

Н.И. ЯРМОЛИНСКАЯ, канд. техн. наук, Л.С. ЦУПИКОВА, инженер,
Тихоокеанский государственный университет (Хабаровск)

Повышение коррозионной стойкости асфальтобетона на основе отходов ТЭС

Отходы топливно-энергетической промышленности — золы уноса и золошлаковые смеси ТЭС, получаемые от сжигания бурых и каменных углей, являются наиболее доступным видом порошкообразного материала для использования их в асфальтобетоне. Применение этих материалов зависит от их состава и свойств, которые весьма разнообразны.

Свойства отходов ТЭС, определяющие их использование в качестве минерального порошка, зависят прежде всего от химико-минералогического состава, дисперсности, пористости, формы и текстуры поверхности частиц. На большинстве ТЭС юга Дальнего Востока топливо сжигают в пылевидном состоянии, где процесс сжигания протекает при 1500–1600°C. Практически на всех работающих станциях имеется система гидрозолоудаления. Дальневосточные золы имеют ряд отличительных свойств по сравнению с отходами ТЭС других регионов страны:

- относительно небольшое количество активных оксидов СаО и MgO (в буроугольных золах уноса сухоотбора 9,1–13,4%);
- повышенное содержание полуторных оксидов Al_2O_3 и Fe_2O_3 ;
- незначительное содержание сернистых и сернокислых соединений (в пересчете на SO_3 — до 0,36%);
- кислый характер поверхности (модуль основности менее 1);
- повышенное содержание в буром угле гуминовых веществ;
- повышенная пористость (41–56%) и битумоемкость (в соответствии с ГОСТ 52129–2003) до 152 г.

В России и за рубежом проводили исследования по возможности использования отходов ТЭС в качестве минерального порошка для асфальтобетона [1–3]. Основными недостатками таких асфальтобетонов являются повышенное водонасыщение, пониженная водостойкость и прочность при сжатии при 50°C. Это объясняется меньшей структурообразующей способностью зол по сравнению с карбонатными минеральными порошками.

Исследования показали, что большие различия в свойствах золошлаковых смесей получили отражение и в физико-механических характеристиках асфальтобетонных смесей, приготовленных на их основе. Так, расход битума при близких значениях остаточной пористости и прочности асфальтобетона при сжатии при

50°C у разных исследователей отличаются между собой почти в два раза. Особенно неоднозначны показатели водостойкости при длительном водонасыщении ($K_{вод}^{15}=0,6–1$) и морозостойкости ($K_{мпз}^{25}=0,64–1$). Это можно объяснить не только качественными показателями свойств золошлаков, но и количественным их содержанием в асфальтобетонных смесях (10–30 мас.% в зависимости от зернового состава).

Одним из основных факторов, нарушающих структуру асфальтобетона и ускоряющих процессы его разрушения, является вода. Поэтому именно водостойкость и морозостойкость — основные показатели, характеризующие коррозионную стойкость асфальтобетона. Известно, что прочное сцепление битума с минеральным порошком достигается только в тех случаях, когда между активными высокомолекулярными соединениями битума и поверхностью минеральных частиц происходит химическая реакция с образованием водонерастворимых соединений. Отходы дальневосточных ТЭС обладают ярко выраженной кислотностью, поэтому на поверхности раздела фаз битум — порошок из отходов ТЭС будут протекать реакции физического характера (без образования водонерастворимых мыл), что предопределяет получение асфальтобетона с невысокими прочностными свойствами в водонасыщенном состоянии.

На основании обобщения имеющихся литературных и экспериментальных данных можно отметить, что особый интерес представляют работы, связанные с улучшением молекулярно-поверхностных свойств отходов ТЭС и повышением качества асфальтового бетона на их основе.

Одним из методов, позволяющих изменить поверхностные свойства зол, является газовая гидрофобизация [4]. Этот способ совмещает сушку золы с газовой гидрофобизацией минеральной поверхности частиц порошка. Гидрофобизирующий газ получают нагревом битума до 220–350°C. При этом с поверхности минерального порошка удаляется адсорбционно-пленочная влага, а гидрофобизирующий газ адсорбируется поверхностью, образуя гидрофобизирующий слой.

На основании результатов испытания асфальтобетонов как на исходном золошлаке, так и на золошлаке, активированном в газовой фазе битума, в том числе с добавкой ПАВ, были получены регрессионные зависимости физико-механических свойств асфальтобетона от его состава. В качестве факторов, определяющих состав

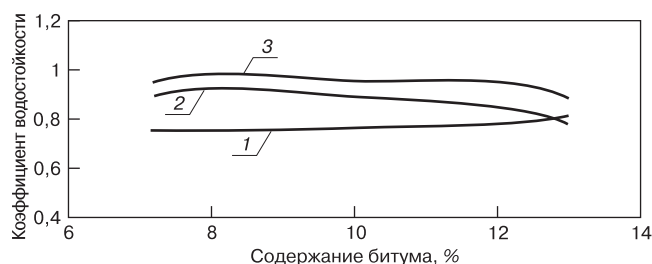


Рис. 1. Зависимость водостойкости асфальтобетона от содержания битума: 1 — на исходном золошлаке; 2 — на золошлаке, гидрофобизированном в газовой фазе битума; 3 — на золошлаке, гидрофобизированном в газовой фазе с добавкой ПАВ

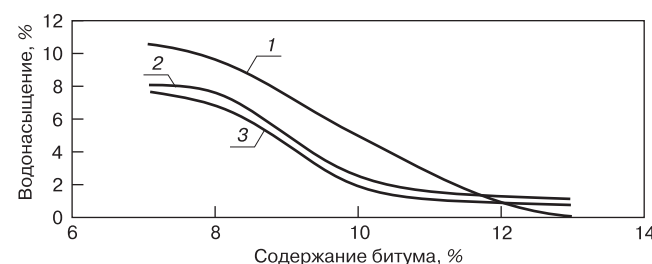


Рис. 2. Зависимость водонасыщения асфальтобетона от содержания битума: 1 — на исходном золошлаке; 2 — на золошлаке, гидрофобизированном в газовой фазе битума; 3 — на золошлаке, гидрофобизированном в газовой фазе с добавкой ПАВ

смеси и влияющих на свойства асфальтобетона, приняты содержание битума в расчете на минеральную часть асфальтобетона – x_1 , отношение минерального порошка на основе золотлака к песку – x_2 . Испытания проводили на асфальтобетоне типа Д, так как в нем содержится повышенное количество минерального порошка и поэтому более ярко выражено влияние зол ТЭС. В качестве функции отклика приняты основные показатели физико-механических свойств асфальтобетона (ГОСТ 12801–98): средняя плотность, предел прочности при сжатии при 20 и 50°C, пористость минерального остова, остаточная пористость, водонасыщение, коэффициент водостойкости. После обработки результатов испытаний были получены уравнения регрессии. Как свидетельствуют результаты испытаний, в наибольшей степени гидрофобизация отразилась на водонасыщении, водостойкости, прочностных характеристиках при 20 и 50°C. Регрессионные зависимости коэффициента водостойкости асфальтобетона:

– для асфальтобетонов на исходном золотлаке:

$$K_g = 0,053\tilde{x}_1^2 - 0,044\tilde{x}_2^2 + 0,756, \quad (1)$$

где K_g – коэффициент водостойкости асфальтобетона;
– на золотлаке, активированном в газовой фазе битума:

$$K'_g = 0,016\tilde{x}_1^2 - 0,032\tilde{x}_2^2 + 0,957; \quad (2)$$

– на активированном в газовой фазе битума с добавкой ПАВ:

$$K''_g = 0,025\tilde{x}_1^2 - 0,033\tilde{x}_2^2 + 0,966. \quad (3)$$

Интервалы варьирования x_1 – 7,17–12,83%; x_2 – 0,146–0,354. В относительных единицах оба фактора варьировались от –1,414 до +1,414.

Анализ регрессионных зависимостей показывает, что водостойкость возрастает при использовании активированного золотлака и еще в большей степени при использовании золотлака, активированного в газовой фазе битума с добавкой ПАВ. Это видно из результатов испытаний (рис. 1), а также при сравнении свободных членов уравнений регрессии. Увеличение количества битума повышает водостойкость, а увеличение количества золотлака снижает этот показатель. Но при использовании активированных минеральных порошков это снижение водостойкости менее выражено.

Асфальтобетоны на гидрофобизированных отходах ТЭС имеют меньшее водонасыщение, чем асфальтобетоны на исходном золотлаке с таким же количеством битума. Наибольший эффект обеспечивается при оптимальном (9–10%) или при недостаточном (менее 9%) количестве битума. При избытке битума показатели водонасыщения отличаются незначительно (рис. 2). Аналогичная картина складывается и с остаточной пористостью: заметное снижение этой величины наблюдается при оптимальном и недостаточном количестве связующего. По всей вероятности, это объясняется увеличением количества свободного битума, в то время как

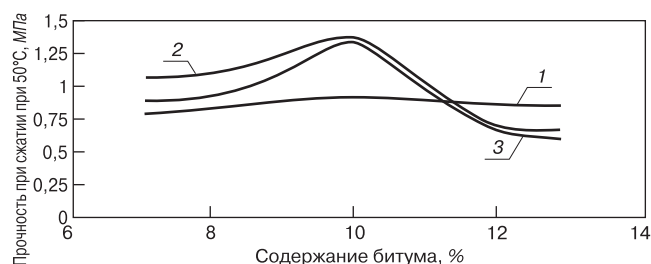


Рис. 3. Зависимость прочности асфальтобетона при 50°C от содержания битума: 1 – на исходном золотлаке; 2 – на золотлаке, гидрофобизированном в газовой фазе битума; 3 – на золотлаке, гидрофобизированном в газовой фазе с добавкой ПАВ

ориентированный битум распределяется более тонким, прочным и равномерным слоем.

Увеличение процентного содержания свободного битума влияет также на прочность асфальтобетона (рис. 3). Регрессионные зависимости, характеризующие прочностные показатели свойств асфальтобетона – на исходном золотлаке:

$$R_{20} = 0,012\tilde{x}_1^2 - 0,260\tilde{x}_2^2 + 2,357; \quad (4)$$

$$R_{50} = -0,046\tilde{x}_1^2 - 0,072\tilde{x}_2^2 + 0,98, \quad (5)$$

где R_{20} и R_{50} – предел прочности при сжатии при 20 и 50°C соответственно, МПа;

– на золотлаке, активированном в газовой фазе битума:

$$R_{20} = -0,321\tilde{x}_1^2 - 0,146\tilde{x}_2^2 + 2,985; \quad (6)$$

$$R_{50} = -0,325\tilde{x}_1^2 - 0,165\tilde{x}_2^2 + 1,471; \quad (7)$$

– на золотлаке, активированном в газовой фазе битума с добавкой ПАВ:

$$R_{20} = -0,488\tilde{x}_1^2 - 0,109\tilde{x}_2^2 + 3,889; \quad (8)$$

$$R_{50} = -0,261\tilde{x}_1^2 - 0,155\tilde{x}_2^2 + 1,584. \quad (9)$$

Анализ полученных уравнений показывает, что большее влияние на прочность асфальтобетона с использованием активированного золотлака оказывает количество битума, а отношение золотлака к песку в два раза меньше влияет на этот показатель. В асфальтобетоне на неактивированном золотлаке значительно большее влияние имеет отношение золотлака к песку. Это можно объяснить тем, что в асфальтобетоне на активированном золотлаке толщина пленки ориентированного битума меньше, так как на гидрофобизированной поверхности битум распределяется более тонким слоем. Следовательно, в таком асфальтобетоне значительное количество битума находится в свободном состоянии, что делает показатель прочности более чувствительным к изменению количества битума.

Из полученных регрессионных зависимостей видно, что величина прочности повышается при использовании активированных материалов. Однако это относится к случаям, когда количество битума в асфальтобетоне является оптимальным. При избыточном количестве битума асфальтобетона на активированном золотлаке показывают меньшую прочность при 50°C, что открывает пути для экономии битума.

Таким образом, газовая активация золотлака позволяет повысить коррозионную стойкость асфальтобетона за счет увеличения коэффициента водостойкости на 15–20%, снижения водонасыщения на 30–40% при одинаковом (оптимальном) количестве битума; повысить прочностные показатели при 20 и 50°C; утилизировать отходы ТЭС, что позволит одновременно улучшить экологическую обстановку.

Список литературы

1. Ярмолинская Н.И., Закурдаев И.Е., Латкин А.С. Использование золотлаков гидроудаления дальневосточных ТЭС // Автомобильные дороги. 1988. № 9. С. 17–19.
2. Состав и свойства золы и шлака ТЭС: Справочное пособие / Под ред. Мелентьева В.А. Л.: Энергоатомиздат. 1985. 285 с.
3. Путилин Е.И. Применение зол уноса и золотлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог. Обзор. информ. отеч. и зарубеж. опыта применения золотлаков от сжигания твердого вида топлива на ТЭС. М.: СоюздорНИИ. 2003. 58 с.
4. Латкин А.С., Судаков В.И., Ярмолинская Н.И. Композиты на основе гидрофобных материалов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР 1990. 123 с.