**N E W S**
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
**SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**
ISSN 2224-5278
Volume 5, Number 419 (2016), 161 – 178

**B. B. Teltayev**

Kazakhstan Highway Research Institute, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: bagdatbt@yahoo.com

# FRESH APPROACH TO LOW TEMPERATURE CRACKING IN ASPHALT CONCRETE PAVEMENT

**Abstract.** The paper mainly dedicated to explanation of the phenomenon of road asphalt concrete pavement low temperature cracking on the basis of thermodynamics of irreversible process and synergetics. On analogy with the famous phenomenon of self-organization – convective cells of Benar and ruby laser, increasing of total (relaxation and mechanical) dissipative energy rate in a road asphalt concrete pavement after cracking in process of long cooling in range of negative temperatures has been showed and this fact demonstrates that a road asphalt concrete is a dissipative structure. Taking into account of E. Shrodinger`s idea about negative entropy, it has been told about its negative effect at cooling of an asphalt concrete pavement. Confirmation of the Yu. L. Klimontovich`s principle of entropy production minimum in processes of self-organization and the P. Glansdorff-I. Prigogine`s criterion of evaluation for open thermodynamical systems has been demonstrated. Stresses and straines in the pavement under long time cooling (30 hours) have been defined by the finite element method approach with using isoparametric elements of second order. A simplificated method taking into account of thermoviscoelastic properties of an asphalt concrete has been developed. Initial and boundary conditions of the problem have been defined on the basis of results of experimental investigation of temperature in points of pavement structure and subgrade of the highway "Astana-Burabay" by the especially developed sensors.

**Key words:** road asphalt concrete pavement, cooling, thermal crack, strain, stress, entropy, finite element method, temperature sensor, criterion of evaluation for open thermodynamical system.

УДК 625.7/.8:691.16

**Б. Б. Телтаев**

Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, Алматы, Казахстан

# НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ В АСФАЛЬТОБЕТОННОМ ПОКРЫТИИ

**Аннотация.** Статья посвящена объяснению явления низкотемпературного растрескивания дорожного асфальтобетонного покрытия на основе положений термодинамики необратимых процессов и синергетики. По аналогии с известными явлениями самоорганизации – конвективными ячейками Бенара и рубинового лазера, показано повышение скорости суммарной (релаксационной и механической) диссипации энергии в дорожном асфальтобетонном покрытии после образования трещины в процессе длительного охлаждения в

области отрицательных температур и тем самым доказывается, что дорожное асфальтобетонное покрытие – диссипативная структура. Показано соблюдение принципа минимума производства энтропии в процессе самоорганизации Ю. Л. Климонтовича и универсального критерия эволюции открытых термодинамических систем П. Гленсдорфа – И. Пригожина.

Напряженно-деформированное состояние покрытия при длительном (30 часов) охлаждении определено методом конечных элементов. Для этого разработан упрощенный метод, учитывающий термовязкоупругие свойства асфальтобетона. Начальные и граничные условия задачи заданы на основе данных экспериментального определения температуры в точках конструкции дорожной одежды и земляного полотна автомобильной дороги «Астана-Бурабай» с помощью разработанных специально датчиков.

**Ключевые слова:** дорожное асфальтобетонное покрытие, температурная трещина, деформация, напряжение, энергия, энтропия.

**Введение.** Низкотемпературное растрескивание (рисунок 1) является одним из основных видов разрушения асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог в регионах с холодным климатом. Появление низкотемпературной трещины:

– во-первых, нарушает сплошность покрытия, из-за чего существенно уменьшается его распределяющая нагрузку от автомобилей способность на нижележащие слои конструкции дорожной одежды и грунт земляного полотна;

– во-вторых, является местом прохода влаги в конструкцию дорожной одежды и грунтовое земляное полотно, что уменьшает прочность и долговечность дорожной конструкции.

Рисунок 1 – Низкотемпературное растрескивание асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги

Figure 1 – Low-temperature cracking of asphalt concrete pavement of the road

Чтобы устранить отрицательное влияние низкотемпературных трещин, на практике дорожного дела обычно используется способ их заделки, включающий расшитие и заполнение полости трещины вязким битумом или специальной мастикой [1]. Заделка трещин представляет собой трудоемкий и маломеханизированный вид работы, требующий значительные затраты материала и времени.

Как показывает многолетняя практика эксплуатация автомобильных дорог, срок службы герметической заделки трещин является низким. Обычно после очередного зимнего периода большая часть заделанных трещин полностью или частично разгерметизируется и требуется ежегодная их перезаделка.

Заделка хорошего качества герметизирует полость трещины и предотвратит поступление влаги сверху дорожного покрытия вниз. Но она не восстанавливает сплошность (механическую целостность) дорожного покрытия. Дорожная конструкция с температурными трещинами (особенно при меньших расстояниях между ними) обладают меньшей прочностью и, следовательно, меньшей долговечностью.

Сказанное выше давно привлекало внимание ученых и специалистов-дорожников и низкотемпературное трещинообразование стало предметом их многолетних исследований. Так, начиная еще

с 50–60-х годов прошлого века, продолжаются как теоретические, так и экспериментальные работы, направленные на изучение проблемы низкотемпературного растрескивания асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги [2-5].

Но само физическое явление, при появлении которого имеет место растрескивание дорожного асфальтобетонного покрытия до сих пор научно необъяснено. Чисто механические взгляды на процесс возникновения низкотемпературных трещин не дали убедительного ответа многим практически важным вопросам.

## 1. НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ.

Дорожное асфальтобетонное покрытие при понижении температуры (охлаждении воздуха) в области отрицательных температур является открытой термодинамической системой. В науке известно много примеров того, что в критических условиях в открытых термодинамических системах возникают диссипативные структуры (конвективные ячейки Бенара, эффект локализации тепла, реакция Белоусова–Жаботинского, лазер, солитоны, структуры в турбулентности и др.) как формы адаптации системы к внешним условиям [6]. Возникновение диссипативных структур объясняется явлением самоорганизации, в основе которой лежит явление коллективного поведения структурных элементов системы.

При понижении температуры (охлаждении) воздуха уменьшается подвижность структурных элементов битума в асфальтобетоне, что снижает способность релакцировать накапливаемое во времени напряжение в покрытии.

В покрытии при охлаждении воздуха возникает нереализованная температурная деформация $\varepsilon_T$, из-за которой появляется напряжение $\sigma_T$. Реализации температурной деформации препятствуют смежные участки покрытия. При продолжающемся охлаждении величина температурного напряжения непрерывно растет. Температура все время снижается, т.е. релаксирующая способность асфальтобетона все больше уменьшается. Из-за коллективного поведения весь объем асфальтобетона в покрытии совместно сопротивляется к внешнему воздействию. Иначе говоря, все структурные элементы асфальтобетона покрытия (атомы, молекулы, макромолекулы, надмолекулярные образования) сопротивляются предстоящему возможному разрушению (потере сплошности, целостности) коллективно (совместно).

При критическом значении управляющего параметра, которым является температура воздуха (температуры поверхности покрытия и воздуха в зимний период практически равны), асфальтобетонное покрытие как термодинамическая система достигает порога устойчивости, который характеризуется следующим условием:

$$\sigma_T = [\sigma_P], \tag{1}$$

где $\sigma_T$ – температурное напряжение; $[\sigma_P]$ – предел прочности асфальтобетона при растяжении.

Вблизи критической температуры $T_{cr}$ система находится очень далеко от положения равновесия и дальнейшее малое увеличение температуры приведет систему к разрушению. Если покрытие однородно, то вероятность разрушения в любой точке блока одинакова. Но система сама (его структурные элементы коллективно) принимает решение допустить растрескивание в одном (только в одном!) сечении. Это самый минимальный ущерб целостности системы – разделение одного целого на самое возможное минимальное количество частей, т.е. на две части.

Таким образом, критическая температура является точкой бифуркации, при достижении которой система разделяется на две части, т.е. начальный блок дорожного покрытия разделяется на два самостоятельных блока. В точке бифуркации у системы появляется выбор: в каком сечении растрескиваться? И структурные элементы системы коллективно «выбирают» «выгодное» для системы сечение.

Бифуркационная диаграмма растрескивания начального блока показана на рисунке 2.

Вблизи критической температуры система принимает решение высвободить некоторое количество накопленной внутренней энергии. Нижняя поверхность асфальтобетонного покрытия жестко связана с поверхностью слоя основания дорожной конструкции. Поэтому при растрески-