

НОВЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Ковалев Я.Н., д-р техн. наук, профессор,
Яглов В.Н., д-р хим. наук, профессор,
Меженцев А.А., канд. техн. наук, доцент,
Бурак Г.А., канд. техн. наук, доцент,
Евсеева Е.А., канд. техн. наук, доцент,
Кречко Н.А., Шагойко Ю.В.**

*Белорусский национальный технический университет
(г. Минск, Республика Беларусь)*

1. Фосфогипс, как температуропонижающая добавка при получении асфальтобетона.

Строительство асфальтобетонных покрытий связано с большими энергетическими затратами. Наибольшая часть затрат энергоносителей при производстве работ приходится на производство асфальтобетонной смеси. При приготовлении 100 тонн асфальтобетона затрачивается 3,5 тонны мазута.

В настоящее время температура выпускаемых горячих асфальтобетонных смесей составляет (150–165) °С. В то же время высокая температура технологических процессов приготовления и укладки смеси является причиной старения битума и, как следствие, преждевременного разрушения асфальтобетона. При более низкой температуре приготовления ухудшаются качество перемешивания компонентов и удобоукладываемость готовой смеси, что снижает качество выполняемых работ. Необходимо было найти компромисс. С этой целью были проведены экспериментальные исследования влияния фосфогипса на технологические свойства асфальтобетона типов ЩМСц I/2,2, ЩМАг I/2,75, ЩМБг I/2,75. Составы асфальтобетонов приведены в таблице 1.

Коэффициенты водостойкости и морозостойкости при длительном водонасыщении определялись по СТБ 1115. Результаты определения коэффициентов водостойкости и морозостойкости

асфальтобетона в зависимости от содержания фосфогипса приведены в таблице 2.

Таблица 1

Составы асфальтобетона

| № п/п | Тип смеси | Щебень, % | Отсев, % | Минеральный порошок, % | Битум, % | Фосфогипс, % |
|-------|-----------|-----------|----------|------------------------|----------|--------------|
| 1 | С | 72 | 18 | 10 | 6,2 | 0 |
| 2 | С | 72 | 18 | 10 | 6,2 | 0,5 |
| 3 | С | 72 | 18 | 10 | 6,2 | 1,0 |
| 4 | А | 54 | 34 | 12 | 5,7 | 0 |
| 5 | А | 54 | 34 | 12 | 5,7 | 0,5 |
| 6 | А | 54 | 34 | 12 | 5,7 | 1,0 |
| 7 | Б | 46 | 47 | 7 | 5,5 | 0 |
| 8 | Б | 46 | 47 | 7 | 5,5 | 0,5 |
| 9 | Б | 46 | 47 | 7 | 5,5 | 1,0 |

Таблица 2

Физико-механические свойства асфальтобетонов

| № п/п | ρ , г/см ³ | W, % | R50, МПа | R0, МПа | Rсдв, МПа | Квод | К мор |
|-------|----------------------------|------|----------|---------|-----------|------|-------|
| 1 | 2,45 | 0,9 | 1,04 | 2,65 | 2,32 | 0,89 | 0,91 |
| 2 | 2,45 | 0,8 | 1,02 | 2,74 | 2,35 | 0,92 | 0,97 |
| 3 | 2,46 | 0,8 | 1,07 | 2,95 | 2,43 | 0,93 | 0,93 |
| 4 | 2,50 | 1,5 | 1,47 | 3,35 | 2,72 | 0,76 | 0,72 |
| 5 | 2,51 | 1,4 | 1,52 | 3,42 | 2,87 | 0,78 | 0,75 |
| 6 | 2,51 | 1,6 | 1,58 | 3,46 | 2,84 | 0,73 | 0,71 |
| 7 | 2,48 | 1,8 | 1,95 | 2,89 | 2,53 | 0,80 | 0,67 |
| 8 | 2,48 | 1,7 | 2,02 | 3 | 2,56 | 0,82 | 0,8 |
| 9 | 2,47 | 1,65 | 1,97 | 3,05 | 2,55 | 0,83 | 0,7 |

Примечание: ρ – плотность, г/см³, W – водонасыщение, %, R 50 – предел прочности при сжатии при 50 °С, МПа, R 0 – предел прочности при растяжении при 0 °С, МПа, R сдв – предел прочности при сдвиге при 50 °С, МПа, К вод – коэффициент водостойкости, К мор – коэффициент морозостойкости.

Результаты определения интенсивности старения асфальтобетона в зависимости от количества добавки приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты определения коэффициента старения асфальтобетона

| № п/п | ρ , г/см ³ | W, % | R50, МПа | R0, МПа | Kc |
|-------|----------------------------|------|----------|---------|------|
| 1 | 2,45 | 0,9 | 1,04 | 2,65 | 0,87 |
| 2 | 2,45 | 0,8 | 1,02 | 2,74 | 0,90 |
| 3 | 2,46 | 0,8 | 1,07 | 2,95 | 0,92 |
| 4 | 2,50 | 1,5 | 1,47 | 3,35 | 0,82 |
| 5 | 2,51 | 1,4 | 1,52 | 3,42 | 0,83 |
| 6 | 2,51 | 1,6 | 1,58 | 3,46 | 0,83 |
| 7 | 2,48 | 1,8 | 1,95 | 2,89 | 0,80 |
| 8 | 2,48 | 1,7 | 2,02 | 3 | 0,82 |
| 9 | 2,47 | 1,65 | 1,97 | 3,05 | 0,83 |

Примечание: ρ – плотность, г/см³, W – водонасыщение, %, R 50 – предел прочности при сжатии при 50 °С, МПа, R 0 – предел прочности при растяжении при 0 °С, МПа, K c – коэффициент старения асфальтобетонной смеси.

Полученные данные показывают, что введение в состав асфальтобетонной смеси фосфогипса в количестве до 0,5 % от массы минеральной части позволяет повысить коррозионную стойкость и устойчивость к старению горячих асфальтобетонов.

2. Использование неорганических люминофоров для обустройства дорог.

Интенсивность движения на автомобильных дорогах с каждым годом увеличивается. В этих условиях роль всех элементов регулирования и обеспечения безопасности дорожного движения значительно возрастает. Поэтому применяемые материалы и технологии должны обеспечивать их постоянное наличие и хорошую видимость на дороге, особенно в темное время суток.

Анализ публикаций показывает, что основными направлениями исследований в этой области являются работы по созданию новых светящихся красок с использованием неорганических люминофоров. Основными характеристиками люминофоров являются: **цвет свечения**, определяемый спектром излучения, максимум которого может быть как в видимой области, так и в невидимой (инфракрасной или ультрафиолетовой); **выход** — коэффициент трансформации

поглощенной энергии в излучение; **инерционность** — длительность свечения после прекращения возбуждения; она может колебаться от 10^{-9} с до многих часов.

В работе использовали люминофор – алюминат стронция, допированный европием и диспрозием марки ТАТ 33. К преимуществам предлагаемого люминофора относятся:

- период послесвечения в 50 раз больше, чем у обычного фосфора;
- активация волнами разной длины (200–450 нм);
- начальная яркость послесвечения в 10 раз выше, чем у других пигментов;
- увеличение люминесценции и послесвечения с увеличением времени активации;
- погодная и световая устойчивость.
- отсутствие опасных для здоровья и радиоактивных веществ.
- не загрязняет окружающую среду и обладает высокой химической стабильностью.

Скорость зарядки люминофора показывает как быстро ТАТ 33 заряжается от солнечного света в канделах на 1 м^2 (рис. 1).

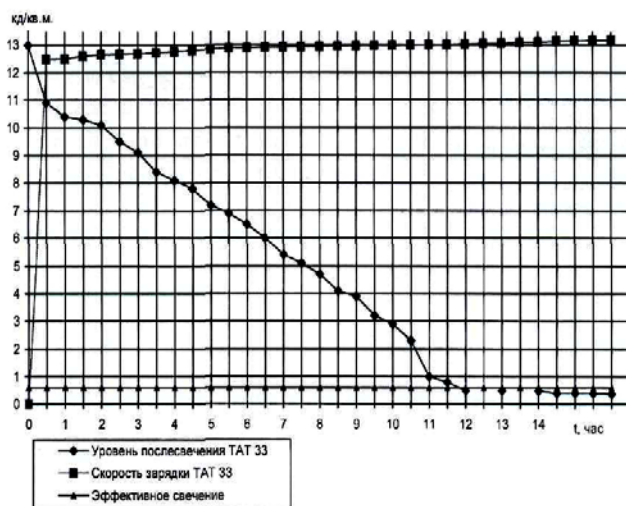


Рис. 1. График зарядки и послесвечения люминофора ТАТ-33

Сравнительные свойства люминофоров приведены в таблице 4.

Таблица 4

Сравнительные свойства люминофоров

| Свойства люминофоров | Люминофор ТАТ 33 с длительным послесвечением | Обычные фосфоресцентные пигменты с коротким послесвечением. |
|-------------------------------------|--|---|
| Химический состав | $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25} \cdot \text{Eu, Dy}$ | $\text{ZnS} \cdot \text{Cu}$ |
| Цвет | Светлый желто-зеленый | Желто-зеленый |
| Цвет послесвечения | Зеленый | Зеленый, голубой, красный, фиолетовый и т.д. |
| Размер частиц | 60-80 nm | 20-40 nm |
| Длина волны света возбуждения | 200-450 nm | 200-450 nm |
| Длины волны излучаемого света (пик) | 580 nm | 530 nm |
| Яркость послесвечения | Около 340 mcd/m ² | 20-30 mcd/m ² |
| Время угасание послесвечения | Больше 3000 минут | После 200 минут |
| Время активации | Около 20 минут | Около 4 минут |
| Светостойкость | Более 1000 часов | 10-24 часов |
| Плотность | 3,6 г/см ³ | 4,1 г/см ³ |

Из графика (рис. 1) видно, что максимальный уровень яркости достигается достаточно быстро. Нахождение ТАТ 33 под солнечным светом не приводит к значительному увеличению яркости послесвечения, но время зарядки ТАТ 33 напрямую связано с временем послесвечения. Идеальная люминесцирующая краска должна быть

источником непрерывного излучения света, без какого бы то ни было внешнего источника энергии.

В связи с этим, для изготовления светосоставов постоянного действия (СПД) применяли искусственный радиоактивный препарат, ^{147}Pm в виде соли PmCl_2 . Преимущество использования этого β -излучателя заключается в том, что его излучение (электроны с различной энергией) легко задерживается тонкими защитными слоями и экранами.

3. Цементное вяжущее, модифицированное наночастицами кремнезема.

При получении гелей кремниевой кислоты методом нейтрализации соляной кислотой установлено, что наиболее сложна скорость гелеобразования зависит от pH среды. При отсутствии в системе электролита и модифицирующих добавок гелеобразование протекает с минимальной скоростью в области pH 2 – 3. Максимальная скорость процесса приходится на область pH от 5 до 7. Значение pH, при которых золи проявляют минимальную устойчивость, зависят от следующих факторов: природы кислоты, наличия электролитов, концентрации кремнезема, температуры и т.д. Скорость гелеобразования максимальна при pH 5,5 – 6,0.

Использование полученных наночастиц показало, что их роль в формировании структуры цементного камня разноплановая. Во-первых, они участвуют в химической реакции образования новой кристаллической фазы – низкоосновных гидросиликатов кальция, тогда как без модификатора первичными являются высокоосновные гидросиликаты кальция, во-вторых, эти новообразования заполняют микропоры своими кристаллическими сростками и повышают плотность и прочность бетона, и в-третьих низкоосновные гидросиликаты кальция являются активными центрами кристаллизации.

Таким образом, наноразмерные частицы SiO_2 являются перспективными модификаторами цементного камня и бетона.