

ТРАНСПОРТ

УДК629.4

МРНТИ 73.29.11

ВЛИЯНИЕ ЖЁСТКОСТИ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПРОКЛАДОК

С. И. Нусупбеков, к.э.н.

Алматинский политехнический колледж

Беютулердщ қаттылығын, шпал эпюрларын, олардың тiрелетiн беттiң ауданын турлендiру кемепмен жолдың оқтайлы конструкциясын тандау мүмкiнiгi керсетiген. Рельстен беюту туйыше бертетiлу куштердщ шамасына және беютулер тесе-**НiiurepiHii**ндеформациялаушы қасиеттерте байланысты рельспк беютулердщ оқтайлы қаттылығы усынылган.

Туйшд1 сездер: рельст1к беютулер, тесежштер, шпалдар.

The possibility of choice of optimum design of railway track with the help of varying of fastening rigidity, railway sleeper diagram, area of their bearing surface are shown. The optimum rigidity of railway fastening depending upon intensity of forces passed from rail on to a fastening point and deforming properties of fastening gaskets is proposed.
Key words: rail fastening, gaskets, sleepers.

Жёсткость и зависящий от нее модуль упругости являются сквозными характеристиками деформативности пути в целом и отдельных его элементов. При железобетонных шпалах модуль зависит от комбинации трех параметров - нагрузки на рельс, жесткости прокладок и подшпального основания. Нами установлена связь между жесткостью основания и модулем его деформации на основе результатов произведенного расчета {табл. 1, 2}.

Таблица 1

Жесткостные характеристики подшпального основания

Подшпальное основание		Доля в общей деформации пути, %	Жос> кН/мм	Uос, МПа
категория	состояние			
I	Прочное	менее 10	более 300	более 600
II	Малодеформируемое	11-20	160-300	300-600
III	Сред недеформируемое	21-50	40-150	80-300
IV	Слабое	более 50	менее 40	менее 80

Таблица 2

Параметры жёсткости и силы, передаваемые на узел скреплений

Тип скрепления	Вертикальная жёсткость			Горизонтальная жёсткость		
	жёсткость узла скрепления, МН/м	коэффициент относительной жёсткости, М ^н	давление на опору, кН	жёсткость узла скрепления, МН/м	коэффициент относительной жёсткости, М ⁻¹	давление на опору, кН
КБ-65	37	1,216	60,8	16	1,36	34
ЖБР-65	37-112	1,216-1,525	60,8-76,2	72-277	2,36-3,31	59-83
ЖБР-65П	112	1,525	70,2	44	2,1	52,5
АРС-4	37	1,216	60,8	346	3,5	87,5
КН-65	56	1,330	66,5	38	2,0	50
W-14	80	1,431	71,6	166	2,91	73

С учетом анализа полученных данных в первом приближении предлагается разделять подшпальное основание на категории в зависимости от доли его деформации в общей деформации пути (табл. 1). В результате, варьируя жёсткостью скреплений, эпюрой шпал, площадью их опорной поверхности, можно выбрать оптимальную конструкцию пути на основе комплексной оценки затрат на его ремонт и содержание в зависимости от деформативности подшпального основания. При этом прежде всего следует исходить из минимизации совокупных затрат, связанных с долговечностью прокладок-амортизаторов, объёмами выправки, сопротивлением движению поезда и, значит, расходами на тягу [1].

Оптимальную жёсткость скреплений определяли в зависимости от величины сил, передаваемых от рельса на узел скреплений и демпфирующих свойств прокладок скреплений. Параметры вертикальной и горизонтальной жёсткости различных типов скреплений примем по результатам лабораторных испытаний в НПП «АПА-ТЭК» [2], полученные по известной методике (табл. 2). Поданной программе испытаны скрепления следующих типов:

КБ-65 - с жёсткими клеммами ПК и типовыми прокладками-амортизаторами из резиновых смесей РП;

ЖБР-65 - с закладными болтами, шурупами и резиновыми прокладками ЦП-204 толщиной 14 мм, а также с комбинированными прокладками из резины 46ПМ02 и полиамида ПА-6, а также с прокладками из полимера ТПК-4 ОАО «АРТИ»;

АРС-4 - бесподкладочное безболтовое анкерное крепление с серийными прокладками ЦП-204;

КН-65 и КНУ-65 - подкладочное нераздельное крепление с упругими клеммами, с нащпальными прокладками из резинокорда;

ЖБР-65П - подкладочное нераздельное крепление с упругими клеммами ЖБР-3 в болтовом и шурупно-дюбельном исполнении с нащпальными и подрельсовыми прокладками из полимера ТПК-5;

W-14 - бесподкладочное шурупно-дюбельное крепление с клеммами Ski-14 фирмы «Vossloh» с полимерными прокладками.

Силы, передаваемые на узел крепления в зависимости от жёсткости пути, определялись по той же методике. Анализ показывает, что вертикальная жёсткость рельсовых креплений оказывает не большое значение на величину сил, передаваемых на шпалу, при изменении жёсткости креплений от 37 до 112 МН/м, т. е. в 3 раза, нагрузка на шпалу изменяется всего на 25 % (табл. 2).

Горизонтальная жёсткость узлов креплений существенно зависит от их конструкции и варьируется для рассматриваемых креплений от 16 до 346 МН/м. При этом горизонтальное давление на шпалу изменяется от 34 до 87,5 кН, т. е. увеличивается в 2,2 раза.

У крепления ЖБР-65 горизонтальная жёсткость по подошве рельса колеблется в пределах 72-277 МН/м. При этом горизонтальное давление на шпалу изменяется в пределах 59-83 кН, т. е. увеличивается в 1,4 раза. Горизонтальная жёсткость бесподкладочных креплений ЖБР-65 существенно зависит от материала прокладки под упорной скобой. При применении полимерных прокладок боковое давление на шпалу возрастает на 40 %. Наибольшую горизонтальную жёсткость имеют анкерные крепления АРС-4. При этом конструкция креплений не позволяет регулировать величину горизонтальной жёсткости этих креплений. Оптимальную горизонтальную жёсткость имеют подкладочные крепления КН-65 и ЖБР-65П.

Сопротивление поперечному смещению рельса обеспечивает за счёт упругой деформации сдвига подрельсовой прокладки у бесподкладочных креплений или нащпальной прокладки у подкладочных креплений, упругой деформации бокового упора клеммы у бесподкладочных креплений или загнутой части нащпальной прокладки у подкладочных креплений, а также сил трения на контакте одной клеммы с подошвой рельса. Другая (упорная) клемма следует за рельсом.

Q,

Схема загрузки узла скрепления

До момента проскальзывания подошвы рельса или подкладки по прокладке равновесие системы (рисунок) имеет вид:

$$e_r = 0 + e, \quad (D)$$

где g , - вертикальная сила, приложенная к рельсу;

Q_n - сила, действующая на подошву рельса;

Q_E - горизонтальная сила, приложенная к рельсу;

F_k - сила, действующая на клемму.

Вследствие незначительной величины силы трения F_k клеммы по подошве рельса (порядка 1,5-2 кН) без большой погрешности для практических расчётов ею часто пренебрегают. При поперечном смещении рельса упругие деформации упора и резиновой прокладки на сдвиг равны и соответствуют перемещению подошвы рельса z .

$$Q_z = z_n \left(ж_{пн} \Gamma + ж_{Е} \right), \quad (2)$$

где $ж'_{пн}$ и $ж_{Е}$ - соответственно жёсткость прокладки на сдвиг и жёсткость бокового упора.

Поперечная жёсткость скрепления является суммой жёсткости резиновой прокладки на сдвиг и жёсткости деталей бокового упора.

Жёсткость подрельсовых $ж_{СЛ}$ и напальных $ж_{СШ}$ резиновых прокладок на сдвиг в определённой степени зависит от вертикальной нагрузки. При этом величина изменения поперечной жёсткости определяется в основном относительным сжатием прокладок по формуле:

$$ж_{СЛ} = \frac{GS_0}{h \cdot \Delta h_M} \quad \text{и} \quad ж_{СШ} \quad (// \quad A/bJ \quad O \quad \kappa) \quad (3)$$

где G - модуль упругости резиновых прокладок;
 S_0 - рабочая площадь прокладок;
 h - высота прокладок;
 $d h_M$ - изменение высоты прокладок под нагрузкой;
 s - коэффициент Пуассона.

Относительная деформация при сдвиге для твёрдой резины (твёрдостью 75 ед. по Шору) $-e_{c,j} = 0,25$. Так как в реальных условиях это требование выполняется, то поперечная устойчивость узла скрепления определяется прочностью бокового упора.

В целях предотвращения преждевременного выхода резиновых прокладок из строя необходимо, чтобы напряжение на отогнутой части напальной прокладки или подклеммника не превышало

$$\frac{e e}{S_B} \leq k \text{ Д} \quad (4)$$

где S_B - площадь отогнутой части прокладки или подклеммника.

С учетом зависимости (4) допустимое давление на боковой упор

$$R_s = m \quad (5)$$

Как правило, удельное давление при сжатии резины не должно превышать для новых прокладок 10 МПа.

Действующую нагрузку на боковой упор можно определить:

$$Q_e = Q_{-Z, ж} \cdot \varepsilon_{ж, ПР} \quad (6)$$

В первом приближении следует принять $Q_e = 0,8 \cdot Q$. Зная величины боковых сил и характеристики поперечной упругости пути в зависимости от толщины напальных прокладок и величины углублений в шпалах под прокладками, по формуле (6) определим нагрузки на боковой упор в шпале.

При нормальном распределении сил Q_B и несущей способности бокового упора в шпале отказ не произойдет, пока

$$R_b - Q_b \quad (7)$$

Математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение случайной величины A в этом случае:

чи; $m_{OH} >$

$$r_{л} = d/c R\theta^+ < T_{66} = \quad (8)$$

где a_{RE} и $cr_{e/l}$ - средние квадратичные отклонения случайных величин Y^A и Q_k .

Работоспособность поперечных связей рельсов со шпалами определяется зависимостью

$$P = 0,5 + \Phi T_{л} \quad (9)$$

где $\Phi T_{л}$ нормированная функция Лапласа.

Удельное давление на боковой упор креплений определим по формуле (4), используя данные табл. 2.

Анализ данных (табл. 3) показывает, что удельное давление на прокладки боковых упоров всех креплений превышает допустимое значение. Особенно велики эти давления у креплений ЖБР-65 с полимерными боковыми упорами и недопустимо велики у креплений АРС-4.

Таблица 3

Параметры давления на боковой упор креплений

Тип крепления	Опорная площадь бокового упора, см ²	Давление на боковой упор, кН	Удельное давление на боковой упор, МПа
КБ-65	21	27	13
КН-65	20	40	20
КНУ-65	33	42	13
ЖБР-65	25	42-66	17-26,5
ЖБР-65 (полимерный боковой упор) 35 60 17			
АРС-4	11	70	64

Таблица 4

Изменение ширины колеи при различных типах скреплений

Параметры рельсовой колеи	Тип скрепления					
	АРС-4	КБ-65	ЖБР-65	ЖБР-65П	КН-65	КНУ-65
Начальная ширина колеи S_0 , мм	1520,4	1525,6	1521,6	1524,2	1523,9	1522,0
Ширина колеи после наработки 100 млн. т брутто S_{100} , мм	1527,1	1538,8	1533,6	1528,2	1526,0	1527,0
Среднеквадратическое отклонение ширины колеи s_s , мм	1,64	1,98	4,53		1,36	2,15
Приращение ширины колеи ΔS , мм	6,7	13,2	12,0	4,0	2,1	5,0
Интенсивность уширения колеи, мм/млн т брутто	0,06	0,13	0,12	0,04	0,02	0,05

Высокое удельное давление и недостаточная прочность прокладок бокового упора скреплений КБ-65 и ЖБР-65 (табл. 4) приводит к тому, что после наработки 100 млн. т брутто (годовой тоннаж грузонапряжённых участков и двухгодовой среднегрузонапряжённых участков) ширина колеи указанных скреплений попадает в зону четвёртой степени неисправности и требует немедленного исправления, т.е. смены прокладок бокового упора.

Литература

1. Карпущенко Н. И. Надёжность связей рельса с основанием. - М.: «Транспорт», 1986. - 150 с.
2. Дружинин Г. В. Надёжность автоматизированных производственных систем. - М.: «Энергоатомиздат», 1986. - 480 с.