УДК 625.85:539.37

О ПРОГНОЗИРОВАНИИ КОЛЕИ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ НАКОПЛЕНИЕМ ДЕФОРМАЦИЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ (НА ОСНОВАНИИ НОВОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД США)

Канд. техн. наук **А.Е. Мерзликин**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)
Конт. информация: merzlikin07@gmail.com

В основе прогнозирования колеи по новому методу расчета дорожных одежд США лежат прогнозы максимальной дневной температуры покрытия, суточной интенсивности движения и влажности грунтов для всего срока проектирования дорожной одежды. Общую деформацию определяют, используя теорию упругости. Пластическую деформацию выделяют из общей деформации по эмпирическим формулам.

***Ключевые слова**: дорожная одежда, асфальтобетонное покрытие, прогнозирование, колея, температура, суточная интенсивность движения, влажность грунтов, общая деформация, пластическая деформация, теория упругости.*

Вступительные замечания. Проблема прогнозирования процесса образования колеи на покрытии дорожной одежды очень сложная. Все известные методики прогнозирования можно условно разделить на ***две группы.***

В ***первой группе*** авторы во главу угла ставят дорожную конструкцию. Сюда относятся методики, основанные на испытании реальной дорожной конструкции на линейном (США **[1]** и др.) или кольцевом стендах (Франция **[2]** и др.) при многократном нагружении реальной нагрузкой или испытании модели дорожной конструкции в малом масштабе (ЕС **[3]** и др.).

Ко ***второй группе*** можно отнести методики, в которых больше внимания уделено материалам слоев и теоретическому моделированию напряженно-деформированного состояния (далее по тексту – НДС) дорожной конструкции. В этой группе методики различаются той или иной точностью моделирования НДС и методами лабораторного определения характеристик материалов.

При теоретическом моделировании используют один из двух подходов. При *первом* – остаточная деформация рассматривается как результат доуплотнения повторными нагрузками, что выражается в опускании поверхности покрытия в области полосы наката колес. Во *втором подходе* остаточные вертикальные перемещения рассматриваются как результат накопления сдвиговых деформаций в районе колеи с боковым выпором, что приводит к опусканию поверхности в области полосы наката и к ее подъему в межколейном пространстве.

Цель прогнозирования колеи. С какой целью во многих странах разрабатываются методы прогнозирования процесса образования колеи на покрытиях дорожных одежд? Это очень важно для отражения преимуществ таких новых прогрессивных материалов, как асфальтобетоны на модифицированных полимерами битумах, щебеночно-мастичные смеси и др. Без прогнозирования образования колеи преимущества новых материалов зачастую неочевидны. Так, повышенная эластичность битумно-полимерных вяжущих проявляется в том, что, например, при том же модуле упругости доля остаточной деформации асфальтобетона, приготовленного на этом вяжущем, будет гораздо меньше доли остаточной деформации асфальтобетона на обычном битуме. Без прогнозирования глубины колеи это важнейшее преимущество неразличимо.

Методика прогнозирования колеи в новом методе проектирования дорожных одежд в США. Невозможность отразить преимущества асфальтобетонов на модифицированных битумах была одним из побудительных мотивов специалистов США к разработке нового метода проектирования дорожных одежд, в котором важнейшее место занимает методика прогнозирования колееобразования.

На протяжении срока проектирования дорожной одежды каждый год разбивается на периоды (например, недельные или двухнедельные), в пределах которых влажность грунта и максимальная дневная температура покрытия считаются постоянными. Учитывается также изменение интенсивности движения в течение суток.

Чтобы прогнозировать колею, обусловленную накоплением деформаций асфальтобетонного покрытия, выделяют мысленно вертикальный «столбик» в асфальтобетонном покрытии, разбивают его на несколько «подслоев», вычисляют по теории упругости относительную вертикальную деформацию сжатия каждого подслоя ε_r, зависящую от модуля упругости асфальтобетона, толщин и модулей всех слоев и параметров нагрузки (обозначение r здесь не связано с системой координат). Часть этой деформации сжатия $\boldsymbol{\varepsilon_r}$ будет остаточной ε_p. Вычисленные остаточные деформации подслоев, умножают на их толщины и

складывают (**рис. 1**). Таким путем получают абсолютную деформацию сжатия покрытия *PD* **(1)** в том месте поперечного сечения, где выделен столбик:

$$PD = \sum_{i=1}^{N\ \text{подслоев}} \varepsilon_p^i \times h^i \ . \qquad \textbf{(1)}$$

Если необходимо построить очертание поперечного профиля в результате образования колеи, выполняют аналогичные расчеты для других «столбиков». Эти расчеты проводят для всех двухнедельных периодов, на которые разбит срок проектирования.

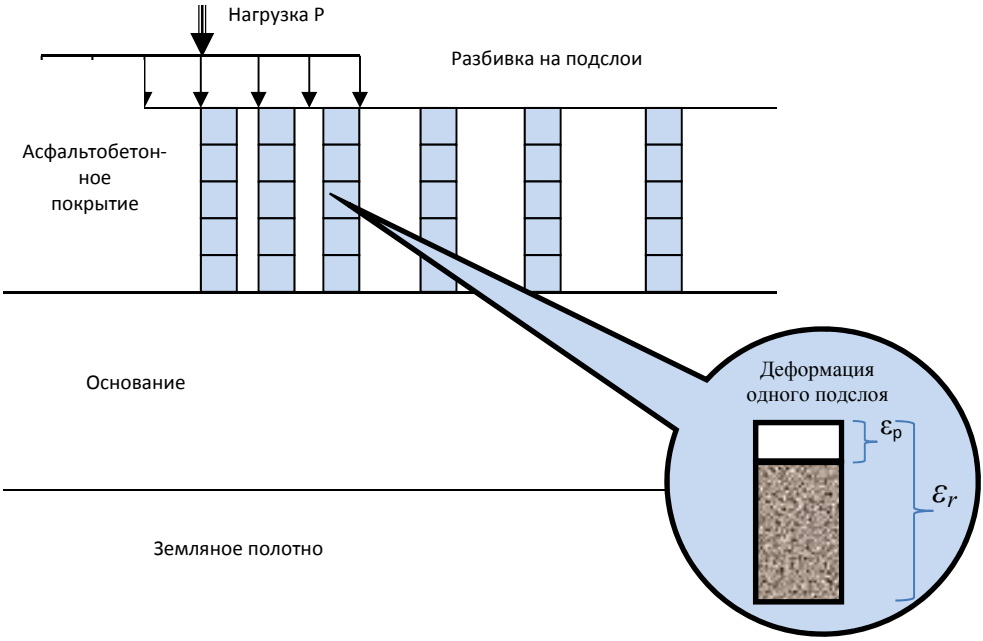

Рис. 1. Определение глубины колеи послойным суммированием остаточных деформаций

Вертикальную остаточную деформацию сжатия ε_p находят по эмпирической формуле **(2)**, полученной в лаборатории при испытании асфальтобетонов, в зависимости от температуры *T* и числа предшествующих нагружений *N* **[4]**. При этом испытание проводили повторными нагрузками на сжатие без бокового ограничения, а затем уточняли коэффициенты по полевым данным.

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = \beta_{r1}\, a_1\, T^{a_2\, \beta_{r2}} N^{a_3\, \beta_{r3}} \quad , \qquad \textbf{(2)}$$

где

ε_p – накопленная остаточная вертикальная деформация от N нагружений при температуре T (°F);

ε_r – вертикальная деформация в данной точке, вычисленная по теории упругости и зависящая от параметров всей слоистой системы.

В результате лабораторного испытания повторными нагрузками на сжатие без бокового ограничения одного из 300 составов асфальтобетона получили выражение вида **(3)**:

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = 10^{-3{,}15552} T^{1{,}734} N^{0{,}39937} \quad . \qquad \textbf{(3)}$$

Подобным образом рассчитывают остаточные деформации сжатия грунта земляного полотна и слоев основания.

Так поступают для всех подслоев данного столбика. В результате получают график, пример которого представлен на **рис. 2**.

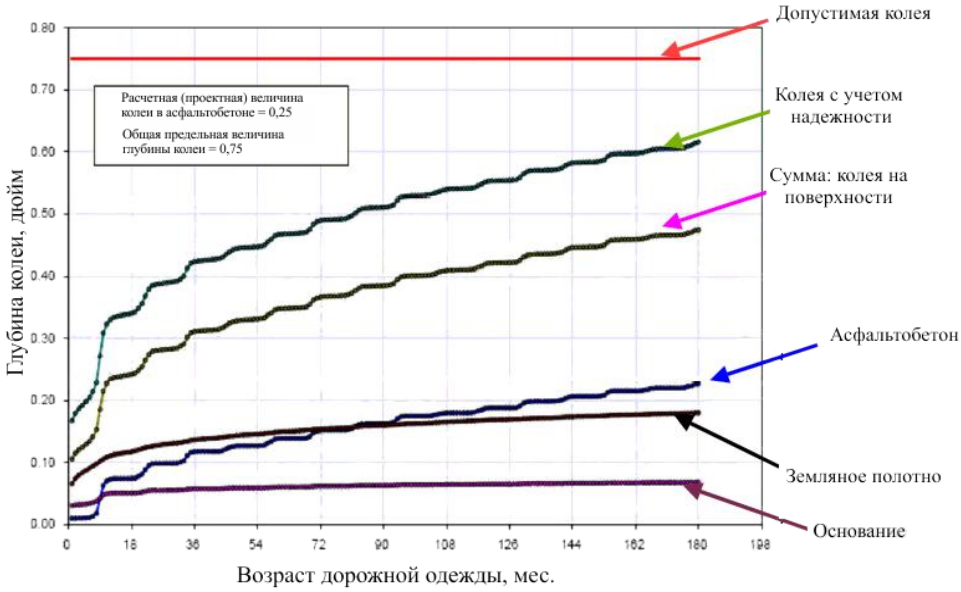

Рис. 2. Пример прогноза образования колеи на 15 лет
(1 дюйм = 2,54 см)

Очевидна трудоемкость таких расчетов, которые без компьютера практически неосуществимы. Поэтому расчет дорожной одежды длится довольно долго – чистое время счета при помощи компьютера с частотой микропроцессора 2,8 ГГц составляет около 1,5 мин. на каждый год анализируемого периода.

То есть для 30-летнего периода продолжительность расчета составляет не менее 45 мин. для каждого варианта дорожной одежды. Кроме того, такие расчеты, к сожалению, пока и не очень точны. Их надежность зависит от того, насколько хорошо была проведена калибровка (например, в формуле **(2)** для остаточной деформации имеется 6 калибровочных коэффициентов α, β, отражающих влияние состава смеси и других факторов).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Du Plessis L., Coetzee N.F., Hoover T.P., Harvey J.T., Monismith C.L. Three decades of development and achievements: The Heavy Vehicle Simulator in accelerated pavement testing. Pavement Mechanics and Performance // Proc. of the International Conference «GeoShanghai 2006», Shanghai, China, June 6-8, 2006. – PP. 45-54.*
2. *Lesueur D., Kerzreho J.-P., Such C., Le Roux C., Le Bec S., Brion Y., Fabre J.C. Bilan de l'expérimentation OPTEL sur le manège de fatigue du LCPC Nantes // RGRA. – 2002. – № 803. – PP. 69-76.*
3. *Cooley L. Allen (Jr.), Kandhal Prithvi S., Buchanan M. Shane and others. Loaded wheel testers in the United States: State of the Practice / NCAT Report 00-04, 2000. – 18 p.*
4. *Calibration of Rutting Models for Structural and Mix Design / National Cooperative Highway Research Program / Report 719. – Washington, D.C., 2012. – 619 p.*

LITERATURA

1. *Du Plessis L., Coetzee N.F., Hoover T.P., Harvey J.T., Monismith C.L. Three decades of development and achievements: The Heavy Vehicle Simulator in accelerated pavement testing. Pavement Mechanics and Performance // Proc. of the International Conference «GeoShanghai 2006», Shanghai, China, June 6-8, 2006. – PP. 45-54.*

2. *Lesueur D., Kerzreho J.-P., Such C., Le Roux C., Le Bec S., Brion Y., Fabre J.C. Bilan de l'expérimentation OPTEL sur le manège de fatigue du LCPC Nantes // RGRA. – 2002. – № 803. – PP. 69-76.*
3. *Cooley L. Allen (Jr.), Kandhal Prithvi S., Buchanan M. Shane and others. Loaded wheel testers in the United States: State of the Practice / NCAT Report 00-04, 2000. – 18 p.*
4. *Calibration of Rutting Models for Structural and Mix Design / National Cooperative Highway Research Program / Report 719. – Washington, D.C., 2012. – 619 p.*

.....

ABOUT THE PREDICTION OF RUTTING CAUSED BY ACCUMULATION OF STRAINS IN ASPHALT CONCRETE PAVEMENT (BASED ON THE USA NEW PAVEMENT DESIGN METHOD)

Ph. D. (Tech.) ***A.E. Merzlikin***
(FAI «ROSDORNII»)
Contact information: merzlikin07@gmail.com

The rutting prediction according to the USA new pavement design method is based upon forecasting pavement maximum day temperature, daily traffic volume and soils moisture for the whole pavement design period. The structural strain is estimated by means of elasticity theory. The plastic strain is found from the structural strain by empiric formula.
Key words*: road pavement, asphalt concrete pavement, prediction, rut, temperature, daily traffic volume, soil moisture, structural strain, plastic strain, elasticity theory.*

Рецензент: д-р техн. наук А.В. Руденский (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 28.10.2016 г.