

А. А. Плуґін, д. т. н., професор, завідувач кафедри,
А. М. Плуґін, д. хім. н., лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, професор,
С. В. Мірошніченко, к. т. н., доцент, завідувач ГНДЛ корозії і захисту від корозії конструкцій і споруд залізниць,
О. А. Калінін, к. т. н., доцент, завідувач ГНДЛ підрейкових основ і спецзалізобетону,
В. А. Лютій, к. т. н., доцент, кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд,
Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків,
Ю. Л. Тулей, начальник Департаменту колії Укрзалізниці, м. Київ

ДОСВІД ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРУЖНИХ РЕЙКОВИХ СКРІПЛЕНЬ ТИПУ PRS І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ ІЗ НИМИ

КЛЮЧОВІ СЛОВА: залізобетонна шпала, залізнична колія, пружне рейкове скріплення, технологія виготовлення, досвід експлуатації.

УДК 625.1:691.328

АНОТАЦІЯ.
Наведено результати аналізу конструкції найбільш поширених рейкових скріплень на залізобетонних шпалах, їх недоліків, розробки оригінальної конструкції пружного рейкового скріплення та технології виготовлення залізобетонних шпал для них, а також 12,5-річного досвіду дослідної експлуатації скріплень і шпал.

ВСТУП. Останніми роками на залізницях світу у зв'язку зі збільшенням швидкостей руху поїздів, посиленням вимог до утримання колії, нагальною потребою у зниженні витрат на утримання триває удосконалення вузла скріплення рейок і залізобетонних шпал, зокрема широко впроваджуються пружні рейкові скріплення. В УкрДАЗТ ще наприкінці 1990-х рр. на замовлення Укрзалізниці було розроблено й у дослідному порядку впроваджено декілька конструкцій пружних рейкових скріплень.

Мета роботи — узагальнення досвіду експлуатації розроблених в УкрДАЗТ пружних рейкових скріплень типу PRS і залізобетонних шпал із ними та розробка рекомендацій щодо використання цього досвіду для подальшого вдосконалення пружних рейкових скріплень.

► **Аналіз конструкції найбільш поширених рейкових скріплень на залізобетонних шпалах**

Найбільш масовою підрейковою основою залізниць України є поперечно напружені залізобетонні шпали, армовані високоміцним дротом. Аналіз номенклатури шпал, що виробляються та застосовуються в Україні [1], свідчить, що особливості виготовлення та експлуатації шпал найбільшою мірою визначаються типом

застосованих проміжних рейкових скріплень (рис. 1, 2).

Проміжні рейкові скріплення поділяють на такі типи:

1) за наявністю підкладки та способу кріплення рейки до шпали:

— роздільні — із металевою підкладкою між підшовою рейки та шпалою, що спільно з двома амортизуючими прокладками (підрейковою та нашпальною) забезпечує перерозподіл навантаження на більшу площу поверхні шпали, у яких рейка прикріплюється до підкладки, а підкладка до шпали роздільно за допомогою окремих кріпильних деталей — болтів, шурупів, клем тощо (КБ, КПП-12);

— нероздільні — із металевою підкладкою між підшовою рейки та шпалою, що спільно з двома амортизуючими прокладками (підрейковою та нашпальною) забезпечує перерозподіл навантаження на більшу площу поверхні шпали, у яких рейка прикріплюється безпосередньо до шпали;

— безпідкладкові, у яких навантаження від підшови рейки на поверхню шпали передається тільки через амортизуючу прокладку, не перерозподіляючись на більшу площу (КПП-1, КПП-5, СБ-3, Vossloh SB-4, КПП-7, АРС-4, Vossloh W 14, Pandrol Fastclip, Pandrol e-Clip);

2) за видом деталей кріплення рейки до шпали:

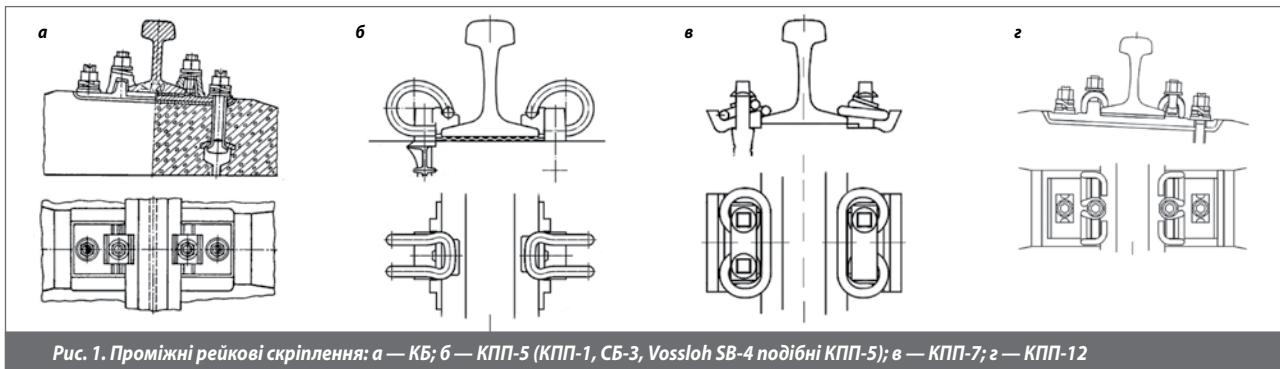


Рис. 1. Проміжні рейкові скріплення: а — КБ; б — КПП-5 (КПП-1, СБ-3, Vossloh SB-4 подібні КПП-5); в — КПП-7; г — КПП-12

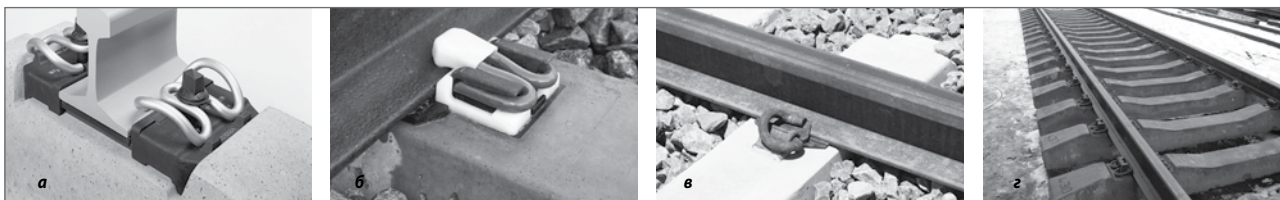


Рис. 2. Проміжні рейкові скріплення: а — Vossloh W 14 (Німеччина); б — Pandrol Fastclip (Великобританія); в — Pandrol e-Clip (Великобританія); г — APC-4 (Росія)

- клемно-болтові — притиск рейки здійснюється клемою, кріплення до шпали — знімним закладним болтом, що встановлюється в отвір (КБ, КПП-12);
 - шурупно-дюбельні — притиск рейки здійснюється клемою, кріплення до шпали здійснюється шурупом, що вкручується в полімерний дюбель, замурований у шпалу (КПП-7, Vossloh W 14);
 - анкерні — притиск рейки здійснюється клемою, кріплення до шпали — через металевий анкер, замурований у бетон шпали (КПП-1, КПП-5, APC-4, Pandrol Fastclip, Pandrol e-Clip);
- 3) за жорсткістю клеми:
- жорсткі — із жорсткою клемою (КБ);
 - пружні — із пружною клемою (КПП-1, КПП-5, КПП-7, КПП-12, APC-4, IMET, Vossloh W 14, Pandrol Fastclip, Pandrol e-Clip).

Найбільш масовими типами скріплень на залізобетонних шпалах в Україні є роздільне клемно-болтове скріплення КБ і безпідкладкове анкерне пружне скріплення КПП-5. У дослідному порядку в обмеженому обсязі вкладалися також безпідкладкові анкерні пружні скріплення КПП-1, APC-4, IMET, безпідкладкове шурупно-дюбельне пружне скріплення КПП-7, а також роздільне клемно-болтове пружне скріплення КПП-12. На європейських залізницях

широко застосовуються безпідкладкові пружні скріплення: шурупно-дюбельне Vossloh W 14 (Німеччина), анкерні Pandrol Fastclip, Pandrol e-Clip (Великобританія). На колії зі скріпленнями Pandrol Fastclip встановлено світовий рекорд швидкості на залізниці — 574,8 км/год (03.04.2007 року, Франція, поїзд TGV).

З урахуванням проаналізованих конструктивних особливостей проміжних рейкових скріплень залізобетонні шпали за особливостями їх формування можна поділити на:

1) шпали з отворами під закладні болти, пустототворювачі з яких видаляють негайно після формування, — Ш1, Ш2, Ш6, шпала мостова;

2) шпали з полімерними дюбелями, анкерами, незнімними пустототворювачами, що замуровуються в бетон, у яких відсутні елементи негайного розпалублення (крім діафрагм між торцями шпал), — Ш7, СБ3, Ш2С-1, а також варіанти Ш1, шпали мостові з незнімними коробчастими полімерними пустототворювачами.

За характером передавання навантаження від підшви рейки на поверхню бетону шпали поділяють на:

1) шпали для роздільних і нероздільних скріплень, у яких навантаження від підшви рейки перерозподіляється за більшою площею, — Ш1, Ш2, Ш6, шпала мостова (для скріплень КБ, КПП-12);

2) шпали для безпідкладкових скріплень, у яких навантаження від підшви рейки передається на незначну площу, — СБ3, Ш2С-1 (для скріплень КПП-5), Ш7 (для скріплень КПП-7).

За характером вертикального впливу рейки на бетон шпали поділяють на:

1) шпали для скріплень із високою вертикальною жорсткістю — Ш1, Ш2, Ш6, шпала мостова (для скріплень КБ);

2) шпали для пружних скріплень СБ3, Ш2С-1 (для скріплень КПП-5), Ш-7 (для скріплень КПП-7).

За характером поперечного горизонтального впливу рейки на бетон шпали поділяють на:

1) шпали для скріплень із високою поперечною жорсткістю, що призводить до бічних ударних впливів анкера на бетон, — СБ3, Ш2С-1 (для скріплень КПП-5), Ш7 (для скріплень КПП-7);

2) шпали з незначною поперечною жорсткістю, що запобігає ударним впливам на бетон, — Ш1, Ш2, Ш6, мостова шпала (для скріплень КБ, КПП-12).

Високу поперечну жорсткість забезпечують для утримання ширини колії під час експлуатації, проте вона призводить до бічних ударних впливів анкера на бетон та утворення в шпалі подовжніх тріщин (рис. 3). У скріпленні Vossloh W 14 (рис. 2, а)

масивний полімерний вкладиш амортизує та розподіляє цей вплив по великій площі бетону, проте навіть це не запобігає повністю утворенню тріщин (рис. 3, в).

Оригінальне, хоча й надто металомістке рішення щодо запобігання утворенню таких тріщин реалізовано у скріпленні APC-4 (рис. 1, е) —

жорстке з'єднання в єдину деталь анкерів однієї підрейкової площадки скобою, що проходить у бетоні під рейкою (рис. 4, а). Проте в цьому випадку часто спостерігається руйнування полімерних вкладишів через їх щільне затиснення в зазорі між підшовою рейки та анкером (рис. 4, б, в).



Рис. 3. Характерні пошкодження залізобетонних шпал зі скріпленнями з високою поперечною жорсткістю — подовжні тріщини від анкера до торця шпали: а, б — шпали СБЗ-1 зі скріпленням КПП-5; в — шпали зі скріпленням Vossloh W 14 (Литовська залізниця)



Рис. 4. Анкерне скріплення з високою поперечною жорсткістю APC-4: а — деталь зі з'єднаних скобою анкерів, зафіксована у формі перед формуванням шпал (Белгородський ЗЗБШ, Росія); б, в — характерні пошкодження — руйнування полімерних вкладишів на ділянці Іларіоново – Синельникове Придніпровської залізниці



Рис. 5. Проміжне рейкове скріплення UC-1 (PRS-4 — аналогічне), розроблене в УкрДАЗТ

Технічні характеристики скріплення (UC-1):

Маса, кг:	
- клеми	1,05
- анкера	0,8
- регулятора натягу Ø10 мм	0,08
- ізолюючого вкладиша	0,1
- гумової прокладки	0,2
Зусилля натиску клеми на рейку, кН	12,0
Жорсткість клеми, кН/см	8
Опір уgonу рейкових плітей, кН/м	25–35

► Розробка конструкції пружного рейкового скріплення

В УкрДАЗТ розроблено пружне рейкове скріплення, якому притаманні всі переваги анкерних пружних скріплень, при цьому усунуто їх загальний недолік — високу поперечну жорсткість (рис. 5). Це досягнуто за рахунок зазору між анкером і полімерним вкладишем, у якому підшова рейки від поперечних деформацій стримує не одразу анкер через полімерний вкладиш, а спочатку пружна клема.

Розроблені й запатентовані такі модифікації скріплення, шпал із ними та технології їх виробництва:

- 1) UC-1 (PRS-1) — скріплення для ремонту старопридатних шпал Ш-1-1 [2; 3];
- 2) PRS-2 — модифікація скріплення UC-1, придатна для установлення на стикові шпали [3];
- 3) PRS-4 — підсилена для застосування на вантажонапружених швидкісних ділянках модифікація скріплення для нових шпал типу Ш-1-1-PRS з анкером скріплення PRS-4 [4–6].

Переваги скріплення UC-1 (PRS-4) над іншими:

- значний запас пружності й міцності клеми — рівень фактичного навантаження не перевищує 60%, клема працює на крутіння;
- гасіння бічних ударів колісних пар;
- здатність до «самовирівнювання» колії під час збирання й експлуатації;
- можливість підйомки колії на регульовальні картки до 10–15 мм;
- високий електричний опір шпал;
- неможливість демонтажу колії без спеціального ключа;
- придатність для ремонту шпал Ш1 із пошкодженим вузлом скріплення КБ;
- використання після незначної переробки парку форм шпал Ш1;
- менша порівняно з іншими вітчизняними (КБ-65, КПП-5) і значно менша порівняно з аналогічними європейськими (Vossloh, Pandrol) і російськими (APC-4) скріпленнями вартість.

Варто звернути увагу на високий електричний опір шпал зі скріпленнями UC-1 (PRS-4) порівняно з іншими типами шпал і скріплень (табл.).

Це зумовлене найбільш сприятливим розташуванням хвостовика анкера відносно арматурного пакета, а для скріплення УС-1 ще і його замуруванням в отворі шпали сірчаною мастикою з високим електричним опором. Переваги скріплення дозволили пропонувати його також для застосування в безбаластному мостовому полотні. Конструкцію такого полотна пророблено на рівні кваліфікаційних дослідницьких робіт на здобуття кваліфікації магістра та дипломних проєктів (рис. 6, б).

► **Дослідна експлуатація шпал із пружними рейковими скріпленнями**

У липні 2002 року на базі КМС-39 Південної залізниці була зібрана ланка довжиною 25 м із старопридатних рейок Р65 (400 млн т брутто) на шпалах Ш1-1 із пошкодженим вузлом скріплення, в отвори яких на сірчаній мастиці замуровано анкери скріплення УС-1. Деталі скріплення було виготовлено АТ «Механіка» (м. Київ). Ланка укладена в непарну колію 249 км ПК1 ділянки Основа – Букине Південної залізниці (головна колія ст. Основа між стрілочними переводами 550 і 572, пряма, установлена швидкість руху пасажирських / вантажних поїздів — 40/40 км/год). Через 9 років експлуатації ширина колії утримувалась у межах 1518–1522 мм, перекис не перевищував 2 мм (рис. 7). Через понад 12,5 років експлуатації пропущений тоннаж перевищив 464 млн т брутто, розладів колії і пошкоджень скріплення не спостерігається, попередження не уводились.

► **Розробка та опрацювання технології виробництва шпал для пружних рейкових скріплення**

У 2005–2006 рр. було розроблено та опрацьовано на Коростенському ЗЗБШ технологію виробництва залізобетонних шпал Ш1-1-PRS. Деталі скріплення і плити підрейкових площадок для форм було виготовлено АТ «Механіка» (м. Київ). Виготовлення шпал здійснювали в 10-гніздовій формі для шпал Ш1-1 (рис. 8), переобладнаній плитами підрейкових

Табл. Фактичний електричний опір залізобетонних шпал із різними типами рейкових скріплення, виміряний за схемою рис. 6

Шпала	Рейкове скріплення	Електричний опір, Ом
Ш1-1	КБ-65	18–116
СБЗ-0 (на складі ЗЗБШ)	КПП-5	250–1000
СБЗ-0 (у колії)	КПП-5	0,2–40
Ш1-2	УС-1	100–5300

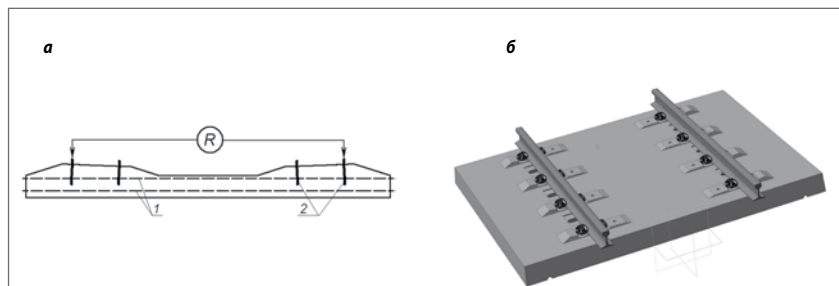


Рис. 6. Схема вимірювання електричного опору залізобетонних шпал (а): 1 — розташування арматурного пакета; 2 — закладні болти скріплення КБ або анкери скріплення КПП-5 і УС-1; (б) колія на безбаластному мостовому полотні із скріпленнями PRS-4



Рис. 7. Рейкові скріплення УС-1 у непарній колії 249 км ПК1 ділянки Основа – Букине Південної залізниці (між стрілочними переводами 550 і 572 станції Основа)

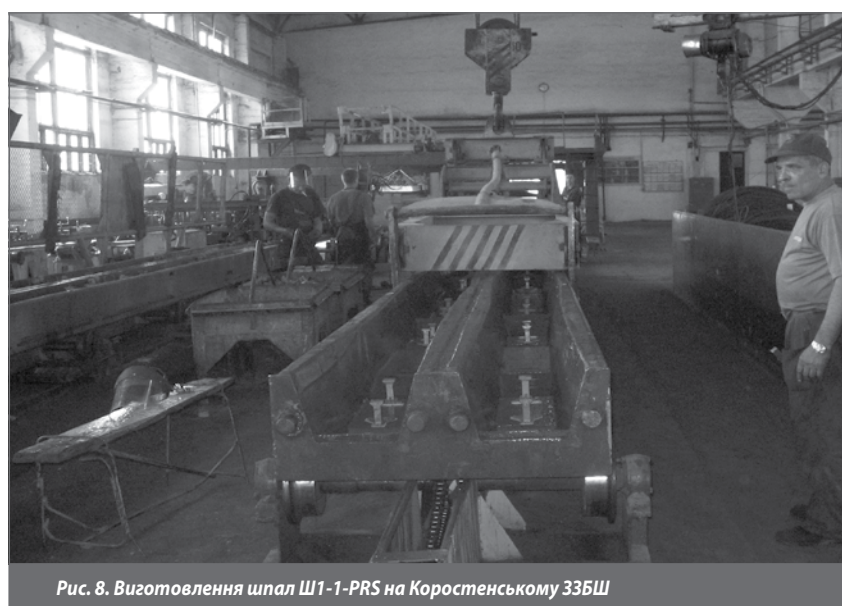


Рис. 8. Виготовлення шпал Ш1-1-PRS на Коростенському ЗЗБШ



Рис. 9. Збирання ланки на шпалах Ш1-1-PRS — контроль ширини колії — 1520 мм забезпечено

площадок. Було досягнуто неускладнене розпалублення шпал шляхом розкантивання (перегортання) форми, а також виготовлено дослідну партію шпал. При збиранні з них ланок ширина колії 1520 мм забезпечувалась (рис. 9).

► Висновки і рекомендації

1. Проведено аналіз конструкції найбільш поширених рейкових скріплень на залізобетонних шпалах, їх особливостей і недоліків. Установлено, що у зв'язку з підвищенням швидкостей руху на залізницях усе більш поширюються пружні рейкові скріплення. Вони характеризуються низкою переваг порівняно з традиційними клемно-болтовими скріпленнями, проте як недолік мають надто велику жорсткість у горизонтальному поперечному напрямку, що внаслідок ударних впливів колісних пар через рейки й анкери на бетон часто, особливо при незначному запасі міцності бетону, призводить до утворення в шпалах подовжніх тріщин.

2. Розроблено оригінальну конструкцію рейкового скріплення УС-1 (для старопридатних шпал Ш1-1) і PRS-4 (для нових шпал Ш1-1-PRS), яке є пружним не тільки у вертикаль-

ному, а й горизонтальному поперечному напрямку, що виключає ударні впливи на анкери й бетон. Крім того, шпали з таким скріпленням характеризуються більш високим електричним опором порівняно зі шпалами з іншими типами клемно-болтових і пружних скріплень.

3. 12,5-річний досвід дослідної експлуатації 25-метрової ланки з пружними рейковими скріпленнями УС-1 (пропущений тоннаж 464 млн т брутто) показав надійність запропонованої конструкції скріплень, жодне з яких не вийшло з ладу, забезпечивши повну відсутність розладів колії.

4. Розроблено та опрацьовано технологію виробництва нових залізобетонних шпал Ш1-1-PRS для пружних рейкових скріплень PRS-4.

5. Рекомендується укласти не менше 1 км колії на нових шпалах Ш1-1-PRS зі скріпленнями PRS-4 на вантажонапруженій ділянці, у т. ч. у кривій, і провести подальші експлуатаційні випробування.

6. Рекомендується застосувати позитивний досвід експлуатації УС-1 для розробки інших типів пружних рейкових скріплень, зокрема щодо забез-

печення пружності скріплення в горизонтальному поперечному напрямку й високого електричного опору шпали. ☞

Надійшло до редакції
10.03.2015 р.

► Список літератури:

1. Даніленко Е. І. Залізнична колія. Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом : підруч. для студ. вищ. навч. закл. : у 2 т. / Е. І. Даніленко. — К. : Інпрес, 2010. — Т. 1. — 521 с.; Т. 2. — 455 с.
2. Пат. 36449 UA Пружне рейкове скріплення. МПК 7 E01B9/30, 9/66 / А. М. Плугін, О. І. Белорусов, О. М. Жученко та ін. ; заявл. 20.12.1999. — № 99126922 ; опубл. 17.03.2003, Бюл. № 3.
3. Пат. 58250 UA Спосіб ремонту шпал або інших підрейкових основ. МПК 7 E01B3/34 / А. М. Плугін, Ю. П. Лібенко, О. І. Белорусов та ін. ; заявл. 05.11.2002. — № 2002118756 ; опубл. 15.12.2005, Бюл. № 12.
4. Пат. 65648 UA Пружне рейкове скріплення PRS-2. МПК 7 E01B9/30 / А. М. Плугін, О. І. Белорусов, О. М. Жученко та ін. ; заявл. 19.07.2001. — № 2001075169 ; опубл. 15.04.2004, Бюл. № 4.
5. Пат. 78666 UA Пружне рейкове скріплення PRS-4. МПК E01B 9/30, E01B/68 / А. М. Плугін, О. І. Белорусов, С. В. Мірошніченко та ін. ; заявл. 12.10.2006. — № a200610793 ; опубл. 10.04.2007, Бюл. № 4.
6. Пат. 78667 UA Шпала Ш-1-1-PRS. МПК E01B 3/00 / А. М. Плугін, А. А. Плугін, О. І. Белорусов та ін. ; заявл. 16.10.2006. — № a200610861 ; опубл. 15.12.2006, Бюл. № 12 ; опубл. 10.04.2007, Бюл. № 4.

АННОТАЦІЯ. Приведены результаты анализа конструкции наиболее распространенных рельсовых скреплений на железобетонных шпалах, их недостатков, разработки оригинальной конструкции упругого рельсового скрепления и технологии изготовления железобетонных шпал для них, а также 12,5-летнего опыта исследовательской эксплуатации скреплений и шпал.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: железобетонная шпала, железнодорожный путь, упругое реечное скрепление, технология изготовления, опыт эксплуатации.

ANNOTATION. Shows the results of the analysis of the most common design of rail fasteners on concrete sleepers, their shortcomings, develop original design resilient rail fasteners and technology of concrete sleepers for them. Also shows the results of 12.5 years long experience, trial operation fasteners and sleepers.

KEYWORDS: concrete sleepers, manufacturing technology, operating experience, rail elastic fasteners, track.