

відбувається 2 подібних стрибка. Саме ці місця є небезпечними концентраторами напруг. Максимальна динамічна напруга визначена з наведених рівнянь (для нормальних умов експлуатації) становлять у критичних ділянках близько 7-18% величини середніх розтягувальних напруг.

Наведені графіки динамічних відхилень перетину канату від положення рівноваги показують знакозмінне переміщення канату, що скорочує робочий ресурс канату й барабана

Література

1. Ковальський Б. С., Кожин В. С., Барабаны грузоподъемных машин Харьков ХВКИУ 1964, 164 с.

2. Почтовенко Ю.Є. Деякі елементи динаміки двошарової навівки канатів на барабанах. – В.кн.: Підйомно-трансп. устаткування «Техніка», Київ, 1970
3. Ковальський Б. С., Фидровская Н. М. Расчет нагрузок стенки канатного барабана. // Подъемно транспортное оборудование. // Респ. Межвед научн.-техн Сб. // 1984 выл 15 с. 14-17.
4. Александров М.П. Грузоподъемные машины Москва 2000 р. 550с.

У статті представлено результати дослідження факторів, які викликають коливальні процеси в контактній шині з сипучим ґрунтом. Запропонована математична модель взаємодії одиночного колісного рушія з сипучим ґрунтом. Наведено результати експериментальних досліджень процесу взаємодії моделі пневматичної шини з сипучим ґрунтом

Ключові слова: пневматична шина, сипучий ґрунт, прохідність

В статті представлені дослідження факторів, викликаючих коливальні процеси в контакті шини з ґрунтом. Предложена математическая модель взаимодействия одиночного колесного движителя с сыпучим ґрунтом. Представлены результаты экспериментальных исследований процесса взаимодействия модели пневматической шины с сыпучим ґрунтом

Ключевые слова: пневматическая шина, сыпучий ґрунт, проходимость

Probes of the factors causing oscillatory processes in contact piece of the tyre with a ground are presented. The mathematical model of interaction single wheel with a loose ground is offered. Results of experimental researches of process interaction of model the pneumatic tyre with a loose ground are presented

Key words: tyre, loose ground, ability to travel cross-country

УДК 629.113

ДИНАМІЧНІ ЗАДАЧІ ВЗАЄМОДІЇ ОДИНОЧНОГО КОЛІСНОГО РУШІЯ З СИПУЧИМ ҐРУНТОМ З ВРАХУВАННЯМ БУКСУВАННЯ

Д.Б. Бегерський

Асистент

Кафедра автомобілів і механіки технічних систем
Житомирський державний технологічний університет
вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, Україна 10005

E-mail: begerskiy@mail.ru

1. Вступ

Обґрунтування необхідності досліджень. Значний внесок у розвиток теорії автомобілів високої прохідності, удосконалювання їхніх конструкцій

внесений дослідниками Є.О. Чудаковим, А.К. Фрумкіним, Г. В. Зімелевим, М. Ф. Бочаровим, Я. С. Агейкінім, Г.А. Смірновим, В.І. Кнорозом, Б.М. Семеновим, Г.Б. Безбородовою, М.Ф. Кошарним, С.Г. Вольським, М.Г. Беккером, А. Солтинским, і багать-

ма іншими, а також колективами НДІ та КБ автомобільних заводів.

Аналіз матеріалів відомих теоретичних і експериментальних досліджень [1-3, 8] показує, що конструктори ще не мають достатньої інформації про динамічні властивості системи «колісний рушій – ґрунт» (КРГ). Крім того, існує потреба в удосконалюванні і самої методики розрахунку колісного рушія з урахуванням коливальних процесів, пов'язаних з нестационарними характеристиками тертя (зчеплення) шини рушія і сипучого ґрунту.

Таке положення зумовило те, що закладені в конструкцію потенційні можливості по тязі і зчепленню на сипучих ґрунтах автомобілями високої прохідності використовуються на 60-70 %. Крім того, внаслідок високої динамічної навантаженості значно скорочується робочий ресурс елементів трансмісії і рушія.

У зв'язку з цим, роботи з експериментальних і теоретичних досліджень динаміки системи «автомобіль – ґрунт» для удосконалювання методики розрахунку привода і шин рушія із заданими наперед пружно-демпферними характеристиками мають практичну цінність.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що вона дозволяє вивчати процеси взаємодії шини з опорною поверхнею в умовах близьких до реальних, від її результату можуть покращитись прохідність і опорно-зчепні якості автомобіля, вона дасть можливість вдосконалити конструкцію рушія.

Метою роботи є визначення особливостей взаємодії деформованих еластичної шини з ґрунтом, визначення впливу характеристик шини і ґрунту на величину сили зчеплення, дослідження, на основі сучасних досягнень інформаційно-комп'ютерних технологій, зміни миттєвих і середніх значень коефіцієнтів зчеплення і опору кочення від зміни таких параметрів, як вертикальне навантаження, тиск повітря в шині, тип і стан опорної поверхні.

Задачі дослідження

- виявлення факторів найбільшого впливу на величину коефіцієнта зчеплення шини з ґрунтом;
- визначення причин виникнення автоколивальних процесів, що виникають в плямі контакту шини з ґрунтом;
- розробка математичної моделі взаємодії деформованих пневматичної шини з сипучим ґрунтом, яка б враховувала як властивості ґрунтів, так і властивості рушія;
- розробка програмно-апаратного комплексу для дослідження впливу конструктивних характеристик шини, режиму її роботи і властивостей і типу ґрунту на величину коефіцієнта зчеплення.
- дослідження зміни коефіцієнтів зчеплення і опору кочення від зміни таких параметрів, як вертикальне навантаження, тиск повітря в шині, тип і стан опорної поверхні.

2. Дослідження факторів, які впливають на виникнення коливальних процесів при взаємодії пневматичної шини з сипучим ґрунтом

На основі аналізу відомих робіт, присвячених дослідженню взаємодії колісного рушія з сипучими ґрунтами, можна зробити висновок про те, що існує дві

основні причини виникнення коливальних процесів в контакті шини з ґрунтом:

- 1) властивості ґрунтів, а саме, нестационарна характеристика опору їх зрізу.
- 2) пружні властивості шини, а саме, зміна радіальної і тангенціальної жорсткості від зміни крутного моменту і вертикального навантаження.

На рис. 1. показано експериментальні залежності сили опору зрізу ґрунту від величини зсуву деформатора для різних типів ґрунтів. На рис. 2. показано залежність коефіцієнта вібров'язкості піску від прискорення вібрацій.

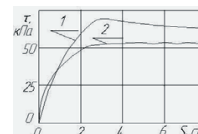


Рис. 1. Графіки залежності опору зсуву від величини зсуву [1]

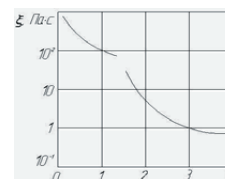


Рис. 2. Залежність вібров'язкості піску від прискорення вібрацій [1]

На рис. 3. показано залежності радіальної жорсткості шин ІД – 195 (1), Я – 288 (2) від крутильної деформації.

На основі наведених залежностей можна зробити висновки про те, що, по-перше, причиною виникнення коливальних процесів в контакті пневматичної шини з дорогою є не лише властивості ґрунту, а й пружні властивості шини; по-друге, існуючі формули для розрахунків параметрів взаємодії рушія з опорною поверхнею не враховують зміну властивостей ґрунту під дією вібрації і зміну пружних властивостей шини від зміни параметрів навантаження; по-третє, необхідно розробити таку модель взаємодії колісного рушія з сипучим ґрунтом, яка б враховувала як властивості ґрунту і їх зміни, так і властивості шини.

Для визначення закономірностей зміни сили опору зрізу ґрунту від різних факторів нами була розроблена спеціалізована установка (на основі схеми рис. 4.) та проведені відповідні дослідження.

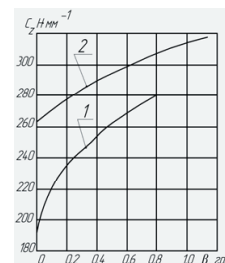


Рис. 3. Залежність радіальної жорсткості шин ІД – 195 (1), Я – 288 (2) від крутильної деформації [6]

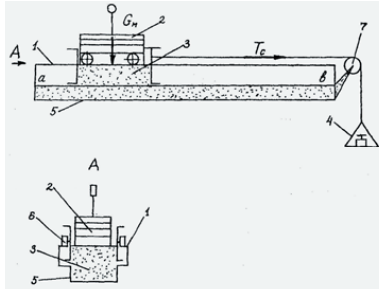


Рис. 4. Схема трибометра. 1 – направляючі; 2 – притисні пластини; 3 – рамка; 4 – вантажна чашка; 5 – жолоб; 6 – ролики; 7 – блок

Опір ґрунту тангенціальним навантаженням (зсуву) пов'язаний з опором стисненню і іншими характеристиками ґрунту. Він визначається внутрішнім тертям в ґрунті і зчепленням частинок ґрунту (ковзанням частинок ґрунту по ґрунту), відповідно до чого може бути виражений формулою [5]:

$$\tau = c_r + \sigma \cdot \text{tg}\beta, \quad (1)$$

де $\text{tg}\beta$ – коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту, c_r – внутрішнє зчеплення ґрунту, P – тиск на ґрунт, нормальний до площини зрізу.

Отже, для визначення опору зрізу ґрунту необхідно визначити коефіцієнт внутрішнього зчеплення в ґрунті та кут внутрішнього тертя. Це можна зробити на основі залежності дотичних напружень від нормальних (діаграма Мора) (рис. 5) [2]. За результатами проведених досліджень були визначені залежності кута внутрішнього тертя ґрунту від його вологості (рис. 6), внутрішнього зчеплення частинок піску від його вологості (рис. 7) та максимальної сили опору зрізу піску від його вологості (рис. 8).

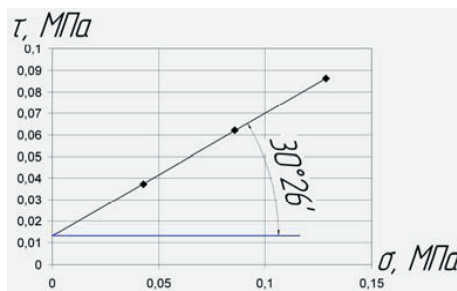


Рис. 5. Діаграма Мора для піску вологістю 6%

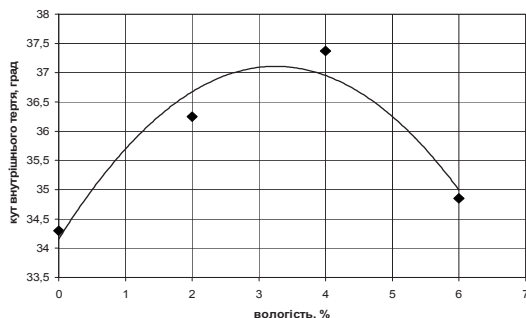


Рис. 6. Залежність внутрішнього кута тертя піску від вологості

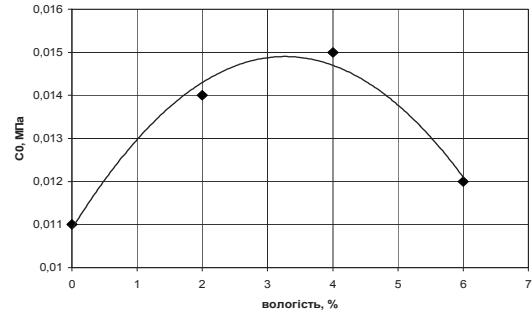


Рис. 7. Залежність коефіцієнта внутрішнього зчеплення піску від вологості

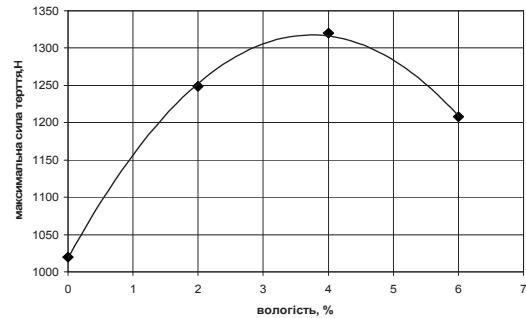


Рис. 8. Залежність максимальної сили опору зрізанню ґрунту від вологості

З рис. 6, 7 та 8 видно, що залежності кута внутрішнього тертя, коефіцієнта внутрішнього зчеплення та максимальної сили опору зрізу від вологості мають чітко виражений максимум, який відповідає вологості ґрунту $W=3.74\%$. Це пов'язано з тим, що до досягнення цього значення волога в ґрунті відіграє роль в'язучої речовини за рахунок сил поверхневого натягу рідини. При перевищенні вологістю цього значення вода видавлюється з ґрунту і відіграє роль мастильного матеріалу.

Отримане значення критичної вологості відповідає значенню коефіцієнта вологонасиченості для піску з фракційним складом <0.002 мм – 3%, $0.002 - 0.05$ мм – 10%, $0.05 - 1.5$ мм – 80%, >1.5 мм – 7%, визначеним за СНиП П-15 – 74.

Нами було розроблено спеціалізований стенд для дослідження пружних властивостей шини (рис. 9) [10]. За допомогою даного стенду нами були проведені дослідження зміни статичного радіуса радіальної шини 175/70 R 13 з дорожнім малюнком протектора виробництва „Pirelli” та діагональної шини 8,40 – 15 з малюнком протектора підвищеної прохідності виробництва “Ярославльшина”. Отримані результати [10, 11] показують, що статичний радіус обох шин змінюється за схожими залежностями. Значні відмінності спостерігаються лише у випадку одночасної дії радіального і тангенціального навантаження і полягають в тому, що для діагональної шини відсутня ділянка, на якій статичний радіус залишається постійним при зміні тангенціального навантаження.

Таку різницю між закономірностями зміни статичного радіуса від тангенціальної сили при двовісному навантаженні можна пояснити лише різною конструкцією шин та різним малюнком протектора.



Рис. 9. Загальний вигляд експериментальної установки для вимірювання пружних характеристик пневматичної шини

3. Математичне моделювання взаємодії пневматичної шини з ґрунтом

Нами була запропонована математична модель взаємодії плоского штампa (що являє собою модель протектора пневматичної шини) з сипучим ґрунтом.

На рис. 10 представлена розрахункова схема процесу взаємодії плоского штампa з ґрунтом.

Рух даної системи можна розбити на дві основні фази [8] – фазу відстою та фазу руху. Розглянемо другу фазу, яка відповідає стрибку штампa [8].

Диференційне рівняння руху штампa для цієї фази має вигляд:

$$m_{ш} \ddot{x} = c(x - V_{пр} t) - F_{тр} \tag{2}$$

де $V_{пр} t$ - лінійні переміщення ведучої ланки; x - лінійні переміщення штампa.

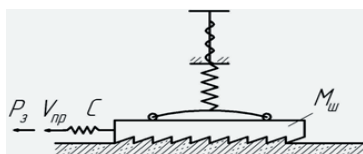


Рис. 10. Розрахункова схема взаємодії пневматичної шини з ґрунтом

Розв'язавши рівняння (2) та знайшовши, з початкових умов, постійні інтегрування, одержимо остаточний розв'язок рівняння руху штампa:

$$x(t) = -\frac{G_k(f_{сп} - f_k)}{c} \cos \omega(t - t_1) - \frac{V_{пр}}{\omega} \sin \omega(t - t_1) + V_{пр} t - \frac{G_k(f_{сп} - f_k)}{c} \tag{3}$$

де $\omega = \sqrt{\frac{A}{m_H}}$; $\Delta F = F_{сп} - F_k = G_k(f_{сп} - f_k)$;
 $G_k = (m_{ш} + m)g$;

$f_{сп}, f_k$ - відповідно коефіцієнти тертя спокою та ковзання.

Сумарний період коливань даної системи – це сума періодів фаз стрибка та відстою:

$$T = T_c + T_b \tag{4}$$

Тривалість фази відстою є функцією таких параметрів, як швидкість штампa та приводу, жорсткість

приводу, константи рушія та ґрунту, а також тиск в контактї шини з ґрунтом:

$$T_b = f(V_{ш}; c_{пр}; K_r; P_r) \tag{5}$$

Інтервал часу (час, за який здійснюється стрибок), який відповідає руху штампa:

$$T = \frac{2}{\omega} \left[\pi - \arccos \left[\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{G_k(f_{сп} - f_k)\omega}{cV_{пр}} \right)^2}} \right] \right] \tag{6}$$

Коефіцієнти тертя спокою та ковзання визначаються як тангенси відповідних кутів внутрішнього тертя. Оскільки нами використовувався річковий пісок, що за формою частинок найбільше відповідає піску, який зустрічається на дорогах і за своїми властивостями сильно відрізняється від звичайного будівельного піску, ми визначали ці коефіцієнти експериментально (рис. 5, 8).

Слід зазначити, що, згідно експериментальних даних [9], різниця сил тертя спокою та ковзання залежить від жорсткості приводу (рис. 11). Тому для порівняння результатів, що дає дана модель, з результатами експерименту [7] в рівняння 8 були підставлені отримані експериментально відповідні значення сил тертя спокою та ковзання. Тоді при умовах, однакових з умовами експерименту, дана модель дає результати наведені на рис. 12.

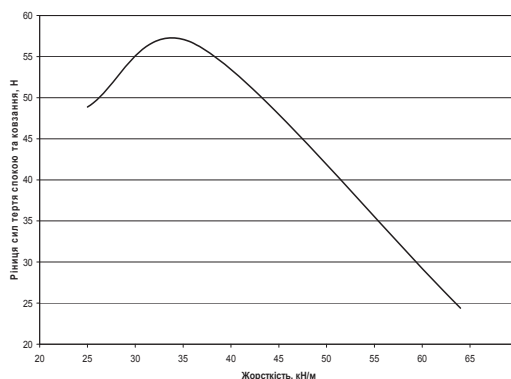


Рис. 11. Залежність різниці сил тертя спокою та ковзання від жорсткості приводу при вологості ґрунту $w=0\%$ та вертикальному навантаженні $G=1000H$

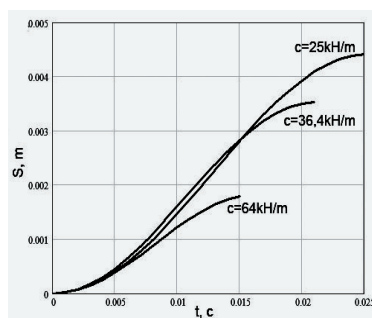


Рис. 12. Графік залежності переміщення штампa від часу на основі формули 8

Максимальна відносна похибка даної моделі в порівнянні з результатами експерименту [7] - 15%. Такі значення відносної похибки пов'язані з тим, що при моделюванні значення вертикального навантаження було прийнято постійним, хоча при проведенні експерименту спостерігалось незначне зменшення вертикального навантаження з початком руху штамп.

4. Математичне моделювання взаємодії еластичної шини з сипучим ґрунтом

Наступним кроком в моделюванні процесу взаємодії пневматичної шини з ґрунтом є створення математичної моделі взаємодії пружного в радіальному та тангенціальному напрямках тора з опорною поверхнею, що деформується. На рис. 13 представлена розрахункова схема даного процесу.

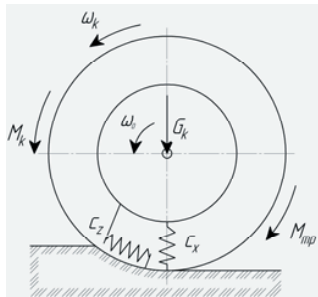


Рис. 13. Розрахункова схема взаємодії колеса з ґрунтом.

Як і у попередньому випадку, рух зовнішньої частини такої шини можна розділити на дві фази: фаза відстою та фаза скачка.

Розглянемо детально фазу скачка.

Диференціальне рівняння руху зовнішньої частини шини при умові, що відсутні переміщення її осі в горизонтальні площині (режим буксування), матиме наступний вигляд:

$$I\ddot{\varphi}_k = M_{кр} - M_{тр} \tag{7}$$

Слід зазначити, що у випадку, коли лінійна швидкість осі колеса не дорівнює нулю, необхідно розглядати систему з двох рівнянь, перше з яких описує обертний рух зовнішньої частини шини (рівняння 7), а друге – рух осі колеса в площині, перпендикулярній дорозі, викликаний зміною реакції опорної поверхні внаслідок її деформації.

Крутий момент, що підводиться до колеса, можна задати через силу тяги на колесі і його динамічний радіус:

$$M_{кр} = (P_p - P_f)r_d \tag{8}$$

де $P_f = G_k f$ - сила опору коченню, f - коефіцієнт опору коченню.

З урахуванням крутильної жорсткості шини силу тяги можна представити у вигляді добутку крутильної жорсткості та колової деформації:

$$P_p = c_x(\varphi_0 t - \varphi_k) \tag{9}$$

У свою чергу момент сил тертя буде рівний:

$$M_{тр} = F_{тр}r_d \tag{10}$$

Отримане лінійне неоднорідне диференціальне рівняння легко розв'язується стандартними методами. Скориставшись експоненційною підстановкою та виконавши всі необхідні дії, знаходимо загальний розв'язок рівняння. Потім з початкових умов знаходимо константи інтегрування і одержуємо остаточний розв'язок рівняння:

$$\varphi(t) = \varphi_0 t + \frac{G_k f + \Delta F_{тр}}{c_x} - \frac{\varphi_0}{\omega} \sin \omega t - \frac{G_k f + \Delta F_{тр}}{c_x} \cos \omega t \tag{11}$$

де $\Delta F_{тр} = F_{сп} - F_k$.

З іншого боку, з урахуванням радіальної жорсткості, різниця між силами тертя спокою та тертя ковзання буде виражатися рівнянням:

$$\Delta F_{тр} = c_z \Delta r (f_c - f_k) \tag{12}$$

З урахуванням (12) рівняння (11) можна переписати:

$$\varphi(t) = \varphi_0 t + \frac{G_k f}{c_x} + \frac{c_z}{c_x} \Delta r (f_c - f_k) - \frac{\varphi_0}{\omega} \sin \omega t - \frac{G_k f}{c_x} \cos \omega t - \frac{c_z}{c_x} \Delta r (f_c - f_k) \cos \omega t \tag{13}$$

З формули (13) видно, що кутове зміщення зовнішньої частини шини відносно осі колеса залежить від співвідношення її радіальної і тангенціальної жорсткостей.

На рис. 14 зображена графічна залежність кутового зміщення зовнішньої частини шини відносно осі колеса від часу при постійній величині кутової швидкості осі колеса і при різних значеннях співвідношення її радіальної і тангенціальної жорсткостей, отриману за рівнянням (15) з урахуванням зміни радіальної жорсткості від крутильної деформації.

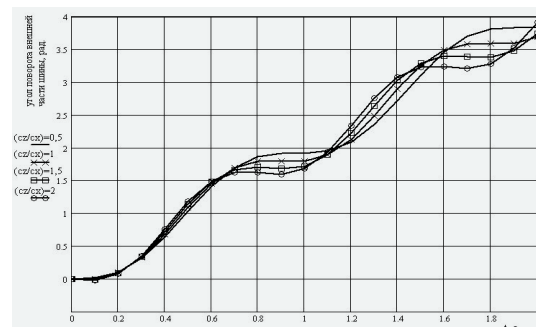


Рис. 14. Залежність кутового зміщення зовнішньої частини шини відносно осі колеса від часу

5. Експериментальні дослідження взаємодії моделі пневматичної шини з ґрунтом

Стенд для проведення даних досліджень. Експериментальна установка [8] (рис. 15) призначена для вивчення автоколивальних процесів, що відбуваються при зрушенні ґрунту макетом опорної поверхні рушії.

Експериментальна установка дозволяє досліджувати методом фізичного моделювання процеси і характеристики тертя фрикційної пари «одиначний рушій – ґрунт» при різних величинах середнього тиску штамп на ґрунт (σ_n), тангенціальної і радіальної жорсткості (c_x, c_z), вологості (W_3) і типу ґрунту, швидкості зрушення (V_H).

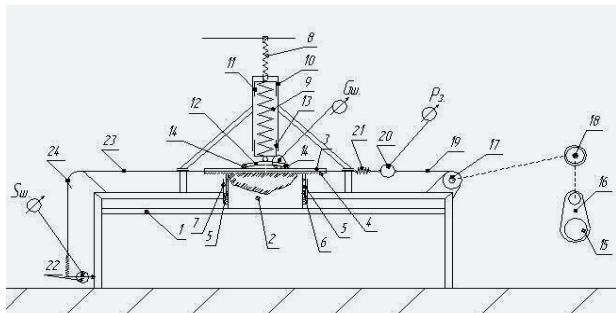


Рис. 15. Експериментальна установка для дослідження зчіпних властивостей моделі шини з ґрунтом
 1-рама, 2-контейнер з ґрунтом, 3-рейка, 4-модель протектора, 5-шторки, 6-ролик шторки, 7-напрямна шторки, 8-гвинтовий пристрій, 9-пружина вертикального навантажування, 10-циліндр, 11-верхній стакан, 12-каретка, 13-нижній стакан, 14-ролик каретки, 15-електродвигун, 16-редуктор, 17-приводний вал, 18-шків, 19-трос, 20-тензо-ланка P_z , 21-пружна ланка, 22-тензоланка S_p , 23-струна, 24-напрямна ланка

Експериментальна установка складається із жорсткої зварної рами 1, в якій на напрямних елементах встановлено контейнер 2, який заповнюється ґрунтом. У передній і задній стінках контейнера 2 у верхніх частинах виконані прорізи для вертикального переміщення рейки 3.

Прорізи для зберігання постійної довжини плями взаємодії моделі протектора 4, закріпленого на нижній частині рейки 3 перекриваються підпружиненими шторками 5, що мають можливість вертикального переміщення на роликах по напрямних, закріплених на передній і задній стінках контейнера 2.

Вертикальне навантаження на рейку 3 створюється за допомогою гвинтового пристрою 8 через пружину 9, що встановлена у циліндрі 10, приєданого до рами стенда 1. Зусилля від гвинтового пристрою 8 до пружини 9 передається через верхній стакан 11, а від пружини 9 до каретки 12 через нижній стакан 13.

Нижній стакан 13 з кареткою 12 з'єднаний шарнірно, що дозволяє рівномірно розподілити вертикальне навантаження на ролики 14 каретки 12, що виконані з використанням підшипників кочення і дають можливість вільного повздовжнього переміщення рейки 3.

Тягове зусилля створюється за допомогою електродвигуна 15, від якого крутний момент передається через редуктор 16 до вала 17, на якому встановлений комбінований шків 18 з трьома ручаями, розташованими на різних діаметрах.

До шківа 18 кріпиться трос 19, який при роботі двигуна передає тягове зусилля через тензоланку 20 і пружну ланку 21 до рейки 3.

До вимірювальних приладів, якими обладнана експериментальна установка, відносяться:

- тензоланка 20 для вимірювання сили зсуву рейки по поверхні ґрунту;
- тензоланка (каретка) 12 для вимірювання вертикального навантаження на рейку;
- тензоланка 2 для вимірювання повздовжнього переміщення рейки.

При переміщенні рейки разом з нею переміщується струна 23, другий кінець якої прикріплений до вільного кінця консольно закріпленої тензоланки 22. Струна 23 переміщується по напрямній 24, закріпленій на рамі 1.

Блок-схема вимірювально-реєструючої апаратури [8, 9] представлена на рис. 16:

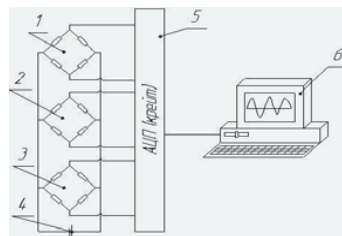


Рис. 16. Блок-схема вимірювально-реєструючої апаратури установки для дослідження зчіпних властивостей моделі еластичної шини з ґрунтом:

- 1 - тензоміст для вимірювання сили зсуву P_z ; 2 - тензоміст для вимірювання навантаження на рейку G_p ; 3 - тензоміст для вимірювання переміщення рейки S_p ; 4 - джерело живлення (12в); 5 - аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 6 - комп'ютер

Результати досліджень. Були проведені дослідження впливу основних експлуатаційних та конструктивних факторів на кінематичні та динамічні характеристики процесів, що виникають в контактній зоні пневматичної шини з ґрунтом, при наступних значеннях цих факторів:

вологість ґрунту: 0%, 2%, 4%, 6%; швидкість приводу: 0,03 м/с, 0,04 м/с, 0,05 м/с; жорсткість приводу: 25 кН/м, 36,4 кН/м, 64 кН/м; середній тиск на ґрунт: 0,03 мПа, 0,06 мПа, 0,1 мПа.

Вибір значень таких параметрів, як швидкість та жорсткість приводу, був обумовлений конструктивними особливостями дослідної установки, величини питомого тиску на ґрунт були обрані згідно рекомендацій [3], а значення вологості ґрунту обумовлені властивостями ґрунту (піску).

У результаті проведених експериментів нами було встановлено, що в зоні контакту моделі пневматичної шини з ґрунтом дійсно відбуваються коливальні процеси, які ілюструються графіками залежності переміщення та швидкості штампа від часу (рис. 17, 18).

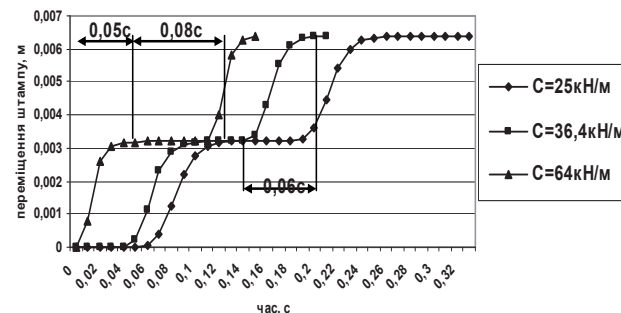


Рис. 17. Залежність величини переміщення штампа від часу при різних значеннях жорсткості приводу ($p=0,03\text{МПа}$, $V=0,05\text{м/с}$, $w=2\%$)

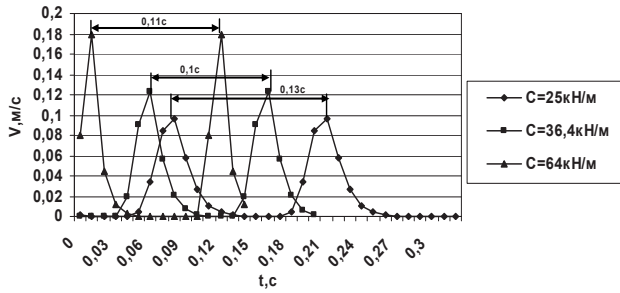


Рис. 18. Залежність швидкості штампа від часу при різних значеннях жорсткості привода ($\rho=0,03\text{МПа}$, $V=0,05\text{м/с}$, $w=2\%$)

Також в результаті експериментів встановлено, що експлуатаційні та конструктивні фактори, наведені вище, нелінійно впливають на кінематичні та динамічні характеристики взаємодії моделі пневматичної шини з ґрунтом.

Прикладом цього є залежність максимальної сили тертя, яка виникає в контакті моделі пневматичної шини з ґрунтом, від вологості ґрунту (рис. 19.). З рис. 19. видно, що дана залежність має чітко виражені максимуми для кожної жорсткості привода. Значення вологості, які відповідають максимумам сили тертя, з високою точністю ($\pm 1,2\%$) співпадають зі значеннями критичної вологості, отриманими при дослідженні властивостей ґрунту.

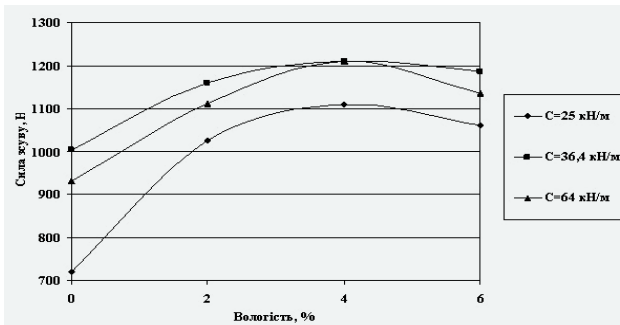


Рис. 19. Залежність максимальної сили тертя від вологості ґрунту при різних значеннях жорсткості привода ($\rho=0,1\text{МПа}$, $V=0,03\text{м/с}$)

Показником, що об'єднує такі параметри як жорсткість та швидкість привода є швидкість навантаження фрикційного контакту [4].

$$\chi = C \cdot V_{\text{пр}} \quad (16)$$

де C – жорсткість привода, $\frac{\text{кН}}{\text{м}}$; $V_{\text{пр}}$ – швидкість привода, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Залежність максимальної сили тертя від швидкості навантаження фрикційного контакту показано на рис. 20.

Апроксимація даної залежності рівнянням типу $F = A \cdot \sin(\chi + B) + C$ дає коефіцієнт кореляції $-R^2 = 0.81$.

Апроксимація залежностями інших типів дає коефіцієнт кореляції значно нижчий. Встановлено значення коефіцієнтів A, B, C при $\rho=0,033\text{МПа}$ – $A=371,366$; $B=687,48$; $C=983,737$.

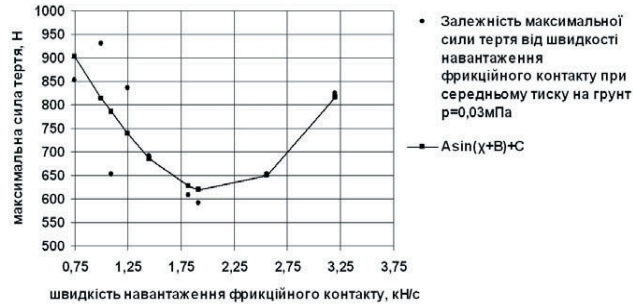


Рис. 20. Залежність максимальної сили тертя від швидкості навантаження фрикційного контакту

6. Висновки

1. Визначено та досліджено фактори, що впливають на виникнення автоколиваний при взаємодії шини з деформованим ґрунтом.

2. Створено математичну модель взаємодії пневматичної шини з ґрунтом, яка враховує одночасно властивості ґрунтів та властивості шини і може відтворювати процес буксування. Результати, отримані за цією моделлю, підтверджені експериментально. Похибка моделі відносно експерименту лежить в межах 5-12%.

3. Розраховані, виготовлені та налаштовані оригінальні стенди для дослідження пружних властивостей пневматичних шин, дослідження процесів взаємодії моделі пневматичної шини з ґрунтом. Для автоматизації роботи стендів, розширення їх функціональних можливостей, автоматизації збору обробки та збереження інформації розроблено спеціалізований програмно-апаратний комплекс "РУШІЙ".

4. Досліджена тонка кінетика перехідних процесів стрибкоподібного руху рушія.

5. Визначено амплітудно-частотні характеристики коливальних процесів, що протікають в контакті пневматичної шини з ґрунтом, та характер впливу експлуатаційних та конструктивних факторів на ці процеси.

6. У результаті експериментальних та теоретичних досліджень впливу вологості ґрунту на граничне значення сили опору його зрізу (стан перед буксуванням) встановлено, що для річкового піску, який за формою частинок подібний до піску, що зустрічається на дорогах, критична вологість лежить в межах 3,7 – 4,2%.

Література

1. Кошарный Н.Ф. Технично-эксплуатационные свойства автомобилей высокой проходимости. – К., Вища школа, 1981. – 208 с.
2. Лысенко М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1980. – с. 272.
3. Беккер М.Г. Введение в теорию систем местность-машина: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1973. – 520 с.
4. В.Л. Вейц Нелинейные задачи динамики и прочности машин. – Л.:Изд-во Ленингр. ун-та, 1983.
5. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). \изд. 2-е перераб. и доп. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468с.

6. А.А. Енаев, Ю.М. Глазырин, В.П. Шалдыкин, Н.Н. Яценко Упругость и демпфирование шин при совместном радиальном и тангенциальном нагружении. – Автомобильная промышленность №7. 1982.
7. І.Г. Грабар, Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський Динаміка дискретно-перервного руху моделі пневмошини на сипучому ґрунті. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2008. - №7 (125) частина 2. – С. 48 – 52.
8. І.Г. Грабар, Є.Г. Опанасюк, М.М. Можаровський, Д.Б. Бегерський, О.Є. Опанасюк Методологія дослідження процесу взаємодії моделі протектора пневматичної шини з ґрунтом // Вісник ЖДТУ. – 2006. – № 3 (38) / Технічні науки. – С. 11 – 19.
9. І.Г. Грабар, Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський. Програмно – апаратний комплекс для дослідження взаємодії моделі пневматичної шини з ґрунтом. // Вісник ЖДТУ. – 2007. – № 1 (40) / Технічні науки. – С. 15 – 22.
10. І.Г. Грабар, Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський. Дослідження пружних властивостей пневматичної шини // Вісник ЖДТУ. – 2008. – № 1 (44) / Технічні науки. – С. 26 – 33.
11. І.Г. Грабар, Є.Г. Опанасюк, Д.Б. Бегерський. Порівняльний аналіз пружних властивостей шин різних конструкцій. // Вісник ЖДТУ. – 2008. – № 3 (46) том 2 / Технічні науки. – С. 106 – 111.

Запропоновано новий спосіб поверхневої фінішної обробки виробів аерозольним надзвуківим потоком, утворений ультразвуковим розпилюванням гідроабразивної суміші і прискореним обертальним рухом стиснутого повітря, який може бути використований для очистки, полірування, а також підготовки поверхонь деталей під покриття. Описані основні механізми утворення аерозольного потоку

Ключові слова: ультразвукове розпилювання, сопло Лавалля, аерозольний потік, очистка, поліровка покриття

Предложен новый метод поверхностной финишной обработки изделий аерозольным сверхзвуковым потоком, образованным ультразвуковым распылением гидроабразивной смеси и вращательным движением сжатого воздуха, который может использоваться для очистки, полировки, а также подготовки поверхностей деталей под покрытия. Описаны основные механизмы образования аерозольного потока

Ключевые слова: ультразвуковое распыление, сопло Лавалля, аерозольный поток, очистка, полировка покрытия

It was offered a new method of superficial treatment of goods by an aerosol supersonic stream, formed by the supersonic atomization of hydroabrasive mixture and rotary-type motion of the compressed air, which can be utilized for cleaning, polishing, and also preparation of surfaces of components for covering. There were described main mechanisms for forming of aerosol stream

Key words: supersonic atomization, Laval nozzle, aerosol stream, cleaning, surface polishing

УДК 621.924.00

ПОВЕРХНЕВА ФІНІШНА ОБРОБКА ВИРОБІВ

В.В. Джемелінський

Кандидат технічних наук, професор*

Контактний тел.: (044) 235-61-53

E-mail: lesya.dz@gmail.com

Д.А. Лесик

Магістр*

*Кафедра лазерної техніки фізико-технічних технологій

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут”

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

Поверхнева фінішна обробка виробів твердими частками введеними в рідину або газ в порівнянні з іншими методами обробки відрізняється простотою схеми, практично відсутнім тепловиділенням та мож-

ливістю очистки поверхонь від забруднень, оксидних плівок, лакофарбових покриттів, в тому числі і в важкодоступних місцях [1]. Незважаючи на відносну простоту піскоструменного, гідроструменного та гі-