УДК 625.143

АНАЛІЗ РОБОТИ СКРІПЛЕННЯ КПП-5 ПРИ ВЕРТИКАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Д-р техн. наук О.М. Даренський,
магістранти Ю.О. Васильченко, Є.В. Назаров

АНАЛИЗ РАБОТЫ СКРЕПЛЕНИЯ КПП-5 ПРИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАГРУЗКАХ

Д-р техн. наук А.Н. Даренский,
магистранты Ю.А. Васильченко, Е.В. Назаров

BINDING ANALYSIS WORK КПП-5 VERTICAL LOAD

Doct. of techn. sciences A. Darenskiy,
magystrant Yu. Vasilchenko, E. Nzarov

Розглядаються питання, що стосуються вертикальної жорсткості проміжного рейкового скріплення типу КПП-5 в процесі експлуатації. При дії на вузол скріплення вертикальної динамічної сили в цьому вузлі виникають такі сили як: сила опору прокладки стисненню і сила клемного натискання. Таким чином, вертикальна жорсткість скріплення КПП-5 визначається жорсткістю пружинних клем, жорсткістю підрейкових прокладок при стисканні при статичному і динамічному завантаженні.

Ключові слова: *безстикова колія, проміжне скріплення КПП-5, вертикальна жорсткість, пружинна клема, вертикальна динамічна сила.*

Рассматриваются вопросы, касающиеся вертикальной жесткости промежуточного рельсового скрепления типа КПП-5 в процессе эксплуатации. При действии на узел скрепления вертикальной динамической силы в этом узле возникают такие силы как: сила сопротивления прокладки сжатию и сила клеммного нажатия. Таким образом, вертикальная жесткость скрепления КПП-5 определяется жесткостью пружинных клемм, жесткостью подрельсовых прокладок при сжатии при статическом и динамическом загружении.

Ключевые слова: *бесстыковый путь, промежуточное скрепление КПП-5, вертикальная жесткость, пружинная клемма, вертикальная динамическая сила.*

Addresses issues related to the vertical stiffness of the intermediate rail fastening type KPP-5 during operation. Under the action of node bonding vertical dynamic force in this site there are such force as the force of resistance to compression gaskets and power terminal depression. Thus, the vertical stiffness of the bonding KPP-5 determined by the stiffness of the spring terminals, rail pads stiffness in compression under static and dynamic loading. Intermediate rail fasteners KPP-5 approved for use on the main railways of Ukraine since 2003. Regulations allow laying of jointless track on these binding sites with any traffic density in straight and curved sections with a radius of 350 m or more. Length raft jointless track can reach the length of the block-areas or race (extra-long raft). Given that the binding of KPP-5 has significant advantages over staple KB - small elements saving metal, no threaded connections using elastic terminals, we can assume that this design will be used in the industrial and transport in certain conditions.

Keywords: *welded railway track, an intermediate bond KPP-5, vertical stiffness, spring clamp terminal, the vertical dynamic force.*

Вступ. Проміжні рейкові скріплення КПП-5 дозволені до застосування на магістральних залізницях України з 2003 року. Нормативні документи [1-3] дозволяють укладку безстикової колії з цими скріпленнями на ділянках з будь-якою вантажонапруженістю в прямих і кривих ділянках з радіусами 350 м і більше. Довжина плітей безстикової колії може досягати довжини блок-ділянок або перегону (наддовгі пліті).

Враховуючи, що скріплення КПП-5 має суттєві переваги порівняно зі скріпленням КБ – малоелементність, економія металу, відсутність різьбових з'єднань, використання пружних клем, можна припускати, що така конструкція знайде застосування і на промисловому транспорті в певних умовах експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Безстикова колія на залізобетонних шпалах (БК) температурно-напруженого типу є основною конструкцією верхньої будови на залізницях України. На сьогодні її протяжність складає понад 70 % розгорнутої довжини головних колій [4].

Рейко-шпальна решітка (РШР) існуючої конструкції БК, що експлуатується на мережі залізниць, змонтована в основному з проміжним скріпленням типу КБ. Сучасна конструкція проміжного скріплення (безболтове з пружними клемами) застосована поки що на 3,3 тис. км, тобто на 11 % розгорнутої довжини головних колій [4].

Безболтове проміжне скріплення з пружними клемами типу КПП-5 не містить ряд недоліків які присутні при скріпленні типу КБ. Тому технічна політика з удосконалення конструкції РШР передбачає розширення полігону укладання та експлуатації саме такої конструкції проміжного скріплення .

Як свідчить практичний досвід, «життєвий» строк РШР напряму залежить від терміну служби вузлів проміжного скріплення. У зв'язку з цим питання щодо оцінки працездатності проміжного скріплення (у цілому вузла й окремих його елементів) набуває певної актуальності в рамках системи технічного обслуговування конструкції залізничної колії.

Скріплення типу КПП-5 є аналогом проміжного скріплення типу СБ-3, яке експлуатується на залізницях Польщі та Білорусі. Конструкція вузла скріплення типу СБ-3 (як і скріплення типу КПП-5) складається з двох анкерів, які замонолічуються у шпалу, двох пружних клем, полімерної прокладки, яка укладається на шпалу під підошву рейки, і двох електроізолюючих вкладишів, що встановлюються між пружною клемою і підошвою рейки. Працездатність скріплення типу СБ-3 у свій час була експериментально перевірена [5].

Постановка проблеми у загальному вигляді. Для виконання розрахунків залізничної колії у вигляді просторової конструкції як балок рейок, що спираються на пружні опори шпали, слід враховувати суттєві нелінійності залежностей пружних деформацій від величин навантажень на вузли скріплень, в тому числі скріплень КПП-5. Слід також враховувати можливі зазори і люфти, які можуть виникати в вузлах цих скріплень у процесі експлуатації колії. Це можна зробити якщо отримати аналітичні залежності вертикальної жорсткості вузла скріплення КПП-5 від вертикальних навантажень.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою даної статті є аналіз роботи вузла проміжного рейкового скріплення з пружними клемами типу КПП-5 при вертикальних навантаженнях.

Основна частина дослідження. У роботі [6] розглянута вертикальна жорсткість вузла скріплення КПП-5 і дані чисельні характеристики жорсткостей пружних елементів цього скріплення. Однак в якості підрейкової прийнята гумова прокладка, що не відповідає типової конструкції даного скріплення [6].

При монтажі вузла скріплення КПП-5 відбувається початкова вертикальна деформація пружинного клеми $y_{кл}^{нач}$ (рис. 1), яка може досягати, з урахуванням конструктивних розмірів клем, анкерів, прокладки, ізолюючого вкладиша і розмірів підошви рейки, 6мм. При цьому кожна клема притискає підошву рейки до шпали з силою $Q_{кл}^{нач}$, *кН*:

$$Q_{кл}^{нач} = y_{кл}^{нач} \cdot ж_{кл} \ , \qquad (1)$$

де $ж_{кл}$ - жорсткість пружинної клеми при вертикальних деформаціях, *кН/м*.

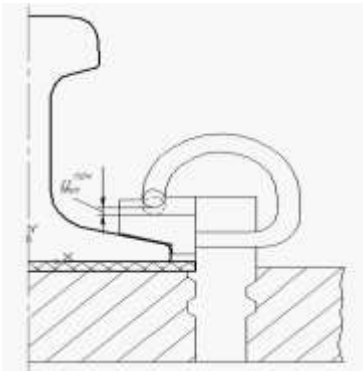

Рис. 1. Початкова вертикальна деформація пружинної клеми скріплення КПП-5

Під дією сил клемного натискання $2Q_{кл}^{нач}$ підрейкова прокладка стискається і виробляє пружний опір цьому стисненню силою $Q_{пр}$.

$$Q_{пр}^{м} = u_{пр}^{ст} \cdot y_{пр}^{м} \ , \qquad (2)$$

де $u_{пр}^{ст}$ - жорсткість прокладки при статичному стисненні, *кН/м*;

$\cdot y_{пр}^{м}$ - деформація стиснення прокладки при монтажі, *м*.

Силу $Q_{пр}^{м}$ можна представити (рис. 2) у вигляді розподіленого пружного опору стиску з інтенсивністю $q_{пр}^{м}$:

$$q_{пр}^{м} = \frac{Q_{пр}^{м}}{в} \ , \qquad (3)$$

де *в* – ширина підошви рейки, *м*.

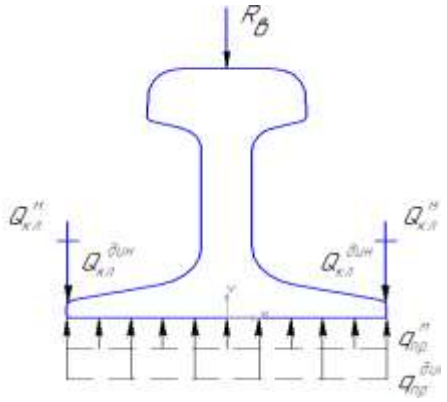

Рис. 2. Розрахункова схема для визначення вертикальної жорсткості скріплення КПП-5

При стисканні підрейкової прокладки на величину $\cdot y_{пр}^{м}$ відбувається зворотна пружна деформація пружинних клем, в результаті цього зменшується сила клемного натискання. Залишкова монтажна сила клемного натискання буде дорівнює:

$$Q_{км}^{м} = \left(y_{кл}^{нач} - y_{пр}^{м}\right) ж_{кл} \ . \qquad (4)$$

Рівновага сил у вузлі скріплення настане тоді, коли залишкові монтажні сили клемного натискання будуть рівні пружному опору прокладки:

$$2Q_{кл}^{м} = Q_{пр}^{м} = q_{пр}^{м} \cdot в \ . \qquad (5)$$

Підставимо в формулу (5) рівняння (3) і (4):

$$2\left(y_{кл}^{нач} - y_{пр}^{м}\right) \cdot ж_{кл} = y_{пр}^{м} \cdot u_{пр}^{ст} \ . \qquad (6)$$

При дії на вузол скріплення вертикальної динамічної сили R_y, умову рівноваги сил (рис. 2) можна записати як:

$$R_y = Q_{пр}^{дин} - 2Q_{кл}^{дин} \ , \qquad (7)$$

де $Q_{пр}^{дин}$ - сила опору прокладки стисненню динамічним навантаженням і натискання клемами, *кН*;

$Q_{кл}^{дин}$ - сила клемного натискання при дії на вузол скріплення динамічного навантаження R_y, *кН*.

Величина $Q_{пр}^{дин}$ буде дорівнювати:

$$Q_{пр}^{дин} = y_{пр}^{м} u_{пр}^{ст} + \Delta y_{пр}^{дин} \cdot u_{пр}^{дин} \ , \qquad (8)$$

де $\Delta y_{пр}^{дин}$ - додатково динамічне стиснення прокладки під дією сили R_y , *м*;

$u_{пр}^{дин}$ - жорсткість підрейкової прокладки при динамічному стисненні, *кН/м*.

Сила клемного натискання при дії вертикальної динамічного навантаження R_y зменшиться за рахунок зворотного пружної деформації клеми на величину Δy:

$$Q_{кл}^{дин} = \left(y_{кл}^{нач} - y_{пр}^{м}\right) ж_{кл} - \Delta y \, ж_{кл} \ . \qquad (9)$$

Тоді формулу (7) можна представити у вигляді:

$$R_y = \Delta y \, u_{пр}^{дин} + y_{пр}^{м} u_{пр}^{ст} - 2\left(y_{кл}^{нач} - y_{пр}^{м}\right) ж_{кл} + 2\Delta y \, ж_{кл} \ .$$

Замінюючи в цій формулі $2\left(y_{кл}^{нач} - y_{пр}^{м}\right) ж_{кл}$ на $y_{пр}^{м} u_{пр}^{ст}$ з виразу (6), отримаємо

$$R_y = \Delta y \left(u_{р}^{дин} + 2ж_{кл}\right)$$

Або переходячи до вертикальної жорсткості вузла скріплення КПП-5 $C_y = \dfrac{R_y}{\Delta y}$ остаточно отримаємо:

$$C_y = u_{пр}^{дин} + 2ж_{кл} \ . \qquad (10)$$

Висновок. Таким чином, вертикальна жорсткість скріплення КПП-5 визначається жорсткістю пружинних клем $ж_{кл}$, жорсткістю підрейкових прокладок при стисканні при статичному $u_{пр}^{ст}$ і динамічному $u_{пр}^{дин}$ завантаженні.

Список використаних джерел

1. Даніленко, Е.І. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України [Текст] / Е.І. Даніленко, В.О. Яковлєв, А.М. Орловський, М.І. Карпов [та ін.]. – К.: Транспорт України, 2006. – 336 с.

2. Даніленко, Е.І. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість (ЦП-0117) [Текст] / Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.

3. Даніленко Е.І. Сучасні рейкові пружні скріплення і особливості вимог до вітчизняних скріплень на залізобетонних шпалах [Текст] / Е.І. Даніленко, М.Д. Костюк, О.М. Жученко // Залізничний транспорт України. – 2002. - № 6. – С. 3-12.

4. Алейник, В.С. Будівництво та реконструкція залізничної мережі України для збільшення пропускної спроможності та запровадження швидкісного руху поїздів [Текст] / В.С. Алейник, В.В. Козак, М.Д. Костюк [та ін.] // Залізничний транспорт України. – 2010. - № 5. – С. 3-12.

5. Шварц, Ю.Ф. Результаты испытаний польских конструкций пути на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа [Текст] / Ю.Ф. Шварц, В.В. Серебренников, Н.В. Ресина // Железные дороги мира. – 1996. - № 7. – С. 43-49.

6. Говоруха, В.В. Механика деформирования и разрушения упругих элементов промежуточных рельсовых скреплений [Текст]: монография / В.В. Говоруха. – Днепропетровск: Изд. «Лира ЛТД», 2005. – 388 с.

Даренський Олександр Миколайович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-58.
Васильченко Юрій Олександрович, студент VI курсу будівельного факультету (магістр) Української державної академії залізничного транспорту. E-mail: yuravasilchenko@mail.ru.
Назаров Євгеній Володимирович, студент VI курсу будівельного факультету (магістр) Української державної академії залізничного транспорту.

Darensky Oleksandr Mykolajovych d-r science, professor, head department kolii that koliynogo gospodarstva Ukraine State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-58.
Vasilchenko Yuriy Oleksandrovich Student Course VI Building Department (MA) Ukraine State Academy of Railway Transport. E-mail: yuravasilchenko@mail.ru.
Nazarov Evgeniy, Student Course VI Building Department (MA) Ukraine State Academy of Railway Transport.