

Ряпухін В.М., канд. техн. наук, Дорожко Є.В.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ НАПРУЖЕНЬ ПРИ РОЗРАХУНКУ ТОНКОШАРОВИХ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ НА ЦЕМЕНТОБЕТОННІЙ ОСНОВІ

Анотація. У статті розглянуті схему температурної деформації комбінованої конструкції асфальтобетонний шар на жорсткій основі і визначення температурних напружень на контакті асфальтобетонного шару і жорсткої основи.

Ключові слова: асфальтобетонний шар, жорстка основа, температурне напруження.

Аннотация. В статье рассмотрена схема температурной деформации комбинированной конструкции асфальтобетонный слой на жестком основании и определение температурных напряжений на контакте асфальтобетонного слоя и жесткого основания.

Ключевые слова: асфальтобетонный слой, жесткое основание, температурные напряжения.

Annotation. The article considers the scheme of the temperature structure of the combined deformatsii asphalt layer on a rigid base and determination of thermal stresses on the contact layer of asphalt concrete and hard ground.

Key words: asphalt layer, a rigid base, the thermal stress.

В останній час конструкції тонкошарових асфальтобетонних покриттів на цементобетонній основі стали часто застосовуватися як при реконструкції доріг, так і при новому будівництві. Тонкі асфальтобетонні шари на жорсткій основі знаходяться під впливом як зовнішнього навантаження так і

температурних напружень завдяки цементобетонній плиті основи. В таких умовах асфальтобетонні шари дуже часто розтріскуються і «розвалюються».

Одним із важливих питань в цій проблемі є питання розробки математичної моделі НДС таких «комбінованих» плит з урахуванням впливу температурного градієнту на НДС системи.

Дорожні конструкції з тонкими асфальтобетонним шарами на жорсткій основі можна представити у вигляді наступної конструктивно-розрахункової схеми :

1 шар – шар асфальтобетону завтовшки від 2 до 7 (8) см;

2 шар – жорсткий шар у вигляді цементобетонної монолітної або збірної плити; шар з кам'яної бруківки, втопленої у цементобетон, і інші матеріали на основі неорганічного в'язучого, модуль пружності яких більше ніж у п'ять разів перевищує модуль пружності верхнього шару;

3 шар – пружна основа, яка складається з одного або декількох шарів дорожньої основи і ґрунтів земляного полотна.

Так як конструктивно асфальтобетонний шар і цементобетонна плита представляють одне єдине, то при зміні температури комбінованої плити температурні деформації всіх шарів, незалежно від матеріалу шарів, будуть єдині. В той же час лінійні коефіцієнти температурного розширення асфальтобетону і цементобетону значно відрізняються[1,2]. Тонкий шар асфальтобетону (захисний шар зносу) має модуль пружності значно менший ніж матеріал жорсткої основи. Він деформується разом з цементобетонною плитою, майже не впливаючи на деформацію останньої.

Механіку поведінки комбінованої конструкції «асфальтобетонний шар на жорсткій плиті» можна представити наступним чином (рисунок 1).

При зміні температури цементобетонної плити ($\Delta t_{цб}$ – температурний градієнт) її лінійні розміри збільшаться або зменшаться на величину $\Delta l_{цб}$, тоді відносна деформація становить[1]:

$$\varepsilon_{цб} = \frac{\Delta l_{цб}}{L/2} \quad (1)$$

Це та деформація, яка буде при вільному ковзанні плити по основі. При переміщенні нижньої поверхні плити по основі виникає сила тертя-зчеплення, яка заважає вільному подовженню плити. Фактична відносна деформація плити становить $\epsilon_{цбф}$. В той же час температурний градієнт для асфальтобетонного шару ($\Delta t_{аб}$) може дорівнювати температурному градієнту цементобетонну $\Delta t_{цб}$ або бути іншим.

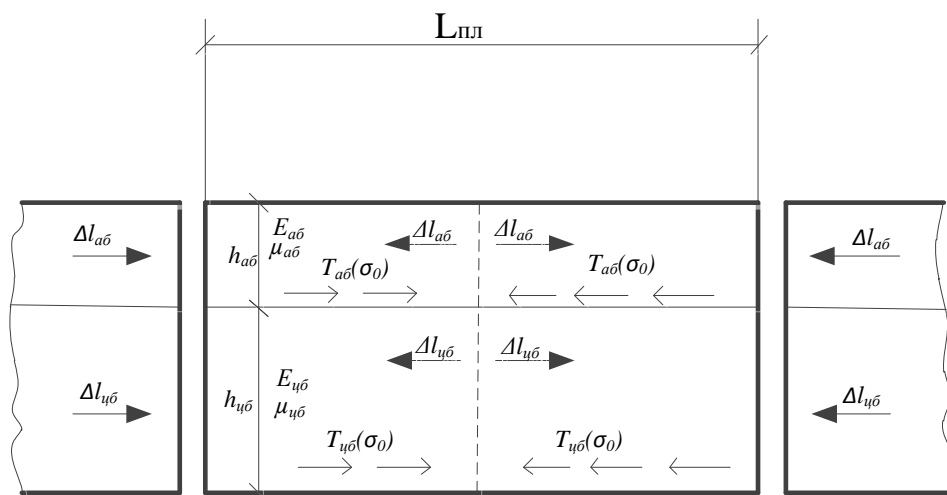


Рисунок 1 – Схема температурної деформації «комбінованої плити» (асфальтобетон плюс цементобетон)

де $h_{аб}$ $E_{аб}(t)$ $\mu_{аб}(t)$ – відповідно товщина, модуль пружності і коефіцієнт Пуассона асфальтобетонного шару для певної температури t ;

$h_{цб}$ $E_{цб}$ $\mu_{цб}$ – відповідно товщина, модуль пружності і коефіцієнт Пуассона цементобетонної плити;

$\Delta l_{аб}$ – подовження асфальтобетонного шару при температурному градієнті $\Delta t_{аб}$;

$\Delta l_{цб}$ – подовження цементобетонної плити при температурному градієнті $\Delta t_{цб}$;

$T_{цб}$ – сили тертя і зчеплення по підшві цементобетонної плити;

$T_{аб}$ – сили зчеплення між асфальтобетонною і цементобетонною плитами;

L – довжина плити.

В будь-якому з цих випадків лінійна температурна деформація асфальтобетонного шару при монолітному контакті асфальтобетону і цементобетонна буде однаковою.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta l_{a\bar{b}} = \Delta l_{ц\bar{b}} \\ i \\ \varepsilon_{a\bar{b}.ф} = \varepsilon_{ц\bar{b}.ф} \end{array} \right\} \quad (2)$$

При вільному подовженні асфальтобетонний шар (плита) при температурному градієнті $\Delta t_{a\bar{b}}$ мала б відносну деформацію $\varepsilon_{a\bar{b}}$, яка відрізняється від фактичної на величину

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_{a\bar{b}} - \varepsilon_{a\bar{b}.ф} \quad (3)$$

Нереалізоване подовження асфальтобетонної плити (шару) викликає додаткові напруження $\sigma_{0.a\bar{b}}$. Ці напруження виникають на контакті плит і можуть збільшити дотичні напруження на контакті плит. В наслідок незначної товщини плит можна вважати $\sigma_{0.a\bar{b}}$ як додаткові горизонтальні напруження.

Якщо асфальтобетонний шар і цементобетонна плита об'єднані на контакті шарів в спільну конструкцію (монолітний контакт), то температурна деформація асфальтобетонного шару і цементобетонної плити будуть однакові.

Температурна лінійна деформація цементобетонної плити при зміні її температури на $\Delta t_{ц\bar{b}}$ при вільному сковзанні по основі дорівнює[1]:

$$\Delta l_{ц\bar{b}} = \alpha_{ц\bar{b}} \cdot \Delta t_{ц\bar{b}} \cdot \frac{1}{2} L_{плити} \quad (4)$$

А відносна деформація[1]:

$$\varepsilon_{ц\bar{b}} = \alpha_{ц\bar{b}} \cdot \Delta t_{ц\bar{b}} \quad (5)$$

де $\alpha_{ц\bar{b}}$ - лінійний коефіцієнт температурного розширення цементобетонну.

На підшві цементобетонної плити діють сили тертя-зчеплення ($T_{ц\bar{b}}$), які стримують вільне деформування плити. Т.я. від середини зсуваються дві половинки плити, врахуємо вагу половини плит з часткою ваги автомобіля.

$$T_{ц\bar{b}} = P \cdot f \quad (6)$$

де P – вага плити (асфальтобетон плюс цементобетон) разом з вагою автомобіля;

$$P = B \cdot \frac{1}{2} L (h_{цб} \cdot \gamma_{цб} + h_{ас} \cdot \gamma_{ас}) + \frac{Q_{ав} \cdot K}{2} \quad (7)$$

де B , L , $h_{цб}$ - відповідно ширина, довжина і товщина цементобетонної плити;

$\gamma_{цб}$ - об'ємна вага цементобетону;

$\gamma_{ас}$ - об'ємна вага асфальтобетону;

$Q_{ав}$ – вага автомобіля.

K – коефіцієнт, враховуючий вплив тимчасового автомобільного навантаження.

Контактні напруження сил тертя-зчеплення:

$$\tau_{цб} = \frac{P}{F_{пл}} \cdot f = \frac{P}{B \cdot \frac{1}{2} \cdot L} f = \gamma_{цб} \cdot f + \frac{Q_{ав}}{B \cdot L} f \cdot K \quad (8)$$

Вираз $\frac{Q_{ав}}{B \cdot L}$ позначимо через $q_{ав}$ – питома вага автомобіля на плиту.

Контактні напруження викличуть відносну деформацію плити ε_T , яка зменшує вільну температурну деформацію плити.

$$\varepsilon_T = \frac{\tau_{цб} (1 - \mu_{цб})}{E_{цб}} \quad \text{– у середині плити} \quad (9)$$

$$\varepsilon_T = \frac{\tau_{цб}}{E_{цб}} \quad \text{– на краю плити} \quad (10)$$

При коефіцієнті Пуассона цементобетонна $\mu_{цб}=0,15$ середнє значення буде на 7,5 % відрізнятись від двох крайніх. Це не дуже велика похибка, але її можна буде врахувати або привести найбільш несприятливі по напруженням

умови на краю плити. Тоді, фактичне температурне розширення цементобетонної плити з урахуванням сил тертя на підшві плити становить:

$$\varepsilon_{цб.ф} = \varepsilon_{цб} - \varepsilon_T = \alpha_{цб} \cdot \Delta t_{цб} - \frac{\tau_{цб}}{E_{цб}} \quad (11)$$

При температурному градієнті асфальтобетонного шару $\Delta t_{аб}$ вільна відносна деформація шару складає:

$$\varepsilon_{аб} = \alpha_{аб} \cdot \Delta t_{аб} \quad (12)$$

Оскільки асфальтобетонний шар при монолітному (спаяному) контакті з цементобетонною плитою деформується точно також, як і цементобетонна плита, то $\varepsilon_{цб.ф} = \varepsilon_{аб.ф}$.

Нереалізовані (стримані) деформації асфальтобетону:

$$\varepsilon_{0.аб} = \varepsilon_{аб} - \varepsilon_{аб.ф} = \alpha_{аб} \cdot \Delta t_{аб} - \alpha_{цб} \cdot \Delta t_{цб} + \frac{\tau_{цб}}{E_{цб}} \quad (13)$$

Стримані деформації асфальтобетонного шару викличуть у асфальтобетоні максимальні напруження у середині плити.

$$\sigma_{0.аб} = \frac{\varepsilon_{0.аб} \cdot E_{аб(t)}}{(1 - \mu_{аб(t)})} \quad (14)$$

$$\sigma_{0.аб} = \frac{(\alpha_{аб} \cdot \Delta t_{аб} - \alpha_{цб} \Delta t_{цб}) \cdot E_{аб(t)}}{1 - \mu_{аб(t)}} + \frac{(\gamma_{цб} h_{цб} + \gamma_{аб} h_{аб}) f + q_{ас} \cdot f \cdot K}{\frac{E_{цб}}{E_{аб}} (1 - \mu_{аб(t)})} \quad (15)$$

де $E_{аб(t)}$ і $\mu_{аб(t)}$ відповідно модуль пружності і коефіцієнт Пуассона при температурі t °С.

За допомогою рішення (15) маємо можливість визначити температурні напруження на контакті асфальтобетонного шару і цементобетонної плити.

Аналіз результатів розрахунків показує, що температурні напруження залежать, в основному, від розрахункової температури асфальтобетону, температурних градієнтів шару асфальтобетону і цементобетонної плити і марки в'язучого. У випадку, коли температурні градієнти однакові:

- чим нижче марка в'язучого (більш в'язкий бітум) тим температурні напруження більше. Це пов'язано з тим, що лінійний коефіцієнт температурного розширення для асфальтобетону на бітумі БНД 40/60 і модуль пружності більше ніж асфальтобетону на бітумі БНД 90/130;

- у зв'язку з цим при від'ємних температурах температурні напруження однакові для всіх марок і типів асфальтобетону і залежить тільки від величини температурного градієнта і модуля пружності;

У порівнянні з дотичними напруженнями від дії комплексного навантаження можна наголосити наступне:

- температурні напруження при розширенні плити (покриття плюс основа) є стискаючими і по відношенню до середини плити направлені в різні сторони (по ходу руху і проти напрямку руху);

- дотичні напруження від комплексного навантаження у тонких асфальтобетонних шарах на жорсткій основі є стискаючими по ходу руху транспорту;

- тому, найбільш несприятливі умови напружено-деформованого стану можливі на одній з половини плити при гальмуванні і на іншій при різкому зростанні швидкості;

Література

1. Горецкий Л.И. Теория и расчет цементобетонных покрытий на температурное воздействия / Л.И. Горецкий – Москва: Транспорт, 1965. – 284 с.
2. Богуславский, А. М. О деформативной способности асфальтобетона при охлаждении Текст. / А. М. Богуславский // Труды ХАДИ, вып.26. - Харьков, 1961. - С. 81-90.