

УДК 621.01

Андрій Бабій, к.т.н., доц., Анатолій Матвійшин, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТА В'ЯЗКОГО ОПОРУ В ПІДВІСЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МАШИНИ

Andriy Babiy, Ph.D., Assoc. Prof., Anatoliy Matviyshyn, Ph.D.

SIMULATION ELEMENT OF WORK VISCOUS RESISTANCE IN THE SUSPENSION AGRICULTURAL MACHINERY

При створенні динамічних моделей роботи багатьох пристроїв часто їх зв'язки паралельно чи послідовно включають елементи в'язкого опору. Математична модель роботи таких елементів повинна бути введена в основну модель, наприклад при моделюванні роботи підвіски причіпної сільськогосподарської машини.

Якщо два тіла зв'язані елементом в'язкого опору, то на кожне з них діє сила опору цього тіла відносно іншого тіла і направлена завжди в протилежному напрямку до напрямку цієї відносної швидкості. В якості узагальнених координат приймемо відхилення від положення статичної рівноваги у вертикальному напрямку коліс, які позначимо y_1 і y_2 , центра мас рами y_c і кут повороту рами навколо центра мас φ . Зобразимо систему, що моделює роботу причіпної машини в довільний момент часу, рис. 1.

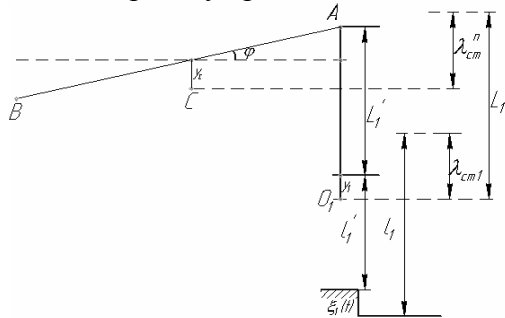


Рисунок 1. Схема системи в довільний момент часу

Для простоти зображаємо тільки праву сторону. На рис. 1 O_1 і C – положення центра правого колеса і центра рами, коли конструкція перебуває в стані статичної рівноваги. Через l'_1 і L'_1 позначено довжину пружин після відхилення колеса і рами від положення статичної рівноваги, λ_{cm1} , λ_{cm}^n – відповідно деформації шини і пружини при наїзді правого колеса на перешкоду висотою $y_1 = \xi_1(t)$. Перш за все, зауважимо, що на

кожне тіло діють сили ваги, сили пружності пружин і сили в'язкого опору. Сили пружності пружин завжди пропорційні деформації пружини. Під деформацією тут розуміємо вкорочення чи видовження по відношенню до недеформованої пружини.

Напрямок дії сили залежить від того чи пружина вкорочена чи видовжена (стиснута чи розтягнута). Тому, якщо деяке тіло зв'язане з іншим пружиною, то при розтягнутій пружині, сила дії пружини на наше тіло направлена від нашого тіла і якщо пружина стиснута – до нашого тіла (це ж справедливо і для другого тіла).

Далі розглянемо два тіла, що рухаються в горизонтальному напрямку за рахунок пружності пружин і зв'язані елементом в'язкого опору, рис. 2.

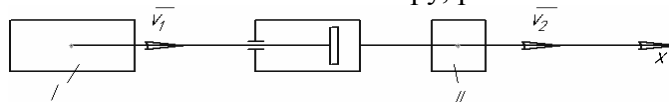


Рисунок 2. Схема до визначення сил в'язкого опору

Нехай абсолютні швидкості тіл v_1 і v_2 . Якщо розглядаємо перше тіло, то потрібно знайти відносну швидкість тіла I відносно тіла II. Тут потрібно вважати, що переносний рух – це рух обох тіл з швидкістю другого тіла v_2 , а відносний нехай

направлений теж вправо і дорівнює v_1^r . Відомо, що

$$\vec{v}_a = \vec{v}_e + \vec{v}_r, \quad (1)$$

тобто абсолютна швидкість будь якої точки, що перебуває в складному русі, дорівнює геометричній сумі відносної (r) і переносної (e) швидкостей цієї точки. Якщо спроектувати (1) на вісь x (вважаємо, що v_1^r направлено вправо), то дістанемо

$$v_1 = v_2 + v_1^r. \quad (2)$$

Отже,

$$v_1^r = v_1 - v_2, \quad (3)$$

і якщо $v_1 > v_2$, то v_1^r дійсно направлена вправо, а сила в'язкого опору, що діє на тіло, буде направлена вліво і рівна

$$F_{on}^{(1)} = b(v_1 - v_2). \quad (4)$$

Очевидно, що на друге тіло буде діяти така ж сила за величиною, але направлена в протилежну сторону (направо). Це ж саме ми б одержали, якщо розглядати спочатку друге тіло. Якщо ж $v_1 < v_2$, то в формулі (3) v_1^r – від'ємна і тому вона буде направлена вліво, а відповідна сила опору, що діє на перше тіло – вправо. Але, якщо в формулі (4) розуміти під $F_{on}^{(1)}$ – проекцію на вісь x сили в'язкого опору, що діє на перше тіло, тоді

$$F_{on}^{(1)} = -b(v_1 - v_2), \quad (5)$$

де b – коефіцієнт опору, який прийматимемо пропорційним швидкості відносного зміщення елементів.

Тепер формула (5) буде визначати напрямок дії сили в'язкого опору на перше тіло в будь-якому випадку. Дійсно, якщо $v_1 > v_2$, $F_{on}^{(1)}$ у формулі (5) від'ємна і направлена вліво. Якщо ж $v_1 < v_2$, то $F_{on}^{(1)}$ – додатна і тому ця сила направлена вправо.

Тепер розглянемо, наприклад, точку A на рис. 1. Вважаємо, що як і координати так і їх похідні по часу додатні тоді, коли направлені вгору. В довільний момент часу для малих кутів ϕ абсолютна швидкість точки A (тобто її проекція на вісь y) буде

$$v_A = \dot{y}_c + \phi \dot{d}_1, \quad (6)$$

де d_1 – відстань від центру ваги до колеса.

Проекція абсолютної швидкості точки O_1 на цю ж вісь

$$v_1 = \dot{y}_1. \quad (7)$$

Позначимо проекцію на вісь y відносної швидкості точки A відносно точки O_1 через v_A^r . Тоді на основі (1) маємо

$$v_A = v_A^l + v_A^r = v_1 + v_A^r, \quad (8)$$

отже,

$$v_A^r = v_A - v_1 = \dot{y}_c + \phi \dot{d}_1 - \dot{y}_1. \quad (9)$$

Вважаємо, що v_A^r – додатна і тому сила в'язкого опору, що діє зі сторони амортизатора на точку A направлена вниз і відповідно рівна

$$F_{on}^1 = b_1(\dot{y}_c + \phi \dot{d}_1 - \dot{y}_1). \quad (10)$$

Така ж за величиною сила опору амортизатора діє на ліве колесо (точка O_1), але направлена в протилежну сторону, тобто вгору.

Таким чином, представлена модель є складовою для визначення загального навантаження на елементи конструкції причіпної машини, яка рухається польовими нерівностями.