

УДК 625.855.3

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОТРАЖЕННЫХ ТРЕЩИН НА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ, УСТРАИВАЕМЫХ ПРИ РЕМОНТЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОНА

Фотиади Андрей Александрович, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, fotiadi@gmail.com

Леус Никита Сергеевич, магистр,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, nikita.leus@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена поиску методов прогнозирования появления отраженных трещин на асфальтобетонных покрытиях жестких дорожных одежд. Согласно постановлению Правительства Российской Федерации, межремонтные сроки для нежестких дорожных одежд были увеличены с 12 до 24 лет, для жестких дорожных одежд межремонтные сроки остались прежними. Однако, на некоторых дорогах, в том числе на Р-22 (М6) «Каспий» существуют цементобетонные покрытия, перекрытые слоями асфальтобетона, совместная работа данных материалов под транспортными нагрузками сопряжена с рядом сложностей. Практика показала, что подобные типы дорожной одежды зачастую требуют более частого ремонта, одна из основных причин этого – появление отраженных трещин. Перед авторами стояла задача создать методику, с помощью которой можно было бы предвидеть интенсивность трещинообразования. Был проведен анализ данных многолетних наблюдений за участками автомобильной дороги Р-22 (М6) «Каспий» по оценке интенсивности образования отражённых трещин. На основе проведенного анализа представлены предварительные математические модели количественного трещинообразования.

Ключевые слова: дорожная одежда, покрытие, цементобетон, асфальтобетон, отраженная трещина, ремонт.

PREDICTION OF THE FORMATION OF REFLECTED CRACKS ON ASPHALT PAVEMENT APPLIED DURING THE REPAIR OF RIGID PAVEMENT

Fotiadi Andrei A., Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, fotiadi@gmail.com

Leus Nikita S., master of engineering sciences,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, nikita.leus@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the search of predicting methods for reflected cracks appearance on rigid pavement asphalt pavement overlays. According to the decree of the Russian Federation Government, the turnaround time for flexible pavement was increased from 12 to 24 years, for rigid pavement the turnaround time remained the same. However, on some roads, including the P-22 (M6) "Caspian", there are cement concrete pavements covered with layers of asphalt pavement, the joint operation of these materials under traffic loads is fraught with a number of difficulties. Practice has shown that these types of pavements often require more frequent repairs, one of the main reasons for this is reflected cracks appearance. The authors were faced with the task of creating a technique with which it would be possible to predict the intensity of cracking. Long-term observations data analysis of the P-22 (M6) "Caspian" highway sections was carried out to assess the intensity of reflected cracks formation. Based on the analysis performed, preliminary mathematical models of quantitative fracturing are presented.

Key words: pavement, rigid pavement, concrete pavement, asphalt pavement, reflective crack, repair.

Введение

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 30 мая 2017 г. № 658 были увеличены межремонтные сроки службы автомобильных дорог федерального значения с усовершенствованным типом покрытия: до 12 лет по ремонту, и до 24 лет по капитальному ремонту нежестких дорожных одежд. Для жёстких дорожных одежд межремонтные сроки службы не изменились. Однако, практика эксплуатации автомобильных дорог с жесткими дорожными одеждами с верхними слоями из асфальтобетона показывает, что на покрытии ранее окончания нормативного срока службы образуются отраженные трещины, которые являются самыми распространёнными повреждениями таких дорожных одежд. Наличие трещин на покрытии создает благоприятные условия для ухудшения продольной ровности.

Жесткие дорожные одежды с асфальтобетонными слоями покрытия получили наибольшее распространение в случае ремонта цементобетонных покрытий после продолжительного периода их эксплуатации. Практика такого ремонта, показывает, что в течении срока

службы переустройство асфальтобетонных слоев выполняется значительное количество раз, а суммарная их толщина может составлять более 30 см. Причиной часто выполняемых работ по устройству асфальтобетонных слоев является неудовлетворительное состояние покрытия по показателю продольной ровности. Ухудшение данной характеристики начинается с образования отражённых трещин над деформационными швами сжатия перекрытого цементобетонного слоя покрытия.

Основная часть

Исследованиями причин появления отраженных трещин в асфальтобетонных слоях занимались как в России, так и за рубежом. В России такими исследованиями занимались Н.В. Горелышев, Л.С. Богуславский, А.М. Каменецкий, В.П. Носов, М.С. Коганзон, С.В. Коновалов, в зарубежной практике Ж. Лоран, А. Моленар, М. Нодс, и другие.

Одной из причин появления отраженных трещин является разница теплофизических характеристик цементобетона и асфальтобетона. При изменении температуры возникает линейное перемещение слоёв, в результате чего образуются растягивающие напряжения в покрытии (рис. 1). Это обуславливается коэффициентом линейного расширения α . Так, например, для асфальтобетона, в зависимости от типа смеси, коэффициент колеблется от $\alpha=0,00003\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, до $\alpha=0,00007\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ [3], а для цементобетона $\alpha=0,00001\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ [4].

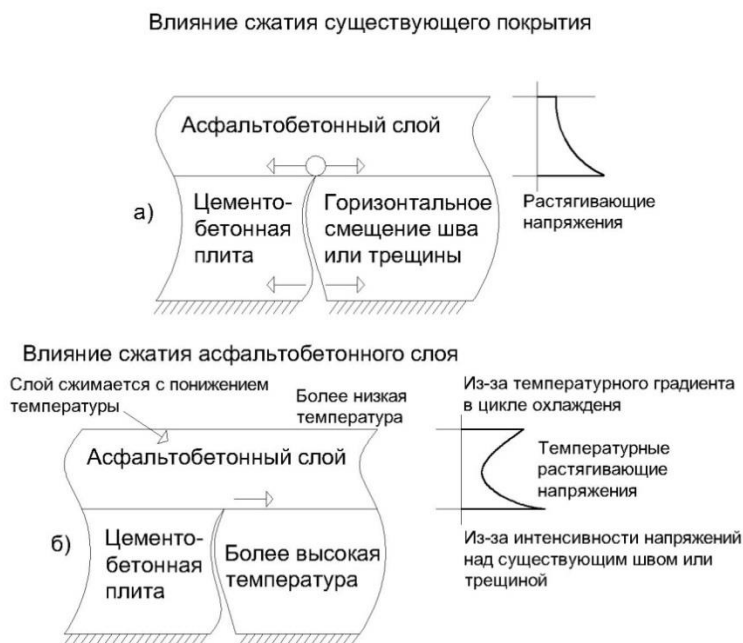


Рис. 1. Механизм образования отраженных трещин вследствие изменения температуры воздуха: а – влияние сжатия цементобетонного слоя; б – влияние сжатия асфальтобетонного слоя

Вторая, но не менее значимая причина появления отраженных трещин — это воздействие автомобилей при проезде в области деформационного шва. При этом образуется прогиб конструкции, в результате чего появляются вертикальные напряжения в слое асфальтобетона (рис. 2а). Следующая стадия наступает, когда колесо автомобиля находится непосредственно над деформационным швом, в результате чего появляются растягивающие горизонтальные силы в шве сжатия, что приводит к увеличению расстояния между плитами (рисунок 2б). На заключительной стадии, когда колесо автомобиля переехало через деформационный шов, процесс воздействия аналогичен первому случаю (рисунок 2 в). Вертикальное перемещение конструктивных слоев (прогиб конструкции) дорожной одежды не велико и зависит непосредственно от массы проходящих автомобилей, но при многократном воздействии, в асфальтобетонном слое покрытия увеличиваются растягивающие напряжения, которые превышают предел прочности связи минерального заполнителя, что приводит к образованию отраженных трещин.



Рис. 2. Механизм образования отраженных трещин вследствие воздействия нагрузки транспортных средств

На основе многолетнего мониторинга федеральной автомобильной дороги Р-22 (М6) «Каспий», проводимого сотрудниками кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» МАДИ, было принято решение провести исследования интенсивности образования отражённых трещин на покрытиях из разных типов асфальтобетонных смесей, устраиваемых в рамках проводимых ремонтов и капитальных ремонтов цементобетонных покрытий. Федеральная автомобильная дорога Р-22 (М6) «Каспий» была построена в период с 1966 г. по 1976 г., в качестве покрытия был применен цементобетон. В течение эксплуатации данной дороги, выполнялись ремонтные мероприятия. Наиболее распространенным видом ремонта цементобетонного покрытия было устройство асфальтобетонных слоев поверх существующей дорожной одежды.

Используя данные многолетних наблюдений, была выполнена работа по оценке интенсивности образования отражённых трещин на покрытиях из разных типов асфальтобетонных смесей с созданием предварительных математических моделей. В таблице 1 представлена характеристика участков федеральной автомобильной дороги Р-22 (М6) «Каспий», обследованных при оценке отраженного трещинообразования.

Таблица 1
Характеристика участков федеральной автомобильной дороги Р-22 (М6)
«Каспий»

№	Адрес участка	Год строительства покрытия	Год ремонтного мероприятия	Суммарная толщина асфальто-бетонных слоев, см	Интенсивность движения, авт./сут.
1	км 296-км 298	1969	2012	15	9792
2	км 298-км 300	1969	2012	15	9792
3	км 726-км 728	1975	2012	14	8264
4	км 736-км 738	1975	2012	12	8264
5	км 805-км 807	1973	2013	11	6220
6	км 810-км 812	1973	2013	11	6220

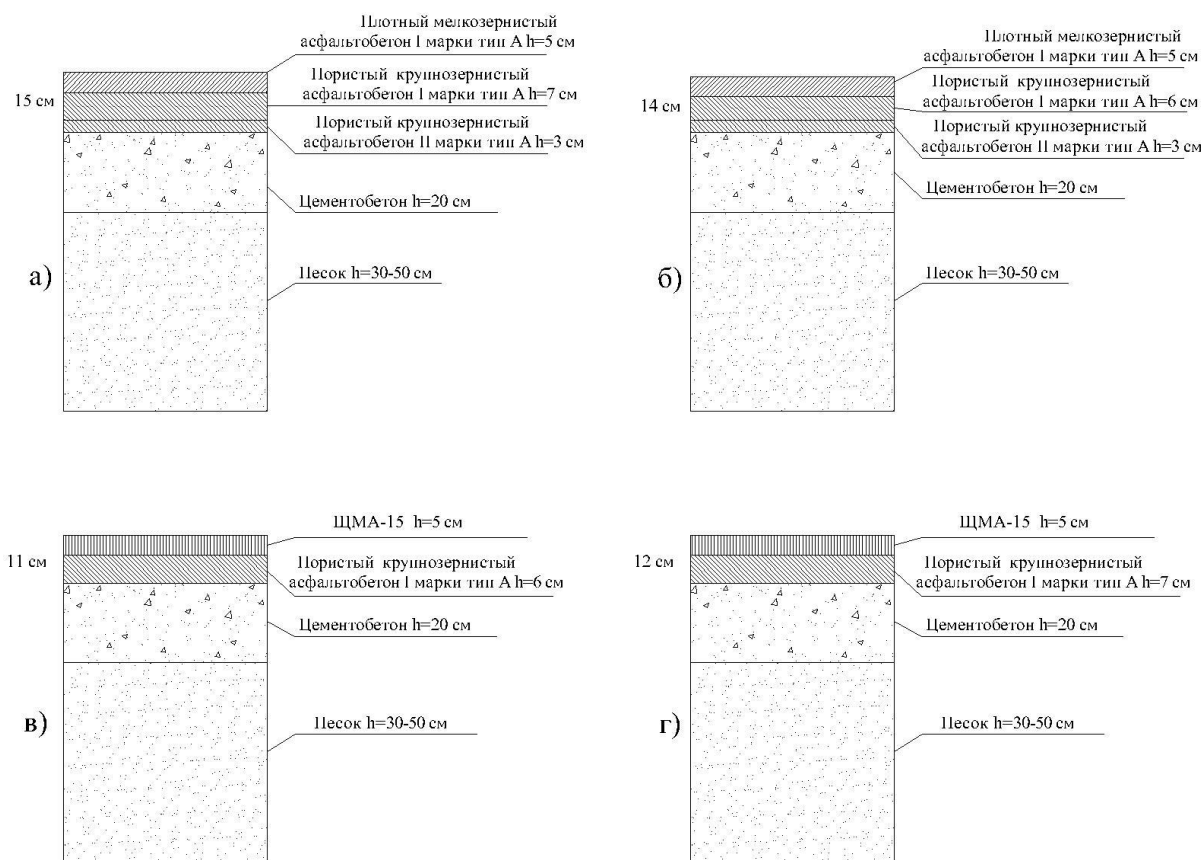


Рис. 3. Конструкции жестких дорожных одежд: а – КМ 296 – КМ 300; б – КМ 726 – КМ 728; в – КМ 805 – КМ 812; г – КМ 736 – КМ 738

С помощью программного обеспечения VStreets2, разработанного на кафедре «Строительство и эксплуатация дорог» МАДИ, были проанализированы данные многолетних непрерывных наблюдений состояния участков автомобильной дороги. На основе полученных данных были получены эмпирические зависимости интенсивности появления отраженных трещин во времени. В качестве критерия трещиностойкости было выбрано количество образовавшихся отраженных трещин на участке протяженностью 2 километра.

На рис. 4-6 представлены результаты наблюдений трещинообразования на протяжении 4-5 лет эксплуатации.

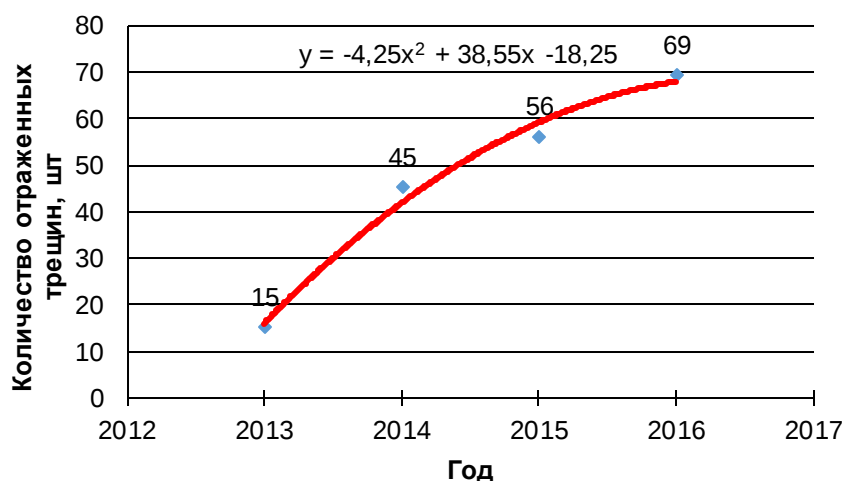


Рис.4. участок км 298- км 300

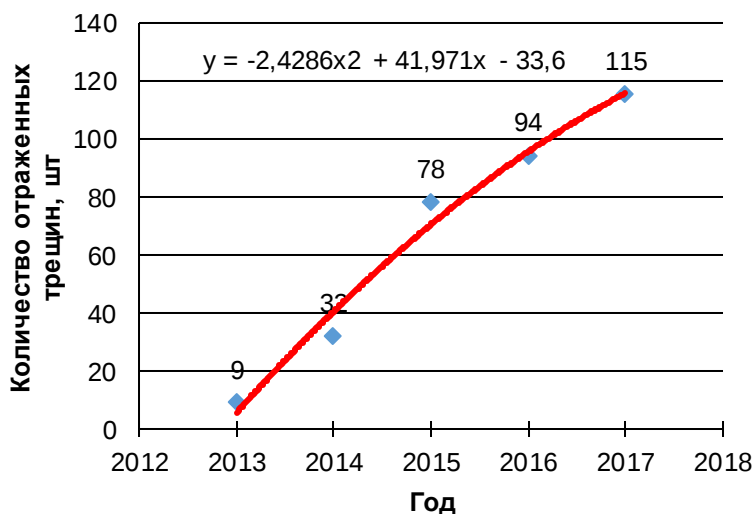


Рис.5. участок км 726- км 728

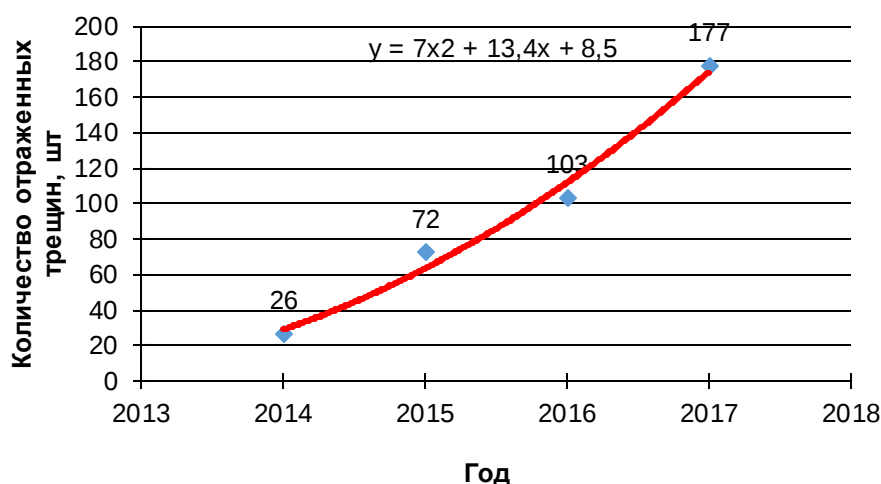


Рис. 6. участок км 810- км 812

На основе статистической обработки были получены зависимости интенсивности образования отраженных трещин (табл. 2) от толщин конструктивных слоёв дорожной одежды, оцениваемых коэффициентом $K_h = H_1/H_2$, где H_1 это суммарная толщина асфальтобетонных слоев, а H_2 это толщина цементобетонного слоя. Например, при увеличении отношения суммарной толщины асфальтобетонных слоев к толщине цементобетонного слоя от 0,55 до 0,75 наблюдается резкое замедление интенсивности трещинообразования после двух лет эксплуатации.

Таблица 2

Эмпирические зависимости для определения количества отраженных трещин

$K_h=0,55$	$n=8,375T^2 - 2,125T + 20,375$
$K_h=0,60$	$n=8,25T^2 - 13,95T + 40,25$
$K_h=0,70$	$n=-3,25T^2 + 31,25T - 15,25$
$K_h=0,75$	$n=-2,4286T^2 + 41,971T - 33,6$

- n - количество проявившихся на покрытии отраженных трещин в течении прогнозируемого периода, шт.;
- T - год эксплуатации после ремонта.

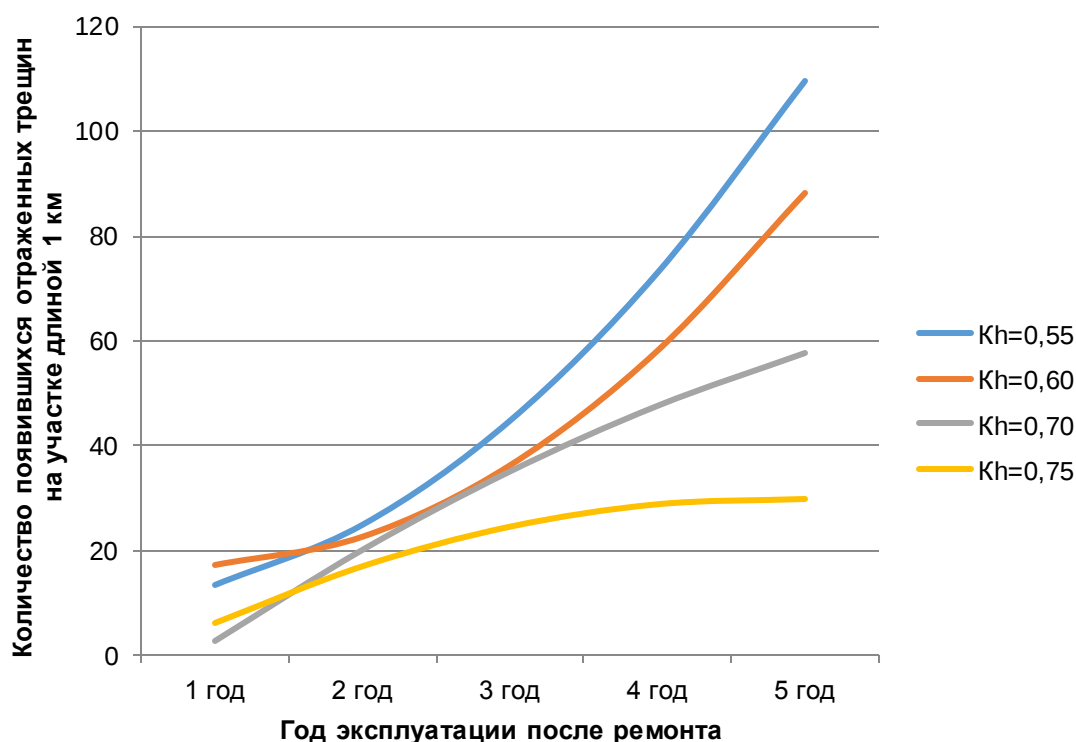


Рис.7. Влияние толщин конструктивных слоёв дорожной одежды на интенсивность образования отраженных трещин

Результаты исследований позволяют прогнозировать количество отраженных трещин в зависимости от назначаемых толщин конструктивных слоёв жесткой дорожной одежды с учётом интенсивности движения (от 6 тысяч автомобилей в сутки и более).

Выводы

Как показали наблюдения, интенсивность образования отраженных трещин не зависит от типа асфальтобетонной смеси, но зависит от толщины асфальтобетонных слоев, а точнее от отношения суммарной толщины асфальтобетона к толщине слоя цементобетона.

Эмпирические зависимости для определения количества отражённых трещин на жестких дорожных одеждах с асфальтобетонным покрытием предлагается использовать при конструировании дорожной одежды, а также при планировании проведения ремонтных работ.

Список литературы

1. Nunn M. An investigation of reflection cracking in composite pavements in the United Kingdom, Proceedings of 1st International RILEM Conference on Reflective Cracking in Pavements, Assessment and Control, Liege University, Belgium, Edited by J. M. Rigo et al., March, 1989.
2. Jie Han. Tolerable Strains for Hot Mix Asphalt Overlays over Concrete Pavements / Report No. K-TRAN: KU-08-3, The University of Kansas, USA, Edited by Jie Han et al., January 2013.
3. Богуславский, А. М. Основы реологии асфальтобетона / А. М. Богуславский, Л. А. Богуславский. – М.: Высшая школа, 1972. – 199 с.
4. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. - Взамен ВСН 197-91 - М.: Минтрансстрой, 2004. – 116 с.

References

1. Nunn M. An investigation of reflection cracking in composite pavements in the United Kingdom, Proceedings of 1st International RILEM Conference on Reflective Cracking in Pavements, Assessment and Control, Liege University, Belgium, Edited by J. M. Rigo et al., March 1989.
2. Jie Han. Tolerable Strains for Hot Mix Asphalt Overlays over Concrete Pavements / Report No. K-TRAN: KU-08-3, The University of Kansas, USA, Edited by Jie Han et al., January 2013.
3. Boguslavskij A.M., Boguslavskij L.A. *Osnovy reologii asfal'tobetona* (Basics of asphalt concrete rheology), Moscow, Vysshaya shkola, 1972, 199 p.
4. Metodicheskie rekomendacii po proektirovaniyu zhestkih dorozhnyh odezhd. Vzamen VSN 197-91 (Guidelines for the design of rigid road pavements. Instead VSN 197-91), Moscow, Mintransstroj, 2005, 116p.

Рецензент: С.С. Мордвин, канд. техн.наук, доц., МАДИ