

УДК 539.3

к.т.н., доцент Човнюк Ю.В.,

ychovnyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0608-0203,

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
доцент Чередніченко П.П., petro_che@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7161X,

к.т.н., доцент Остапушенко О.П.,

olga_ost_17@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8114-349X,

Київський національний університет будівництва і архітектури

DOI: 10.32347/2076-815x.2019.71.434-445

ВИКОРИСТАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕРМОНАПРУЖЕНОГО СТАНУ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ В УМОВАХ ЙОГО ПОВЗУЧОСТІ

Основною особливістю задач аналізу термопружного напружено-деформованого стану асфальтобетонного дорожнього покриття в умовах його повзучості є їх багатопараметричність. Зокрема, конструкції подібних дорожніх покриттів є істотно неоднорідними. Зазвичай у дорожньому будівництві асфальтобетонних покриттів застосовуються шарувато-неоднорідні дорожні покриття, які до того ж проявляють властивості повзучості, характерні для бетону. Тому при математичному моделюванні механічних процесів, що протікають при їх експлуатації, доводиться мати справу з властивою їм специфікою розподілу полів деформації, напружень та температури. Справа у тому, що функції деформації, напружень, переміщень, які виникають у них, спадкові властивості самого покриття, як правило, виявляються розривними і їх слід описувати доволі складними аналітичними й чисельними засобами (інтегральні/диференціальні рівняння). З цією особливістю пов'язане і істотне ускладнення механічних явищ, котрі спостерігаються в них.

Оскільки при експлуатації покриття дороги піддаються не тільки дії інтенсивних швидкозмінних (найчастіше, розривних) за просторовими і часовими змінними навантажень, але також і постійно тепловим збуренням, котре еволюціонує, з істотними градієнтами, проектування їхніх конструкцій має проводитись на основі вибору оптимальних (раціональних) характеристик матеріалів, що використовуються, їх термомеханічних та спадкових властивостей.

Запропонована система безконтактного вимірювання температури на основі мікропроцесорної системи. Отриманий за допомогою мікропроцесорної системи розподіл температури дає додаткову діагностичну інформацію про

температуру у прошарках дорожнього асфальтобетонного покриття у режимах реальної експлуатації останнього.

Ключові слова: мікропроцесори, система, контроль, параметри, термонапружений стан, асфальтобетонне дорожнє покриття, повзучість.

Постановка проблеми. Відоме вигідне географічне розташування України на шляху основних транзитних потоків між Європою та Азією, а також розгалужена мережа автомобільних доріг з асфальтобетонним покриттям створюють всі необхідні передумови для збільшення обсягів транзиту країною вантажів. Проте сучасна транспортна галузь держави досі конче потребує комплексного розвитку, а якість дорожніх сполучень як була, так і лишається для України надзвичайно гострою проблемою. Одним із факторів, що суттєво впливають на якість автомобільних доріг з асфальтобетонним покриттям, є кліматичні умови. Як правило, незадовільний стан таких доріг безпосередньо пов'язаний з частими перепадами навколишньої температури.

Слід зазначити, що основна особливість задач аналізу термопружного напружено-деформованого стану дорожнього обшиву є їх багатопараметричність. Перш за все конструкції дорожніх покриттів є істотно неоднорідними. В механіці суцільних середовищ, які мають властивості повзучості, зазвичай розрізняють шарувато-неоднорідні середовища, у яких власне середовище складається з декількох пружних прошарків з різними термомеханічними характеристиками, а також градієнтно-неоднорідні середовища, властивості яких змінюються за просторовими змінними безперервним способом. Оскільки у дорожньому будівництві, в основному, застосовуються шарувато-неоднорідні дорожні покриття, то при математичному моделюванні механічних процесів, що протікають при їх реальній експлуатації, доводиться мати справу з властивою їм специфікою розподілу полів деформацій, напружень, температури. Функції деформацій, напружень, переміщень, які в них виникають, слід описувати складними аналітичними/чисельними засобами, зокрема, із застосуванням методів математичної фізики, диференціальних та інтегральних рівнянь, а також теорії спадкової механіки твердих тіл, яка адекватно враховує і моделює властивості повзучості, притаманні бетону, що входить до складу асфальтобетонного покриття (як, до речі, і самому асфальтобетонному покриттю). З цими особливостями пов'язане й істотне ускладнення механічних явищ, що спостерігаються у дорожньому покритті. Оскільки при експлуатації покриття дороги піддаються дії інтенсивних швидкоплинних за просторовими і часовими змінними навантажень, тепловим збуренням, котрі еволюціонують,

проектування їхніх конструкцій має проводитись на основі вибору оптимальних (або раціональних) характеристик матеріалів, що використовуються, їх термомеханічних властивостей, геометричних параметрів проєктованих прошарків покриття. Цей вибір може бути зроблений за допомогою моделювання термонапруженого стану асфальтобетонного покриття, в якому слід врахувати еволюцію вказаного стану у часі.

Методи безконтактного вимірювання температури асфальтобетонного дорожнього покриття автомобільних доріг знаходять широке застосування у практиці, при реальній експлуатації доріг такого типу, особливо там, де прямий контакт вимірювального обладнання з покриттям неможливий, важкодоступний чи взагалі небажаний.

Використання таких методів передбачає визначення температури на основі вимірних значень неконтактним (дистанційним) способом. При цьому визначаються величини інтенсивностей теплового випромінювання з поверхні покриття.

Перспективним способом безконтактного вимірювання температури дорожнього покриття асфальтобетонного типу є використання інфрачервоних датчиків і подальша побудова форми температурної кривої у часі. Застосування таких датчиків і мікропроцесорної системи дозволить реалізувати спосіб безконтактного вимірювання температури дорожнього покриття з найменшою похибкою.

Аналіз публікацій по темі дослідження. Спадкова механіка Больцмана-Вольтера описує процеси, при яких стан механічної системи залежить від всієї історії дій, що були здійснені над системою. Значний розвиток цієї теорії в останні десятиліття визначався численними технічними застосуваннями, пов'язаними із вивченням повзучості матеріалів (зокрема, бетону) [1]. Саме у роботах [1,2] викладені формальні основи теорії, застосування її до опису поведінки реальних матеріалів і деякі методи розв'язку задач лінійної спадкової теорії пружності. Застосуванням спадкової теорії пружності до бетону присвячена велика кількість літератури, а у статті [3] присутня доволі детальна бібліографія з цього приводу. Основи термопружності викладені у [4]. Розв'язку динамічних задач термопружності присвячена робота [5]. У роботах [6-8] розглянуті деякі проблеми моделювання та визначення параметрів термонапруженого стану покриттів автомобільних доріг.

У роботах [9-11] викладені основи впровадження мікропроцесорної системи контролю температури для біооб'єктів.

У даному дослідженні будуть частково використані результати цитованих вище робіт.

Мета роботи полягає у обґрунтуванні моделі термонапруженого стану асфальтобетонного дорожнього покриття в умовах його повзучості та системи контролю температури цього покриття засобами мікропроцесорної техніки.

Виклад основного змісту дослідження.

1. Основні положення теорії повзучості асфальтобетонного дорожнього покриття автомобільних доріг.

Розглянемо більш детально теорію повзучості асфальтобетонного дорожнього покриття автомобільних доріг, викладену у [2].

Основне рівняння одновимірної теорії приймаємо наступним:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{E(t)} - \int_{\tau_1}^t \delta(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left[\frac{1}{E(\tau)} + C(t, \tau) \right] d\tau, \quad (1)$$

де ε деформація, δ напруження, t час, $E(t)$ модуль пружності матеріалу, $t = \tau_1$ момент початку деформування матеріалу. На основі обробки експериментальних даних для асфальтобетонних покриттів і загальних міркувань, викладених у [1], функція $C(t, \tau)$ обирається наступним чином:

$$C(t, \tau) = \varphi(\tau) \{1 - \exp[-\gamma(t - \tau)]\}, \quad \varphi(\tau) = C_0 + \frac{A_1}{\tau}. \quad (2)$$

У (2) C_0 , A_1 , γ константи матеріалу. Рівняння (1) має ядро типу:

$$K(t, \tau) = h(\tau) \varphi(t - \tau). \quad (3)$$

Точніше, воно зводиться до цього вигляду, якщо у якості функціонального аргументу прийняти, наприклад, не $\delta(t)$, а $\delta_{(t)} / E(t)$. Нижня границя інтегрування у (1) прийнята рівною не нулю, а τ_1 . Фізичний зміст τ_1 наступний: ця величина також є константою матеріалу, а саме відповідає часу після укладання, починаючи з котрого ($t = \tau_1$) про асфальтобетон можна казати як про спадково-пружне тіло. Приймаючи нижню границю інтегрування у (1) відмінною від нуля, ми виключаємо не інтегровану особливість функції $\varphi(\tau)$ при $\tau = 0$.

Подальше уточнення формули (2) досягається за рахунок того, що у виразі для $\varphi(\tau)$ додаються члени, які мають більш високі ступені $1/\tau$, а у фігурній дужці додаються експоненціальні члени.

Позначимо через $\delta_0(t)$ величину $E(t)\varepsilon$: це є “миттєве” напруження, що відповідає даній деформації $\varepsilon(t)$ за законом Гука при тому значенні модуля пружності, котре він приймає у даний момент часу. Тепер рівняння (1) можна переписати наступним чином:

$$\delta_0 = (1 - K^*) \cdot \delta, \quad (4)$$

де оператор K^* можна подати [1] як:

$$K^* \equiv K(t, \tau) = E(t) \frac{\partial}{\partial \tau} \left\{ \frac{1 \cdot (\dots)}{E(\tau)} + \varphi(\tau) \cdot (\dots) \cdot [1 - \exp(-\gamma(t - \tau))] \right\}. \quad (5)$$

Ядро (5), взагалі кажучи, вже не належить до типу (1): воно має у якості множника ще функцію від t . Однак процедура приведення інтегрального рівняння до диференціального, описана у [1], може бути застосована і для рівняння з ядром (5). Після виконання необхідних операцій ми отримаємо:

$$\frac{d^2 \delta}{dt^2} + \frac{d\delta}{dt} \left[\gamma(1 + E\varphi) - \frac{E'}{E} \right] = \frac{d^2 \delta_0}{dt^2} + \frac{d\delta_0}{dt} \left(\gamma - 2 \frac{E'}{E} \right) - \delta_0 \left[\frac{E'}{E} \left(\gamma - 2 \frac{E'}{E} \right) + \frac{E''}{E} \right], \quad (6)$$

де $E' = E(1 - \Gamma_c)$, $E'' = (\Gamma_s)$, $\Gamma_c = \int_0^\infty \Gamma(z) \cos \omega z dz$, $\Gamma_s = \int_0^\infty \Gamma(z) \sin \omega z dz$, $\Gamma(z)$ ядро релаксації, а комплексний модуль пружності матеріалу є сумою $E' + i \cdot E''$, $i^2 = -1$, ω частота коливань [1]. У (6) вважаємо $E = const$. Розв'язок цього рівняння (6) відносно напруження $\delta(t)$ при припущенні, що деформація $\varepsilon(t)$, чи, відповідно, $\delta_0(t)$, задана, приводиться до наступного вигляду:

$$\begin{aligned} \delta(t) = & \delta_0(t) - \gamma \cdot E \cdot \delta_0(0) \cdot \varphi(0) \cdot \int_0^t \exp[\eta(t)] dt - \\ & - \gamma E \int_0^t \exp[-\eta(\tau)] d\tau \int_0^\tau \delta'_0(z) \exp[\eta(z)] \varphi(z) dz. \end{aligned} \quad (7)$$

У (7) введені позначення: $\delta'_0(z) = \frac{d\delta_0(z)}{dz}$;

крім того, $\eta(\tau) = \gamma \cdot \int_0^\tau [1 + E \cdot \varphi(\tau)] d\tau$.

Якщо функція φ має структуру (2), тоді для задачі про релаксацію, коли деформація є постійною величиною, відповідно, $\delta_0 = const$, інтеграли у (7) можуть бути зведені до неповних гамма-функцій, і результат буде наступним [1]:

$$\delta = \delta_0 \left\{ 1 - \gamma E r^{p-1} \left(\frac{A_1}{\tau_1} + C_0 \right) \tau_1^p \exp(r\tau_1) [\tilde{\gamma}(1 + p, r\tau_1) - \tilde{\gamma}(1 + p, r\tau_1)] \right\}. \quad (8)$$

Тут використане стандартне позначення:

$$\tilde{\gamma}(\alpha, x) = \int_0^x \exp(-t) \cdot t^{\alpha-1} dt, \quad (9)$$

а також введені наступні позначення: $p = \gamma \cdot A_1 \cdot E$, $r = \gamma \cdot (1 + E \cdot C_0)$.

За даними Аругюняна Н.Х. [2], величина p знаходиться у межах $0 \leq p \leq 1$. Матеріали, для яких p близьке до нуля, називаються швидко старіючими; для цих матеріалів функція змінюється слабко і ядро спадковості майже не залежить від віку.

При розгляді просторових задач у теорії повзучості бетону приймається, що коефіцієнт Пуассона постійний. Якщо на поверхні задані навантаження, тоді розподіл напружень у кожний момент t визначається діючими у цей же час t навантаженнями і знаходиться у розв'язку задачі звичайної теорії пружності. Єдиний спадковий оператор \tilde{E} , що визначає зв'язок між напруженнями і деформаціями, задається рівнянням (1). Підставляючи у нього замість δ величини δ_{ij} , знайдемо компоненти деформації ε_{ij} квадратурами.

Задачі іншого типу, коли на границі задані переміщення як функції часу, можна назвати релаксаційними задачами. Оператори $\tilde{\lambda}$ й $\tilde{\mu}$ пропорціональні \tilde{E} , а саме: $\tilde{\lambda} = \frac{E}{E} \lambda$, $\tilde{\mu} = \frac{E}{E} \mu$. Співвідношення між напруженнями і деформаціями можна написати у вигляді:

$$\delta_{ij} = \frac{\tilde{E}}{E} \cdot (\lambda \cdot \theta \cdot \delta_{ij} + 2\mu \cdot \varepsilon_{ij}), \quad (10)$$

де δ_{ij} тензорна одиниця, θ температура, (λ, μ) коефіцієнти Ламе.

Якщо разом зі спадково-пружною деформацією у тілі створюється вимушена деформація ε_{ij}^* температурна або усадочна деформація асфальтобетону, тоді у рівняннях (10) фігурує не повна деформація, а та, котра залишається після віднімання вимушеної, відповідно, у (10) слід покласти:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \cdot (u_{i,j} + u_{j,i}) - \varepsilon_{ij}^*. \quad (11)$$

Підставляючи (11) у (10), вносячи у рівняння рівноваги і не враховуючи операторний множник \tilde{E}/E , отримаємо наступні рівняння для переміщень:

$$(\lambda + \mu) \cdot \theta_{,i} + \mu \cdot \Delta u_i + G_i = 0, \quad (12)$$

де: $G_i = \lambda \cdot \theta^*_{,i} + 2\mu \cdot \varepsilon_{ij,j}^*$, а кома й наступний індекс після неї означає у (11), (12) диференціювання по координаті x_i (просторовій, $i = \overline{1,3}$). У випадку температурної деформації чи усадки, $\varepsilon_{ij}^* = \frac{1}{3} \cdot \theta^* \cdot \delta_{ij}$ відповідно:

$$G_i = \left(\lambda + \frac{2}{3} \mu \right) \cdot \theta^*_{,i}. \quad (13)$$

Розв'язавши рівняння (12) за заданих на границі переміщення x $u_i = \hat{u}_i(t)$, обчислимо спадково-пружні деформації й відповідні миттєві пружні напруження:

$$\delta_{ij}^0 = \lambda \cdot \theta \cdot \delta_{ij} + 2\mu \cdot \varepsilon_{ij}. \quad (14)$$

Реальні напруження δ_{ij} будуть тепер змінюватись у часі у відповідності з рівняннями (7) чи (8), де у величин δ та δ_0 слід проставляти відповідні індекси.

У якості загального зауваження, яке відноситься до теорії лінійної спадкової пружності старіючих матеріалів (асфальтобетону), слід сказати, що принцип Вольтерра зберігає силу і тоді, коли оператори є нерізницевими. Однак некомутативність таких операторів примушує ретельно слідкувати за порядком їх перемноження.

Розглянемо далі основні принципи створення та структурно-функціональну схему мікропроцесорної системи контролю температури дорожнього асфальтобетонного покриття.

Слід зазначити, що методи безконтактного вимірювання температури знаходять широке застосування у практиці будівництва автомобільних шляхів, особливо там, де прямий контакт вимірювального обладнання з поверхнею дорожнього покриття неможливий, важкодоступний чи взагалі небажаний. Використання таких методів передбачає визначення температури на основі безконтактного вимірювання значень інтенсивності теплового випромінювання з поверхні дорожнього покриття (на кшталт неінвазивного вимірювання значень інтенсивності теплового випромінювання з поверхні тканин біологічних об'єктів [9, 11]).

Перспективним способом безконтактного вимірювання температури є використання інфрачервоних датчиків і подальша побудова форми температурної кривої в часі. Застосування таких датчиків і мікропроцесорної системи дозволить реалізувати спосіб безконтактного вимірювання температури дорожнього покриття з найменшою похибкою.

Принцип безконтактного вимірювання температури полягає у наступному. Відомо, що повна енергія, яка випромінюється з одиниці поверхні дорожнього покриття у одиницю часу, визначається законом Стефана-Больцмана:

$$M_T^0 = \tilde{\varepsilon} \cdot \delta \cdot T^4, \quad (15)$$

де $\tilde{\varepsilon} < 1$ випромінювальна здатність, що залежить від матеріалу і від стану та температури його поверхні, $\delta = 5,67032 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) постійна Стефана-Больцмана, T температура дорожнього покриття, °К.

Якщо випромінювальна здатність $\tilde{\varepsilon}$ залежить від довжини хвилі, тоді зв'язок між дійсною (T_i) і вимірюваною температурою (T_m) визначається виразом:

$$\frac{1}{T_i} = \frac{1}{T_m} + \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2}{c_2 \cdot (\lambda_2 - \lambda_1)} \cdot \ln \left(\frac{\tilde{\epsilon}_{\lambda_1}}{\tilde{\epsilon}_{\lambda_2}} \right), \quad (16)$$

$c_2 = 1,4388 \cdot 10^{-2}$ м(°К) друга константа випромінювання. $\tilde{\epsilon}_{\lambda_1}$ й $\tilde{\epsilon}_{\lambda_2}$ коефіцієнти випромінювальної здатності дорожнього покриття на довжинах хвиль λ_1 та λ_2 .

Інфрачервоні сенсори для мікропроцесорної системи мають максимальний відгук у двох спектральних діапазонах, один у короткохвильовій області спектра, інший у довгохвильовій області. Смуги спектральної чутливості цих приймачів складають (10...100) нм, що виключає похибку, яка обумовлена мінливістю $\tilde{\epsilon}_{\lambda_1}$ й $\tilde{\epsilon}_{\lambda_2}$ [10].

Структурно-функціональна схема мікропроцесорної системи зводиться до наступної.

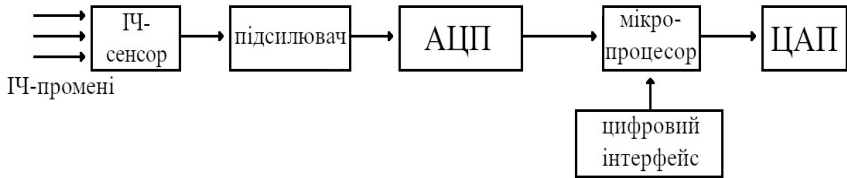


Рис. 1. Блок-схема інфрачервоного пірометра для вимірювання температури дорожнього асфальтобетонного покриття автомобільної траси

Інфрачервоний датчик температури (ІЧ-сенсор) реєструє температуру і перетворює в електричний сигнал, який відповідає інтенсивності випромінювання. Потім сигнал посилюється і може бути використаний після АЦП для подальшої обробки. Цифрова обробка сигналу на основі мікропроцесора забезпечує перетворення сигналу у вихідне значення, яке пропорціональне температурі об'єкта (у даному випадку – дорожнього одягу), яке потім або відображається на дисплеї цифрового інтерфейсу, або надається після ЦАП як аналоговий сигнал.

Оскільки значення випромінювальної здатності дорожнього одягу ϵ_λ при одній і тій же температурі не змінюється з довжиною хвилі (λ) застосування декількох ІЧ-сенсорів зменшує інструментальну похибку і є оптимальним при оцінці впливу форми поверхні дорожнього одягу на спектральну залежність випромінювальної здатності (ϵ_λ).

ВИСНОВКИ

1. Подальша розробка і практична реалізація системи безконтактного вимірювання температури дорожнього одягу на декількох ІЧ-датчиках і

мікропроцесорній системі дозволяє значно підвищити точність вимірювань температури.

2. Отриманий за допомогою мікропроцесорної системи розподіл температур у дорожньому одязі дає додаткову діагностичну інформацію про внутрішню температуру прошарків вказаного одягу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. /Ю.Н. Работнов. - Москва: Наука, 1977. – 384 с.
2. Арутюнян Н.Х. Некоторые вопросы теории ползучести/Н.Х. Арутюнян. - Москва: Гостехиздат, 1952. - 280 с.
3. Арутюнян Н.Х. Ползучесть стареющих материалов. Ползучесть бетона/Н.Х.Арутюнян//Известия АН СССР. Механика твердого тела.1967. №6.- С. 95-126.
4. Коваленко А.Д. Основы термоупругости/А.Д.Коваленко. - Киев: Наукова думка, 1970. - 239 с.
5. Новацкий В. Динамические задачи термоупругости/В. Новацкий.М.: Мир, 1970. – 256 с.
6. Мозговой В.В. Повышение гидроизоляционной способности асфальтобетонного покрытия/В.В.Мозговой//Проблемы механики и строительства транспортных сооружений: Труды II Международной научно-практической конференции. - Алматы, 2015. - С.54-60.
7. Radovsky B. Ways to reduce low-temperature cracking of asphalt pavements/B.Radovsky, V.Mozgovoj//4-th Eurobitum Symposium. Summarses and papers. - Madrid, 4-9 oct.Vol/1. -P. 571-575.
8. Гайдайчук В.В. Чисельне моделювання термонапруженого стану шаруватого покриття автомобільної дороги/В.В. Гайдайчук, В.В. Мозговий, Ю.О. Заєць, Л.В. Шевчук//Опір матеріалів і теорія споруд. – К.: КНУБА, 2017.- Вип. 98. - С. 56-69.
9. Rock Engineering Reserch Foundation Stiftelsen Bergteknisk Forskning. Praktikal Appliction of 3D Lazer Scanning Techniques tj Underground Projects, phase 2-3. Quanhong Feng:MultiInao 3D Lazer Scan Solution AB, Be Fj Report, Stockholm, 2012.P/60/[Електронний ресурс].Режим доступу: http://www.befoonline.org/User Files/Archive/250/Rapport_114_NY_G5.pdf.
10. Фрунзе А. Пирометры спектрального отношения. Преимущества, недостатки, пути их устранения/А.Фрунзе//Фототоника. 2009. №4.
11. Шликов В.В. Мікропроцесорна система контролю температури біоб'єкту/В.В. Шликов, О.М. Воляник//Міжнародний науковий журнал 'Інтернаука", №13(53). 2018. - С.66-68.

к.т.н., доцент Човнюк Ю. В.,
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
доцент Чередниченко П.П., к.т.н., доцент Остапущенко О.П.,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ В УСЛОВИЯХ ЕГО ПОЛЗУЧЕСТИ

Основной особенностью задач анализа термоупругого напряженно-деформированного состояния асфальтобетонного дорожного покрытия в условиях его ползучести есть их многопараметричность. Так, конструкции подобных дорожных покрытий есть существенно неоднородными. Обычно в дорожном строительстве асфальтобетонных покрытий применяются слоисто-неоднородные дорожные покрытия, которые к тому же проявляют свойства ползучести, характерные для бетона. Поэтому при математическом моделировании механических процессов, протекающих при их эксплуатации, приходится иметь дело с присущей им спецификой распределения полей деформации, напряжений и температуры. Дело в том, что функции деформаций, напряжений, перемещений, которые возникают в них, наследственные свойства самого покрытия, как правило, оказываются разрывными и их следует описывать довольно сложными аналитическими и численными способами (интегральные и дифференциальные уравнения). С этой особенностью связано и существенное усложнение механических явлений, наблюдаемых в них.

Поскольку при эксплуатации покрытия дороги подвержены не только воздействию интенсивных быстросменяемых (чаще всего, разрывных) по пространственным и временным переменным нагрузкам, но также и постоянно тепловым возмущением, которое эволюционирует, с существенными градиентами, проектирование их конструкций должно проводиться на основе выбора оптимальных (рациональных) характеристик используемых материалов, их термомеханических и наследственных свойств.

Предложена система бесконтактного измерения температуры на базе микропроцессорной системы. Полученное с помощью микропроцессорной системы распределение температуры дает дополнительную диагностическую информацию о температуре в прослойках дорожного асфальтобетонного покрытия в режиме реальной эксплуатации последнего.

Ключевые слова: микропроцессоры, система, контроль, параметры, термонапряженное состояние, асфальтобетонное дорожное покрытие, ползучесть.

Ph.D., Professor ISA Chovnyuk Y.V.,
Nathional University of Bioresources and Life Sciences of Ukraine,
Associate Professor Cherednichenko P.P., Ph.D., Associate Professor
Ostapushchenko O.P., Kyiv National University of Construction and Architecture

MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM USAGE OF ASPHALT CONCRETE PAVEMEN THERMAL STRESS PARAMETERS UNDER IT'S CREEP CONDITIONS

Multi-parameter is the main thermoelastic stress-strain state of asphalt-concrete pavement task in the conditions of its creep. Such pavement structures are substantially heterogeneous separately. During road construction made of asphalt concrete pavements, layered heterogeneous pavements are used as usual which, besides, show concrete creep properties characteristic. Therefore, during the mechanical processes mathematical modeling we have to deal with the inherent specificity of the distribution of fields of strain, stress and temperature. It's because of the deformation functions, stresses, displacements that arise in them, the hereditary properties of the coating, as a rule, are discontinuous and should be described by rather complex analytical and numerical means (integral / differential equations). This feature is associated with a significant mechanical phenomena observed in them complication.

During the road usage it's being undergoing by the intensive rapid effects (often breaking) with spatial and temporal variable loads, but also the constant thermal perturbation, which evolves, with significant gradients, the design of their structures should be based on the optimal choice of characteristics materials used and their thermomechanical and hereditary properties.

A contactless temperature measurement system based on a microprocessor system is proposed. The temperature distribution obtained by means of the microprocessor system gives additional diagnostic information about the road made of asphalt concrete layers temperature in the modes of actual latter operation.

Keywords: microprocessors, system, control, parameters, thermal stress, asphalt pavement, creep.

REFERENCES

1. Rabotnov Yu.N. Элементы наследственной механики твердых тел. /Yu.N. Rabotnov. - Moskva: Nauka, 1977. – 384 s.
2. Arutiunian N.Kh. Некоторые вопросы теории ползучести/N.Kh. Arutiunian. - Moskva: Hostekhyzdat, 1952. - 280 s.
3. Arutiunian N.Kh. Polzuchest stareishchikh materialov. Polzuchest betona/N.Kh.Arutiunian//Yzvestiya AN SSSR. Mekhanika tverdogo tela.–1967.–№6.–S. 95-126.
4. Kovalenko A.D. Основы термодупрости/A.D.Kovalenko.– - Kyev: Naukova dumka, 1970. - 239 s.
5. Novatskiy V. Dynamicheskiye zadachy termopruprosty/V. Novatskiy.–M.: Myr, 1970. - 256 s.
6. Mozghovoi V.V. Povysheniye hydrozoliatsyonnoi sposobnosti asfaltobetonnoho pokrytiya/V.V.Mozghovoi//Problemy mekhaniky y stroitelstva transportnykh sooruzheniy: Trudy II Mezhdunarodnoi nauchno-praktycheskoi konferentsyy. - Almaty, 2015. - S. 54-60.
7. Radovsky B. Ways to reduce low-temperature cracking of asphalt pavements/B.Radovsky, V.Mozgovoy//4-th Eurobitum Symposium. Summarsed and papers. - Madrid, 4-9 oct.–Vol/1. –P. 571-575.
8. Haidaichuk V.V. Chyselne modeliuвання термонапруженого стану шаруватого покриття автомобільної дороги/V.V. Haidaichuk, V.V. Mozghoviy, Yu.O. Zaiets, L.V. Shevchuk//Opir materialiv i teoriia sporud. – K.: KNUBA, 2017. Vyp. 98. - S. 56-69.
9. Rock Engineering Reserch Foundation Stiftelsen Bergteknisk Forskning. Praktikal Applicftion of 3D Lazer Scanning Techniques tj Underground Projects, phase 2-3. Quanhong Feng:MultiInao 3D Lazer Scan Solution AB, Be Fj Report, Stockholm, 2012.–P/60/[Elektronnyi resurs].–Rezhym dostupu: http://www.befoonline.org/User Files/Archive/250/Rapport_114_NY_G5.pdf.
10. Frunze A. Pyrometry spektralnoho otnosheniya. Preymushchestva, nedostatky, puty ykh ustraneniya/A.Frunze//Fototonyka. 2009. №4.
11. Shlykov V.V. Mikroprotsesorna systema kontroliu temperatury bioob'ektu/V.V. Shlykov, O.M. Volianyk//Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal ‘Internauka’, №13(53). 2018. - S. 66-68.