

УДК 681.5.015+62-83:629.433

О. Б. Мокін, к. т. н., доц.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ УМОВ НЕРУЙНУВАННЯ ЗАКРУГЛЕННЯ КОЛІЇ У ВЕРТИКАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ ПІД ЧАС РУХУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ НА ПІДЙОМ

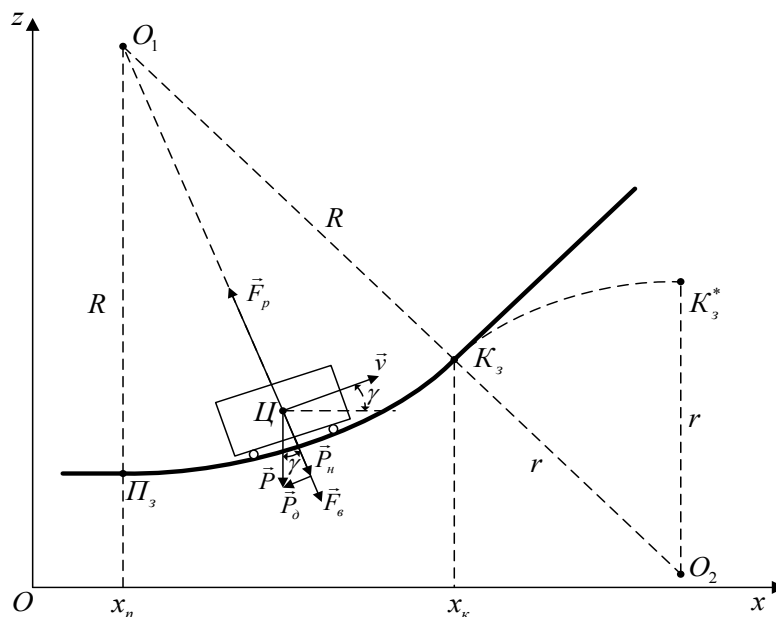
Побудовано математичні моделі умов неруйнування закруглення колії у вертикальній площині під час руху по ньому електричного транспортного засобу на підйом. Визначено вплив лінійної швидкості вагона, що рухається по закругленню колії у вертикальній площині на підйом, на запас неруйнування цього закруглення.

Постановка задачі і вихідні передумови

В роботі [1] показано, що задачу моделювання руху електричного транспортного засобу колією, прокладеною на місцевості зі складним рельєфом, необхідно розбивати на під-задачі моделювання на відрізках горизонтального руху, руху на спусках і підйомах та руху по закругленнях у горизонтальній площині. Після розв'язання усіх цих підзадач з'ясувалось, що умовами декомпозиції, закладеними в роботі [1], не було охоплено ще два випадки особливостей рельєфу, пов'язані із закругленнями колії у вертикальній площині при переходах від горизонтального руху до руху по похилій площині на спуск і на підйом.

В цій роботі поставлено задачу віднайти умови неруйнування закруглення колії у вертикальній площині під час руху по цьому закругленню електричного транспортного засобу на підйом.

На рисунку нанесені лише ті сили, які діють на вагон електричного транспортного засобу у вертикальній площині xOz , тобто сила ваги \vec{P} та її нормальна \vec{P}_n і дотична \vec{P}_d складові, а також відцентрова сила \vec{F}_B і сила реакції рейок \vec{F}_p . На рисунку вказаний також вектор дотичної складової лінійної швидкості вагона \vec{v} , кут нахилу похилої площини до горизонтальної γ , центр ваги вагона Π , центр закруглення колії O_1 та абсциси x_n , x_k точок початку Π_3 та кінця K_3 закруглення.



Сили, що діють на вагон електричного транспортного засобу під час руху по закругленню колії радіуса R у вертикальній площині при переході від горизонтального руху до руху по похилій площині на підйом

Розв'язання задачі

Запишемо рівняння балансу сил, які діють на вагон по лінії нормалі, що проходить через центр ваги. З рисунку видно, що

$$P_n + F_B = F_p \quad (1)$$

або

© О. Б. Мокін, 2010

$$P \cos \gamma + \frac{mv_n^2}{R} = F_p, \quad (2)$$

або

$$P \cos \gamma + \frac{m(v + \omega R)^2}{R} = F_p, \quad (3)$$

де v_n — модуль повної лінійної швидкості вагона, що має масу m , ω — кутова швидкість обертання центра ваги Ц вагона навколо центра O_1 закруглення радіуса R .

Введемо поняття допустимої сили реакції колії $F_{\text{доп}}$, як сили, перевищення якої приводить до руйнування колії, і визначимо граничне значення лінійної швидкості вагона електричного транспортного засобу, за якого сила реакції колії не перевищуватиме допустиме значення, тобто

$$F_p < F_{\text{доп}}. \quad (4)$$

У виразах (2), (3) формулу для відцентрової сили F_B взято з роботи [2].

Цілком очевидно, що умова

$$F_p = F_{\text{доп}} \quad (5)$$

задаватиме границю між вищевказаними силами.

Підставляючи значення F_p з виразу (5) в рівняння (3), отримаємо:

$$P \cos \gamma + \frac{m(v + \omega R)^2}{R} = F_{\text{доп}} \quad (6)$$

або

$$v^2 + 2R\omega \cdot v + \omega^2 R^2 + \frac{(P \cos \gamma - F_{\text{доп}})R}{m} = 0. \quad (7)$$

Додатний корінь квадратного рівняння (7) матиме вигляд

$$v_{\text{гр}} = -R\omega + \sqrt{\frac{(F_{\text{доп}} - P \cos \gamma)R}{m}}. \quad (8)$$

З рисунку видно, що під час руху вагона від точки початку закруглення колії Π_3 до точки кінця цього закруглення K_3 кут γ збільшується від нуля до γ_{K_3} . Тож згідно з виразом (8) граничне значення дотичної складової $v_{\text{гр}}$ лінійної швидкості вагона буде збільшуватись від значення

$$v_{\text{гр min}} = -R\omega + \sqrt{\frac{(F_{\text{доп}} - P)R}{m}} \quad (9)$$

до значення

$$v_{\text{гр}}^{K_3} = -R\omega + \sqrt{\frac{(F_{\text{доп}} - P \cos \gamma_{K_3})R}{m}} \quad (10)$$

в точці K_3 . І якщо ми бажаємо проходити це закруглення з постійним значенням дотичної складової лінійної швидкості, то необхідно задавати в усіх точках закруглення, починаючи з точки Π_3 , саме те її значення, яке визначається виразом (9).

Визначимо запас неруйнування закруглення $\Pi_3 K_3$ колії під час руху по ньому електричного транспортного засобу у вигляді

$$Z_{\text{нр}} = \frac{F_{\text{доп}} - F_p}{F_{\text{доп}}}. \quad (11)$$

Згідно з виразом (11) для випадку, наведеного на рисунку, в разі проходження закруглення зі

швидкістю, що визначається виразом (9), лише в точці Π_3 запас неруйнування колії буде дорівнювати нулю, а в усіх інших точках закруглення він буде більшим нуля.

Аналізуючи вирази (8), (9), (10), можна дійти висновку, що закруглення колії можна проходити і зі змінною лінійною швидкістю, збільшуючи її міру збільшення кута γ , але не перевищуючи значення, яке задається виразом (10).

У практиці прокладення колій для електричних транспортних засобів часто зустрічаються випадки, коли закруглення $\Pi_3 K_3$ радіуса R у вертикальній площині під час руху на підйом одразу переходить у нове закруглення $K_3 K_3^*$ радіуса r з виходом знову на горизонтальну площину — на рисунку це закруглення позначене штриховою лінією. Оскільки кут γ під час руху цим закругленням зменшується від γ_{K_3} до нуля, то це закруглення можна проходити або з тією ж граничною швидкістю, що задається виразом (9) (якщо рух по обом закругленням здійснюється з постійною лінійною швидкістю), або зі швидкістю спадною від значення виразу (10) до значення виразу (9) (якщо на першому закругленні рух здійснювався з лінійною швидкістю, що збільшувалась).

Висновки

Побудовані математичні моделі умов неруйнування закруглення колії у вертикальній площині під час руху по ньому електричного транспортного засобу на підйом у формі залежності граничного значення лінійної швидкості від кута нахилу похилої площини до горизонтальної та у вигляді запасу неруйнування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін Олександр Борисович. Особливості моделювання руху електричних транспортних засобів з врахуванням залежності навантаження від рельєфу місцевості [Електронний ресурс] / О. Б. Мокін, Б. І. Мокін // Наукові праці ВНТУ. — 2010. — № 1. — С. 1—6. — Режим доступу до журн. : http://www.nbu.gov.ua/e%2Djournals/VNTU/2010-1/uk/10mbidot_uk.pdf.
2. Павловський М. А. Теоретична механіка / Михайло Антонович Павловський. — Київ : Техніка, 2002. — 512 с.

Рекомендована кафедрою відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів

Надійшла до редакції 8.10.10
Рекомендована до друку 28.10.10

Мокін Олександр Борисович — завідувач кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів.

Вінницький національний технічний університет