

# МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НА КОНТАКТІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ

Раус М.Р. ст. гр. 5Дмаг.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Для аналізу міцності асфальтобетонних покриттів на зсув на контакті шарів необхідно взяти до уваги, що навіть відносно незначні горизонтальні зусилля можуть привести до руйнування контакту. У процесі руху пневматичне колесо автомобіля впливає на площадку покриття на протязі часу, що залежить від розміру відбитку колеса та швидкості руху автомобіля. В залежності від умов руху на контакті колеса з покриттям діють вертикальні та горизонтальні зусилля в різному співвідношенні [1, 5, 6]. В нормах прийнято, що величина горизонтальної складової навантаження складає 75 % від вертикальної.

При визначенні навантаження від коліс автомобіля велике значення має розподіл транспортного потоку по ширині смуги руху і відсоток автомобілів, які проходять слід у слід по смузі накату. Такі дослідження започаткував професор О.К. Біруля [1, 2, 3]. Дані по розподілу коліс по смузі накату наводять В.В. Сільянов, Ладигін Б.І., Веренько В.А. і інші. За цими даними на дорогах з шириною проїзної частини 6 м на смугу 0,5 м припадає до 42-45 % проходів, на проїзній частині шириною 7 м – цей відсоток збільшується до 45-47 %. Виходячи з наведених даних слід прийняти коефіцієнт повторності навантаження  $K_{пов}$  від 0,47 до 0,5. Менше значення для доріг з шириною смуги руху 3 і 3,5 м, більше для доріг з шириною смуги руху 3,75 м. Діюче на поверхні дорожнього одягу колісне навантаження викликає в дорожній конструкції об'ємний напружено-деформований стан.

Багатошарові покриття працюють при різних температурних режимах [4,5,6], при чому, не завжди забезпечено достатнє зчеплення шарів на контакті. Тому необхідно оцінити міцність контакту на зсув та умови монолітності покриття. Така постановка питання актуальна у зв'язку з тим, що при

розрахунках покриття на міцність необхідна достовірність прийнятої розрахункової моделі покриття, яка ґрунтується на схемі зі спаяними контактами шарів. У цих випадках істотне значення має не стільки величина максимальних зсуваючих напружень по похилому перерізі, а горизонтальні зсуваючі напруження на контакті шарів ( $\tau_{rz}$ ). Для вирішення поставленої проблеми була використана задача про напружено-деформований стан дорожнього одягу, який моделюється системою зчеплених між собою трьох шарів, що покояться на однорідному півпросторі. Кожен шар характеризується своїми параметрами пружності матеріалу – модулем зсуву  $G_k$  і коефіцієнтом Пуассона  $\nu_k$  (де  $k$  – номер шару).

Дослідження напружено-деформованого стану багат шарових покриттів нежорстких дорожніх одягів повинно поєднуватися з дослідженнями змінного поля температур покриття і відповідних фізико-механічних властивостей асфальтобетонів. Для забезпечення високих споживчих властивостей конструкція повинна працювати в пружній стадії, як квазіпружне тіло [1, 4]. За формулюванням Кулона і Геста передбачається, що:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \frac{\sigma_{np}}{2}. \quad (1)$$

Таким чином, для оцінки пружного граничного стану в суцільному (монолітному) шаруватому покритті достатньо оцінити його міцність на зсув.

В асфальтобетоні мінеральні зерна розділені прошарками в'язучого та асфальтов'язучого, по яких починається зсув. Після попереднього зсуву в роботу вступає мінеральний каркас, який утворює грубо шорстку площину ковзання. На контакті шарів картина дещо інша, що обумовлено технологією влаштування багат шарових покриттів. Багат шарові асфальтобетонні покриття влаштовуються пошарово. При новому будівництві кожен шар окремо укладається і ущільнюється до необхідної щільності, утворюючи, таким чином, площину з досить рівною, гладкою і щільною структурою. Температура шару

знижується до 60 °С – 80 °С і менше.

При посиленні дорожніх одягів з асфальтобетонним покриттям при укладанні і ущільненні наступного верхнього шару взаємопроникнення мінерального каркасу шарів не відбувається. Спостерігається, в основному, прилипання за рахунок плівок в'язучого. У цьому випадку сили зчеплення обумовлено адгезією – прилипанням в'язучого до поверхні шарів мінерального матеріалу, і когезією – міцністю в'язучого в тонких шарах. За технологією шар дорожнього одягу, що розташований нижче, необхідно обробити (підгрунтувати) будь-яким органічним в'язучим: бітумною емульсією, в'язким бітумом марки БНД 90/130, БНД 130/200.

Підгрунтовку нижнього шару дорожнього одягу можна не виконувати, якщо цей шар влаштовано з асфальтобетонної суміші або матеріалів, оброблених органічними в'язучими не пізніше ніж за 2 доби до укладання нового шару, він чистий і по ньому не пересувався технологічний та інший транспорт. Якщо на контакті шарів відбувається зсув, то відбувається він за фіксованою поверхнею нижнього шару.

Сили тертя-ковзання в цьому випадку будуть, в основному, визначатися коефіцієнтом тертя однієї поверхні об іншу, а не кутом внутрішнього тертя асфальтобетону [7].

$$T = f \cdot \sigma_z, \quad (2)$$

де  $T$  – сила тертя на контакті шарів, МПа;

$f$  – коефіцієнт тертя-ковзання;

$\sigma_z$  – нормальний вертикальний тиск на контакті шарів, МПа.

Умову міцності на контакті шарів можна записати наступним чином (3):

$$\tau_{rz} = f \cdot \sigma_z + C, \quad (3)$$

Для практичних розрахунків конструкцій нежорстких дорожніх одягів на міцність на контакті асфальтобетонних шарів на кафедрі була розроблена програма в системі MathCAD. У програму внесені параметри, необхідні для прогнозування дотичних і нормальних напружень на контакті шарів: модулі

пружності, товщина шарів дорожнього одягу, діаметр контакту шини з покриттям, коефіцієнт Пуассона, вертикальне і горизонтальне навантаження.

Горизонтальне навантаження може досягати величини порядку 0,6-0,75 від вертикальних сил і значною мірою змінювати напружений стан, обчислений з урахуванням лише нормативного навантаження, майже не змінюючи величини максимального прогину. В розрахунках були прийняті три характерних режими навантаження: екстрене гальмування на перехрестях та на підходах до регульованих пішохідних переходів; рух на ухил або на кривих малого радіусу у плані і рух на перегонах з ухилом не більше 0,025. Враховувалася розрахункова температура покриття для району АЗ – м. Харків. З метою оцінки показників міцності конструкції було проведено аналіз напружено-деформованого стану на контакті шарів покриття. Визначалися дотичні і нормальні напруження на контакті шарів з асфальтобетону при розрахунковій температурі 56 °С у найбільш напруженій зоні на краю площадки навантаження. Результати розрахунків для конструкцій наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Напруження нормальні та дотичні на контакті шарів в залежності від жорсткості основи на магістральних вулицях (МВРЗ)

Матеріал шару	$E$ , МПа	$h$ , см	$\mu$	$E_{осн}$							
				170 МПа		150 МПа		100 МПа		75 МПа	
				$\tau$ МПа	$\sigma$ МПа	$\tau$ МПа	$\sigma$ МПа	$\tau$ МПа	$\sigma$ МПа	$\tau$ МПа	$\sigma$ МПа
Асфальтобетон дрібнозернистий	600	5	0,36	0,373	0,427	0,388	0,424	0,438	0,438	0,474	0,406
Асфальтобетон пористий	450	4	0,35	0,267	0,392	0,267	0,392	0,322	0,333	0,267	0,392
Асфальтобетон пористий	450	4	0,35								

Аналізуючи результати розрахунків можна зробити наступні висновки:

– Найбільші дотичні напруження виникають на краю штампа внаслідок специфічного розподілу напружень по глибині від вертикального навантаження;

– Найбільші дотичні напруження виникають на контакті першого і другого шарів на глибині 5 см (5 см товщина верхнього шару). Цей контакт є

найбільш небезпечний.

Для магістральних вулиць загальноміського значення прийняті максимальні значення сумарних дотичних напружень на ділянках екстреного гальмування на контакті першого і другого шарів  $\tau_1 = 0,597$  МПа, на контакті другого і третього шарів  $\tau_2 = 0,46$  МПа.

На ділянках з ухилом  $i > 35$  ‰ і  $R_{\text{тор}} < 800$  м ( $Q_i = 11,4$  кН)  $\tau_1 = 0,46$  МПа,  $\tau_2 = 0,38$  МПа. На ділянках з ухилом  $i < 35$  ‰ і  $R_{\text{тор}} < 800$  м ( $Q_i = 5,6$  кН)  $\tau_1 = 0,399$  МПа,  $\tau_2 = 0,369$  МПа.

#### ЛІТЕРАТУРА:

- 1 Иванов Н.Н. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд: Учебное пособие. – М.: Транспорт, 1973.
- 2 Бируля А.К. Конструирование и расчет нежестких одежд автомобильных дорог. М. Транспорт, 1969. – 167 с.
- 3 Бируля А.К. Методы исследования движения на автомобильных дорогах / Бируля А.К. // Труды ХАДИ. – вып. 17. – Харьков, 1954. – с. 36–39.
- 4 Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3-218-186. 2004. – Офіц. вид. – К.: Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2004. – 176 с. – (Національний стандарт України).
- 5 Методика розрахунку асфальтобетонних шарів покриття на зсувостійкість: М 218-02071168-681:2011. – Офіц. вид. – К.: Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2009. – 61 с. – (Стандарт організації Укравтодора).
- 6 Ладыгин Б.И. Прочность и долговечность асфальтобетона / Ладыгин Б.И., Яцевич А.К и др. – Минск : Наука и техника, 1970. – 288 с.
- 7 Золотарев В.А. Исследование в'язко-упругого поведения асфальтобетона / Золотарев В.А., Ткачук Ю.П. // Известия ВУЗов (серия «Строительство и архитектура». – №1. – Новосибирск: изд. НИСИ им. В.В. Куйбышева, 1973. – с. 133–137.