l_0 \cos \beta + \left(R + \frac{S_{\kappa}}{2}\right) (\sin \alpha - \sin \beta) + h \cos \alpha - \frac{S_{\kappa}}{M}, \quad (121)$$

где l_0 — длина остряка (пера).

4. Расстояние от центра перевода до корня крестовины:

$$b = T_2 + m$$

или

$$b = \frac{S_{\kappa}}{M} + m. \quad (122)$$

5. Длина перевода от начала рамного рельса до конца крестовины:

$$L_0 = u + l' + T_1 + T_2 + m = a + b. \quad (123)$$

Расстояние от начала рамного рельса до предельного контрольного столбика A_{κ} (фиг. 119 и 120), т. е. до столбика, указывающего начало полезной длины пути за переводом, в пределах которой может быть установлен подвижной состав или целый поезд без ущерба для движения по другому пути перевода, определяется в зависимости от ширины габарита подвижного состава, обращающегося на данных путях.

Это расстояние можно определить так:

$$C = u + l' + T_1 + \frac{\Gamma + 100}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = u + l' + T_1 + \frac{2\Gamma + 200}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

или

$$C = a + \frac{2\Gamma + 200}{M}, \quad (124)$$

где Γ — габарит подвижного состава от оси пути в одну сторону ($\Gamma = \frac{2\Gamma}{2}$);

M — марка крестовины ($M = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$).

Указанные элементы, представляющие размеры основных частей перевода, должны быть высчитаны с точностью до 1 мм, с углами, определенными в градусах, минутах и секундах.

Приведенных подсчетов достаточно для построения эпюры перевода в осях, имеющих широкое применение при изображении рельсовых путей в плане в мелком масштабе.

Эюра в осях (фиг. 120) является условным обозначением основных элементов стрелочного перевода и служит для проектирования и разбивки последнего.

Построение эпюры в осях заключается в откладывании в одну сторону от центра перевода величины:

$$a = T_1 + l' + u$$

и в другую сторону величины

$$b = T_2 + m$$

по осям прямого и бокового путей. При этом линии, показывающие хвост, должны быть, очевидно, параллельны, а линии, ограничивающие эпюру в хвосте крестовины, — перпендикулярны осям путей. Дальнейшие подсчеты ведутся для построения эпюры в рабочих кантах.

Ординаты наружной нитки переводной кривой от наружной нитки прямого пути (между рабочими кантами этих ниток, фиг. 121) даются от начала переводной кривой, что при принятом нами прямолинейном очертании вылетов рамного рельса соответствует ординатам при абсциссах от конца рамного рельса.

Ординаты эти даются для облегчения разбивки одной из ниток кривой; вторая нитка шьется по путевому шаблону при соответственном уширении колеи.

Обыкновенно при крутых марках, т. е. при сильной крутизне кривой, они даются через 0,5—1,0 м.

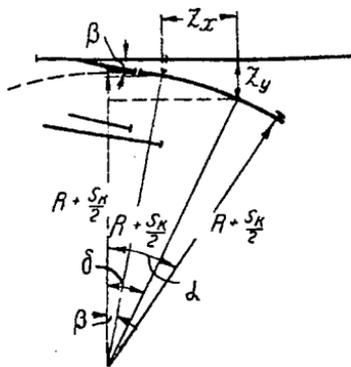
Величина ординаты z_y при абсциссе от конца рамного рельса z_x будет (фиг. 121):

$$z_y = (K + \Delta K) + \left(R + \frac{S_{\kappa}}{2}\right) (\cos \beta - \cos \sigma), \quad (125)$$

где

$$\sigma = \arcsin \frac{\left(R + \frac{S_{\kappa}}{2}\right) \sin \beta + z_x}{R + \frac{S_{\kappa}}{2}}, \quad (126)$$

причем для каждой ординаты будет, очевидно, своя абсцисса z_x и свой угол σ между перпендикуляром, восстановленным из центра кривой к продольной оси перевода, и радиусом кривой, проведенным к точке кривой, ординату которой мы вычисляем.



Фиг. 121.

Величины же (фиг. 68 и 70) K и ΔK будут иметь следующие значения:

$$K = t + b' = l_0 \sin \beta$$

и

$$\Delta K = l'' \operatorname{tg} \beta.$$

Для проверки величины y , т. е. ординаты конца кривой, можно воспользоваться формулой для z_y при $z_x = x$, т. е. при $\sigma = \alpha$ (фиг. 68).

Ордината начала кривой будет при $z_x' = 0$, т. е. $\sigma = \beta$.

$$z_y = K + \Delta K.$$

После полного расчета и масштабного построения эпюры перевода следует проверить точность расчетов отдельных элементов графически. Затем приступают к расчету рубок и разметке осей переводных брусьев. Сначала намечают брусья под стрелкой и крестовиной согласно конструктивным схемам или рабочим чертежам. Так как в переводах промышленных и подземных путей в большинстве случаев принято расположение корня остряка — для легких переводов «на шпале», а для тяжелых «навесу» и начала крестовины «навесу», то разбивка осей промежуточных между стрелкой и крестовиной брусьев будет заключаться в разбивке брусьев между стыками, т. е. под звеньевыми и рубками.

Подсчет рубок начинается с выявления вынужденных внутренних рубок между корнем остряка и началом крестовины, определяемых точными размерами в целых миллиметрах в зависимости от расчетного расстояния между стрелкой и крестовиной.

Надо иметь в виду, что очень малые рубки в пределах перевода и вообще в пути неудобны, так как они нарушают прочность верхнего строения вследствие частого расположения стыков.

Наружные (прямая и кривая) рубки (фиг. 120) представляют рельсовые рубки, т. е. куски звеньев, целые звенья или комбинацию из тех и других, служащие продолжением рамных рельсов (т. е. наружных ниток перевода) и кончающиеся за хвостом крестовины. Длина этих рубок определяется в зависимости от расположения переводных брусьев и от длины контррельса с таким расчетом, чтобы стык конца этих рубок не пришелся на протяжении контррельса; в противном случае будет затруднена установка накладок.

Переводные брусья под крестовиной могут укладываться нормально оси пути или нормально оси крестовины. В одиночном одностороннем стрелочном переводе брусья под крестовиной укладываются перпендикулярно оси крестовины (фиг. 119).

Переводные брусья укладываются на протяжении от стыка в корне остряка до стыка в начале крестовины на одинаковом расстоянии один от другого в пределах размера пролетов (т. е. 500—650 мм между осями брусьев).

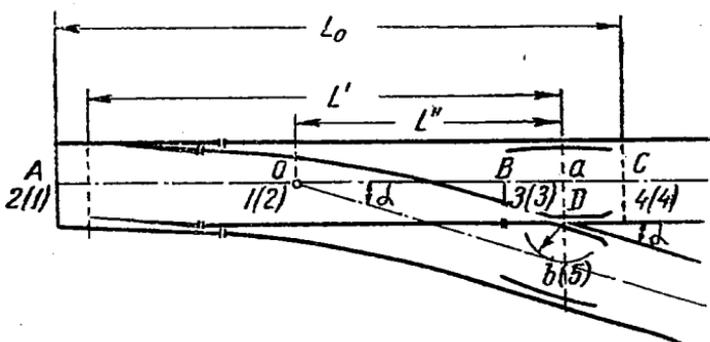
Кроме того, на протяжении внутренней прямой рубки должен быть совершен переход от расположения брусьев нормально оси прямого пути к расположению нормально биссектрисе угла кресто-

вины. Наклон брусьев под крестовиной на эпюре делается под углом $\frac{\alpha}{2}$ и характеризуется величиной (фиг. 68):

$$g' = S_{\kappa} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Из вычерченной эпюры перевода сразу становится ясным, какой длины желательнее всего установить полную наружную рубку при условии укладки последнего стыка ее за хвостом крестовины с максимальным использованием половины или целых рельсовых звеньев.

По окончании вычерчивания эпюры в рабочих кантах необходимо показать на ней контррельсы хотя бы условно по длине крестовины. Уширение колеи в переводах с прямыми перьями и крестовинами делается в начале пера до 10—12 мм, а в конце пера до 6 мм и в кривой по условиям вписывания при двух рабочих кантах. В пределах прямой крестовины ширина колеи должна быть точно равна принятой ширине колеи, как для прямолинейного участка.



Фиг. 122.

Имея рабочий чертеж (эпюру) стрелочного перевода, приступают к укладке его на место. Для этой цели производят разбивку всех основных элементов на том месте, где требуется уложить перевод. На фиг. 122 дана схема перевода, где: *A* — начало рамных рельсов, *O* — центр перевода, *B* — проекция начала крестовины, *C* — проекция конца крестовины, *D* — математический центр крестовины.

Разбивку производят следующим образом (фиг. 122). Забивают пять кольшков в основных точках по эпюре перевода, расстояние между которыми промеряется рулеткой. Четыре первых кольшка забивают по оси прямого пути в следующем порядке: в центре перевода (точка 1) в начале рамного рельса (точка 2), в начале (точка 3) и в конце (точка 4) крестовины. Такой порядок разбивки первых четырех точек соответствует укладке перевода по плану путей в осях, если примыкание бокового пути фиксировано заранее.

Когда переводы укладываются вслед один за другим при минимальных вставках между ними или при укладке их впритык один за другим, приходится менять порядок разбивки основных точек следующим образом: начало рамного рельса — точка (1), центр перевода — точка (2), начало крестовины — точка (3) и конец крестовины — точка (4).

Разбивка точки (5), лежащей на оси бокового пути, производится в такой последовательности:

1) откладывается на оси прямого пути величина Va переднего хвоста крестовины от начала ее до проекции математического центра на ось прямого пути;

2) из полученной точки a перпендикулярно оси прямого пути откладывается $\frac{1}{2}$ рельсовой ширины колеи aD , и фиксируется математический центр крестовины (точка D);

3) из математического центра крестовины к указанному в п. 2 перпендикуляру откладывается еще $\frac{1}{2}$ рельсовой ширины колеи в сторону бокового пути и определяется точка (5), для чего при помощи шнура с заточенным колышком вычерчивается дуга радиуса $r = \frac{S_{\kappa}}{2}$;

4) из центра перевода провешивается ось бокового пути путем соединения центра перевода с определившейся в предыдущем пункте точкой (5);

5) желательнo угломером проверить угол α между осями путей в центре перевода.

Разбивка стрелочных переводов рассмотрена применительно к одиночному одностороннему переводу; разбивка же сложных переводов производится совершенно аналогично.

Отмеченные точки на местности (выработке) сохраняются на все время производства укладки перевода.

Порядок укладки перевода должен быть следующий:

1. Перед тем как спускать в шахту все части стрелочного перевода, необходимо на поверхности предварительно собрать его, тщательно проверить и подогнать все элементы. После этого уже можно весь комплекс заблаговременно доставлять в шахту к месту работ.

2. На месте работ разложить согласно эююре брусья.

3. Уложить крестовину, рамные рельсы и затем уже пригнать переводную кривую, контррельсы и, наконец, остряки.

4. Подвезти балласт и произвести подштопку и подбивку его под брусья на принятую толщину.

5. Засыпать брусковые (шпальные) ящики, балдаст разравнять и плотно утрамбовать.

6. Выверить все элементы стрелочного перевода и обнаруженные дефекты устранить.

7. Прогонять ряд груженных поездов, затем опять выверить перевод и уже после этого можно сдавать перевод в эксплуатацию.

§ 5. Характер ремонтных путевых работ

Технически грамотная и добросовестная укладка пути играет огромную роль в деле безаварийной работы рельсового транспорта. При правильной укладке и соблюдении при этом всех требуемых путейских законов, правил, норм и допусков путь получается устойчивым, и отдельные элементы его менее подвергаются излому и износу.

Это обстоятельство благоприятно влияет также и на подвижной состав, на его трущиеся части, которые при правильной укладке пути менее подвержены расшатыванию, износу и излому.

Кроме того, при хорошо устроенном пути в сильной степени повышается безопасность (надежность) работы транспорта и эффективность его.

Однако одна только правильная и добросовестная укладка пути не может гарантировать длительного исправного действия нижнего и верхнего строений. Чтобы гарантировать постоянную нормальную работу транспорта, необходимо своевременно ремонтировать путь и повседневно содержать его в полном порядке.

Для этой цели в процессе эксплуатации (в зависимости от объема и характера путевых работ) следует различать: 1) работы по текущему содержанию пути, 2) капитальный ремонт и 3) работы по реконструкции пути.

Рассмотрим кратко все эти путевые работы, с которыми нередко приходится иметь дело в шахте.

1. К работам по текущему содержанию пути относятся все виды мелких дефектов пути, случайных и единичных повреждений, которые обнаруживаются путем повседневного надзора за состоянием пути и устраняются немедленно при обнаружении того или иного дефекта.

Чаще всего приходится иметь дело со следующими работами по текущему содержанию пути; подкрепление гаек в стыковых накладках, замена небольшого числа костылей новыми, замена небольшого числа шпал и рельсов, подбивка балласта и частичное добавление его под небольшое число шпал, засыпка специальных ящиков балластом, рихтовка отдельных звеньев пути, очистка водоотводных канав и их частичный ремонт по укреплению и другие небольшие по объему работы.

К работам по текущему ремонту относятся также меры по предупреждению нарушения пути вследствие пучения почвы.

В некоторых откаточных выработках нижним строением пути является поддувающая (пучащая) почва, которая периодически может выводить из строя определенный участок пути, если своевременно не будут приняты меры по борьбе с этим явлением. Обычно при сильно поддувающей почве участок пути настилается без балластного слоя, он все время находится под тщательным надзором, и почва выработки по мере ее поддувания своевременно поддирается с таким расчетом, чтобы не допустить расстройств пути и прекращения движения по выработке.

Кроме поддирки, имеются и другие способы борьбы с поддуванием почвы, которые конкретно должны указываться (в зависимости от геологических и других условий работ откаточной выработки, крепления ее и пр.) дорожному мастеру высшим техническим персоналом шахты.

Текущее содержание пути должно удовлетворять требованиям полной безопасности и безаварийности работы шахтного транспорта, а также непрерывности и плавности хода подвижного состава по откаточным выработкам при максимально допустимых скоростях движения.

В текущем содержании пути важны меры предупредительного характера, так как предупреждение намечающихся неисправностей требует меньших затрат средств и времени, чем устранение запущен-

ных дефектов пути. Кроме того, своевременная ликвидация всех видов расстройств пути не нарушит нормального режима работ транспорта. Надо помнить, что одна неустраненная неисправность обычно вызывает и ряд других расстройств в пути.

Дефекты в пути появляются не сразу. Они являются как результат постепенного накопления остаточных деформаций. Например если будет обнаружена лопнувшая накладка в стыках, то ее следует немедленно сменить на новую, в противном случае лопнет и вторая накладка, а вслед за этим неизбежно будут сбиты рельсовые стыки. В результате может произойти сход отдельных единиц подвижного состава с рельсовых путей. Поэтому, заменив лопнувшую накладку, необходимо тотчас же установить и причину излома ее; возможно, что стыковые шпалы оказались слабо подбитыми балластом, вследствие чего под проходящим поездом лопнула накладка. Если эти шпалы не будут немедленно подбиты, то новая, только что поставленная накладка опять быстро сломается.

Из этого примера следует, что все путевые рабочие, в особенности бригадиры и дорожный мастер, должны уметь грамотно распознавать истинные причины расстройств пути и хорошо знать те меры, которые должны предупреждать возникновение расстройств пути и отдельных его элементов.

Таким образом задача текущего содержания пути заключается в том, чтобы заранее предупредить крупное расстройство пути, обеспечить нормальный режим работы пути, а следовательно и транспорта.

2. К капитальному ремонту пути относятся работы массового характера. Необходимость таких работ выявляется путем периодических осмотров, и они требуют специальных ассигнований по заранее составленной смете. Такими работами являются: сплошная смена рельсов, скреплений, шпал, стрелочных переводов, их брусьев, массовые обновления балласта и пр., когда эти элементы верхнего строения имеют дефекты, выходящие за пределы допускаемого состояния, и носят массовый характер на данном перегоне. Работа по капитальному ремонту пути организуется так же, как и при укладке постоянного пути.

3. К реконструкции пути можно отнести еще более крупные и массовые работы, чем при капитальном ремонте. Реконструкция пути может быть вызвана двумя причинами:

1) если откаточная выработка очень сильно деформировалась, вследствие чего профиль пути стал очень тяжелым для работы транспорта; размеры откаточной выработки по своим габаритам оказались несоответствующими требованиям правилам безопасности, и целый ряд элементов верхнего строения (рельсы, шпалы, скрепления и др.) пришел в полную негодность;

2) в случае перехода в данной выработке на более мощный и совершенный вид транспорта (например вместо конной откатки электровозная), когда выработка для нового вида откатки не подходит как по своим габаритам и профилю, так и верхнему строению пути.

В том и другом случаях расширяют выработку до требуемых размеров в зависимости от подвижного состава. Профиль пути смягчается до величины, определяемой по уравнению (1'), а верхнее строение для первого случая необходимо заменить новым такого же типа и раз-

мера, какие были ранее; во втором случае оно заменяется с более легкого на тяжелый тип (например если при конной откатке рельсы применялись высотой 65 или 80,5 мм, то для электровозной откатки их следует заменить рельсами высотой 91 или даже 107 мм).

Вся эта работа производится по определенному, заранее составленному техническому проекту и предусмотренной для этой цели смете.

Следует отметить, что два последних вида ремонтных работ в подземных условиях иногда трудно разграничить. Необходимо только иметь в виду, что капитальный ремонт пути и реконструкция его требуют заранее продуманного плана и тщательной организации работ. Только при этом условии работы могут быть хорошего качества и выполняться в самый короткий срок.

Все важнейшие работы по текущему содержанию, капитальному ремонту и реконструкции пути должны выполняться специальными путевыми рабочими под руководством дорожного мастера, хорошо знающего не только путевое дело, но и горные работы.

В приказе Л. М. Кагановича № 952 от 1937 г. об улучшении работы внутришахтного транспорта указывается на необходимость: «Все главные откаточные пути разбить на пикеты, прикрепив к ним путевые бригады, отвечающие за состояние пути на своем участке».

«... Ввести с 1/XII 1937 г. плановый осмотр пути и стрелок на внутришахтном транспорте дорожным мастером один раз в декаду и бригадиром путевой бригады ежедневно, с немедленным исправлением всех дефектов пути».

Каждая бригада путевых рабочих во главе с бригадиром отвечает полностью за свой участок рельсовых путей, к которому она прикреплена. Бригада путевых рабочих с бригадиром должна быть хорошо знакома со всеми особенностями и всеми слабыми местами своего участка пути. Она должна не только немедленно устранять все замеченные мелкие дефекты пути, но и тщательно изучать причины, вызывающие появление неисправностей и расстройств, для дальнейшего их предупреждения.

§ 6. Работы по текущему содержанию пути

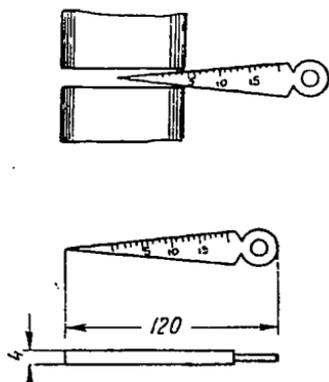
Отметим кратко главные причины расстройства пути и рассмотрим ряд мер по устранению этих причин.

Угон пути

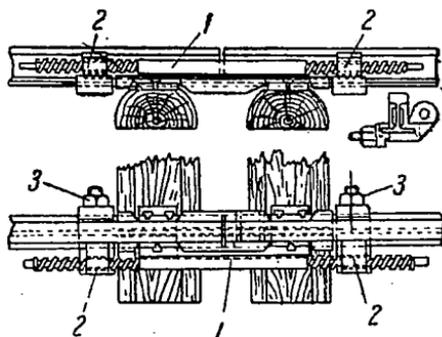
Угон пути происходит вследствие несвоевременного регулирования стыковых зазоров, при недостатке противоугонных средств или неправильном их использовании, при неполноте засыпанных шпальных ящиках, оголенных концах шпал, при неудовлетворительном прикреплении рельсов к шпалам вследствие наличия недобитых костылей, изношенных костылей, подкладок и пр. Для предупреждения угона пути необходимо укреплять ослабшие противоугоны и увеличивать при надобности их число. Шпальные ящики следует полностью засыпать балластом, имея балластный слой нормальной ширины.

Костыли необходимо своевременно добивать, а негодные заменять новыми. Систематически производить проверку и регулирование стыковых зазоров.

Проверка стыковых зазоров осуществляется специальным шаблоном в виде металлического градуированного клина (фиг. 123), который вставляется сбоку между головками рельсов снаружи колеи в средней части головки. Измерения зазоров нельзя производить поверху головки, так как имеющийся часто на концах рельсов наплыв может показать неправильную величину зазора.



Фиг. 123.



Фиг. 124.

Для регулирования стыковых зазоров имеется много различных приборов. Приведем описание одного из них. На фиг. 124 показан винтовой прибор, который состоит из винта 1, имеющего по концам правую и левую прямоугольные нарезки, и двух башмаков 2. Башмак надевается на подошву рельса и прочно закрепляется на ней гайкой 3. Прибор этот устанавливается с наружной стороны пути в стыке так, что один башмак закрепляется на одном конце рельса, а другой на смежном конце соседнего рельса. Винт прибора с помощью двух ключей-трещеток вращается двумя рабочими, вследствие чего получается перемещение рельсов, которые сближаются или раздвигаются.

Просадка пути

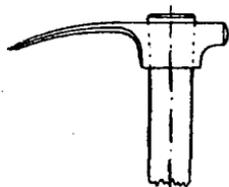
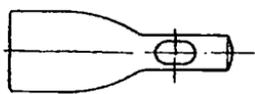
Просадка пути в виде толчков и перекосов происходит вследствие отрясенных шпал, угона пути, чрезмерно больших зазоров, дефектов в рельсах и креплениях, неудовлетворительного состояния и содержания балластного слоя (малая толщина его, загрязненность, отсутствие отвода воды от путей и др.) и дефектов нижнего строения. Чтобы предупредить образование толчков, нельзя допускать в пути отрясенных шпал, сдвига стыковых шпал угоном, прогиба накладок, сбитых концов рельсов, чрезмерно больших зазоров. Необходимо следить, чтобы под шпалами плотно был подбит балласт, особенно это относится к стыковым шпалам. Сопряжения элементов профиля при переходе с одного уклона на другой или с уклона на площадку должны быть смягчены плавными кривыми профиля.

Расстройство направления пути

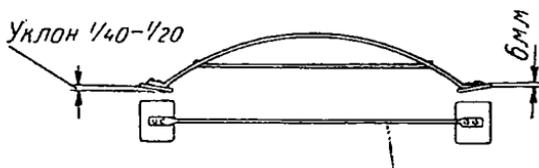
Расстройство направления пути (сбитая рихтовка) происходит вследствие одностороннего угона пути, неправильного содержания пути по шаблону, неправильной подуклонки рельсов (если таковая имеет место), отсутствия переходных кривых (в результате чего получается резкое изменение радиуса при проходе поезда с прямой на круговую кривую), недостаточных размеров балластного слоя и др. Для предупреждения сбивания рихтовки пути необходимо устранять все замеченные дефекты:

- 1) своевременно устранять отступления по ширине колеи;
- 2) заменять изношенные сверх допусков костыли, накладки и подкладки;
- 3) не допускать появления угонов (и отбоев) в кривых, ведущих к крупным расстройствам пути в плане;
- 4) не допускать перекоса стыков угоном и содержать в порядке балласт;
- 5) не допускать в пути искривленной и сбитой рихтовки;

6) проверять и тщательно выпрямлять как прямолинейные участки пути, так и (в особенности) криволинейные, производя выправку круговых кривых по хордам (см. гл. V, § 2) и переходных — по специальному шаб-



Фиг. 125.



Фиг. 126.

лону, выполненному по закону кубической параболы или составной спирали (гл. III, § 4);

7) выправлять ширину колеи по шаблону и уровню, а превышение наружной нитки в кривых — по специальной рейке и уровню (фиг. 113);

8) регулярно проверять и выправлять путь по продольной оси его; ни в коем случае не допускать сбитого направления кривых во избежание появления на них «углов», приводящих в дальнейшем путь к крупным расстройствам.

При применении подуклонки рельсов (гл. III, § 1) последняя осуществляется при помощи специальных клинчатых подкладок или зарубки самых шпал в местах расположения подошв рельсов. Зарубка шпал выполняется на месте работ или заранее механически на шпалопропитных заводах, до их пропитки, на особых станках. Зарубка шпал на месте работ обычно производится вручную, с помощью так называемого д е к с е л я (французского топора) весом до 2 кг. Дексель имеет вид поперечного топора, насаженного на деревянную ручку под углом 16° , с острым, хорошо закаленным стальным концом, похожим со стороны режущего лезвия на стамеску (фиг. 125). Затеска шпал декселем для подуклонки — ответственная работа, тре-

бующая хорошего навыка со стороны рабочего. Правильность зарубки проверяется специальными шаблонами, один из которых показан на фиг. 126.

После затески шпал декселем весьма желательно затесанные места пропитывать противогниlostными составами, причем всю эту работу надо производить предварительно на поверхности до укладки пути.

Излом рельсов и скреплений

Излом рельсов и накладок может происходить вследствие видимых и потайных толчков в пути, неправильной подуклонки, неисправленных выбоин, недовинченных болтов в стыках, чрезмерно больших зазоров, разбитых концов рельсов и износа накладок, необнаруженных своевременно дефектов в рельсах. Для предупреждения излома рельсов и накладок необходимо:

1) не допускать в пути наличия толчков, просадок, перекосов и пр.;

2) содержать стыковые зазоры согласно температуре и длине рельсов;

3) рельсы очищать регулярно от грязи и мусора, чтобы легче было заметить появившиеся трещины; тщательно осматривать состояние рельсов, особенно в месте перехода головки в шейку (под головкой рельса);

4) при разбитых концах рельсов снимать накладки для осмотра состояния рельса под накладкой, так как рельсы нередко лопаются в пределах накладок;

5) удалять с пути немедленно по обнаружении дефектов рельсы с выкошенными головками или с выколами подошвы, а также рельсы, имеющие трещины, раковины и другие изъяны, опасные для движения поездов;

6) при приеме рельсов не бросать их один на другой, а также на твердые предметы и неровные поверхности во избежание появления внутренних трещин и изгибов;

7) запрещать передвигать рельсы ударом в торец кувалдой или костьюным молотком;

8) не допускать в стыках изломанных или изношенных накладок, подкладок, болтов и костьюлей, так как стык является самым слабым местом пути и в стыке чаще всего рельс разбивается и лопается.

Дефекты в рельсах (изломы и трещины) при осмотре их можно обнаружить при помощи самых простых и распространенных способов или применением особых приборов — дефектоскопов. Из простых способов можно отметить такие, как остукивание рельса легким стальным молотком весом 0,5 или 0,75 кг, с высоты 15—20 см. Если трещин и изломов нет, молоток отскакивает от рельса; при наличии же указанных дефектов молоток как бы пристает (прилипает) к рельсу. Кроме того, наличие трещин в рельсах обнаруживается по следующим признакам: темные линии на поверхности катания головки рельсов; ржавые полосы на головке рельсов, которые при мокрых рельсах имеют светлобурыи цвет, если трещина свежая, и бурый — при более старой трещине. Иногда при осмотре рельсов пользуются керосином, тряпкой и лупой. Рельс протирают кероси-

ном, а затем через лупу просматривают отдельные его места и обнаруживают пороки. Однако такой осмотр рельсов требует хорошего освещения путей.

Дефектоскопы — самые совершенные приборы по обнаружению всех пороков в рельсах, как уложенных в пути, так и до укладки их. При помощи этих приборов можно обнаружить изломы, трещины, раковины и однородность структуры рельсов. Дефектоскопы требуют наличия: 1) источника магнитного поля для создания магнитных потоков в испытуемом рельсе, 2) прибора (индикатора или собственно дефектоскопа) для улавливания мест появления магнитных потоков рассеяния и 3) прибора для регистрации показаний дефектоскопа. Такие приборы могут получить большое распространение в подземном путевом хозяйстве, но в настоящее время они применяются только на железнодорожном транспорте широкой колеи¹.

Усиленный износ рельсов и креплений

Усиленный износ рельсов и креплений происходит вследствие неправильного возвышения наружного рельса в кривых, отсутствия смазки болтов и трущихся поверхностей накладок, неправильной забивки костылей, угона рельсов. Для предупреждения усиленного износа рельсов и креплений необходимо следующее:

1. Выдерживать возвышение наружной рельсовой нитки на кривых в соответствии с выражением (36)².

2. Периодически очищать крепления от грязи, песка и мусора для лучшего наблюдения за их состоянием и для большей сохранности их, так как мусор, песок и грязь на подошве рельса, на костылях и подкладках задерживают влагу и вызывают усиленное ржавление креплений.

3. Необходимо следить, чтобы болты проходили в отверстия накладок и рельсов свободно; при несовпадении дыр накладок и рельсов следует применять металлические оправки.

4. Болты должны быть завинчены умеренно (не очень сильно, не очень слабо) усилием рабочего при длине ключа не свыше 0,40 м. Весьма желательно производить смазку болтов при каждой путевой работе. Неподтянутый, ослабевший болт вызывает оглабление соседних болтов и расстройство стыка; несмазанный болт ржавеет, тяжело подкрепляется и быстро приходит в негодность.

5. Немедленно заменять болты, у которых сработалась нарезка, и ремонтировать их в кузнице.

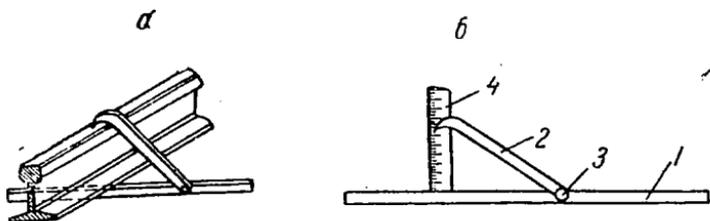
6. Накладки, у которых верхняя грань, прилегающая к нижней части головки рельса, сработалась и в которых против концов рельсов образовалась ступенька, следует снимать и ремонтировать в кузнице. Получившийся прогиб выправляется обратным выгибанием с проверкой отсутствия просвета между линейкой и верхней гранью накладки. Для улучшения работы накладок и уменьшения их износа при прогибах стыка и ударах колес весьма желательно сма-

¹ П. С. Дурнов, П. А. Никифоров, Г. В. Лидерс, Организация ремонта и содержания пути, стр. 63—71 и др., Трансжелдориздат, 1938.

² Лучше всего величину возвышения брать по специально составленным для этой цели таблицам (см. приложение в конце).

зывать трущиеся части накладок смесью графитного порошка с мазутом. Не допускать регулирование зазоров ударами в накладку.

7. При забивке и выдергивании костыля не допускать изгиба-ния его; забивку костыля производить строго по вертикали. Выпрямлять костыли следует в кузнице на специальных обжимках. Регулярно производить добивку костылей, так как недобитые костыли вызы-вают ослабление связи рельсов со шпалой, вследствие чего увеличи-вается угон, увеличиваются потайные толчки и расстраивается путь.

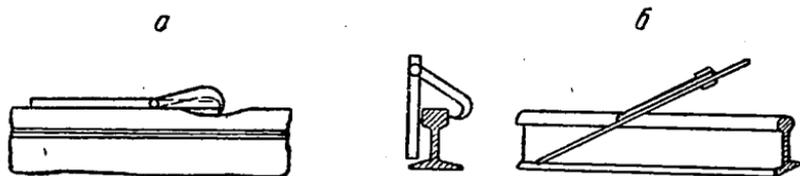


Фиг. 127.

8. Не допускать набегания подошвы рельса на ребро подклад-ки, что вызывает выкол подошвы рельса. Подкладки с разрабо-танными дырами заменять (особенно в кривых), так как в этом случае отжатую рельса при проходе состава сопротивляются не все костыли.

Периодически следует износ рельсов, уложенных в пути, и их отдельные элементы замерять, чтобы знать степень износа и заменять износившиеся старые рельсы новыми.

Для этой цели применяют очень много различных приборов. Про-стейшим прибором для измерения износа отдельных частей рельсов является кронциркуль, сконструированный по принципу слесарного кронциркуля, но с тем существенным изменением, что одна ножка циркуля заменена линейкой (фиг. 127, а и б). Подвижная ножка 2 укреплена на шарнире 3. Для измерения левой рукой поддерживают линейку 1, прижимая ее к рельсу, а правой рукой прижимают ножку 2 к головке рельса, после чего высота легко будет найдена по метал-лической линейке 4. При измерении нужно следить, чтобы створ цир-



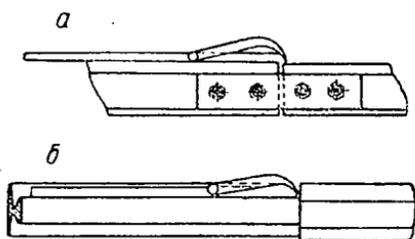
Фиг. 128.

куля был расположен нормально к оси рельса. При наклонно постав-ленном циркуле острие ножки 2 можно слегка сдвинуть по оси рельса, не сдвигая с места линейки, что даст возможность проверить каждый раз, нормально ли установлен циркуль. Иногда величина износа рельса может быть определена иначе: например при наличии мест-ного износа в стыке, где фартук накладки не позволяет приложить линейку к подошве 1, линейка укладывается по головке рельса, и

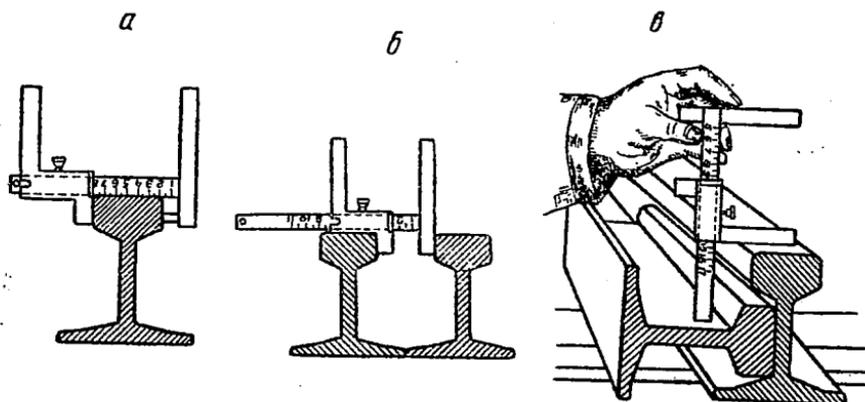
величина свеса ножки 2 покажет величину износа. На фиг. 128, *a* и *б* показаны способы применения циркуля для измерения ширины головки и величины выбоины на головке рельса.

На фиг. 129, *a* и *б* показано применение кронциркуля для определения: 1) превышения одного конца рельса относительно другого; 2) несовпадения торцов рельсов в плане на переходных стыках и при ослабленных болтах.

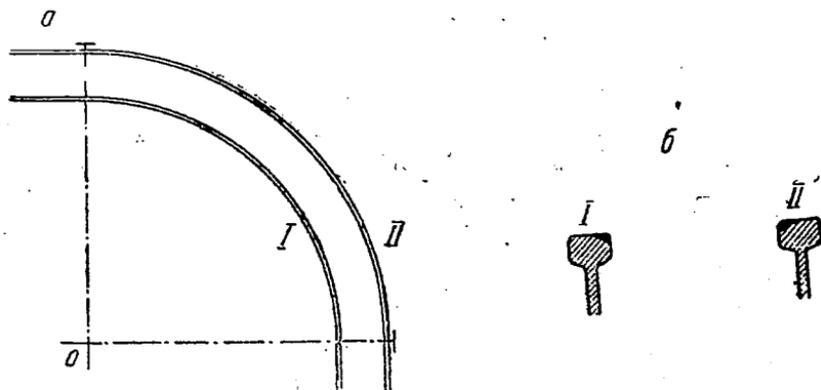
Кроме описанного простейшего прибора, применяют еще целый ряд подобных приборов. Например на фиг. 130 показан штангенциркуль со шкалой, по которой можно делать отчет замера отдельных частей рельса (фиг. 130, *a*), расстояния между рельсом и контррельсом (фиг. 130, *б*), а также глубины желоба (фиг. 130, *в*).



Фиг. 129.



Фиг. 130.



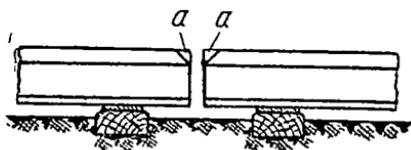
Фиг. 131.

Таковыми приборами можно проверять и измерять износ не только рельсов и их отдельных частей, но и стрелочных переводов и их составных элементов (остряков, крестовин и пр.).

При износе головок рельса по высоте на $1/5$ следует уже рршать вопрос о замене такого рельса новым.

В криволинейных участках пути рабочие грани рельсов изнашиваются односторонне гораздо

быстрее, чем на прямых участках (фиг. 131, *a* и *б*). Поэтому, чтобы продлить срок службы рельсов, необходимо сделать перешивку их в случае окончательного износа внутренних рабочих граней, т. е. рельсовую нитку *I* переставить на место нитки *II*, а последнюю поставить еще



Фиг. 132.

работать столько, сколько они работали до первого износа, причем рельс *II* следует несколько укоротить, а рельс *I* на эту же величину удлинить.

Что касается рельсов со сбитыми концами (фиг. 132, *a — a*), то такие рельсы следует немедленно заменять другими. Поврежденные рельсы можно выдать на поверхность и там уже производить наплавку сбитых концов или тут же в шахте отрезать сбитые концы, после чего их опять можно укладывать в путь.

Усиленный износ шпал

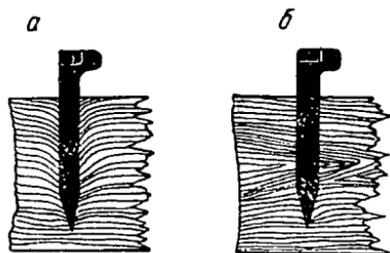
Продолжительность службы шпал зависит от интенсивности их физического и механического износа. Под физическим износом понимается разрушение дерева от гниения, а под механическим — износ шпал от частого забивания и вытаскивания костылей из них, врезания подошвы рельсов или подкладки в шпалу, продольного угона пути и пр. Каждый вид износа способствует развитию другого вида. Для уменьшения гниения шпал требуется пропитка их различными противогнилостными составами. Значение пропитки можно иллюстрировать таким примером: срок службы шпал без пропитки в подземных условиях колеблется до 4 лет в сухих выработках, срок же службы пропитанных креозотом шпал может увеличиваться в три раза.

Для пропитки деревянных шпал применяют: 1) смолистые вещества (креозот, смолы); 2) раствор минеральных солей (хлорная ртуть, хлористый натрий, хлористый цинк, медный купорос, поваренная соль); 3) эмульсии — смесь первых двух видов (смолодегтярные эмульсии, креозонафт). Наилучший результат дает пропитка смолистыми веществами, хотя она и обходится в несколько раз дороже сравнительно с пропиткой растворами минеральных солей. Пропитка шпал производится под значительным давлением в особых камерах на шпалопрпитных заводах. Предварительно, до впуска раствора, в камере создается вакуум для выхода из шпал древесных соков.

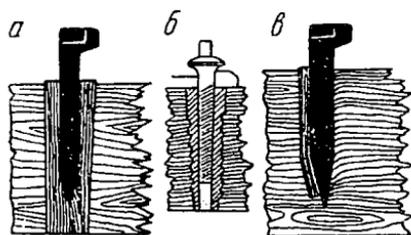
Пропитка шпал является главным фактором борьбы против физического износа их, однако, в подземных условиях пропитанные шпалы, к сожалению, применяют очень редко, хотя они в определенных усло-

виях (срок службы откаточной выработки большой, выработка сырая и пр.) могли бы не только оправдать себя, но и дать значительно лучший эффект, чем обычные непропитанные шпалы.

Усиленный механический износ шпал происходит вследствие забивки костылей без предварительного сверления отверстий, частой перебивки костылей и отсутствия просмоленных пробок в старых костыльных отверстиях. Могут иметь место изломы шпал посередине при неправильной подбивке их. Излом шпал под рельсом происходит при наличии в пути несменной своевременно плохой шпалы, особенно если она лежит на плохом балласте и неравномерно подбита. Для борьбы с механическим износом шпал с целью удлинения срока службы их необходимо: для ответственных путей при забивке костылей производить предварительную сверловку отверстий несколько мень-



Фиг. 133.



Фиг. 134.

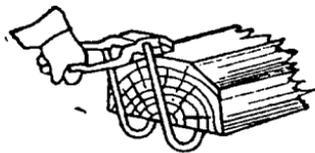
шего диаметра, чем размеры костыля, с таким расчетом, чтобы забиваемый костыль раздавал волокна дерева в стороны только за счет упругого сжатия дерева.

На фиг. 133, *а* показан случай забивки костыля без предварительного просверливания отверстия в шпале. Здесь волокна дерева, увлекаемые костылем, уплотняются и отгибаются к низу шпалы, надламываясь при этом, и сопротивляемость деформированного дерева оказывается пониженной. В результате такие отверстия быстро разрабатываются и не держат костылей. Совершенно иную картину мы имеем при предварительном просверливании дыр для костылей (фиг. 133, *б*). Здесь костыли держатся гораздо лучше, чем при простой забивке, так как в этом случае отсутствуют остаточные деформации дерева. Все это остается в силе и для шурупов, если таковые имеют применение.

Просверленные отверстия для костылей (или шурупов) заливают креозотом или мазутом. При перебивке костылей в старые отверстия в них забивают просмоленные пробки (фиг. 134, *а* и *б*). Однако лучше забивать пластинки-закрепители (фиг. 134, *в*), которые в отличие от пробок имеют постоянное сечение по своей высоте; длина их равна длине стержня, сидящего в шпале костыля. Костыль забивается не в пластинку, а в промежуток между пластинкой и шпалой.

Для борьбы с износом шпал необходимо укладывать под стыки наиболее равномерные шпалы; делать затеску шпал для подуклонки не на-глаз, а по шаблону (фиг. 126), не допускать приемку и укладку в путь неокоренных шпал. При подбивке и укладке шпал нельзя ударять по шпале подбойками, кирками, железными лопатами и мо-

лотками; при затаскивании и вытаскивании шпал обязательно пользоваться специальными захватами (фиг. 135) или клещами. Вновь уложенную шпалу надо тщательно подбивать, так как при слабой подбивке вызывается отрясение соседних шпал, и кроме того, подкладки сильнее в них врезаются, увеличивая механический износ. Шпалы необходимо ремонтировать в пути, а в случае невозможности — снимать для ремонта. После снятия с пути шпалы надо сортировать и годные ремонтировать и снова укладывать в путь. Ремонт шпал, имеющих трещины, производить с предварительной расчисткой трещин от песка и грязи проволокой диаметром 3 мм; после стягивания трещины винтовым или рычажным приспособлением обвязывать конец шпалы в сжатом положении проволокой или забивать в торец скобу.



Фиг. 135.

Не следует забывать, что главный показатель пригодности шпал к работе — это способность их хорошо держать костыли. Чаще всего шпалы приходят в негодность от механического и физического износов, причем загнивание шпал начинается под рельсами у костылей, что узнается по глухому звуку при ударе молотком поперху шпалы.

Для замены негодной шпалы из соседнего шпального ящика выгребаются балласт ниже уровня постели шпалы, вытаскиваются костыли, кроме одного наружного, за который потом вытаскивается шпала, затем она сдвигается в освободившийся ящик и вытаскивается. Новую шпалу тем же путем укладывают на место старой, пришивают ее костылями по шаблону, подбивают и засыпают шпальный ящик балластом.

Если шпала была заражена грибок, то при замене ее необходимо заменять также и балласт, лежавший под такой шпалой. Грибок поражает шпалы только на слабо проветриваемых участках; признаки его — белые пятна и полосы на шпалах.

Предупреждение расстройств балластного слоя

Балластный слой, как и другие элементы верхнего строения, требует внимательного надзора. При хорошем уходе за балластным слоем он долго сохраняет дренажное свойство и способствует устойчивости пути.

Для предупреждения загрязнения и измельчения балластного слоя необходимо следующее:

1. Содержать поверхность балластного слоя всегда тщательно спланированной с поперечным уклоном в сторону водоотводной канавы для того, чтобы не было застоя воды. Регулярно сметать метлой или сгребать деревянной лопатой мусор и все то, что иногда рассыпается из вагонеток (уголь, порода и т. д.) с поверхности балластного слоя во избежание перемешивания этого материала с балластом.

2. Не производить подъемки пути без достаточного запаса балласта и не подбрасывать под шпалы загрязненный балласт.

3. Не допускать уменьшения балластного слоя под шпалой во избежание выдавливания части породы почвы в ящиках и перемешивания ее с балластом.

4. Подбирать осыпавшийся балласт с боков пути (обочин) и при-
трамбовывать его, после чего проводить параллельно рельсовой нитке черту, определяющую верхнее и нижнее ребра откоса балластной призмы; после проведения черты с откоса балластного слоя снимать лишний балласт и отвозить на склад.

5. В случае засорения и измельчения балласта, который заметно не пропускает воду, а впитывает ее и образует на путях грязь, надо немедленно заменить его новым. Работа по замене балласта состоит из кайловки, погрузки негодного старого балласта в вагонетки и засыпки нового. Ни в коем случае нельзя старый балласт разбрасывать по сторонам пути — это только ускорит загрязнение нового балласта.

6. Необходимо также следить за состоянием водоотводных канавок и систематически очищать их от грязи и мусора. Грязь из канавок также должна погружаться в вагонетки и выдаваться на поверхность.

Содержание нижнего строения пути

Исправность пути зависит также от состояния и устойчивости нижнего строения (почвы выработки). Правильная организация текущего содержания полотна предупреждает не только мелкие, но и крупные его повреждения.

Действие воды — основная причина, вызывающая нарушения нижнего строения пути, поэтому, как уже указывалось, ее надо тщательно отводить от полотна. Вода может изменять свойства породы почвы, производить размыв ее и балласта, в результате чего образуются просадки, балластные корыта и другие дефекты. Очень часто путь расстраивается вследствие просадок, причем может быть, что обе нитки рельсов оседают равномерно или неравномерно; в последнем случае получается перекося, т. е. полное нарушение пути. Нередки и такие случаи, когда вымывается не только балласт, но и почва выработки, а рельсы вследствие своей упругости не прогибаются, и такого рода просадку можно заметить только при движении подвижного состава (потайная просадка). Кроме отвода воды, правильное текущее содержание нижнего строения заключается также в тщательном сохранении поперечного и продольного профилей полотна согласно проекту.

При исправлении небольших просадок шпалы с обеих сторон освобождаются от балласта. К каждой шпале друг против друга становятся двое рабочих (фиг. 98), которые, ударяя одновременно подбойками с обеих сторон шпал, приподнимают ее. Бригадир следит за работой и делает указания; насколько нужно приподнять путь. Обычно путь приподнимают на несколько миллиметров выше необходимого уровня, учитывая, что после прохода поезда он несколько осядет. Произведя подбивку 2—3 шпалам, приподнимают расположенные на них рельсы, а следовательно, и соседние шпалы, соединенные с рельсами. Под шпалами образуется пустота, так что они оказы-

ваются на весу; поэтому, чтобы полностью привести путь в порядок, необходимо сделать соответственную подбивку и соседних шпал. Плотность подбивки узнается по звуку при ударе молотком по шпале или звуку подбойки при подбивании балласта. Если просадка пути велика, то подъемка шпал производится домкратами или вагами, теми же методами, что и при перестилке временных путей на постоянные.

При наличии выбоин и просадок в нижнем строении (почве выработки) производится засыпка почвы однородной породой, которая плотно утрамбовывается.

Исправление просадок в почве выработки начинается с того, что вначале освобождают балласт и шпалы, большое место засыпают однородной породой и утрамбовывают ее до требуемого уровня, а затем производят операции, отмеченные выше.

Содержание стрелочных переводов

Стрелочные переводы относятся к числу самых ответственных объектов верхнего строения пути, поэтому на стрелочные переводы со стороны обслуживающих их работников должно быть обращено особое внимание. При плохом обслуживании стрелочный перевод является одним из самых слабых и уязвимых мест верхнего строения пути. И действительно, малейшая неисправность перевода, нахождение между острием (пером) постороннего тела, неплотное прижатие острия, сильный износ его, отступления от норм ширины просвета в контррельсах и пр. — все это может вызвать сход подвижного состава с рельсов.

К вопросам текущего содержания стрелочных переводов следует отнести: содержание стрелочного перевода в должной чистоте и порядке, выполнение предупредительных мер против расстройств переводов, соблюдение требуемых норм по шаблону и уровню, надзор за состоянием и износом отдельных частей стрелочных переводов и производство необходимых исправлений.

Нельзя оставлять в пути стрелочные переводы с такими дефектами, как разъединение стрелочных остриев, отставание острия от рамного рельса на 3—4 мм, выкрашивание острия, при котором создается опасность набегания гребня, понижение острия против рамного рельса на 2 мм и более, излом острия или рамного рельса, излом крестовины (сердечника, усовиков) и т. д. Все эти отдельные дефектные элементы стрелочного перевода необходимо немедленно исправлять тут же на месте или заменять новыми.

Кроме того, при содержании стрелочных переводов надо еще обращать внимание на следующее:

1. Не допускать угона пути, что может вызвать неплотное прижатие острия к рамному рельсу.

2. Все брусья перевода, особенно под стрелкой и крестовиной, должны быть тщательно подбиты.

3. При ремонте переводов надо переклепывать башмаки и корневое крепление.

4. В заклепках, соединяющих тяги с остриями, не должно быть никакого ослабления.

5. При всяком ремонте перевода все болты в тягах должны быть установлены вверх гайками с постановкой шплинтов; шплинты всех гаек, поставленные неправильно, должны быть переставлены; баланс должен быть отрегулирован и не касаться бруса, иначе может иметь место недоход остряка до рамного рельса.

6. Если какие-либо отдельные части перевода сильно изношены, они должны быть сменены; все трущиеся части стрелочного перевода следует регулярно (ежесуточно) хорошо смазывать.

Таким образом, нельзя забывать, что расстройство пути в целом происходит вследствие неудовлетворительного содержания отдельных его элементов (нижнего строения, балласта, шпал, рельсов, скреплений, стрелочных переводов, водоотводных канав и т. п.). Поэтому для исправного состояния пути, как инженерного сооружения, необходимо своевременное выполнение всех указанных мер, которые предупреждают расстройство пути и отдельных его элементов, увеличивая одновременно и срок службы последних;

§ 7. Капитальный ремонт и реконструкция пути

Как уже отмечалось (гл. V, § 5), в капитальный ремонт входит:

1) ремонт элементов пути со сплошной сменой рельсов (на той или иной выработке или каком-либо отдельном перегоне) со всеми новыми скреплениями;

2) одиночная смена всех негодных шпал, сплошная подъёмка пути на балласт с доведением толщины его под шпалами не менее 10—15 см, а по ширине — до нормального поперечного профиля, замена загрязненного и засоренного вредными примесями балласта свыше 15% по весу;

3) замена на главных путях изношенных и легкотипных стрелочных переводов новыми, типа не ниже укладываемых рельсов, со сплошной сменой переводных брусьев, полным оздоровлением нижнего строения пути и водоотводных устройств.

Отдельные этапы работ по капитальному ремонту пути могут выполняться: в отведенные для этой цели дни (выходные дни шахты, праздники и пр.), или ремонтные смены шахты, или даже во время нормальной работы транспорта на ремонтируемой выработке с использованием «окон». Разумеется, объем капитального ремонта в течение рабочей добычной смены должен быть более ограничен, чем в остальное время.

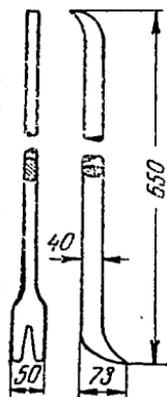
Если вся основная ремонтная работа выполняется между проходами отдельных поездов, то все подготовительные работы заранее должны быть (вплоть до костыля и гайки) тщательно подготовлены и хорошо продуманы. Подготовительная работа не должна, конечно, игнорироваться и в любое время ремонта, но когда для ремонта используют «окна», то здесь продуманность и подготовленность к ремонту занимают исключительно важное место.

Отметим ряд характерных работ, имеющих место при капитальном ремонте.

Перешивка пути

Перешивка пути состоит из следующих операций: 1) измерения ирины колеи шаблоном с отметкой мелом шпал, подлежащих пере-

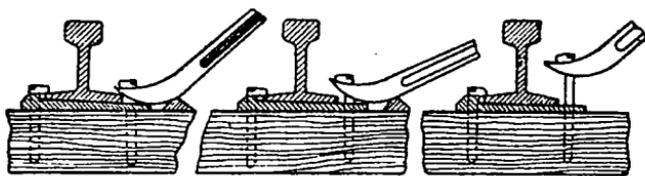
шивке; 2) зачистки заусенцев на шпалах, обметания концов шпал у рельсов и раскладки деревянных пробок или пластинок-закрепителей; 3) выдергивания костылей на одной рельсовой нитке, имеющей искривление в плане.



Фиг. 136.

Для выдергивания костылей обычно применяется специальной формы костыльный лом (фиг. 136). Самая ответственная часть этого лома — пята с рожками, которая должна изготавливаться точно по установленному очертанию (по шаблону) из стали и закаляться до необходимой твердости. При недостаточной закалке рожки лапы могут изгибаться, а при перекалке лопаться.

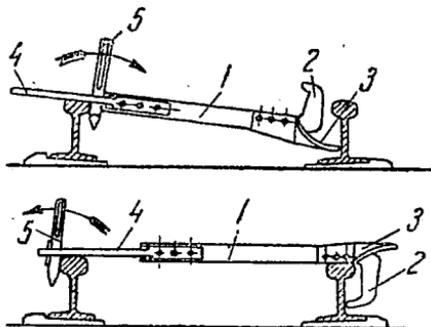
Пята типовой лапы имеет такое очертание, которое обеспечивает необходимое усилие при трогании костыля в начале выдергивания его (фиг. 137), а также поднимает костыль на достаточную высоту, когда лапа принимает горизонтальное положение в конце выдергивания костыля. При выдергивании костыля наибольшее усилие к ушкам головки его следует приложить в начале работы для того, чтобы тронуть костыль с места. Костыль тем легче приподнять, чем больше будет соотношение плеч рычага первого рода, действующего на костыль в виде лапы.



Фиг. 137.

Далее, после того как костыли удалены, забивают в костыльные отверстия деревянные пробки или устанавливают в них пластинки-закрепители, а затем уже перемещают расширенный рельс на требуемую величину по путевому шаблону, внутрь — при расширении и наружу — при сужении рельсовой колеи. Эту операцию желательно производить при помощи специального прибора (фиг. 138). Прибор этот состоит из металлической трубки 1, которая на одном конце имеет два крючка 2 и 3, а на другом — петлю 4.

Для исправления уширения колеи на тот рельс, который должен быть подвинут внутрь, накладывается крючок 2, а петля 4 прибора ложится на противоположный нерасширенный рельс. Затем в петлю вдевается острый конец костыльного лома 5, рельс подается на необходимую величину внутрь и держится в этом положении, пока второй

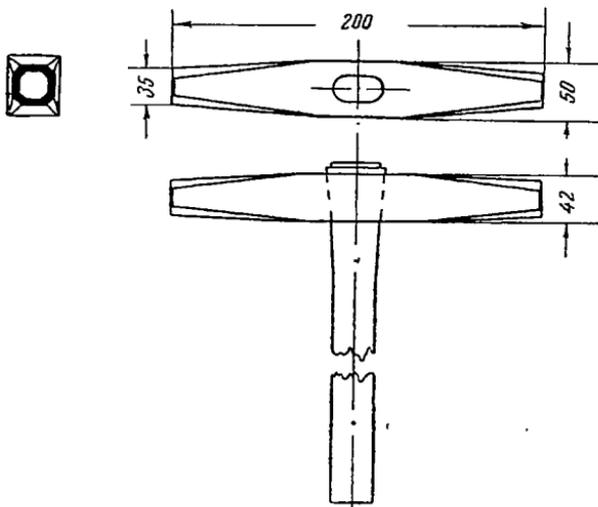


Фиг. 138.

рабочий забивает костыль, закрепляющий рельс в этом положении. После этого забивается второй костыль с обратной стороны и затем третий.

При исправлении сужения колеи прибор кладется крючком 2 вверх, а лом вставляется в петлю внутри рельсовой колеи, и нажатием лома вправо производится отодвигание рельса наружу.

Костыли забивают в шпалу специальным молотком (фиг. 139) с плоской ударной головкой, размерами 30—40 мм в поперечнике



Фиг. 139.

и длиной 200 мм. Головки костыльных молотков должны быть ровные, не скошенные и не сбитые, иначе при забивке костыли могут перекашиваться, неправильно забиваться и портиться. Молотки делают из стали с закаленными головками и насаживают на деревянные рукоятки длиной 0,6—0,7 м.

Расшивка пути производится на одной рельсовой нитке на протяжении не более 4—5 шпал под ряд. При выдергивании костыля необходимо избегать смятия шпалы и изгибаания костыля.

Смена рельсов

Смена рельсов может быть сплошной и одиночной. Последняя в свою очередь может быть плановой, когда она производится по заранее составленному плану, и экстренной, когда меняются лопнувшие и дефектные рельсы.

Одиночная смена рельсов относится к текущему содержанию пути, поэтому мы отметим только порядок сплошной смены рельсов.

Для сплошной смены рельсов новые рельсы доставляются на место работ и раскладываются предварительно на пути на шпалы внутри рельсовой колеи или снаружи ее. Затем старые рельсы одной нитки колеи расширяются, после чего сдвигаются в сторону, а вместо них надвигается новая рельсовая нитка и пришивается к шпалам костылями по всем правилам, отмеченным выше.

Сменив одну рельсовую нитку, тем же порядком сменяют противоположную нитку. Если старые и новые рельсы разных типов, то обязательно меняется сплошь и путевое крепление.

Если старые и новые рельсы одного и того же типа, то старые путевые подкладки меняются лишь в случае их износа или при необходимости замены старых двухдырных подкладок новыми трехдырными. Накладки, болты и костыли, как правило, меняются все одновременно со сменой рельсов.

При смене рельсов существенное значение имеет длина новых и старых рельсов. Если длина старых и новых рельсов различна, то расположение старых и новых стыков в пределах участка смены совпадать не будет, и в этом случае по наугольнику должен быть поставлен только начальный стык на участке смены; в конце новой плети (нитки) укладывается рубок (небольшая длина куска рельса).

Все работы по сплошной смене рельсов разделяются на три периода: 1) подготовительные работы, 2) основные работы (собственно смена) и 3) заключительные работы.

В подготовительные работы входят: спуск в шахту рельсов, креплений и доставка их на место работ. Раскладка рельсов в плети и разноска на свои места креплений. Для выполнения основных работ существуют два способа: 1) звеньевой и 2) поточный.

Звеньевой способ заключается в том, что работы ведутся одновременно по всему фронту, например 200—300 м, причем на каждое звено выделяется группа рабочих (1—2 чел.), которые производят на этом звене все работы.

При звеньевом способе смены рельсов основные операции производятся в следующей очередности: 1) расшивка рельсовой нитки на всем участке смены с одновременным разболчиванием начального и конечного стыков; 2) сдвигка со шпал старой рельсовой нитки на всем участке; 3) замена старых подкладок новыми на всем участке; 4) надвигка всей новой рельсовой плети на место; 5) пришивка новой плети к шпалам на всем участке.

Все рабочие, меняющие рельсы, первоначально выполняют первую операцию; окончив ее, переходят на вторую, затем третью и т. д. Этот способ требует от каждого рабочего умения выполнять все операции, входящие в смену рельсов.

Поточный способ заключается в том, что все перечисленные выше операции, из которых состоит смена рельсов, выполняются последовательно несколькими группами, идущими одна вслед за другой в одном темпе. При этом каждая группа выполняет только одну операцию (например выдергивание костылей) и движется по всему фронту работ по мере ее выполнения. Этот способ можно также назвать конвейерным или непрерывным производственным процессом. При этом способе рабочие специализируются на определенных операциях, и требуется меньшее количество инструментов и рабочей силы по сравнению со звеньевым способом.

Кроме того, при поточном способе все операции сосредоточены на небольшом участке работ (нет разбросанности), а это очень важно для подземных условий.

Во время заключительных работ производят уборку старых рельсов и негодных креплений, а также убирают инструмент.

Смена скреплений

Сплошная смена накладок, болтов, подкладок и костылей обычно связана со сплошной сменой рельсов и производится одновременно с ней. В некоторых случаях, например при реконструкции пути, когда старые рельсы сменяются новыми того же типа, целесообразно замену подкладок произвести после, при сплошной смене шпал. Могут быть случаи и самостоятельной смены подкладок и других скреплений.

Иногда же сплошную смену подкладок и болтов производят при текущем содержании пути на коротких, наиболее ответственных участках с тем, чтобы снятыми с пути болтами, после отсортировки и исправления их мастерскими, была произведена одиночная смена негодных.

При сплошной смене скреплений нельзя новые скрепления (подкладки, накладки и болты) укладывать вперемежку со старыми, пригодными еще для работы, так как в этом случае будет неодинаковая работа новых и старых скреплений, что отразится на устойчивости пути.

Поэтому при смене надо группировать скрепления (новые с новыми, старые со старыми) и укладывать их в путь по перегону однотипными.

Смена шпал

Существуют две системы смены шпал: 1) одиночная и 2) сплошная. При одиночной смене из пути вынимают лишь отдельные шпалы, не пригодные к дальнейшей службе. При сплошной смене шпалы могут меняться сплошь на данной выработке или на отдельном пикете.

Каждая из двух указанных систем имеет свои преимущества и недостатки, главнейшие из которых следующие.

При одиночной смене вся выработка требует особенно бдительного надзора за шпалами, так как все шпалы в большинстве случаев перемешаны между собой в отношении срока их укладки. Поэтому в любом месте пути могут оказаться одна или даже под ряд несколько шпал, совершенно слабых.

При сплошной смене весь перегон выработки разделяется на участки по годам укладки, ввиду чего можно установить особый надзор за шпалами старой укладки. Но при этом следует учесть, что в целях сохранения безопасности движения поездов нельзя доводить шпалы до такого состояния негодности, которое может нарушить нормальный режим работы транспорта. Поэтому средний срок службы шпал при сплошной смене их будет ниже, чем при одиночной.

Далее, при одиночной смене балласт под сменными шпалами не может получить сразу той необходимой уплотненности, какая существует под прочими нетронутыми шпалами, вследствие чего требуется усиленный надзор за уложенными новыми шпалами и при необходимости вторичная подбивка их. Сплошная смена этого недостатка не имеет, так как балласт под каждой шпалой уплотняется равномерно.

Та и другая работы могут быть отнесены к капитальному ремонту пути. В подземных условиях чаще всего производится одиночная

смена шпал, которая нуждается в следующей предварительной подготовке:

1. Осмотр и пометка шпал, назначаемых к массовой смене. Эту работу производит бригадир или даже дорожный мастер, который мелом ставит пометку на шейке рельса с наружной стороны пути.

2. Доставка и раскладка по выработке новых, заранее заготовленных шпал на отмеченные определенные места.

Далее приступают к основной работе, а именно:

1. Двое рабочих, составляющих пару, работают нераздельно друг от друга над каждой шпалой в отдельности. Только после полного окончания своей работы на одной шпале эта пара может приступить к расшивке другой шпалы.

2. Отдельные пары могут одновременно вынимать шпалы не более чем через 2—3 шпалы одна от другой.

3. Если требуется сменить две смежные шпалы, то смена производится последовательно сперва одной, затем другой шпалы. В этом случае для них отрывают один общий балластный ящик.

Правила, которыми необходимо руководствоваться при производстве отдельных операций (отрывка шпальных ящиков, забивка костылей, укладка подкладок, подбивка шпал и т. д.), изложены выше.

Бригада состоит из одной или нескольких пар рабочих, работающих под руководством бригадира и под наблюдением дорожного мастера. Число пар определяется в зависимости от объема работ и отведенного на это времени и места.

Вся работа состоит из следующих операций: отрывка ящика, расшива шпалы с удалением подкладок, вываливание шпалы, вытаскивание шпалы, приготовление постели, затаскивание шпалы, установка подкладок, пришивки, подштопка шпалы, подбивка шпалы, зарывка ящика балластом с разравниванием, трамбованием и оправкой балластного слоя.

Вслед за сменой шпал другие рабочие убирают старые шпалы и доставляют их с выработки в отведенное для этой цели место.

Смена балласта

При замене старого балласта новым следует предварительно хорошо изучить состояние балластного слоя и поверхности нижнего строения пути. Иногда, особенно при недостаточной толщине балластного слоя, на поверхности полотна образуются углубления или так называемые балластные корыта. Эти корыта являются причиной нарушения устойчивости пути. Поэтому, производя замену балластного слоя, следует позаботиться также и об исправлении балластных корыт (при наличии их).

В зависимости от состояния балластного слоя, его загрязненности и пр. его можно заменять целиком на всю толщину или до подошвы шпал. Вся эта работа может выполняться и как отдельная операция и в комплексе со сменой рельсов, шпал и т. д.

Замена балласта на глубину до подошвы шпал может быть признана целесообразной при загрязненности верхнего слоя балласта,

но при наличии удовлетворительного балласта ниже подошвы шпал. Однако очень часто именно под шпалой можно встретить загрязненный балласт в виде спрессованной корки, которая вследствие потери упругих свойств и водопроницаемости неблагоприятно отражается на состоянии и содержании пути. В таких случаях удаление загрязненного балласта под шпалами является обязательным.

Замену балласта целесообразно объединить с заменой других каких-либо износившихся частей пути (например шпал). Если же замена балласта производится самостоятельно, то порядок работ намечается следующий:

1) отрывают балласт на требуемую глубину с междупутья между концами шпал и тут же убирают с выработки (грузят в вагонетки и отправляют в отведенное для него место);

2) под подрывные шпалы (концы их) подкладывают специальные клинья, вследствие чего по этой выработке в любой момент может быть пропущен поезд;

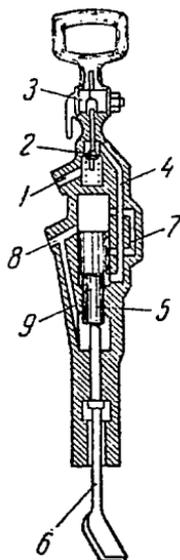
3) доставляют в вагонетках заранее подготовленный свежий балласт, которым заполняют все открытые шпальные ящики и междупутье;

4) убирают клинья и производят подгребку, подштопку и подбивку балласта под шпалы;

5) наконец, производят нивелировку — проверяют продольный и поперечный профили пути.

Если объем работы по замене балласта большой, то весьма желательно самый трудоемкий процесс работы — подбивку — механизировать. Для этой цели применяют специальные пневматические шпалоподбойки (фиг. 140), внутрь которых сжатый воздух поступает из шланга по каналу 1 через клапан 2 и канал 4. Здесь воздух давит на утолщенную часть поршня-бойка и поднимает его вверх. В это время воздух из пространства над поршнем выходит в атмосферу по каналу 8. Боек, поднимаясь вверх, открывает перепускной канал 7, по которому сжатый воздух проникает в пространство над поршнем. Так как площадь поршня сверху бойка больше его нижней кольцевой поверхности, то поршень под влиянием сжатого воздуха опускается и ударяется в стержень подбойки 5, совершив уплотнение балласта. Пройдя выпускное отверстие 8, боек открывает его верхней своей кромкой, выпуская воздух в атмосферу. После того как боек ударится в подбойку, цикл повторяется. Камера под бойком все время соединена с атмосферой каналом 9.

Чтобы шпалоподбойка работала, она должна упираться в балласт; тогда стержень подбойки войдет внутрь цилиндра и приподнимет поршень-боек 5, открыв канал 4. При нижнем положении стержня боек своей утолщенной частью закроет канал 4, и подбойка не будет в состоянии работать. Следовательно, при переноске подбойки она работать не будет. Открытие клапана 2 производится поворотом рукоятки, а вместе с ней и кулачка 3; последний, нажимая на вертикальный стержень, открывает клапан 2.

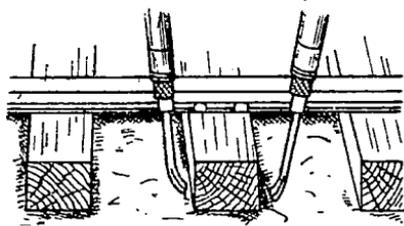


Фиг. 140.

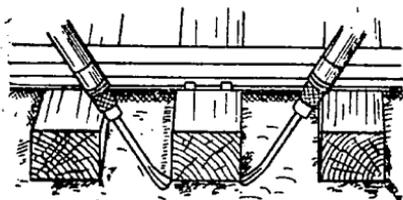
При каждом движении вниз ударник шпалоподбойки, развивая живую силу, ударяется в головку стержня подбойки. От непрерывных ударов (1400 в минуту) боек подбойки, упирающийся в балласт, сжимает и подсовывает последний под шпалу, вследствие чего и происходит уплотнение постели шпалы.

Сжатый воздух в шпалоподбойку направляется только тогда, когда производится подбойка шпал. Для этого имеется на рукоятке пусковое устройство, состоящее в основном из пусковой рукоятки, вентиля, пружины и нажимного стержня. Для нормальной работы шпалоподбойки необходимо давление воздуха до 5 ат.

Каждая пара рабочих подбивает балласт сначала под рельс, а затем перемещается к концу шпалы; после этого переставляют подбойки внутри колеи и снова подбивают балласт сначала под рельс, а затем передвигаются к середине шпалы.



Фиг. 141.



Фиг. 142.

При работе подбойки нужно держать ее свободно, без сильного напряжения мышц. Для меньшей утомляемости следует держаться по возможности вертикально, не сгибаясь.

К работе приступают, когда ящики заполнены балластом в $1/2$ — $2/3$ толщины шпалы. Подбойки ставятся отвесно, вплотную к боковой грани шпалы, длинной стороной параллельно ей. Пускается воздух, и подбойки погружаются до подошвы шпалы (фиг. 141), после чего их наклоняют до 60° к горизонту (фиг. 142) и производят подбивку балласта, попеременно то направляя их вперед, то оттягивая на себя.

Далее приводят в полный порядок водоотводные канавы: расширяют, крепят и очищают их от грязи и мусора.

Что касается реконструкции пути, то все эти работы по своему характеру аналогичны настилке постоянных путей, причем работы в этом случае разбиваются на три этапа: 1) раскрепление деформированной выработки, 2) срывка старых путей и 3) укладка постоянных новых путей.

Раскрепление выработки по намеченному плану и проекту производят проходчики-крепильщики; они же срывают старые нарушенные рельсовые пути, а путевые бригады настилают новый постоянный путь.

На все ремонтные работы по путевому хозяйству должен вестись специальный журнал, куда необходимо заносить сведения о месте (пикет или перегон выработки), времени и характере ремонта.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА РАБОЧЕЙ СИЛЫ И МАТЕРИАЛОВ. НОРМЫ ВЫРАБОТКИ И РАСЦЕНКИ

§ 1. Методика и порядок составления технологических процессов на путевые работы

В главе V, наряду с изложением основных принципов и технологических условий производства той или другой путевой работы, даны также указания по организации производства этих работ, т. е. изложены так называемые технологические процессы производства отдельных работ.

Технологический процесс устанавливает строгую последовательность выполнения отдельных операций, из которых состоит данная работа, определяет количество необходимой рабочей силы, порядок ее расстановки, а также время, необходимое для выполнения всей работы и отдельных ее операций.

Чтобы иметь возможность правильно составить технологический процесс на любую путевую работу в условиях шахты, необходимо повседневно изучать и знать полностью, во всех деталях, шахтный путь по выработкам (пикетам). Кроме того, необходимо тщательно вести специальный путевой журнал для записи краткой технической характеристики пути, всех обнаруженных дефектов и сведений об их исправлении с указанием срока.

За всю эту работу, как указано в приказе наркома Л. М. Кагановича № 952 от 5/XI 1937 г., несет ответственность дорожный мастер вместе с путевыми бригадами.

Приступая к разработке технологического процесса по отдельной работе, например по смене рельсов, необходимо всю работу разделить на:

- 1) подготовительные операции (доставка в определенный срок к месту работы новых рельсов, необходимых материалов и инструментов);
- 2) основные операции (собственно смена рельсов);
- 3) заключительные операции (уборка с выработок старых рельсов и доставка их на поверхность, если они не могут быть использованы для других целей);

Если эти работы носят массовый характер (например смена износившихся рельсов по всему откаточному штреку), то на каждую из них следует разработать свой технологический процесс.

Одной из основных особенностей стахановского метода производства путевых работ является правильное и тщательное выполнение и ведение подготовительных операций. При этом надо так расставить рабочую силу, чтобы квалифицированные дорожные рабочие были заняты на основных, а менее квалифицированные — на подготовительных и заключительных операциях, что дает возможность повысить общий темп и качество производства путевых работ.

Разумеется, такой порядок работ должен иметь место при укладке пути, капитальном ремонте его и реконструкции пути. Отдельные

же, даже крупные работы по ремонту пути, могут выполняться не только в свободное время, когда добыча полезного ископаемого не транспортируется по откаточным выработкам, но и во время работ по добыче, используя «окна». При этом все ремонтные работы должны быть строго разбиты на три периода, выполняемые до «окна», во время «окна» и после «окна».

К первому периоду относятся все элементы работы, выполнение которых перед самым «окном» не вызывает ослабления пути, которое потребовало бы снижения скорости движения поездов, проходящих по месту работ. Например при смене рельсов сюда относятся: отвинчивание двух тройных болтов со стыковых накладок, снятие противоугонов, если таковые имеются, отрывка шпальных ящиков у стыковых шпал и др.

Выполнение всех этих работ предварительно имеет своей целью насколько возможно уменьшить объем работ, выполняемых во время «окна» между поездами. С этой же целью к третьему периоду относятся все работы, которые можно не производить во время «окна», обеспечив в то же время безопасный проход первого поезда по месту работ по окончании «окна», хотя бы с меньшей скоростью.

Распределив все элементы работы на три указанных периода, необходимо определить потребное количество рабочих для выполнения основных работ во второй период, т. е. во время «окна». Для этого должны быть известны продолжительность «окна» в минутах и объем работ, которые должны быть выполнены во время «окна».

Зная указанные величины или задавшись ими, соответственно густоте движения поездов и требуемому темпу работ, необходимое количество рабочих в бригаде можно определить из следующего выражения:

$$N = \frac{V_1 \cdot a_1 + V_2 \cdot a_2 + V_3 \cdot a_3 \dots}{t} = \frac{\sum V \cdot a}{t}, \quad (127)$$

где $V_1, V_2, V_3 \dots$ — объемы работ по отдельным операциям;

$a_1, a_2, a_3 \dots$ — техническая норма расхода рабочей силы на один измеритель соответственной операции работ в человеко-минутах (человеко-часах и т. д.);

t — время в минутах (часах), в течение которого выполняются все операции путевой бригадой.

Для определения количества рабочих, требующихся для выполнения только одной какой-либо операции, можно принять простое выражение:

$$N = \frac{V \cdot a}{t}, \quad (128)$$

где N — необходимое количество рабочих в бригаде;

V — объем работы, подлежащей выполнению;

a — техническая норма расхода рабочей силы в человеко-минутах (или человеко-часах) на тот измеритель, в котором выражен и объем работ;

t — продолжительность времени в минутах (или часах), в течение которого данная работа (операция) должна быть выполнена (продолжительность рабочего дня, «окна» и пр.).

§ 2. Нормы выработки и расценки на укладку путей в шахте и расход путевых материалов

Нормы выработки и расценки на укладку путей в шахте приведены в приложении 2. Необходимое количество путевых материалов на L' км по отдельным видам можно определить следующим образом:

1. Количество рельсов:

$$p = 2 \frac{L'}{L} (L - \text{длина рельса}).$$

2. Количество шпал:

$$ш = m \frac{L'}{L} (m - \text{число шпал на звено}).$$

3. Количество накладок:

$$н = 2 \cdot p (p - \text{количество рельсов, в том числе все рубки}).$$

4. Количество подкладок:

$$n_1 = 2 \cdot ш (ш - \text{количество шпал});$$

при укладке по неполной норме, если подкладки укладываются только на стыковых шпалах:

$$n_2 = n (n - \text{количество накладок}).$$

При укладке по неполной норме, если подкладки укладываются на закруглениях:

$$n_3 = n_2 + \frac{L_1}{L} (m - 2) \cdot 2$$

(L_1 — сумма длин кривых, в которых укладываются подкладки).

5. Количество болтов:

$$б = 2n$$

(при четырех болтах на стык).

6. Количество костылей:

$$к_1 = 6 \cdot ш$$

(полная норма костылей при трех костылях на подкладку);

$$к_2 = 3n_2 + \frac{L'}{L} (m - 2)4$$

(при неполной норме и постановке подкладок только на стыковых шпалах);

$$к_3 = 3n_3 + \frac{L' - L_1}{L} (m - 2)4$$

(при неполной норме и постановке подкладок на стыковых шпалах и на закруглении).

7. Количество противоугонных приспособлений определяется в зависимости от принятой схемы их расположения на звене, если таковые по условиям работ требуются.

8. При определении полного числа рельсов, необходимых для укладки на главных откаточных выработках, протяжение может быть установлено по продольному профилю. Из полученной величины должна быть вычтена величина прогалов в местах стрелочных переводов L_p , считая от стыка рамного рельса до хвоста крестовины или до конца пригоночного рельса.

9. Количество рельсов на погрузочных пунктах, в рудничных дворах и пр. определяется по схемам-чертежам этих станций.

Глава VII

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НИЖНЕГО И ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЙ ПУТИ ¹

1. Определить угол равного сопротивления, если известны следующие величины:

$$n_s = 20; \quad G = 2000 \text{ кг}; \quad G_0 = 1140 \text{ кг}; \quad G_3 = 7000 \text{ кг}; \quad \mu_s = 0,006; \\ \mu'_s = 0,009.$$

Пользуясь выражением (1), будем иметь

$$i = \frac{n_s [\mu_s (G - G_3) - \mu'_s (0,1G + G_0)]}{2G_3 + n_s (1,1G + 2G_3)} = \\ = \frac{20 [0,006 (2000 + 1400) - 0,009 (0,1 \cdot 2000 + 1400)]}{2 \cdot 7000 + 20 (1,1 \cdot 2000 + 2 \cdot 1140)} \cong 0,0013.$$

Под углом к горизонту в $13^0/_{000}$ следует настилать рельсовый путь, однако, для нормального стока воды по водоотводной канаве этот угол приходится увеличивать минимум до $3^0/_{000}$, поэтому следует пользоваться для определения угла равного сопротивления формулой (1'), и тогда будем иметь

$$i = \frac{20 [(2000 + 1140) \cdot 0,006 - 1140 \cdot 0,009]}{2 \cdot 7000 + 20 (2000 + 2 \cdot 1140)} \cong 0,002.$$

Даже и в этом случае результат следует несколько увеличивать ($i = 3,0^0/_{000}$).

2. Определить, какое количество воды можно пропустить через водоотводную канаву, если мы имеем следующие размеры (фиг. 6): $ab = cd = 0,206 \text{ м}$; $ad = 0,400 \text{ м}$; $bc = 0,300 \text{ м}$; $h = 0,200 \text{ м}$; $i = 0,003$; $\gamma = 0,460$ (из табл. 1).

Пользуясь расчетными формулами § 3 и 4 (гл. I), можно определить:

$$F = \frac{ad + bc}{2} h = \frac{0,4 + 0,3}{2} 0,2 = 0,07 \text{ м}^2;$$

$$p = ab + bc + cd = 0,206 + 0,300 + 0,206 = 0,712 \text{ м};$$

¹ При решении примеров необходимо пользоваться данными, приведенными в приложении 1.

$$R = \frac{F}{p} = \frac{0,07}{0,712} = 0,098 \text{ м}; \quad c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} = \frac{87}{1 + \frac{0,46}{\sqrt{0,098}}} = 35,2;$$

$$v = c \sqrt{R \cdot i} = 35,2 \cdot \sqrt{0,098 \cdot 0,003} \cong 0,6 \text{ м/сек};$$

$$V = F \cdot v = 0,07 \cdot 0,6 = 0,042 \text{ м}^3/\text{сек}$$

или

$$V = 3600 F \cdot v = 3600 \cdot 0,042 = 151,2 \text{ м}^3/\text{час}.$$

3. Определить размеры водоотводной канавы, стенки которой закреплены из грубо бутовой кладки или из грубой бетонировки, и ее продольный уклон, если известны следующие величины: $V = 146 \text{ м}^3/\text{час}$; $v = 0,7 \text{ м/сек}$; $h = 0,15 \text{ м}$; $h : l = 2 : 1$ (фиг. 6); $\gamma = 0,85$ (из табл. 1); $V = 3600 \cdot F \cdot v$.

На основании приведенных данных получим:

$$F = \frac{V}{3600 \cdot v} = \frac{146}{3600 \cdot 0,7} \cong 0,058 \text{ м}^2.$$

Из выражения (13) имеем:

$$bc = \frac{F - 2h^2 \operatorname{ctg} \alpha}{2h} = \frac{0,058 - 2 \cdot 0,15^2 \cdot 0,5}{2 \cdot 0,15} \cong 0,118 \text{ м};$$

$$ad = \frac{2F - hbc}{h} = \frac{2 \cdot 0,058 - 0,15 \cdot 0,118}{0,15} \cong 0,65 \text{ м}.$$

Далее из фиг. 6 определяем:

$$ab = cd = \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{0,15}{0,894} \cong 0,166 \text{ м};$$

$$p = ab + bc + cd = 0,166 + 0,118 + 0,166 = 0,45 \text{ м};$$

$$R = \frac{F}{p} = \frac{0,058}{0,45} \cong 0,13 \text{ м}; \quad c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} = \frac{87}{1 + \frac{0,85}{\sqrt{0,13}}} \cong 25,6;$$

$$v = c \sqrt{R \cdot i}; \quad i = \frac{v^2}{c^2 \cdot R} = \frac{0,7^2}{25,6^2 \cdot 0,13} \cong 0,0057.$$

4. Определить теоретическую толщину балластного слоя, если дано: $l = 60 \text{ см}$; $\varphi = 45^\circ$.

Пользуясь выражением (14), будем иметь:

$$H = \frac{l}{2} \operatorname{tg} \varphi = \frac{60}{2} \cdot 1 = 30 \text{ см}.$$

Практически же толщина балласта берется значительно меньше (10—15 см), чем получается по формуле.

5. Определить ширину рельсовой колеи на прямом пути, если дано: $b = 546 \text{ мм}$; $\delta = 22 \text{ мм}$ и $v = 10 \text{ мм}$.

Пользуясь выражением (15), будем иметь:

$$S_{\pi} = 546 + 2 \cdot 22 + 10 = 600 \text{ мм}.$$

Для этой же ширины колеи определить величину минимальной перекрыши. Если полная ширина обода колеса $g = 100$ мм, то, принимая во внимание выражение (16), будем иметь:

$$e = 100 + 546 + 22 - 600 = 68 \text{ мм.}$$

6. Определить уширение колеи на криволинейном пути, если дано: $S_6 = 1,10$ м; $R = 15,00$ м; $S_p = 0,89$ м и $S_k = 0,90$ м (ширина колеи на прямом пути).

Пользуясь выражениями (28) и (29); определим:

$$V' = \frac{S_6^2}{2R} = \frac{1,1^2}{2 \cdot 15} = 0,031 \text{ м;}$$

$$S'_k = S_p + V' = 0,890 + 0,031 = 0,921 \text{ м.}$$

или

$$S'_k = 921 \text{ м,}$$

следовательно, уширение колеи на криволинейном пути будет:

$$\varepsilon = S'_k - S_k = 921 - 900 = 21 \text{ мм.}$$

7. Определить радиус закругления, если дано:

$$S_6 = 1,10 \text{ м и } V' = 0,035 \text{ м.}$$

Пользуясь выражением (32), получим:

$$R = \frac{1,1^2}{2 \cdot 0,035} = 17,28 \text{ м.}$$

При этом радиусе мы будем иметь самое легкое списывание единицы (в данном случае электровоза) подвижного состава с самой большой жесткой базой в рельсовую колею.

Величина же радиуса кривой, при котором будет зажатие колес подвижного сосуда в рельсовой колее, определится из выражения (33) при:

$$S_6 = 1,100 \text{ м; } V' = 0,035 \text{ м; } \lambda = d_k = 0,650 \text{ м,}$$

т. е.

$$R = \frac{S_6 \cdot d_k}{2V'} = \frac{1,1 \cdot 0,65}{2 \cdot 0,035} \cong 10,2 \text{ м.}$$

Однако подвижной состав, применяющийся в подземных условиях наших шахт, имеет неодинаковую жесткую базу, т. е. база электровоза (весом 6—7 т) всегда больше, чем база обычных вагонеток, поэтому радиус закругления можно определять по наибольшей жесткой базе, но пользоваться для этой цели следует выражением (33), а не (32). Тогда будет некоторое зажатие только одной единицы поезда при проходе его по криволинейному пути. Что касается остальных сосудов, то они будут свободно проходить криволинейные пути с радиусом, определяемым по формуле (33).

Шахтострой рекомендует радиусы криволинейных путей определять в зависимости от жесткой базы подвижного сосуда и скорости его движения (см. выражения 106 и 107), например для $S_6 = 1,10$ м и $v > 1,5$ м/сек, $R = 11$ м,

Это минимальный радиус закругления, а если позволяют условия, то его можно брать несколько больше.

8. Определить величину превышения наружного рельса над внутренним, если дано: $S'_k = 600 + 10 = 610$ мм; $R = 15$ м; $v = 2,6$ м/сек и $g = 9,81$ м/сек².

Пользуясь выражением (36), будем иметь

$$h = \frac{S'_k \cdot v^2}{gR} = \frac{0,61 \cdot 2,6^2}{9,81 \cdot 15} \cong 0,027 \text{ м};$$

$$h = 27 \text{ мм.}$$

Эту величину можно несколько уменьшить, пользуясь для этой цели таблицей Шахтостроя (табл. VIII) или ВУГИ (табл. VII).

9. Определить необходимые элементы переходной кривой, разбиваемой по кубической параболе (гл. III, § 4), если дано: $h = 30$ мм; $S'_k = 610$ мм; $i = 0,01$ и $v = 2,8$ м/сек.

Длина переходной кривой

$$l_k = \frac{h}{i} = \frac{0,03}{0,01} = 3 \text{ м.}$$

На этой же длине производится разгонка как превышения наружного рельса над внутренним, так и уширения колеи.

Определяем величину:

$$\xi = 1,635 \frac{i}{S'_k v^2} = 1,635 \frac{0,010}{0,61 \cdot 2,8^2} = 0,0034$$

и затем находим несколько промежуточных точек переходной кривой на основании выражения (37), т. е.

$$y = \xi x^3$$

или

$$y = 0,0034 \cdot x^3.$$

x	x^3	$y = 0,0034 \cdot x^3$	Округленно будем иметь (фиг. 51)
$\frac{1}{4} \cdot 3$	0,422	$y_1 = 0,0015$ м	$y_1 = 2,0$ мм
$\frac{2}{4} \cdot 3$	3,375	$y_2 \cong 0,0115$ »	$y_2 = 12,0$ »
$\frac{3}{4} \cdot 3$	11,391	$y_3 \cong 0,0387$ »	$y_3 = 40,0$ »
$\frac{4}{4} \cdot 3$	27,000	$y_B \cong 0,0918$ »	$y_B = 95,0$ »

По этим точкам (ординатам) изготовляют шаблон, в данном случае длиной 3,0 м, а уже по шаблону тщательно изгибают переходную кривую и укладывают ее в путь между прямой и закруглением.

Чем длиннее переходная кривая, тем больше ее ординаты, и тем, следовательно, проще изготовить шаблон для нее и по последнему гораздо легче выполнить ее.

10. Определить необходимые элементы переходной кривой, разбиваемой по составной спирали (гл. III, § 4), если дано $h = 24$ мм; $i = 0,009$; $m = 3$ и $R = R_m = R_3 = 12$ м (фиг. 52).

Пользуясь этими данными, будем иметь:

$$l_{\kappa} = \frac{h}{i} = \frac{0,024}{0,009} \cong 2,7 \text{ м}; \quad \Delta l = \frac{l_{\kappa}}{m} = \frac{2,7}{3} = 0,9 \text{ м};$$

$$R_1 = mR_m = 3 \cdot 12 = 36 \text{ м}; \quad R_2 = (m-1)R_m = 2 \cdot 12 = 24 \text{ м};$$

$$\alpha_1 = \frac{\Delta l \cdot 180^\circ}{\pi R_1} = \frac{0,9 \cdot 180^\circ}{3,14 \cdot 36} \cong 1^\circ 26';$$

$$\alpha_2 = 2\alpha_1 = 2 \cdot 1^\circ 26' = 2^\circ 52'; \quad \alpha_3 = 3\alpha_1 = 3 \cdot 1^\circ 26' = 4^\circ 18';$$

$$\varphi_1 = \alpha_1 = 1^\circ 26';$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \alpha_2 = 1^\circ 26' + 2^\circ 52' = 4^\circ 18';$$

$$\varphi_3 = \varphi_2 + \alpha_3 = 4^\circ 18' + 4^\circ 18' = 8^\circ 36'.$$

Зная указанные выше элементы, определяем координаты оси переходной кривой в точках a , b и c (фиг. 52):

$$x_1 = R \sin \varphi_1 = 36 \sin 1^\circ 26' \cong 0,90 \text{ м};$$

$$y_1 = R_1 (1 - \cos \varphi_1) = 36 (1 - \cos 1^\circ 26') \cong 0,036 \text{ м};$$

$$x_2 = x_1 + R_2 (\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1) = 0,9 + 24 (\sin 4^\circ 18' - \sin 1^\circ 26') \cong 1,8 \text{ м};$$

$$y_2 = y_1 + R_2 (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2) = \\ = 0,036 + 24 (\cos 1^\circ 26' - \cos 4^\circ 18') \cong 0,084 \text{ м};$$

$$x_3 = x_2 + R_3 (\sin \varphi_3 - \sin \varphi_2) = 1,8 + 12 (\sin 8^\circ 36' - \sin 4^\circ 18') = 2,70 \text{ м};$$

$$y_3 = y_2 + R_3 (\cos \varphi_2 - \cos \varphi_3) = \\ = 0,084 + 12 (\cos 4^\circ 18' - \cos 8^\circ 36') = 0,192 \text{ м}.$$

Величины x_1 , x_2 и x_3 можно было бы и не определять, так как они уже известны, т. е.

$$x_1 = \Delta l = 0,9 \text{ м}; \quad x_2 = 2\Delta l = 2 \cdot 0,9 = 1,8 \text{ м}$$

и

$$x_3 = 3\Delta l = 3 \cdot 0,9 = 2,7 \text{ м}.$$

Итак, окончательно нам надо изготовить шаблон для переходной кривой со следующими округленными координатами в точках (фиг. 52):

$$a(x_1, y_1), \text{ т. е. } a(19 \text{ см}, 4 \text{ см}).$$

$$b(x_2, y_2), \text{ т. е. } b(180 \text{ »}, 9 \text{ »}).$$

$$c(x_3, y_3), \text{ т. е. } c(270 \text{ »}, 20 \text{ »}).$$

Этот шаблон будет являться осью переходной кривой (если на рельсовый путь смотреть в плане); зная же ширину рельсовой колеи с учетом ее постепенного уширения, можно изогнуть наружную и внутреннюю нитки переходной кривой, после чего эти нитки укладывать в путь на свое место.

Если переходная кривая этого типа изгибается из трех отдельных кусков рельса, то прежде чем изгибать ее по шаблону, необходимо вначале (на поверхности) сварить эти куски между собой и уже потом выгибать кривую по расчетным данным, после чего можно отправить ее на место укладки.

11. Составить рабочий чертеж-эпюру для укладки одностороннего стрелочного перевода на предназначенное место по следующим данным:

Жесткая база электровоза весом 7 т	$S_6 = 1100$ мм
Ширина колеи на прямом участке пути	$S_k = 600$ »
Тип рельса	15 кг/пог. м
Ширина головки рельса	$b' = 37$ мм
» подошвы »	$B = 76$ »
Минимальный радиус переводной кривой по оси пути	$R = 11000$ мм
Забег реборды (т. е. длина горизонтального сечения реборды в плоскости колеи) принимаем	$a_1 = 150$ мм
Минимальная насадка осей	$b = 545$ »
» толщина реборды	$\delta = 20$ »
Марка крестовины	$M = 1/4$
Габарит подвижного состава (электровоза)	$\Gamma = 672$ »
Предельное расстояние между осями переводных брусьев	$l = 600$ »

1. Пользуясь выражением (17), получим угол удара

$$\sin \varphi = \frac{x_1}{\left(R + \frac{S_k}{2}\right)} = \frac{0,750}{11 + \frac{0,6}{2}} \cong 0,06636; \quad \varphi \cong 3^\circ 45',$$

где x_1 определяется (фиг. 45):

$$x_1 = 0,6 (S_6 + a_1) = 0,6 (1,1 + 0,15) = 0,750 \text{ м.}$$

2. Расстояние в корне остряка (фиг. 71, выражение 52) определится:

$$K = (S_k + 4) - b - \delta + b' = 604 + 545 - 20 + 37 = 76 \text{ мм}$$

(ширину колеи в корне остряка принимаем больше на 4 мм).

3. Длина остряка определяется (фиг. 70) из условия однообразия углов удара в остряк и переводную кривую, т. е. при $\beta = 3^\circ 45'$, по формуле:

$$l_0 = \frac{K}{\sin \beta} = \frac{76}{\sin 3^\circ 45'} \cong 1200 \text{ мм.}$$

Окончательно принятый угол удара (остряка) по выражению (51) будет:

$$\beta_1 = \arcsin \frac{K}{l_0} = \arcsin \frac{76}{1200} = 3^\circ 37' 46''.$$

4. Остряки располагаются на брусьях на расстоянии между их осями 547,5 мм при длине остряков 1200 мм; размеры брусьев под стрелочным переводом в поперечном сечении принимаем $13 \times 10 \times 21$ см.

5. Элементы стрелки по условиям укладки брусьев определяются (фиг. 120):

$$u = l'' = 103 + 600 = 703 \text{ мм};$$

$$l = u + l' + l'' = 703 +$$

$$+ l_0 \cos \beta + 703 = 2 \cdot 703 + 1200 \cdot \cos 3^\circ 37' 46'' \cong 2600 \text{ мм.}$$

6. Величина ΔK определяется (гл. V, § 4):

$$\Delta K = l'' \operatorname{tg} \beta = 703 \operatorname{tg} 3^\circ 37' 46'' \cong 44 \text{ мм}$$

и ордината начала переводной кривой (фиг. 121) будет:

$$z_y = K + \Delta K = 76 + 44 = 120 \text{ мм.}$$

7. Основные конструктивные размеры крестовины при $M = 1/4$ получаются:

а) угол крестовины (выражение 53):

$$\alpha = 2 \operatorname{arctg} \frac{M}{2} = 2 \operatorname{arctg} \frac{1}{4} = 14^\circ 15';$$

б) длина хвостов крестовины (конструктивная, фиг. 73):

$$n_{\min} = \frac{B - b' + 40}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + \text{полнакладки} = \frac{76 - 37 + 40}{\frac{1}{4}} + 200 = 516 \text{ мм.}$$

$$m_{\min} = \frac{B + b' + 40}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + \text{полнакладки} = \frac{76 + 37 + 40}{\frac{1}{4}} + 200 = 812 \text{ мм}$$

(40 мм — принят зазор между подошвами рельсов в месте начала накладки).

Окончательно длина хвостов по оси крестовины может быть принята:

$$n' = 516 \text{ мм} \text{ и } m' = 812 \text{ мм.}$$

8. Минимальный размер прямой вставки перед математическим центром крестовины выразится:

$$h_{\min} = 516 + \text{полнакладки} = 516 + 200 = 716 \text{ мм.}$$

Проверяем допустимость принятой марки крестовины ($M = \frac{1}{4}$) по выражению (49), но только вместо $l_0 \sin \beta$ подставляем в эту формулу значение $K + \Delta K$, тогда

$$h = \frac{S_{\pi} - \left[K + \Delta K + \left(R + \frac{S_{\pi}}{2} \right) (\cos \beta - \cos \alpha) \right]}{\sin \alpha} =$$

$$= \frac{604 - \left[120 + \left(11\,000 + \frac{604}{2} \right) (\cos 3^\circ 37' 46'' - \cos 14^\circ 15') \right]}{\sin 14^\circ 15'} \cong 720 \geq 716 \text{ мм,}$$

т. е. выбранная марка крестовины подходит.

9. Расстояние от центра перевода до математического центра крестовины (выражение 119, фиг. 120), определится:

$$T_2 = \frac{S_{\pi}}{M} = \frac{604}{\frac{1}{4}} = 2416 \text{ мм.}$$

10. Расстояние от корня остряка до центра перевода (выражение 120, фиг. 120) определится:

$$\begin{aligned} T_1 &= \left(R + \frac{S_{\pi}}{2} \right) (\sin \alpha - \sin \beta) + h \cos \alpha - \frac{S_{\pi}}{M} = \\ &= \left(11\,000 + \frac{604}{2} \right) (\sin 14^{\circ}15' - \sin 3^{\circ}37'46'') + \\ &+ 720 \cos 14^{\circ}15' - \frac{604}{\frac{1}{4}} = 347 \text{ мм.} \end{aligned}$$

11. Основные размеры перевода (фиг. 120) определяются:

а) из выражения (121)

$$a = u + l_0 \cos \beta + \left(R + \frac{S_{\pi}}{2} \right) (\sin \alpha - \sin \beta) + h \cos \alpha - \frac{S_{\pi}}{M},$$

или

$$\begin{aligned} a &= u + l_0 \cos \beta + \\ &+ T_1 = 703 + 1200 \cos 3^{\circ}37'46'' + 347 = 2246 \text{ мм.} \end{aligned}$$

б) из выражения (122)

$$b = \frac{S_{\pi}}{M} + m' = T_2 + m' = 2416 + 812 = 3228 \text{ мм;}$$

в) из выражения (123)

$$L_0 = u + l' + T_1 + T_2 + m' = a + b = 2246 + 3228 = 5474 \text{ мм.}$$

12. Расстояние от начала рамного рельса до предельного контрольного столбика (из выражения 124, фиг. 120) определится:

$$C = a + \frac{2\Gamma + 200}{M} = 2246 + \frac{2 \cdot 672 + 200}{\frac{1}{4}} = 8422 \text{ мм}$$

(принимаям $C = 8,45 \text{ м}$).

Как уже отмечалось, для безопасного и плавного движения по крестовине надо избегать вертикальных ударов при проходе вредного пространства, чтобы при движении от стрелки к крестовине реборда не могла ударить в острие крестовины p и точку M горловины (фиг. 58 или 68), а при обратном (пошерстном) движении — не было ударов о точку горловины M .

Длина вредного пространства может быть определена (фиг. 68) на основании следующего соображения:

$$MP = \frac{C_{\pi}}{\sin \alpha},$$

или, приравнивая $\sin \alpha \cong 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$, получим приближенно

$$MP = \frac{C_{\kappa}}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}},$$

где C_{κ} — ширина желоба (горла) крестовины; примем $C_{\kappa} = 40$ мм, тогда получим

$$MP = \frac{40}{\frac{1}{4}} = 160 \text{ мм.}$$

Далее вычерчивается рабочий чертеж-эпюра в масштабе не менее $\frac{1}{100}$ (лучше всего $\frac{1}{50}$) и подсчитываются вспомогательные элементы перевода, а именно:

а) определяется величина P_1 (фиг. 68):

$$P_1 = T - n' = (T_1 + T_2) - n' = (347 + 2416) - 516 = 2247 \text{ мм;}$$

б) длина переводной кривой по наружной нитке (фиг. 68) по выражению (50):

$$\begin{aligned} \overline{AB} &= \pi \left(R + \frac{S_{\kappa}}{2} \right) \frac{\alpha - \beta}{180^{\circ}} = 3,14 \left(11\,000 + \frac{604}{2} \right) \frac{14^{\circ}15' - 3^{\circ}37'46''}{180^{\circ}} = \\ &= 2090 \text{ мм;} \end{aligned}$$

в) расстояние от корня острья (фиг. 68) до начала крестовины по кривой нитке равно:

$$P' = l'' + \overline{AB} + h - n' = 703 + 2090 + 720 - 516 = 2997 \text{ мм;}$$

г) наклон брусьев под крестовиной определяется величиной (фиг. 68):

$$g_1 = S_{\kappa} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 604 \operatorname{tg} \frac{14^{\circ}15'}{2} = 75 \text{ мм.}$$

На основании всех этих расчетных данных можно окончательно изобразить рабочий чертеж-эпюру для заданных конкретных условий.

12. Определить длину одного звена рельса по следующим данным (гл. IV, § 2):

$$\Delta l = 2 \text{ мм; } \alpha_{\kappa} = 0,000009; \quad t_2 = 26^{\circ}; \quad t_1 = 16^{\circ}.$$

Пользуясь выражением (54), будем иметь:

$$L = \frac{\Delta l}{\alpha_{\kappa} (t_2 - t_1)} = \frac{2}{0,000009 (26 - 16)} \cong 22 \text{ м.}$$

Из примера видно, что если даже брать температурный промежуток в 2 мм и колебание температуры рудничного воздуха 16—26°, то можно иметь длину рельса 20—22 м, что, разумеется, в шахтных подземных условиях пока применить затруднительно.

13. Определить длину одного звена рельсов из условий его завоза со штрека на бремсберг, если дано:

$D = 3,5$ м — ширина штрека в свету крепи понизу на некотором расстоянии от почвы;

$H = 3,0$ м — ширина бремсберга в свету крепи понизу на некотором расстоянии от почвы.

Пользуясь выражением (68) и табл. 12, будем иметь:

$$L = \varphi H = 3,06 \cdot 3 = 9,18 \text{ м.}$$

14. Произвести расчет прочности рельсового пути при следующих данных. Вес электровоза принимаем $G = 7000$ кг с жесткой базой $S_6 = 110$ см.

Характеристика пути

Рельсы (из табл. 3)	Шпалы (из табл. 5)
$H = 90,0$ мм	$h = 11,0$ см
$q = 18,06$ кг/м	$b = 9,6$ »
$B = 8,0$ см	$B = 24$ »
$I = 240$ см ⁴	Шпалы сосновые длиной
$W = 51$ см ³	110 см при $S_k = 600$ мм
Рельсы прикрепляются к шпалам костылями	
Балласт	Нижнее строение пути
Крупнозернистый песчаный толщиной $H = 12$ см, считая от подошвы шпалы до почвы	Почва выработки — сняя глина с допустимым давлением $2,5$ кг/см ²

Пользуясь формулами § 3 (гл. IV), будем иметь:

1) Площадь полушпалы с поправкой на изгиб:

$$a \frac{a \cdot B}{2} = 0,85 \frac{110 \cdot 24}{2} = 1122 \text{ см}^2,$$

где α — коэффициент изгиба шпалы или отношение средней осадки шпалы к осадке подрельсового сечения; принимаем $\alpha = 0,85$;

a — длина шпалы ($a = 110$ см);

B — ширина нижней постели шпалы ($B = 24$ см).

2) Модуль упругости рельсового основания:

$$u = \frac{a \frac{a \cdot B}{2} C_n \frac{y_{ш}}{y_p}}{l},$$

где C_n — коэффициент нижней постели шпалы; принимаем $C_n = 4$;

$\frac{y_{ш}}{y_p}$ — отношение наибольших упругих просядок шпалы и рельса;

при костыльном прикреплении $y_{ш} : y_p = 0,5$;

l — расстояние между осями шпал, принимаем $l = 70$ см:

$$u = \frac{1122 \cdot 4 \cdot 0,5}{70} \approx 32,05 \text{ кг/см}^2.$$

3) Определяем величину k , т. е.

$$k = \sqrt[4]{\frac{u}{4EI}} = \sqrt[4]{\frac{32,05}{4 \cdot 2 \cdot 100\,000 \cdot 240}} \cong 0,0114 \text{ см}^{-1}.$$

4) Длина волны прогиба рельса под грузом (выражение 86):

$$L = \frac{3\pi}{2 \cdot k} = \frac{3 \cdot 3,14}{2 \cdot 0,0114} \cong 413,15 \text{ см};$$

отсюда видно, что:

$$S_6 \leq \frac{L}{2},$$

или

$$110 < \frac{413,15}{2}.$$

Следовательно, влияние соседних грузов надо учитывать.

5) Вес электровоза, приходящийся на одно колесо:

$$P = \frac{7000}{4} = 1750 \text{ кг},$$

и эквивалентные нагрузки на рельс определяются для $k = 0,0114$ на основании построенных линий влияния (см. приложение 1, фиг. VIII, б), по которым определяют коэффициенты a_2 и a_4 :

$$\sum P \cdot a_2 = 1 \cdot 1750 - 0,173 \cdot 1750 = 1448 \text{ кг};$$

$$\sum P \cdot a_4 = 1 \cdot 1750 + 0,384 \cdot 1750 = 2422 \text{ кг}.$$

6) Напряжение в рельсах от изгиба (выражения 91 и 92):

а) при статической нагрузке:

$$\sigma_{ст} = \frac{\sum P \cdot a_2}{4kW} = \frac{1448}{4 \cdot 0,0114 \cdot 51} \cong 622 \text{ кг/см}^2.$$

б) при динамической нагрузке:

$$\sigma_{дин} = 1,5\sigma_{ст} = 1,5 \cdot 622 = 933 \text{ кг/см}^2.$$

7) Давление рельса на шпалу (выражения 93 и 94):

а) при статической нагрузке

$$Q'_{ст} = \frac{1}{2} lk \sum P \cdot a_4 = \frac{70}{2} \cdot 0,0114 \cdot 2422 \cong 967 \text{ кг}.$$

б) при динамической нагрузке:

$$Q'_{дин} = 1,5Q'_{ст} = 1,5 \cdot 967 = 1450,5 \text{ кг}.$$

8) Давление на верхнюю поверхность шпалы под подкладкой (выражения 95 и 96):

а) при статической нагрузке:

$$q_{ст} = \frac{Q'_{ст}}{F} = \frac{967}{150} \cong 6,44 \text{ кг/см}^2,$$

где $F = 15,0 \cdot 10,0 = 150 \text{ см}^2$ — площадь подкладки;

б) при динамической нагрузке

$$q_{\text{дин}} = 1,5 \cdot q_{\text{ст}} = 1,5 \cdot 6,44 \cong 10 \text{ кг/см}^2.$$

9) Давление на верхнюю поверхность балластного слоя под шпалой (выражения 97 и 98):

а) при статической нагрузке

$$p_{\text{б. ст}} = \frac{2 \cdot Q'_{\text{ст}}}{a \cdot \frac{B}{2}} = \frac{2 \cdot 967}{1122} \cong 1,73 \text{ кг/см}^2;$$

б) при динамической нагрузке:

$$p_{\text{б. дин}} = 1,5 p_{\text{б. ст}} = 1,5 \cdot 1,73 \cong 2,6 \text{ кг/см}^2.$$

10) Давление на поверхность земляного полотна (почву выработки) под балластным слоем (выражения 99 и 100):

а) при статической нагрузке:

$$p_{\text{з. ст}} = \frac{p_{\text{б. ст}}}{1 + 0,03 \frac{H^2}{B}} = \frac{1,73}{1 + 0,03 \frac{12^2}{24}} \cong 1,46 \text{ кг/см}^2;$$

б) при динамической нагрузке:

$$p_{\text{з. дин}} = 1,5 p_{\text{з. ст}} = 1,5 \cdot 1,46 = 2,19 \text{ кг/см}^2.$$

Таким образом можно сделать заключение, что со стороны почвы выработки при допустимом на нее давлении в $2,5 \text{ кг/см}^2$ (см. задание к расчету) нет оснований ожидать остаточных деформаций, т. е. просадка пути при этих условиях не произойдет.

Кроме того, как видно из примера, во всех частях верхнего строения пути нет сверхдопустимых напряжений (см. допустимые напряжения в отдельных элементах пути в приложении 1), поэтому рельсовый путь в целом оставляем без корректировки.

15. Определить в пределах круговой кривой потребное количество укороченных рельсов и величину укорочения их, если известно:

$$S'_x = 920 \text{ мм}; R = 15000 \text{ мм}; L = 8000 \text{ мм}; \alpha = 90^\circ; b' = 40 \text{ мм}.$$

а) Определяем длину круговой кривой по оси (фиг. 106):

$$L_0 = \frac{\pi \cdot R \alpha}{180^\circ} = \frac{3,14 \cdot 15000 \cdot 90^\circ}{180^\circ} = 23550 \text{ мм}.$$

б) Количество укороченных рельсов по выражению (111):

$$n_p = \frac{L_0}{L} \left(1 + \frac{S'_x + \varepsilon + b'}{2R} \right) = \frac{23550}{8000} \left(1 + \frac{920 + 40}{2 \cdot 15000} \right) = 3 \text{ шт}.$$

г) Укорочение одного рельса определяется по выражению (110):

$$y = \frac{S'_x + \varepsilon + b'}{R + \frac{S'_x + \varepsilon + b'}{2}} L = \frac{(920 + 40) \cdot 8000}{15000 + \frac{920 + 40}{2}} \cong 500 \text{ мм}.$$

д) Разница в длине наружной и внутренней ниток круговой кривой (фиг. 106) по выражению (109):

$$\Delta L = \frac{L_0 (S_n + \varepsilon + b')}{R} = \frac{23\,550 (920 + 40)}{15\,000} \cong 1\,500 \text{ мм.}$$

Таким образом на заданном криволинейном участке пути по круговой кривой следует уложить:

1) по наружной нитке кривой три звена рельсов нормальной длины (8000 мм);

2) по внутренней нитке кривой три звена рельсов укороченной длины ($L - y = 8000 - 500 = 7500$ мм).

Все это необходимо соблюсти при укладке пути для того, чтобы рельсовые стыки располагались по радиусу. Для этой цели производится рубка (или отпилка) нормальной длины рельсов, в данном случае на величину 500 мм.

16. Определить возможную величину силы угона, если известно:

$$n_6 = 2; \quad \sigma_s = 450 \text{ кг/см}^2; \quad d = 19 \text{ мм.}$$

Пользуясь выражениями (115) и (116), будем иметь:

$$P' = 2\sigma_s \frac{\pi \cdot d^2}{4} n_6 = 2 \cdot 450 \frac{3,14 \cdot 1,9^2}{4} \cdot 2 = 5\,100 \text{ кг};$$

$$P = 0,75 \cdot P' = 0,75 \cdot 5\,100 = 3\,825 \text{ кг.}$$

В том месте, где наблюдается угон пути, следует ставить соответственные противоугонные средства, рассчитанные на усилие в 3 825 кг.

17. Требуется произвести плановое сопряжение уклона с верхней приемной площадкой в вертикальной плоскости (фиг. 118, а), если известно:

$$\alpha = 12^\circ; \quad \text{tg } \alpha = i_2 = 0,2125; \quad i_1 = 0,0100; \quad R = 50,0 \text{ м.}$$

Пользуясь выражениями (117) и (118), можем определить:

$$T = \frac{1}{2} R (i_2 - i_1) = \frac{1}{2} 50 (0,2125 - 0,010) \cong 3 \text{ м};$$

$$h = \frac{T^2}{2R} = \frac{3^2}{2 \cdot 50} = 0,09 \text{ м.}$$

Таким образом, зная величины T и h , можем произвести плавное сопряжение профиля уклона в месте его примыкания к верхней приемной площадке. Для этой цели производится подрывка почвы на минимальную глубину в 9 см в середине $(3 + 3) = 6$ м участка, после чего укладывается рельсовый путь.

1. РАЗМЕРЫ НИЖНЕГО И ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЙ ПУТИ. СТАНДАРТЫ НА ОТДЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПУТИ И ИХ СТОИМОСТЬ

1. Размеры откаточных выработок

На фиг. I—IV показаны типовые откаточные прямолинейные выработки с основными размерами в поперечном сечении для стандартной колеи в 600 и 900 мм.

Типовые сечения: квершлагов, крепленных бетоном (фиг. I), коренных штреков на пологом падении (фиг. II), коренных штреков на крутом падении (фиг. III) и промежуточных штреков (фиг. IV).

Для конвейерных штреков зазор для прохода людей принимается в 700 мм на высоте верхней кромки конвейера.

Для бремсбергов принимаются сечения, установленные для промежуточных штреков. Для отдельных людских ходков принимаются следующие сечения: ширина 1,6 и высота 1,8 м.

2. Размеры криволинейных выработок

На закруглениях вследствие отклонений движущихся повозок от оси пути становится необходимым увеличить междупутье и зазоры до стенок выработок. При определении ширины выработки на кривой следует к нормальной ширине прямолинейной выработки прибавить некоторое уширение с внешней стороны выработки.

Величина уширения колеи на закруглении по проекту стандартов подземных рельсовых путей для шахт Донбасса, разработанному ВУГИ в 1940 г., приведен в табл. I.

При обращении на закруглении электровозов и вагонеток или вагонеток без электровозов, но с разной жесткой базой величина уширения должна приниматься соответственно наибольшей жесткой базе обращающихся повозок.

Уширение колеи на закруглении по нормам Шахтостроя приведено в табл. II.

Величина уширения междупутья на закруглении для шахт Донбасса по проекту ВУГИ за 1940 г. приведена в табл. III.

По нормам Шахтостроя при определении ширины выработки в кривых частях пути следует к нормальной ширине с внешней стороны выработки в кривой части прибавлять на уширение согласно табл. IV и V.

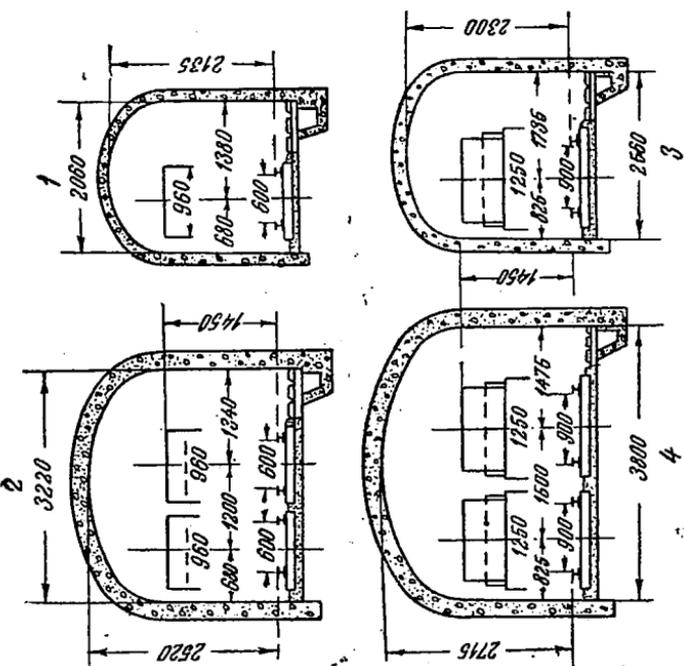
В местах укладки стрелок выработки должны иметь уширение согласно нормам Шахтостроя (фиг. V, а и б и табл. VI).

3. Повышение наружной нитки рельса

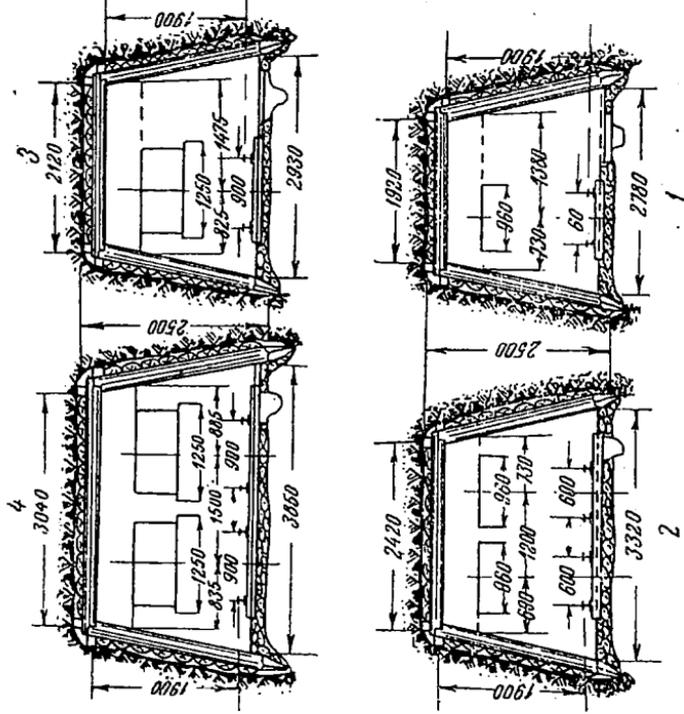
Величина повышения наружной нитки рельсовой колеи на круговой кривой для локомотивной откатки по проекту стандарта подземных рельсовых путей для шахт Донбасса, разработанного ВУГИ в 1940 г., приведена в табл. VII.

В этой же таблице дана длина отвода повышения в метрах при крутизне его в 3%.

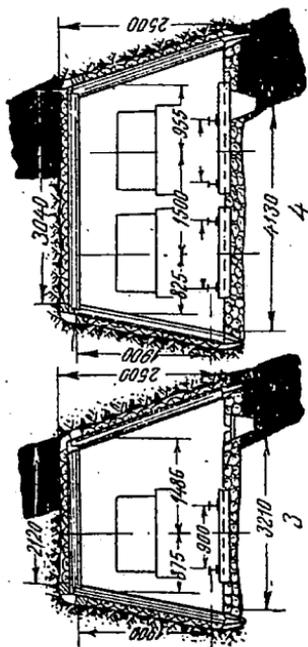
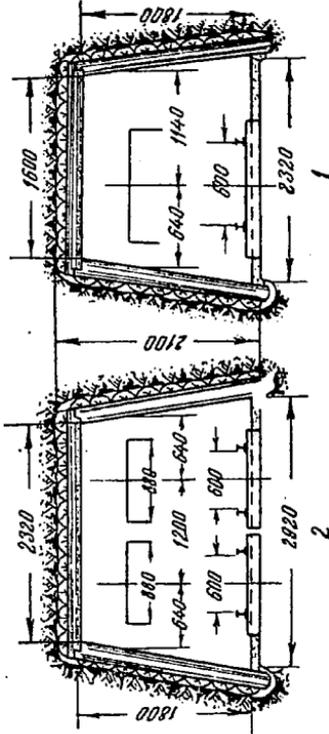
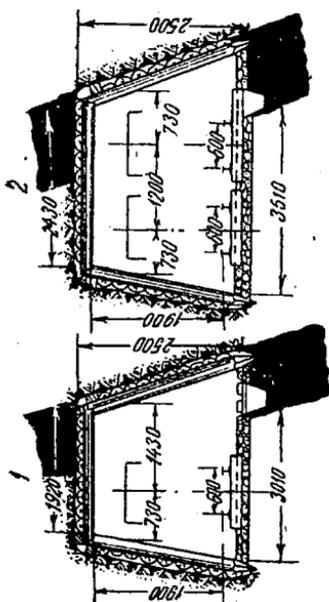
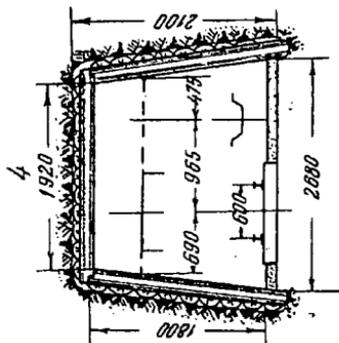
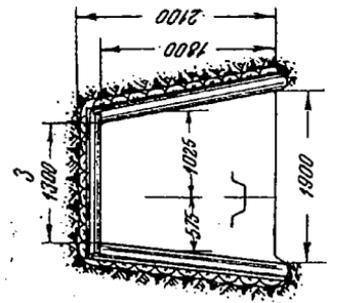
По нормам Шахтостроя повышение наружной нитки рельсовой колеи приведено в табл. VIII.



Фиг. I.



Фиг. II.



Фиг. IV.

Фиг. III.

Наименование поковки	Электро-воз завода Динамо	Вагонетка ОСТ 3746 и ее заменяющая 2-тонная	Унифицированная вагонетка Торецкого завода	Вагонетка ОСТ 3712 и ее заменяющая 1-тонная	Унифицированная вагонетка Торецкого завода	
Радиус кривой R м	Жесткая база, мм					
	1100	800	600	550	500	400
	Уширение колес, мм					
3	—	—	—	—	—	4
4	—	—	—	6	4	—
5	—	—	6	4	2	—
6	—	10	4	—	—	—
7	—	8	2	—	—	—
8	18	5	—	—	—	—
9	15	4	—	—	—	—
10	12	2	—	—	—	—
11	11	—	—	—	—	—
12	10	—	—	—	—	—
14	5	—	—	—	—	—
17	3	—	—	—	—	—
18	2	—	—	—	—	—

Таблица II

Радиус кривой R м	Уширение колес, мм	
	при 600 мм	при 900 мм
5,0	25	25
7,5	20	25
10,0	13	25
12,5	10	25
15,0	7	20
17,5	6	18
20,0	6	16
22,5	6	14
25,0	4	12

Наименование поковки

Радиус кривой R м	Вагонетки		Электровазсы			
	Торцевая унифици- рованная (ширина кузова до 900 мм, длина кузова 1500 мм)	Шахтостроа 1-тонная 2-тонная	1-АР-113 1-ЭТТ-2 II-ТР-3 II-ТР-5	3-АР-113	3-ЭТР-2	II-АР-1 II-АР-2

Уширение междулучья на закруглении, мм

3,0	25	25	—	—	—	—	—
4,0	—	—	375	—	—	—	—
5,0	—	—	300	—	—	—	—
6,0	—	150	250	—	—	—	—
7,0	—	136	200	—	—	—	—
8,0	—	100	175	—	—	—	—
9,0	—	75	150	—	—	—	—
10,0	—	75	150	—	—	—	—
11,0	—	75	125	—	—	—	—
12,0	—	50	125	—	—	—	—
13,0	Не требуется	Не тре- буется	275	250	275	325	300
14,0	Не требуется	Не тре- буется	250	225	250	300	275
15,0	Не требуется	Не тре- буется	225	225	225	275	250
16,0	Не требуется	Не тре- буется	200	200	200	250	225
17,0	Не требуется	Не тре- буется	175	175	175	225	200
18,0	Не требуется	Не тре- буется	150	150	150	200	175
19,0	Не требуется	Не тре- буется	150	150	150	175	150
20,0	Не требуется	Не тре- буется	150	125	125	150	125

Таблица IV

Радиус кривой R м	Вагонетка 1-тонная		Вагонетка 2-тонная	
	Уширение, мм			
	однопутевой выработки или между- путье	двухпутевой выработки	однопутевой вы- ботки или между- путье	двухпутевой выработки
5,0	175	350	250	500
10,0	100	200	150	300
15,0	75	150	100	200
20,0	50	100	75	150
25,0	50	100	50	100

Таблица V

Радиус кривой R м	Электровазы типа							
	1-АР и 1-АРТ		3-АР и 3-АРТ		2-АР		4-АР	
	Уширение, мм							
	однопуте- вой выра- ботки или между- путье	двухпу- тевой выработ- ки	однопу- тевой вы- работки или между- путье	двухпу- тевой вы- работки	однопуте- вой выра- ботки или между- путье	двух- путевой выра- ботки	однопуте- вой выра- ботки или между- путье	двух- путевой выра- ботки
7,5								
10,0	275	550	275	550	400	800	400	800
12,5								
15,0	225	450	225	450	325	650	325	650
17,5	200	400	200	400	300	600	300	600
20,0	200	400	200	400	250	500	250	500
22,5	175	350	175	350	225	450	225	450
25,0	150	300	150	300	200	400	200	400

Таблица VI

Колея мм	S	S ₁	n	N	A	B	c ₁	c ₂	c ₃	l ₁	l	T	a
600	1200	1525	680	1000	3500	1000	5300	2800	2200	5000	4800	700	2492
900	1500	1825	825	1150	3500	1000	4500	2800	2200	5000	6000	700	2483

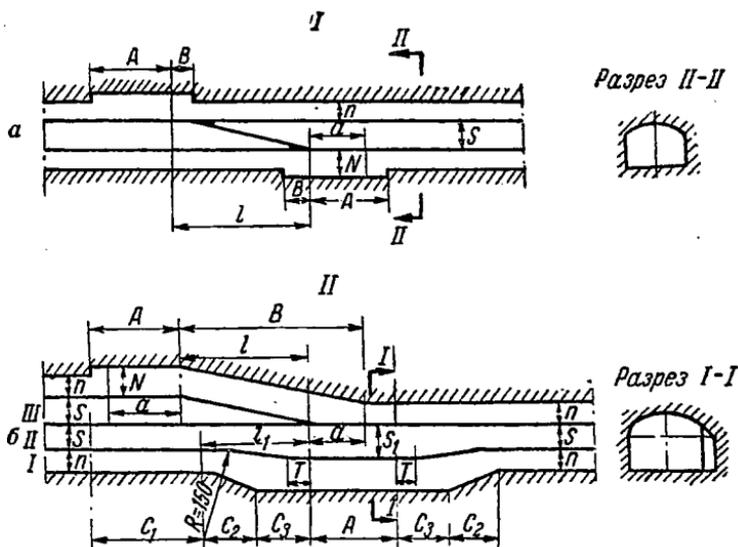
Колея S_k , мм	0:0		600		675		580		525		530		475		
	1,5	2,0	2,5	1,5	2,0	2,5	1,5	2,0	2,5	1,5	2,0	2,5	1,5	2,0	2,5
Скорость v м/сек															
Радиус кривой R м															

Повышение наружной нити рельсовой колени, мм

5	—	—	—	27	48	—	25	46	—	24	43	—	24	42	—	22	40	—	21	38	—
10	20	36	—	13	24	—	13	23	—	12	22	—	12	21	—	11	20	—	11	19	—
15	14	24	37	9	16	25	9	15	24	9	14	22	8	14	22	8	13	21	7	13	20
20	10	18	28	7	12	19	6	12	18	6	11	17	6	10	17	6	10	16	5	10	15
25	8	14	23	5	9	15	5	9	14	5	8	13	5	8	13	—	7	12	—	7	12

Длина отвода повышения, м

5	—	—	—	9,0	10	—	8,3	15,3	—	8	14,3	—	8	14	—	7,3	13,3	—	7	12,7	—
10	6,7	12	—	4,3	8	—	4,3	7,7	—	4	7,3	—	4	7	—	3,7	6,7	—	3,7	6,3	—
15	4,7	8	12,3	3,0	5,3	8,3	3,0	5	8	3	4,7	7,1	2,7	4,7	7,3	2,7	4,3	7	2,3	4,3	6,7
20	3,3	6	9,3	2,3	4	6,3	2,0	4	6	2	3,7	5,7	2	3,3	5,7	2,0	3,3	5,3	1,7	3,3	5,0
25	2,7	4,7	7,7	2,7	3	5,0	1,7	3	4,7	1,7	2,7	4,3	1,7	2,7	4,3	—	2,3	4	—	2,3	4,0



Фиг. V.

Таблица VIII

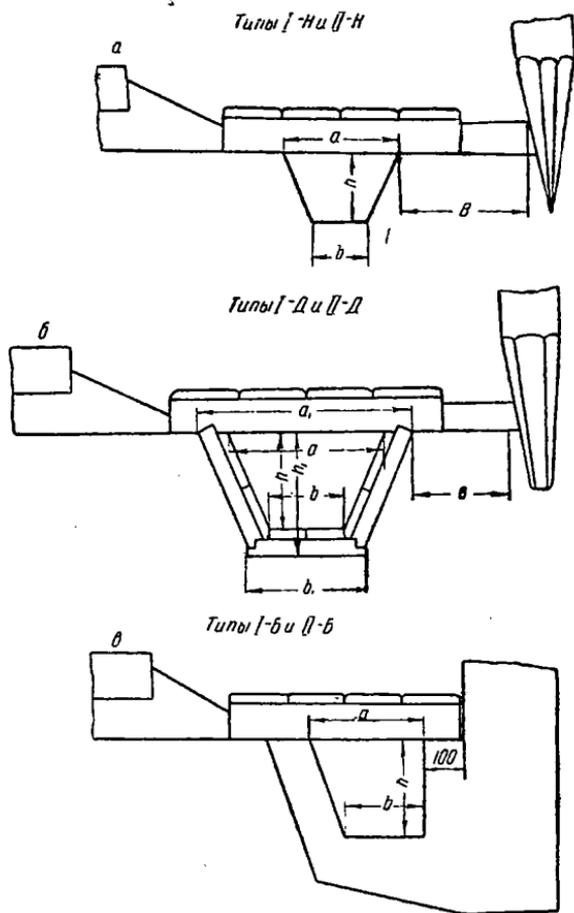
Радиус кривой R м	Повышение наружной нитки колеи, мм	
	при $S_k = 600$ мм	при $S_k = 900$ мм
5,0	48	72
7,5	33	48
10,0	24	36
12,5	19	29
15,0	16	24
17,5	14	21
20,0	11	18
22,5	10	16
25,0	9	14

4. Размер водоотводных канав

Согласно проекту стандартов рельсовых подземных путей для шахт Донбасса ВУГИ разработал ряд типов водоотводных канав (фиг. VI, а, б и в) с размерами, приведенными в табл. IX, и расчетной пропускной способностью воды в этих канавках, приведенной в табл. X.

Для притоков, превышающих указанные в табл. X, коэффициент заполнения может быть доведен до 0,85.

Для выработок с притоком воды, превышающим 1, канавка должна проектироваться в индивидуальном порядке.



Фиг. VI.

Таблица IX

Тип канавы	Род крепления канавы	Размеры канавы, мм					
		в свету			в черне		
		вверху	внизу	глубина	вверху	внизу	глубина
I-Н	Незакрепленная	300	150	180	—	—	—
I-Д	Крепленная деревом	300	150	180	450	250	250
I-Б	» бетоном	300	150	180	500	350	280
II-Н	Незакрепленная	400	200	250	—	—	—
II-Д	Крепленная деревом	400	200	250	550	300	320
II-Б	» бетоном	300	200	250	500	400	350

Тип канавы	Пропускная способность канавы, м ³ /час					
	при уклоне 0,004			при уклоне 0,007		
	предельная	частичная	при коэффициенте заполнения	предельная	частичная	при коэффициенте заполнения
I-Н	80	60	0,75	105	60	0,60
I-Д	137	100	0,75	180	100	0,56
I-Б	160	100	0,63	211	100	0,50
II-Н	187	125	0,66	248	125	0,50
II-Д	308	250	0,80	407	250	0,62
II-Б	300	250	0,83	400	250	0,62

5. Цены на элементы верхнего строения пути

Техническая характеристика и отпускная цена на рельсы, применяющиеся на лодземных откаточных путях, приведены в табл. XI.

Таблица XI

Тип рельсов, кг/м	Рельсы для дорог узкой колес (ОСТ НКТП 7688—7694)								Отпускная цена за 1 пог. м рельса, руб.	Примечание
	Теоретический вес		Основные размеры, мм				Длина рельса, м			
	1 пог. м рельса, кг	1 км пути, т	высота рельса Н	ширина подошвы В	ширина головки, б	толщина шейки δ	нормальная мерная	маломерная		
6	6,25	12,5	62,3	50	25	4,5	5	—	1,85	Обыкновенные
7	6,93	13,9	65,0	50	25	5,5	5	—	1,90	
8	8,42	16,8	65,0	54	25	7,0	7	5—6	2,20	
11	11,20	22,4	80,5	66	32	7,0	7	5—6	2,90	
15	14,72	29,4	91,0	76	37	7,0	7	5—6	4,90	
18	18,06	36,1	90,0	80	40	10,0	8	6—7	6,00	
24	24,04	48,1	107,0	92	51	10,5	8	6—7	8,00	Гарантированного качества. Рельсы этих типов обыкновенные стоят на 30% ниже, чем гарантированные
Допускаемые отклонения в размерах, мм $\pm 0,75$ $\pm 2,0$ $\pm 0,75$ $\pm 0,75$ ± 6 $-0,25$										

При пользовании таблицей надо иметь в виду следующее:

- 1) Рельсы типа 6 кг/м ОСТ 7689—7694 не предусмотрены.
- 2) В отпускные цены узкоколейных рельсов включена стоимость пробивки или сверления отверстий для болтов.
- 3) За поставку, по указанию или согласию потребителя, узкоколейных рельсов без отверстий для болтов применяются скидки с отпускной цены в 20%.

6. Выбор типа рельса для укладки в путь

Тип рельсов для укладки в подземных откаточных выработках может быть выбран следующим образом:

- 1) По Ю. В. Энгельгардту¹ типы узкоколейных рельсов и скреплений с указанием допускаемых предельных нагрузок приведены в табл. XII.

¹ Ю. В. Энгельгардт, Железные дороги, т. III, стр. 84, табл. XII.

Таблица XII

Вес рельса кг/пог. м	Т и п ш п а л				Наибольшая нормальная допуская нагрузка на ось в м при расстоянии между шпалами:					
	тип	форма	толщина мм	ширина, мм		Момент сопротивле- ния, см ²	600 мм	700 мм	800 мм	1000 мм
				по верхней постели	по нижней постели					
11,18	III	Брусковая	120	100	190	353	4,4	4,2	4,1	3,7
14,78	III	»	120	100	190	353	5,9	5,7	5,5	5,1
18,45	III	»	120	100	190	353	6,8	6,5	6,3	5,8
24,18	I	»	130	100	210	458	9,5	9,0	8,7	8,3

Таблица XIII

Вес рельса кг/пог. м	Наибольшая нормальная допуская нагрузка на ось в м при расстоянии между шпалами							
	600 мм		700 мм		800 мм		1000 мм	
	кислые воды отсутствуют	имеется наличие кислых вод	кислые воды отсутствуют	имеется наличие кислых вод	кислые воды отсутствуют	имеется наличие кислых вод	кислые воды отсутствуют	имеется наличие кислых вод
11,18	3,1	2,2	2,9	2,1	2,9	2,1	2,6	1,9
14,78	4,1	3,0	4,0	2,9	3,8	2,8	3,5	2,6
18,45	4,8	3,4	4,5	3,3	4,4	3,2	4,1	2,9
24,18	6,6	4,8	6,3	4,5	6,1	4,4	5,8	4,2

Тип шахты	Годовая добыча шахты в тыс. т	Применяемые типы рельсов в шахте		
		11 кг/пог. м	18 кг/пог. м	24 кг/пог. м
Небольшие Средние	до 100	Во всех выработках 1) В вентиляционных выработках, служащих для целей вентиляции или сверх того для вспомогательных операций, кроме доставки людей 2) В выработках с доставкой транспортами или конвейерами, где сбоку проложенный рельсовый путь служит для вспомогательных целей	В прочих выработках	—
	100 — 200			—
Большие Крупные	200 — 450	В тех же выработках, как и на средних шахтах	То же	—
	450 — 750	То же	То же	1) В рудничном дворе с добычей от 1500 т в сутки и выше 2) На капитальных уклонах, на капитальных бремсбергах, на квершлагах с суточной добычей 1500 т и выше при условии обращения 2-тонных вагонок 3) На наклонных шахтах.
Гиганты	от 750 и выше	То же	То же	1) Так же, как и на крупных шахтах 2) На капитальных уклонах и бремсбергах 3) На квершлагах с суточной добычей от 2500 т и выше независимо от тоннажа вагонок.

2) Для подземных рудничных путей указанные в табл. XII допускаемые нагрузки следует уменьшить на 25—30%, а в тех случаях когда рельсы не могут быть предохранены от действия кислых вод, — на 50%, что приведено в табл. XIII, разработанной ВУГИ.

3) На основании данных, приведенных в табл. XII и XIII, а также полученных материалов с шахт Донбасса, ВУГИ в своем проекте стандарта подземных рельсовых путей, разработанном для шахт Донбасса, рекомендует выбирать тип рельса по табл. XIV в зависимости от производительности шахт.

При пользовании табл. XIV необходимо руководствоваться следующим:

1) В отношении установления типа рельса для наклонных шахт последние приравниваются к капитальным уклонам.

2) Допускаются в качестве заместителей при отсутствии на шахте рельсов в соответствии с требованиями табл. XIV:

а) новые рельсы типа 15 кг/пог. м, вместо типа 18 кг/пог. м во всех выработках;
 б) бывшие в употреблении рельсы типа 15 кг/пог. м, но с вертикальным износом головки менее 8 мм — на промежуточных штреках и участковых бремсбергах, вместо рельсов 18 кг/пог. м, а также во всех выработках, где должны быть уложены рельсы типа 11 кг/пог. м;

в) новые рельсы типа 18 кг/пог. м, вместо рельсов 24 кг/пог. м.

3) По путям из рельсов 18 кг/пог. м и выше может быть допущен к обращению подвижной состав (электровозы и вагонетки) весом до 7 т включительно (наибольшая допускаемая нагрузка на ось 3,5 т).

По путям из рельсов 11 кг/пог. м может быть допущен к обращению подвижной состав (электровозы Лилипуты и вагонетки) весом до 4,8 т брутто включительно (наибольшая допускаемая нагрузка на ось 2,4 т). Такая нагрузка будет отвечать вагонетке емкостью 2,2 м³, нагруженной породой.

Чем тяжелее рельс, тем путь более устойчив. Применение рельса тяжелого типа, как показал опыт, на ряде шахт Донбасса (им. ОГПУ, им. Лутугина и др.) дает хорошие результаты, заключающиеся в следующем: а) путь устойчив, б) более спокойная откатка, в) меньшая стоимость эксплуатации путевого хозяйства, г) сокращение расхода на поддержание подвижного состава, д) большой срок службы рельсов, е) меньшая потребность в шпалах.

7. Износ рельсов

Износ головок рельсов по высоте зависит от многих факторов:

1) качества рельсов (химический состав рельсовой стали, термическая обработка рельсов и пр.);

2) состояния колес подвижного состава и грузоподъемности его (правильная или неправильная геометрическая форма круга катания и пр.);

3) интенсивности грузопотока по откаточной выработке;

4) условий, в которых работают рельсы в пути (сухие выработки, сырые, с присутствием пресной или кислой воды и т. д.);

5) срока службы рельсов и др.

Во всяком случае не следует допускать рельсы к работе в пути с износом головки их по вертикали на следующую величину (в зависимости от их типа):

Для рельсов кг/пог. м	Износ головки мм
11	7
15	8
18	8
24	12

т. е. после указанного износа рельсы надо заменять новыми.

Срок службы рельсов можно было бы определить по формуле:

$$t = \frac{\omega}{\Delta f \cdot n},$$

где ω — возможная площадь износа головки рельса в мм²;

Δf — интенсивность износа в мм²; т. е. износ, получающийся при прохождении по пути 1 млн. т брутто;

n — число миллионов тонн груза брутто, проходящее по перегону в год.

№ по пор.	Наименование стрелочных переводов и съездов	Ширина колеи 600 мм				Ширина колеи 900 мм							
		Номер стрелочных переводов и съездов	Предусмотрен ли пропуск электро-возов	Элементы стрелочных		переводов и съездов		Номер стрелочных переводов и съездов	Предусмотрен ли пропуск электро-возов	Элементы стрелочных переводов и съездов			
				Угол крестовины	Радиус стрелочной кривой мм	Общая длина стрелочных переводов или съездов мм	Расстояние между осями путей для съездов мм			Угол крестовины	Радиус стрелочной кривой мм	Общая длина стрелочных переводов или съездов мм	Расстояние между осями путей для съездов мм
	Переводный односторонний с маркой крестовины $\frac{1}{2}$	601		28°4'	3 622	2 454	—	901		28°4'	6 000	3 782	—
	Глухой односторонний с маркой крестовины $\frac{1}{2}$	602		28°4'	3 630	2 454	—	902		28°4'	6 000	3 782	—
1	Переводный односторонний с маркой крестовины $\frac{1}{3}$	603	Не предусмотрен	18°26'	6 000	4 217	—	903	Не предусмотрен	18°26'	9 000	5 390	—
	Переводный односторонний с маркой крестовины $\frac{1}{4}$	604	Предусмотрен	14°15'	12 000	5 804	—	904	Предусмотрен	14°15'	12 000	6 995	—
	Переводный симметричный с маркой крестовины $\frac{3}{5}$	605		30°20'	3 800	2 291	—	905		33°20'	6 300	3 230	—
2	Глухой симметричный с маркой крестовины $\frac{3}{5}$	606	Не предусмотрен	33°20'	3 800	2 291	—	906	Не предусмотрен	33°20'	6 300	3 230	—
	Переводный симметричный с маркой крестовины $\frac{1}{3}$	607	Предусмотрен	18°26'	12 000	3 875	—	907	Предусмотрен	18°26'	12 000	4 804	—
	Односторонний съезд из стрелочных переводов с маркой крестовины $\frac{1}{2}$	608	Не предусмотрен	28°4'	3 622	4 529	1 200	908	Не предусмотрен	28°4'	6 000	6 840	1 800
3	Односторонний съезд из стрелочных переводов с маркой крестовины $\frac{1}{4}$	611	Предусмотрен	14°15'	12 000	9 668	1 200	911	Предусмотрен	14°15'	12 000	10 872	1 500
4	Перекрестный съезд из стрелочных переводов с маркой крестовины $\frac{3}{10}$	613	Не предусмотрен	16°40'	6 000	7 900	1 500	914	Не предусмотрен	16°40'	9 000	10 648	2 200

Сокращенная таблица элементов стандартных стрелочных переводов для подземных рельсовых путей шахт Донбасса

№ по пор.	Тип рельсов и наименование стрелочных переводов	Тип подвижного состава	Жесткая база мм	Ширина колеи мм	Элементы стрелочного перевода											Уширение колеи мм													
					Марка крестовины	Угол крестовины	Длина остряка мм	Угол удара	Радиус кривой	Прямая вставка (полная)	Длина крестовины мм		Общие размеры мм			У остряка пера	В стыке рамного рельса	В корнях пера	В середине кривой										
											переднего хвоста	заднего хвоста	теоретическая длина	практическая длина	расстояние до контрольного столбика														
																				12	13	14	15	16					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20										
1	Для рельсов 11 кг/пог. м	Односторонние	Симметричные	Для вагонетки	810	1/3,5	16°15'40"	1 215	4°06'21"	7 349	371	370	596	3 149	4 445	4 130	8	0	0	6									
							16°15'40"	1 215	4°06'21"	8 014	371	370	596	3 290	4 586	4 130	8	0	0	6									
							16°15'40"	1 215	4°06'21"	8 100	446	370	596	3 383	4 679	4 130	8	0	0	6									
							16°15'40"	1 215	4°06'21"	8 100	536	370	596	3 471	4 767	4 130	8	0	0	6									
							16°15'40"	1 215	4°06'21"	8 100	621	370	596	3 557	4 853	4 130	8	0	0	6									
							18°55'20"	1 215	4°06'21"	7 509	343	343	538	3 509	4 747	3 540	8	0	0	6									
							18°55'20"	1 215	4°06'21"	8 100	1 150	343	538	3 509	4 747	3 540	8	0	0	6									
							22°37'	805	6°11'50"	3 500	317	317	480	2 127	3 307	2 950	7	0	0	4									
							22°37'	805	6°11'50"	3 500	382	317	480	2 190	3 370	2 950	7	0	0	4									
							22°37'	805	6°11'50"	3 500	445	317	480	2 252	3 432	2 950	7	0	0	4									
							22°37'	885	5°38'55"	4 200	367	317	480	2 500	3 680	2 950	9	0	0	6									
							22°37'	885	5°38'55"	4 200	429	317	480	2 562	3 742	2 950	9	0	0	6									
							22°37'	885	5°38'55"	4 200	491	317	480	2 622	3 802	2 950	9	0	0	6									
							25°36'08"	940	5°17'31"	5 600	567	301	445	3 503	4 648	3 256	12	0	0	10									
							11°18'30"	610	4°06'21"	7 598	316	316	479	1 892	3 061	2 951	8	0	0	6									
							11°18'30"	610	4°06'21"	8 100	336	316	479	1 976	3 145	2 951	8	0	0	6									
							11°18'30"	610	4°06'21"	8 100	397	316	479	2 038	3 207	2 951	8	0	0	6									
							12°16'	610	4°06'21"	8 100	296	206	456	2 076	3 221	2 713	8	0	0	6									
							12°16'	610	4°06'21"	8 100	348	206	456	2 130	3 275	2 713	8	0	0	6									
							12°16'	610	4°06'21"	8 100	409	206	456	2 190	3 335	2 713	8	0	0	6									
							14°44'37"	610	4°06'21"	8 100	582	285	410	2 734	3 830	2 812	8	0	0	6									
							Для рельсов 11 кг/пог. м	Симметричные	Для вагонетки	500	1/1,8	15°31'20"	405	6°12'14"	3 500	298	279	399	1 285	2 369	2 124	7	0	0	4				
												15°31'20"	405	6°12'14"	3 500	347	279	399	1 334	2 418	2 124	7	0	0	4				
												15°31'20"	405	6°12'14"	3 500	388	279	399	1 375	2 459	2 124	7	0	0	4				
												16°23'22"	445	5°38'29"	4 200	340	279	399	1 525	2 610	2 124	9	0	0	6				
												16°23'22"	445	5°38'29"	4 200	297	274	388	1 553	2 625	2 006	9	0	0	6				
												16°23'22"	445	5°38'29"	4 200	340	274	388	1 596	2 668	2 006	9	0	0	6				
												17°21'10"	470	5°18'37"	5 600	529	272	376	2 304	3 362	2 368	12	0	0	10				
												Глухие	Для вагонетки	500	1/1,8	15°31'20"	245	6°12'14"	3 500	298	279	399	1 285	2 369	2 124	7	0	0	4
																15°31'20"	245	6°12'14"	3 500	347	279	399	1 334	2 418	2 124	7	0	0	4
15°31'20"	245	6°12'14"	3 500	388	279	399										1 375	2 459	2 124	7	0	0	4							
15°31'20"	270	5°38'29"	4 200	340	279	399										1 526	2 610	2 124	7	0	0	4							
16°23'22"	270	5°38'29"	4 200	297	274	388										1 553	2 625	2 006	7	0	0	4							
16°23'22"	270	5°38'29"	4 200	340	274	388	1 596	2 668	2 006	7	0					0	4												
Глухие	Для вагонетки	800	1/1,6	17°21'10"	280	5°18'37"	5 600	529	274	376	2 304	3 362	2 368	7	0	0	4												

№ по пор.	Тип рельсов и наименование стрелочных переводов	Тип подвешного состава	Жесткая база мм	Ширина колеи мм	Элементы стрелочного перевода											Уширение колеи мм						
					Марка крестовины	Угол крестовины	Длина остряка мм	Угол удара	Радиус кривой	Прямая (полная)	Длина крестовины мм		Общие размеры мм			У остря пера	В стыке рамного рельса	В корне пера	В середине кривой			
											переднего хвоста	заднего хвоста	теоретическая длина	практическая длина	расстояние до контрольного столбика							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
2	Для рельсов 18 кг/пог. м	Односторонние	Для вагонетки	1100	475	1/4	14°15'	1410	3°51'48"	9 012	471	428	820	3 518	4 038	4 720	12	0	0	10		
					500	1/4	14°15'	1410	3°51'48"	10 050	455	428	820	3 689	5 209	4 720	12	0	0	10		
					525	1/4	14°15'	1410	3°51'48"	11 000	443	428	820	3 849	5 369	4 720	12	0	0	10		
					550	1/4	14°15'	1410	3°51'48"	11 000	544	428	820	3 950	5 470	4 720	12	0	0	10		
					575	1/4	14°15'	1410	3°51'48"	11 000	642	428	820	4 047	5 567	4 720	12	0	0	10		
					600	1/3,6	15°48'52"	1410	3°51'48"	10 805	404	404	695	4 071	5 466	4 248	12	0	0	10		
					900	1/3,1	18°19'28"	1410	3°51'48"	11 000	795	374	626	4 990	6 316	4 588	12	0	0	10		
					475	1/2,5	22°37'	880	6°11'50"	3 272	341	379	543	2 161	3 404	2 950	6	0	0	4		
					500	1/2,5	22°37'	880	6°11'50"	3 500	361	339	543	2 245	3 488	2 950	6	0	0	4		
					525	1/2,5	22°37'	880	6°11'50"	3 500	411	339	543	2 295	3 538	2 950	6	0	0	4		
		550	1/2,5	22°37'	965	5°38'55"	4 200	346	339	543	2 559	3 852	2 950	8	0	0	6					
		575	1/2,5	22°37'	965	5°38'55"	4 200	408	339	543	2 621	3 864	2 950	8	0	0	6					
		600	1/2,5	22°37'	965	5°38'55"	4 200	471	339	543	2 682	3 929	2 950	8	0	0	6					
		900	1/2,3	24°31'46"	1 030	5°17'31"	5 600	685	327	516	2 682	3 929	2 950	13	0	0	10					
		3	Для рельсов 24 кг/пог. м	Симметричные	Для вагонетки	1100	475	1/3	9°27'40"	705	3°51'48"	11 000	383	368	612	2 170	3 473	3 544	12	0	0	10
							500	1/3	9°27'40"	705	3°51'48"	11 000	462	368	612	2 250	3 553	3 544	12	0	0	10
							525	1/3	9°27'40"	705	3°51'48"	11 000	535	368	612	2 324	3 627	3 544	12	0	0	10
							550	1/2,7	10°29'30"	705	3°51'48"	11 000	356	351	570	2 346	3 606	3 185	12	0	0	10
							575	1/2,7	10°29'30"	705	3°51'48"	11 000	423	351	570	2 414	3 624	3 185	12	0	0	10
							600	1/2,7	10°29'30"	705	3°51'48"	11 000	494	351	570	2 485	3 745	3 185	12	0	0	10
900	1/2,2						12°48'15"	705	3°51'48"	11 000	654	321	502	3 216	4 405	3 256	12	0	0	10		
475	1/1,8						15°31'20"	440	6°11'50"	3 272	310	298	447	1 295	2 425	2 124	6	0	0	4		
500	1/1,8						15°31'20"	440	6°11'50"	3 500	328	298	447	1 352	2 482	2 124	6	0	0	4		
525	1/1,8						15°31'20"	440	6°11'50"	3 500	373	298	447	1 397	2 527	2 124	6	0	0	4		
550	1/1,8			15°31'20"	485	5°37'13"	4 200	325	298	447	1 554	2 684	2 124	8	0	0	6					
575	1/1,8			15°31'20"	485	5°37'13"	4 200	366	298	447	1 595	2 725	2 124	8	0	0	6					
600	1/1,7			16°23'22"	485	5°37'13"	4 200	326	292	434	1 623	2 739	2 006	8	0	0	6					
900	1/1,6			17°21'10"	515	5°17'31"	5 600	516	286	401	2 251	3 352	2 368	13	0	0	10					
Глухие	Для вагонетки			500	475	1/1,8	15°31'20"	277	6°11'50"	3 272	310	298	447	1 295	2 425	2 124	6	0	0	4		
					500	1/1,8	15°31'20"	277	6°11'50"	3 500	328	298	447	1 352	2 482	2 124	6	0	0	4		
					525	1/1,8	15°31'20"	277	6°11'50"	3 500	373	298	447	1 397	2 527	2 124	6	0	0	4		
					550	1/1,8	15°31'20"	306	5°37'13"	4 200	325	298	447	1 554	2 684	2 124	8	0	0	6		
					575	1/1,8	15°31'20"	306	5°37'13"	4 200	366	298	447	1 595	2 725	2 124	8	0	0	6		
					600	1/1,7	16°23'22"	306	5°37'13"	4 200	326	292	434	1 623	2 739	2 006	8	0	0	6		
		900	1/1,6		17°21'10"	325	5°17'31"	5 600	516	286	401	2 251	3 352	2 368	13	0	0	10				
		Симметричные	Для электротроллей		1100	550	1/4,3	13°15'54"	1 570	3°51'15"	11 000	736	446	892	4 108	5 700	5 074	12	0	0	10	
						575	1/4,3	13°15'54"	1 570	3°51'15"	11 000	845	446	892	4 216	5 808	5 074	12	0	0	10	
						600	1/3,7	15°23'40"	1 570	3°51'15"	11 000	429	410	794	4 217	5 711	4 366	12	0	0	10	
900	1/3,2			17°45'40"		1 570	3°51'15"	11 000	898	379	713	5 141	6 554	4 736	12	0	0	10				
550	1/3,3			8°43'		785	3°52'15"	11 000	807	386	729	2 509	3 930	3 894	12	0	0	10				
575	1/3			9°27'40"		785	3°52'15"	11 000	651	357	681	2 519	3 891	3 540	12	0	0	10				
600	1/2,8			10°07'30"		785	3°52'15"	11 000	552	355	648	2 550	3 888	3 304	12	0	0	10				
900	1/2,8			10°07'30"		785	3°52'15"	11 000	1 394	355	648	3 395	4 733	4 144	12	0	0	10				

Примечание. Углы крестовины и удары для симметричных переводов приведены половинные.

Если бы имелись практические (данные), величины Δf , то можно было бы пользоваться приведенной выше формулой. Что касается величины ω , то она определяется из условий сохранности головок стыковых болтов от возможных ударов в них колес (реборд) подвижного состава.

Поэтому ориентировочно можно принимать амортизационный срок службы рельсов в обычных нормальных условиях шахты 8—12 лет, если рельсы правильно подобраны по тоннажу подвижного состава, обращающегося по ним, и если отсутствуют кислые рудничные воды.

Средний же срок службы рельсов в нормальных условиях работы пути в шахте можно принимать около 10 лет.

8. Данные о стрелочных переводах

Основные данные о стрелочных переводах, разработанные для подземных условий Шахтостроем и ВУГИ, приведены в табл. XV и XVI.

9. Размеры шпал

Наиболее распространенные формы шпал, как уже было указано (см. фиг. 16, а и б), брусковые и пластинные.

Размеры шпал по $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКЛес}}$ 221, типы I, III и IV, приведены в табл. XVII.

Таблица XVII

Тип шпал по ОСТ	Форма шпалы	Толщина (высота) шпалы см	Ширина, см		Длина шпалы, см			Для рельсов типа
			по верхней постели	по нижней постели	для колес до 600 мм	для колес 600 мм	для колес 900 мм	
I	Брусковая	13	10	21	110	120	140	24 кг/пог. м 11, 15 и 18 кг/пог. м
III	»	12	10	19	110	120	140	
IV	Пластинная . . .	11	9,5	24	110	120	140	

На второстепенных подземных путях шпалы применяются сосновые, а на главных — дубовые или сосновые.

На подбор шпал должно быть обращено особое внимание.

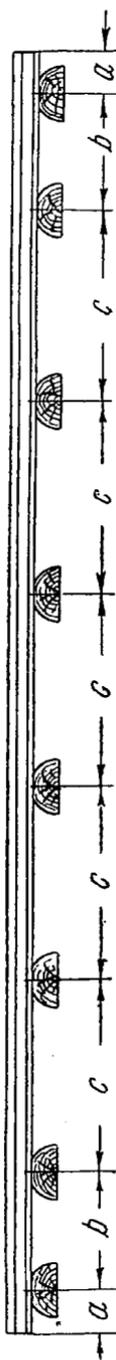
Нормальная раскладка шпал на звено рельса длиной 8 м показана на фиг. VII (по данным проекта стандарта подземных рельсовых путей для шахт Донбасса, разработанного ВУГИ в 1940 г.).

10. Стоимость 1 т креплений

1. Стоимость костылей размером по $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}}$ 3101 в поперечном сечении: . . .

16×16 мм . . . 620 руб. (для колес),
 14×14 » . . . 700 » (рудничные)
 12×12 » . . . 1010 » (то же)

На костыли II сорта с вышеуказанных цен делается скидка в размере 10%. Минимальная норма отгрузки с завода в один адрес 3 т железнодорожных креплений по совокупности.



Тип рельса	24 кг						18 кг						15 кг						11 кг								
	8 м		7 м		6 м		8 м		7 м		6 м		7 м		6 м		5 м		7 м		6 м		5 м				
Длина рельса																											
Размеры	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
7 м	0,2	0,65	0,9	0,2	0,5	0,9	0,2	0,45	0,75	0,2	0,45	0,75	0,2	0,45	0,75	0,2	0,375	0,65	0,2	0,375	0,65	0,2	0,35	0,65	0,2	0,35	0,65
6,5 м	0,2	0,65	0,9	0,2	0,5	0,9	0,2	0,5	0,8	0,2	0,4	0,8	0,2	0,5	0,7	0,2	0,35	0,7	0,2	0,35	0,7	0,2	0,35	0,7	0,2	0,35	0,65
3,5 м																											
Электроды																											

Фиг. VII.

2. Стоимость путевых шурупов размерами по $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}}$ 3101, индекс Б-30;

Диаметр мм	Длина мм	Стоимость руб.
22	140	740
$\frac{3}{4}$ "	140	800

На шурупы II сорта с вышеуказанных цен делается скидка в размере 10%.

3. Стоимость подкладок плоских (двухдырных) по ОСТ НКТП — 7702.

№ подкладки	Тип рельса кг/пог. м	Стоимость руб.
1	7	365
2	8	
3	11	
4	15	
5	18	

4. Стоимость подкладок клинчатых по ОСТ НКТП — 7703.

а) двухдырные для рельсов типа 24 кг/пог. м 343 руб.

б) то же трехдырные 343 руб.

5. Стоимость накладок плоских по ОСТ НКТП 7695—7700 для рельсов типа: 7, 8, 11, 15, 18 и 24 кг/пог. м 457 руб.

6. Стоимость накладок угловых по ОСТ НКТП 7699—7700 для рельсов типа 18 и 24 кг/пог. м 475 руб.

7. Стоимость болтов рельсовых с головкой «утиный нос» и гайками с дюймовой резьбой по $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКТП}}$ 3101, индекс Б-27:

Диаметр	Длина мм	Стоимость руб.
$\frac{3}{4}$ "	84	1050
$\frac{3}{8}$ "	94	1000
$\frac{7}{8}$ "	102	900
$\frac{7}{8}$ "	115	860

На II сорт делается скидка с указанной цены в размере 10%;

II. Практические данные к расчету рельсовых путей

1. Учитывая специфические условия работы рельсов, уложенных в подземный путь (смачиваемость пути, вспучиваемость отдельных участков почвы, малые радиусы кривых и пр.), можно принять допускаемое напряжение в рельсе на изгиб с учетом динамической нагрузки 1400—1600 кг/см².

2. Нормальное допускаемое напряжение шпалы на смятие с учетом динамической нагрузки:

дубовая шпала	50 кг/см ²
буковая »	40 »
сосновая »	25 »
еловая, пихтовая или кедровая шпала	22 »

Учитывая тяжелые условия работы шпал, уложенных в подземный путь, указанные выше напряжения взяты как нижний предел.

3. Нормальное допускаемое напряжение балластного слоя (на смятие—раздавливание) в зависимости от его качества с учетом динамической нагрузки:

щебень	5—6 кг/см ²
гравий	3—4 »
крупнозернистый песок	2,5—2,8 »
мелкий, легко размываемый песок	1,6—1,8 »

4. Допускаемое напряжение на смятие (раздавливание) земляного полотна (почвы выработки) с учетом динамических нагрузок:

синяя глина (сухая)	до 2,4 кг/см ²
то же (мокрая)	» 1,0 »
мелкий песок (сухой)	» 3,0 »
то же (мокрый)	» 1,5 »

Что касается других пород, из которых состоят почвы откаточных выработок, например на целом ряде шахт Донбасса (глинистые сланцы, песчаники, известняки и другие более крепкие породы), то они допускают более высокое напряжение на смятие (раздавливание), чем приведенные выше величины; последние относятся в большинстве случаев к шахтам Подмосковского бассейна.

5. Коэффициент нижней постели шпалы:

для плохого песчанистого балласта	4 кг/м ²
» сравнительно хорошего песчаного балласта	6 »
» щебенчатого балласта	8 »

Все практические вышеуказанные величины, относящиеся к расчету пути, полученные опытным путем для надземных железных дорог, требуют для подземных путей уточнения и соответственной корректировки. Для этой цели требуется ставить необходимые опыты и наблюдения за работой подземных путей, учитывая при этом все особенности откаточных выработок и сооружаемого на них пути.

6. Коэффициенты влияния: изгибающего момента ($a_2 = \mu$) и опорного давления ($a_4 = \eta$) можно определять на основании фиг. VIII, *a* и *б* в зависимости от величины *k* и расстояния соседних грузов, влияющих на расчетное сечение рельсового пути, или для этой цели строятся соответственные таблицы, по которым также могут определяться коэффициенты ($a_2 = \mu$ и $a_4 = \eta$).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

НАСТИЛКА ПУТИ В ШАХТЕ ¹

Нормы выработки и расценки на настилку путей в шахте охватывают следующие виды работ: 1) срывку рельсов, 2) настилку нового пути и 3) перестилку пути с подрывкой.

Состав работы

1. При срывке пути:

Осмотр места работы.
Подноска инструмента.
Выемка костылей.
Разболчивание рельсов.
Уборка рельсов в сторону.
Раскайловка.

Удаление старых шпал.
Уборка шпал в сторону.

2. При настилке пути:

Приготовление инструмента.
Осмотр места работы.
Долбление лунок.
Подноска рельсов и шпал.
Укладка шпал в лунки и укладка рельсов.
Прибивка рельсов к шпалам и сболчивание.
Проверка расстояния между рельсами шаблоном.
Балластировка пути.
Зачистка насланного пути и канавки.

3. При перестилке пути в состав работы входят все операции, перечисленные выше для срывки и настилки.

¹ Извлеченные из нормировочника на горные работы каменноугольных шахт Донбасса Наркомугля СССР, одобренного постановлением СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 31/III 1940 г. № 425 (изд. «Индустрия» Москва, 1940 г., стр. 85—88).

4. При перестилке пути с подрывкой в состав работы, помимо операций, перечисленных при срывке и настилке, входят еще следующие: подрывка (кайловка) выработки и уборка породы в вагоны.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ

Для успешного выполнения бригадой работы необходимо:

- 1) наличие на месте работы шпал и рельсов;
- 2) наличие необходимого инструмента, болтов, планок и костылей;
- 3) достаточное количество вагонов для погрузки в них породы.

Настилка нового пути в подготовительных работах производится бригадой, ведущей работы по прохождению выработки, или специальной бригадой по настилке пути.

При перестилке и подрывке пути работу выполняют бригады дорожных. Состав бригады дорожных устанавливается в зависимости от длины срываемого или перестилаемого пути и от времени, отведенного по графику для выполнения этой работы.

В процессе совместной работы каждый из членов бригады выполняет определенные операции; однако окончивший свою работу раньше других помогает остальным членам бригады.

Ниже приводится примерная организация работы дорожных.

Настилка пути. Работа по настилке пути начинается с долбления лунок (или выравнивания полотна). Закончив долбление лунок (или выравнивание полотна), рабочие подносят шпалы и рельсы, укладывают шпалы и прибавляют к ним рельсы, проверяют ширину колеи шаблоном, соединяют рельсы болтами и планками, производят балластировку пути.

Перестилка пути с подрывкой. Работа бригады дорожных начинается со срывки пути. Сорванные рельсы и шпалы убираются в сторону. Далее бригада производит подрывку пути на требуемую глубину и убирает породу в вагоны. Дорожные подносят шпалы и рельсы и укладывают их на новое полотно. После прибавки и соединения рельсов бригада производит балластировку пути.

НОРМЫ ВЫРАБОТКИ И РАСЦЕНКИ.

Нормы выработки и расценки для дорожных по настилке, срывке и перестилке с подрывкой пути в шахте представлены в табл. XVIII—XX.

Таблица XVIII

Нормы выработки и расценки для дорожных при настилке пути

Высота рельса, мм	Вес 1 пог. м рельсов, кг	Однколеинный путь						Двухколеинный путь					
		Крепкая порода		Средняя порода		Мягкая порода		Крепкая порода		Средняя порода		Мягкая порода	
		Нормы 1 пог. м пути	Расценки коп.	Нормы 1 пог. м пути	Расценки коп.	Нормы 1 пог. м пути	Расценки коп.	Нормы 1 пог. м пути	Расценки коп.	Нормы 1 пог. м пути	Расценки коп.	Нормы 1 пог. м пути	Расценки коп.
Расстояние между шпалами — до 0,7 м													
75	9,35	14,2	69,0	17,2	55,4	20,3	48,2	8,6	114,1	10,0	98	11,6	84,5
91	14,78	12,0	81,7	13,4	73,1	15,0	65,3	7,0	140	8,1	121	9,2	107
90	18,45	10,4	94,1	11,6	84,5	12,7	77,1	6,0	163	6,8	144	8,2	119
Расстояние между шпалами 1,0 м													
75	9,35	18,0	54,4	21,0	46,6	23,6	41,5	10,8	91	12,5	78	14,1	69,5
91	14,78	13,7	71,5	15,2	64,5	17,0	57,6	8,2	119	9,5	103	11,0	89
90	18,45	11,8	83,0	12,8	76,5	14,1	69,5	7,0	140	8,1	121	9,2	107

Нормы выработки и расценки для дорожных при срыве пути

Расстояние между шпалами, м	С удалением шпал		Без удаления шпал	
	Нормы 1 пог. м однопутного пути	Расценки коп.	Нормы 1 пог. м однопутного пути	Расценки коп.
До 0,7 . . .	51,9	18,9	83,0	11,8
1,0	59,2	16,6	93,0	10,5

Таблица XX

Нормы выработки и расценки для дорожных при перестилке пути с подрывкой

Высота рельса, мм	Вес 1 пог. м рельса, кг	Глубина подрывки							
		до 0,1 м		0,11—0,2 м		0,21—0,3 м		0,31—0,5 м	
		Нормы 1 пог. м пути	Расценки руб.—коп.	Нормы 1 пог. м пути	Расценки руб.—коп.	Нормы 1 пог. м пути	Расценки руб.—коп.	Нормы 1 пог. м пути	Расценки руб.—коп.
Однопутный путь									
75	9,35	9,7	1—01	8,2	1—20	6,9	1—42	5,0	1—96
91	14,78	8,5	1—15	7,2	1—36	6,2	1—58	4,4	2—22
90	18,45	7,5	1—31	6,5	1—51	5,7	1—72	3,9	2—51
Двухпутный путь									
75	9,35	6,1	1—61	5,5	1—78	4,8	2—04	3,6	2—72
91	14,78	5,2	1—88	4,6	2—13	4,2	2—33	3,3	2—97
90	18,45	4,6	2—13	4,2	2—33	3,7	2—65	2,8	3—50

Нормы выработки и расценки дорожных по перестилке пути без подрывки определяются как комплексные нормы на основе данных таблиц по срывке и настилке пути.

Таблицы составлены для выработок с углом наклона до 12°. В выработках с большим углом наклона приведенные в таблицах нормы умножаются, а расценки делятся на следующие коэффициенты:

Угол наклона выработок	Поправочный коэффициент
13—30°	0,86
31—45°	0,77

При укладке шпал в старые лунки или при настилке пути без предварительного выравнивания полотна приведенные в таблицах нормы умножаются, а расценки делятся на коэффициент 1,12.

В случае применения дубовых шпал приведенные в таблицах нормы умножаются, а расценки делятся на коэффициент 0,95.

Следует иметь в виду, что все указанные выше нормы и расценки относятся к 7 час. рабочему дню. Для перевода же их на 8 час. рабочий день необходимо сделать соответствующий пересчет.

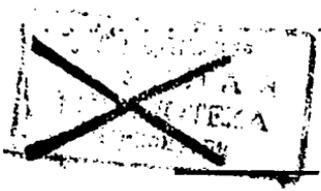
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Резолюции XVIII съезда ВКП(б).
Постановление СНК СССР и ЦК ВКП(б) о работе [угольной промышленности Донбасса от 28/IV 1937 г.
Приказ НКТП от 5/IX 1937 г. за № 952.
Проф. А. А. Каменский, доц. М. В. Березовский и И. П. Граве, Курс промышленных железных дорог, 1937.
Справочник эксплуатационника, изд. НКПС, 1933.
А. К. Янковский, Укладка и содержание стрелочных переводов, 1939.
П. С. Дурнов, Организация ремонта и содержания пути, 1938.
НКЧМ СССР, Прейскурант на черные металлы, 1939.
Инж. В. П. Крачковский, Механический износ деревянных шпал и меры борьбы с ним (VI сборник), 1931.
Труды Московского института инженеров транспорта им. И. В. Сталина (выпуск 45), 1936.
Ю. В. Энгельгардт, Железные дороги, т. III, 1929.
К. А. Егоров, Внутривзаводский транспорт, 1937.
Г. И. Золотухин, М. А. Дегтерев и Я. Т. Зусманович, Проектирование транспорта промышленных предприятий, изд. 1938.
Проф. Л. Д. Шевяков, Рудничный водоотлив, 1936.
С. И. Лопатин, Технико-экономический расчет электровозной откатки при сложном профиле пути, изд. ОНТИ НКТП СССР 1936 г.
Панов А. Д. и Довидянец В. Г.—Дорожные рабочие в шахте. ОНТИ, 1938 г.
Инж. И. Т. Резунов, Электровозные рельсовые пути в шахте, 1935.
Шахтострой, Сборник норм по проектированию каменноугольных шахт, 1934.
Шахтострой, Типовое оборудование подъема и откатки для каменноугольных шахт, 1936.
Проф. Н. В. Федоров, Круговые и переходные кривые (полевые таблицы), 1938.
Правила безопасности в каменноугольной и сланцевой промышленности, 1939.
Dr. Ing. F. Schott, Der Gleisbau in den Hauptförderstrecken untertage, «Glückauf» № 17, 1932.
Dr. Ing. F. Schott, Die Linienführung der Schienen in den engen Kurven der Hauptförderstrecken, «Der Bergbau» № 4, 1932.
M. I. Eising-Cost, Of Trolley-locomotive transportation, «Engineering Mining Journal» № 4, 1933.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие автора	3
Глава I. Нижнее строение пути и откаточные выработки	5
§ 1. Главные части рельсового пути	5
§ 2. Продольный и поперечный профили нижнего строения пути	6
§ 3. Оценка притоков воды в шахте	8
§ 4. Водоотводные устройства и их расчет	9
§ 5. Габариты откаточных выработок	13
Глава II. Основные элементы верхнего строения пути	14
§ 1. Рельсы	14
§ 2. Шпалы	16
§ 3. Балласт	18
§ 4. Типы креплений рельсов с опорами и отдельные их эле- менты	20
§ 5. Крепление рельсов по их длине и противоугольные устройства	24
Глава III. Устройство рельсовой колеи	30
§ 1. Построение рельсовой колеи для прямолинейного пути	30
§ 2. Уширение колеи на криволинейных участках путей	34
§ 3. Превышение наружного рельса над внутренним	39
§ 4. Переходные кривые	41
Глава IV. Расчеты и разбивка пути	47
§ 1. Стрелочные переводы	47
§ 2. Длина рельса	58
§ 3. Методы расчета рельсового пути	63
§ 4. Принцип разбивки криволинейного пути на местности	74
Глава V. Укладка, ремонт и содержание пути	78
§ 1. Организация и порядок укладки постоянного пути на пря- молинейных участках	78
§ 2. Укладка пути на закруглениях	86
§ 3. Причины угона и укладка пути на наклонных выра- ботках	93
§ 4. Укладка стрелочных переводов	98
§ 5. Характер ремонтных путевых работ	104
§ 6. Работы по текущему содержанию пути	107
§ 7. Капитальный ремонт и реконструкция пути	119

Глава VI. Методы определения количества рабочей силы и материалов.	
Нормы выработки и расценки	127
§ 1. Методика и порядок составления технологических процессов на путевые работы	127
§ 2. Нормы выработки и расценки на укладку путей в шахте и расход путевых материалов	129
Глава VII. Примеры расчетов отдельных элементов нижнего и верхнего строений пути	130
Приложение 1	143
Приложение 2	167



A

17247