

УДК 625.143.5

Інженери Демченко С. М., Татуревич А. А.

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО БЕЗПІДКЛАДКОВИХ АНКЕРНИХ ПРУЖНИХ ПРОМІЖНИХ СКРІПЛЕНЬ

Ключові слова: анкерні пружні проміжні скріплення, пружні клеми, підрейкові прокладки, жорсткість скріплення.

Вступ

Рейкові скріплення, особливо проміжні, є дуже важливими та відповідальними елементами верхньої будови колії, оскільки від їх надійності та працездатності залежать багато чинників забезпечення стабільності рейкової колії в процесі експлуатації (розширення та звуження, розконтуровування рейок, повздовжній зсув рейок, зрушення рейко-шпальної решітки по баласту та інше). З точки зору, передусім, забезпечення безпеки руху поїздів, до рейкових скріплень пред'являється безліч найсуперечливіших, і навіть прямо протилежних вимог, як технічних, так і економічних [1].

Науково-дослідні інститути, організації, конструкторські бюро, вищі учбові заклади багатьох розвинених країн, включаючи Україну, постійно працюють над створенням, вдосконаленням, модернізацією рейкових скріплень на підставі теоретичних та експериментальних випробувань зразків нових конструкцій скріплень, як на спеціальних стендах, так і на дослідних ділянках залізниць, в т.ч. на коліях регіональних філій ПАТ «Укрзалізниця» [2]. Результати всіх досліджень постійно публікуються в різних спеціалізованих журналах, випусках наукових праць, інформаційних виданнях, авторефератах на здобуття наукових ступенів і використовуються для впровадження на залізницях. Періодично проводяться конференції, семінари за результатами розробок у цій галузі з аналізом досягнень в різних країнах. Як наслідок, організація співпраці залізниць (ОСЖД) регулярно, за підсумками нарад експертних комісій, в спеціальних випусках публікує для усіх залізниць співдружності рекомендації (саме рекомендації, а не зобов'язання щодо їх вико-

нання). Річ у тому, що результати усіх без виключення наукових досліджень, пошуків розробок і таке інше є, по суті, підсумками створення не оптимальних (для усіх умов експлуатації), а найбільш раціональних (кращих) конструкцій проміжних рейкових скріплень, стосовно конкретних умов експлуатації залізниць різних країн світу.

Оптимальні рішення важко здійснимі не лише за суперечливими вимогами, що пред'являються до пружного скріплення, а й за різноманітністю умов експлуатації (швидкості руху, що допускаються, навантаження на вісь від рухомого складу, вантажонапруженість, типи рейок, вид шпал, впровадження колії з довгомірними рейками, умови засміченості та забрудненості баластної призми, проблеми електроізоляції скріплень, кліматичні умови, ремонтпридатність, трудовитрати на ремонти та утримання, якість виготовлення скріплень на підприємствах-виробниках та інше).

Слід врахувати постійні зміни та посилення вимог до умов експлуатації, як на закордонних, так і на вітчизняних залізницях. Тому, до оцінки типів і конструкцій скріплень необхідно відноситися критично.

Метою статті є обґрунтування технічних вимог до вітчизняних безпідкладкових анкерних пружних проміжних скріплень на підставі лабораторних випробувань.

Загальні відомості щодо конструкції вітчизняних пружних проміжних скріплень

У зв'язку з масовим впровадженням залізобетонних шпал і безстикової колії виникла проблема надійності скріплень. Тому з кінця 80-х років минулого сторіччя систематично проводиться аналіз різних типів і конструкцій проміжних скріплень, як вітчизняних, так і закордонних, проводяться техніко-економічні порівняння сучасних скріплень [3].

На залізницях України перші безпідкладкові анкерні пружні скріплення почали застосовуватися з 1996–1997 роках. Однією з перших була конструкція безпідкладкового пружного скріплення типу СБ-3 (Польща). Дана конструкція не зазнала великого поширення та була рекомендована для використання лише на ділянках з вантажонапруженістю менше ніж 25 млн. т·км брутто/км на рік й при переважних пасажирських перевезен-

нях. Після 2000 року на вітчизняних залізницях почали широко застосовуватися безпідкладкові анкерні пружні скріплення вітчизняного виробництва типів КПП-1, КПП-5, КПП-5-К (для кривих ділянок колії).

Основною перевагою безпідкладкових анкерних пружних скріплень є їх малодетальність, легкий монтаж і демонтаж пружних клем, забезпечення достатньої поздовжньої стійкості рейок [4]. Клеми сучасних рейкових скріплень виготовляються з прутків пружинної сталі діаметром 12...16 мм, які піддають термічній обробці для досягнення твердості HRC 42...48. Анкери більшості рейкових скріплень виготовляються методом штампування та лиття. Конструкція анкерів забезпечує закріплення клеми та передачу бокового навантаження від рейки на шпалу. У

вітчизняних скріпленнях типу КПП підрейкові прокладки виготовляється плоскої форми з поліетилену в скріпленні типу КПП-1 та з термопластичного поліуретану, робоча поверхня якої має спеціальну форму в скріпленні типу КПП-5.

Технічні вимоги до сучасних анкерних пружних проміжних рейкових скріплень

Комплекс технічних вимог (табл. 1) до сучасних безпідкладкових анкерних пружних проміжних рейкових скріплень для залізобетонних шпал, на підставі аналізу існуючих міжнародних вимог до конструкцій вітчизняних і закордонних скріплень, було сформульовано в роботах проф. д.т.н. Даніленка Е.І., к.т.н. Жученко О.М. і к.т.н. Костюка М.Д. [5, 6, 7].

Табл. 1 – Технічні вимоги ОСЗ до рейкових скріплень та колії на залізобетонних шпалах

Технічна характеристика	Нормативна величина
1. Вертикальний модуль пружності підрейкової основи	80–100 МПа
2. Модуль пружності у поперечному напрямі	20–25 МПа
3. Модуль пружності колії на кручення при жорсткості колії в поперечному напрямку 10–20 кН/мм	200–350 кН/рад
4. Вертикальна деформація рейки відносно підрейкової опори при одночасній дії вертикальної сили 100 кН та бокової 80 кН	3 мм
5. Пружні зміни ширини колії при одночасній дії вертикальної сили 100 кН та бокової 80 кН	Не більше 4 мм
6. Співвідношення жорсткостей підрейкової прокладки та пружних клем	В межах від 5/1 до 10/1
7. Жорсткість підрейкових прокладок при вертикальному навантаженні 20–60 кН не повинна бути більшою	100 кН/мм
8. Погонний опір однієї рейкової нитки від поздовжнього переміщення	Не менше 7 кН/м

Методи випробувань вітчизняних проміжних рейкових скріплень

Всі нові типи проміжних рейкових скріплень піддаються циклу випробувань: лабораторним, експлуатаційним і, при необхідності, динамічним щодо визначення впливу рухомого складу на колію.

1 Лабораторні випробування

В ході лабораторних (стендових) випробувань визначаються показники елементів скріплення та вузла скріплення в цілому, у наступному обсязі:

1.1 Пружні клеми

Характеристикою пружності клеми є її жорсткість, яка визначається по залежності між силою прикладеною по осі прикріплювача і деформацією клеми.

Для цього клема встановлюється на випробувальний стенд (рис. 1) і фіксується її висота Н – положення крайньої точки «а» клеми по відношенню до основи стенду, з точністю до 0,1 мм.

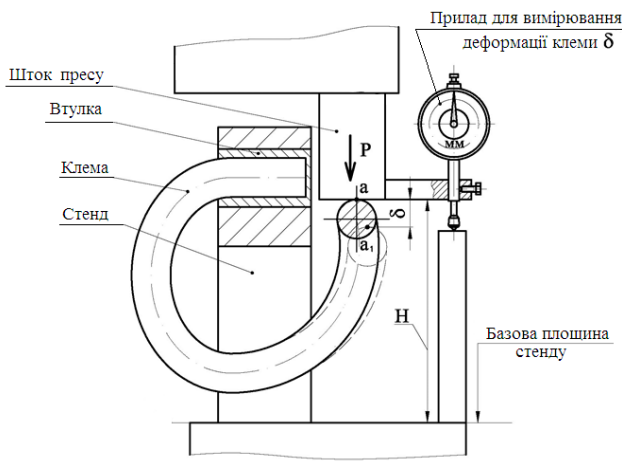


Рис.1 – Схема стенду для визначення жорсткості пружної клеми

Клема плавно навантажується силою штоку P гідравлічного пресу (рис. 2), з автомати-

чною фіксацією зусилля P і відповідної величини деформації клеми δ . Для клеми з пружинної сталі залежність між навантаженням і пружною деформацією лінійна, оскільки клема повинна працювати в пружній стадії металу.

Робоча (вертикальна) жорсткість клеми C_p , в кН/мм, визначається по залежності:

$$C_p = P / \delta,$$

де P – сила натиснення штоку гідравлічного пресу, кН;

δ – деформація клеми, мм.

За результатами випробувань одержуються діаграми пружності клем (рис. 3) у режимах навантаження і розвантаження.

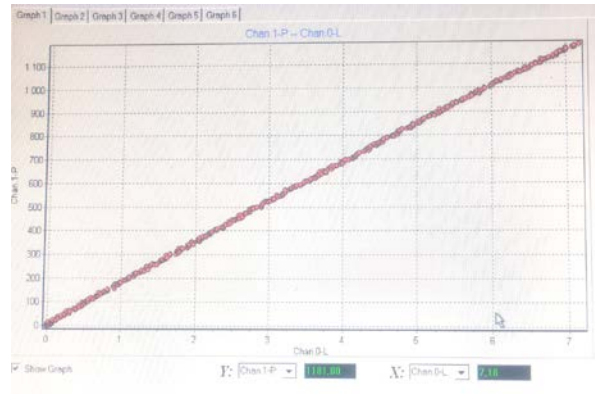


Рис. 2 – Використання розривної машини P-20 для вимірювання пружних властивостей пружних клем та діаграма жорсткості, що отримується

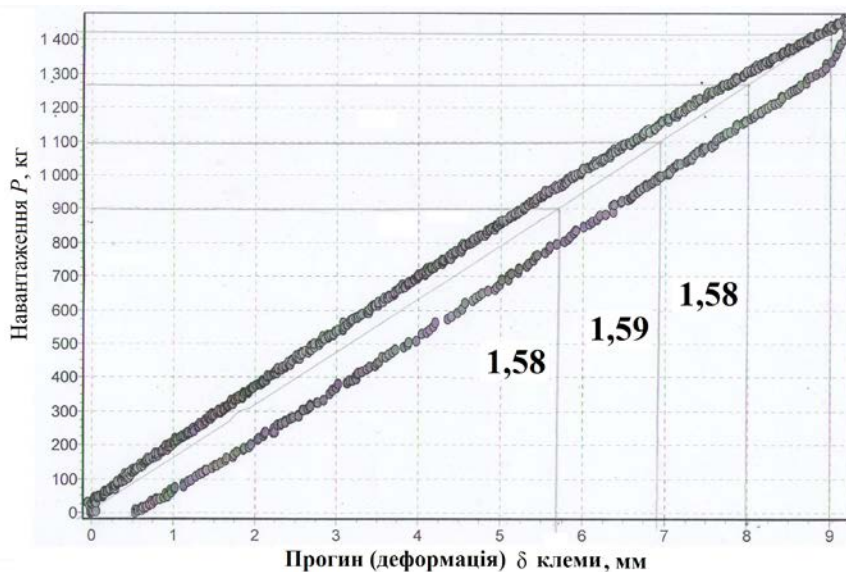


Рис. 3 – Діаграма визначення жорсткості пружної клеми

За результатами виконаних випробувань встановлено, що жорсткість пружинних клем для безпідкладкових анкерних скріплень знаходиться у межах 1,5 - 1,6 кН/мм, при нормативному значенні цього показника 1,4 - 1,5 кН/мм.

1.2 Підрейкові прокладки

Основні фізико-механічні вимоги до матеріалу прокладок:

- умовна міцність при розтягуванні – 12-13 МПа;

- відносне подовження при розриві – 250%;

- твердість по Шору А – 60-80 од. Шора А;

- стираність – 140 м³/ГДж;

- стійкість до дії агресивних середовищ (осьової олії, води та ін.) визначається як відсоток зміни маси прокладок після дії агресивних середовищ – від 0% до 7%, залежно від категорії агресивного середовища;

- температурна межа крихкості – мінус 55°C;

- питомий об'ємний електричний опір – 10⁹ Ом·см.

Визначення характеристик прокладок виконується відповідно до затверджених програм та методик.

1.3 Утримуюча здатність скріплення в поперечному напрямі під дією циклічних навантажень

Випробування скріплень виконують на стенді з відрізком рейки завдовжки не менше ніж 200 мм, який дозволяє створювати необхідне навантаження в пульсуючому режимі з частотою 10 Гц і імітувати навантаження на скріплення від дії рухомого складу (рис. 4). Стенд має пристрій з гумовою прокладкою завтовшки 50 мм, на якому закріплюється півшпала разом із зібраним скріпленням.

При навантаженні головки рейки зусиллям 112 кН його вертикальна складова відносно рейки дорівнює 100 кН (10,2 тс), а горизонтальна – 50 кН (5,1 тс). Така горизонтальна сила відповідає дослідним вимірам в кривій радіусом до 350 м при швидкості руху рухомого складу до 80 км/год. Для створення вертикальної та горизонтальної складових зусилля згаданий пристрій стенду закріплюється під кутом 30° відносно упорної плити пресу.

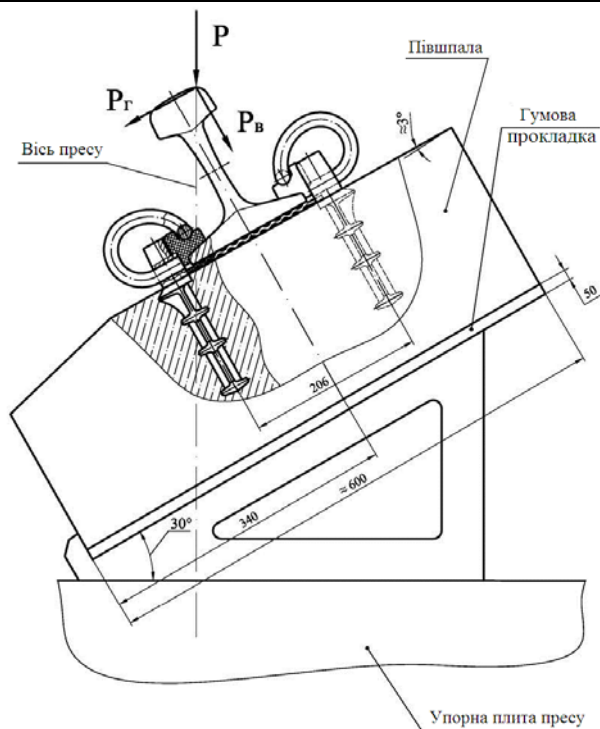


Рис. 4 – Схема стенду для випробувань на утримуючу здатність скріплення (з відрізком рейки) в поперечному напрямі під дією циклічних навантажень

Прикладене максимальне зусилля 112 кН (11,42 тс) зменшується до мінімального зусилля 80 кН (8,1 тс) в режимі пульсатора пресу. Кількість циклічних навантажень – не менше ніж 4×10⁶ циклів.

Після випробувань залишкове поперечне переміщення підшви рейки не повинне перевищувати величини 2 мм. Тріщини, а також руйнування складених деталей скріплення не допускаються.

1.4 Зусилля притиснення рейки до шпала клемами

Відповідні випробування виконуються на спеціальному стенді за допомогою гідравлічного пресу (рис. 5). Монтажне притискання рейки до шпала у вузлі скріплення визначається величиною статичного навантаження, що прикладається до темплету рейки у напрямку його зсуву, що призводить до зміщення темплету відносно підрейкової основи скріплення.

Скріплення, що досліджується, збирається на півшпалі завдовжки до 600 мм, з відрізком рейки завдовжки до 500 мм (рис. 6). Заздалегідь під підшви рейки підкладається металева плоска лінійка завтовшки 0,5 мм.

Початкове зусилля натискання преса на спеціальне пристосування складає 5 кН, яке

поступово збільшують, при цьому фіксують зусилля, при якому звільняється лінійка з-під рейки під дією вантажу 200 г (рис. 7).

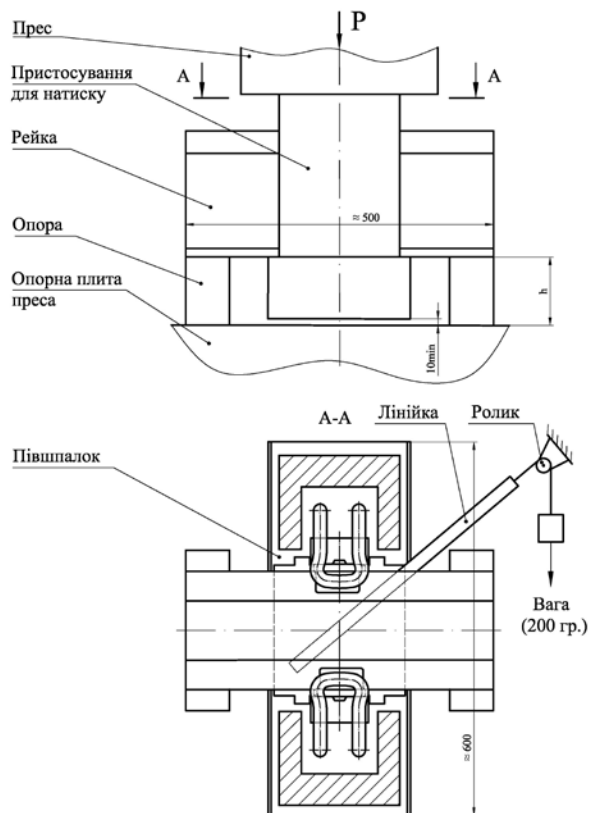


Рис. 5 – Схема стенду для випробувань клеми для визначення зусилля притиснення рейки до шпали



Рис. 6 – Фрагмент стенду для випробування пружного скріплення

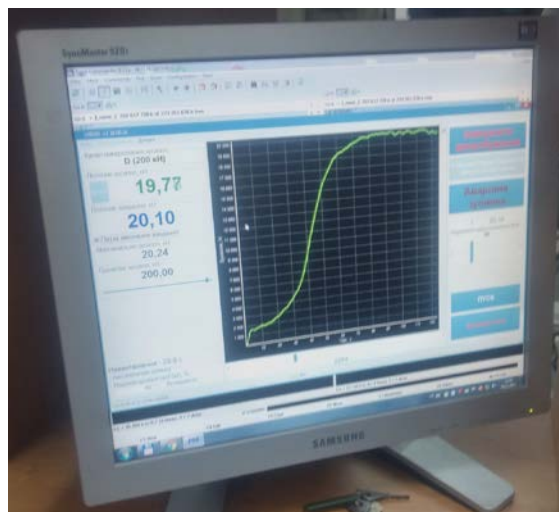


Рис. 7 – Ресстрація результатів випробувань з оцінки зусиль притиснення рейки до шпали клемами

За результатами випробувань визначаються діаграми зусиль притиснення рейки до шпали двома клемами (рис. 8).

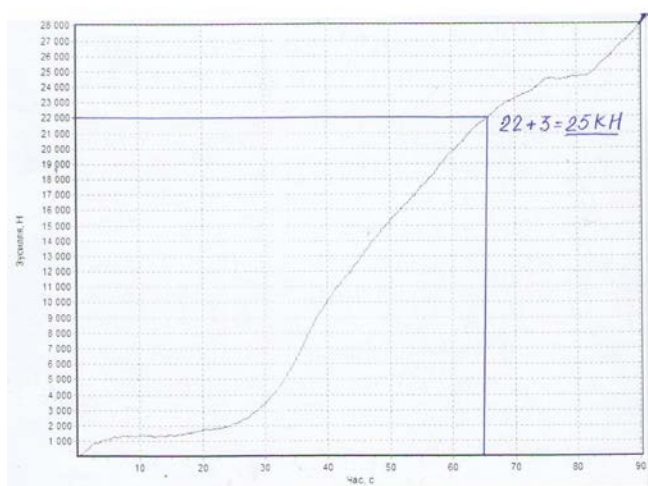


Рис. 8 – Діаграма зусилля притиснення рейки до шпали двома клемами

Визначене зусилля притиснення рейки до шпали двома пружними клемами типу КП-5.2 в даному випадку складає 31,0 кН, що є достатньою величиною зусилля притиснення.

1.5 Визначення зусилля зміщення рейки відносно підрейкової основи

Подовжнє зусилля, при якому виникає зміщення рейки відносно шпали, при нормативному стані вузла скріплення, оцінюється за величиною статичного навантаження, що прикладається до торця рейки в нейтральній осі у напрямі його подовжнього переміщення.

ня. Величина подовжнього опору скріплення визначається по відношенню до однієї шпали.

Випробування виконуються за допомогою спеціального стенду (рис. 9), на якому штоком пресу докладаються зусилля в торець рейки і яке рівномірно збільшують, починаючи від 1,0 кН до зусилля, при якому відбувається зрушення рейки відносно скріплення (двох клем). Силове навантаження на скріплення під час випробувань контролюється засобами контролю тиску (зусилля) пресу.

Скріплення вважається таким, що витримало випробування, якщо зрушення рейки сталося при зусиллі не менше ніж 13,75 кН.

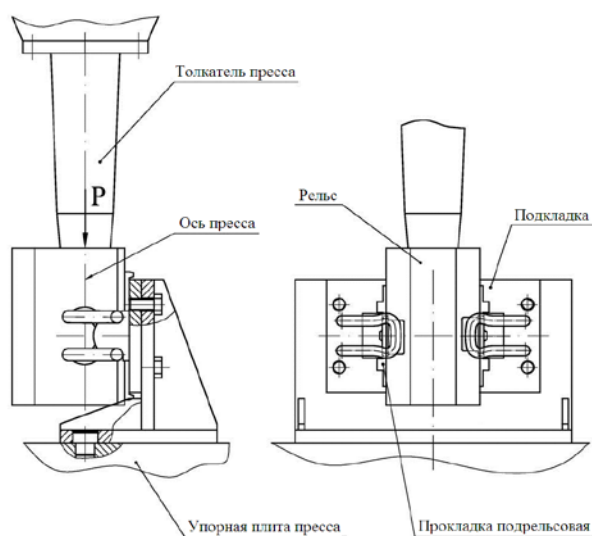


Рис. 9 – Схема стенду для визначення подовжнього зусилля зміщення рейки відносно підрейкової основи

1.6 Визначення вертикальної жорсткості вузла скріплення

Вертикальна жорсткість скріплення характеризує його пружні властивості при статичному навантаженні та визначається по гільці навантаження у залежності між силою, прикладеною до головки темплету рейки (встановленої у змонтованому за нормативними вимогами скріпленні і укладеному на фундаменті, що не деформується) та вертикальним осіданням головки рейки (рис. 10).

Для визначення вертикальної жорсткості скріплення використовується гідравлічний прес з максимальною межею навантаження не менше ніж 120 кН. На упорній плиті пресу розміщується півшпала, на якій збирається скріплення (з відрізком рейки завдовжки до 200 мм) і встановлюється індикатор, який

дозволяє вимірювати вертикальне переміщення рейки за рахунок деформації прокладки. з точністю до 0,01 мм. При випробуваннях поступово прикладається навантаження до головки рейки, починаючи з 50 кН і закінчуючи 120 кН. Кожні 10 кН навантаження витримують впродовж 30 секунд і вимірюється переміщення рейки з точністю до 0,01 мм.

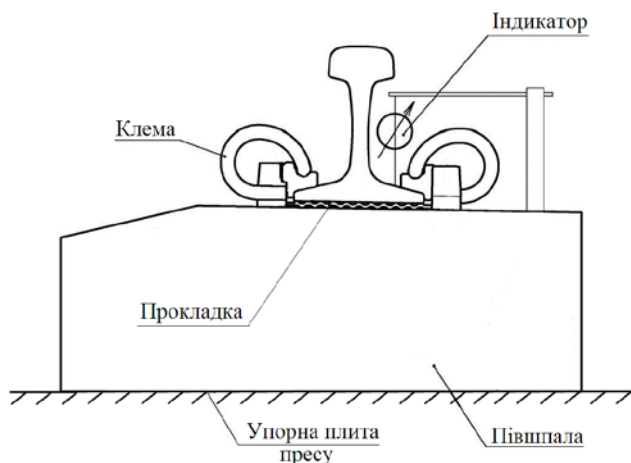


Рис. 10 – Схема стенду для визначення вертикальної жорсткості вузла скріплення

При навантаженні 120 кН вертикальне переміщення рейки повинно складати не більше ніж 2 мм. Після зняття навантаження рейка повертається в первинний стан з похибкою не більше ніж 0,3 мм. Відношення прикладеного навантаження до переміщення рейки визначає вертикальну жорсткість скріплення, яка повинна бути не менше ніж 60 кН/мм. При цьому деформація прокладки під дією навантаження 120 кН повинна складати не більше ніж 2 мм.

Випробування на стенді скріплення типу КПП-5 показали що значення його вертикальної жорсткості відповідає нормативному.

1.7 Визначення електричного опору вузла скріплення (між рейкою і шпалою)

Електричний опір вимірюється тераомметром безпосередньо між рейкою та залізобетонною шпалою з'єднаними за допомогою скріплень. При цьому опір між шпалою та головкою рейки повинен становити не менше ніж 2 кОм.

2 Експлуатаційні випробування

В ході експлуатаційних випробувань, які виконуються за затвердженими програмами та методиками, визначаються наступні показники скріплень:

2.1 Характер і причини появи ушкоджень елементів скріплення, що викликають необхідність їх заміни

Обсяг ушкоджень визначається у відсотках по відношенню до загальної кількості елементів скріплення, укладених на дослідній ділянці з вантажонапруженістю не менше ніж 50 млн. т бруто на рік. Протяжність дослідної ділянки колії повинна складати не менше ніж 1 км, частота вимірів – через кожні 10 млн. т бруто пропущеного тоннажу.

2.2 Зміни ширини колії

Показник зміни ширини колії визначається за допомогою колієвимірювальних засобів, мінімум через кожні 10 млн. т бруто пропущеного тоннажу.

2.3 Подовжні переміщення рейкових плітей

Переміщення рейкових плітей визначаються по відношенню до постійних реперів мінімум чотири рази на рік (1 раз у квартал). У ланкової колії додатково здійснюються виміри зазорів у стиках. Оцінка результатів вимірів проводиться з урахуванням експлуатаційних умов ділянки (вантажонапруженість, ухил колії, вид тяги і так далі).

3 Динамічні випробування

При необхідності, в ході динамічних випробувань щодо впливу рухомого складу на колію, проводяться тензометричні виміри напруг і деформацій, що виникають в елементах скріплення. Виміри вказаних параметрів виконуються відповідно до діючих програм та методик.

Основні вимоги до рейкових скріплення для залізобетонних шпал

На підставі аналізу досліджень виконаних впродовж останніх 20-30 років сформульовані основні вимоги до конструкції сучасних проміжних пружних скріплення, а саме:

1. Зусилля притиснення рейки однією пружиною клемою повинне бути не менше ніж 12,6 кН. Стабільність зусилля притиснення рейки до підрейкової опори залежить не лише від самої сили притиснення клеми, але й від пружних властивостей підрейкової прокладки та від коефіцієнта тертя підшви рейки по підрейковій підкладці. Тому, вимоги лише до необхідного зусилля притиснення рейки до опори клемами недостатньо для забезпечення надійної роботи пружного скріплення.

2. Для забезпечення необхідного опору рейкової нитки поздовжнім переміщенням повинно бути обране оптимальне співвідношення між вертикальною пружністю скріплення та необхідним опором поздовжнім переміщенням рейкової нитки. За результатами досліджень величина поздовжнього розподіленого опору рейок складає 16-17 кН/пог. м для кожної рейкової нитки.

3. Для забезпечення пружного перерозподілу динамічних навантажень на колію та збереження її пружних властивостей при тривалій експлуатації повинно бути забезпечене раціональне співвідношення характеристик вертикальної пружності пружних елементів й залишкової пружності скріплення після реалізації деформацій.

4. Пружне рейкове скріплення для безстикової колії на залізобетонних шпалах повинно мати вертикальну жорсткість в межах 50–60 тс/см, для швидкостей руху вантажних поїздів 100–120 км/год. Для забезпечення оптимальної просторової пружності вузла скріплення необхідно забезпечити оптимальну пружність підрейкових прокладок, від властивостей яких залежить необхідне зусилля притиснення рейки до опори. Чим більший коефіцієнт тертя між подошвою рейки з підкладкою, тим з меншим зусиллям можна притискувати рейку до шпали для досягнення необхідного погонного опору. Найбільше значення коефіцієнт тертя має (близько 0,5) при контакті подошви з гумою та найменше (близько 0,3) – з поліетиленом. На залізницях України впроваджуються багатошарові гумові підрейкові прокладки, армовані текстильним кордом, що збільшує ресурс працездатності прокладок.

5. Для забезпечення оптимальної пружності рейкової нитки в поперечному напрямку необхідно забезпечити раціональну пружність вузла скріплення в поперечному напрямку. Бокові горизонтальні сили, зумовлені дією коліс рухомого складу на головку рейки, досягають 80...130 кН, а в скріпленні вони досягають 30...40 % від бокової сили, що діє на рейку, тобто 45...50 кН. Таким чином, виходячи з вимог допустимої пружної деформації рейкової нитки на рівні головки 2...4 мм та з урахуванням середніх ймовірних бокових сил на рівні 80...90 кН, рекомендується забезпечувати бокову жорсткість вузла скріплення на рівні головки рейки у межах

від 20...22 кН/мм до 40...45 кН/мм. Жорсткість вузла скріплення на рівні підшви рейки більша, ніж на її головці, і залежить від сили притиснення рейки до опори, від конструкції скріплення та від пружних характеристик підрейкової прокладки.

6. Скріплення повинні мати просту та надійну конструкцію з мінімальною матеріаломісткістю та кількістю деталей. Простота конструкції скріплення визначається його компактністю та кількістю деталей в одному вузлі.

Під надійністю конструкції рейкового скріплення мається на увазі задоволення протягом усього міжремонтного періоду стабільного притискання рейки до шпали, відсутність угону колії, незмінність встановленої ширини колії. Надійність роботи скріплення забезпечується раціональною конструкцією його деталей.

Висновки

1. Використання скріплення з пружинними прутковими клемами для колії на залізобетонних шпалах забезпечує стабільність притискання рейки до опор та оптимальне поєднання пружних властивостей елементів скріплення у вертикальній та горизонтальній площинах, при достатньому опорі поздовжнім температурним силам та силам угону.

2. Порівняння техніко-економічних показників скріплень і складності їх монтажу-демонтажу та утримання показує, що найкращими в експлуатації є безпідкладкові анкерні скріплення, головні переваги яких – відсутність болтових з'єднань, малодетальність, мала металоємність та зручність монтажу-демонтажу і утримання в колії.

3. Проведені теоретичні та лабораторні дослідження, а також досвід експлуатації дозволили обґрунтувати вимоги до технічних параметрів пружних рейкових скріплень для залізобетонних шпал та визначити вплив цих показників на роботу залізничної колії.

Література

1. Лысюк В.С. Надежность железнодорожного пути / В.С. Лысюк, В.Б. Каменский, Л.В. Башкатова; под редакцией В.С. Лысюка. – М.: Транспорт, 2001. – С. 188-194.

2. Наукове обґрунтування та розробка раціональних типів і конструкцій верхньої будови колії для нових умов експлуатації і швидкісного руху поїздів на залізницях України: звіт по НДР КУЕТТ № 16-2001 Б / [Е.І. Даніленко,

М.І. Карпов, В.М. Молчанов, В.Д. Бойко В.М. Твердомед]. К. 2004. – 200 с.

3. Даниленко Э.И. Обеспечение надёжности и прочности упругих скреплений для повышения безопасности движения поездов / Э.И. Даниленко, М.Д. Костюк // Вестник БелГУТ. – 2002. - №2(5). – С. 21-25.

4. Альбрехт В.Г. Современные конструкции верхнего строения железнодорожного пути / под редакцией В.Г. Альбрехта и А.Ф. Золотарского. – М.: Транспорт, 1975. – С. 87-96.

5. Розробка та обґрунтування технічних параметрів та характеристик рейкових скріплень типу КПП для залізобетонних шпал: звіт по НДР КУЕТТ № 605/03-74/03-Ц / [Е.І. Даніленко, Г.М. Талавіра, М.Д. Костюк, В.М. Молчанов, В.М. Твердомед]. К. 2005 –78 с.

6. Даніленко Е.І. Теоретичні дослідження поздовжньої стійкості рейкових ниток при сучасних рейкових скріпленнях на залізобетонних шпалах / Е.І. Даніленко, В.М. Твердомед, М.Д. Костюк // Збірник наукових праць державного економіко-технологічного університету транспорту. – 2007. – вип. 12 – С. 39-47.

7. Технические требования к рельсовым скреплениям для высокоскоростного движения / Пам'ятка ОСЖД. – 2013. – Р-749.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Демченко Сергій Миколайович, начальник структурного підрозділу «Дніпропетровське науково-конструкторське технологічне бюро колійного господарства» філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця».

Вул. Князя Володимира Великого, 17, м. Дніпро, 49000, Україна.

Тел.: (056) 790-19-37.

E-mail: dnktb.ndkti@gmail.com.

Татуревич Аркадій Анатолійович провідний інженер відділу стандартизації, науково-технічної інформації та нормоконтролю філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця».

Вул. Князя Володимира Великого, 17, м. Дніпро, 49000, Україна.

Тел.: (056) 790-19-37.

E-mail: dnktb.ndkti@gmail.com.