mathematical model allows to identify the impact of tire tread parameters on the wheeled mover traction of earthmoving machines.

Literature

1. Ulyanov N. A. Wheeled movers for construction and road machines. Moscow: Mechanical Engineering, 1982, 279 p. (in Russian).

2. Nikulin P. I. The theory of curvilinear motion of wheeled mover. Voronezh: Voronezh State University Publishing House, 1992, 212 p. (in Russian).

3. Pelevin L. Ye., Arzhayev G. O., Balaka M. M. Kinematics of wheel rolling with a pneumatic tire on a deformable bearing surface / Mining, construction, road and reclamation machines, 2007, vol. 70, pp. 10–15. (in Ukrainian).

4. Nikulin P. I., Vasilenko A. V., Kuprin N. P. Study of tires durability for scrapers DZ-115A and DZ-107 at the facilities of JSC “Saratovmelioration”. Rubber and gum, 2002, no. 8, pp. 28–30. (in Russian).

Біловол О.В., к.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВЛАСТИВОСТІ ФІЗИЧНОГО ПРОСТОРУ

Успіхи науки привели до того, що філософські категорії стали набувати фізичних рис. Зазвичай матерію розглядають як об’єктивну реальність. Так Джон Локк вважав, що матерія є протяжною щільною субстанцією. Уявлення Джона Локка про матерію по суті еквівалентне уявленню про суцільне середовище, головну модель, яка використовується в фізиці. Дійсно, протяжність субстанції вказує на те, що вона існує в певному просторі, а її щільність передбачає існування певних, може навіть невидимих, елементарних часток, з яких вона складається. Система зв’язків між елементарними частками, а також між фізичними тілами є іншою формою матерії – полем.

Уявлення про фізичний простір також еволюціонувало. Здебільшого в історичній перспективі фізичний простір розглядали як пустоту. У такому розумінні він не може мати ніяких властивостей. Але пустоту можна вважати місцем, яке займають тіла або яке розділяє їх і заповнене полями, або щось уявне за відсутності матерії у вигляді тіл і полів. У першому випадку, пустоту можна наділити структурою і метрикою, тобто здійснити геометризацію простору. Наприклад, ввести прямокутну систему координат на основі моделі проникного твердого тіла і інтервал між точками простору на основі уявлення про переміщення матеріальної точки з однієї точки простору в іншу як векторі. Як відомо, складання векторів підкоряється правилу паралелограма, а величина переміщення визначається за теоремою Піфагора. Координатними перетвореннями, які залишають інваріантним інтервал, є паралельні переноси, просторові повороти і перетворення Галілея, які відповідають переходу до системи відліку, що рухається відносно умовно нерухомої з сталою швидкістю (взагалі то, необмеженою). Все сказане наводить на думку, що інтервал є динамічною характеристикою системи, а не геометричною характеристикою простору як прийнято вважати. Відповідно, метричні властивості і розмірність простору є відбиттям особливостей фізичної системи, що розглядається.

Якщо відсутня матерія у вигляді тіл і полів, пустоту не можна наділити структурою і метрикою. Разом з Махом будемо вважати, що зникнення матерії приводить до зникнення простору і часу. Можна показати, що зникнення матерії є фізично коректним і реалістичним мисленим експериментом. Така ситуація виникає у випадку, коли розв’язок рівнянь релятивістської механіки обмежений у просторі і часі.

Почнемо з класичної механіки. Положення системи n матеріальних точок в певний момент часу зручно представити у $3n$-вимірному просторі конфігурацій. У цьому випадку радіус-вектор буде складатися з координат всіх точок системи розташованих у певному порядку. Інтервал між нескінченно близькими послідовними положеннями системи матеріальних точок можна також визначити у вигляді квадратичної форми

$$dl^2 = d\mathbf{r}\mathbf{M}d\mathbf{r},$$

де $d\mathbf{r}$ - стовпчик (ліворуч) або рядок (праворуч) з $3n$ диференціалів координат точок системи, а $\mathbf{M}$ - діагональна матриця розміром $3n \times 3n$, складена з блоків $m_k\mathbf{I}$, де m_k - ваговий коефіцієнт k- тої матеріальної точки (ознака її матеріальності).

Слід зауважити, що введений таким чином інтервал хоча і має динамічну природу, але може розглядатися з геометричної точки зору як природна метрика простору конфігурацій, яка відображає властивості механічної системи, що розглядається.

При вивченні руху механічної системи в залежності від умов задачі можна вибрати замість координат точок інші. Будь які s величин $q_1, q_2, ..., q_s$, що повністю визначають положення системи у кожен момент часу, називають *узагальненими координатами*. Якщо розглядати узагальнені координати як декартові, то кожному положенню системи буде відповідати певна точка s-вимірного простору конфігурацій.

Перехід до узагальнених координат у випадку, коли на систему накладені голономні в’язі, відбувається за допомогою співвідношення

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(\mathbf{q}, t).$$

Інтервал у s-вимірному просторі конфігурацій буде мати вигляд

$$dl^2 = d\mathbf{r}\mathbf{M}d\mathbf{r} = d\mathbf{q}\frac{\partial \mathbf{r}}{\partial \mathbf{q}}\mathbf{M}\frac{\partial \mathbf{r}}{\partial \mathbf{q}}d\mathbf{q} = d\mathbf{q}\mathbf{G}d\mathbf{q},$$

де матриця розміром s на s

$$\mathbf{G} = \frac{\partial \mathbf{r}}{\partial \mathbf{q}}\mathbf{M}\frac{\partial \mathbf{r}}{\partial \mathbf{q}}.$$

Матрицю $\mathbf{G}$ можна розглядати як метричний тензор в просторі конфігурацій механічної системи, тобто ми можемо вважати простір конфігурацій викривленим. Якщо ж рух системи розглядається у плоскому просторі, то $\mathbf{G}$ відіграє роль тензорного потенціалу сил, що діють в системі.
Згідно принципу відносності Ейнштейна величина швидкості поширення взаємодії, як один з законів природи, однакова у всіх інерціальних системах відліку, тобто являє собою універсальну сталу. Цією швидкістю є швидкість поширення світла у пустоті c.

Швидкість світла дозволяє розглядати рух точки у чотиривимірному просторі, де четверта координата x_0 дорівнює ct. Інтервал між послідовними положеннями точки у чотиривимірному просторі (подіями) природно вибрати у вигляді

$$dl^2 = dx_0^{\,2} - dx_1^{\,2} - dx_2^{\,2} - dx_3^{\,2} = d\mathbf{x}\mathbf{I}d\mathbf{x},$$

де $d\mathbf{x}$ - стовпчик, складений з диференціалів координат точки, якщо стоїть праворуч у добутку, або рядок, якщо стоїть ліворуч, матриця

$$\mathbf{I} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Дійсно, зважаючи на те, що квадрат інтервалу повинен бути додатною величиною, а точка в різні моменти часу може займати в одне й те саме положення у тривимірному просторі, перед $dx_0^{\,2}$ повинен стояти знак плюс. З іншого боку, точка не може займати одночасно різні положення у тривимірному просторі, відповідно перед іншими координатами повинен стояти знак мінус.

Інтервал між нескінченно близькими послідовними положеннями системи матеріальних точок можна також визначити у вигляді квадратичної форми

$$dl^2 = d\mathbf{x}\mathbf{M}d\mathbf{x},$$

де $d\mathbf{x}$ - стовпчик (ліворуч) або рядок (праворуч) з $4n$ диференціалів координат точок системи, а $\mathbf{M}$ - діагональна матриця розміром $4n \times 4n$, складена з блоків $m_k\mathbf{I}$, де m_k - маса k- тої матеріальної точки у власній системі координат (маса спокою).

Розглянемо рух системи матеріальних точок у просторі-часі як рух суцільного середовища. Розіб'ємо середовище на нескінченно малі об'єми, яким будуть відповідати точки з координатами, що утворюють вектор $\mathbf{q}$. Між положеннями часток середовища і матеріальними точками, з яких вони складаються, існує певний неаналітичний зв'язок

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}(\mathbf{q}).$$

Інтервал між найближчими послідовними положеннями частки середовища у тривимірному просторі буде мати вигляд

$$dl^2 = d\mathbf{q}\mathbf{G}d\mathbf{q},$$

де симетрична матриця

$$\mathbf{G} = \frac{\partial \mathbf{r}}{\partial \mathbf{q}}\mathbf{M}\frac{\partial \mathbf{r}}{\partial \mathbf{q}}.$$

Таким чином, простір-час можна наділити метрикою, яка відповідає переміщенню частки матерії, і одержати викривлений простір. Матриця $\mathbf{G}$ в цьому випадку буде відігравати роль метричного тензора. Якщо розглядати рух матерії у плоскому просторі-часі (просторі Мінковського), то $\mathbf{G}$ відіграє роль тензорного потенціалу гравітаційних сил. Ми знову підтвердили тезис про те, що природна метрика пов'язана з динамікою фізичної системи, а не є чисто геометричним поняттям, яке відображає властивості простору-часу.

Висновки

На основі аналізу поняття простору і матерії показано, що структура і метрика простору є похідною від особливостей фізичної системи, рух якої вивчається. В класичній механіці на основі моделі уявного проникного твердого тіла на простір накладається прямокутна система координат, за якою визначається положення матеріальної точки. Метрика вводиться через інтервал між послідовними положеннями точки, що відображає рух механічної системи у просторі конфігурацій. Використання вагових коефіцієнтів (мас матеріальних точок) робить інтервал динамічною характеристикою системи. Введення узагальнених координат дозволяє розглядати простір як викривлений. Відповідно, метричний тензор є характеристикою голономних в’язей, накладених на механічну систему.

В релятивістській механіці обмеження швидкості поширення взаємодії дозволяє скористатися аналогією з класичною механікою і перейти у чотиривимірний простір-час. За цією ж аналогією вводиться інтервал між послідовними положеннями елементарної частки так, щоб унеможливити її рух із швидкістю більшою за швидкість світла. Перехід до частки матерії робить інтервал динамічною характеристикою, а його структура дозволяє розглядати простір-час як викривлений. Відповідно, метричний тензор є характеристикою неаналітичних в’язей між елементами частки матерії. Якщо не вважати простір викривленим, метричний тензор стає тензорним потенціалом гравітаційних сил.

Вітюк Іван Васильович, старший викладач, державний університет «Житомирська політехніка», vnvik74@gmail.com

КОМП’ЮТЕРНА МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЮВАННЯ НА ПЛАВНОСТЬ ХОДУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

При створенні комп’ютерної методики оцінки впливу конструктивних особливостей системи підресорювання на параметри плавності ходу легкового автомобіля, зазвичай враховується набір вимог, які умовно можна розділити на кілька груп. До першої групи входять вимоги, що пред'являються до комп’ютерної моделі автомобіля загалом, і до її елементів, зокрема. Другу групу утворюють вимоги для перевірки адекватності створеної моделі: вибору критерію або критеріїв оцінки, визначення типів дорожніх випробувань і форми подачі вихідних даних.

Найбільшого поширення набули розрахунки для трьох характерних випадків руху: через відокремлені (поодинокі) нерівності, по нерівностям, що безперервно чергуються (бруківка) і по дорогах з випадковим мікропрофілем. Подання дорожньої поверхні функціями синуса, косинуса та імпульсно-лінійними функціями цілком можна застосувати для наближеної оцінки плавності ходу автомобіля спрощеними математичними моделями. Однак коливання автомобіля, що виникають під впливом типового збурення, істотно відрізняються від коливань на реальному мікропрофілі, в зв'язку з чим, для досягнення точності моделювання, математичне збурення необхідно представляти випадковою функцією.

З іншого боку, функція, що описує зовнішній вплив, істотно залежить від моделі шини, що використовується. Відповідно, характер реальної взаємодії шини з дорожньою поверхнею в разі подання шини пружним елементом, коли вплив передається через деяку точку контакту з дорожньою поверхнею вертикальним зміщенням, повинен відрізнятися, оскільки реальна шина не заповнює всі западини в зоні контакту. До того ж довжина відбитка безперервно змінюється при коченні колеса внаслідок коливання автомобіля та