

УДК 624.131.519

Я.Ф. Андрусик, Г.Г. Бігун, В.П. Ляшенко
 Національний університет "Львівська політехніка",
 кафедра автомобільних шляхів

МОДЕЛЮВАННЯ ХВИЛЕУТВОРЕННЯ ДОРОЖНЬОГО ПОЛОТНА НА ДІЛЯНКАХ ІНТЕНСИВНОГО ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПОТОКІВ

© Андрусик Я.Ф., Бігун Г.Г., Ляшенко В.П., 2002

Для оцінки стійкості дорожнього одягу проти пластичного течіння використано методи і визначальні співвідношення математичної теорії пластичності. У результаті запропоновано модель силової взаємодії колеса з дорожньою поверхнею, що дозволяє оцінити несучу здатність покриття проти хвилеутворення.

Міцність і довговічність асфальтобетонного покриття залежить від різноманітних факторів, що змінюють умови роботи конструктивних елементів автомобільних доріг [1]. До таких впливів належить температурно-силова дія в літню пору на ділянках інтенсивного гальмування автомобільних потоків, коли спостерігається підвищена пластичність асфальтобетону. Дія гальмівної сили на нагрітий шар асфальтобетону може призвести до порушення рівності дорожнього одягу, а надалі і до його руйнування.

Тому для оцінки стійкості дорожнього одягу проти пластичного перебігу виникає необхідність використовувати методи і визначальні співвідношення математичної теорії пластичності.

Верхній шар асфальтобетону, що знаходиться між колесами автомобіля і основою дорожнього одягу, можна розглядати таким, який підлягає навантаженню в умовах плоскої деформації. При русі колеса у веденому, вільному або нейтральному режимах, тобто в умовах слабкого силового навантаження [2], можна знехтувати зсувною силою R_x порівняно з нормальним навантаженням P_z на дорогу від колеса. Тому для цього випадку напружено-деформівний стан шару асфальтобетону під колесами автомобіля визначається в межах задачі Прандтля про стиск пластичного шару між паралельними жорсткими і шорсткими плитами силою P_z [3]. На основі розв'язку Прандтля, граничне значення зусилля P_z , яке приводить в пластичний стан шар асфальтобетону під колесами автомобіля, знаходиться з рівності

$$P_z = \tau_s l \left(\pi + \frac{l}{h} \right), \quad (1)$$

де τ_s – границя текучості асфальтобетону при зсуві; $2l$ – довжина опорної площини колеса; $2h$ – товщина шару покриття.

Суттєвий вплив на пластичне розповзання шару проявляє гальмівна сила F_T , яка досягає значень співвимірних з нормальним навантаженням при гальмівному режимі руху колеса. Значення гальмівної сили при гальмуванні автомобіля для окремого колеса визначається за формулою $F_T = \phi P_z$, де ϕ – коефіцієнт зчеплення колеса з опорною поверхнею.

Механічна модель взаємодії загальмованого колеса з дорожньою поверхнею розглядається як зсув і стиск ідеально-пластичного тонкого шару між паралельними жорсткими

плитами [4]. У межах сформульованої моделі запропонована така формула для оцінки несучої здатності шару асфальтобетонного покриття на ділянках інтенсивного гальмування автомобільних потоків:

$$\left(1 - \frac{F_T}{2\tau_S l}\right) \left[\frac{P_z}{\tau_S l} - \left(1 - \frac{F_T}{2\tau_S l}\right) \frac{l}{h} \right] = \frac{\pi}{2} + 2 \left(1 + \frac{F_T}{\tau_S l}\right) \sqrt{\frac{F_T}{2\tau_S l} \left(1 - \frac{F_T}{2\tau_S l}\right)} - \arcsin \left(\frac{F_T}{\tau_S l} - 1 \right). \quad (2)$$

Аналізуючи це рівняння, бачимо, що прикладання нормального навантаження до дорожнього полотна разом з гальмівною силою значно зменшує несучу здатність шару асфальтобетону.

Співвідношення (1) і (2) застосовують для оцінки стійкості дорожнього одягу проти пластичного перебігу при різних температурних і силових умовах.

Аналітичні дослідження проводили для дорожнього одягу, у якого розрахована на міцність еквівалентна товщина шару асфальтобетону, що забезпечує проїзд очікуваного потоку автомобілів, становить $2h=120$ мм. Ця товщина шару передбачає рух важких автомобілів з навантаженням на покриття від колеса $P_z=7,5 \cdot 10^4$ Н, для яких довжина опорної площини дорівнює $2l=300$ мм [2]. У цьому дорожньому одязі використовувався асфальтобетон, у якого $\tau_S=0,8 \cdot 10^6$ Па при $t=20^\circ\text{C}$ і $\tau_S=0,23 \cdot 10^6$ при $t=50^\circ\text{C}$ [5]. Прийнято, що в гальмівному режимі колеса, коефіцієнт зчеплення шини з опорною поверхнею $\phi=0,8$ [2].

Проведені підрахунки показали, що в умовах слабкого силового навантаження забезпечується несуча здатність шару асфальтобетону в температурному діапазоні $t \in (20^\circ\text{C}; 50^\circ\text{C})$. Проте при гальмівному режимі руху колеса при $t=50^\circ\text{C}$ відбувається втрата стійкості дорожнього одягу проти пластичного перебігу. Це означає, що на даній ділянці дороги в літню спеку при гальмуванні автомобілів відбувається плин верхнього шару асфальтобетону, внаслідок чого виникає поступове нагромадження пластичної деформації видовження (рис. 1).

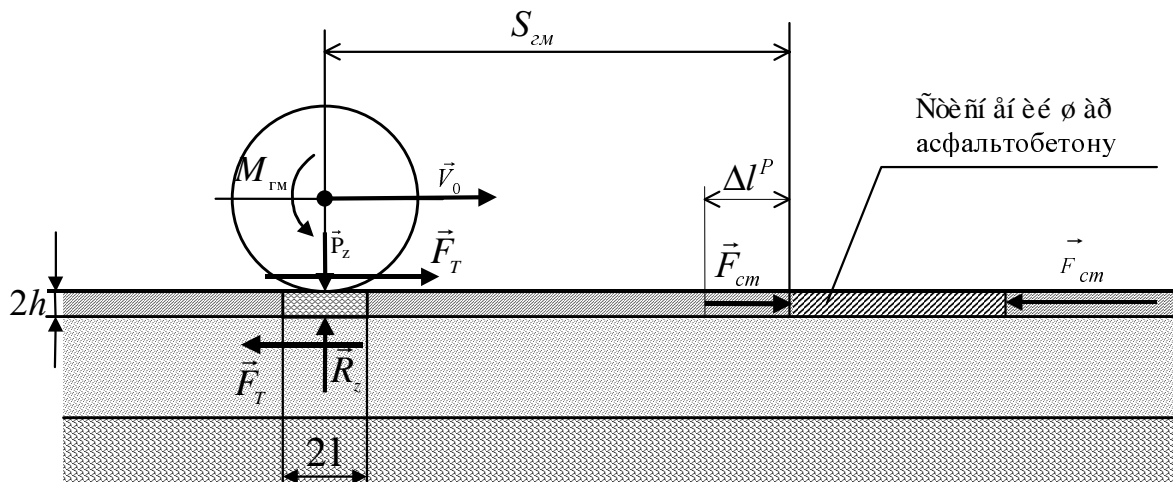


Рис. 1. Поступове нагромадження пластичної деформації

На ділянці дороги інтенсивного гальмування автомобілів, що дорівнює приблизно довжині гальмівного шляху $S_{ГМ}$, після проїзду k -го автомобіля відбувається незворотне видовження шару асфальтобетону на величину ΔL_k^P . Відповідно після проїзду з

гальмуванням n автомобілів повне пластичне видовження верхнього шару ділянки асфальтобетону, на якій втрачена несуча здатність на пластичний перебіг, дорівнює (рис. 1)

$$\Delta l^P = \sum_{k=1}^n \Delta l_k^P . \quad (3)$$

Тому прилегла область дорожнього одягу до гальмівної ділянки знаходиться в стисненому стані під дією стискаючої сили F_{cm} (рис. 1). За деякого граничного значення цієї сили відбувається втрата стійкості цього шару і він випучується (рис. 2).

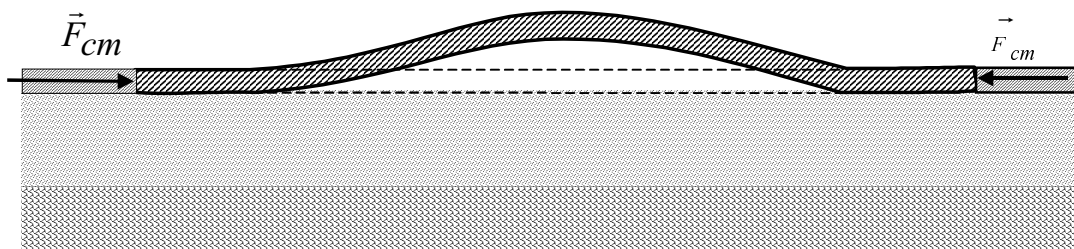


Рис. 2. Втрата стійкості верхнього шару і його випучування

Подальше охолодження дорожньої поверхні не призводить до зникнення випучених областей, а проїзд по них важких автомобілів викликає поступове руйнування дорожнього одягу.

Запропонована модель силової взаємодії колеса з дорожньою поверхнею дозволяє оцінити несучу здатність покриття проти хвилеутворення. Тому для підвищення міцності і довговічності дорожнього одягу на ділянках інтенсивного гальмування або руху по схилу необхідно проектувати асфальтобетон з врахуванням можливої втрати несучої здатності на пластичний перебіг.

1. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог, ч.1, 2. М., Транспорт, 1987. – 368 с. 2. Смирнов Г.А. Теория движения колёсных машин. М., Машиностроение, 1990. – 352 с. 3. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М., Машиностроение, 1975. – 400 с. 4. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М., Наука, 1969. – 420 с. 5. Грушко И.М., Королёв И.В., Борц И.М. и др. Дорожно-строительные материалы. М., Транспорт, 1991. – 357 с.