

СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СКРЕПЛЕНИЯ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ

Розглядаються проблеми розвитку рейкового транспорту та підвищення технічного рівня конструкцій проміжного рейкового скріплення.

Рассматриваются проблемы развития рельсового транспорта и повышения технического уровня конструкций промежуточного рельсового скрепления.

The development problems of a rail transport and heightening of a technological level of a construction of an intermediate rail fastening are considered.

В современной практике для снижения динамического взаимодействия пути и подвижного состава, а также для уменьшения расстройств рельсового пути широкое применение получили упругие элементы промежуточных скреплений, жесткостные и диссипативные параметры которых находятся в определенных соотношениях между собой и с параметрами клеммных соединений. В рамках существующих условий эксплуатации, осевых нагрузок и скоростей движения такие прокладки достаточно устойчиво обеспечивают оптимальные характеристики вертикальной упругости колеи, в особенности на железобетонных шпалах и стрелочных брусьях.

В промежуточных рельсовых скреплениях упругие элементы выполняют следующие функции:

- снижают динамическое воздействие на путь и обеспечивают виброзащиту подрельсового основания пути, что предохраняет балластную призму и уменьшает рост неровностей пути;
- благодаря высоким жесткостным и демпфирующим свойствам материала упругие элементы определяют частоту собственных колебаний узла скрепления и изменяют весь спектр частот колебаний от низких до звуковых;
- оказывают доминирующее влияние на основные параметры пространственной жесткости узла скрепления; определяют вертикальную жесткость, продольную жесткость на сдвиг вдоль рельса и совместную жесткость с пружинными клеммами;
- повышают надежность узла скрепления в целом, улучшают ремонтпригодность и позволяют повысить скорость движения поездов.

Для создания упругих элементов рельсовых промежуточных скреплений использованы результаты теоретических и экспериментальных исследований автора совместно с учеными ряда

ведущих организаций [4–30].

Наиболее важными упругими элементами рельсовых промежуточных скреплений являются упругие прокладки и клеммы.

В практике [1–9] наиболее часто используют прокладки толщиной 5...14 мм с жесткостью на сжатие 50...120 т/см (для пластмассовых 250 т/см); для регулировки положения рельсов по высоте в ряде случаев используют специальные прокладки-регуляторы разной толщины.

Резиновые прокладки эксплуатируются при переменных температурах окружающей среды –55...+70 °С и действии активной внешней среды: осевое масло, щелочь, повышенная концентрация озона и кислорода воздуха, действие электрических полей и т. д.

На узел скрепления действуют вертикальные нагрузки от колес; помимо этого в результате совместного действия вертикальных и поперечных составляющих колесной нагрузки на рельсовую нить появляется крутящий момент. Таким образом, резиновые прокладки испытывают следующие нагрузки: постоянные статические вертикальные нагрузки от рельса, эпизодические поездные динамические нагрузки, статические и динамические сдвиговые нагрузки от угона и возврата рельса и крутящий момент, приводящий к некоторому перекоосу прокладок.

Требуемый срок службы прокладок без выхода жесткостных и диссипативных параметров за пределы допускаемых значений составляет примерно 4...6 лет при годовом грузопотоке 100 млн т. брутто; за время эксплуатации прокладки получают около $3 \cdot 10^7$ циклов динамической нагрузки с амплитудой деформации $A = 1,5...2,5$ мм и частотой $\omega = 3...25$ Гц (высокочастотные гармоники могут достигать нескольких мегагерц); относительная деформация сжатия резиновых прокладок достигает

25...30 %.

Выбор марки резины. Испытаниям подлежали две модели серийных резиновых прокладок из резины первой группы на основе СКИ-3 (табл. 1); в этой же таблице приведены основные технологические показатели для двух моделей резин, из которых для изготовления опытной партии прокладок была выбрана рези-

на № 1; состав исходной смеси: СКИ-3+СКМС+АРКМ-15 по 50 масс. частей, технический углерод – 65 масс. частей, окись цинка – 5 масс. частей и др. Для испытаний по определению вязко-упругих свойств модельные образцы и резиновые прокладки изготавливались из специальной смеси резины.

Таблица 1

Результаты исследований физико-механических характеристик опытной партии резиновых прокладок рельсового пути, одиночных и двойных перекрестных стрелочных переводов

Наименование показателей	Серийные резиновые прокладки ДСТУ 2805-94	Резиновые прокладки по ТУ 38-105-683-87	Экспериментальные образцы опытных прокладок конструкции НКТЬ ЦП УЗ	
			1	2
Условная прочность при растяжении, кг/см ²	73	172	182	145
Относительное удлинение при разрыве, %	220	335	340	300
Относительная остаточная деформация после разрыва, %	6	12	6	12
Твердость по ШОРуА, ед.	60	75	67	75
Температурный предел хрупкости, °С	-30	-55	-58	-52
Истираемость, см ³ /квт час	426	256	197	131
Коэффициент теплового старения по относительному удлинению при 70 °С, 144 час., %	0,55	0,73	0,68	0,60
Удельное объемное сопротивление, Ом/см	2,6·10 ⁻⁹	9,1·10 ⁹	9,9·10 ⁹	9,8·10 ⁹
Изменение массы образца после воздействия осевого масла при 23 °С в течении 24 час., %	6,1	6,8	7,0	
Изменение относительного удлинения после старения в воздухе при 100 °С, 24 часа, %	-8,3	-27,3	-46,1	-11,3
Относительная остаточная деформация сжатия при 30% сжатии при 70 °С 24 часа	39,8	32,1	20,6	30,1
Параметры вулканизации стандартных и опытных образцов	151 °С 10 мин	143 °С 15 мин	151 °С 20 мин	
Вулканизационная усадка	2,0	1,5	1,9	
Усталостная выносливость при многократном растяжении, E=150%, циклов до разрушения	520	1890	21460	21840
Коэффициент диссипации энергии	0,40	0,42	0,68	0,69
Статическая жесткость при 30 % относительном сжатии, кг/см	12·10 ⁴	11·10 ⁴	8·10 ⁴	
Срок службы, лет	0,5–1,0		5,7 – 6,0	

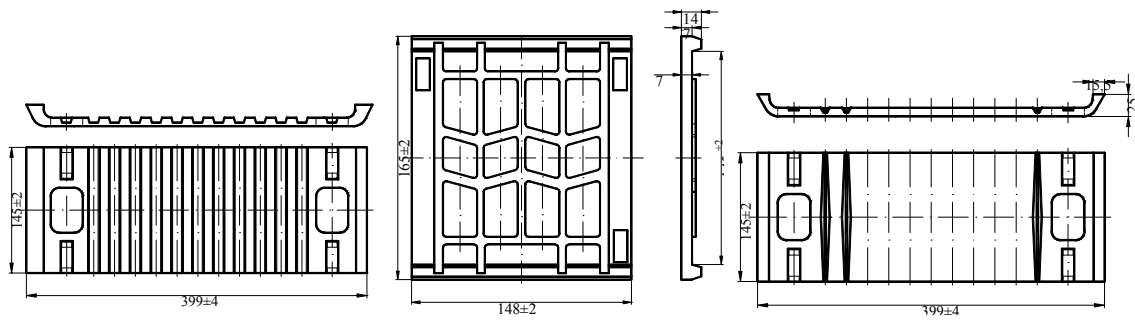
Образцы для испытаний и их отбор. Определение вязко-упругих свойств упругих прокладок, методы проведения испытаний, количество образцов и их геометрические размеры, обработка результатов испытаний регламентированы действующими стандартами. Поэтому исследование модельных образцов и резиновых прокладок различных типов проводилось с максимальным приближением к стандартам.

На рис. 1, 2 показаны некоторые конструкции опытной партии упругих прокладок для двойного перекрестного стрелочного перевода и рельсовых промежуточных скреплений.

Отбор образцов проводился по твердости и статической жесткости при выдержке образцов под нагрузкой не менее одного часа; прокладки отбирались по жесткости при монофазном сжатии при деформации до 30 %.



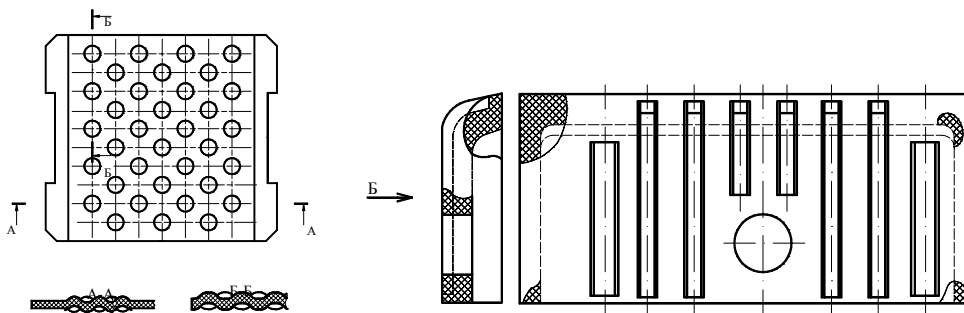
Рис. 1



a – напальная подкладка типа ПН (ЦП-328)

б – подрельсовая подкладка типа ПРЦП-4

в – напальная подкладка типа ПНЦП31-1



г – полиуретановая подрельсовая подкладка с переменным

д – гаситель динамических ударов

Рис. 2. Упругие прокладки рельсовых промежуточных креплений

Определение твердости. Измерение твердости по ШОРу А регламентировано стандартом ГОСТ 263-75. Стандарт предусматривает измерение твердости образцов без видимых повреждений, шероховатостей, пор, посторонних включений; образцы должны иметь толщину не менее 6 мм, измерение твердости каждого

образца осуществляется в трех точках не менее трех раз.

Твердость модельных образцов и резиновых прокладок измерялась переносным прибором 2033 ТИР; погрешность перемещения индентора в каждой точке шкалы прибора $\pm 0,025$ мм. Величина твердости резины № 1 показана в табл. 2.

Таблица 2

Физико-механические характеристики образцов резины	Усредненные значения
Твердость по ШОРу А	70
Коэффициент Пуассона	0,485
Условно-равновесный модуль сдвига G_{∞} , Мпа	17,4
Условно-равновесный модуль Юнга E_{∞} , Мпа	52,2
Мгновенный модуль сдвига G_0 , Мпа	28,3
Динамический модуль сдвига (при $\omega = 20$ 1/с и $\gamma = 0,30$) G_q , МПа	24,2
Коэффициент диссипации энергии ψ	0,68
Статическая жесткость C_{∞} резиновых прокладок первой группы при 30 % относительной деформации сжатия, кг/см	80000
Статическая жесткость C_{∞} резиновых прокладок второй группы при 30 % относительной деформации сжатия, кг/см	48000

Определение коэффициента Пуассона. Наряду с модулем сдвига, модулем Юнга и коэффициентом диссипации энергии этот параметр является важнейшим, особенно для наполненных резин. Для слабонаполненных резин обычно коэффициент Пуассона принимается $\nu = 0,5$ и используется во всех практических расчетах. Для наполненных резин коэффициент ν не остается постоянным и зависит от вида и концентрации наполнителя; при сухом трении на торцах для большинства резин с наполнителем свыше 50 масс. частей теууглерода $\nu = 0,465 \dots 0,485$.

Определение температуры в резиновых образцах. При эксплуатации резиновые прокладки испытывают действие внешнего температурного поля, вызванного сезонными климатическими изменениями, и температуру от диссипативного разогрева при действии периодически повторяющихся динамических нагрузок. Сезонная температура окружающей среды изменялась в пределах $-55 \dots +70$ °С; температура внутри резинового массива прокладки от диссипативного разогрева была сравнительно небольшой и колебалась от $+2$ °С до $+5$ °С

(превышение над температурой внешней среды).

Температура резиновых элементов на их поверхности и в массиве измерялась медь-константановыми точечными и игольчатыми термодарами; выходной сигнал от термодар регистрировался потенциометром постоянного тока ПП-63 или милливольтметром. Тарировка термодар проводилась по отдельной методике.

Определение статических характеристик. К таким характеристикам относятся: жесткость прокладок при монофазном сжатии, условно-равновесный модуль сдвига и условно-равновесный модуль Юнга.

Жесткостные характеристики резиновых прокладок определялись при монофазном сжатии на механической установке ФР 100/1 фирмы «Heckert» (ФРГ) с автоматической записью зависимости «сила – перемещение» и на гидравлическом прессе усилием до 50 т. Скорость нагружения прокладок $0,01 \dots 0,001$ м/с, точность регистрации силы $2 \dots 5$ %, по перемещению точность записей определялась точностью индикатора часового типа, т. е. до $0,01$ мм.

Полученные, для двух типов прокладок из резины № 1, зависимости «сила-перемещение»

показаны на рис. 3. Как видно, линейность зависимости $P \approx \Delta$ практически отсутствует и поэтому применимость линейного закона Гука возможна лишь для малых величин деформации. При относительной деформации сжатия 30 % и более, что наблюдается в реальных условиях эксплуатации прокладок, существует нелинейная связь между нагрузкой и деформацией и поэтому модуль упругости можно определить лишь в дифференциальной форме.

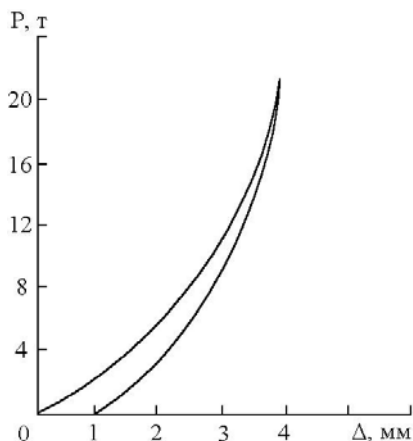


Рис. 3. Статистически обработанные зависимости $P \sim \Delta$ для партии из пяти напильных прокладок ($h = 10$ мм) из резины № 1; скорость деформации 0,001 м/с

Как отмечалось выше, релаксационные процессы лежат в основе всех особенностей проявления резиной вязкоупругих свойств. Одной из таких особенностей является тот факт, что при деформировании резиновой прокладки зависимость «сила-перемещение» различна при нагрузке и разгрузке (см. рис. 3). При этом, как правило, образуется открытая петля гистерезиса (в динамике она носит замкнутый характер и называется закрытой). Такая петля гистерезиса характеризует количество энергии, рассеиваемой в материале за один цикл деформирования и расходуемый на нагрев образца и на изменение его структуры. Площадь петли обычно определяется свойствами резины, скоростью деформирования образца и температурой окружающей среды.

Релаксационные процессы проявляются также в том, что зависимость «сила-перемещение» для первого цикла нагрузки отличается от последующих циклов. При повторных циклах площадь петли гистерезиса уменьшается стремясь к некоторому равновесному значению. Поэтому при исследовании вязкоупругих свойств прокладок жесткость при сжатии определялась по петле гистерезиса третьего или пятого цикла.

На рис. 4 показана кривая релаксации для пары образцов из резины № 1, полученная при простом сдвиге и относительной деформации 30 %. Нелинейный участок кривой релаксации ab согласно Г. М. Бартеневу относится к процессу химической релаксации. Как видно, за время нагружения в течение 24 часов процесс химической релаксации не стал установившимся, и механические характеристики образцов следует рассматривать как кинетические. В этом случае условно-равновесный модуль сдвига определяется экстраполяцией линейного участка на ось сил; обычно переносят значение модуля сдвига в точке K на ось модуля и это значение модуля считается условно-равновесным. Для более точных расчетов кривую релаксации получают при длительных временах нагружения. Найденные таким образом значения модуля сдвига (или модуля Юнга) использовались в дальнейших расчетах. В табл. 2 показаны их значения, обработанные статистически для партии из 9 пар элементов из резины № 1.

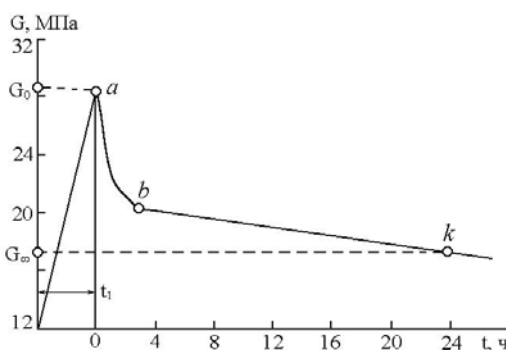


Рис. 4. Кривая релаксации для резины № 1: t_1 – время нагружения

Определение жесткости прокладок при монофазном сжатии и сдвиге. Для рассматриваемых случаев нагружения жесткость характеризует кинематическую реакцию прокладки на приложенную нагрузку и при малых деформациях определяется геометрическими параметрами изделия и способом приложения нагрузки.

Рассмотрим случай плоского сжатия призмы $a \times b \times h$. Жесткость такой призмы определяется из соотношения [5; 11; 29; 30]:

$$C_n = 3\beta_n Gab/h;$$

$$\beta_n = \frac{\tilde{E}_y}{\tilde{E}} = \frac{2(1-\nu)y_0}{(1-\nu) \left[2(1-2\nu)y_0 - \frac{\nu}{2} \sum_{n=1}^{\infty} x_n/k_n^2 \right]}, \quad (1)$$

где $y_0 = h/a$; $k_n = (2n-1)\pi/2y_0$; x_n – неизвестные, определяемые из бесконечной системы алгебраических уравнений [5; 11; 29; 30]; G – модуль сдвига резины; ν – коэффициент Пуассона резины; \tilde{E} , \tilde{E}_y – действительный и условный модули Юнга; β_n – коэффициент ужесточения на торцах при сжатии; его определение для конкретных типов резиновых прокладок дано в [6].

Для конкретных случаев более удобно использовать аппроксимационные формулы [5; 11; 29; 30]:

$$\beta_n = \frac{\pi^2}{6} \left[1 + \frac{\pi^2}{48} a_1^2 \right] (0,992 - 0,304a_1^{-1} + 0,2a_1^{-2}) \quad (2)$$

или

$$\beta_n \approx \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-\nu) + 5,882\nu(1-\nu)y_0^2}, \quad (3)$$

где $a_1 = a/h$.

Формула (2) дает хорошие результаты при $h \leq a \leq 20h$, а формула (3) при $0 \leq y_0 \leq 1$ и $1/3 \leq \nu \leq 1/2$.

В случае предварительного сжатия прокладки на величину Δ_z жесткость можно найти из выражения:

$$C_n = \frac{G_{ab}}{h} \cdot \frac{\xi}{\operatorname{tg} \xi}. \quad (4)$$

где величина ξ находится из уравнения:

$$1 - \frac{\Delta_z}{h} = \frac{\sin 2\xi}{2\xi}.$$

При сдвиге жесткость призмы определяется из соотношения:

$$C_\tau = \frac{GF}{h} \beta_\tau; \quad (5)$$

$$\beta_\tau = 1 - 0,4682(1-\nu)y_0, \quad (6)$$

где F – площадь сдвига; β_τ – коэффициент ужесточения на торцах призмы при сдвиге.

Из формулы (3) вытекает некоторое предельное равенство: для малых y_0 будет:

$$\lim_{y_0 \rightarrow 0} \frac{\tilde{E}_y}{\tilde{E}} = \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}. \quad (7)$$

Из (7) следует, что при уменьшении толщины прокладки жесткость стремится к некото-

рому предельному значению, т. е.:

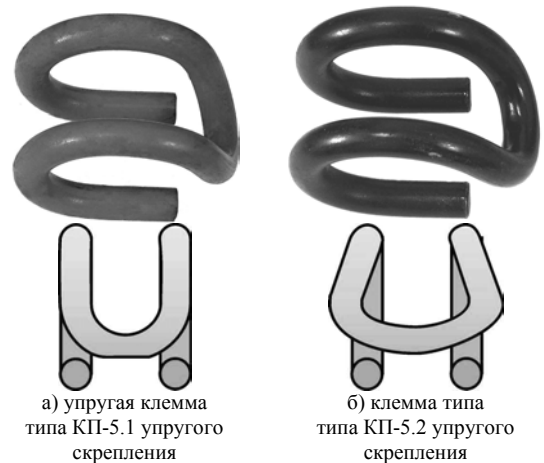
$$\tilde{E}_y \approx \frac{\tilde{E}}{3(1-2\nu)} = \tilde{K}, \quad (8)$$

где \tilde{K} – модуль объемного сжатия.

Это важное положение имеет существенное значение, т. к. при $\nu \approx 0,5$ (несжимаемый материал) тонкие резиновые элементы работают в условиях, близких к всестороннему сжатию и, следовательно, их жесткость существенно возрастает. В зависимости от геометрического параметра y_0 и величины коэффициента Пуассона условный модуль прокладки может изменяться от модуля Юнга E_0 до модуля объемного сжатия \tilde{K} .

С целью повышения работоспособности конструкции промежуточных креплений проведены также исследования работы упругих клемм. Остановимся на результатах некоторых исследований.

На рис. 5 а, б показаны упругие клеммы типа КП-5.1 и КП-5.2 упругого промежуточного крепления типа КПП-5.



а) упругая клемма типа КП-5.1 упругого крепления

б) клемма типа КП-5.2 упругого крепления

Рис. 5. Упругие клеммы безподкладочного анкерного промежуточного крепления

Основной отличительной способностью клеммы типа КП-5.2 от клеммы типа КП-5.1 является применение в средней части клеммы (место контакта клеммы и изолирующего вкладыша) расширенного участка клеммы (по сравнению с клеммой типа КП-5.1) в сочетании с увеличением радиусов изгиба средней части клеммы и ее разветвлением в стороны относительно концевых элементов клеммы и смежных с ними изогнутых частей.

Такое техническое решение позволило увеличить в 2,5 раза площадь контакта между расширенной средней частью и сферической

впадиной изолирующего вкладыша, а также уменьшить напряженно-деформированное состояние средней части клеммы при выполнении технологических процессов «монтаж-демонтаж» клемм при сборке и разборке узла скрепления.

Проведенные исследования позволили провести сравнение показателей прочности и жесткости клемм типа КП-5.1 и КП-5.2.

На рис. 6, а показаны примеры зависимости средних значений упругой и неупругой деформации пружинных клемм типов КП-5.1 и КП-5.2 от изменения величины нагрузки на контакте с подошвой рельса для различных опытных партий.

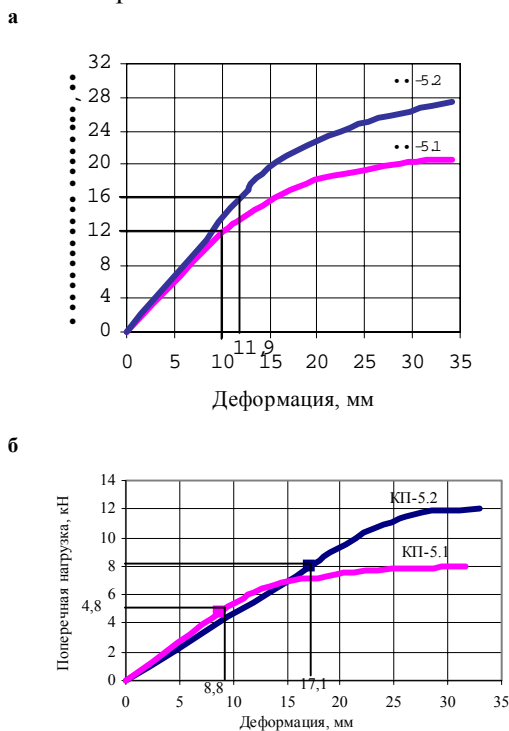


Рис. 6. Зависимости средних значений упругой и неупругой деформации пружинных клемм типов КП-5.1 и КП-5.2

от изменения величины нагрузки:

а – при вертикальных нагрузках на контакте подошвы рельса и клемм; б – при поперечных нагрузках между концевыми участками клемм

Установлено, что в вертикальном направлении прочность упругих клемм типа КП-5.1 в зоне пропорциональной зависимости деформации от нагрузки (упругая стадия) находится в пределах 10...14 кН при деформации 9...10 мм, а для клемм типа КП-5.2 упругая стадия находится в пределах 13...16 кН при деформации 10...13 мм. При этом, прочность клемм типа КП-5.2 на 13 % выше прочности клемм типа КП-5.1. Жесткость клемм типа КП-5.1 и КП-5.2 находится соответственно в пределах

10...12 кН/см и 10...13,4 кН/см.

На рис. 6, б показаны примеры зависимости средних значений упругой и неупругой деформации пружинных клемм типов КП-5.1 и КП-5.2 от изменения величины поперечной нагрузки между свободными концевыми участками клемм (т. е. места совместного контакта клемм и анкеров).

Установлено, что при поперечной раздвижке концевых участков клемм прочность упругих клемм типа КП-5.1 в зоне пропорциональной зависимости деформации от нагрузки (упругая стадия) находится в пределах 4,2...4,8 кН при относительном изменении деформации 8,2...8,4 мм, а для клемм типа КП-5.2 упругая стадия деформации соответствует прочности 8,0...8,2 кН при относительном изменении деформации 17,1...17,5 мм. При этом, прочность клемм типа КП-5.2 при поперечной нагрузке на 80 % выше чем для клемм типа КП-5.1, а величина упругой поперечной деформации клемм типа КП-5.2 в два раза выше чем для клемм типа КП-5.1.

При этом, жесткость в поперечном направлении для клемм типа КП-5.1 находится в пределах 5,1÷5,5 кН/см, а для клемм типа КП-5.2 – 4,3...4,5 кН/см. Следовательно, величины упругой податливости клемм типа КП-5.2 более чем на 20 % лучше по сравнению с клеммами типа КП-5.1.

Принимая во внимание, что при технологическом процессе «сборка-разборка» узла скрепления типа КПП-5 происходит относительная раздвижка концевых участков клемм на 16,5 мм при переходе свободного конца клеммы через головку анкера до захода в открытое отверстие анкера, следует вывод, что клеммы типа КП-5.1 имеющие упругую поперечную деформацию до 8,2...8,4 мм достигают расширения до 16,5 мм переходя через неупругую стадию, что соответственно приводит к накоплению остаточных деформаций при относительном уширении клемм. В связи с этим, клеммы типа КП-5.1 позволяют осуществлять около 3 монтажных циклов. В дальнейшем клеммы типа КП-5.1 не приемлемы для эксплуатации.

В клеммах типа КП-5.2 величина упругой поперечной деформации равна 17,1...17,5 мм, что превышает величину рабочей деформации при монтажных работах, равной 16,5 мм. Следовательно, клеммы типа КП-5.2 обеспечивают технологический процесс «сборка-разборка» узла скрепления при многоцикличном выполнении монтажных работ. По результатам испытаний установлено, что клеммы типа КП-5.2

могут обеспечить 100 циклов «сборка-разборка» скрепления.

В скреплении типа КПП-1 использована плоская подрельсовая прокладка типа ПРП-2.3 из полиамида или полиэтилена, показанная на рис. 7, а, которая является близким аналогом прокладки для скрепления типа СБ-3. На рис. 7, б показана подрельсовая прокладка переменного профиля типа ПРП-2.1 из полиуретана, которая используется в скреплении типа КПП-5.

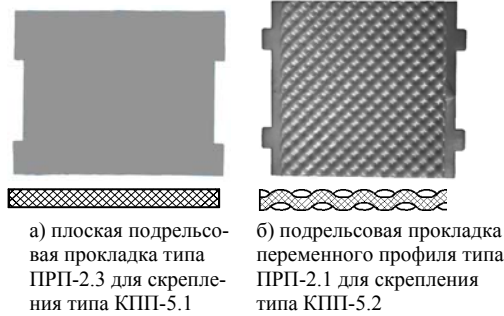


Рис. 7. Подрельсовые прокладки для скреплений типов КПП-5.1 и КПП-5.2

Определение упругих характеристик подрельсовых прокладок типов ПРП-2.3 и ПРП-2.1 при нагрузках до 100 кН показало, что средняя величина деформации плоских прокладок типов ПРП-2.3 при нагрузке 100 кН равняется 0,70...0,73 мм при жесткости 1300...1370 кН/см, а средняя величина деформации прокладок периодического профиля типа ПРП-2.1 при нагрузке 100 кН равна 3,0 мм при жесткости 330 кН/см.

На рис. 8 показаны графики зависимостей деформации прокладок от изменения величины нагрузки. Установлено, что жесткость прокладок с переменным поперечным профилем в 3 раза ниже по сравнению с плоскими прокладками

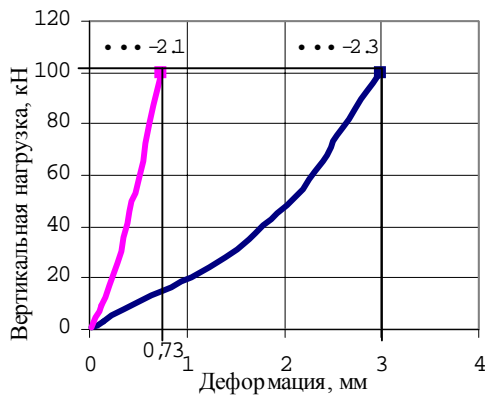


Рис. 8. Зависимости величины деформации прокладок типов ПРП-2.1 и ПРП-2.3 от величины вертикальной нагрузки

В НКТБ ЦП УЗ выполнены также разработки подрельсовых высокопрочных износостойких резиновых прокладок для скрепления типа КПП-5. Их жесткость находится в пределах 300...350 кН/см. При этом, сопротивление продольному сдвигу с резиновыми прокладками при коэффициенте трения равным 0,5...0,6 значительно выше, чем для пластмассовых подрельсовых прокладок с коэффициентом трения равным 0,3...0,4.

Внесены определенные изменения и в конструкцию изолирующих вкладышей отмеченных промежуточных скреплений.

На рис. 9, а показаны изолирующие вкладыши типа П-65 для скреплений типа КПП-1, которые являются близким аналогом скрепления СБ-3, а на рис. 9, б показаны изолирующие вкладыши типа ВИП-65 для промежуточного скрепления типа КПП-5.

Особенностью изолирующего вкладыша типа ВИП-65 является устройство сферического углубления для расположения средней расширенной части клеммы типа КП-5.2, а также наличие наклонных поверхностей в выступающей части вкладыша для устройства сферического углубления и повышения прочности вкладыша.



Рис. 9. Изолирующие вкладыши типов П-65 и ВИП-65 для промежуточных скреплений типов КПП-5.1 и КПП-5.2

Отмеченные работы [4–30], а также другие результаты творческой деятельности ученых, представителей заводов-изготовителей, специалистов железных дорог Украины и Укрзалізниці явились определенной частью теоретических, экспериментальных и эксплуатационных исследований, использованных НКТБ ЦП УЗ для разработки, проектирования и внедрения упругих элементов промежуточных рельсовых скреплений на железных дорогах Украины и повышения технического уровня и надежности работы путевого хозяйства для обеспечения безопасности движения поездов с установленными скоростями при высоких технико-экономических показателях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Купцов В. В. Современные конструкции и параметры промежуточных рельсовых скреплений для железобетонных шпал // В кн. Повышение надежности работы верхнего строения пути. – М.: Интекст. – 2000. – С. 100–129.
2. Шахунянц Г. М. Железнодорожный путь. – М.: Транспорт, 1987. – 408 с.
3. Бесстыковый путь // Под ред. Альбрехта В. Г. и Когана А. Я. – М.: Транспорт, 2000. – 408 с.
4. Говоруха В. В., Надутый В. П. Исследование деформации и прочности характеристик резиновых прокладок рельсовых промежуточных скреплений // Геотехническая механика. – Вып. 14. – Д.: Полиграфист, 1999. – С. 161–167.
5. Говоруха В. В. Обобщенные нелинейные модели деформирования и разрушения и методы прогнозирования долговечности вязкоупругих элементов рельсового пути // Геотехническая механика. – Вып. 24. – Д.: Полиграфист, 2001. – С. 94–112.
6. Говоруха В. В. Экспериментальные исследования параметров деформирования и разрушения резиновых прокладок рельсового пути // Геотехническая механика. – Вып. 28. – Д.: Полиграфист, 2001. – С. 26–59.
7. Яковлев В. О., Мойсеенко К. В., Говоруха В. В. та інші. Практичні рекомендації що до проведення вхідного контролю П69 якості і матеріалів верхньої будови колії. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. – 196 с.
8. Костюк М. Д., Говоруха В. В. Сучасні конструкції суміщеної рейкової колії 1520 та 1435 мм із залізобетонними шпалами та проміжним пружно-рейковим скріпленням // Строительство: Сб. научн. тр. ДИИТа. – Вып. 10. – Д., 2002. – С. 72–75.
9. Костюк М. Д., Говоруха В. В. Стрілочні переводи і суміжне устаткування для швидкісного руху поїздів // Залізничний транспорт України. – 2002. – № 3. – С. 15–17.
10. Говоруха В. В. Современные конструкции промежуточных рельсовых скреплений // Геотехническая механика. – Вып. № 31. – Д.: Полиграфист, 2002. – С. 49–77.
11. Говоруха В. В. Упругие элементы промежуточных рельсовых скреплений // Геотехническая механика. – Вып. № 31. – Д.: Полиграфист, 2002. – С. 78–94.
12. Говоруха В. В., Дырда В.И. Закономерность теплового старения резин в условиях циклического деформирования // Геотехническая механика. – Вып. № 39. – Д.: Полиграфист, 2002. – С. 63–105.
13. Булат А. Ф., Говоруха В. В., Дырда В. И. Закономерность скачкообразного фазового перехода метастабильного состояния эластомеров к лабильному при их циклическом разрушении // Геотехническая механика. – Д.: Полиграфист. – Вып. № 43. – С. 3–69.
14. Говоруха В. В., Дырда В. И. Закономерность изменения интенсивности старения резины при ее циклическом деформировании // Диплом № 220 на открытие. Заявка на открытие № А-262 от 23 декабря 2002. – М., Регистрационный № 262.
15. Говоруха В. В. Экспериментальные исследования показателей прочности упругих промежуточных скреплений рельсового пути // Геотехническая механика. – Вып. № 43. – Д.: Полиграфист, 2003. – С. 187–195.
16. Патент на промисловий зразок. № 7173. Україна (UA). Кл. 12-99. Прокладка гумова для рейкової колії / Говоруха В. В., Костюк М. Д., Дубневич Я. В. – Бюл. № 3. – 17.03.2003.
17. Патент на промисловий зразок. № 7286. країна (UA). Кл.12-99. Прокладка рейкового скріплення / Говоруха В. В., Костюк М. Д., Дубневич Я. В. – Бюл. № 4. – 15.04.2003.
18. Патент на промисловий зразок. № 6367. Україна (UA). Кл. 12-99. Прокладка підрейкова гумова / Говоруха В. В., Костюк М. Д., Дубневич Я. В. – Бюл. № 8 – 15.08.2002.
19. Патент на промисловий зразок. № 6368. Україна (UA). Кл. 12-99. Триотвірна прокладка підрейкова гумова / Говоруха В. В., Костюк М. Д., Дубневич Я. В. – Бюл. 8. – 15.08.2002.
20. Деклараційний патент на винахід: № 49743 А. Україна (UA). Кл. У01В7/20. Вузол кріплення рамної рейки / Говоруха В. В., Костюк М. Д., Тараненко С. Д. – Бюл. № 9. – 16.09.2002.
21. Патент на промисловий зразок. № 7172. Україна (UA). Кл.12 99. Вкладиш ізолюючий для проміжного пружного скріплення рейкової колії / Говоруха В. В., Костюк М. Д., Дубневич Я. В. – Бюл. № 3. – 17.03.2003.
22. Деклараційний патент на винахід. № 49745. Україна (UA). Кл.У01В9/48. Клема рейкового скріплення / Говоруха В. В., Костюк М. Д., Дубневич Я. В. – Бюл. № 9. – 16.09.2002.
23. Деклараційний патент на винахід. № 49749А. Україна (UA). Пристрій для кріплення рейки / Говоруха В. В., Костюк М. Д., Тараненко С. Д. – Бюл. № 9 – 16.09.2002.
24. Деклараційний патент на винахід. № 49747 А. Україна (UA). Кл.Е01В5/18. Контрейковий вузол / Говоруха В. В., Костюк М. Д. Тараненко С. Д. – Бюл. № 9. – 16.09.2002.
25. Деклараційний патент на винахід. № 49744 А. Україна (UA). Кл. У01В/60. Прокладка рейкового проміжного скріплення / Говоруха В. В., Костюк М. Д., Дубневич Я. В. Щербина Е. Т. – Бюл. № 9 – 16.09.2002.
26. Деклараційний патент на винахід. № 49767А. Україна (UA) Кл.Е01В9/54. Прокладка / Говоруха В. В., Костюк М. Д., Дубневич Я. В. – Бюл. № 9. – 16.09.2002.
27. Деклараційний патент на винахід. № 49768/А. Україна (UA).Кл.Е01В9/48. Рейкове скріплення / Говоруха В. В., Костюк М. Д. – Бюл. № 9. – 16.09.2002.
28. Деклараційний патент на винахід. № 55 333А. Україна (UA). Кл. Е01В9/48. Пружна клема рейкового скріплення / Говоруха В. В., Костюк М. Д., Дубневич Я. В. – Бюл. № 3. – 17.03.2003.

29. Термомеханика эластомерных конструкций при циклическом нагружении / Потураев В. Н., Дырда В. И., Мазнецова А. В. – К.: Наук. Думка, 1987. – 288 с.

30. Расчет жесткости и диссипативного разогрева нелинейно вязкоупругих виброизоляторов при цик-

лическом деформировании / Сенченков И. К., Дырда В. И., Козлов В. И., Червинко О. П., Мазнецова А. В. // Прикладная механика, 1988. – 24, № 10. – С. 68–79.