

мірою задовольняє потреби національної економіки в простежуваних результатах вимірювання маси.

Ключові слова: дійсне значення маси, гиря, національний еталон, метод найменших квадратів, невизначеність

УДК 625.85

КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ МАШИН ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ ДО НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО РОЗТРИСКУВАННЯ

Хомутенко Д. Г.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна,

Email: denis.homutenko@gmail.com

Асфальтобетонне покриття автомобільних доріг є найпоширенішим видом дорожнього покриття в Україні та світі [1, с. 6].

При охолодженні асфальтобетонного покриття в ньому виникають температурні напруження, що пов'язують зі зміною об'єму асфальтобетону, його зменшенням, та нереалізованістю відповідних температурних деформацій за рахунок значної довжини покриття [2]. Коли низькотемпературні напруження перевищують міцність асфальтобетону, виникають тріщини, які в свою чергу негативно впливають на довговічність покриття, за рахунок порушення суцільності та погіршення розподілення навантаження і проникнення вологи в нижні шари дорожнього покриття.

До критеріїв стійкості асфальтобетону до низькотемпературного розтріскування, згідно [3], відносять: температуру руйнування, критичну температуру розтріскування, температуру розтріскування, температуру крихкості, жорсткість, енергію руйнування, в'язкість руйнування.

Враховуючи те, що асфальтобетон є багатокомпонентним, багатофазним, грубодисперсним матеріалом із неоднорідною структурою, аналітичне визначення зазначених критеріїв є складним та не завжди точним, тому доцільним є застосування експериментальних методів.

Вітчизняними вченими, для визначення стійкості асфальтобетону до низькотемпературного розтріскування [2, 4, 5] розроблялися наступні прилади:

- прилад Губача Л. С. та Пономарьова С. Г.;
- УОНДА-1420;
- прилад Распопова Н. М.

У світовій науці розроблено досить багато приладів для визначення стійкості асфальтобетону до низькотемпературного розтріскування, серед яких слід виділити: метод випробування на непрямий розтяг (IDT), випробування асфальтобетонів за допомогою балочного реометру (BBR), випробування на граничне температурне напруження (TSRST), визначення низькотемпературних характеристик за допомогою аналізатору термічного розтріскування асфальтобетону (ATCA), метод випробування балки з одностороннім надрізом

(SE(B)), метод випробування на напівкруглий згин (SCB), метод випробування на розтяг на зразках-дисках (DC(T)), випробування асфальтобетону за методом Fenix, випробування за методом Texas Overlay Test, випробування методом Dog-Bone Direct Tension Test, випробування за допомогою приладу для розтріскування асфальтобетону (ACCD), випробування на руйнування з непрямым кільцевим розтягненням (IRT), випробування диску з надрізом (CFT), ідеальний тест на розтріскування асфальтобетону при непрямому розтягу (IDEAL-CT), метод акустичної емісії.

Відповідно експериментальні методи дослідження стійкості асфальтобетону до низькотемпературного розтріскування поділяють на три групи [3, 4]:

- 1 Методи, засновані на положеннях механіки суцільних середовищ;
- 2 Методи, засновані на положеннях механіки руйнування твердого тіла;
- 3 Випробування на основі акустичної емісії.

Фундаментальна різниця між першими двома методами полягає в тому, що метод на основі положеннях механіки руйнування твердого тіла припускає, що існує попередньо ініційований дефект, який може суттєво впливати на поле напружень в матеріалі [6]. Обидва методи потребують оцінки температурного напруження, як функції часу та/або температури. Для цього застосовується наступна формула:

$$\sigma(t) = \int_0^t E(t-\xi) \frac{\partial \varepsilon(\xi)}{\partial \xi} d\xi,$$

де термічна деформація визначається за формулою:

$$\varepsilon(\xi) = \alpha(T) \Delta T.$$

Тому, згідно [5], до важливих для визначення стійкості до низькотемпературного розтріскування, властивостей асфальтобетону відносять: термічні властивості (температуру склування, температурний коефіцієнт лінійного розширення до та після склування), модуль пружності та параметри релаксації, властивості руйнування (енергія руйнування та в'язкість руйнування).

Методи, засновані на положеннях механіки суцільних середовищ, в свою чергу можна розділити на ті, що безпосередньо визначають температуру розтріскування, та ті, в яких температура розтріскування визначається опосередковано, наприклад за значеннями міцності, визначеними за певних температур [4].

До методів, заснованих на положеннях механіки суцільних середовищ, які дозволяють безпосередньо визначати температуру розтріскування відносять:

- випробування на граничне температурне напруження (TSRST);
- прилад Распопова Н. М.;
- випробування асфальтобетонів за допомогою балочного реометру (BBR);
- визначення низькотемпературних характеристик за допомогою аналізатору термічного розтріскування асфальтобетону (ATCA);

– УОНДА-1420.

До методів, заснованих на положеннях механіки суцільних середовищ, в яких температура розтріскування визначається опосередковано, відносять метод випробування на непрямий розтяг (IDT).

Однак властивості руйнування, енергія руйнування та в'язкість руйнування, не можуть бути визначені при застосуванні методів, заснованих на положеннях механіки суцільних середовищ, оскільки поширення і розташування тріщини в них не контролюється.

До методів, заснованих на положеннях механіки руйнування твердого тіла, відносять:

- метод випробування балки з одностороннім надрізом (SE(B));
- метод випробування на напівкруглий згин (SCB);
- метод випробування на розтяг на зразках-дисках (DC(T));
- випробування асфальтобетону за методом Fenix;
- випробування за методом Texas Overlay Test;
- випробування методом Dog-Bone Direct Tension Test;
- випробування за допомогою приладу для розтріскування асфальтобетону (ACCD);
- випробування на руйнування з непрямым кільцевим розтягненням (IRT);
- випробування диску з надрізом (CFT);
- ідеальний тест на розтріскування асфальтобетону при непрямому розтягу (IDEAL-CT);
- прилад Губача Л. С. та Пономарьова С. Г.

Ці методи використовують теорію механіки руйнування для оцінки опору матеріалу поширенню тріщин.

На даний час в Україні для визначення стійкості асфальтобетону до низькотемпературного розтріскування регламентовано наступні випробування [7 – 9]:

- визначення границі міцності при стиску за 0 °C;
- визначення границі міцності на розтяг при стиску зразка-циліндра між плитами по твірній;
- визначення границі міцності на розтяг при вигині;
- визначення умовної температури крихкості асфальтобетону;
- випробування на граничне температурне напруження (TSRST).

Зазначені випробування, окрім TSRST, безпосередньо не визначають температурні напруження та температури руйнування асфальтобетону. Враховуючи те, що TSRST має ряд недоліків, доцільним є дослідження з розробки приладу, що забезпечив би точність, повторюваність і відтворюваність результатів, розумну швидкість випробування та був би чутливим до складу асфальтобетону (модифікації полімерами та іншими добавками, зміни типу заповнювачів та їх концентрації), відносно простим у використанні та мав розумну вартість.

Ключові слова: асфальтобетон, температурні напруження.

Література

- [1] В. О. Золотарьов, Дорожні бітумні в'язучі та асфальтобетони. Частина 2. Дорожні асфальтобетони. Харків: ХНАДУ, 2016.
- [2] Б. Б. Телтаев, “Прогноз температурных трещин в асфальтобетонном покрытии ”, Дорожно-строительные материалы, т. 2, 2018.
- [3] J. Gražulytė, A. Vaitkus, V. Andrejevas та G. Gribulis, “Methods and criteria for evaluation of asphalt mixture resistance to low temperature cracking”, *Baltic J. Road Bridge Eng.*, vol. 12, no. 2, pp. 135–144, 2017. [Онлайн]. Available: <https://doi.org/10.3846/bjrbe.2017.16>
- [4] Я. І. Пиріг, Низькотемпературні властивості бітумних в'язучих та асфальтобетонів: Методи визначення та критерії оцінювання. Харків: ФОП Бровін О.В., 2023. [Онлайн]. Доступно: https://www.researchgate.net/publication/375641984_Low-temperature_properties_of_bituminous_binders_and_asphalt_concretes_methods_of_determination_and_evaluation_criteria
- [5] Я. Пиріг, “Огляд вітчизняних методів оцінки низькотемпературних властивостей асфальтобетонів”, у *Inf. Innovative Technol. Educ. Modern Conditions*, Варна, Болгарія, 20 черв. 2023. Варна: Int. Sci. Group, 2023, с. 397–403. [Онлайн]. Доступно: <https://doi.org/10.46299/ISG.2023.1.24>
- [6] R. Velasquez та H. Bahia, “Critical factors affecting thermal cracking of asphalt pavements: Towards a comprehensive specification”, *Road Mater. Pavement Des.*, vol. 14, no 1, pp. 187–200, 2013. DOI: 10.1080/14680629.2013.774755
- [7] Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови, ДСТУ Б В.2.7-119:2011, Київ, 2012. [Онлайн]. Доступно: <http://surl.li/rwcan>
- [8] Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань, ДСТУ Б В.2.7-319:2016, б. д. [Онлайн]. Доступно: <http://surl.li/rwcai>
- [9] Бітумні суміші. Методи випробувань. Частина 46. Низькотемпературне розтріскування та властивості за допомогою випробувань на одноосьове розтягування, ДСТУ EN 12697-46:2022 (EN 12697-46:2020, IDT), 2022. [Онлайн]. Доступно: <https://ua-s.org/katalog-normativnih-dokumentiv/search-by-result-parameters/47>

УДК 624.073.5

МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗРАХУНКІВ ГРАНИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МІЦНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ ПРИ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВАХ

Зайцев В. М., Хомутенко Д. Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: viniza@ukr.net

В експериментальних дослідженнях поведінки лабораторних зразків асфальтобетонних сумішей та асфальтобетону автомобільних доріг при низькотемпературних впливах отримують результати, які носять порівняльний (якісний) характер. До таких якісних характеристик можна віднести температурні показники руйнування, розтріскування, склування, крихкості зразків. Це пов'язано, в першу чергу, в принциповій залежності результатів від виду та розмірів стандартних зразків, які досліджуються. Незважаючи на те, що отримуються результати в розмірі фізичної величини – температури, самі