

УДК 625.14:625.143.482:622.6:539.3:539.4:62-192

## СОЗДАНИЕ АНКЕРНЫХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ

<sup>1</sup>Говоруха В.В., <sup>1</sup>Кизилов В.К., <sup>1</sup>Собко Т.П., <sup>1</sup>Семидетная Л.П.

<sup>1</sup>Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины

## СТВОРЕННЯ АНКЕРНИХ ПРОМІЖНИХ РЕЙКОВИХ СКРІПЛЕНЬ НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ

<sup>1</sup>Говоруха В.В., <sup>1</sup>Кізілов В.К., <sup>1</sup>Собко Т.П., <sup>1</sup>Семидітна Л.П.

<sup>1</sup>Институт геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

## FORMING OF ANCHOR INTERMEDIATE RAIL FASTENING OF INNOVATIVE TECHNICAL LEVEL

<sup>1</sup>Govorukha, V.V., <sup>1</sup>Kizilov, V.K., <sup>1</sup>Sobko, T.P., <sup>1</sup>Semidetnaia, L.P.

<sup>1</sup>Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine

**Аннотация.** В статье изложен анализ работы промежуточных рельсовых скреплений в эксплуатационных условиях с большими грузопотоками с учетом особенностей работы рельсового пути в криволинейных участках малых радиусов кривизны. Целью данной работы является повышение ресурса работы промежуточных рельсовых скреплений для условий их эксплуатации с высокими скоростями движения поездов и в криволинейных участках пути с особо малыми радиусами кривизны с регулировкой ширины колеи. Показано, что средства и материалы рельсового пути и его элементов подвергаются интенсивному износу и разрушению при больших вертикальных и поперечных нагрузках особенно в криволинейных участках пути с малыми радиусами кривизны. Даны предложения и исходные технические требования для создания перспективных конструкций промежуточных рельсовых скреплений. Предложено новое техническое решение для создания нового промежуточного рельсового скрепления, обеспечивающего регулировку ширины колеи в диапазоне 1520-1540 мм для кривых малых радиусов 200,0-600,0 м. При этом за счет конструктивных особенностей обеспечивается сохранение оптимального (расчетного) положения прижимных петель упругих клемм относительно вертикальной оси симметрии рельса и крайних участков подошвы рельса при регулировании ширины рельсовой колеи, что повышает работоспособность, прочность и надежность работы рельсового скрепления в условиях значительных поперечных динамических нагрузок. Новая система анкерного промежуточного рельсового скрепления типа АПС-1 предназначена для рельсового пути железнодорожного, промышленного и подземного рельсового транспорта с возможностью применения на магистральных железных дорогах с ресурсом работы до 1,2 млрд т брутто пропущенного груза, скоростями движения 250,0-300,0 км/ч, а также для криволинейных участков малых радиусов 200,0-600,0 м со сложными условиями эксплуатации и продольными уклонами трассы до 30 ‰. Предусмотрено применение такой системы скрепления для рельсовых путей карьеров при больших осевых нагрузках 30,0-45,0 т, малых радиусах кривизны 80,0-450,0 м и больших продольных уклонах трассы до 60 ‰ с использованием тяговых агрегатов, а также для подземного рельсового транспорта с шириной колеи 900; 750 и 600 мм, радиусами кривых 8,0-20,0 м и уширением рельсовой колеи до 20,0 мм. Полученные результаты работы могут быть применены для железнодорожного, промышленного и подземного рельсового транспорта.

**Ключевые слова:** промежуточные рельсовые скрепления, нагруженность, износ, разрушение, ресурс работы.

Промежуточные рельсовые скрепления являются важнейшей частью рельсового пути железнодорожного, промышленного и подземного рельсового транспорта. Совместно с железобетонными и деревянными шпалами промежуточное скрепление обеспечивает ряд важных требований надежности и безопасности движения поездов в прямолинейных и криволинейных участках рельсового пути при различных скоростях движения пассажирских и грузовых поездов различного назначения.

Для повышения технико-экономических показателей работы средств путевого хозяйства, особенно с 1993 г., проведен значительный объем научных, экспериментальных, конструкторских, технологических и эксплуатационных исследований, а также подготовлено и освоено производство элементов промежуточного рельсового скрепления и железобетонных шпал. К ним относятся исследования и разработки отечественных и зарубежных специалистов ведущих организаций таких, как Институт геотехнической механики Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта (ДИИТ), Украинская государственная академия железнодорожного транспорта (УкрГАЖТ), Киевский университет экономики и технологий транспорта (КУЕТТ), Научно-конструкторское технологическое бюро путевого хозяйства АТ «Українська залізниця» (НКТБ ЦП УЗ), Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, Россия), Московский институт инженеров транспорта (МИИТ, Россия), Сибирский государственный университет путей сообщения (СибГУПС, Россия), Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС, Россия), Петербургский государственный университет путей сообщения (ПГУПС, Россия), проектно-конструкторское технологическое бюро путевого хозяйства (ПКТБ ЦП, Россия) и др.

В известных работах отечественных и зарубежных ученых М.А. Фришмана, М.Ф. Вериги, А.Я. Когана, В.В. Рыбкина, Э. И. Даниленко, А.М. Патласова, О.М. Даренского, Н.П. Настечика, Р.В. Маркуля, М.Д. Костюка, Н.И. Карпущенко, Н.И. Антонова, В.И. Новаковича, В.Д. Дановича, М.И. Карпова, А.А. Шехватова, В.В. Кузнецова, В.С. Лысюка, В.М. Твердомеда, К.В. Мойсеенко и др. представлены теоретические и экспериментальные исследования по созданию промежуточных рельсовых скреплений, определению их технических показателей и характеристик, обеспечению научно-технического потенциала в развитии путевого хозяйства рельсового транспорта. При этом рассматривались наиболее распространенные и перспективные промежуточные рельсовые скрепления. Вместе с этим, остается ряд сложных и не решенных задач по созданию промежуточного рельсового скрепления с большим ресурсом работы, а также с повышенной прочностью и надежностью, особенно для криволинейных участков пути малых радиусов кривизны, с условиями обеспечения неизменного взаимного положения точки контакта клеммных прикрепителей и подошвы рельса при перемещении рельса относительно анкеров и опорной поверхности шпалы в поперечном направлении при изменении ширины колеи в криволинейных участках пути.

Недостатком существующих технических решений для действующих конструкций промежуточного рельсового скрепления при изменении ширины колеи является неподвижное положение клеммного прикрепителя относительно анкера или шпалы при поперечном перемещении рельса, что приводит к смещению точки контакта прикрепителя и верхней части подошвы рельса в

сторону края подошвы рельса или оси рельса с изменением относительно предыдущего нормального положения. Это создает критические условия работы клеммного прикрепителя и скрепления, что влияет на прочность и надежность работы промежуточных рельсовых скреплений в криволинейных участках пути с регулировкой ширины колеи.

Целью данной работы является повышение ресурса работы промежуточных рельсовых скреплений для условий эксплуатации с высокими скоростями движения поездов и в криволинейных участках пути с малыми радиусами кривизны. В соответствии с поставленной целью в работе исследован характер работы существующих промежуточных скреплений и даны предложения и исходные технические требования для создания перспективных скреплений.

В настоящее время на рельсовом пути железных дорог находится в постоянной эксплуатации или проходят опытно-промышленную проверку промежуточные скрепления типов: КБ; КПП-5; КПП-5М; КПП-5К; КПП-1; ИМЕТ-1; КППТ-7; КППТ-17; КПП-22; СКД-65Б; СКД-65Д; КД-65М; АПР-4; АПРС-К; Pandrol FASTCLIP FE; Vossloh System W30 и др. [1-6] и др.

Из перечисленных типов скреплений для криволинейных участков пути с радиусами менее 350 м используются в основном скрепления типов КПП-5К, СКД-65Б, СКД-65Д, Vossloh System W30, АРС-К, которые проходят опытно-промышленную проверку или находятся в серийном производстве и эксплуатации.

Скрепления типов КПП-1 и КПП-5 предназначены для прямолинейных участков пути и криволинейных участков с радиусом кривых не менее 350 м. Средний ресурс надежности работы находится в пределах 200-500 млн т брутто пропущенного груза [2, 3, 4, 6].

Скрепление типа КПП-5 имеет ряд преимуществ перед скреплением типа КПП-1 [7]. Клеммы типа КПП-5.2 имеют упругую деформацию 10-13 мм и несущую способность 13-16 кН в сравнении с клеммами типа КПП-5.1, где упругая деформация составляет 9-10 мм при нагрузке 10-14 кН, т.е. на 13% выше. В технологическом процессе «сборки-разборки» при поперечной раздвижке концевых участков клеммы типа КПП-5.2 имеют упругую деформацию 17,1-17,5 мм при поперечной нагрузке 8,0-8,2 кН, а для клемм типа КПП-5.1 упругая деформация составляет 8,2-8,4 мм при поперечной нагрузке 4,2-4,8 кН. Эти показатели для клемм типа КПП-5.2, при этом, на 80 % выше, чем для клемм типа КПП-5.1.

Принимая во внимание, что при процессе «сборки-разборки» узла скрепления происходит относительная раздвижка концевых участков клемм на 16,5 мм, клеммы типа КПП-5.1 имеют ограничения до 3 монтажных циклов. Клемма типа КПП-5.2 имеет улучшенные характеристики.

Изготовление клемм осуществляется из стали марки 60С2А согласно ГОСТ 14959-79 с твердостью 42...46 НРС [5].

Для скреплений типа КПП-5.1 используются плоские изолирующие прокладки типа ПРП-2.3 с постоянным плоским поперечным профилем. Для скреплений типа КПП-5.2 используются изолирующие прокладки типов ПР,

ПРП-2, ПРП-2.5 переменного профиля с синусоидальной формой рифлей, а также типа ПРП-2.11 с усеченными поверхностями рифлей [1, 5, 6, 7].

Прокладки типа ПРП-2.3, имеющие плоскую форму, соответствуют жесткости 1300-1370 кН/см и при нагрузке 100 кН имеют деформацию 0,70-0,73 мм, а прокладки типа ПРП-2.1 имеют жесткость 330 кН/см и деформацию 3,0 мм при нагрузке 10 кН [7].

Прокладки типа ПРП-2.1 и их аналоги имеют деформируемость в 3 раза выше по сравнению с плоскими прокладками, и обеспечивают номинальные показатели упругости рельсового пути с железобетонными шпалами. Для изготовления прокладок используется полиуретан марок Витур Е-1413-85 и Витур Т-0333-95 согласно ТУ6.05.221-526-85 или полиэтилен марок 102-104 согласно ГОСТ 16337.

Для упругих креплений также применяются резиновые изолирующие прокладки типов: ПР; ПРЦП-4; ПРЦП-5; ПРЦП-6 [1, 5].

При этом сопротивление продольному сдвигу рельсов с резиновыми прокладками при коэффициенте трения 0,5-0,6 значительно выше, чем с пластмассовыми подрельсовыми прокладками с коэффициентом трения 0,3-0,4.

Для креплений типа КПП-5.1 используются изолирующие вкладыши типов П-65 с плоской опорной поверхностью для носика клеммы типа КП-5.1 [1, 5, 7 и др.].

Для крепления типа КПП-5.2 используются вкладыши типов ВИП-65 и его модификации ВИП-65.1... ВИП-65.11. Особенностью этих вкладышей является устройство сферического углубления для расположения средней части клеммы типа КП-5.2 [1, 5].

Для изготовления изолирующих вкладышей используются полиамиды типов ПА-6-210 ДС, ПА-6-210-5 и др.

Рассмотренные крепления и их составные части разработаны специалистами ИГТМ НАН Украины и НКТЬ ЦП УЗ совместно с заводами-изготовителями и другими организациями. На создаваемую продукцию имеется значительное количество патентов и открытий [1, 6 и др.].

Скрепление типа КПП-5М, является близким аналогом крепления типа КПП-5 и предназначено для использования в прямолинейных участках и криволинейных с радиусом кривых более 350 м. Планируемый ресурс надежности этих креплений составляет около 800 млн. т брутто пропущенного груза. В креплении используются модифицированные элементы: клеммы типа КП-5.4, изолирующие прокладки типа ПРП-3.2 и изолирующие вкладыши типа ВИ-К.

Скрепление типа КПП-5К обеспечивает регулировку ширины колеи в криволинейных участках пути радиусом более 200,0 м с возможным уширением пути в пределах 1520-1535 мм. В составе крепления находятся: закладные анкеры типа АЗ-2К; упругие клеммы типа КП-5.2; изолирующие вкладыши типа ВИ-К; подрельсовая прокладка типа ПРП-3.2К. Для выполнения регулировки ширины колеи используются прямоугольные втулки типов ВР-65-К-1-4 и ВР-65-К-2-3, которые имеют различную толщину

боковых стенок и внутренний проем для прохода через головку анкера. Регулировка ширины колеи осуществляется посредством ступенчатой переустановки прямоугольной втулки вокруг оси головки анкера.

Скрепление типов СКД65-Д применяются для деревянных шпал, а скрепления типов СКД65-Д и СКД65-Дм для железобетонных шпал типов Ш1-1 и Ш-6. Скрепления этих типов аналогичны скреплению типа КБ65. Особенностью скреплений типов СКД65-Д и СКД65-Дм является та, что они позволяют обеспечивать регулировку ширины колеи применительно к радиусам кривых более 200,0 м посредством установки регулирующих карточек различной толщины, которые устанавливаются вертикально между боковыми гранями подошвы рельса и ребрами подкладки. Толщина карточек по 2 и 3 мм. С помощью набора карточек формируется суммарная их толщина 7 мм. Регулировка ширины колеи осуществляется в пределах от 1520 до 1534 мм.

Рельсовые промежуточные скрепления типов АРС-4 и АРС-4К укладываются на железобетонных шпалах. Скрепление типа АРС-4К совместно с железобетонными шпалами типа ШС-АПР-К используется в кривых малых радиусов менее 300 м с шириной колеи 1522; 1524; 1526; 1528 и 1530 мм.

Проходят эксплуатационные испытания новые опытные анкерные промежуточные скрепления типов ИМЕТ-1, КППТ 7 и КППТ-17. На железобетонных шпалах эти скрепления не обеспечивают регулировку ширины колеи для кривых малых радиусов 200,0–650,0 м.

На стадии опытных исследований используются промежуточные скрепления типов Vossloh System W-30 с упругими клеммами типа SKL 30 и шурупными прикрепителями. Модернизированные скрепления типа W-30 используются для кривых малых радиусов, менее 350,0 м. Регулировка ширины колеи осуществляется посредством упорных прокладок, имеющих разную толщину стенок в зоне подошвы рельса.

Анализируемые типы промежуточных рельсовых скреплений имеют ряд существенных преимуществ и недостатков по сравнению с ранее применяемыми конструкциями, а также в их относительном сравнении. Одним из общих недостатков для существующих технических решений при создании анализируемых промежуточных рельсовых скреплений для криволинейных участков малых радиусов является то, что при устройстве изменения ширины колеи прикрепитель (клемма) находится в неизменном положении, зафиксированном однозначно в анкере или другом упорном устройстве, независимо от перемещения рельса. Следовательно, при поперечном перемещении рельса происходит смещение средней части петли (носика) клеммы относительно концевой участка подошвы рельса, а расстояние между носиком клеммы (прикрепителя) и концевым участком клеммы изменяется. При поперечном перемещении рельса на 1,0–10,0 мм, при регулировке ширины колеи, изменяется на эту величину расстояние между концевым участком подошвы рельса и носиком клеммы (прикрепителя).

Таким образом, при регулировке ширины колеи создается неравномерность условий прижатия подошвы рельса к шпале и меняется величина крутящего

поперечного момента сопротивления поперечному опрокидыванию рельса при действии активного крутящего поперечного момента от поперечной силы на головку рельса в криволинейных участках рельсового пути.

Этот конструктивный недостаток промежуточного рельсового крепления вместе с другими недостатками возможно устранить с помощью создаваемой системы анкерного промежуточного рельсового крепления нового технического уровня типа АПРС-1, разработанного специалистами ИГТМ НАН Украины по заказу ТОВ «Трансинвест Холдинг» и ТОВ «Донпромтранс».

При создании системы анкерного промежуточного крепления поставлена задача усовершенствования системы промежуточного рельсового крепления, в которой за счет конструктивных особенностей обеспечивается сохранение оптимального (расчетного) положения прижимных петель упругих клемм относительно вертикальной оси симметрии рельсы при регулировании ширины рельсовой колеи, что повышает эксплуатационную надежность рельсового крепления в условиях значительных динамических нагрузок на рельсовый путь, в особенности в криволинейных участках с малыми радиусами кривизны, 200,0–600,0 м.

В создаваемой системе промежуточного рельсового крепления применены новые технические решения.

Концевые прямолинейные участки упругих клемм имеют возможность свободного перемещения в пазах головок анкеров в любое заданное нефиксированное положение относительно головки анкера при изменении ширины колеи; углубления на задней стороне изолирующих вкладышей обеспечивают возможность свободного перемещения в них концов прямолинейных участков упругих клемм; фиксация средней части петли клеммы осуществляется в углублениях на изолирующих вкладышах (при рабочих положениях) и на головке анкера (при технологическом положении); обеспечивается сохранение оптимального (расчетного) положения прижимных петель упругих клемм относительно вертикальной оси симметрии рельса при регулировании ширины рельсовой колеи и средние прижимные петли находятся на постоянном расстоянии от оси рельса и крайних участков подошвы рельса (см. рис. 1).

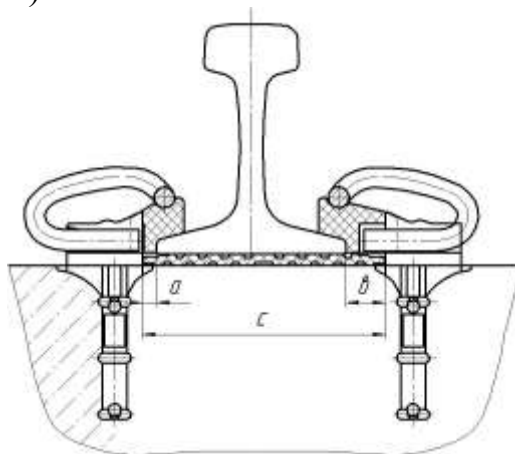
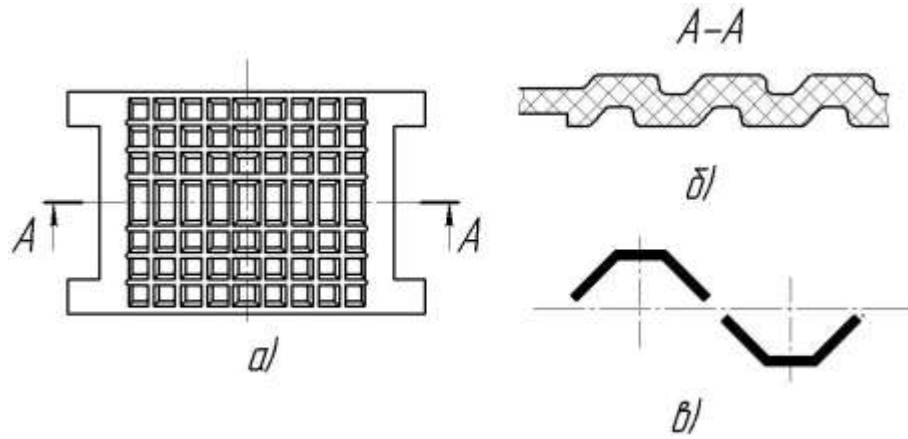


Рисунок 1 – Схема промежуточного рельсового крепления, рабочее положение упругой

клеммы для прямолинейных участков рельсового пути

Подрельсовые прокладки имеют рифления в виде тарельчатых пружин, основания которых соединены между собой с образованием сплошного листа прокладки, а вершины соседних пружин направлены в противоположные стороны относительно плоскости прокладки с возможностью их упругого сжатия и изгиба одновременно (см. рис. 2, а, б, в).



а) вид сверху; б) поперечное сечение А-А прокладки; в) схема выполнения рифлей прокладки

Рисунок 2 – Прокладка подрельсовая промежуточного рельсового скрепления

Анкер выполнен с разветвлением в виде стержней, расположенных с противоположных сторон хвостовика, в плоскости, перпендикулярной продольной оси шпалы (см. рис.3).

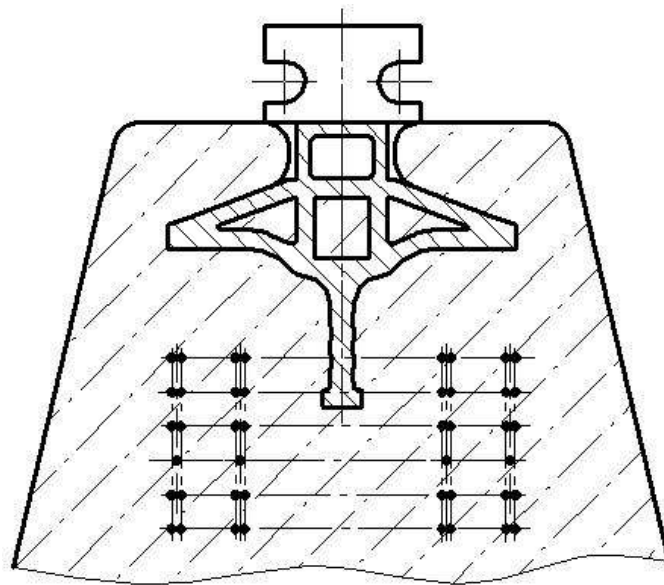
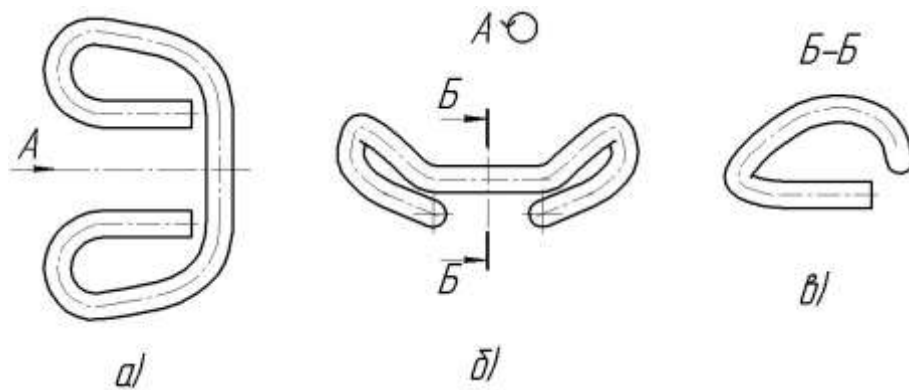


Рисунок 3 – Анкер промежуточного рельсового скрепления, схема размещения анкера в шпале

Упругие клеммы выполнены в виде прутка с образованием средней петли, двух боковых ветвей и концевых прямолинейных участков, изогнутых в сторону средней петли и расположенных между боковыми ветвями в плановой

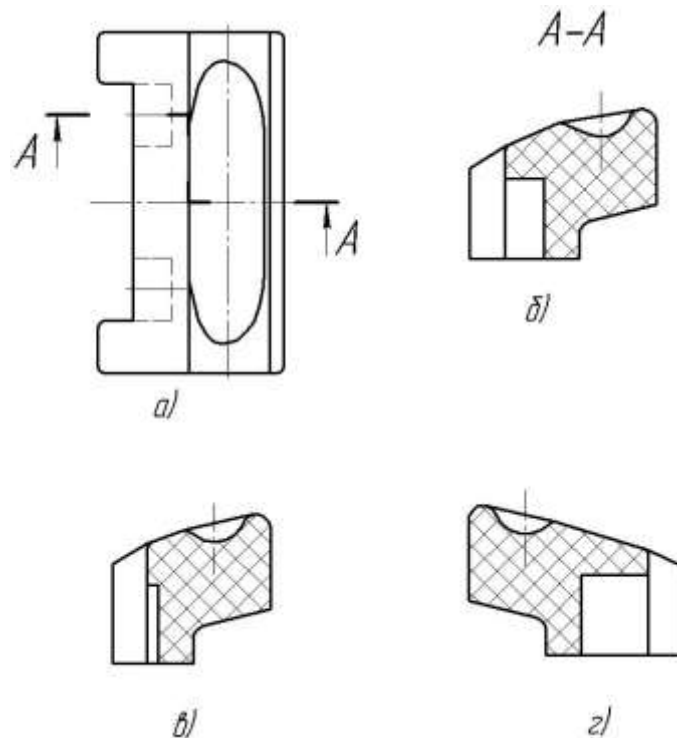
плоскости клеммы (см. рис. 4, а, б, в).



а) вид сверху; б) вид спереди; в) вид сбоку

Рисунок 4 – Клемма упругая промежуточного рельсового скрепления

Изолирующие вкладыши имеют углубления в задних стенках и выступы в их нижней поверхности, которые одинаковы для прямолинейных участков ( $a=v$ ) рельсового пути, а для криволинейных участков имеют большую толщину  $v$  с внутренней стороны рельсового пути по сравнению с вкладышами, имеющими толщину  $a$  для наружной стороны рельсового пути ( $v > a$ ) (см. рис. 5, а, б, в, г).



а) вид сверху; б) разрез А-А на виде сверху вкладыша для прямолинейного участка рельсового пути; в) поперечный разрез внешнего вкладыша для криволинейного участка рельсового пути; г) поперечный разрез внутреннего вкладыша для криволинейного участка рельсового пути

Рисунок 5 – Вкладыш изолирующий промежуточного рельсового скрепления



Обеспечение регулирования ширины рельсовой колеи показано на схемах, приведенных на рис. 6 и рис. 7.

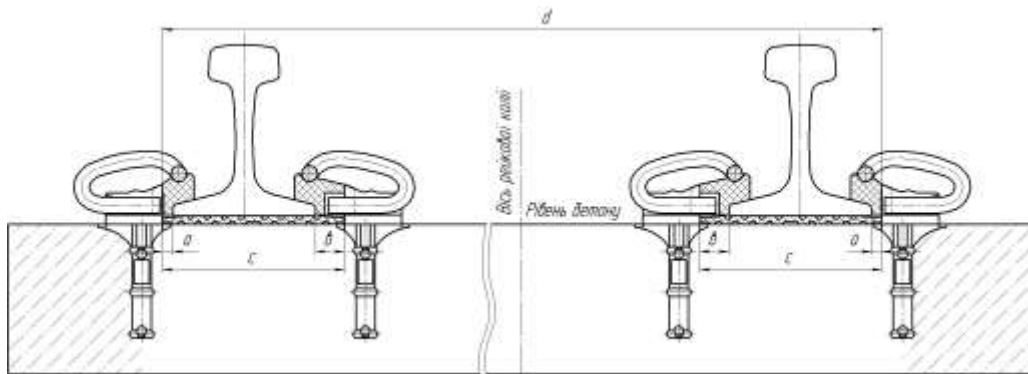


Рисунок 6 – Схема промежуточного рельсового скрепления, рабочее положение упругой клеммы для криволинейных участков рельсового пути

Величина поперечного перемещения оси рельса  $\Delta = b - a$ . На эту величину  $\Delta$  осуществляется совместно с осью рельса относительное перемещение центральной прижимной петли клеммы (носика) (см. рис.7).

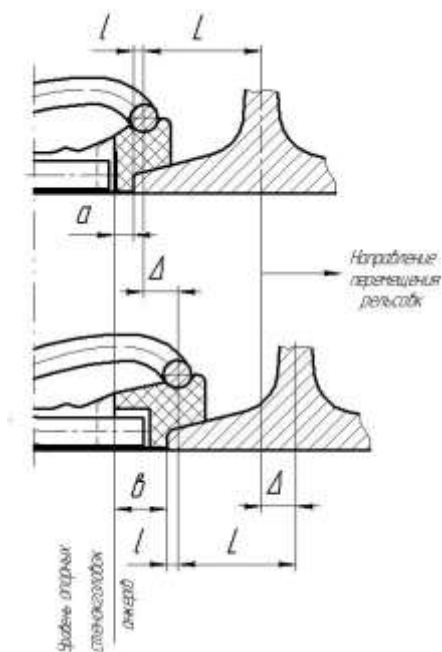


Рисунок 7 – Схема регулирования ширины рельсовой колеи в системе промежуточного рельсового скрепления

В создаваемой конструкции промежуточных рельсовых скреплений используются унифицированные железобетонные шпалы, где расстояния между головками анкеров вдоль шпалы являются постоянными величинами. Одна конструкция шпалы с анкерами и промежуточным рельсовым скреплением обеспечивает устройство прямолинейных и криволинейных участков рельсового пути малых радиусов кривизны 200,0-600,0 м. а также рельсовый путь для магистральных железных дорог.

Новое промежуточное рельсовое скрепление предусматривает следующие

особенности. Так, выполнение конечных прямолинейных участков упругих клемм и пазов в головках анкеров с равномерным по длине поперечным сечением с возможностью свободного перемещения конечных прямолинейных участков упругих клемм в указанных пазах в заданное нефиксированное положение относительно головки анкера при изменении ширины рельсовой колеи, выполнение на задних стенках изолирующих вкладышей углублений с возможностью свободного размещения в них концов прямолинейных участков упругих клемм, выполнение средств фиксации упругих клемм в виде выемок для установки средних петель упругих клемм в их промежуточном положении на наклонных площадках головок анкеров, и выемок для фиксации средних петель упругих клемм в их рабочем положении на верхних поверхностях изолирующих вкладышей, в совокупности с существенными признаками, общими с прототипом, обеспечивает сохранение оптимального (расчетного) положения прижимных петель упругих клемм относительно вертикальной оси симметрии рельсы при регулировании ширины рельсовой колеи. При боковом перемещении рельса вместе с ним на такую же величину и в том же направлении будут перемещены и упругие клеммы (возможность свободного перемещения конечных прямолинейных участков упругих клемм в заданное нефиксированное положение относительно головки анкера), то есть прижимные петли упругих клемм остаются в неизменном положении относительно вертикальной оси симметрии рельса, которое является оптимальным (расчетным) с точки зрения эксплуатационной надежности рельсового скрепления. Средние (прижимные) петли упругих клемм зафиксированы в выемках, выполненных на верхних поверхностях изолирующих вкладышей, в оптимальном (расчетном) рабочем положении, которое не меняется при боковом перемещении рельса в процессе регулирования ширины рельсовой колеи – средние (прижимные) петли находятся на постоянном расстоянии от оси рельса и крайних участков подошвы рельса.

Для прямолинейных участков рельсового пути глубину углублений на задних стенках и толщину выступов на нижней поверхности вкладышей, предназначенных для внутренней и внешней сторон рельса, целесообразно выполнить одинаковыми.

Для криволинейных участков рельсового пути глубину углублений на задней стенке и толщину выступов на нижней поверхности вкладыша, предназначенного для внутренней стороны рельса, целесообразно выполнить больше по сравнению с вкладышем, предназначенным для внешней стороны рельса. Указанные особенности выполнения вкладышей обеспечивают возможность устройства и регулирования ширины рельсовой колеи как на прямолинейных, так и на криволинейных участках рельсового пути, с сохранением оптимального (расчетного) положения упругих клемм относительно вертикальной оси симметрии рельса, сокращение номенклатуры деталей рельсового скрепления, а также унификацию железобетонных шпал с анкерами как для прямолинейных, так и криволинейных участков рельсового

пути с различными радиусами кривизны. Расстояния между головками анкеров вдоль шпалы являются постоянными величинами для любых участков рельсового пути.

### **Выводы.**

1. Анализ технических решений конструкций промежуточных рельсовых скреплений для рельсового транспорта показывает, что конструкции промежуточных рельсовых скреплений на железобетонных шпалах разработаны для прямолинейных участков рельсового пути и для криволинейных участков пути с большими радиусами кривизны, более 600,0 м где ширина рельсовой колеи предусмотрена номинальной – 1520 мм, а регулировка ширины колеи для кривых малых радиусов 200,0-600,0 м не предусмотрена.

2. В существующих технических решениях промежуточных рельсовых скреплений на железобетонных шпалах упругие клеммы в их рабочем положении однозначно зафиксированы в головках анкерных узлов с помощью закладных болтов или шурупных крепежителей, установленных в шпале. При этом регулирование рабочего положения упругих клемм относительно головок анкерных узлов шурупных или болтовых крепежителей не предусмотрено.

3. Предложено новое техническое решение для создания нового промежуточного рельсового скрепления, обеспечивающего регулировку ширины колеи в диапазоне 1520-1540 мм для кривых малых радиусов 200,0-600,0 м. При этом за счет конструктивных особенностей обеспечивается сохранение оптимального (расчетного) положения прижимных петель (носиков) упругих клемм относительно вертикальной оси симметрии рельса и крайних участков подошвы рельса при регулировании ширины рельсовой колеи, что повышает работоспособность, прочность и надежность работы рельсового скрепления в условиях значительных поперечных динамических нагрузок.

4. Новая система анкерного промежуточного рельсового скрепления типа АПРС-1 предназначена для рельсового пути железнодорожного, промышленного и подземного рельсового транспорта с возможностью применения на магистральных железных дорогах с ресурсом работы до 1,2 млрд т брутто пропущенного груза, скоростями движения 250,0-300,0 км/ч, а также для криволинейных участков малых радиусов 200,0-600,0 м со сложными условиями эксплуатации и продольными уклонами трассы до 30 %. Предусмотрено применение такой системы скрепления для рельсовых путей карьеров при больших осевых нагрузках 30,0–45,0 т, малых радиусов кривизны 80,0–450,0 м и больших продольных уклонах трассы до 60 % с использованием тяговых агрегатов типов ЕЛ 10, ОП 71, ПЭ 2, ОПЭ 2, ОПЭ1А и др., а также для подземного рельсового транспорта с шириной колеи 900; 750 и 600 мм, радиусами кривых 8,0–20,0 м и уширением рельсовой колеи до 20,0 мм.

---

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Говоруха В.В. Механика деформирования и разрушения упругих элементов промежуточных рельсовых скреплений: монография. Днепропетровск: Изд-во Лира ЛТД, 2005. 388 с.

2. Даніленко Е.І., Костюк М.Д., Жученко О.М. Сучасні рейкові пружні скріплення і особливості вимог до вітчизняних скріплень на залізобетонних шпалах. Залізничний транспорт України. 2002. № 6. С. 3-12.
3. Даренський О.М., Біліков Е.А. Перспективні конструкції проміжних скріплень для умов промислового залізничного транспорту / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті (ІКЗТ). Харків: 2015. №2. С. 57-61.
4. Маркуль Р.В. Розробка технології контролю та утримання залізничної колії із скріпленням типу КПП-5: дис... канд. техн. наук / Спец. 05.22.06. Дніпропетровськ: ДДУЗТУ, 2015. 250 с.
5. Технологічні вказівки з правил вхідного контролю приймання матеріалів верхньої будови колії. ЦП-0272. ВНДНЗ 32.205.001-2012.УП. Київ. 2012. 411 с.
6. Будівництво та реконструкція залізничної мережі України для збільшення пропускної спроможності та запровадження швидкісного руху поїздів / Костюк М.Д., Козак В.В., Яковлев В.О. и др. Київ: ІЕЗ ім. Є.О. Патона, 2010. 210 с.
7. Говоруха В.В. Создание и внедрение упругих элементов промежуточного скрепления рельсового пути / Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ: 2003. Вип. 2. С. 162-171.

#### REFERENCES

1. Govorukha V.V. (2005), *Mekhanika deformirovaniya i razrusheniya uprugikh elementov promezhutochnykh relsovykh skrepleniy* [Mechanics of deformation and breaking of elastic elements of intermediate rail fastening], Publishing house Lira Ltd., Dnepropetrovsk, Ukraine.
2. Danilenko E.I., Kostiuk M.D. and Zhuchenko O.M. (2002), "Modern rail elastic fastening and peculiarities of the requirements for national fastening on ferroconcrete sleepers", *Railroad transport of Ukraine*, no. 6, pp. 3-12.
3. Darensky O.M. and Bielikov E.A. (2015), "Long-range designs of intermediate fastening for the conditions of industrial railway transport", *Management information system on railway transport (MIRT)*, Kharkiv, no. 2, pp. 57-61.
4. Markul R.V. (2015), Developing technology to control and keep rail track with fastening of КПП-5 type: Abstract of Ph.D. Thesis, 05.22.06, DSURTU, Dnepropetrovsk, UA.
5. Technological instructions on the rules of initial control to accept materials of upper structure of a rail track (2012), ЦП-0272. ВНДНЗ 32.205.001-2012.УП, Kyiv, Ukraine.
6. Kostiuk M.D., Kozak V.V., Yakovliev V.O. [and others] (2010), *Budivnytstvo ta re-konstruksiya zaliznychnoi merezhi Ukrainy dlya zbilshennya propusknoi spromozhnosti ta zaprovadzhennya shvydkisnoho rukhu poizdiv* [Construction and reconstruction of railroad network of Ukraine to increase train-handling capacity and implement high-speed train operation], Ye.O. Paton IEW, Kyiv, Ukraine.
7. Govorukha, V.V. (2003), "Developing and implementing elastic elements of intermediate fastening of a rail track", *Messenger of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after V. Lazarian*, Dnipropetrovsk, vol. 2, pp. 162-171.

#### Об авторах

**Говоруха Владимир Васильевич**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией проблем рельсового транспорта отдела физико-механических основ горного транспорта, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, [igtm.rail.trans@gmail.com](mailto:igtm.rail.trans@gmail.com)

**Кизилов Валентин Константинович**, магистр, главный технолог лаборатории проблем рельсового транспорта отдела физико-механических основ горного транспорта, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, [igtm.rail.trans@gmail.com](mailto:igtm.rail.trans@gmail.com)

**Собко Тамара Петровна**, магистр, главный конструктор лаборатории проблем рельсового транспорта отдела физико-механических основ горного транспорта, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, [igtm.rail.trans@gmail.com](mailto:igtm.rail.trans@gmail.com)

**Семидетная Людмила Павловна**, магистр, ведущий инженер лаборатории проблем рельсового транспорта отдела физико-механических основ горного транспорта, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина, [igtm.rail.trans@gmail.com](mailto:igtm.rail.trans@gmail.com)

#### About the authors

**Govorukha Vladimir Vasilyevich**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Head of Laboratory of Mine Railway Transport in the Department of Mining Transport Physics and Mechanics, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepr, Ukraine, [igtm.rail.trans@gmail.com](mailto:igtm.rail.trans@gmail.com)

**Kizilov Valentin Konstantinovich**, Master of Science, Chief Technologist of Laboratory of Mine Railway Transport in the Department of Mining Transport Physics and Mechanics, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepr, Ukraine, [igtm.rail.trans@gmail.com](mailto:igtm.rail.trans@gmail.com)

**Sobko Tamara Petrovna**, Master of Science, Chief Designer of Laboratory of Mine Railway Transport in the Department of Mining Transport Physics and Mechanics, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepr, Ukraine, [igtm.rail.trans@gmail.com](mailto:igtm.rail.trans@gmail.com)

**Semidetnaia Lyudmila Pavlovna**, Master of Science, Principal Engineer of Laboratory of Mine Railway Transport in the Department of Mining Transport Physics and Mechanics, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnepropetrovsk, Ukraine, [igtm.rail.trans@gmail.com](mailto:igtm.rail.trans@gmail.com)

**Анотація.** У статті викладено аналіз роботи проміжних рейкових скріплень у експлуатаційних умовах з великими вантажопотоками і урахуванням особливостей роботи рейкового шляху у криволінійних ділянках малих радіусів кривизни. Метою даної роботи є підвищення ресурсу роботи проміжних рейкових скріплень для умов їх експлуатації з високими швидкостями руху поїздів і у криволінійних ділянках шляху з особливо малими радіусами кривизни та регулюванням ширини колії. Показано, що засоби і матеріали рейкового шляху і його елементи піддаються інтенсивному зносу і руйнуванню при великих вертикальних і поперечних навантаженнях, особливо у криволінійних ділянках шляху з малими радіусами кривизни. Надано пропозиції та вихідні технічні вимоги для створення перспективних конструкцій проміжних рейкових скріплень. Запропоновано нове технічне рішення для створення нового проміжного рейкового скріплення, що забезпечує регулювання ширини колії у діапазоні 1520-1540 мм для кривих малих радіусів 200,0-600,0 м. При цьому за рахунок конструктивних особливостей забезпечується збереження оптимального (розрахункового) положення притискних петель пружних клем щодо вертикальної осі симетрії рейки і крайніх ділянок підшви рейки при регулюванні ширини рейкової колії, що підвищує працездатність, міцність і надійність роботи рейкового скріплення в умовах значних поперечних динамічних навантажень. Нова система анкерного проміжного рейкового скріплення типу АПРС-1 призначена для рейкового шляху залізничного, промислового і підземного рейкового транспорту з можливістю застосування на магістральних залізницях з ресурсом роботи до 1,2 млрд т бруто пропущеного вантажу, швидкостями руху 250,0-300,0 км / год, а також для криволінійних ділянок малих радіусів 200,0-600,0 м зі складними умовами експлуатації і позовжніми ухилами траси до 30 ‰. Передбачено застосування такої системи скріплення для рейкової колії кар'єрів при великих осьових навантаженнях 30,0-45,0 т, малих радіусів кривизни 80,0-450,0 м і великих позовжних ухилах траси до 60 ‰ з використанням тягових агрегатів, а також для підземного рейкового транспорту з шириною колії 900; 750 і 600 мм, радіусами кривих 8,0-20,0 м і розширенням рейкової колії до 20,0 мм. Отримані результати роботи можна застосувати для залізничного, промислового і підземного рейкового транспорту.

**Ключові слова:** проміжні рейкові скріплення, навантаженість, знос, руйнування, ресурс роботи.

**Annotation.** The paper analyzes operation of intermediate rail fastening in terms of operational conditions with intense freight traffic taking into consideration peculiarities of rail track performance within curvilinear sections of small-diameter curvature radii. Objective of the paper is to increase the operational life of intermediate rail fastening for their operations in terms of high speeds of train movement and within curvilinear track sections with extra small curvature radii with rail gage adjustment. It has been demonstrated that facilities and materials of both rail track and its components are subject to intense wear and breaking under considerable vertical and shearing loads, especially within curvilinear track sections with small curvature radii. Recommendations and initial technical requirements are given to develop long-range designs of intermediate rail fastening. Innovative engineering solution is proposed for intermediate rail fastening providing 1520-1540 mm rail gage regulation for tight 200.0-600.0 m curves. In this context, the design features make it possible to preserve optimum (i.e. estimated) position of holding-down hinges of elastic terminals as for vertical axis of rail symmetry as well as ends of rail bases, which improves functionality, durability, and reliability of rail fastening under the conditions of significant lateral dynamic loads. The new system of anchor intermediate fastening of АПРС-1 is proposed for rail tracks of railway, industrial, and underground rail transport to be used for trunk roads with operation life being up to 1.2 billion tons of passed gross freight, and 250.0-300.0 km/h speed; it is also acceptable for curvilinear tight 200.0-600.0 m radii with complicated operational environment, and up to 30 ‰ longitudinal gradient. The fastening system is foreseen to be used for open-pit rails under significant 30.0-45.0 t axial loading, and considerable (up to 60 ‰) longitudinal gradients with the use of traction facilities as well as for underground rail transport where rail width is 900, 750, and 600 mm, 8.0-20.0 curvature, and track widening up to 20.0 mm. The obtained results may be applied for railroad, industrial and underground rail transport.

**Keywords.** intermediate rail fastening, loading, wear, breaking, operational life.

*Стаття надійшла до редакції 25.05..2018*

*Рекомендовано до друку д-ром техн. наук. В.П. Надутим*