

УДК 539.3

## ВИБІР МОДЕЛІ ДОРОЖНЬОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗА НЕСТАЦІОНАРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Є.Г. Янютін, професор, д.т.н., Д.І. Богдан, доцент, к.т.н.,  
О.В. Воропай, доцент, к.т.н., С.І. Поваляєв, доцент, к.т.н., ХНАДУ

*Анотація.* Проведено аналіз і обґрунтування вибору математичної моделі дорожньої конструкції для розв'язку обернених нестационарних задач (ідентифікації). Критеріями вибору були простота моделі в математичному плані та достатня адекватність опису властивостей дорожньої конструкції при її нестационарному деформуванні.

*Ключові слова:* дорожня конструкція, моделювання, пластина, основа, нестационарне деформування, ідентифікація.

## ВЫБОР МОДЕЛИ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ НАГРУЖЕНИИ

Е.Г. Янютин, профессор, д. т. н., Д.И. Богдан, доцент, к.т.н.,  
А.В. Воропай, доцент, к.т.н., С.И. Поваляев, доцент, к.т.н., ХНАДУ

*Анотация.* Проведен анализ и обоснование выбора математической модели дорожной конструкции для решения обратных нестационарных задач (идентификации). Критериями выбора были простота модели в математическом плане и досточная адекватность описания свойств дорожной конструкции при её нестационарном деформировании.

*Ключевые слова:* дорожная конструкция, моделирование, пластина, основание, нестационарное деформирование, идентификация.

## SELECTION OF ROAD CONSTRUCTION MODEL FOR SOLVING IDENTIFICATION PROBLEMS AT NON-STATIONARY LOADING

Y. Yaniutin, Professor, Doctor of Technical Science,  
D. Bogdan, Associate Professor, Candidate of Technical Science,  
A. Voropay, Associate Professor, Candidate of Technical Science,  
S. Povalyaiev, Associate Professor, Candidate of Technical Science, KhNAHU

*Abstract.* The analysis and grounding of road construction mathematical model choice for solving inverse non-stationary problems, particularly, different types of identification problems, are carried out. The selection criteria are: mathematical simplicity of the model and reasonable model adequacy of road construction properties at its non-stationary deforming.

*Key words:* road construction, modelling, plate, foundation, non-stationary deforming, identification.

### Вступ

Дорожня конструкція складається з дорожнього покриття, яке сприймає вплив транспортних засобів та шарів основи. На сьогодні є актуальними різні задачі ідентифікації параметрів дорожнього одягу. Для

вивчення впливу транспортних засобів на дорожню конструкцію та розв'язку різних типів задач ідентифікації необхідно мати математичну модель дорожньої конструкції, яка б достатньо точно відображала деформаційні процеси, що відбуваються в реальній дорожній конструкції.

### Аналіз публікацій

Проблемі моделювання дорожньої конструкції присвячено низку наукових праць, зокрема [1-2], в яких розглядаються різного типу моделі. Більшість цих моделей призначена для визначення напружено-деформованого стану дорожньої конструкції, що знаходиться під впливом навантаження від дії транспортних засобів. Значно менше досліджень присвячено розробці математичних моделей для розв'язку різних типів задач ідентифікації, які дозволяють вирішити такі важливі проблеми, як відновлення навантаження на дорожню конструкцію від транспортного засобу або ідентифікація механічних параметрів дорожньої конструкції. На основі розв'язку ідентифікаційних задач у дорожній індустрії виник напрям, що займається неруйнівним аналізом дорожніх конструкцій. Відомо, що це найбільш перспективний вид діагностики як дорожніх покриттів, так і основ [3]. Але не можна вважати повністю розв'язаною проблему вибору моделі дорожньої конструкції. Вказана проблема є актуальною.

### Мета та постановка задачі

Метою роботи є вибір динамічної моделі дорожньої конструкції, яка б водночас достатньо точно відображала деформаційні процеси, що відбуваються в реальній дорожній конструкції, та була б не дуже складною для розв'язку відповідних задач ідентифікації.

### Вибір моделі дорожньої конструкції

Для ефективного розв'язку задач ідентифікації, враховуючи їх складність, математична модель має відповідати реальній дорожній конструкції, та водночас бути достатньо простою в математичному плані. Цим зумовлений вибір параметрів математичної моделі.

Структура дорожньої конструкції. На рис. 1, *a* наведено приклад реальної дорожньої конструкції, що складається зі среднезернистого асфальтобетону, покриття з очесів з добавкою цементу, мінерального бетону і основного ґрунту. Найбільш точною моделлю дорожньої конструкції, що їй відповідає, була б модель тришарової пластини, що лежить на основі (рис. 1, *б*). Але ця модель складна для розв'язку обернених задач. Альтернативою їй є спрощена модель, що складається із пластини середньої товщини і

пружної двосторонньої інерційної основи типу Власова-Леонтьєва (рис. 1, *в*).

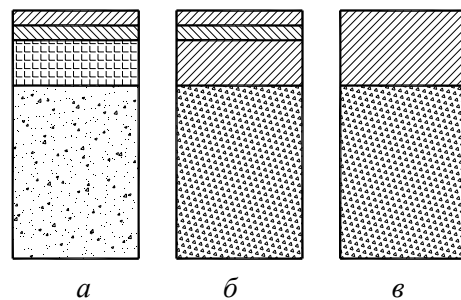


Рис. 1. Можливі моделі дорожньої конструкції: *a* – реальна дорожня конструкція; *б* – точна аналітична модель; *в* – модель, що приймалася для розрахунків

Для моделювання дорожніх конструкцій може бути застосована також модель, що складається з шару і напівпростору. До недоліків даної моделі можна віднести те, що дорожній одяг має скінченні розміри: ширину і товщину дорожньої основи. Таким чином, це свого роду ідеалізація, що є застосовною для моделювання статичних і квазідинамічних процесів, але її суперечливо застосовувати для адекватного моделювання динаміки, особливо за нестационарних навантажень.

Моделювання пластини залежно від її товщини. Пластини за товщиною розподіляють на три класи:

1. Тонкі пластини.
2. Пластини середньої товщини.
3. Товсті пластини.

Тонкі пластини можна моделювати відповідно до класичної теорії Кірхгофа. Внаслідок прийнятих припущень класична теорія поперечних коливань може бути застосовна лише для пластин, у яких відношення ширини до товщини більше 7. Рівняння руху тонкої пластини, відповідно до класичної теорії Кірхгофа, має вигляд

$$D \cdot \left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) + \rho \cdot h \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial t^4} = P(x, y, t), \quad (1)$$

де  $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$  – циліндрична жорсткість пластини;  $\rho$  – щільність матеріалу пластини;



