

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СКРЕПЛЕНИЙ

У даній статті зроблене порівняння техніко-економічних показників сучасних проміжних скріплень і проаналізована перспектива їхнього подальшого розвитку.

В данной статье произведено сравнение технико-экономических показателей современных промежуточных скреплений и проанализирована перспектива их дальнейшего развития.

The comparison of technical and economic parameters of modern intermediate fastenings is made and the prospect of their further development is analysed in this article.

Типовым промежуточным скреплением для Западно-Сибирской железной дороги, как и для всей России, является подкладочное скрепление КБ-65 с жесткой клеммой. Сильные и слабые стороны этого скрепления хорошо известны и уже давно ведутся работы по созданию более совершенного скрепления с упругими элементами.

Анализ существующих и перспективных конструкций промежуточных рельсовых скреплений показал, что основным направлением дальнейшего развития является переход на пружинные упругие малообслуживаемые скрепления.

Сибирский государственный университет путей сообщения совместно с Горновским заводом спецжелезобетона в течении ряда последних лет ведет работу по совершенствованию конструкций рельсовых скреплений и шпал. Результатом этой работы явилось создание ряда скреплений типа КН-65, КБ-65И, ГС-2, ГС-65, БАРС, БАРС-Б и другие [1].

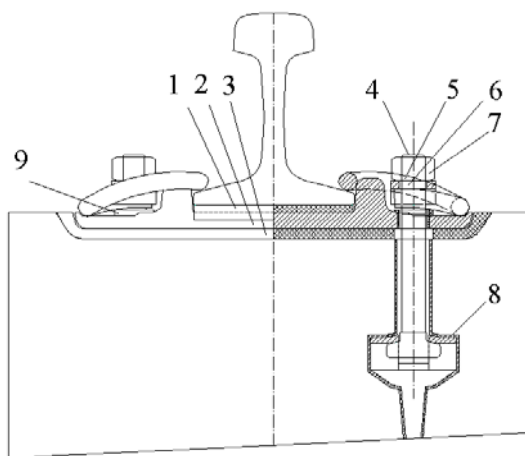


Рис. 1. Скрепление КН-65:

1 – упругая подрельсовая прокладка; 2 – металлическая подкладка; 3 – напальная прокладка; 4 – болт закладной; 5 – упругая прутковая клемма; 6 – скоба; 7 – гайка; 8 – изолирующий пустотообразователь; 9 – заглушка пластмассовая

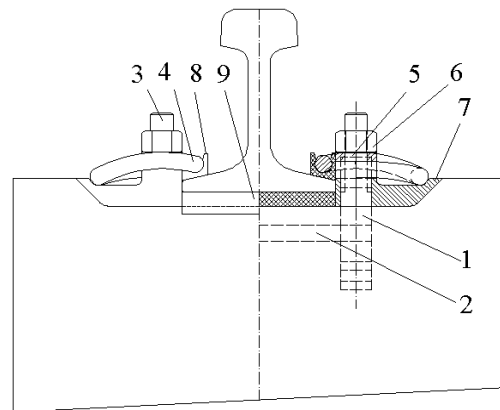


Рис. 2. Скрепление ГС-65:

1 – анкер; 2 – стержень; 3 – болт клеммный; 4 – упругая прутковая клемма; 5 – прижимная шайба; 6 – гайка; 7 – изолятор напальный; 8 – изолятор нарельсовый; 9 – упругая подрельсовая прокладка

Переход на рыночные отношения, расширение полигона бесстыкового пути дал новый толчок к разработке и внедрению рельсовых скреплений с упругими элементами.

На Горновском заводе железобетонных изделий – «Спецжелезобетон» начиная с 2000 года изготавливаются опытные партии нового перспективного упругого подкладочного скрепления КН-65 (СГУПС). А с 2001 года на заводе налажено производство бесподкладочного упругого скрепления ЖБР-65 (ВНИИЖТ, ПТКБ).

С 2000 года осуществляются наблюдения за эксплуатационной работой скрепления КН-65 на Инской дистанции пути. В 2001 году на нескольких дистанциях пути Западно-Сибирской железной дороги впервые было уложено упругое скрепление ЖБР-65. В 2002 году объемы укладки ЖБР-65 выросли до 120 км.

Однако в 2003 году, в связи с неоднозначными отзывами на эту бесподкладочную конструкцию, Горновский завод сократил объемы производства скрепления ЖБР-65 и в 2003 году

они составили около 26 км, в то же время производство скрепления КН-65 составило 10 км.

Для выявления сильных и слабых сторон скреплений КБ-65, ЖБР-65, КН-65, ГС-65 необходимо проведение всестороннего сравнительного технико-экономического анализа этих конструкций.

Проведенные статические и динамические лабораторные испытания разработанных СГУПС и Горновским заводом «Спецжелезобетон» скреплений КН-65, ГС-65 не выявили разрушений их деталей и остаточных деформаций, показав свою работоспособность.

В [2] представлены результаты, проведенных специалистами СГУПС лабораторных испытаний, характеризующие работу существующих и разработанных упругих промежуточных рельсовых скреплений.

Основные технические характеристики скреплений

Основные технические характеристики промежуточных рельсовых скреплений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики конструкции рельсовых скреплений

Показатели	Тип скрепления			
	КБ-65	ЖБР-65	КН-65	ГС-65
Общее количество деталей в комплекте скрепления, шт	23	17	17	16
Регулировка по высоте, мм	12	10	10	15
Количество болтов в комплекте, шт	4	2	2	2
Масса узла скрепления, кг	13,0	8,5	12,4	9,5
Жесткость клеммы (кН/мм) по оси болта, в диапазоне монтажного натяжения 10-25 кН	13-16	4-6	5-9	4-6
Стоимость скрепления, руб. / шпалу	368,0	293,5	332,4	252,0

Данные табл. 1 показывают, что бесподкладочное скрепление ЖБР-65 имеет ряд преимуществ по сравнению с подкладочными скреплениями КБ-65 и КН-65. Масса металлических элементов скрепления ЖБР-65 меньше КБ-65

на 35 %; количество деталей меньше на 26 %. Масса металла скрепления ЖБР-65 меньше чем у скрепления КН-65 на 30 %.

Подкладочное скрепление КН-65 так же имеет ряд преимуществ по сравнению с подкладочным скреплением КБ-65. Масса металла скрепления КН-65 меньше КБ-65 на 3 %; количество элементов меньше на 26 %.

Относительно высокая металлоемкость скрепления КН-65 определяются зависимостью его конструкции от металлопроката под скрепление КБ-65. При создании проката непосредственно под требования КН ряд технико-экономических показателей значительно улучшится. Специалистами СГУПС уже разработан вариант с оригинальной металлической подкладкой – скрепление КНУ-65.

В результате первого этапа эксплуатации опытных шпал со скреплением КН-65 были получены данные, говорящие о хорошем состоянии обследуемого пути. Ширина колеи находится в пределах 1518–1525 мм, прижатие рельсов к шпалам стабильно, угон пути отсутствует, рельсовые цепи работают безотказно.

По полученным результатам было представлено положительное заключение в ЦП МПС и принято решение о дальнейшем изготовлении опытных партий и расширении эксплуатационных испытаний.

Экономическое сравнение промежуточных скреплений

Сравнение затрат на изготовление шпал и скреплений.

Цены промежуточных скреплений типа КБ-65, ЖБР-65, КН-65 и ГС-65 по Горновскому заводу спецжелезобетона, на май 2003 года, представлены в табл. 1. Стоимость шпалы равнялась 390 руб.

Стоимость шпал со скреплениями составит для прямого участка, тыс. руб.:

$$- \text{со скреплением КБ-65} \\ 1840 \cdot 758 = 1394,7;$$

$$- \text{со скреплением ЖБР-65} \\ 1840 \cdot 683,5 = 1257,6;$$

$$- \text{со скреплением КН-65} \\ 1840 \cdot 722,4 = 1329,2;$$

$$- \text{со скреплением ГС-65} \\ 1840 \cdot 642 = 1181,3.$$

Сравнение затрат на сборку рельсошпальной решетки

Технологические процессы сборки рельсошпальной решетки (РШР) рассчитаны на осно-

ве УТНВ и откорректированы в соответствии с технологическими процессами, применяемыми на производственных базах путевых машинных станций (ПМС) Западно-Сибирской ж. д.

Сравнивались затраты труда и стоимость сборки звеньев путевой решетки с железобетонными шпалами для трех типов промежуточных рельсовых креплений – КБ-65, КН-65 и ЖБР-65.

В расчете учитывались два возможных варианта сборки. Наиболее распространенный вариант – с предварительной частичной сборкой шпал на заводе-изготовителе и без нее.

В результате расчетов определено, что применение упругих креплений КН-65 и ЖБР-65, в сравнении с КБ-65 уменьшает затраты труда на сборку одного звена рельсошпальной решетки на 20 % и 27 %, соответственно для двух названных вариантов сборки, что влечет за собой увеличение годовых объемов производства ПМС.

Сравнение затрат на замену элементов верхнего строения пути

При всестороннем сравнении промежуточных креплений интерес представляет сравнение затрат на одиночную замену дефектных элементов.

Применение крепления КН-65 влечет за собой значительное снижение расходов и уменьшение трудозатрат на одиночную смену элементов верхнего строения пути.

Снижение трудозатрат на смену элементов крепления КН-65 в сравнении с КБ-65 составит: железобетонных шпал на перегоне – 9 %; на станции – 8 %; подкладок – 12 %; прокладок под подкладку – 5 %; смазка болтов – 43 %; подтягивание гаек болтов – 50 %.

Увеличение трудозатрат на смену упругих клемм КН-65 составит – 6 %.

Применение промежуточного крепления КН-65 позволит отказаться от ряда работ имеющих место при использовании крепления КБ-65 (смена клеммных болтов, пружинных шайб, изолирующих втулок).

Трудозатраты по остальным работам, таким как смена подрельсовых прокладок и многим другим значительно не изменятся и останутся прежними.

Сравнение затрат межремонтного периода

Для сравниваемых вариантов отличающихся друг от друга только размерами капитальных вложений и текущих затрат, наиболее эффек-

тивным будет являться вариант с минимумом приведенных затрат $ЗП_i$.

$$ЗП_i = \sum (K_{ii} + \mathcal{E}_{ii} + C_{ii})\beta_t \rightarrow \min, \quad (1)$$

где K_{ii} – капитальные расходы по i -му варианту, руб.;

\mathcal{E}_{ii} – эксплуатационные расходы по i варианту, руб.;

C_{ii} – периодические затраты на средние, плановопредупредительные ремонты по i варианту, руб.;

β_t – коэффициент приведения.

Коэффициент приведения разновременных затрат, с учетом процесса инфляции

$$\beta = \frac{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^t}{(1 + E)^t}, \quad (2)$$

где p – годовой уровень инфляции, 12 %;

t – период времени приведения, лет;

E – норма дисконта разновременных затрат, минимальное коммерческое значение, соответствует банковскому депозитному проценту $E = 0,18$.

Эксплуатационные расходы на содержание железнодорожного пути

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{тс} + \mathcal{E}_{м} + \mathcal{E}_{р} + \mathcal{E}_{ср} + \mathcal{E}_{сд} + \mathcal{E}_{о}, \quad (3)$$

где $\mathcal{E}_{тс}$ – расходы на оплату труда работников, занятых текущим содержанием пути, руб./км в год;

$\mathcal{E}_{м}$ – расходы на смену элементов верхнего строения пути, руб./км в год;

$\mathcal{E}_{р}$ – расходы на реновацию (возобновление), руб./км в год;

$\mathcal{E}_{ср}$ – расходы на проведение средних ремонтов пути, руб./км в год;

$\mathcal{E}_{сд}$ – расходы, связанные с сопротивлением движению поездов в доле, зависящей от пути, руб./км в год;

Затраты на проведение ремонтов пути на Западно-Сибирской железной дороге за 2002 год представлены в табл. 2.

Эксплуатационные расходы

Применение новых промежуточных креплений с упругими элементами влияет на изменение затрат труда на периодическое подтягивание болтов, выправочные работы и регулировку ширины рельсовой колеи.

Таблица 2

**Затраты на ремонты верхнего строения пути,
тыс. руб./км**

Вид ремонта	Тип скрепления		
	КБ-65	КН-65	ЖБР-65
Усиленный капитальный	4105	4102	4077
Капитальный	3080	3077	3052
Средний	567		566,5
Планово-предупредительный	180		

Трудовые затраты на периодическое подтягивание болтов скрепления КБ-65 достигают 25–30 % общих трудовых затрат на содержание бесстыкового пути [3]. Применение скреплений ЖБР-65 и КН-65 с упругими клеммами, за счет увеличения стабильности прикрепления и уменьшения количества болтов, уменьшает эти затраты в 3–4 раза, что определяет уменьшение общих трудозатрат в среднем на 15 %.

Затраты труда на выправку бесстыкового пути с железобетонными шпалами составляют 40–50 % [3] и достигают 55–65 % [4]. При подкладочной конструкции 60 % выправочных работ выполняются за счет регулировочных прокладок. Применение этих прокладок, в сравнении с подбивкой шпал ЭШП, снижает трудоемкость работ не менее чем в 3 раза [5]. Бесподкладочному скреплению ЖБР-65, имеющему возможность выправки прокладками, рекомендовано применение их в исключительных случаях [6]. В соответствии с исследованиями [7], использование бесподкладочных конструкций в бесстыковом пути в среднем увеличивает трудоемкость выправочных работ в 1,17 раза,

Следовательно, общее увеличение трудозатрат на выправку пути и регулировку ширины колеи для бесподкладочного скрепления составит в среднем 10 %.

Сравнение эксплуатационных затрат

Амортизационные отчисления являются лидирующими в составе эксплуатационных затрат. Общая величина амортизационных отчислений складывается из двух частей: отчислений на полное восстановление (реновацию) основных фондов по истечении срока их службы и отчислений на ремонты, т. е. частичное возмещение износа верхнего строения пути.

При выборе верхнего строения пути расходы на полное восстановление можно определить по срокам между капитальными ремонтами пути, которые являются решающими при определении амортизационных отчислений, а следовательно и приведенных расходов.

Результаты расчета экономической эффективности вариантов верхнего строения пути с различными скреплениями приведены на рис. 3.

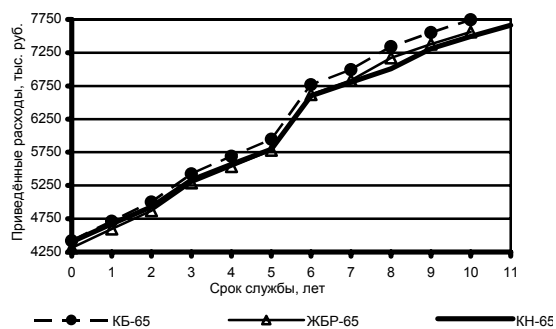


Рис. 3. Экономическая эффективность скреплений на грузонапряженном участке

Анализ экономических расчетов показал, что дополнительные затраты на подкладочные скрепления КН-65 при его укладке окупаются по сравнению со скреплением ЖБР-65 на участках с грузонапряженностью более 50 млн т км/км бр. в год – через 4–5 лет, и на менее грузонапряженных участках (25–30 млн т км/км бр. в год) – через 8–12 лет.

Экономическая эффективность внедрения в типовую конструкцию бесстыкового пути упругого подкладочного скрепления КН-65 составит за межремонтный цикл на грузонапряженных участках (более 50 млн т км/км бр. в год) – не менее 300 тыс. руб./км, на менее грузонапряженных участках – 30–200 тыс. руб./км.

Выводы

1. На основании проведенных расчетов и сделанных выше промежуточных выводов установлена для различных аспектов эксплуатации значительная эффективность промежуточных рельсовых скреплений с упругими элементами.

Для увеличения эффективности современных рельсовых скреплений с упругими элементами необходимо расширение исследований.

2. В результате сравнения основных технико-экономических характеристик скреплений КБ-65, ЖБР-65, КН-65 и ГС-65 определено, что новые современные скрепления отличаются

значительно меньшим количеством элементов и большей экономией металла. Их применение уменьшает стоимость одного километра пути, значительно снижает затраты труда на сборку звеньев РШР и на одиночную смену элементов верхнего строения.

3. На участках бесстыкового пути с бесподкладочной конструкцией скреплений ограничены возможности выправки пути в профиле за счет смены подрельсовых регулировочных прокладок. Так как выправка пути в профиле одна из основных работ текущего содержания железных дорог Сибири, то на участках, имеющих высокую грузонапряженность и осевые нагрузки, рациональней применять подкладочные промежуточные рельсовые скрепления.

Существующие подкладочные конструкции не в полной мере отвечают требованиям бесстыкового пути в условиях Сибири. Для реализации перспективных возможностей увеличения эффективности бесстыкового пути необходимо расширение исследований, и на их основе продолжить конструкторские и технологические усовершенствования подкладочных скреплений с упругими элементами.

4. В результате первого этапа эксплуатации опытных шпал с новым упругим подкладочным скреплением КН-65 были получены данные, говорящие о хорошем состоянии обследуемого пути. Ширина колеи находится в пределах допуска, прижатие рельсов к шпалам стабильно, угон пути отсутствует, рельсовые цепи работают безотказно.

5. Относительно высокая металлоемкость скрепления КН-65, в сравнении с ЖБР-65, объясняется зависимостью его конструкции от металлопроката под скрепление КБ-65. При создании проката непосредственно под требования

КН многие технико-экономических показателей значительно улучшатся. Специалистами СГУПС уже разработан вариант с оригинальной металлической подкладкой – скрепление КНУ-65.

В результате проведенных исследований определены перспективы повышения эффективности подкладочных скреплений с упругими элементами, выработаны рекомендации к внедрению нового упругого подкладочного скрепления КНУ-65.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чижев А. В. Совершенствование малообслуживаемых рельсовых скреплений для железобетонных шпал бесстыкового пути: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2001. – 26 с.
2. Карпущенко Н. И., Антонов Н. И. Разработка и исследования новых рельсовых скреплений для железобетонных шпал // Экспериментальное кольцо – 70: Тезисы междунар. конф. – М., 2002. – С. 241–243.
3. Бесстыковой путь / В. Г. Альбрехт, Н. П. Виногоров и др.; под ред. В. Г. Альбрехт. – М.: Транспорт, 2000. – 408 с.
4. Евдокимов Б. А. Технико-экономическая эффективность снижения жёсткости пути с железобетонными шпалами // Тр. ВЗИИТ: Совершенствование норм устройства рельсовой колеи. – М., 1972. – Вып. 60. – С. 54–63.
5. Андреев Г. Е., Лapidус Т. А. Бесстыковому пути – надёжное скрепление // Железнодорожный транспорт. – 1972. – № 3. – С. 60–64.
6. Ермаков В. М. Перспективы внедрения упругих скреплений // Путь и путевое хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 2–5.
7. Лapidус Т. А. Исследование работы элементов скрепления КБ-65 в пути: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Л., 1983. – 24 с.