

УДК

Э.В. КОТЛЯРСКИЙ<sup>1</sup>, д-р. техн. наук, О.А. ВОЕЙКО<sup>1</sup>, канд. техн. наук; Н.С. ЛЕБЕДЕВ<sup>2</sup>, канд. техн. наук<sup>1</sup> Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (125319, г. Москва, Ленинградский просп., 64)<sup>2</sup> Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46)

## Воздействие агрессивной среды на изменение поверхностной прочности асфальтобетона

На долговечность асфальтобетона в агрессивной среде противогололедных материалов большое влияние оказывает природа минерального материала, химическая стойкость битума, количество его в смеси и уплотняющая нагрузка и др. факторы. В работе освещены вопросы воздействия противогололедных материалов на изменение поверхностной прочности асфальтобетонов.

**Ключевые слова:** противогололедные материалы, битум, асфальтобетон.

КОТЛЯРСКИЙ Э.В. 1, д-р. техн. наук, ВОЕЙКО О.А. 1, канд. техн. наук; ЛЕБЕДЕВ Н.С. 2, канд. техн. наук

<sup>1</sup> Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (125319, г. Москва, Ленинградский проспект, 64)<sup>2</sup> Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46)

### Воздействие агрессивной среды на изменение поверхностной прочности асфальтобетона

На долговечность асфальтобетона в агрессивной среде противогололедных материалов большое влияние оказывает природа минерального материала, химическая стойкость битума, количество его в смеси и уплотняющая нагрузка и др. факторы. В работе освещены вопросы воздействия противогололедных материалов на изменение поверхностной прочности асфальтобетонов.

**Keywords:** противогололедные материалы, битум, асфальтобетон.

Требования обеспечения безопасного движения автомобильного транспорта вынуждают в осенне-зимневесенний период эксплуатации активно использовать противогололедные реагенты. Растворы противогололедных материалов безусловно являются агрессивной средой для асфальтобетона [1, 2].

В процессе взаимодействия с агрессивной средой проявляется физическая форма коррозии строительных материалов [1–3].

Известные методы испытания в качестве количественных критериев предполагают после определенного числа циклов попеременного замораживания и оттаивания фиксировать либо потерю массы образцов, либо потерю их прочности. Многие ученые предлагают перенести этот метод и на определение коррозионной стойкости асфальтобетона, т. е. стойкости материала к воздействию агрессивной среды в том числе создаваемой противогололедными материалами. Неоднократно установлено, что в процессе этих испытаний увеличивается потеря массы образцов и снижается прочность [1, 2, 6].

При рассмотрении процесса разрушения образца любого материала очевидно, что все деструктивные процессы развиваются от его поверхности. В связи с этим научный и практический интерес представляет задача экспериментальной оценки изменения строительно-технических и структурно-механических свойств асфальтового бетона при испытании на морозостойкость.

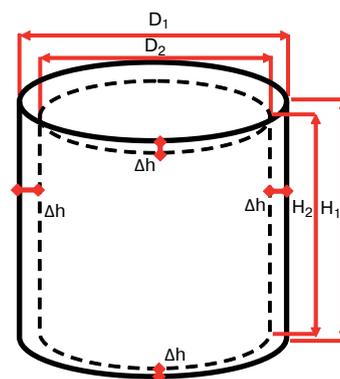
Результаты приведенных стандартных испытаний позволяют установить лишь общий характер изменения исследуемых показателей, хотя непосредственному разрушению подвергается только поверхностный слой образца толщиной  $\Delta h$ , составляющий 200–800 мкм [4–6].

В соответствии с представлениями об аддитивности прочности дисперсных структур, теоретически обоснованной академиком П.А. Ребиндером и его школой применительно к битумо-минеральным смесям прочность зависит от количества контактов в единице объема (как правило в  $1 \text{ см}^3$ ) и средней силы сцепления в контакте. Она может быть рассчитана по формуле (1).

$$P_m = k_1 \cdot F_c \cdot n^{2/3} = k_2 \cdot F_c \cdot \varphi \cdot S_{уд}^2 = k_3 \cdot F_c \cdot \varphi \cdot d_i^{-2}, \quad (1)$$

где  $P_m$  – предельное напряжение сдвига;  $n$  – число контактов в единице объема;  $\varphi$  – относительная плотность высококонцентрированной дисперсной системы,  $S_{уд}$  – удельная поверхность частиц дисперсной фазы;  $d_i$  – характерный размер этих частиц.

Если предположить, что поверхность асфальтобетонных образцов при испытании на морозостойкость разрушается относительно однородно, то через определенное количество циклов попеременного замораживания и оттаивания можно подсчитать объем материала, в котором элементарные контакты еще способны сопротивляться внешним эксплуатационным воздействиям (рис. 1).



**Рис. 1.** Расчетная схема для определения текущего объема и поверхности цилиндрических асфальтобетонных образцов при испытании на морозостойкость

$$\Delta V_n = V_{обр}^{нач} - V_{обр}^n, \quad (2)$$

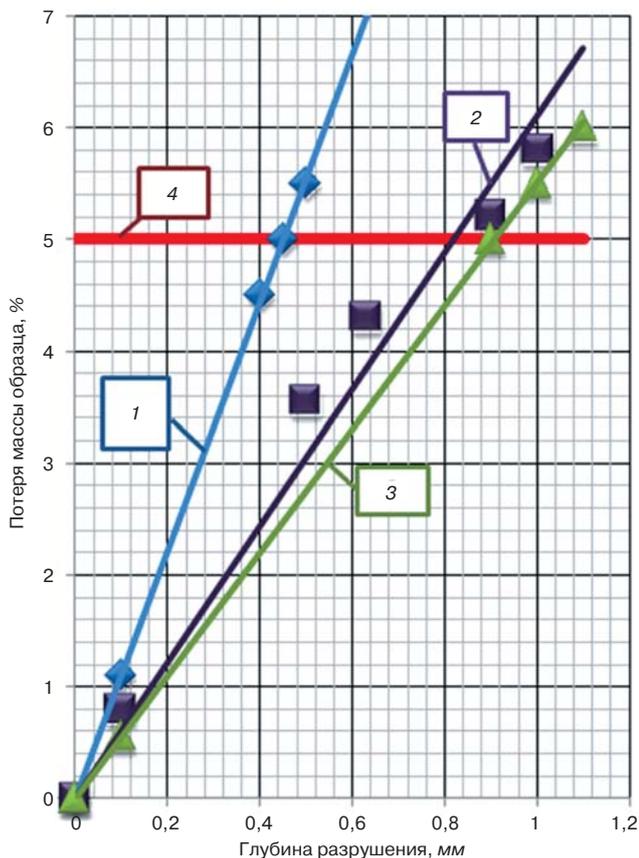
$$\text{где } V_{обр}^{нач} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h; \quad (3)$$

$$V_{обр}^n = \frac{\pi (d - 2\Delta h_{разр})^2}{4} \cdot (h - 2\Delta h_{разр}); \quad (4)$$

$$\Delta V_n = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h - \frac{\pi (d - 2\Delta h_{разр})^2}{4} \cdot (h - \Delta h_{разр}). \quad (5)$$

Определив среднее число контактов в единице объема в каждом из исследуемых составов можно оценить количество контактов, не работающих после очередного цикла испытаний.

Поверхность образца в процессе испытания составит:



**Рис. 2.** Зависимость потери массы образцов от глубины разрушения поверхностного слоя, мм: 1 – диаметр образцов 50,5 мм, ( $y=0,1014x+0,0021$ ,  $R^2=0,9982$ ); 2 – диаметр образцов 71,4 мм, ( $y=0,0727x+0,0018$ ,  $R^2=0,9982$ ); 3 – диаметр образцов 101 мм, ( $y=0,0522x+0,0012$ ,  $R^2=0,9984$ ); 4 – требования ГОСТ

$$S_i = 2 \cdot \frac{\pi(d-2h_{\text{разр}})^2}{4} + (h-2h_{\text{разр}}) \cdot \pi \cdot (d-h_{\text{разр}}). \quad (6)$$

Тогда среднюю величину глубины разрушения выражаем через формулу:

$$\Delta h_{\text{разр}} = \frac{V_i}{S_i}. \quad (7)$$

Как уже отмечалось, оценка морозостойкости материалов в любой среде, в том числе и агрессивной солевой, может производиться по величине потери массы ( $\Delta m$ ). По экспериментально полученным в процессе испытания данным на морозостойкость значения остаточной пористости связаны со средней плотностью образцов:

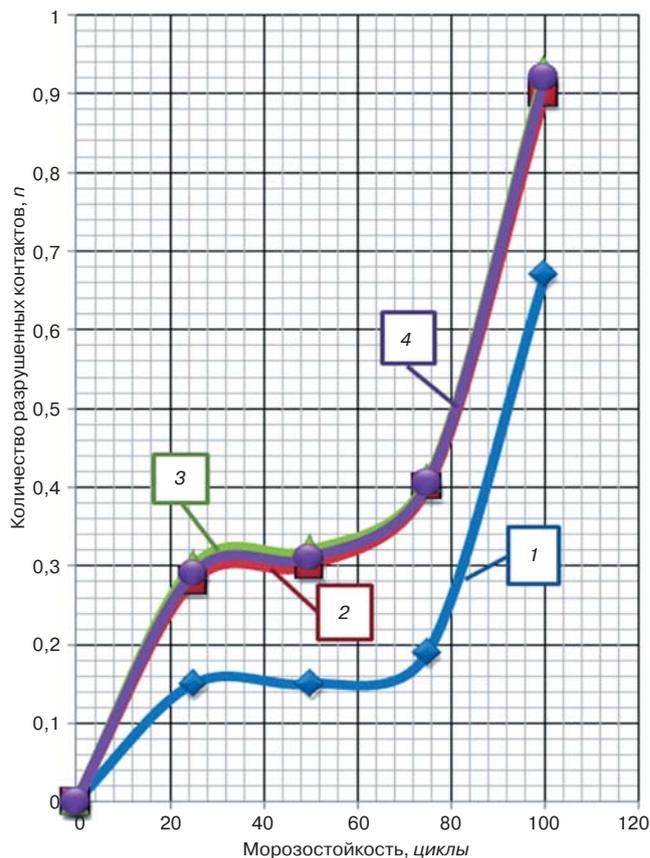
$$\rho_i = \rho \cdot \left(1 - \frac{V_{\text{пор}}^{\text{ост}}}{100}\right). \quad (8)$$

Потеря массы образца:

$$\Delta m = m_0 - m_i = \rho_0 \cdot V_0 - \rho_i \cdot V_i. \quad (9)$$

Для получения относительной потери массы образца необходимо отнести к его первоначальной массе и умножить на 100%.

В результате проведенных экспериментов в лаборатории кафедры дорожно-строительных материалов МАДИ была установлена взаимосвязь между потерей массы образцов различного размера с глубиной разрушенного поверхностного слоя (рис. 2). Линейная регрессионная модель обладает высокой степенью точ-



**Рис. 3.** Изменение количества разрушенных контактов в поверхностном слое асфальтобетонных образцов при испытании на морозостойкость: 1 – горячий плотный мелкозернистый асфальтобетон типа Б на гранитном щебне; 2 – горячий плотный мелкозернистый асфальтобетон типа В на гранитном щебне; 3 – горячий песчаный асфальтобетон типа Д; 4 – горячий плотный мелкозернистый асфальтобетон типа Б на известняковом щебне

ности (коэффициент множественной корреляции  $R^2 > 0,99$ ).

На рис. 2 видно, что, даже при весьма незначительных разрушениях поверхностного слоя действующий (т. е. способный сопротивляться) объем может значительно меняться. Расчеты показали, что при 5% потере массы образцов диаметром 101 мм величина не превышает 1 мм.

Другим значимым показателем является остаточная пористость. Изменение данного показателя определялся по стандартной методике. Анализ изменения остаточной пористости испытанных составов асфальтовых бетонов после попеременного замораживания и оттаивания позволил количественно оценить глубину разрушения поверхностного слоя образцов, количество условно разрушенных микроконтактов, а также коэффициент морозостойкости поверхностного слоя (рис. 3, 4).

Параллельно для оценки относительной поверхностной прочности асфальтобетона использовали методику, разработанную в диссертационной работе О.А. Швагиревой. Измерения производили на приборе «Оникс».

Установлено (рис. 3, 4), что в начальный период испытания, примерно до 20–25 циклов замораживания и оттаивания разрушение поверхностного слоя асфальтобетонных образцов протекает довольно интенсивно. Для асфальтобетона типа Б на гранитном щебне поверхностный слой разрушается на глубину примерно 150 мкм, для асфальтобетона типа В на гранитном щебне, для типа Б известняковом – 240 мкм, а песчаного ас-

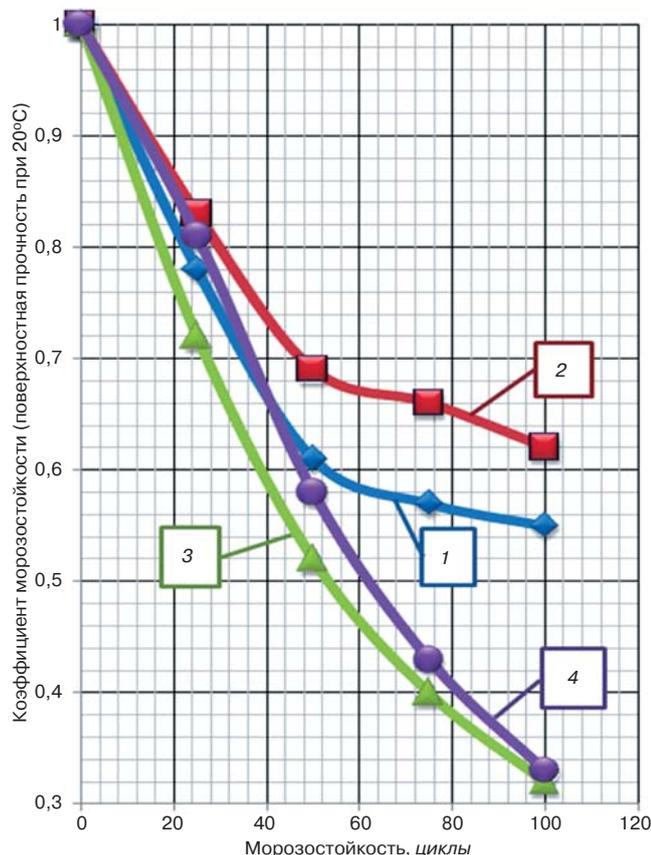


Рис. 4. Изменение относительной поверхностной прочности асфальтобетонных образцов при испытании на морозостойкость: 1 – горячий плотный мелкозернистый асфальтобетон типа Б на гранитном щебне; 2 – горячий плотный мелкозернистый асфальтобетон типа В на гранитном щебне; 3 – горячий песчаный асфальтобетон типа Д; 4 – горячий плотный мелкозернистый асфальтобетон типа Б на известняковом щебне

фальтобетона – 280 мкм. Затем процесс разрушения стабилизируется и после 75 циклов замораживания–оттаивания соответственно достигает 200, 400 и 340 мкм. После 75 циклов испытания интенсивность разрушения поверхностного слоя резко возрастает и к 100 циклам составляет уже 680, 920 и 910 мкм соответственно.

Необходимо отметить, что у составов на известняковом щебне или с высоким содержанием известнякового минерального порошка поверхностный слой разрушается интенсивнее и на большую глубину.

Это подтвердилось и при оценке относительной поверхностной прочности. Коэффициент морозостойкости  $k'_{мрз} = \frac{R_{пов}^{100}}{R_{пов}^0}$  после 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания у асфальтобетона на гранитном щебне составил 0,54, на известняковом – 0,33, а у песчаного асфальтобетона и мелкощебенистого типа В на гранитном щебне с высоким содержанием известнякового минерального порошка – 0,32.

#### Заключение

Полученные результаты позволяют сформулировать основные выводы:

1. При попеременном замораживании и оттаивании в растворах противогололедных реагентов основные разрушения происходят в поверхностном слое.
2. Интенсивность разрушения поверхностного слоя зависит от природы крупного заполнителя и содержания известнякового минерального порошка.
3. Природа поверхностных разрушений, очевидно, связана с контактными взаимодействиями структу-

рных элементов асфальтобетонов, что требует дополнительного изучения.

4. Аналогичные деструктивные процессы в поверхностном слое протекают при длительном водопоглощении, а их интенсивность зависит от адгезионных свойств применяемых органических вяжущих.

#### Список литературы

1. Котлярский Э.В. Повышение долговечности покрытий автомобильных дорог за счет оптимизации структуры асфальтобетонов. Дисс... доктора техн. наук. Белгород. БГТУ. 2012.
2. Котлярский Э.В., Воейко О.А. Долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий и факторы, способствующие разрушению структуры асфальтобетона в процессе эксплуатации. М.: Техполиграфцентр, 2007. 136 с.
3. Котлярский Э.В., Воейко О.А. Влияние противогололедных реагентов на свойства битумов и асфальтобетонов // *Наука и техника в дорожной отрасли*. 2008. № 4. С. 39–41.
4. Котлярский Э.В. О необходимости учета условий эксплуатации асфальтобетона в конструктивных слоях дорожной одежды // *Сб. статей и докладов ежегодной научной сессии ассоциации исследователей асфальтобетона*. МАДИ, 2009. С. 61–72.
5. Котлярский Э.В. Роль эксплуатационных воздействий в изменении параметров асфальтобетонного покрытия // *Сб. статей и докладов ежегодной научной сессии ассоциации исследователей асфальтобетона*. МАДИ, 2010. С. 107–117.
6. Котлярский Э.В. Изменение характеристик дорожного покрытия из асфальтобетона в зависимости от эксплуатационных воздействий. // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2010. № 1. С. 53–59.

#### References

1. Kotlyarskii E.V. Improving the durability of coatings of highways by optimizing the structure of asphalt. Doctor Diss. (Engineering). Belgorod. BG TU. 2012. (In Russian).
2. Kotlyarskii E.V., Voeiko O.A. Dolgovechnost' dorozhnykh asfal'tobetonykh pokrytii i faktory, sposobstvuyushchie razrusheniyu struktury asfal'tobetona v protsesse ekspluatatsii [Durability of road asphalt concrete pavement and the factors contributing to the destruction of the structure of asphalt concrete in service]. Moscow: Tekhpolygrftsentr. 2007. 136 p.
3. Kotlyarskii E.V., Voeiko O.A. Influence of anti-reagents on the properties of bitumen and asphalt. *Nauka i tekhnika v dorozhnoi otrasli*. 2008. No. 4, pp. 39–41. (In Russian).
4. Kotlyarskii E.V. On the necessity of taking into account the operating conditions in the structural layers of asphalt concrete pavement. *Collection of articles and reports annual scientific session of the association of researchers blacktop*. MADI. 2009, pp. 61–72. (In Russian).
5. Kotlyarskii E.V. The role of the operational impacts of a change in the parameters of asphalt concrete pavement. *Collection of articles and reports annual scientific session of the association of researchers blacktop*. MADI. 2010, pp. 107–117. (In Russian).
6. Kotlyarskii E.V. Changing the characteristics of the asphalt pavement depending on the operational impact. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova*. 2010. No. 1, pp. 53–59. (In Russian).