

СССР — МПС
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Шатерков В. И.

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРЕЛКИ НА ПРОЧНОСТЬ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук
профессор М.А. ФРИШМАН

ДНЕПРОПЕТРОВСК
1958 г.



1. ВВЕДЕНИЕ

1237/a
Повышение скоростей движения до 100 км/час для грузовых и до 120—140 км/час для пассажирских поездов, намечаемое шестым пятилетним планом в связи с ростом объема перевозок на железных дорогах СССР, вызывает необходимость увеличения общей мощности конструкции верхнего строения пути.

Повышение скоростей движения должно быть обеспечено и на стрелочных переводах. При движении по основному пути до настоящего времени скорости движения не ограничивались, однако значительное их повышение возможно при такой конструкции стрелок, при которой напряжения в острьяках не превышали бы допускаемых.

Повышение скоростей движения на боковой путь связано с созданием переводов новых более пологих марок крестовин, чем применяемые в настоящее время 1/9 и 1/11, для которых скорость движения на боковой путь установлена в 40 км/час.

Решение указанных вопросов может быть в значительной мере облегчено при помощи расчета основных элементов стрелки на прочность. Несмотря на то, что в последнее время количество исследований как экспериментального, так и теоретического характера в области изучения работы стрелочных переводов значительно возросло, все же ряд вопросов требует дальнейшего углубленного изучения.

В диссертации рассматривается расчет острьяков на прочность под действием вертикальных и горизонтальных сил, возникающих под подвижной нагрузкой. Расчетом представляется возможность определять напряжения как в криволинейных, так и в прямолинейных острьяках, а также устанавливать допускаемые скорости движения по основному пути.

В пределах стрелки экспериментально определялась боковая жесткость рельсовых нитей. Установление боковой жесткости дает возможность определять величины отжатий рельсовых нитей в горизонтальной плоскости.

В работе приводится сравнение напряжений, возникающих в острьях лафетных и безлафетных стрелок, а также боковых жесткостей рельсовых нитей для них.

Данные, необходимые для расчета острьяков на прочность, частично были получены расчетным путем и путем постановки автором специальных опытов. Были также использованы материалы ранее производившихся экспериментальных исследований в ДИИТе, ЛИИЖТе, ЦНИИ.

2. РАСЧЕТ ОСТРЯКОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СИЛ

В расчетах обычного железнодорожного пути на прочность используются схемы расчета балки бесконечной длины как на сплошном упругом основании, так и на отдельных упругих опорах.

Остряк представляет собой балку конечной длины переменной жесткости с переменной жесткостью основания. Изменение жесткости балки выразить простой зависимостью не представляется возможным, а следовательно, общее решение в элементарных функциях по схеме балки, лежащей на сплошном упругом основании, не может быть получено. Для получения частного решения придется применять приближенные приемы, например, численное интегрирование дифференциального уравнения.

Такой способ вследствие своей громоздкости может применяться только для проверочных расчетов. Более эффективным, в данном случае, оказывается применение способа расчета по схеме балки на отдельных упругих опорах. При этом сравнительно легко построить линии влияния изгибающих моментов, которые в дальнейшем могут быть использованы для расчета на любую нагрузку. Кроме того, при расчетах острьяков необходимо учитывать совместную работу и рамного рельса. Учет совместной работы остряка и рамного рельса может быть осуществлен двумя способами.

При первом способе рассматривается балка с приведенным моментом инерции I_{np} , равным:

$$I_{np} = I_0 + \rho I_p \quad (1)$$

где I_0 — момент инерции остряка,

I_p — момент инерции рамного рельса,

ρ — коэффициент, учитывающий долю участия рамного рельса в совместной работе.

Такой способ учета совместной работы остряка и рамного рельса при расчете был применен канд. техн. наук В. Ф. Яков-

левым в своей диссертации. Коэффициент определялся как отношение просадки бруса под рамным рельсом к просадке бруса под остряком (при нагрузке, находящейся на остряке) и принимался равным единице на всем протяжении, где остряк вплотную прилегает к рамному рельсу, и 0,9 на остальном протяжении. Необходимо отметить, что коэффициент ρ следует определять не как отношение просадок брусьев, а как отношение прогибов рамного рельса и остряка. Недостатком рассматриваемого способа учета совместной работы остряка и рамного рельса является то, что уже в начале расчета необходимо вводить коэффициент для определения значения приведенного момента инерции $I_{пр}$. Изменение значений коэффициента ρ в зависимости от крепежителей и от условий содержания стрелки приведет к необходимости перерасчета.

При втором способе совместная работа остряка и рамного рельса учитывается распределением вертикальных сил между остряком и рамным рельсом.

В различных сечениях остряка рамный рельс воспринимает разную долю общей нагрузки. Определение доли усилий, воспринимаемой рамным рельсом, может быть произведено путем измерения осевых напряжений в подошве рамного рельса при нагрузке, находящейся на остряке, и при нагрузке, находящейся на рамном рельсе. Отношение указанных напряжений и определяет долю общей нагрузки, воспринимаемую рамным рельсом в различных сечениях.

При таком способе учета совместной работы остряка можно рассчитывать как отдельную балку на ту часть нагрузки, которая им воспринимается. Таким образом, расчет не зависит от распределения нагрузки между остряком и рамным рельсом и остается в силе при любом распределении. Учитывать долю воспринимаемой нагрузки остряком необходимо только при определении напряжений в нем.

Раньше упоминалось, что при расчете придется применять приближенные приемы решения, так как остряк имеет переменную жесткость и опирается на неравноупругие опоры. Приближение состоит в том, что, рассматривая балку на сплошном упругом основании на отдельных участках, жесткость балки и основания приводится к постоянному значению. Расчет будет тем точнее, чем больше таких участков будет на длине балки. Однако при увеличении числа участков громоздкость вычислений значительно возрастает. Расчет остряка как неразрезной балки на отдельных упругих опорах можно рассматривать при любом изменении жесткости опор. Приводить к постоянному значению необходимо только жесткость балки в пределах каждого пролета, что повышает точность расчетов.

Итак, на основании изложенного можно заключить, что при расчетах острьяков более приемлемой будет расчетная схема, в которой остряк рассматривается как неразрезная балка на отдельных упругих опорах. При этом при определении напруг в остряке учитывается доля нагрузки, воспринимаемая остряком.

В диссертации рассмотрен подробный расчет криволинейного остряка длиной 6515 мм, пониженного профиля к рельсам типа Р-43.

Моменты инерции острякового рельса подсчитывались в начале остряка, в сечениях 5 мм, 20 мм, 50 мм, 70 мм и в полном сечении. Моменты инерции определялись двумя способами: 1) при помощи деления сечения на правильные геометрические фигуры и 2) при помощи интегратора Амслера ЦНИИ.

Жесткость каждой опоры D определялась расчетным путем. Для этого в пределах стрелки определялась просадка брусьев в сечениях под рельсовыми нитями, при приложении к ним двух равных сил P . Для определения значений просадок бруса, последний рассматривался как балка на сплошном упругом основании. Расчет производился методом начальных параметров. Жесткость опор определялась для брусьев типа «О» с моментом инерции поперечного сечения $I_x = 11500 \text{ см}^4$. Коэффициент постели бруса «С» принимался равным 6 кг см^3 (для щебеночного балласта).

К расчету принята десятипролетная балка с равными пролетами по 55,5 см (типовое расположение брусьев для марок 1 9 и 1/11 при рельсах Р-43).

В расчет не вводился «флюгарочный» пролет, так как в этом сечении остряк не воспринимает вертикальной нагрузки. Первой опорой расчетной балки принят второй «флюгарочный» брус (нулевая опора). В конце остряка последней опорой служит брус 10, являющийся стыковым для корня остряка. В отличие от всех шарнирных опор, на опоре 10 в начальном варианте принята жесткая заделка, исключая возможность поворота этого сечения. Такое допущение значительно увеличило жесткость этого сечения. Изменение степени упругости заделки в соответствии с конструкцией стыка может быть сравнительно просто учтено в системе уравнений, что в дальнейшем и было сделано для шкворневого крепления остряка в корне.

За основную систему для расчета принималась та же балка, но разделенная шарнирами на ряд однопролетных балок, в которой за неизвестные принимались изгибающие моменты, действующие в опорных сечениях и обозначенные соответственно опорам через M_1, M_2, \dots, M_{10} .

Применяя теорему о пяти моментах, можно написать следующее уравнение:

$$\delta_{n,n-2} M_n + \delta_{n,n-1} M_{n-1} + \delta_{n,n} M_n + \delta_{n,n+1} M_{n+1} + \delta_{n,n+2} M_{n+2} + \Delta_{np} = 0$$

где M_{n-2} — взаимный поворот сечений на опоре n , который вызывается двумя равными и противоположными моментами M_{n-2} ;
 M_{n-1} — взаимный поворот сечений на той же опоре, вызываемый моментами M_{n-1} и т. д.;
 Δ_{np} — поворот сечений на опоре n , вызванный внешней нагрузкой P

Коэффициенты уравнений вычисляются с помощью эпор изгибающих моментов от $M_1=1$, $M_2=1$ и т. д. В результате подсчетов коэффициентов получена система пятичленных линейных уравнений, состоящая из десяти неизвестных.

Наиболее рациональным для решения канонических уравнений является метод последовательного исключения неизвестных, так называемый сокращенный алгоритм Гаусса. Достоинствами метода являются табличная форма решения и непрерывный контроль вычислений. Для получения полного решения выполнялся прямой ход при помощи сокращенного алгоритма Гаусса, причем решение проводилось без учета свободных членов, что позволило получить общее решение для данной балки. Обратный ход выполнялся при помощи табличной формы решения, предложенной проф. И. В. Урбаном.

При выполнении обратного хода путем использования главных коэффициентов $\delta_{1,1}^1$, $\delta_{2,2}^1$, $\delta_{10,10}^1$ преобразованных уравнений и вспомогательных коэффициентов $\alpha_{1,2}$, $\alpha_{1,3}$, $\alpha_{2,3}$ и т. д., заполнялась таблица обратного хода, непосредственно дающая числа β_{ik} . Так как система симметрична, то вычислялась только половина коэффициентов.

В общем виде решение может быть представлено так

$$M_1 = \beta_{1,1} K_1 + \beta_{1,2} K_2 + \beta_{1,3} K_3 + \beta_{1,10} K_{10}$$

$$M_2 = \beta_{2,1} K_1 + \beta_{2,2} K_2 + \beta_{2,3} K_3 + \beta_{2,10} K_{10}$$

$$M_{10} = \beta_{10,1} K_1 + \beta_{10,2} K_2 + \beta_{10,3} K_3 + \beta_{10,10} K_{10}$$

Здесь через K обозначены свободные члены.

По полученным решениям были построены линии влияния опорных моментов. Ординаты линий влияния опорных момен-

тов вычислялись в середине и четвертях каждого пролета. По ординатам линий влияния опорных моментов легко найти изгибающие моменты в любом сечении. Например, в сечении Z изгибающий момент может быть найден по формуле:

$$M_z = M_z^0 + M_{n+1} \frac{\ln - z}{l} + M_n \frac{z}{l_n}$$

где M_z^0 — изгибающий момент в сечении Z однопролетной балки;

M_n, M_{n+1} — значения опорных моментов.

По ординатам линий влияния видно, что на десятой опоре момент значительно больше смежных опорных моментов. Это объясняется тем, что в расчетной схеме было принято на этой опоре жесткое закрепление, допускающее только вертикальные перемещения и не допускающее поворота сечения.

Для уточнения расчетной схемы автором был проведен опыт с целью определения жесткости опорного сечения. Опыт проводился следующим образом.

Над опорным сечением, на головку рельса наклеивался проволочный датчик и прикреплялся чувствительный уровень (клинометр Стопани) с ценой деления уровня около 4". При нагруженном острьяке измерялись напряжения в головке и измерялся угол поворота сечения. Затем определялся угол поворота, приходящийся на единицу момента. С учетом полученных данных было изменено десятое уравнение. Решение системы уравнений с измененным десятым уравнением показало, что опорный момент на десятой опоре существенно уменьшился (с 20,0Р до 12,35Р). Изменение значений опорных моментов в прилегающих пролетах таково, что практически не имеет существенного значения на расстоянии трех пролетов от десятой опоры.

В соответствии с принятой схемой расчета остряка, совместная работа его с рамным рельсом должна учитываться распределением между ними вертикальной нагрузки. Распределение вертикальной нагрузки между рамным рельсом и остряком определялось при постановке специальных опытов. Были использованы также данные опытов, проводившихся в ЛИИЖТе.

При определении напряжений принято, что остряк в различных сечениях воспринимает следующую долю нагрузки:

- в сечении 20 мм — 7%
- в сечении 50 мм — 48%
- в сечении 70 мм — 60%
- в корне остряков — 60%

Определение статических напряжений в различных сечениях остряка показало, что наибольшие напряжения возникают в наружной кромке подошвы остряка в сечении 70 мм.

Для определения динамических напряжений, динамические вертикальные силы могут быть подсчитаны по формулам, приведенным в правилах производства расчетов железнодорожного пути на прочность. В формулы для определения $R_{дин}$ входят значения модуля основания U и коэффициента относительной жесткости K . Значение U в пределах стрелки определяется просто через жесткость опор L . Значение K можно определять по формуле:

$$K = \sqrt[4]{\frac{U}{4El_{пр}}}$$

$l_{пр}$ определяется по формуле (1).

Так как $l_{пр}$ зависит от коэффициента P , то изменение P повлияет на значения K и следовательно, на $R_{дин}$. Принимая возможное изменение коэффициента ρ в пределах от 0,5 до 0,9 и вычисляя соответствующие значения K , подсчитывались значения $R_{дин}$ для разных локомотивов. Сравнение значений $R_{дин}$, соответствующих значениям $\rho = 0,5$ и $\rho = 0,9$ показало, что максимальное расхождение не превышает 2%.

Поэтому, даже при отсутствии точных данных о значениях для рассчитываемой стрелки, его значение можно принимать в пределах от 0,5 до 0,9, что не внесет существенной погрешности при определении $R_{дин}$.

Учет внецентренного приложения вертикальных сил, а также поперечных горизонтальных сил при движении по основному пути может быть осуществлен при помощи коэффициента f . В первом приближении значения этого коэффициента принимаются такими же как и для прямых участков обычного пути. Отношения опытных кромочных напряжений к осевым в остряках показывают, что для основного пути значения коэффициента близки к таковым для обычного пути.

При определении напряжений в прямолинейных остряках могут быть использованы ординаты линий влияния, полученные для тех же сечений криволинейного остряка. При этом погрешность может быть за счет разной жесткости опор. Наибольшая величина такой погрешности не превышает 3—4%.

В таблице 1 приведены расчетные напряжения в прямолинейных остряках типа Р-43, не имеющих износа. При расчете принимались брусья типа «О», балласт — щебень. Напряжения определялись в наиболее напряженных сечениях остряка.

Таблица 1.

Сечение острыка	Расчетное колесо	Кромочные напряжения в подошве острыка				
		Паровоз „ФД“		Паровоз „ИС“		
		V— 50 км/час	V— 85 км/час	V— 50 км/час	V— 100 км-час	V— 130 км-час
50 мм	I сц.	1400	1850	1350	1890	2320
	III вед.	1620	1970	1670	2100	2620
70 мм	I сц.	1500	2000	1520	2140	2640
	III вед.	1820	2220	1940	2420	3000
Полное сечение	I сц.	1300	1720	1250	1760	2150
	III вед.	1520	1860	1580	2000	2450

Из таблицы 1 видно, что скорость движения для некоторых локомотивов по основному пути может ограничиваться по напряжениям в острых типа Р-43, даже не имеющих износа.

В работе также рассматривались расчетные схемы острых как балки пятипролетной и семипролетной. Было получено, что при пятипролетной балке расчетные напряжения практически совпадают в среднем пролете с расчетными напряжениями, полученными для десятипролетной балки. Для семипролетной балки расчетные напряжения совпадают в трех средних пролетах.

Погрешность от таких упрощений в расчетах при локомотивной нагрузке (т. е. при действии системы грузов) будет составлять для паровозов около 10% и для электровозов и тепловозов около 5% (для острых рельсов к типу Р-43). Объем вычислений в этих случаях значительно сокращается. Так при рассмотрении пятипролетной балки достаточно решить систему, состоящую из четырех уравнений, а для семипролетной балки — из шести уравнений.

Такие расчетные схемы могут быть использованы для определения напряжений в острых с различным износом, при

остряках разной длины, а также при разных типах острых рельсов (пятипролетная балка). Расчетную схему семипролетной балки целесообразно применять при определении напряжений в ослабленной зоне гибких острых.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ БОКОВОЙ ЖЕСТКОСТИ РЕЛЬСОВЫХ НИТЕЙ В ПРЕДЕЛАХ СТРЕЛКИ

Поперечные горизонтальные силы, возникающие при движении подвижного состава по боковому пути в стрелочных переводах вызывают упругие боковые отжатия рельсовых нитей и дополнительные напряжения в рельсах. Определение расчетом величин упругих отжатий рельсовых нитей, а также напряжений при действии поперечных горизонтальных сил может быть осуществлено при известной боковой жесткости рельсовых нитей β . Между тем боковая жесткость рельсовых нитей в стрелочных переводах до сих пор не исследована.

В диссертации приводятся данные о боковой жесткости рельсовых нитей в пределах стрелки. Жесткость была получена опытным путем для лафетной стрелки с рельсами Р-43 при костыльном прикреплении, а также для безлафетной стрелки того же типа при шурупном прикреплении.

При опытах индикаторами измерялись упругие отжатия головки и подошвы рамного рельса при различных боковых силах, приложенных к головке рельса. Измерение отжатий производилось в трех сечениях остряка: в сечении 20 мм, 70 мм и по второму упорному болту. Боковое давление доходило до 6000 кг с интервалами через 1000 кг.

Жесткость определялась по формуле:

$$\beta = \frac{H}{X}$$

где H — боковое давление

X — упругое отжатие.

Опыты проводились в два этапа. При первом этапе измерялись упругие отжатия рамных рельсов при снятых острых. В этом случае в первых двух сечениях получена одинаковая жесткость β . В третьем сечении жесткость была большей, что можно объяснить близостью корневого стыка.

Во втором этапе при совместной работе острых и рамных рельсов жесткость была большей и изменялась по длине.

Всего при опытах был произведен 51 цикл загрузки. Из них 27 было при наличии вертикальной нагрузки.

В связи с тем, что при совместной работе острых и рамных рельсов жесткость изменяется по длине стрелки, появля-

ется необходимость определения жесткости β расчетом в любом сечении. Используя полученные жесткости β из опытов можно определить модуль упругости основания в горизонтальной плоскости U_r по формуле:

$$U_r = \frac{\beta^{3/4}}{\sqrt[4]{64EI_y}}$$

Величина модуля U_r остается постоянной как при совместной работе рамного рельса и острьяков, так и при работе одного только рамного рельса. Это объясняется тем, что острия к опорам не прикрепляются и не оказывают влияния на величину модуля U_r .

Таким образом, зная модуль упругости основания, можно легко определить коэффициент относительной жесткости в любом сечении, по формуле:

$$K_r = \sqrt[4]{\frac{U_r}{4EI_y}}$$

Значение I_y принимается как сумма моментов инерции остряка и рамного рельса для того сечения, в котором определяется K_r .

Величина отжатий X головки рамного рельса может быть определена расчетом, по формуле:

$$X = \frac{H}{8EI_y K_r}$$

Сравнение опытных и расчетных величин отжатий показывает, что расхождение не превышает 10%. Следовательно, для расчетов величин отжатий остряк и рамный рельс с некоторым приближением можно рассматривать как балку бесконечной длины на сплошном упругом основании.

При совместном действии вертикальных и поперечных горизонтальных сил отжатие определяется по формуле:

$$X = \frac{H - Pf}{8EI_y K_r} \quad (2)$$

где f — коэффициент трения стали по дереву, который проф. К. П. Королев рекомендует принимать равным 0,15. Измерения показали, что жесткость для лафетной стрелки даже с костыльным креплением на 25% больше чем безлафетной.

4. РАСЧЕТ ОСТРЯКОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ

Действие горизонтальных поперечных сил при определении напряжений в рельсах обычного пути учитывается коэффициентом Γ , значения которого определены на базе многочисленного опытного материала. При расчете остряков можно в первом приближении применять значение коэффициента Γ только при расчете напряжений в остряках основного пути. Значения этого коэффициента для кривых обычного пути при определении напряжений в криволинейных остряках, ведущих на боковой путь, не могут быть использованы, вследствие конструктивных особенностей и специфических условий взаимодействия подвижного состава и пути.

Значения коэффициентов Γ для расчета криволинейных остряков можно также установить при помощи экспериментальных исследований, которых в настоящее время проведено еще недостаточно. Указанные обстоятельства при определении напряжений в остряках и рамных рельсах от действия боковых сил, приводят к необходимости производства расчета их на изгиб в горизонтальной плоскости. Остряк и рамный рельс при этом необходимо рассматривать как составную балку бесконечной длины с переменной жесткостью в месте прилегания остряка. Модуль упругости основания в пределах остряков также изменяет свое значение (в зоне упорных болтов). Расчет на деформацию изгиба в горизонтальной плоскости остряка и рамного рельса можно производить по двум схемам:

1. Рассматривается составная балка на сплошном упругом основании.

2. Рассматривается составная балка на отдельных упругих опорах.

Так же, как и при расчетах в вертикальной плоскости способы расчета будут приближенными. При расчетах по первой схеме изгибающий момент определяется по формуле.

$$M = \frac{H - P_i}{4K\Gamma} \quad (3)$$

В формулу (3) подставляется значение $K\Gamma$, вычисленное для рассматриваемого сечения.

Этой формулой не учитывается влияние меняющихся значений жесткостей балки и основания справа и слева от рассматриваемого сечения. Применение такой формулы допустимо потому, что изменение момента инерции остряка происходит плавно и поэтому погрешность не будет превышать 10%.

Для производства расчетов по схеме балки на отдельных упругих опорах, используется принцип, который был применен при расчете остряка в вертикальной плоскости. В связи с тем, что в расчетах была принята десятипролетная балка для двух крайних пролетов изгибающий момент определится с некоторой погрешностью. При второй схеме расчета учитывается влияние на величину изгибающих моментов изменение жесткости балки и опор слева и справа от расчетного сечения. Изгибающие моменты при этом можно определять как для середины пролета, так и на опоре, что при расчете стрелок является важным.

При расчете по первой схеме, модуль упругости основания определялся относительно центра изгиба, а по второй схеме определялась жесткость каждой опоры D по формуле

$$D = U_r \times I$$

Найденный общий изгибающий момент в горизонтальной плоскости распределяется между остряком и рамным рельсом пропорционально их моментам инерции.

Для определения напряжений в остряках и рамных рельсах от боковых сил, необходимо определить значение этих сил при движении по боковому пути.

В работе значения боковых сил определены расчетом по способу проф. К. П. Королева для перевода М 1/11 при движении по боковому пути паровоза «ФД». Значения боковых сил на стрелке при радиусе остряка 300 м получились, примерно, на 35% больше чем для такого же радиуса кривых обычного пути. Это объясняется отсутствием возвышения наружного рельса в стрелочных переводах.

При известных упругих отжатиях и жесткостях рельсовых нитей, с некоторым приближением боковые усилия можно также определять по формуле (2).

Как показывают расчеты и опытные данные, напряжения в криволинейных остряках больше, чем в прямолинейных при одной и той же скорости. Для наших наиболее часто встречающихся марок крестовин 1/11 и 1/9 движение на боковой путь разрешается со скоростью не более 40 км/час. Для неизношенных криволинейных остряков расчетные напряжения в наружной кромке подошвы при пропуске паровоза ФД по боковому пути со скоростью 40 км/час были максимальными в сечении 70 мм и равнялись 2280 кг/см². Из таблицы 1 видно, что даже при скорости движения паровоза ФД по основному пути, рав-

ной 85 км/час, напряжения в наружной кромке подошвы прямолинейного остряка в том же сечении 70 мм равнялись 2220 кг/см²

Следует отметить, что при сравнении полученных нами расчетных напряжений с опытными, полученными в ЦНИИ, расхождение в среднем составляло 10%. Максимальное расхождение не превышало 20%.

Таким образом, расчетами как прямолинейных, так и криволинейных остряков можно не только определить максимальные напряжения, в них возникающие, но и скорости движения подвижного состава, при которых напряжения не превосходят допускаемых.

В работе специальный расчет рамных рельсов не рассматривался, так как установлено, что при совместной работе рамного рельса с остряком в нем возникают меньшие напряжения, чем при работе только одного рамного рельса. В последнем случае его можно рассчитывать как рельс обычного пути.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В работе предлагается способ расчета остряков на прочность при совместном действии вертикальных и поперечных горизонтальных сил.

2. Подробный расчет по принятому способу дан для остряков типа Р-43 длиной 6515 мм, для которых построены линии влияния опорных моментов. Используя линии влияния, представляется возможным определять значения изгибающих моментов для любой нагрузки и, следовательно, определять напряжения в сечениях остряков.

По расчетным напряжениям в прямолинейных остряках представляется возможным устанавливать допускаемые скорости движения по основному пути.

3. В работе рассмотрено несколько вариантов расчетов расчетных схем. Остряк при этом рассматривался как пятипролетная, семипролетная и десятипролетная балка. Значения изгибающих моментов в случае пятипролетной балки практически совпадают для среднего пролета, при сравнении их со значениями, полученными для десятипролетной балки. При расчете семипролетной балки значения моментов совпадают для трех средних пролетов. Так как в этом случае расчет ведется на одиночный груз, то значения изгибающих моментов для остряковых рельсов типа Р-43 увеличиваются по сравнению с расчетом на систему грузов для паровозов на 10%, а для электровозов и тепловозов — на 5%.

Таким образом, расчетными схемами пятипролетных и семипролетных балок можно пользоваться при расчетах остряков большой длины, другого типа, остряков с различным изгибом, а также при расчетах ослабленной зоны гибких остряков.

4. Расчеты показывают, что наибольшие напряжения возникают в наружной кромке подошвы остряка в сечении 70 мм, где остряк воспринимает по сравнению с рамным рельсом большую часть вертикальной нагрузки. При длинных остряках, в связи с увеличением расстояния между рамным рельсом и остряком, можно ожидать, что часть нагрузки, приходящаяся на остряк, возрастет еще больше. В таких случаях целесообразно применять рельсо-остряки. Это приведет к увеличению момента инерции остряков в вертикальной плоскости, а также к улучшению корневого крепления путем устройства жесткого стыка в корне.

5. Исследования боковой жесткости рельсовых шпестей в пределах стрелки показывают, что лафетные стрелки имеют значительно большую жесткость по сравнению с безлафетными, что приводит к более устойчивой их работе.

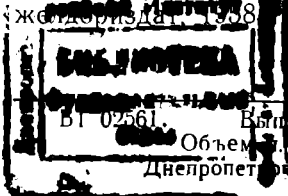
Расчетные напряжения в остряках лафетных стрелок при действии вертикальных и поперечных горизонтальных сил, примерно, на 20% ниже напряжений в остряках безлафетных стрелок.

Полученные материалы по изучению напряженного состояния остряков как лафетных, так и безлафетных стрелок, могут быть использованы для оценки существующих конструкций стрелок или при конструировании новых.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. «Расчет стрелки на прочность». Сборник научных работ по вопросам путевого хозяйства. Издан кафедрой «Путь и путевое хозяйство» ДИИТа, ДорНТО и службой пути Сталинской жел. дор. 1957 г.

2. «Исследование боковой жесткости рельсовых шпестей в пределах стрелки». Сборник трудов ДИИТа, выпуск 27 Трансжелдориздата, 1958 г.



1237/а

Выпуск 16/V-1958 г. Заказ № 3492—110
Объем 1 л. 1 Бумага размер 60x84 1/16
Днепропетровск. Тисногр. отд. Трансжелдориздата.