

МАТЕМАТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИКРИВЛЕННЯ ПРОСТОРУ ЗАКРУЧЕНОЇ МЕЖІ РУХОМИМ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ

Anatoliy Yakovenko*, Leonid Petrov*,
Elena Chumak **, Olga Stadnichenko **

*Odessa State Agricultural University, Ukraine

**Odessa State Academy of Refrigerating, Ukraine

Анотация. Приводиться аналіз теоретичної моделі викривлення простору енергетичним засобом. Відмінність запропонованої теорії від існуючих полягає в тому, що вона дозволяє оцінити відносну координату простору, створеного рухом енергетичного засобу та удосконалило методику розрахунку енергетичного балансу у процесі переміщення транспортного засобу.

Ключевые слова: простір, кручення, межа, засіб

ВВЕДЕНИЕ

Удосконалення теорії оцінки рухливості енергетичного засобу є актуальним, так як дозволяє виявити викривлення простору закрученої межі відокремленої рухомим енергетичним засобом [Водяник 1994], що підтверджується результатами проведеної науково-дослідницької роботи.

Оцінка рухливості енергетичного засобу характеризується силою опору кочення [Антонов 1949]. Таку оцінку енергетичного засобу з гусеничним ланцюгом проводять по силі упору коченню при встановленому русі, яка складається з сил тертя у підшипниках опорних катків, при коченні опорних катків по біговим доріжкам ланок гусениці [Антонов 1949, Кінематика і динаміка 2005].

Для оцінки рухливості енергетичного засобу до сили опору коченню додають сили тертя, які виникають у елементах ланок гусениці від її попереднього натягнення, а також силу, яка витрачається на нормальну до поверхні шляху деформацію ґрунту [Бутенин 1971, Водяник 1994].

Підбиваючи підсумки огляду літератури за темою, можна виділити невирішену раніше частину загальної проблеми – надлишкова рухливість енергетичного засобу, яка виникає при взаємодії моментів від сил тертя у повздовжньому та попередньому напрямках [Добронравов и Никитин 1954,

Лойцянский и Лурье 1954, Тарг 1963, Гернет 1965, Яблонский и Никифорова 1971, Яблонский 1971, Панько 1977, Старжинский 1980].

Тому методом дослідження є створення моделі викривленого простору закрученої межі відокремленою рухомим енергетичним засобом в процесі переміщення засобу.

Предметом дослідження являється оцінка енергетичної ефективності процесу переміщення енергетичного засобу, а метою – одержання загальної оцінки викривлення простору закрученої межі відокремленої рухомим енергетичним засобом.

Наукова задача досліджень полягає у встановленні закономірності енергетичної взаємодії між моментами тертя у повздовжньому та поперечному напрямках та вплив такої взаємодії на рухливість енергетичного засобу.

Для досягнення поставленої мети в роботі розроблені:

- теоретична модель для удосконаленого процесу переміщення енергетичного засобу;
- метод оцінки процесу переміщення енергетичного засобу.

Найбільш важливим науковим результатом отриманим в ході дослідження є удосконалення теоретичної моделі переміщення енергетичного засобу шляхом впровадження викривлення простору закрученої межі відокремленою рухомим енергетичним засобом. Відмінність цієї моделі від відомих полягає в тому, що вона урахує енергетичну складову взаємодії між моментами сил тертя у повздовжньому та поперечному напрямках. Така теоретична модель адекватно описує процес переміщення енергетичного засобу. Це дозволяє на відміну від існуючих математичних моделей отримати залежність між енергетичними показниками процесу переміщення енергетичного засобу. Частина таких показників отримана вперше, а частина є розвитком відомої моделі – переміщення енергетичного засобу за допомогою двигуна.

Критеріями, за якими оцінюються основні параметри моделі викривленого простору закрученої межі, відокремленої енергетичним засобом, є складові енергетичного балансу, які застосовуються енергетичним засобом у процесі переміщення.

Відмінність критерію від відомого полягає в тому, що він дозволяє визначити енергію додаткової рухливості у залежності від шляху закрученої межі, відокремленою рухомим енергетичним засобом.

Обмеженням щодо застосування цього критерію являється енергетична складова взаємодії моментів тертя у повздовжньому та поперечному напрямках.

Раніше [Антонов 1949, Водяник 1994, *Kinematika i dynamika* 2005] рух енергетичних засобів та їх окремих ланцюгів розглядався без урахування факторів, які обумовлюють їх рух, якими являються складові сил, їх співвідношення у часі і просторі, тобто рух енергетичного засобу розглядався тільки з геометричної сторони, з урахуванням тільки факторів часу.

Але всякий рух енергетичного засобу характеризується переміщенням його у просторі, швидкістю та прискоренням руху точок. Неврахування таких характеристик руху приводить до втрати впливу на керування енергетичним засобом, недооцінки його можливостей з точки зору енергозбереження.

Нами зроблена спроба передбачити по банному положенню енергетичного засобу знайти можливі його послідовні положення, при цьому вирішити питання щодо можливих траєкторій точок (механізмів), які не задані самою схемою засобу.

Такий підхід щодо відшукування можливої траєкторії руху точок (механізмів) на ряду зі швидкостями та прискореннями, уявляє з себе важливу кінематичну характеристику енергетичного засобу у часі і просторі.

МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розглянемо енергетичний засіб як матеріальне тверде тіло, тобто зв'язок між окремими точками його зберігається незмінним за час руху.

У якості енергетичного засобу розглянемо транспортний засіб з певними розмірами та координатами нерухомих точок (рис. 1).

Для двох положень, транспортного засобу, безкрайньо близьких, замість центру кінцевої зупинки, отримуємо миттєвий осередок обертання. Таким чином, переміщення транспортного засобу ми приблизно замінили послідовністю обертальних переміщень біля центру кінцевого переміщення. Спробуємо з'ясувати як можна пов'язати переміщення транспортного засобу з траєкторією безкрайньої послідовності миттєвих обертань біля миттєвих осередків обертань, які розташовані у певній послідовності. Але необхідно помітити, що при русі транспортного засобу послідовні миттєві обертання повинні відбуватися за той же час, що й заданий його пристроями для керування.

Будемо рахувати, що при русі транспортного засобу миттєвий осередок обертання переміщується як у нерухомій площині, так й у рухомій площині, зчепленою з рухом транспортного засобу.

Як видно з рис. 1, швидкість можливих переміщень транспортного засобу V_1 , буде спрямована тільки по координаті X та Y , так як вибрані точки у вертикальній площині являються невід'ємними складовими транспортного засобу. Опускаємо перпендикуляри з точок транспортного засобу у одній площині розташованих на напрямках швидкостей та отримуємо положення точки P , яка буде миттєвим осередком швидкостей на нерухомій площині. З рис. 1 видно, що точка P буде описувати коло при переміщенні транспортного засобу, так як вона створена двома перпендикулярами, які знаходяться у одній площині й належать одному й тому ж транспортному засобу. Тому можна зробити висновок, що нерухома площина обмежена колом, з радіусом найбільш віддалених точок, який відраховується від осередку транспортного засобу, тобто від поздовжньої осі.

При коченні рухомої площини по нерухомій, границя нерухомої площини володіє такими самими властивостями: точка P рухається по цій границі та є миттєвим осередком швидкостей рухомої площини. Тобто, коли ми повернули на вільний кут біля точки O у площині креслення осі координат OXY та розглянувши цей випадок після закріплення осей координат у новому положенні, то бачимо, що миттєвий осередок швидкостей не змінює траєкторії руху.

Таким чином, усі точки рухомого кола переміщуються по прямим лініям, які проходять через осередок нерухомого кола. Цю властивість рухомого кола спробуємо використати для аналізу перетворення обертального руху у поступовий.

В роботі [Водяник 1994] доцентом Петровим Л.М. пропонується ввести поняття віртуальної енергетичної складової U , яка пов'язана з перетворенням обертального руху у поступовий.

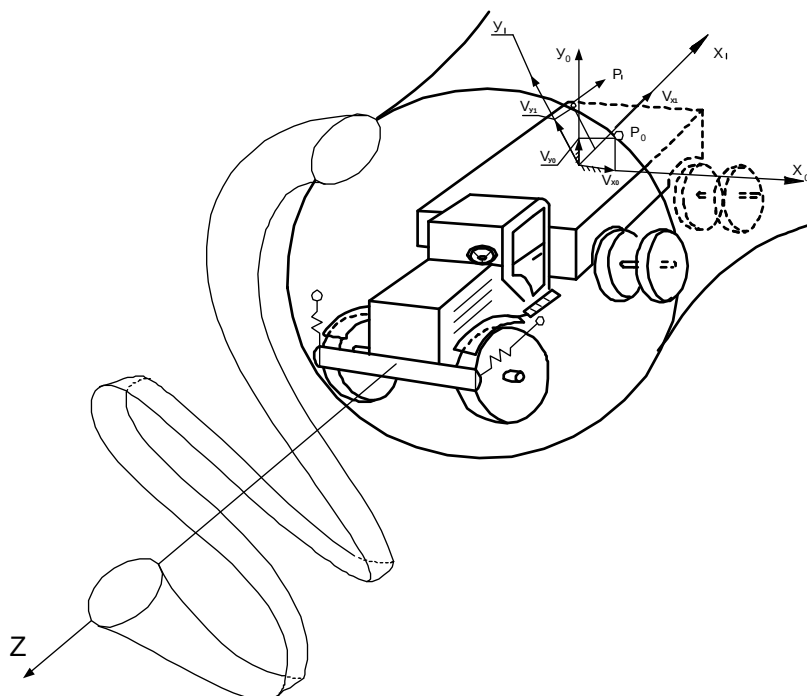


Рис. 1. Приклад викривлення закрученої межі відокремленої рухомим транспортним засобом

Fig. 1. Example of curvature of involute border marked off by a mobile transport vehicle

Тоді енергетичні витрати транспортного засобу на здійснення процесу переміщення виглядають так:

$$T = U_K + U_Z; \quad (1)$$

де:

$U_K = mv^2/2$ – кінематична енергія транспортного засобу;

m – його маса;

v – швидкість транспортного засобу.

Умовному спостерігачу транспортного засобу, який повинен одночасно бути учасником двох рухів (поступового та обертального), надамо ті ж самі геометричні та кінематичні параметри. Тоді енергетичні витрати при такому спостереженні будуть мати вид:

$$T = U_K + U_O; \quad (2)$$

де:

U_K – кінематична енергія умовного спостерігача;

U_O – кінематична енергія умовного спостерігача у обертальному русі.

Перепишемо рівняння (1) та (2) і складемо систему рівнянь:

$$T = \frac{mv^2}{2} + U_z$$

$$T = \frac{mv^2}{2} + \frac{Iw^2}{2}; \quad (3)$$

де:

I – осьовий момент інерції транспортного засобу ;

w – кутова швидкість переміщення миттєвого осередку швидкостей по колу нерухомої площини.

У системі рівнянь (3) від першого рівняння віднімемо друге та отримаємо:

$$U_z - \frac{Iw^2}{2} = 0 \quad (4)$$

Зауважимо, що T у першому та другому рівнянні однакова, так як це одна й та ж енергія у процесі переміщення та спостереження транспортного засобу.

З рівняння (4) маємо:

$$U_z = \frac{Iw^2}{2} \quad (5)$$

Тобто у процесі перетворення обертального руху у поступовий витрачається кінетична енергія обертального руху.

Систему рівнянь (3) перепишемо для сил, які застосовані у процесі переміщення транспортного засобу. Для цього обидві частини кожного рівняння розділимо на шлях, який долає транспортний засіб та умовний спостерігач у процесі переміщення:

$$\frac{T}{S} = \frac{mv^2}{2 \cdot S} + \frac{U_z}{S}$$

Розділимо обидві частини цього рівняння на складові $S + S_1$

$$\frac{T}{S + S_1} = \frac{mv^2}{2 \cdot (S + S_1)} + \frac{U_z}{2(S + S_1)} \quad (6)$$

де:

S – шлях прямолінійного руху;

S_1 – шлях, який долає умовний спостерігач при спостереженні за транспортним засобом у обертальному русі .

У системі рівнянь (6) розділимо перше на друге та отримаємо:

$$\frac{S + S_1}{S} = \frac{S + S_1}{S} + \frac{2U_z(S + S_1)}{I \cdot w^2 \cdot S} \quad (7)$$

З рівняння (7) маємо :

$$O = \frac{2U_z}{Iw^2} (S + S_1) \frac{1}{S} \quad (8)$$

Так як $\frac{2}{I \cdot w^2}$ не дорівнює нулю, то рівняння (8) буде мати вигляд :

$$U_z \left(1 + \frac{S}{S_1} \right) = 0 \quad (9)$$

З рівняння (9) видно, коли $U_z \neq 0$, тоді відношення S/S_1 буде дорівнювати мінус одиниці.

$$\frac{S_1}{S} = -1 \quad (10)$$

З (10) видно, що шлях, який подолає умовний спостерігач з шляхом S (рис. 2) відраховують у зворотному напрямку, тобто у процесі переміщення транспортного засобу (у даному випадку тракторів) має місце викривлення простору. Подібні розрахунки були отримані в роботі (14). При незначних коливаннях швидкості переміщення миттєвого центру P його встановлення з траєкторією руху транспортного засобу може бути виконано при менш складних траєкторіях.

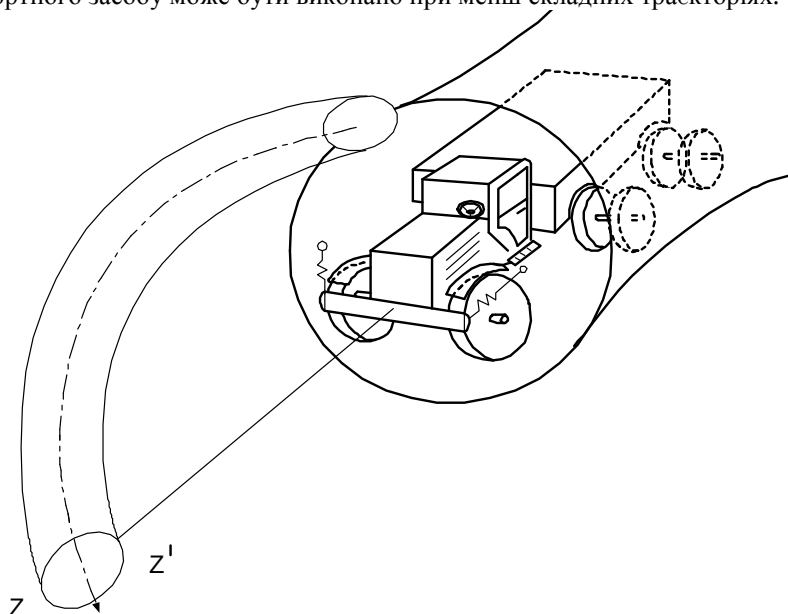


Рис. 2. Встановлення положення миттєвого центру швидкостей у процесі переміщення енергетичного засобу

Fig. 2. Establishments of position of instantaneous center of speeds in the process of moving of power means

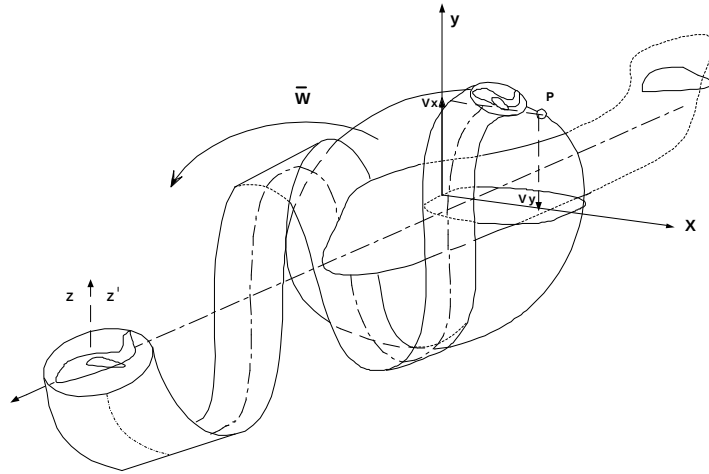


Рис. 3. Приклад викривлення закрученої межі відокремленої рухомих літаком

Fig. 3. Examples of curvature of involute border marked off by mobile air

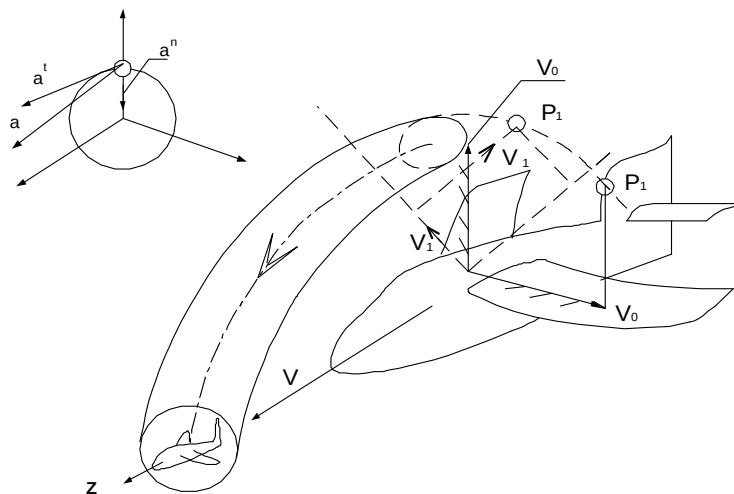


Рис. 4. Встановлення положення миттєвого центру швидкостей у процесі переміщення літака

Fig. 4. Establishments of position of instantaneous center of speeds in the process of moving of an airplane

Подібна методика досліджень викривленої межі простору може бути застосована, як приклад, до такого енергетичного засобу як літак. Викривлення простору закрученої межі рухомих енергетичним засобом – літаком показано на рис. 3 та 4. Як видно з рисунків, швидкість можливих переміщень літака V , V_1 , V_0 , буде спрямована тільки по координаті X та Y , так як вибрані точки у даній площині являються невід’ємними складовими літака.

ВЫВОДЫ

1. У процесі переміщення енергетичного засобу має місце викривлення простору закрученої межі відокремленої рухомим транспортним засобом
2. Вперше дана оцінка наявності не застосованої енергії, яка виникає при русі енергетичного засобу.
3. Викривлення простору супроводжується додатковою витратою енергії, яка відповідає витраті енергії енергетичним засобом у обертальному русі і доповнює методику розрахунку енергетичного балансу.

ЛИТЕРАТУРА

- Антонов А.С. 1949: Теория гусеничного движителя. Машгиз, с. 250.
- Баталов Я.М. 1963: К вопросу определения оптимального веса колесных агрегатов и о рациональном распределении нагрузки на их колеса. Труды ЦНИИМЭСХ не черноземной зоны СССР. т. 1, 80–85.
- Водяник І.І. 1994: Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів. Урожай, с. 224.
- Бутенин Н.В. 1971: Введение в аналитическую механику, с. 365.
- Гернет М.М. 1965: Курс теоретической механики, с. 388.
- Добронравов В.В., Никитин Н.Н. 1954: Курс теоретической механики, с. 581.
- Kinematyka i dynamika agregatów maszynowych. Działy wybrane (praca zbiorowa). Ropczyce, 2005. 122 p.
- Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. 1954: Курс теоретической механики, ч. I, II, с. 455.
- Панько Я.Г. 1977: Введение в теорию механического удара, с. 271.
- Петров Л.М., Чумк Е.В., Стадниченко О.В., Ткачук Д. 2006: Елементи теорії викривлення простору закрученої мережі відокремленої рухомим енергетичним засобом. Сб. Наук. праць (Науково – технічний збірник Одеського інституту сухопутних військ) 11, 78–82.
- Старжинский В.М. 1980: Теоретическая механика. с. 34.
- Тарг С.М. 1963: Курс теоретической механики. с. 333.
- Яблонский А.А. Никифорова В.М. 1971: Курс теоретической механики, ч. I. с. 403.
- Яблонский А.А. 1971: Курс теоретической механики, ч. II, с. 407.

MATHEMATICAL EXPLANATION OF SPACE CURVATURE
OF A MOVING ENGINE'S BORDER LINE

Summary. There is an analysis of the theoretical model of space curvature by energy equipment. The difference between the proposed theory and the existing one is that it allows to make evaluation of relative point of space which is made by moving of energy equipment, and improves energy balance calculations in an engine's moving process.

Key words: space, curvature, line, equipment

Reviewer: Ilya Nikolenko, Sc. D. Eng.