УДК 625.142 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.148.2014.71817

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В РЕЙКОШПАЛЬНІЙ ОСНОВІ КОЛІЙ НЕЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

Канд. техн. наук Н.В. Бугаєць

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕЛЬСОШПАЛЬНОМ ОСНОВАНИИ ПУТЕЙ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Канд. техн. наук Н.В. Бугаец

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF VIBRATION PROCESSES IN RAIL AND TIE ROAD BASE OF NON-PUBLIC TRACKS

Cand. of techn. sciences N.V. Bugaec

У статті приведені результати експериментальних досліджень по визначенню просторових вібрацій в баласті і на основній площадці земляного полотна для колій незагального користування. Показаний вплив на показники вібрацій технічних та експлуатаційних характеристик колії. Приведені основні етапи проведення цих експериментів.

Ключові слова: *рейкошпальна основа, колії незагального користування, вібраційні процеси.*

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по определению пространственных вибраций в балласте и на основной площадке земляного полотна для путей

необщего пользования. Показано влияние на показатели вибраций технических и эксплуатационных характеристик пути. Приведенные основные этапы проведения этих экспериментов.

Ключевые слова: *рельсошпальное основание, пути необщего пользования, вибрационные процессы.*

In the article the basic results of experimental researches of spatial vibrating acceleration in a ballast and on the basic ground of earthen linen are resulted. Basic facilities of measuring are shown through which these experiments and methods of their check were carried out. The analysis of influence on the values of vibrating acceleration in a ballast and on the basic ground of earthen linen of rates of movement, axial loading and place of location of wheel in relation to a rail, and also size of joint gap is conducted. The changes of amplitude - frequency descriptions of vibrating acceleration depending on these parameters are shown.

Keywords: *of the rail and tie bases, non-public tracks, vibration processes.*

Вступ. В результаті досліджень [1,2], які проводилися на магістральних залізницях, було встановлено, що на інтенсивність накопичення залишкових деформацій впливає не тільки напружено-деформований стан елементів верхньої будови колії, але і вібрації, джерелом виникнення яких є різні нерівності на поверхні катання рейок.

На основі цих досліджень було встановлено, що при ізольованих синусоїдальних нерівностях на рейках з ухилом 2 і $8^0/_{00}$ швидкість накопичення осідань в рейковій основі при залізобетонних шпалах збільшується, відповідно, в 1,3 і 3,6 рази в порівнянні з осіданням ділянок колії з рівними рейками. Інформації щодо вібраційних процесів в рейкошпальній основі колій незагального користування в сучасній фаховій літературі немає.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Таким чином, ціллю експериментальних досліджень було визначено: встановлення рівня просторових вібрацій в баластному шарі та на основній площадці земляного полотна та встановлення впливу технічних та експлуатаційних характеристик колій незагального користування на вібраційні процеси в цих елементах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для умов магістральних залізниць експериментальні дослідження вібраційних процесів в баластному шарі та земляному полотні виконувалися в ВНДІЗТ протягом 70-80 років XX сторіччя [1,3,4].

Встановлено, що амплітудні значення прискорень в цих елементах залежать від швидкостей руху практично лінійно. Вплив інших чинників – осьових навантажень, конструкцій колії, наявності рейкових стиків не встановлено [5,6,7].

Основна частина. Віброприскорення в баласті і на основній площадці земляного полотна вимірювались за допомогою датчиків ИС-312, загальний вид яких приведений на рис. 1.

Рис. 1. Вібродатчик ИС-312 С з жидкісним демпфуванням

Вібродатчик складається з пружної консольної балки рівного опору, що виконує роль пружини, одним кінцем жорстко закладена в основу, а на іншому закріплений вантаж. При русі основи датчика з прискоренням, підлягаюча вимірюванню сила інерції маси вантажу, згинає балку. Напруження вигину вимірюються за допомогою тензорезисторов ВЕ 350-10 АА з базою 10 мм, які були з’єднанні по напівмостовій схемі. В корпус вибродатчика заливалася демпфуюча кремнійорганічна рідина, в’язкість якої мало змінюється в межах широкого діапазону температур. Вібродатчики

підключалися через підсилювач типа TDA до вимірювального модуля Sigma USB.

Для прискорення проведення робіт два вібродатчики були поміщені в сталевий циліндровий корпус, який закривався герметично. Робочі площини вібродатчиків при установці в захисний корпус розташовувалися під кутом 90^0, що дозволяло одночасно проводити вимірювання віброприскорень або у вертикальному і горизонтальному поперечному напрямах або, у вертикальному і горизонтальному повздовжньому.

Тарировка вібродатчиків була виконана в лабораторних умовах на електродинамічному стенді типа ВЕД-100 Б (рис. 2).

Рис. 2. Вібростенд ВЭД-100 Б

Тарировка полягала в установці залежності між величиною прискорення і відповідними числовими значеннями вимірюваних параметрів сили струму в тензорезисторах, при різних частотах гармонійних коливань. Тарировочні залежності була занесена в пам'ять комп'ютера.

Зміна середніх значень прискорення коливань баласту під приймаючим і віддаючим кінцями рейок зростає при зростаннях швидкостей руху. В цілому, при швидкостях руху рухомого складу 5, 25 і 40 км/год прискорення коливань баласту, направлені вгору, під приймаючим кінцем рейок, відповідно в 1,5; 1,1-1,5 і 1,6-2,1 рази більше, ніж під віддаючим. Для прискорень коливань баласту, направлених вниз ці величини відповідно склали 1,5; 1,3 і 1,2 рази.

При збільшенні стикового зазора зростають прискорення коливань в зонах стиків. Наприклад, при швидкості руху рухомого складу 40 км/год і зміні величини стикового зазора від 10 до 20 мм прискорення коливань шпал і баласту, розташованого під ним, зростають в 1,1-1,2 рази. Із збільшенням величини стикового зазора від 10 до 30 і від 10 до 40 мм ці прискорення зростають в 1,2; 1,1; 1,3 і 1,2; 1,8 і 1,4 рази. Отже, перевищення конструктивної величини стикового зазора в значній мірі сприяє втраті стабільності рейкової основи.

Для досліджень віброприскорень основної площадки земляного полотна вібродатчики, поміщені в захисний корпус, встановлювалися під рейкошпальну решітку на рівні основної площадки у основі баластної призми, для цього відкопувався баласт в шпальному ящику на повну глибину баластної призми, після установки вібродатчиків баласт засипався і ущільнювався, уздовж колії датчики встановлювалися в зоні стикових зазорів і в середній частині ланки. На рис. 3 представлені результати досліджень просторових вібрацій основної площадки колії із залізобетонними шпалами в зоні рейкових стиків від дії навантажених шлаковозів з об'ємом ковша 11 $м^3$. Осьове навантаження складало 211 кН, швидкість руху 1,7 м/с. Вертикальна складова віброприскорень основної площадки характерна для частот 1-180 Гц, для горизонтальних складових окрім безперервного спектру співпадаючих по частотному діапазону з вертикальними відзначені максимальні спектри при більш високих частотах (260-280 Гц, 340-360 Гц). Більш чітко ця особливість виявляється для горизонтальних коливань уздовж колії.

Для виявлення більш характерних частот вібраційного процесу розрахований рівень вірогідності появи амплітуд віброприскорень на основній площадці (рис. 4). Найбільш інтенсивні вертикальні віброприскорення при частотах від 40-60 Гц. Вірогідність появи в загальному спектрі складає 41,7 %. Для горизонтальної складової віброприскорень зафіксовано декількох максимальних, з вірогідністю $Р_к$ для поперечників, при частотах 60-80 Гц – вірогідність $Р_к$=35,2%, при частотах 120-140 Гц $Р_к$ = 18,8 %.

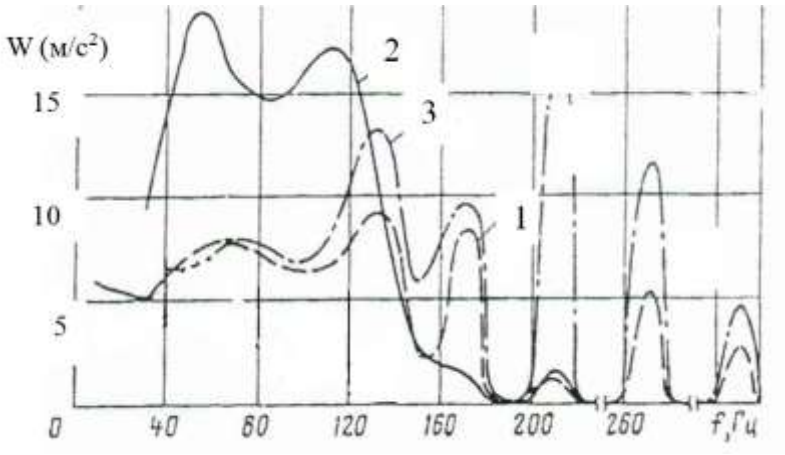

Рис. 3. Амплітудно-частотні спектри просторових віброприскорень основної площадки в перетині під рейкою:
1 – вертикальна складова коливань грунту;
2 – горизонтальна поперечна складова коливань грунту;
3 – повздовжня складова коливань грунту

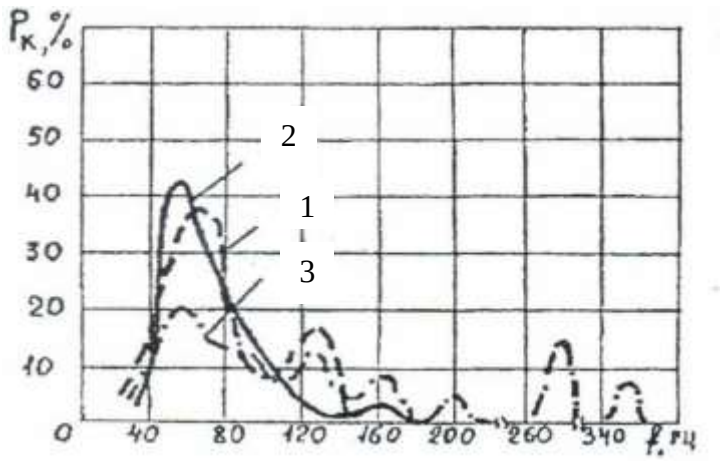

Рис. 4. Ймовірність $P_к$ появи складових амплітуд віброприскорень в грунтах основної площадки в залежності від частоти коливань

В повздовжньому напрямку при частотах 40-60 Гц $P_к$ = 17,4 %, при частотах 120-140 Гц $P_к$ = 12,5%, при частотах 260-280 Гц $P_к$ =13,9 %.

В кривих ділянках колії, особливо в кривих з радіусом менше 400 м, горизонтальні поперечні віброприскорення починають перевищувати значення віброприскорень у вертикальній площині. Так, в кривій R=350 м амплітуди віброприскорень горизонтальних поперечних коливань основної площадки земляного полотна в 2-3 рази перевищує амплітуди вертикальних складових. Очевидно це пов'язано з появою в кривих направляючих сил, що приводять до збільшення коливань на основній площадці земляного полотна в поперечному напрямі. Підвищення швидкостей руху приводить до збільшення амплітуд віброприскорень на основній площадці земляного полотна по залежності, яка близька до лінійної. Так, зміна швидкості руху чавуновоза вантажопідйомністю 80 т, з осьовими навантаженнями 230 кН від 0,8 м/с до 1,7 м/с викликає збільшення вертикальних віброприскорень на 9%, від 1,7-3,4 м/с при зміні швидкостей на 8,5%. В зоні рейкових стиків при русі спеціальних і спеціалізованих вагонів, вертикальні віброприскорення в середньому в 4,8 рази більше, ніж в середній

частині ланки, приблизно так само стики впливають і на горизонтальні поперечні коливання основної площадки (збільшена в 3,6-4,2 рази).

Осьові навантаження чинять значний вплив на величини віброприскорень основної площадки [8]. На ділянках по яких обертається рухомий склад з осьовими навантаженнями до 353 кН вертикальні віброприскорення зросли на 35% в середині ланки, 45% в зоні стику в порівнянні з ділянками на яких обертається рухомий склад з осьовими навантаженнями до 216 кН. Залежність змін віброприскорень від величини осьових навантажень близька до лінійної (рис. 5).

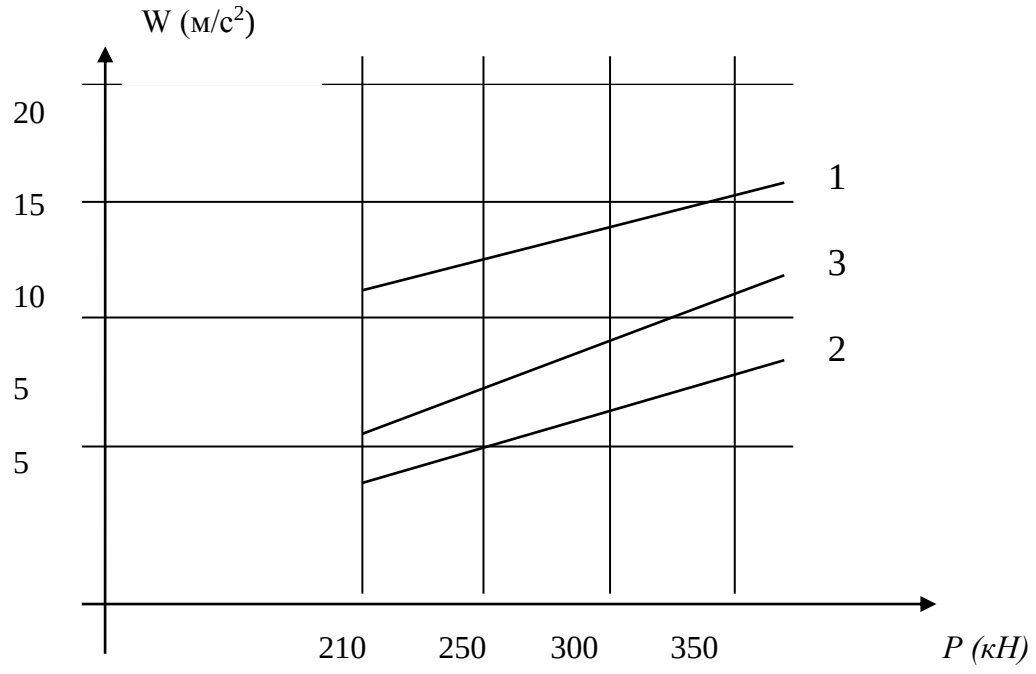

Рис. 5. Графік залежностей середньостатистичних значень віброприскорень на основній площадці земляного полотна від величини осьових навантажень: 1 – вертикальні; 2 – горизонтальні повздовжні; 3 – горизонтальні поперечні

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Таким чином, в результаті експериментальних досліджень встановлено рівень вібраційних прискорень в елементах рейкошпальної основи колій незагального користування.

Встановлено вплив, як конструктивних особливостей колії так і експлуатаційних характеристик залізниць незагального користування на зміни цих параметрів. Це дає можливість більш обґрунтовано визначати напружений стан рейкошпальної основи, зокрема рівень допустимих напружень в цих елементах.

Список використаних джерел

1. Содержание балластной призмы железнодорожного пути [Текст] / под. ред. Е.С. Варызгина. – М.: Транспорт, 1978. – 142 с.

2. Холодецкий, А.А. Исследование влияния внешних сил на верхнее строение железнодорожного пути [Текст] / А.А. Холодецкий // Инженер. – 1896. - № 12. – С. 507-517, 1897. - № 1. – С. 8-22, № 2. – С. 66-76, № 3. – С. 124-131, № 4. – С. 183-193.

3. Вибрации грунта земляного полотна [Текст] / Г.Г. Коншин, А.П. Шмаков // Путь и путевое хозяйство. – 2011. - № 11. – С. 31-34.

4. Улучшение виброзащитных свойств пути с железобетонными шпалами [Текст] / В.Ф. Барабошин, В.С. Лысюк // Вестник ВНИИЖТ. – 1980. – № 1. – С. 48-51.

5. Земляное полотно железных дорог [Текст]: учеб. пособие / М.А. Фришман, И.Н. Хохлов, В.П. Титов. – М.: Транспорт, 1972. – 287 с.

6. Яковлев, В.Ф. Определение расчетных параметров пути в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью вибромашины [Текст] / В.Ф. Яковлев, И.И. Семенов, В.И. Абросимов // Труды ЛИИЖТа. – Л.: ЛИИЖТ, 1971. – Вып. 326. – С. 66-85.

7. Фришман, М.А. Экспериментальные определения жесткостей и неупругих сопротивлений пути [Текст] / М.А. Фришман, Л.Я. Воробейчик, Р.С. Липовской // Вестник ЦНИИ МПС. – М., 1970. – №8. – С. 31-35.

8. Бурчак, Г.П. Определение инерционных и диссипативных характеристик пути из опыта на вынужденном колебании [Текст] / Г.П. Бурчак, М.В. Вольнов // Труды МИИТ. – М.: МИИТ, 1976. – Вып. 542. – С.43- 68.

Рецензент д-р техн. наук, професор О.М. Даренський

Бугаєць Наталія Володимирівна, канд. техн. наук, асистент кафедри колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел. 730-10-50.

Bugaec Natalya Vladimirovna, cand. of techn. sciences, assistant of Department “Road and Track acilities” Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. 730-10-50.