

СССР — МПС
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Аспирант А. М. Микитенко

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ
ТИПА Р65 МАРКИ 1/11 НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ПЛИТАХ ПОД ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКОЙ

Специальность № 432 «Железнодорожный путь»

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Днепропетровск
1969

НТБ
ДНУЖТ

СССР — МПС
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Аспирант А. М. Микитенко

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ
ТИПА Р65 МАРКИ $\frac{1}{11}$ НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ПЛИТАХ ПОД ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКОЙ

Специальность № 432 «Железнодорожный путь»

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Днепропетровск
1969

НТБ
ДНУЖТ

3831a

Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации аспиранта А. М. Микитенко.

Просим Вас и всех заинтересованных лиц Вашего учреждения принять участие в публичной защите диссертации или прислать свой отзыв в письменном виде в 2-х экземплярах, заверенные печатью Вашего учреждения по адресу.

г. Днепропетровск — 10, Университетская, 2, ДИИТ.

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор М. А. Фришман.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор В. И. Ангелейко, кандидат технических наук Амеличев И. В.

Ведущее предприятие — служба пути Белорусской железной дороги.

Автореферат разослан «20» января 1969 г.

Защита диссертации состоится «25» февраля 1969 г. на заседании Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета, доцент

Л. Н. ЛЕБЕДИНЕЦ.

ВВЕДЕНИЕ

Директивами XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану 1966—1970 гг. определена основная задача в развитии железнодорожного транспорта — повышение пропускной и провозной способности железных дорог. Решение этой задачи осуществляется путем комплексного технического развития хозяйства железных дорог с целью наиболее полного использования преимуществ новых видов тяги и эффективного использования основных производственных фондов железнодорожного транспорта.

В связи с быстрым ростом грузонапряженности и скоростей движения к устройству и содержанию железнодорожного пути предъявляются новые повышенные требования. Очень высокая грузонапряженность на ряде направлений железных дорог вызывает необходимость создания новой более устойчивой конструкции пути. В этой связи в нашей стране и других государствах проводятся большие исследовательские работы по созданию блочных железобетонных оснований в конструкциях верхнего строения пути.

В течение 1958—1967 гг. в СССР уложены опытные участки пути с блочными железобетонными основаниями (варианты; 8А — 1,7 км, 4—4,6 км, 8В — 5,95 км, 8Т — 0,1 км)

ЦНИИ МПС и другими организациями в процессе работы над блочными основаниями для магистрального пути неоднократно прорабатывался вопрос о применении железобетонного основания под стрелочные переводы. Это вызывалось острой необходимостью сократить потребление ценной строевой древесины для переводных брусьев и увеличить несущую способность стрелочных переводов.

В 1959—1960 гг. Гипропромтрансстроем Минтрансстроя и ПБК ЦП МПС были разработаны проекты стрелочных переводов марки 1/11 типов Р50 и Р65, марки 1/18 типа Р50 на железобетонных плитах.

В течение 1962—1964 гг. на сети железных дорог было уложено на плитах 70 комплектов стрелочных переводов типа Р50 марки 1/11.

По исследованию этих конструкций проведены большие работы ДИИТом, ЦНИИ МПС и БИИЖТом. Было установлено ряд серьезных конструктивных недостатков,

вследствие чего укладка стрелочных переводов типа Р50 марки 1/11 на плитах была прекращена в 1964 г.

В 1964 г. было начато изготовление и укладка опытной конструкции стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11 на железобетонных плитах с учетом устранения ряда конструктивных недостатков стрелочных переводов типа Р50.

За период 1964—1967 гг. на сети железных дорог уложено 17 комплектов стрелочных переводов типа Р65, в том числе на Юго-Западной железной дороге — 7 комплектов.

В связи с этим исследование работы стрелочных переводов типа Р65 на плитах под подвижной нагрузкой явилось актуальной задачей.

В задачу наших исследований были включены вопросы оценки работы новой конструкции по различным показателям. Выполненное теоретическое исследование должно было оценить особенности взаимодействия подвижного состава и стрелочного перевода, оценить влияние массы плит и жесткости элементов пути на силы этого взаимодействия. Но ограничиться только теоретическими исследованиями нельзя, так как из-за сложности процесса взаимодействия пути и подвижного состава ряд необходимых параметров можно установить только из эксперимента.

Для полноты суждений о достоинствах и недостатках новой конструкции необходимы также достаточно длительные эксплуатационные наблюдения за ее работой в пути. Необходимо также, хотя бы приближенная, оценка новой конструкции по ее технико-экономической эффективности.

По указанным причинам в реферируемой диссертации производятся теоретические и экспериментальные исследования опытной конструкции стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11 на железобетонных плитах под подвижной нагрузкой, статистические наблюдения за ее работой в пути и оценка ее технико-экономической эффективности.

Диссертационная работа изложена в двух томах, она содержит 173 страницы, 76 рисунков и 10 приложений. Перечень литературы состоит из 79 названий.

1. Теоретические исследования сил взаимодействия пути и подвижной нагрузки в зоне крестовины стрелочного перевода с использованием АВМ.

Теоретическое исследование динамического воздействия подвижной нагрузки на стрелочный перевод выполнено с использованием электроаналоговой модели по расчетной схеме «колесо-путь» (система с пятью степенями свободы) и анало-

говых вычислительных машин типа МН-7 и «Аналог-1», включенных на параллельную работу, по расчетной схеме «тележка-путь» при скоростях движения 60—200 км/час.

По расчетной схеме «тележка-путь» предусматривалось оценить влияние смежных осей для случая взаимодействия с крестовиной четырехосного вагона, тележки которого имеют центральное рессорное подвешивание, а буксовые узлы связаны между собой жестким балансиrom.

Расчетные схемы приняты на основе анализа работ Г. М. Шахунянца, В. А. Лазаряна, М. А. Фришмана, В. Н. Данилова, М. Ф. Вериги, В. Ф. Яковлева, Р. С. Липовского, А. Н. Орловского, А. Г. Полевиченко, Н. Н. Кудрявцева, Л. А. Манашкина по исследованию взаимодействия одиночного груза и тележки четырехосного вагона в пределах вертикальных неровностей.

Для принятых расчетных схем системы дифференциальных уравнений движения масс имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}
 m_1 \ddot{y}_1 - [\alpha_2 y_2 - (\alpha_2 + \alpha_1) y_1] - [\mathcal{K}_2 y_2 - (\mathcal{K}_2 + \mathcal{K}_1) y_1] &= 0 \\
 m_2 \ddot{y}_2 - [\alpha_3 y_3 - (\alpha_3 + \alpha_2) y_2 + \alpha_2 y_1] - [\mathcal{K}_3 y_3 - (\mathcal{K}_3 + \mathcal{K}_2) y_2 + \\
 + \mathcal{K}_2 y_1] &= -\alpha_3 \eta - \mathcal{K}_3 \eta \\
 m_3 \ddot{y}_3 - [\alpha_4 \dot{y}_4 - (\alpha_4 + \alpha_3) y_3 + \alpha_3 \dot{y}_2] - \\
 - [\mathcal{K}_4 y_4 - (\mathcal{K}_4 + \mathcal{K}_3) y_3 + \mathcal{K}_3 y_2] &= \alpha_3 \dot{\eta} + \mathcal{K}_3 \dot{\eta} \\
 m_4 \ddot{y}_4 - [\alpha_5 y_5 - (\alpha_5 + \alpha_4) y_4 + \alpha_4 y_3] - [\mathcal{K}_5 y_5 - \\
 - (\mathcal{K}_5 + \mathcal{K}_4) y_4 + \mathcal{K}_4 y_3] &= 0 \\
 m_5 \ddot{y}_5 - [\alpha_6 y_6 - (\alpha_6 + \alpha_5) y_5 + \alpha_5 y_4] - \\
 - [\mathcal{K}_6 y_6 - (\mathcal{K}_6 + \mathcal{K}_5) y_5 + \mathcal{K}_5 y_4] &= 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 m_1' \ddot{y}_1' + \alpha_1 \dot{y}_1' - \alpha_2 (\dot{y}_2' - \dot{y}_1') + \mathcal{K}_1 y_1' - \mathcal{K}_2 (y_2' - y_1') &= 0 \\
 m_1'' \ddot{y}_1'' + \alpha_1 \dot{y}_1'' - \alpha_2 (\dot{y}_2'' - \dot{y}_1'') + \mathcal{K}_1 y_1'' - \mathcal{K}_2 (y_2'' - y_1'') &= 0 \\
 m_2' \ddot{y}_2' + \alpha_2 (\dot{y}_2' - \dot{y}_1') - \alpha_3 (\dot{y}_3' - \dot{y}_2') + \mathcal{K}_2 (y_2' - y_1') - \\
 - \mathcal{K}_3 (y_3' - y_2') &= -\alpha_3 \dot{\eta}' - \mathcal{K}_3 \dot{\eta}' \\
 m_2'' \ddot{y}_2'' + \alpha_2 (\dot{y}_2'' - \dot{y}_1'') - \alpha_3 (\dot{y}_3'' - \dot{y}_2'') + \mathcal{K}_2 (y_2'' - y_1'') - \\
 - \mathcal{K}_3 (y_3'' - y_2'') &= -\alpha_3 \dot{\eta}'' - \mathcal{K}_3 \dot{\eta}'' \\
 m_3' \ddot{y}_3' + \alpha_3 (\dot{y}_3' - \dot{y}_2') - \frac{\alpha_4}{2} \left(\dot{y}_4 + l\varphi - \frac{y_3' + y_3''}{2} \right) + \\
 + \mathcal{K}_3 (y_3' - y_2') - \frac{\mathcal{K}_4}{2} \left(y_4 + l\varphi - \frac{y_3' + y_3''}{2} \right) &= \alpha_3 \dot{\eta}' + \mathcal{K}_3 \dot{\eta}' \\
 m_3'' \ddot{y}_3'' + \alpha_3 (\dot{y}_3'' - \dot{y}_2'') + \frac{\alpha_4}{2} \left(\dot{y}_4 + l\varphi - \frac{y_3' + y_3''}{2} \right) + & \tag{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \kappa_3 (y''_3 - y_2'') - \frac{\kappa_4}{2} \left(y_4 + l\varphi - \frac{y_3' + y_3''}{2} \right) = \alpha_3 \dot{\eta}'' + \kappa_3 \eta'' \\
& m_4 \ddot{y}_4 + \alpha_4 \left(\dot{y}_4 + l\dot{\varphi} - \frac{\dot{y}_3' + \dot{y}_3''}{2} \right) + \alpha_5 (\dot{y}_5 - l\dot{\varphi}) + \\
& \quad + \kappa_4 \left(y_4 + l\varphi - \frac{y_3' + y_3''}{2} \right) + \kappa_5 (y_5 - l\varphi) = 0 \\
& J \ddot{\varphi} + \alpha_4 l \left(\dot{y}_4 + l\dot{\varphi} - \frac{\dot{y}_3' + \dot{y}_3''}{2} \right) + \alpha_5 l (\dot{y}_5 - l\dot{\varphi}) + \kappa_4 l (y_4 + l\varphi - \\
& \frac{y_3' + y_3''}{2}) - \kappa_5 l (y_5 - l\varphi) = 0
\end{aligned} \tag{2}$$

где:

- m_1, m_1', m_1'' — приведенные массы плиты;
- m_2, m_2', m_2'' — приведенные массы крестовины;
- m_3, m_3', m_3'' — массы обода колеса и колес тележки;
- m_4, m_6 — массы центра колеса и кузова четырехосного вагона;
- m_5 — масса буксового узла;

$u_l, \dot{u}_l, \ddot{u}_l$ — соответствующие перемещения центров тяжести масс от положения статистического равновесия, их скорости и ускорения;

κ_l — жесткости упругих связей;

α_l — коэффициенты сопротивления движению элементов системы;

η — текущая ордината неровности;

φ — угол поворота продольной оси кузова относительно его центра тяжести;

J — главный центральный момент инерции кузова.

Расчетные параметры для принятых механических систем выбирались следующим образом.

Величина неподрессоренной массы и ее расчленение на составляющие, а также величины жесткостей диска колеса и оси и коэффициенты вязкого трения взяты из работ В. Ф. Яковлева.

В качестве массы m_2 принята масса всех металлических частей крестовины, находящихся в положительной зоне линии прогибов. Масса плиты подсчитывалась на той же длине пути, что и масса крестовины. Ширина взаимодействующего участка плиты принималась равной 1,5—2,1 м в различных вариантах расчетов. При этом масса m_1 получалась равной 0,6—

1,4 кг сек²/см. Для изучения влияния массы плиты на величины возникающих сил диапазон изменения массы был принят более широким: 0,4—3,0 кг сек²/см. Модули упругости подкрестовинного основания принимались равными 250, 500 и 1000 кг/см².

Величины основных расчетных параметров приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Наименование расчетных характеристик	Обозначение	Единица измер.	Величина параметра
Приведенная масса плиты	m_1	кг сек ² /см	0,4 ÷ 3,0
—»— крестовины	m_2		0,49 ÷ 0,73
Масса колеса	m_3', m_3''		1,04
—»— обода колеса	m_3		0,17
—»— ступицы	m_4		0,26
—»— буксового узла	m_5	—»—	0,50
—»— кузова вагона	m_6	—»—	76,5
Жесткость подплитного основания	$ж_1$	кг/см	$0,68 \cdot 10^5 + 6 \cdot 10^5$
Приведенная жесткость узла скрепления	$ж_2$	—»—	$0,36 \cdot 10^5 + 5 \cdot 10^5$
Контактная жесткость	$ж_3$	—»—	$12 \cdot 10^5$
Жесткость диска	$ж_4$	—»—	$12 \cdot 10^5$
—»— оси	$ж_5$	—»—	$2,12 \cdot 10^5$
—»— рессорного комплекта	$ж_6$	—»—	$0,05 \cdot 10^5$
Эквивалентная жесткость системы «тележка-путь»	$ж_0$	—»—	$0,01 \cdot 10^5$

Формирование динамических сил взаимодействия пути и подвижной нагрузки в зоне стрелочного перевода обуславливается наличием различного типа неровностей вдоль перевода.

Наиболее характерной неровностью на переводе является неровность в зоне крестовины. ЛИИЖТом установлено, что наиболее часто (в 51% случаев) на крестовинах встречается синусоидальная неровность. По этой причине синусоидальная форма неровности принята в нашем исследовании в качестве возмущающего фактора.

В процессе исследований по двум расчетным схемам на АВМ было решено 85 вариантов, отличающихся различным сочетанием расчетных параметров. После обработки осциллограмм построены графики зависимости дополнительных

динамических сил, возникающих во всех связях расчетных механических систем, в функции скорости движения нагрузки по крестовине.

С помощью таких графиков были получены зависимости динамических сил от величины массы подкрестовинного основания для скоростей 80, 100, 140, 180 км/ч и зависимости сил от величины приведенной жесткости узла скрепления и жесткости подплитного основания при различных величинах модуля упругости основания.

Исследованиями установлено, что величины всех сил при изменении массы плиты в пределах от 0,4 до 3,0 кг сек²/см в целом в большинстве случаев увеличиваются. Так, силы, действующие на балластный слой с изменением массы в указанных пределах, увеличиваются на 10÷40%. Силы, возникающие в узле скрепления при скоростях до 100 км/ч, практически не зависят от массы плиты. При более высоких скоростях эти силы с увеличением массы увеличиваются на 10÷45%. Однако это увеличение происходит только при изменении массы плиты в пределах 1,5÷3,0 кг сек²/см.

С увеличением массы железобетонных плит при скоростях движения до 100 км/ч происходит увеличение до 25% сил, действующих на контакте колеса и крестовины. Эти силы увеличиваются на 25÷70% при большей жесткости пути и высоких скоростях (100—200 км/ч)

Аналогично с увеличением массы плиты изменяются силы, возникающие в диске колеса и буксовом узле подвижного состава.

Рассматривая зависимость сил на контакте колеса и крестовины и сил в буксовом узле, следует отметить, что ее изменение в пределах от 0,4 до 1,5 кг сек²/см практически не влияет на величины этих сил.

Увеличение жесткости узла скрепления (при постоянной жесткости подплитного основания) вызывает резкий рост сил во всех связях расчетных систем при всех скоростях движения. По мере увеличения жесткости узла скрепления наибольшая динамика роста сил имеет место при изменении значений жесткости узла скрепления в пределах от $0,4 \cdot 10^5$ кг/см до $1,5 \cdot 10^5$ кг/см и скорости движения до 100 км/ч. При более высоких скоростях движения интенсивный рост сил происходит с увеличением жесткости узла скрепления до $3 \cdot 10^5$ кг/см. При дальнейшем увеличении жесткости узла скрепления динамические силы растут незначительно.

Ряд вариантов задачи решены при постоянной жесткости узла скрепления и различной жесткости подплитного основа-

ния. В результате решения получено, что с изменением жесткости j_1 от $0,4 \cdot 10^5$ до $5 \cdot 10^5$ кг/см изменение сил, возникающих на контакте колеса с крестовиной и сил, передающихся на подвижной состав, незначительно при всех скоростях движения. Наблюдается небольшой рост сил, передающихся на подплитное основание и действующих в узле скрепления при скоростях движения до 100 км/ч. При более высоких скоростях (140—180 км/час) изменение жесткости основания приводит к увеличению этих сил в 2—3 раза.

Несколько вариантов задачи было решено при постоянном значении модуля упругости основания

$$\left(\frac{1}{j_{об}} = \frac{1}{j_1} + \frac{1}{j_2} = \text{const} \right),$$

но при различных сочетаниях j_1 и j_2 . Анализ этих решений показывает, что одинаковое уменьшение жесткости узла скрепления по сравнению с уменьшением жесткости подплитное основания в такой же степени дает большее снижение динамических сил (порядка 20—40%) на контакте колеса и крестовины, а также в буксовом узле подвижного состава.

При расчетной схеме «тележка—путь» уровень динамических сил в подплитном основании, узле скрепления, на контакте колеса и крестовины под второй осью тележки четырехосного вагона выше на 5—25%, чем под первой осью. Это связано с наличием некоторого динамического сжатия рессор при прохождении тележки по неровностям на крестовине.

Уровень динамических сил при расчетной схеме «тележка—путь» выше в среднем на 10—20% уровня сил при расчетной схеме «колесо—путь». Расчетная схема взаимодействия тележки вагона и пути по сравнению с расчетной схемой одиночного груза, более достоверно отображает реальный процесс взаимодействия пути и подвижной нагрузки.

2. Экспериментальные исследования работы стрелочного перевода под подвижной нагрузкой

Экспериментальные исследования выполнялись путевыпытательной лабораторией ДИИТа при непосредственном участии автора на стрелочном переводе, расположенном на одной из станций Юго-Западной железной дороги. При исследованиях измерялись модули упругости подрельсового основания (в десяти сечениях перевода), кромочные напряжения в несущих металлических элементах (рамных рельсах, остряхах и рельсах переводной кривой), упругие боковые отжатия рельсов (рамных рельсов и рельсов переводной кривой в 10 точ-

ка), вертикальные прогибы плит (в 39 точках), вертикальные давления на плиты в зоне крестовины и соединительной части (в 24 точках), усилия в закладках болтах узлов скреплений, напряжения в бетоне плит (на пяти плитах в 21 точке) и горизонтальные силы в зоне стрелки.

Все измерения производились под специальным составом (два локомотива, четырехосный и шестиосный полувагоны, загруженные до полной грузоподъемности) при установке между плитой и подкладками прокладок из стандартной резины толщиной 6 мм и резины повышенной упругости толщиной 11 мм. Всего было сделано 422 заезда состава по стрелочному переводу. Максимальные скорости движения состава на стрелочном переводе по прямому пути — 120 км/ч, по боковому пути — 60 км/ч.

При определении модуля упругости подрельсового основания вертикальная нагрузка на рельсовую нить создавалась гидравлическим грузозачным устройством, смонтированным в специальном вагоне-лаборатории. Для записи действующих сил и перемещений подошвы рельсов был применен двухкоординатный регистрирующий прибор ДРП-2. Вычисление модуля упругости подрельсового основания по полученным графикам $y = f(P)$ осуществлялось в интервалах нагрузок от 6—8 т до 10—12 т, при которых существует почти прямая пропорциональная зависимость между прогибам и нагрузками.

Величина модуля в различных сечениях стрелочного перевода при обоих вариантах резиновых прокладок составляет 200—500 кг/см². При прокладках из резины повышенной упругости в большинстве сечений модуль на 5—25% меньше, чем при прокладках из стандартной резины.

Максимальные напряжения в рамных рельсах, остряках и рельсах соединительной части не превышают 1000 кг/см² при движении по прямому пути. При движении по боковому направлению они равны 1600—1800 кг/см² и в отдельных случаях достигают 1900 кг/см² (в левом кривом остряке).

Боковые отжатия рамных рельсов достигали при движении по прямому пути 3,2 мм и при движении по боковому направлению 4,4 мм. При прокладках толщиной 11 мм отжатия были на 10—20% больше, чем при прокладках толщиной 6 мм.

При прокладках толщиной 6 мм и 11 мм наибольшая вертикальная суммарная сила, действующая на крестовину, равна соответственно 63 т и 44 т, а сила, передающаяся на прокладку, — соответственно 24 и 20 т. (Гипропромтранс-

роем были приняты расчетные значения сил: на крестовине — 55 т и подкладке — 21 т.)

Максимальные вероятные прогибы плит при движении по прямому пути при прокладках 6 мм—3,6 мм и прокладках 11 мм—2,8 мм, по боковому пути соответственно —4,2 мм и 3,8 мм. Фактический коэффициент постели составил 3,8 кг/см³. (расчетный, при проектировании плит, принимался 10 кг/см³).

Максимальные изгибающие моменты в отдельных плитах достигают порядка 13 тм, что существенно выше проектно-расчетных (7 тм). При резиновых прокладках толщиной 11 мм эти значения изгибающих моментов уменьшаются до 30%.

При движении по боковому направлению максимальные величины поперечных горизонтальных сил, действующих на левой кривой острьяк, достигают 7 т.

Наибольшее изменение монтажных усилий в закладных болтах составляет 1,8 т. Увеличение монтажных усилий в зоне крестовины носит импульсный характер и имеет высокую частоту изменения.

3. Результаты наблюдений за работой стрелочных переводов в условиях эксплуатации.

Наблюдения велись за работой в условиях эксплуатации семи опытных стрелочных переводов типа Р65 марки 1/11 на плитах в течение 1965—1967 гг. на Юго-Западной железной дороге. Один из этих переводов (по инициативе автора) был уложен из 21 типоразмера плит (прямоугольной формы в зоне стрелки и трапецидальной формы в зоне соединительной части и крестовины). На шести стрелочных переводах были уложены прокладки (между плитой и подкладками) из резины толщиной 6 мм и на одном — прокладки из резины толщиной 11 мм. Пропущенный тоннаж по стрелочным переводам — 12—90 млн. ткм. бр.

В процессе наблюдений за эксплуатацией стрелочных переводов выполнялись: ежемесячные проверки их состояния по ширине колеи и уровню и измерения ординат переводных кривых; два раза в год измерения износа рамных рельсов, остряков, сердечника, крестовины и усовиков; ежеквартальные осмотры состояния железобетонных плит; повседневный учет расхода рабочей силы на текущем содержании переводов; два раза в год нивелировки положения плит в профиле.

Данные наблюдений показывают, что ширина колеи на стрелочных переводах не стабильна в ответственных местах

(передний стык рамного рельса, корень остряков, середина переводной кривой и крестовина), в которых имеют место отступления от установленных норм и допусков, т. е. более интенсивно накапливаются остаточные деформации. Неоднократные попытки привести ширину колеи в этих сечениях к норме оказались малоэффективными, так как через некоторое время после устранения отступлений ширина колеи становилась прежней.

Основной причиной неудовлетворительной стабильности ширины колеи в ряде сечений является неточное размещение отверстий для закладных болтов при изготовлении железобетонных плит, наличие отступлений сверх допусков в размерах промежуточных скреплений и отсутствие в зоне стрелок и крестовин регулирующих связных устройств.

Остаточные деформации балластного слоя под плитами имеют неравномерный характер по длине переводов. В зоне стрелок эти деформации за три года в среднем составили 9—18 мм, в зоне крестовины 20—24 мм, и соединительных частей переводов 6—10 мм.

За период эксплуатации на всех стрелочных переводах было заменено закладных болтов — 217 шт, клеммных болтов — 86 шт, шайб — 46 шт, контрельсовых болтов — 2 шт. Смена закладных и клеммных болтов производилась с связью с наличием некачественно выполненной или «забитой» резьбы во время работ при укладке переводов.

Износ сердечников крестовин за три года составил 2—3 мм в сечении 40 мм, износ остряков и рамных рельсов—1,0—2,5 мм. Износ основных частей стрелочных переводов на железобетонных плитах не превышает износа частей стрелочных переводов на деревянных брусках при равных условиях эксплуатации.

Основное количество дефектов в железобетонных плитах представляет собой небольшие выколы по их периметру (рисунки дефектов 11, 12) и появились они в основном во время транспортировки и производства работ по укладке плит в путь. Появившиеся трещины на отдельных плитах (в зоне стрелки и крестовины) имеют очень малое раскрытие и дальнейшего развития не получают. На плитах стрелочного перевода с резиновыми прокладками толщиной 11 мм нет признаков появления трещин.

Затраты труда на текущем содержании одного стрелочного перевода, в среднем составили в 1965 г. — 267 ч. ч., в 1966 г. — 398,4 ч. ч. и 1967 г. 446 ч. ч., что в среднем за три года составляет — 366 ч. ч. По удельному весу затраты тру-

да составляют: выправка по уровню—9,9%, замена металлических частей — 5,6%, довинчивание клеммных болтов — 18,5%, довинчивание закладных и путевых болтов —1,3%, регулировка ширины колеи —18,3%, очистка от грязи—45,3% и прочие работы — 1,1%.

Фактические затраты труда на текущем содержании стрелочных переводов на плитах по сравнению с затратами труда на стрелочных переводах с деревянными брусьями составляет 75%.

На увеличение затрат труда при текущем содержании стрелочных переводов на железобетонных плитах оказывает существенное влияние несовершенство технологии по уплотнению и планировке подплитного основания, недостаточное количество изготовления на заводах железобетонных плит и металлических частей, а также отсутствие специального путевого инструмента, машин и механизмов для выполнения работ.

Укладка стрелочных переводов на железобетонных плитах 21 типоразмера является целесообразным мероприятием. В этом случае улучшается работа элементов стрелочного перевода под подвижной нагрузкой, уменьшаются затраты труда по выправке в местах стыковки разных типоразмеров плит, создается хороший внешний вид всей конструкции перевода и уменьшается расход бетона на 1,3 м³ при изготовлении одного комплекта плит.

4. Экономическая эффективность применения стрелочных переводов на плитах.

Расчеты экономической эффективности применения железобетонных плит вместо деревянных брусьев на стрелочных переводах типа Р65 марки 1/11 для магистрального пути и симметричных типа Р50 марки 1/6 для сортировочных станций произведены по методике сравнения вариантов конструкций верхнего строения пути по суммарным приведенным расходам с использованием формулы:

$$K = K_1 + K_t (\Theta + K_p)$$

где: K—суммарные затраты с учетом фактора времени;

K_1 —первоначальная стоимость перевода;

Θ —затраты фонда зарплаты на текущее содержание;

K_t —коэффициент приведения затрат;

K_p —расходы на ремонтные работы.

Коэффициент приведения затрат вычислялся по формуле:

$$K_t = (1 - p)^t$$

где: t —год, к которому относятся расчеты;

p —коэффициент эффективности затрат, принятый равным 0,03.

Расходы на ремонтные работы для стрелочных переводов на деревянных брусках равны расходам на сплошную смену металлических частей и переводных брусков, срдений и подъемный ремонт. Расходы на ремонтные работы для стрелочных переводов на плитах приняты равными стоимости сплошной смены металлических частей.

Первоначальные стоимости стрелочных переводов типа Р65 марки 1/11 и типа Р50 марки 1/6 на деревянных брусках равны соответственно 5410 и 2012 руб. Первоначальные стоимости стрелочных переводов на плитах типа Р65 и типа Р50 марки 1/6 соответственно равны при изготовлении плит:

а) на специализированном заводе при пуске первой очереди—6318 руб и 2858 руб, и пуске второй очереди — 6068 руб. и 2688 руб

б) на существующих заводах железобетонных шпал — 6763 руб. и 3138 руб.

Затраты труда на текущем содержании стрелочных переводов приняты фактические (по данным Юго-Западного ж. д.): на плитах —0,17 чел. в год и на деревянных брусках — 0,23 чел. в год.

При удалении укладки стрелочных переводов от мест погрузки угольных, рудных, торфяных и наливных маршрутов менее 100 км и 100—200 км затраты труда на текущее содержание одного перевода на плитах и деревянных брусках увеличены соответственно на 0,02 и 0,01 чел. в год.

Расходы на ремонтные работы для стрелочных переводов на деревянных брусках приняты в соответствии с периодичностью, установленной «Положением о проведении планово-предупредительного ремонта верхнего строения пути, земляного полотна и искусственных сооружений железных дорог СССР». Периодичность смены металлических частей принята одинаковой для стрелочных переводов на плитах и на деревянных брусках.

Суммарные приведенные расходы вычислялись по годам нарастающим итогом и сведены в таблицы. По данным таблиц построены графики K_i $f(t)$.

Анализ графиков показывает, что при нормативном сроке окупаемости первоначальных затрат 10 лет, применение плитных оснований на стрелочных переводах типа Р65 марки 1/11 вместо деревянных брусков является экономически эффективным на магистральных линиях с грузонапряженностью

25 млн. ткм. брутто и более при изготовлении плит на специализированном заводе и с грузонапряженностью 50 млн. ткм. брутто и более при изготовлении плит на существующих заводах железобетонных шпал.

Применение плитных оснований на симметричных стрелочных переводах типа Р50 марки 1/6 в районе горок сортировочных станций также является экономически эффективным, так как сроки окупаемости первоначальных затрат равны 6—8 годам.

5. Общие выводы и предложения.

На основе теоретических и экспериментальных исследований, наблюдений в процессе эксплуатации и технико-экономических расчетов можно сделать следующие основные выводы и предложения:

1. Приведенные массы железобетонных плит, когда их значения находятся в пределах $1,0—1,5 \text{ кг сек}^2/\text{см}$, не оказывают существенного влияния на уровень динамических сил, возникающих в процессе взаимодействия пути и подвижной нагрузки. При увеличении их значений более $1,5 \text{ кг сек}^2/\text{см}$ динамические силы имеют значительный рост. Фактические значения приведенных масс плит исследуемой конструкции находятся в пределах $1,2—1,5 \text{ кг сек}^2/\text{см}$. Следовательно, оптимальной конструкцией плитного основания по размерам ее элементов, с точки зрения условий работы под подвижной нагрузкой следует считать такую конструкцию, которая удовлетворяет условиям прочности.

2. Величина жесткости узла скрепления оказывает значительное влияние на изменение динамических сил. Интенсивный рост этих сил имеет место в случае изменения значений жесткости узла скрепления от $0,4 \cdot 10^5 \text{ кг/см}$, до $2 \cdot 10^5 \text{ кг/см}$ при скоростях до 100 км/ч и от $0,4 \cdot 10^5$ до $3 \cdot 10^5 \text{ кг/см}$ при скоростях движения $100—200 \text{ км/ч}$. Оптимальной конструкцией узла скрепления следует считать конструкцию с жесткостью не более $1,5 \cdot 10^5 \text{ кг/см}$ при доведении жесткости подплитного основания до $2 \cdot 10^5 \text{ кг/см}$ и более. При этом модуль упругости подрельсового основания будет равен $300—450 \text{ кг/см}^2$.

3. Фактические модули упругости подрельсового основания в пределах стрелочного перевода ($250—500 \text{ кг/см}^2$) являются вполне приемлемыми и нет необходимости применять какие-либо специальные мероприятия для дальнейшего их уменьшения.

4. По условиям прочности конструкция стрелочного пере-

Вода обеспечивает пропуск поездов с существующими максимальными нагрузками на ось при новых видах тяги со скоростями: 120 км/ч по прямому пути и 60 км/ч по боковому пути.

5. При укладке новых и на опытных стрелочных переводах, находящихся в эксплуатации, необходимо применять прокладки из резины повышенной упругости толщиной 11 мм, предложенные ЦНИИ МПС, с целью обеспечения нормальной работы плит, узла скрепления и снижения жесткости конструкции в целом.

6. Величины вертикальных нагрузок на рельсы, крестовину и отдельные подкладки, принятые Гипропромтрансстроем, подтверждаются экспериментальными исследованиями.

7. При проектировании новых конструкций стрелочных переводов на плитах необходимо:

а) применить трапециевидную форму плит по типу опытного стрелочного перевода Юго-Западной железной дороги (21 типоразмер);

б) принимать в расчетах плит меньшее значение коэффициента постели;

в) принять новое конструктивное решение узла прикрепления рельса к плите применить связные устройства в зоне стрелки, крестовины и переводной кривой для обеспечения стабильности ширины колеи.

8. Учитывая техническую необходимость и экономическую эффективность, следует применять укладку улучшенной конструкции стрелочных переводов типа Р65 марки 1/11 на плитах на магистральных линиях с грузонапряженностью 50 млн. ткм. брутто и более при изготовлении плит на существующих заводах железобетонных шпал и с грузонапряженностью 25 млн. ткм. брутто и более при изготовлении плит на специализированном заводе. По технико-экономическим соображениям необходимо запроектировать и осуществить укладку симметричных стрелочных переводов марки 1/6 на плитном основании в районах горок крупных сортировочных станций.

НТБ
ДНУЖТ

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих статьях:

1. Фришман М. А., Шатерков В. И., Орловский А. Н., Шардин Н. П., Микитенко А. М. Исследование конструкций стрелочных переводов на железобетонных плитах. Сборник рефератов научно-исследовательских работ в области путевого хозяйства, выполненных в 1965 году. Изд. ЦИНТИ МПС. Серия «Путь и путевое хозяйство», вып. 25, М., 1966.
2. Фришман М. А., Орловский А. Н., Микитенко А. М. Исследование сил взаимодействия пути и подвижного состава в зоне крестовины стрелочного перевода на железобетонном оновании. Труды ДИИТа, вып. 69., изд. Транспорт. М., 1967.
3. Фришман М. А., Волошко Ю. Д., Липовский Р. С., Орловский А. Н., Микитенко А. М., Воробейчик Л. Я. Результаты исследований работы стрелочных переводов типа Р65 на железобетонных плитах. Сборник рефератов научно-исследовательских работ, выполненных в 1966 г. Изд. ЦИНТИ МПС. Серия «Путь и путевое хозяйство», вып. 35, М., 1967.
4. Клименко В. Н., Микитенко А. М. Исследование динамических сил взаимодействия крестовин и тележки четырехосного вагона. Труды ДИИТа, вып. 88. Днепропетровск, 1968.
5. Фришман М. А., Волошко Ю. Д., Орловский А. Н., Микитенко А. М. Испытания стрелочного перевода типа Р65 на железобетонных плитах под нагрузкой. Труды ДИИТа вып. 88. Днепропетровск, 1968.
6. Исаков И. Ф., Микитенко А. М. Экономические обоснования сфер рационального применения стрелочных переводов на плитах. Труды ДИИТа, вып. 88. Днепропетровск, 1968.
7. Фришман М. А., Липовский Р. С., Шатерков В. И., Микитенко А. М. Наблюдения за работой в пути стрелочных переводов типа Р65 на железобетонных плитах. Сборник рефератов научно-исследовательских работ, выполненных в 1967. Изд. ЦИНТИ МПС. Серия «Путь и путевое хозяйство», вып. 42, М. 1968.