



ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

УДК 625.143.[51+543]

Д.И. БОЧКАРЕВ, канд. техн. наук, доц.

декан строительного факультета¹

E-mail: bochk_dmitr@mail.ru

А.С. ЛАПУШКИН

ассистент кафедры «Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных объектов»¹

E-mail: artyom.lapushkin.1992@tut.by

¹Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 08.04.2019.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, АНАЛИЗ РАБОТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

Объектом исследования являются промежуточные рельсовые скрепления, используемые для прикрепления рельсов к шпалам. Приводится мониторинг технических характеристик и экономических показателей конструкций отечественного и зарубежного производства с анализом их работы. Предложен комплексный подход к исследованию работы рельсовых скреплений в составе верхнего строения пути и определены перспективы развития узлов скреплений посредством применения в их конструкциях современных материалов.

Ключевые слова: *рельсовое скрепление, упругие элементы, напряжения в пружинных клеммах, цикл монтажа, криволинейные участки пути, осевая нагрузка, сопротивление угону пути, регулировка ширины колеи, перепад температур, контактное взаимодействие, текущее содержание пути, система «конструкция — технология — материал»*

Современная железнодорожная инфраструктура требует постоянного развития и совершенствования.

Наиболее распространенной конструкцией верхнего строения пути железных дорог колеи 1520 мм на железобетонных шпалах с рельсами типа Р65 в период с 1960-х по 2000 год являлась система КБ(клеммно-болтовая) [1] (рисунок 1).

Как видно из рисунка 1, узел КБ включает в себя 15 наименований деталей. Если учесть, что два из них это шпала и рельс, то оставшаяся часть представляет собой детали, относящиеся непосредственно к скреплению, что свидетельствует о его высокой материалоемкости и приводит к повышенной трудоемкости обслуживания в процессе эксплуатации. При этом конструкция скрепления КБ не позволяет производить регулировку ширины колеи. Кроме того, скрепление

КБ обладает низкими виброизолирующими свойствами.

В то же время скрепление КБ позволяет воспринимать значительные поездные нагрузки (до 25 т на ось). Характеристика скрепления представлена в таблице 1.

В качестве альтернативы системе КБ в России были разработаны такие виды рельсовых скреплений, как АРС и ЖБР, в Беларуси — СБ-3, в Украине — КПП-5. Республика Казахстан сделала свой выбор в пользу системы Vossloh W14. Данный этап в истории развития конструкций железнодорожного пути можно отметить как постепенное оснащение узла промежуточного скрепления упругими элементами.

Скрепление ЖБР. Конструкция ЖБР [2] (рисунок 2) является бесподкладочной, шурупно-дюбельной, предназначенной для железобетонных

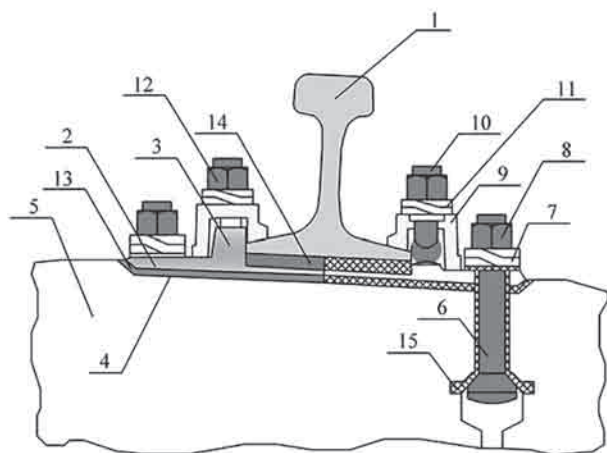


Рисунок 1 — Рельсовое промежуточное крепление КБ (клеммно-болтовое): 1 — рельс; 2 — металлическая подкладка; 3 — ребра металлической подкладки; 4 — ниша железобетонной шпалы; 5 — железобетонная шпала; 6 — закладной болт; 7, 11 — двухвитковая шайба; 8, 12 — гайка; 9 — клемма; 10 — клеммный болт; 13 — нашьпальная прокладка; 14 — подрельсовая прокладка; 15 — опорная шайба

Figure 1 — Intermediate rail fastening KB (terminal bolting): 1 — rail; 2 — metal baseplate; 3 — metal baseplate flange; 4 — recess of reinforced concrete sleeper; 5 — reinforced concrete sleeper; 6 — insert bolt; 7, 11 — double washer plate; 8, 12 — nut; 9 — terminal; 10 — terminal bolt; 13 — pad; 14 — rail pad; 15 — backup washer

Таблица 1 — Характеристика промежуточного рельсового крепления типа КБ

Table 1 — Characteristics of intermediate rail fastening of KB type

Общее количество деталей, шт.	Осевая нагрузка, т	Возможность регулировки по высоте, мм	Возможность регулировки по ширине колеи, мм	Минимальная сила прижатия клеммы, кН	Сопротивление угону пути, кН
21	25	12..14	—	9	19,6

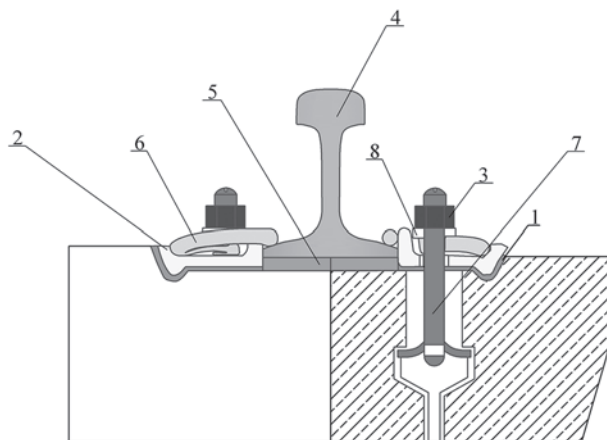


Рисунок 2 — Рельсовое промежуточное крепление ЖБР 65: 1 — прокладка упругая; 2 — скоба упорная; 3 — гайка закладного болта; 4 — рельс; 5 — прокладка ЖБР; 6 — клемма пружинная ЖБР-3; 7 — закладной болт; 8 — скоба

Figure 2 — Intermediate rail fastening ZhBR 65: 1 — elastic medium; 2 — stop block; 3 — nut of insert bolt; 4 — rail; 5 — pad ZhBR; 6 — elastic fastening ZhBR-3; 7 — insert bolt; 8 — connection clip

шпал и содержит в своем составе пластинчатые пружинные клеммы. Разработка была осуществлена в СССР в 1960–70 годах ВНИИЖТом и ПТКБ ЦП, а процесс внедрения начался в 1997 году. В результате применения данной конструкции был отмечен положительный эффект, выражающийся в снижении бокового износа рельсов [3].

Одновременно с этим применение скрепления ЖБР на железных дорогах России повлекло за собой снижение затрат труда на текущее содержание по сравнению с участками, на которых эксплуатировался узел КБ: в три раза на рихтовку, в 1,5 раза — на подтягивание гаек, в 2,9 раза — на регулировку ширины колеи [3].

В то же время наиболее частыми неисправностями при применении конструкции ЖБР являются нарушения стабильности ширины рельсовой колеи (на прямых участках наблюдается сужение до 1514 мм, а на криволинейных участках — уширение до 1524–1526 мм). Также отмечается выход из строя клемм и упругих прокладок, характерный износ упорных скоб в диапазоне от 0,1 до 0,8 мм и пружинных клемм (от 0,4 до 0,5 мм) в местах их контактного взаимодействия [3]. Характеристики скрепления представлены в таблице 2.

Бесподкладочная анкерная система АРС [4] (рисунок 3). Разработка Московского государ-

Таблица 2 — Характеристики промежуточного рельсового крепления типа ЖБР

Table 2 — Characteristics of intermediate rail fastening of ZhBR type

Общее количество деталей, шт.	Осевая нагрузка, т	Возможность регулировки по высоте, мм	Возможность регулировки по ширине колеи, мм	Минимальная сила прижатия клеммы, кН	Сопротивление угону пути, кН
12	25...27	15	—	15	>20

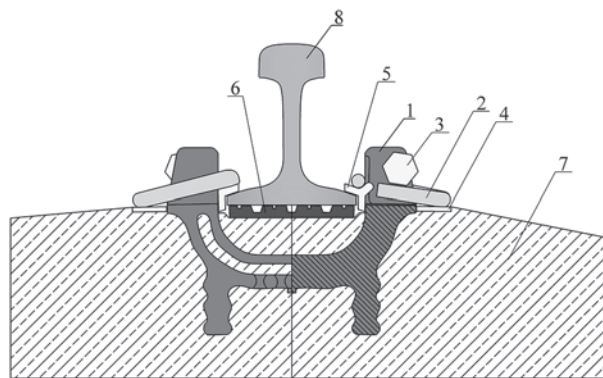


Рисунок 3 — Рельсовое промежуточное крепление АРС: 1 — анкер; 2 — клемма; 3 — монорегулятор; 4 — подклеммник; 5 — изолирующий уголок; 6 — подрельсовая прокладка; 7 — шпала; 8 — рельс

Figure 3 — Intermediate rail fastening ARS: 1 — anchor; 2 — terminal; 3 — monoregulator; 4 — subterminal; 5 — insulating angle element; 6 — rail pad; 7 — sleeper; 8 — rail

ственного университета путей сообщения (РУТ «МИИТ») используется с железобетонными шпалами. АРС также эксплуатируется на железных дорогах Монголии [5].

Опыт эксплуатации показал, что скрепление АРС способно обеспечивать надежное закрепление рельсовых плетей от продольных перемещений без периодического подкручивания его элементов. В связи с этим происходит значительное снижение эксплуатационных затрат на текущее содержание пути (при сборке рельсошпальной решетки ручным способом наблюдается снижение трудоемкости в 2,1 раза) [6]. Техничко-экономические расчеты, проведенные с использованием данных Юго-Восточной, Московской и Октябрьской железных дорог, показали, что экономия составляет более 100 млн российских рублей в год на каждые 1000 км пути [6]. При этом АРС имеет почти вдвое меньше деталей, чем узел системы КБ, что обеспечивает экономию 16,43 т металла на 1 км пути [6]. Ширина рельсовой колеи также стабильна по сравнению с КБ [6]. Характеристики скрепления представлены в таблице 3.

Кроме того, использование анкера существенно уменьшает нагрузки передаваемые материалу шпалы, что способствует снижению ползучести или виброползучести и сказывается на повышении срока службы железобетонной шпала, который может составить при благоприятных сочетаниях эксплуатационных факторов более 50 лет [6].

Система СБ-3. В Республике Беларусь наибольшее распространение приобрело бесподкладочное анкерное скрепление для железобетонных шпал системы СБ-3 [7] (рисунок 4). Прототипом при разработке данного рельсового скрепления явилась более ранняя разработка концерна Vossloh (Германия) — скрепление системы SB-3. Отечественная система СБ-3 отличается низкой материалоемкостью и высокой технологичностью при сборке и текущем содержании, что обеспечивает значительное снижение трудоемкости и стоимости путевых работ.

С 2001 года в Республике Беларусь освоено производство скрепления СБ-3, которое эксплу-

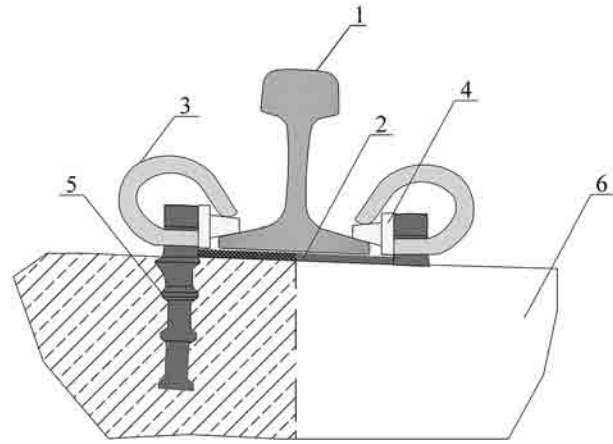


Рисунок 4 — Общий вид рельсового промежуточного скрепления СБ-3: 1 — рельс; 2 — прокладка упругая; 3 — упругая клемма; 4 — изолирующая втулка; 5 — анкер; 6 — шпала
Figure 4 — General view of intermediate rail fastening SB-3: 1 — rail; 2 — elastic medium; 3 — elastic terminal; 4 — insulator bushing; 5 — anchor; 6 — sleeper

атируется на путях Белорусской железной дороги. Опыт его эксплуатации с использованием резиновых прокладок на Гомельской и Могилевской дистанциях пути показал, что при передаче динамических сил в результате работы системы «колесо — рельс» наблюдается выползание прокладок из под подошвы динамически нагруженного рельса. Варианты решения проблемы оформились в предложениях по применению в качестве материала прокладок полиэтиленов низкого (высокого) давления и поливинилхлорида, однако до настоящего времени не до конца исследовано поведение данных материалов в составе конструкций пути при их укладке в умеренно холодном климате с перепадом минимальной возможной температуры рельсовых плетей для Республики Беларусь, составляющем от минус 35 °С в районах Гомельской, Лидской и Лунинецкой дистанций пути [8] до минус 42 °С в районе Могилевской дистанции пути [8]. Характеристики скрепления представлены в таблице 4.

Сопутствующей проблемой эксплуатации скрепления также оказалось немногочисленное

Таблица 4 — Характеристики промежуточного рельсового скрепления типа СБ-3

Table 4 — Characteristics of intermediate rail fastening of SB-3 type

Таблица 3 — Характеристики промежуточного рельсового скрепления типа АРС

Table 3 — Characteristics of intermediate rail fastening of ARS type

Общее количество деталей, шт.	Осевая нагрузка, т	Возможность регулировки по высоте, мм	Возможность регулировки по ширине колеи, мм	Минимальная сила прижатия клеммы, кН	Сопротивление угону пути, кН
14	26	22...24	—	15	>20

Общее количество деталей, шт.	Осевая нагрузка, т	Возможность регулировки по высоте, мм	Возможность регулировки по ширине колеи, мм	Минимальная сила прижатия клеммы, кН	Сопротивление угону пути, кН
7	До 26	—	—	19,5...25	12,5

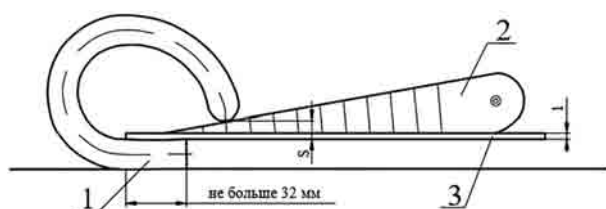


Рисунок 5 — Схема измерения раскрытия зева пружинной клеммы крепления СБ-3: 1 — пружинная клемма; 2 — мерный клин с делениями; 3 — металлическая пластина

Figure 5 — Scheme of measurement of span opening of elastic fastening SB-3: 1 — elastic fastening; 2 — measuring wedge with graduations; 3 — metal sheet

Таблица 5 — Значения напряжений в клеммах рельсового скрепления КПП-5

Table 5 — Voltage values in terminals of rail fastening KPP-5

Диапазон радиусов, м	Значение напряжений в клеммах, МПа			
	Клемма №1		Клемма №2	
	Нижняя часть прутка	Верхняя часть прутка	Нижняя часть прутка	Верхняя часть прутка
300...420	134,945	29,956	57,716	24,512
421...550	98,923	26,991	38,484	20,312
551...600	72,885	23,918	36,712	17,480

количество циклов монтажа и демонтажа упругой пружинной клеммы, т. к. уже при третьем цикле не обеспечивается ее номинальное прижатие. Это подтверждается раскрытием зева клеммы, измеряемым мерным клином в соответствии со схемой, представленной на рисунке 5, до первой постановки в путь и после второго изъятия из узла скрепления. Раскрытие зева для обеспечения требуемого прижимного усилия не должно превышать 6 мм.

На территории стран СНГ также используется система КПП-5, схожая по большинству признаков с конструкцией СБ (см. рисунок 4). Экс-

плуатация аналога в Казахстане достигла уровня создания опытных участков, в составе которых практически все детали КПП-5 проявили низкую износостойкость (таблица 5).

Проблема данного скрепления анализировалась специалистами «Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна». По результатам исследований был определен наименее надежный элемент, которым является пружинная клемма. Было выявлено, что при использовании КПП-5 в криволинейных участках с радиусами в диапазоне от 300 до 600 м напряжения в прутках клемм наружной рельсовой нити на 53,1...56 % оказались выше напряжений в клеммах внутренней [9].

К перечисленным недостаткам эксплуатации СБ-3 и аналогов можно добавить, что установка упругих пружинных клемм производится встык с изолирующей втулкой. Регулировка ширины рельсовой колеи также не представляется возможной. Также при наличии криволинейных участков радиусом менее 600 м затрудняется содержание рельсовой колеи в плане и по уровню. Кроме того, скрепление СБ-3 не может механизировано устанавливаться и изыматься из пути.

Рельсовые скрепления концерна Vossloh (Германия) [10, 15]. История создания скреплений берет начало с 1872 года. В это время Эдуард Фоссло начинает производство путевых костылей. В 1995–2017 годах происходит строительство заводов в Турции, США, Китае, Казахстане, России [11]. В настоящее время продукция группы компаний Vossloh используется более чем в 65 странах мира [11].

Спектр использования систем Vossloh очень широк, применение возможно как для железобетонных, так и деревянных шпал в бесподкладочном и подкладочном исполнении (таблица 6).

Таблица 6 — Характеристики промежуточного рельсового скрепления фирмы Vossloh

Table 6 — Characteristics of intermediate rail fastening of Vossloh company

Характеристики	Наименование рельсового скрепления			
	система 300	система 300 UTS	система W21	система W30
Общее количество деталей, шт	10	10	9	8
Осевая нагрузка, т	до 26	до 18	до 26	до 26
Возможность регулировки по высоте, мм	от -4 до +76	+30	опционально	опционально
Возможность регулировки в плане и по ширине колеи, мм	±16	±10	±10	±10
Минимальный радиус кривой, м:				
при скорости движения ≥250 км/ч	400		400	400
при скорости движения ≤250 км/ч	150		150	150
вне зависимости от скорости движения		80		
Минимальная сила прижатия клеммы, кН	9	10	10	12,5
Соппротивление угону пути, кН	9	9	9	9

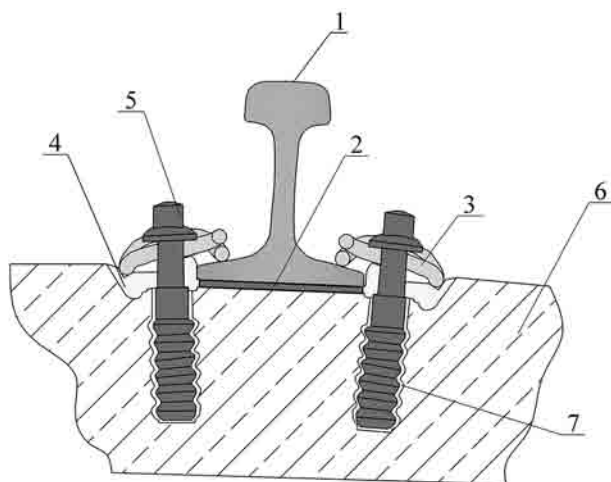


Рисунок 6 — Общий вид рельсового скрепления фирмы Vossloh:

1 — рельс; 2 — прокладка упругая; 3 — пружинная клемма; 4 — угловая направляющая; 5 — закладной болт; 6 — шпала; 7 — гофрированный дюбель

Figure 6 — General view of rail fastening of Vossloh company:

1 — rail; 2 — elastic medium; 3 — elastic fastening; 4 — angular guide rail; 5 — insert bolt; 6 — sleeper; 7 — corrugated rawplug

Среди всего ряда моделей можно выделить наиболее распространенные. Это системы DFF 21, W21 и W30, 300 и 300 UTS (рисунок 6).

Системы отличаются геометрическими параметрами угловой направляющей и эксплуатационными характеристиками. Все системы содержат в своем составе упругий элемент (пружинную клемму) типа SKL.

Система DFF 21 используется преимущественно на линиях метрополитена, где необходимо прикрепить рельс к плоскому основанию. Система W21 предназначена для железнодорожных линий. Она обеспечивает скорость движения составов до 250 км/ч при нагрузках на ось до 26 т [11].

Системы W30 и 300 являются наиболее популярным решением крепления рельса для высокоскоростного движения. Они обеспечивают не-

обходимую безопасность движения до скоростей 350 км/ч и нагрузках на ось до 26 т. Система 300 используется более чем на 7000 км линий [11] в таких странах как Китай, Мексика, Канада, США, Германия, Финляндия и Латвия.

Особенности системы позволяют использовать ее в сложных климатических условиях с большим перепадом температур и большой грузонапряженностью железнодорожной линии [11].

Система 300 UTS используется на линиях городского транспорта (трамваи / метро) [12].

Перечисленные конструкции позволяют производить регулировку ширины колеи и положения пути в плане (см. таблицу 6). Однако обеспечивают сравнительно небольшой диапазон выправки пути по высоте (до 6 мм без использования специальных упругих клемм) [11,12]. Кроме того, системы Vossloh могут дополнительно оснащаться виброизоляционными прокладками, снижающими значения вибрации и шума при движении поездов.

Рельсовые скрепления системы Pandrol (Великобритания) [13, 16, 17]. Скрепление *Pandrol FASTCLIP* было запатентовано в 1957 году норвежским инженером-железнодорожником Per Pande Rolfsen (1920–1988). Скрепления Pandrol (таблица 7) в зависимости от их модификации могут применяться как на железобетонных, так и на деревянных шпалах. Наиболее востребованными моделями Pandrol являются *Pandrol 350* (рисунок 7), *Pandrol Fastclip FE RR* (рисунок 8) и *Pandrol E-Clip* (рисунок 9).

Скрепления Pandrol представляют собой анкерные рельсовые скрепления, в которых крепеж рельса осуществляется двумя упругими клеммами, фиксируемыми посредством замонотиченных в шпалу чугунных анкеров. Для увеличения электроизоляционных свойств контакт клеммы и анкера с подошвой рельса осуществляется через прижимной и боковой изоляторы [5, 14].

Таблица 7 — Характеристики промежуточного рельсового скрепления фирмы Pandrol

Table 7 — Characteristics of intermediate rail fastening of Pandrol company

Характеристики	Наименование рельсового скрепления		
	Pandrol 350	Pandrol Fastclip FE RR	Pandrol E-Clip
Общее количество деталей, шт	8	8	7
Осевая нагрузка, т	26	26	26
Возможность регулировки по высоте, мм	+30	+20	—
Возможность регулировки по ширине колеи, мм	±20 мм	±5 мм	—
Минимальный радиус кривой, м, при осевых нагрузках:			
130 кН	40	40	40
180 кН	80	80	80
260 кН	150	150	150
Минимальная сила прижатия клеммы, кН	16	16	14...20
Сопrotивление угону пути, кН	9	9	7...9

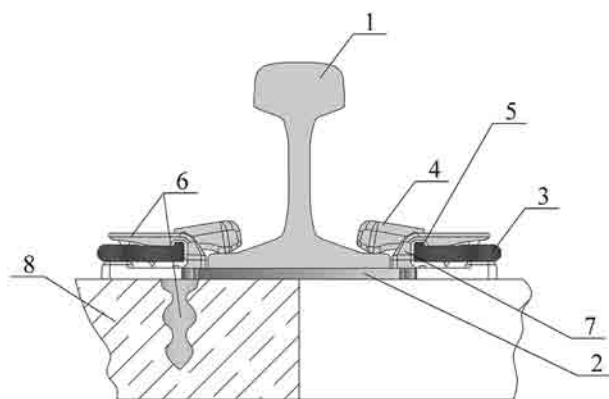


Рисунок 7 — Рельсовое промежуточное скрепление системы Pandrol 350: 1 — рельс; 2 — подрельсовая прокладка; 3 — упругая клемма; 4 — прижимной изолятор; 5 — фиксатор рабочего положения; 6 — анкер; 7 — боковой опорный изолятор; 8 — шпала

Figure 7 — Intermediate rail fastening of Pandrol 350 system: 1 — rail; 2 — rail pad; 3 — elastic terminal; 4 — toe insulator; 5 — positive lock-in; 6 — anchor; 7 — side post insulator; 8 — sleeper

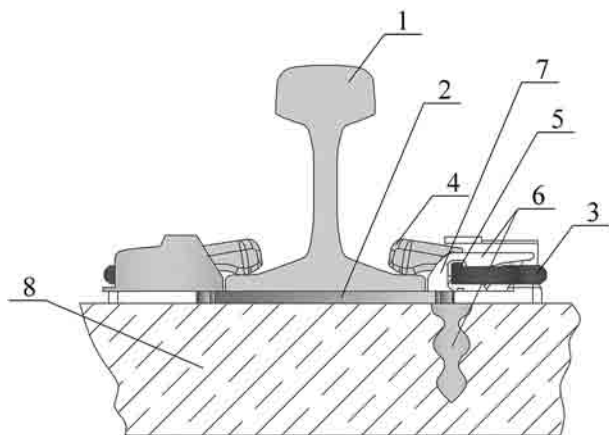


Рисунок 8 — Рельсовое промежуточное скрепление системы Pandrol Fastclip FE RR: 1 — рельс; 2 — подрельсовая прокладка; 3 — упругая клемма; 4 — прижимной изолятор; 5 — фиксатор рабочего положения; 6 — анкер; 7 — боковой опорный изолятор; 8 — шпала

Figure 8 — Intermediate rail fastening of Pandrol Fastclip FE RR system: 1 — rail; 2 — rail pad; 3 — elastic terminal; 4 — toe insulator; 5 — positive lock-in; 6 — anchor; 7 — side post insulator; 8 — sleeper

Экономические показатели применения систем скрепления. Исходя из опыта эксплуатации, системы *Vossloh W30* и *Pandrol-350* в настоящее время являются наиболее технологичными, т. к. в них отсутствуют резьбовые соединения. Динамическая виброустойчивость узла *Vossloh W30* способствует высокому сопротивлению продольному сдвигу, кроме того, благодаря пружинному элементу, обеспечивается высокая эластичность, в том числе способность снижать уровень вибрации и шума [11, 12]. Опыт эксплуатации рельсовых скреплений на некоторых участках железных дорог ОАО «РЖД» свидетельствует о наименьших затратах на текущее содержание 1 км пути (в российских рублях), смонтированном на *Vossloh W30* (рисунок 10) [14].

Выводы. Базируясь на проведенном анализе, можно констатировать, что на современном этапе использования рельсовых скреплений традици-

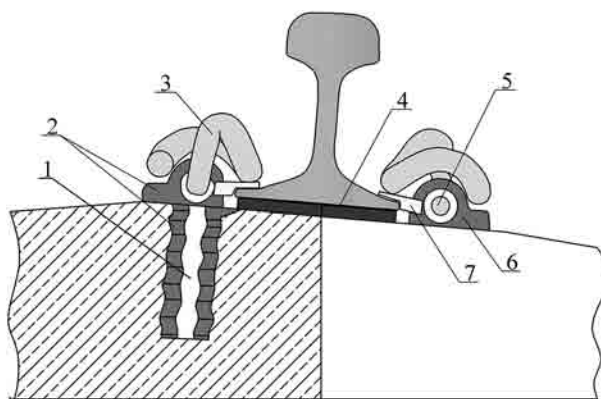


Рисунок 9 — Рельсовое промежуточное скрепление системы Pandrol E-Clip: 1 — хвостовик анкера; 2 — анкер; 3 — упругая клемма; 4 — изолирующая прокладка; 5 — проушина реборды; 6 — часть анкера, лежащая на верхней постели шпалы и образующая реборду; 7 — нейлоновая прокладка-изолятор

Figure 9 — Intermediate rail fastening of Pandrol E-Clip system: 1 — anchor shank; 2 — anchor; 3 — elastic terminal; 4 — insulating pad; 5 — flange loop eye; 6 — anchor part, lying on upper bed of sleeper and forming flange; 7 — nylon insulating pad

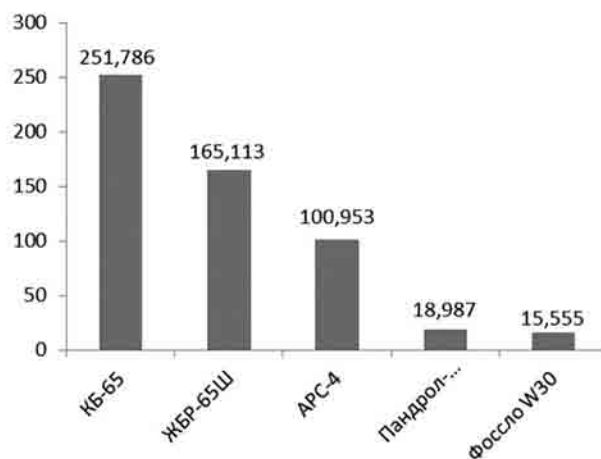


Рисунок 10 — Средняя стоимость текущего содержания пути на Октябрьской железной дороге в рублях на 1 км в год (на 2015 год)

Figure 10 — Average cost of current maintenance of track on October railway in rubles per 1 km per year (2015)

онные системы с резьбовыми элементами вытесняются конструкциями с пружинными элементами, полностью или частично выполняющими роль резьбовых.

Распространение новых конструкций в основном определяется малым количеством деталей, невысокой материалоемкостью, простотой монтажа и, как следствие, — сокращением трудозатрат при текущем содержании железнодорожного пути. Кроме того, рассмотренные новые конструкции обеспечивают возможность регулировки рельсовых нитей по уровню и в плане, обеспечивают электроизоляцию рельсов от подрельсового основания и высокие показатели по вибродинамической устойчивости.

Однако не все новые решения могут обеспечить возможность механизированной работы со скреплением, заключающейся в его установке и демонтаже.

Одновременно с этим существует тенденция более широкого изготовления элементов креплений из композиционных полимерных материалов.

Дальнейшее развитие новых конструкций креплений, а также широкое их использование возможно при внедрении новых технологических процессов и методик расчета пути на сдвиг и устойчивость, рассматривающих рельсовое крепление во взаимосвязи с другими элементами верхнего строения пути как систему «конструкция — технология — материал».

Список литературы

1. Рельсовое клеммно-болтовое крепление: пат. RU 2112823/П.С. Иванов, В.Н. Кулемин, А.Н. Русин. — Оpubл.: 10.06.1998.
2. Устройство для крепления рельса к железобетонному основанию: пат. RU 2230146 / Н.И. Антонов [и др.]. — Оpubл.: 20.08.2003.
3. Иванашко, Д.Н. Особенности содержания пути со креплением ЖБР-65 / Д.Н. Иванашко // Путь и путевое хозяйство. — 2008. — М. 41, № 3. — С. 10–12.
4. Анкер рельсового крепления: пат. RU 2278195 С1 / Ю.Н. Аксенов [и др.]. — Оpubл.: 20.06.2006.
5. Pandrol® Limited [Электронный ресурс] // Pandrol. Международная компания в области железнодорожных технологий — Режим доступа: <http://www.pandrol.com/product/>. — Дата доступа: 08.10.2018.
6. Круглов, В.М. Преимущества и сдерживающие факторы расширенного внедрения крепления APC / В.М. Круглов, Ю.Н. Аксенов // Наука и транспорт. — 2006. — М. 80, спецвыпуск. — С. 26–28.
7. Устройство для крепления железнодорожного рельса: пат. BY 2137874 С1 / В.В. Филиппов [и др.]. — Оpubл.: 20.09.1999.
8. Бесстыковой путь. Оптимальные интервалы температур закрепления рельсовых плетей на Белорусской железной дороге: СТП БЧ 56.373-2017.
9. Настечик, М.П. Исследование напряженного состояния в элементах узла крепления типа КПП-5 под действием подвижного состава / М.П. Настечик, И.А. Бондаренко, Р.В. Маркуль // Наука и прогресс транспорта. Вестн. Днепропетровского нац. ун-та ж.-д. транспорта, 2015. — № 2(56). — С. 146–155.
10. Система крепления рельса к основанию: пат. RU 2491382 С2 / В. Бёстерлинг, Л. Радемахер. — Оpubл.: 27.08.2013.
11. Vossloh [Электронный ресурс] // Vossloh. Международная компания в области железнодорожных технологий. — Режим доступа: <https://www.vossloh.com/fr/produits-et-solutions/selecteur-de-produits/>. — Дата доступа: 08.10.2018.
12. Современное состояние и перспективы развития конструкций пути для метрополитена / Д.И. Бочкарев [и др.] // Механика машин, механизмов и материалов. — 2012. — № 2. — С. 94–99.
13. Крепление для рельса и система для закрепления рельсов: пат. RU 2372435 С2 / Х. Хубертус [и др.]. — Оpubл.: 10.11.2009.
14. Кириленков, С.С. Опыт эксплуатации креплений Vossloh и Pandrol на Октябрьской дороге / С.С. Кириленков // Путь и путевое хозяйство. — 2015. — М. 41, № 8.
15. Система для крепления рельса и направляющая система для указанной пластины: пат. RU 2541558 С2 / В. Бёстерлинг, А. Беднарчик, А. Хунольд, Н. Витхоф. — Оpubл.: 20.02.2015.
16. Клемма железнодорожного рельсового крепления. Крепежное приспособление для удержания клеммы. Комбинация крепежного приспособления и клеммы. Узел железнодорожного рельса, крепежного приспособления и клеммы: пат. RU 2125626 С1 / Тревор Поль Браун [и др.]. — Оpubл.: 27.01.1999.
17. Прижимная клемма и устройство для железнодорожного рельсового крепления: пат. RU 2155837 С2 / Стефен Джон Кокс [и др.]. — Оpubл.: 10.09.2000.

BOCHKARYOV Dmitry I., Ph. D. in Eng., Assoc. Prof.

Dean of the Civil Engineering Faculty¹

E-mail: bochk_dmitr@mail.ru

LAPUSHKIN Artem S.

Assistant Lecturer of the Department “Design, Construction and Operation of Transport Facilities”¹

E-mail: artyom.lapushkin.1992@tut.by

¹Belarusian State University of Transport, Gomel, Republic of Belarus

Received 08 April 2019.

MODERN CONDITION, ANALYSIS OF WORK AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF INTERMEDIATE RAIL FASTENINGS

The object of the study is intermediate rail fastenings used to attach rails to sleepers. The monitoring of technical characteristics and economic indicators of structures of domestic and foreign production with the analysis of their work is given. An integrated approach to the study of rail fastenings as the part of the upper structure of the track is proposed and prospects for the development of fastening units using modern materials in their structures are determined.

Keywords: rail fastening, elastic elements, stresses in elastic fastenings, assembling cycle, curved track sections, axle loading, resistance to displacement of track, railroad gauge adjustment, temperature difference, contact interaction, current maintenance of track, system “design — technology — material”

References

- Ivanov P.S., Kulemin V.N., Rusin A.N. *Relsovoe klemmno-boltovoe skreplenie* [Rail terminal bolting]. Patent RF, no. 2112823, 1998.
- Antonov N.I., Karpushchenko N.I., Mikhin A.Ya., Otmarkov V.A., Radygin Yu.N., Filatov P.P. *Ustroystvo dlya krepleniya relsa k zhelezobetonnomu osnovaniyu* [Device for rail fastening to reinforced concrete base]. Patent RF, no. 2230146, 2003.
- Ivanashko D.N. Osobennosti soderzhaniya puti so skrepleniem ZhBR-65 [Features of maintenance of track with the fastening ZhBR-65]. *Put i putevoe khozyaystvo* [Railway track and facilities], 2008, no. 3, pp. 10–12.
- Aksenov Yu.N., Bogachev A.Yu., Kruglov V.M. *Anker relsovogo skrepleniya* [Rail fastening anchor]. Patent RF, no. 2278195, 2006.
- Pandrol. Featured Products & Services*. Available at: <http://www.pandrol.com/product/> (accessed 08 October 2018).
- Kruglov V.M., Aksenov Yu.N. Preimushchestva i sderzhivayushchie faktory rasshirenogo vnedreniya skrepleniya ARS [Advantages and constraints of the expanded implementation of the ARS fastening]. *Nauka i transport* [Science and transport], 2006, special issue, pp. 26–28.
- Filippov V.V., et al. *Ustroystvo dlya krepleniya zheleznodorozhnogo relsa* [Device for railway rail fastening]. Patent RB, no. 2137874, 1999.
- Company specification BCh 56.373-2017. *Besstykovoy put. Optimalnye intervaly temperatur zakrepleniya relsovykh pletey na Belorusskoy zheleznoy doroge* [Continuous welded rail. Optimal temperature ranges for fixing rail bars on the Belarusian railway]. Minsk, Belarusskaya zheleznaya doroga Publ., 2017.
- Nastechik M.P., Bondarenko I.A., Markul R.V. Issledovanie napryazhennogo sostoyaniya v elementakh uzla skrepleniya tipa KPP-5 pod deystviem podvizhnogo sostava [Investigation of stress state in the elements of rail fastenings, type KPP-5 under the influence of rolling stock]. *Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo natsionalnogo universiteta zhelezno-dorozhnogo transporta* [Science and Transport Progress. Bulletin of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport], 2015, no. 2(56), pp. 146–155.
- Besterling V., Rademakher L. *Sistema krepleniya relsa k osnovaniyu* [Rail-to-base mounting system]. Patent RF, no. 2491382, 2013.
- Vossloh. Sélecteur de produits*. Available at: <https://www.vossloh.com/fr/produits-et-solutions/selecteur-de-produits/> (accessed 08 October 2018).
- Bochkaryov D.I., Kebikov A.A., Miroshnikov N.E., Polishchuk V.P., Kazak P.M. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya konstruktivnykh puti dlya metropolitena [Modern level and future trends of metro railway constructions]. *Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials], 2012, no. 2(19), pp. 94–99.
- Khubertus Kh., et al. *Kreplenie dlya relsa i sistema dlya zakrepleniya relsov* [Rail mounting and rail fastening system]. Patent RF, no. 2372435, 2009.
- Kirilenkov S.S. Opyt ekspluatatsii skrepleniya Vossloh i Pandrol na Oktyabrskoy doroge [Operating experience of Vossloh and Pandrol bonds on October Railway]. *Put i putevoe khozyaystvo* [Railway track and facilities], 2015, no. 8, pp. 24–25.
- Besterling V., Bednarchik A., Khunold A., Vitkhof N. *Sistema dlya krepleniya relsa i napravlyayushchaya sistema dlya ukazannoy plastiny* [Rail mounting system and guide system for the specified plate]. Patent RF, no. 2541558, 2015.
- Braun T.P., et al. *Klemma zheleznodorozhnogo relsovogo skrepleniya. Krepezhnoe prisposoblenie dlya uderzhaniya klemmy. Kombinatsiya krepezhnogo prisposobleniya i klemmy. Uzel zheleznodorozhnogo relsa, krepezhnogo prisposobleniya i klemmy* [Terminal rail fastenings. Fastening device to hold the terminals. Combination of fastenings and terminals. Rail, fastening device and terminal joint]. Patent RF, no. 2125626, 1999.
- Koks S.J., et al. *Prizhimmaya klemma i ustroystvo dlya zheleznodorozhnogo relsovogo skrepleniya* [Pressure terminal and device for rail fastening]. Patent RF, no. 2155837, 2000.