

УДК 625.72

Ряпухін В.М., канд. техн. наук, **Саркісян Г.С.**

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНІСНИХ І ДЕФОРМАТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШАРІВ НЕЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ ЗА КРИВИМИ ПРОГІНІВ

Анотація. У статті розглянуто особливості визначення міцнісних і деформативних характеристик шарів дорожнього одягу за кривими прогинів. Проведений аналіз існуючих методів оцінки міцності дорожніх одягів. Запропонований новий удосконалений метод розрахунку нежорстких дорожніх одягів за кривою прогинів з урахуванням розподільчої здатності покриття і основи.

Об'єкт дослідження – нежорсткий дорожній одяг.

Мета роботи – удосконалення методу розрахунку нежорстких дорожніх одягів за кривою прогинів.

Методи дослідження – аналітико-експериментальні.

Ключові слова: дорожній одяг, метод розрахунку, модуль пружності, розподільча здатність, крива прогинів.

UDC 625.72

Riapukhin V.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), **Sarkisian H.S.**

FEATURES OF CALCULATION OF STRENGTH AND DEFORMATION CHARACTERISTICS OF FLEXIBLE ROAD PAVEMENT LAYERS USING DEFLECTION CURVES

Abstract. This article considers the features of the calculation of the strength and deformation characteristics of road pavement layers using deflection curves. The current methods of road pavement strength calculation are analyzed. An advanced method of flexible road pavement calculation using deflection curves is proposed taking into account the distributive capacity of pavement (coating) and base. The object of research is flexible road pavement.

The purpose is to improve the method of flexible road pavement calculation using deflection curves.

The research methods are analytical and experiment based ones.

Keywords: road pavement, calculation method, elasticity modulus, distributive capacity, deflection curve.

УДК 625.72

Ряпухин В.Н., канд. техн. наук, **Саркісян Г.С.**

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЕВ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПО КРИВЫМ ПРОГИБОВ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности определения прочностных и деформативных характеристик слоев дорожной одежды по кривым прогибов. Проведен анализ существующих методов оценки прочности дорожных одежд. Предложен новый усовершенствованный метод расчета нежестких дорожных одежд по кривой прогибов с учетом распределительной способности покрытия и основания.

Объект исследования – нежесткая дорожная одежда.

Цель работы – усовершенствование метода расчета нежестких дорожных одежд по кривой прогибов.

Методы исследования – аналитико-экспериментальные.

Ключевые слова: дорожная одежда, метод расчета, модуль упругости, распределительная способность, кривая прогибов.

Вступ

Основними тенденціями розвитку сучасного транспортного процесу є значне зростання інтенсивності, збільшення навантажень на вісь транспортних засобів, збільшення долі важких вантажних автомобілів у складі руху транспорту. Ці фактори зумовлюють зростання вимог до міцності і надійності автомобільної дороги. Тому необхідно приділяти велику увагу оперативності та надійності визначення міцнісних та деформативних характеристик дорожніх одягів, що експлуатуються або вводяться в експлуатацію.

Для оцінки міцності дорожніх одягів за вимірною величиною прогину застосовують методи статичного і динамічного навантаження на конструкцію дорожнього одягу [1-3]. Існуючі методи оцінки міцності нежорстких дорожніх одягів за величиною прогину покриття дають змогу визначити тільки загальний модуль пружності, а для визначення модулів пружності шарів покриття необхідні пошарові випробування жорстким штампом з розкриттям дорожнього одягу. Розкриття дорожнього одягу, по-перше, є доволі трудомісткою роботою, по-друге, при цьому руйнується покриття дорожнього одягу.

Існують також методи діагностики дорожніх одягів на вібраційній основі. Зокрема, це випробування щодо визначення розрахункових характеристик асфальтобетонних шарів дорожнього одягу та їх товщини за параметрами розповсюдження поверхневих хвиль Релея від імпульсного навантаження [4]. Такі методи дозволяють визначити модуль пружності верхнього шару покриття, але не дають достатньої інформації про його стан та модуль пружності основи.

На даний час конструювання та розрахунки дорожніх одягів зведено до автоматизованого розрахунку за основними критеріями міцності. Для підвищення надійності та достовірності проектування підсилення чи реконструкції дорожнього одягу необхідно мати дані модулю пружності основи, фактичного модулю пружності шару покриття та товщини покриття. На цей час це досить затратна та трудомістка задача.

Introduction

The main trends of the development of a modern transport process are the considerable increase of traffic intensity and load on a vehicle axle as well as a heavy truck share in a transport traffic flow. These factors stipulate tough requirements to road strength and reliability. So, it is necessary to focus on efficiency and reliability of the calculation of the strength and deformation characteristics of pavement which is commissioned or in operation.

The methods of static and dynamic loading on a pavement structure are applied to evaluate the strength of pavement by the basis of the measured value of the deflection [1-3]. The current methods of flexible pavement strength evaluation by the value of surface deflection allow determining the overall modulus of elasticity, but it is necessary to carry out layer-by-layer tests using rigid stamp with removal of a top pavement layer for determination of the elastic moduli of the layers below. The removal of the top pavement layer is time-consuming work and the road coating is ruined.

There are also methods of pavement evaluation based on vibrating. In particular, it is the test for determination of the design characteristics and thicknesses of pavement asphalt layers by the parameters of Rayleigh surface wave propagation generated by impulse load [4]. The methods allow us to determine the elastic modulus of the top layer of pavement, though these methods do not give full information about its state and the elastic modulus of a base.

At present, the designing and calculation of pavements involve automated calculation using the basic strength criteria. It is necessary to have the data of both the elastic modulus of a base and the factual elastic modulus of a surface layer as well as surface thickness to improve reliability and validity of the design of road coating reinforcement and reconstruction. Today, it is a quite costly and labour-intensive process.

Основна частина

Метод, розроблений на кафедрі вишукувань та проектування доріг і аеродромів ХНАДУ [5, 6], полягає у поєднанні підповерхневого неруйнуючого зондування та вимірювання статичних або динамічних прогинів за спеціальною методикою, що дозволяє оцінити товщину та стан шарів покриття, визначити загальний модуль пружності дорожнього одягу та модулі пружності основи та монолітного шару покриття. Прийнята розрахункова схема і математична модель мають свої недоліки. По-перше, модуль пружності шару визначається за номограмою, наведеною в [7], яка враховує співвідношення товщини шару до діаметру площі прикладення навантаження та співвідношення загального модуля пружності до модуля шару. Розподільчі властивості конкретного шару не враховуються. Модулі пружності як монолітного так і шару основи визначається за однією і тією ж номограмою, хоча коефіцієнти розподільчої здатності цих шарів суттєво відрізняються. По-друге, якщо монолітних шарів покриття декілька, то визначається еквівалентний модуль пружності плити у випадку, коли шари покриття мають спаяний контакт. А це, як правило, не завжди відповідає фактичному стану речей.

У зв'язку з цим було взято за мету удосконалення методу оцінювання міцнісних і деформативних характеристик шарів нежорстких дорожніх одягів за параметрами кривої прогинів.

Для досягнення поставленої мети були визначені три основні проблеми:

- врахувати розподільчі властивості покриття («плитний ефект») [8];
- врахувати розподільчі властивості несучої основи;
- вирішити зворотну задачу по відновленню модулів покриття і основи за фактичними параметрами чаші прогинів.

Дані пошукового експерименту дозволяють встановити орієнтовні значення характеристик розподільчої здатності різних за структурою шарів основи [4].

Для монолітних шарів основи коефіцієнт

Main part

The method, which is developed at the Research and Designing of Highways and Aerodromes Department in Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNAHU) [5, 6], is a combination of a subsurface nondestructive sounding and the measuring of static or dynamic deflections using a special technique to evaluate a pavement layer thickness and state, determine the overall pavement elastic modulus of road coating and the elastic modulus of both a base and cast-in-situ pavement layer. The conventional design scheme and mathematical model have their disadvantages. First, the elastic modulus of a layer is determined by nomogram that is given in [7] which takes into account the ratio between layer thickness and the diameter of load application area and the ratio between an overall elastic modulus and a layer modulus. The distributive properties of a separate layer are not taken into account. The elastic moduli of both a cast-in-situ pavement layer and a base layer are determined by the same nomogram though the rates of the distributive properties of these layers are significantly different. Second, if there are several cast-in-situ pavement layers, the equivalent elastic modulus of a slab is determined when pavement layers have a joined contact. However, usually it does not correspond to a real situation.

In connection with it, the improvement of the evaluation method of the strength and deformation characteristics of flexible road pavement layers using the parameters of the deflection curve has become the aim of research.

To achieve this aim three main problems are defined:

- to consider the distributive properties of pavement ("slab effect") [8];
- to take into account the distributive properties of the carrying base;
- to solve an inverse problem to renovate pavement and base moduli using the real parameters of the deflection bowl.

The data of the exploratory experiment allow determining the approximate values of **the** characteristics of the distributive properties of structurally different base layers [4].

For the cast-in-situ base layers the coefficient

розподільчої здатності знаходиться в межах 0,85 – 0,95, що узгоджується з розподільчою здатністю шарів покриття і в цьому випадку рішення теорії пружності не потребують додаткового уточнення:

– для шарів основи з щільного незв'язного матеріалу (щебенево-піщана суміш, ґрунтово-піщана суміш і рядового щебеню) показник розподільчої здатності в межах 0,75 – 0,8 і в цьому випадку напружено-деформований стан конструкції потребує уточнення по теорії пружності;

– дискретні шари (фракційний щебінь, гравійні матеріали) мають найменший показник розподільчої здатності, більш концентровану передачу зусиль і при випробуваннях дуже складно отримати стабільні результати, так як потребується попереднє «обтиснення» і доущільнення конструкції.

Визначення деформаційних характеристик покриття і основи нежорстких дорожніх одягів за прийнятими методиками [4, 6] в порівнянні з іншими методами має низку переваг.

Але треба звернути увагу на наступне:

– для визначення форми чаші прогинів заміряють прогини на різній відстані від місця прикладення навантаження;

– обробка результатів вимірювання прогинів за розрахунково-аналітичною системою [5, 6] показує, що для кожної пари прогинів визначаються модулі пружності, які в загальному випадку не співпадають іноді на 20 – 30 відсотків.

Відповідно до прийнятої математичної моделі та алгоритму обробки результатів польових досліджень [5] були відновлені криві чаші прогинів, за модулями пружності покриття і основи, що визначали для різних ділянок чаші прогинів.

Сімейство кривих чаші прогинів розташовується в досить вузькій області навколо фактичної (експериментальної) кривої прогинів (рис.1), що дає змогу методами математичної статистики визначити апроксимуючу криву чаші прогинів.

Для такої системи можливо вирішити зворотну задачу із визначення ймовірних модулів пружності окремих шарів дорожнього одягу за параметрами кривої

of the distributive capacity is 0.85 – 0.95 that is consistent with the distributive capacity of pavement layers and in this case the solution of the elasticity theory does not require additional adjustment:

– for the base layers having compacted non-cohesive material (sand-macadam mixture, soil-sand mixture and conventional macadam) the value of distributive capacity is 0.75 – 0.8 and in this case the stressedly-deformed state of a structure needs adjustment in terms of the elasticity theory;

– discrete layers (fractional macadam, gravel materials) have the lowest value of the distributive capacity and more concentrated load transfer, so during tests it is very difficult to obtain stable results because it is necessary to carry out a "precompression" and additional compaction of a structure.

Determination of the deformation characteristics of flexible road coatings and base using current methods [4, 6] compares favorably with other methods.

However, special attention should be paid to the following:

– deflections are measured at different distances from the point of load application to determine a deflection bowl shape;

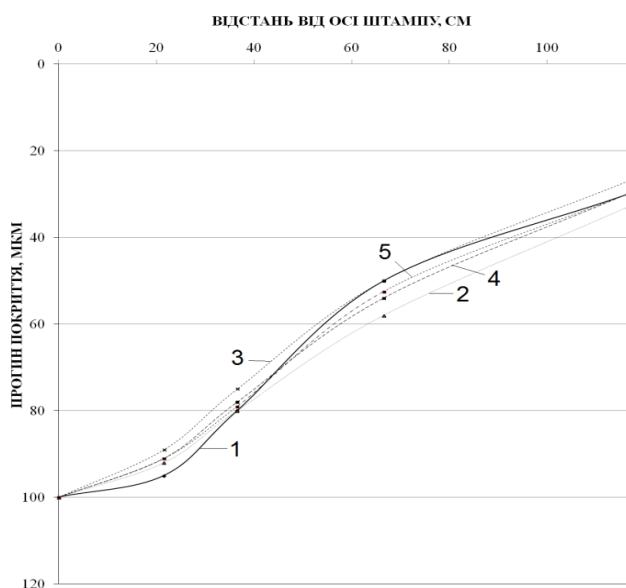
– the processing of deflection measurement results using a design-analytical system [5, 6] indicates it that elastic moduli are calculated for each pair of deflection which generally do not coincide by 20 to 30 per cent sometimes.

In accordance with the current mathematical model and algorithm of the processing of field test results [5], deflection bowl curves have been renewed using the elastic moduli of both pavement and base that were determined for different sections of the deflection bowl.

The assemblage of the deflection curves is located in a fairly narrow range around the actual (experimental) deflection curve (Figure 1) that allows to calculate an approximate deflection bowl curve using the methods of mathematical statistics.

For such a system it is possible to solve an inverse problem to determine probable elastic moduli for separate layers of road coating using the parameters of the deflection curve.

прогинів.



1 – Фактична крива прогинів; 2 – Розрахункова крива прогинів (пара прогинів на відстані 0 см та 36,6 см від вісі штамп); 3 – Розрахункова крива прогинів (пара прогинів на відстані 0 см та 66,6 см від вісі штамп); 4 – Розрахункова крива прогинів (пара прогинів на відстані 0 см та 116,6 см від вісі штамп); 5 – Розрахункова крива ймовірних прогинів покриття

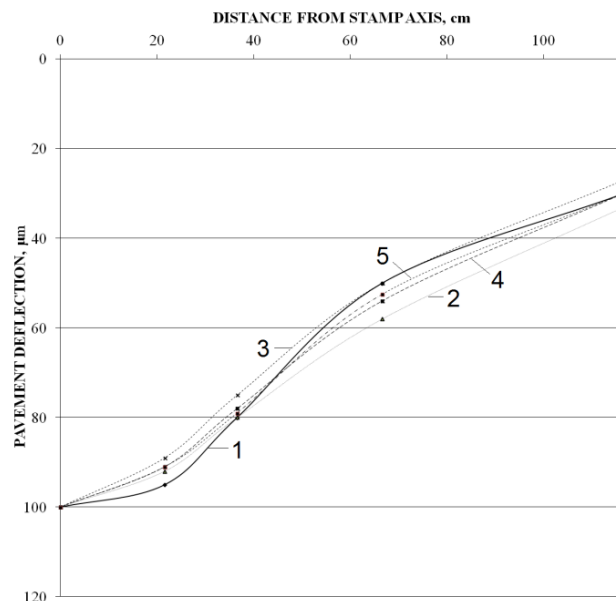
Рисунок 1 – Сімейство кривих прогинів

Висновки

Запропонований метод обробки результатів польових досліджень дорожніх одягів дозволить отримувати більш достовірну і повну інформацію про стан шарів дорожнього одягу при застосуванні лише неруйнівних засобів діагностики. А методи неруйнівного контролю є дуже ефективними, завдяки їх низькій трудомісткості, високій точності одержуваних результатів, інформативності та можливості безперервного і безконтактного процесу спостереження.

Література

1. Апестин В.К., Шак А.М., Яковлев Ю.М. Испытания и оценка прочности нежестких дорожных одежд: Учебное пособие. – М.: Транспорт, 1977.
2. Жилин С.Н., Ермолаев В.И. Современные автоматизированные технические средства диагностики автомобильных дорог. Обзорная информация. / Автомобильные дороги. – М.: ЗАО «Издательство Дороги». – 2002. – №5. –



1 – Actual deflection curve; 2 – Calculated deflection curve (pair of deflection at the distance of 0 cm and 36.6 cm from the axis of stamp); 3 – Calculated deflection curve (pair of deflection at the distance of 0 cm and 66.6 cm from the axis of stamp); 4 – Calculated deflection curve (pair of deflection at the distance of 0 cm and 116.6 cm from the axis of stamp); 5 – Calculated probable deflection curve

Figure 1 – Assemblage of deflection curves

Conclusions

The proposed method of the processing of road coating field test results allows receiving more valid and complete data about the state of pavement layers when using non-destructive diagnostic tools. Non-destructive testing methods are very effective due to their low labour intensity, high accuracy of results, informative content and a contactless and continuous monitoring process.

References

1. Апестин В.К., Шак А.М., Яковлев Ю.М. Испытания и оценка прочности нежестких дорожных одежд: Учебное пособие. – М.: Транспорт, 1977.
2. Жилин С.Н., Ермолаев В.И. Современные автоматизированные технические средства диагностики автомобильных дорог. Обзорная информация. / Автомобильные дороги. – М.: ЗАО «Издательство Дороги». –

С. 60-65.

3. Леонович И.И. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: Учебник для вузов. – Минск: БНТУ, 2002.

4. РВ. 2.3-218-02071168-730:2008 Рекомендації з визначення розрахункових характеристик і товщини асфальтобетонних шарів дорожніх одягів. – Чинний від 01.01.2008.

5. Звіт про науково-дослідну роботу за договором № 16/37-55-14 Лабораторно-польові дослідження для відпрацювання та узгодження змісту та порядку польових випробувань нежорстких дорожніх одягів та математичної обробки результатів випробувань. Розробка математичної моделі та алгоритму обробки результатів випробувань для розрахунково-аналітичної системи. – Харків: ХНАДУ, 2015.

6. МР В.2.3-02071168-856:2015 Методичні рекомендації щодо проведення випробувань міцнісних та деформаційних характеристик монолітних шарів дорожнього одягу із використанням методів неруйнівного контролю і обробки отриманих даних. – Чинний від 09.12.2015.

7. ВБН В.2.3-218-186-2004 Дорожній одяг нежорсткого типу. – Чинний від 01.01.2005.

8. Казарновский В.Д., Лейтланд И.И., Попов М.Л. К вопросу о методике расчета усиления дорожных одежд / Наука и техника в дорожной отрасли. – М.: ЗАО «Издательство Дороги». – 2004. – №1. – С. 33-34.

2002. – №5. – С. 60-65.

3. Леонович И.И. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: Учебник для вузов. – Минск: БНТУ, 2002.

4. РВ. 2.3-218-02071168-730:2008 Рекомендації з визначення розрахункових характеристик і товщини асфальтобетонних шарів дорожніх одягів. – Чинний від 01.01.2008.

5. Звіт про науково-дослідну роботу за договором № 16/37-55-14 Лабораторно-польові дослідження для відпрацювання та узгодження змісту та порядку польових випробувань нежорстких дорожніх одягів та математичної обробки результатів випробувань. Розробка математичної моделі та алгоритму обробки результатів випробувань для розрахунково-аналітичної системи. – Харків: ХНАДУ, 2015.

6. МР В.2.3-02071168-856:2015 Методичні рекомендації щодо проведення випробувань міцнісних та деформаційних характеристик монолітних шарів дорожнього одягу із використанням методів неруйнівного контролю і обробки отриманих даних. – Чинний від 09.12.2015.

7. ВБН В.2.3-218-186-2004 Дорожній одяг нежорсткого типу. – Чинний від 01.01.2005.

8. Казарновский В.Д., Лейтланд И.И., Попов М.Л. К вопросу о методике расчета усиления дорожных одежд / Наука и техника в дорожной отрасли. – М.: ЗАО «Издательство Дороги». – 2004. – №1. – С. 33-34.

Рецензенти:

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

Онищенко А.М., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

Reviewers:

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Onyschenko A.M., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **30.09.2016 р.**