DOI: 10.17117/na.2016.07.01.352

<http://ucom.ru/doc/na.2016.07.01.352.pdf>

Поступила (Received): 26.07.2016

Александрова Н.П., Кузин Н.В., Чусов В.В. **Применение принципа эквивалентности деформаций к** **задаче расчета мер теории поврежденности в** **условии пластичности асфальтобетона**

Aleksandrova N.P., Kuzin N.V., Chusow V.V.
Application of the principle of equivalence of deformations to the
problem of calculating measures of damage theory in the
condition of plasticity of asphalt concrete

В статье приведено модифицированное условие пластичности Кулона–Мора, включающее в себя поврежденность асфальтобетона. Для расчета поврежденности применены подходы наследственных теорий, в рамках которых составлено интегральное уравнение. Решением этого уравнения получена убывающая функция уменьшения модуля упругости поврежденного тела при увеличении числа повторных нагрузок. Применение этой функции привело к модели накопления повреждений при воздействии транспортной нагрузки

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожная одежда, асфальтобетонное покрытие

Александрова Наталья Павловна
Кандидат технических наук, доцент
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
г. Омск, пр. Мира, 5

Кузин Николай Владимирович
Кандидат технических наук, доцент
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
г. Омск, пр. Мира, 5

Чусов Василий Владимирович
Аспирант
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
г. Омск, пр. Мира, 5

The article provides a modified condition of plasticity Mohr-Coulomb, including the damage of asphalt concrete. To calculate the damage applied approaches the theory of heredity in which is made an integral equation. The solution of this equation, we obtain a decreasing function of reducing damage to the module of elasticity of the body by increasing the number of repeated loads. The use of this function has led to a model of accumulation of damage when exposed to traffic load

Key words: road, pavement, asphalt concrete pavement

Aleksandrova Nataliy Pavlovna
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Siberian state automobile and highway academy
Omsk, Mira ave., 5

Kuzin Nikolay Vladimirovich
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Siberian state automobile and highway academy
Omsk, Mira ave., 5

Chusow Vasilii Vladimirovich
Graduate
Siberian state automobile and highway academy
Omsk, Mira ave., 5

При высоких летних температурах асфальтобетон теряет способность работать на изгиб и подобно дискретным материалам и грунтам испытывает пластические деформации сдвига [1–3]. Поэтому для определения начала пластичности асфальтобетона возможно применение к нему грунтовых условий пластичности. Например, ранее действующий норматив ВСН 46-83 регламентировал проверку устойчивости асфальтобетонных покрытий против сдвига по критерию Кулона–Мора. В настоящее время разработаны модификации этого критерия [4–8]. В условии пластичности асфальтобетона необходимо учесть особенности его работы. Для этого введем мер теории накопления повреждений [10–13].

Тогда условие пластичности асфальтобетона примет вид:

$$\frac{1}{2 \cdot (1 - \omega)} \cdot \left(\sigma_1 \cdot \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^d - \left(\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right)^d \cdot \sigma_3 \right) = \tilde{n}, \quad (1)$$

где φ и c – угол внутреннего трения и сцепления; d – третий параметр материала, величина которого принимается в зависимости от предельной деформации при испытании в приборе трехосного сжатия; ω – поврежденность.

Для применения условия (1) необходимо решить задачу о расчете поврежденности при воздействии повторных нагрузок. Деформацию поврежденного тела ε_D можно определить, используя принцип эквивалентности деформаций поврежденной и сплошной среды, по формуле

$$\varepsilon_D = \frac{\sigma}{(1 - \omega)} \cdot \frac{1}{E}; \quad \varepsilon_D = \frac{\sigma}{E_D}. \quad (2)$$

Из равенства (2) следует зависимости для расчета поврежденности

$$\omega = 1 - E_D / E. \quad (3)$$

Формула (3) позволяет утверждать, что для возрастания поврежденности ω необходимо непрерывное уменьшение модуля упругости поврежденного тела E_D . Это означает, что для определения этого параметра материала можно применить интегральные уравнения теории ползучести [14]. При этом нужно иметь в виду, что при расчете накапливаемой деформации конечные формулы являются возрастающими функциями [14–17], а функции, описывающие уменьшение E_D должны быть убывающими. Применим степенную функцию вида

$$\Delta E_D = a \cdot i^b, \quad (4)$$

где a и b – параметры материалы.

Составив интегральное выражение и взяв определенный интеграл, получим

$$E_D = E \cdot \left(1 - a \cdot \int_1^N n^b dn \right) = E \cdot \left(1 - a \cdot \frac{N^{b+1} - 1}{b + 1} \right), \quad (5)$$

Используя выражение (5) в формуле (3), имеем

$$\omega = a \cdot \frac{N^{b+1} - 1}{b + 1}. \quad (6)$$

Уравнение (6) представляет собой решение задачи о накоплении повреждений асфальтобетоном при воздействии повторных нагрузок. Эта зависимость апробирована при проектировании асфальтобетонных покрытий дорог ЯМАО. Однако при определении параметров материала a и b необходимо учитывать особенности влияния шероховатости покрытия [18] на условия передачи давлений от колеса на покрытие. Решение этой проблемы является задачей натурных экспериментов, результаты которых приводятся авторами в отдельной публикации.

Список используемых источников:

1. Кузин Н.В. Учет упруговязкопластических свойств асфальтобетонных покрытий и оснований при проектировании дорожных одежд / Автореф. ... канд. техн. наук. Омск: СибАДИ, 2008. 19 с.
2. Кузин Н.В. Расчет пластических смещений асфальтобетонных порожних покрытий // Молодой ученый. 2016. № 10 (114). С. 253-255.
3. Кузин Н.В. Исследование пластичности дорожных асфальтобетонов // Молодой ученый. 2016. № 10 (114). С. 255-257.
4. Александров А.С., Долгих Г.В., Александрова Н.П. Модифицированный критерий Кулона - Мора. Часть 1. Вывод уравнения предельного равновесия // Вестник научных конференций. 2016. № 5-4 (9). С. 17-18.
5. Александров А.С., Долгих Г.В., Александрова Н.П. Модифицированный критерий Кулона - Мора. Часть 2. Круги предельных напряжений // Вестник научных конференций. 2016. № 5-4 (9). С. 18-20.
6. Александров А.С., Долгих Г.В., Александрова Н.П. Модифицированный критерий Кулона - Мора. Часть 3. Экспериментальное определение величины третьего параметра // Вестник научных конференций. 2016. № 5-4 (9). С. 20-21.
7. Александров А.С., Калинин А.Л. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Часть 1. Учет деформаций в условии пластичности Кулона - Мора // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 7(59). С. 4-17.
8. Александров А.С., Долгих Г.В. Модификация критерия Кулона - Мора для расчета конструкций лесных дорог по сопротивлению сдвигу. Часть 1. Ввод третьего параметра материала // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 6-2 (48). С. 6-9.
9. Чусов В.В. Применение мер теории накопления повреждений для модификации условия пластичности Кулона - Мора при расчете асфальтобетонных покрытий // В сборнике: Наука сегодня: глобальные вызовы и механизмы развития материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 50-52.
10. Чусов В.В. Модифицированные критерии Писаренко - Лебедева и кулона - мора, учитывающие меры теории накопления повреждений // Молодой ученый. 2016. № 9 (113). С. 338 - 341.
11. Александрова Н.П., Александров А.С., Чусов В.В. Учет поврежденности структуры асфальтобетона в критериях прочности и условиях пластичности // В сборнике: Политранспортные системы материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия - ЕС. Новосибирск: СГУПС, 2015. С. 219-225.
12. Александрова Н.П., Александров А.С., Чусов В.В. Модификация критериев прочности и условий пластичности при расчетах дорожных одежд // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 1 (41). С. 47-54.
13. Александрова Н.П., Чусов В.В. Особенности расчета асфальтобетонных покрытий по сопротивлению сдвигу с учетом накопления повреждений // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2016. № 3 (49). С. 42 - 50.
14. Александров А.С., Александрова Н.П., Кузин Н.В. Методы теории наследственности в расчетах пластических деформаций материалов и грунтов при воздействии повторяющихся нагрузок // Транспортное строительство. 2009. №2. С. 25-28.
15. Александров А.С., Киселева Н.Ю. Пластическое деформирование гнейс- и диабаз материалов при воздействии повторяющихся нагрузок // Известия высших учебных заведений. строительство. 2012. №6. С. 49-59.
16. Александров А.С. Пластическое деформирование гранодиоритового щебня и песчано-гравийной смеси при воздействии трехосной циклической нагрузки // Инженерно-строительный журнал. 2013. №4 (39). С. 22-34.

17. Александров А.С. Обобщающая модель пластического деформирования дискретных материалов дорожных конструкций при воздействии циклических нагрузок // Строительные материалы. 2016. № 5. С. 27–30.

18. Александров А.С., Александрова Н.П., Семенова Т.В. Критерии проектирования шероховатых асфальтобетонных покрытий из условия обеспечения безопасности движения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. №2. С. 66-73.

© 2016, Александрова Н.П., Кузин Н.В., Чусов В.В.

Применение принципа эквивалентности деформаций к задаче расчета мер теории поврежденности в условии пластичности асфальтобетона

© 2016, Aleksandrova N.P., Kuzin N.V., Chusow V.V.

Application of the principle of equivalence of deformations to the problem of calculating measures of damage theory in the condition of plasticity of asphalt concrete