

УДК 625.85

**Снижение энергетической нагрузки на дорожную конструкцию автомобильных дорог, аэродромов и конструктивные элементы мостов и путепроводов за счет увеличения ударной вязкости цементобетонных покрытий**

Зубарь М. В., Кравченко С. Е., Коледа А. А.  
Белорусский национальный технический университет

В процессе эксплуатации дорожная конструкция, и в первую очередь, покрытие испытывает воздействие ряда факторов внешней среды. Одним из наиболее значимых факторов следует определить динамическое действие транспортной нагрузки, заключающееся в передаче и трансформации энергии движущегося автомобиля на конструктивные слои дорожной одежды, либо применительно к мостам и путепроводам на нижерасположенные их конструктивные элементы. Дорожные покрытия, в силу своих структурных особенностей, по-разному реагируют на энергетическое воздействие движущегося автомобиля. Так покрытие, устроенное из асфальтобетона, представляющее собой упруго-вязко-пластичный материал в большой степени поглощает энергию, чем покрытие, устроенное из цементобетона, являющегося упругим материалом. Следовательно, можно утверждать, что асфальтобетонное покрытие обладает большей ударной вязкостью. Эта особенность асфальтобетона способствует более быстрому затуханию амплитуд колебаний, вызванных движущимся автомобильным транспортом, что приводит к снижению напряжений как в покрытии, так и в нижележащих слоях оснований. В тоже время, в условиях современного движения автомобильного транспорта, характеризующегося повышенной грузоподъемностью транспортных средств, высокой интенсивностью и скоростью движения становится очевидным один из недостатков жестких цементобетонных покрытий-неспособность быстро поглощать энергию движущегося автомобиля. Это и является одной из причин нарушения ровности бетонных плит, разуплотнения оснований за счет перемещения зерен материалов неукрепленных слоев оснований, особенно зерен песка. Повышение ударной вязкости цементобетонного покрытия позволит снизить энергетическое воздей-

ствии движущегося автомобиля на дорожную конструкцию автомобильных дорог, аэродромов и на конструктивные элементы мостов и путепроводов. Механизм повышения ударной вязкости цементобетонных покрытий. Способность поглощать энергию движущегося автомобильного транспорта в большей степени зависит от его вязкости. Проведенные ранее исследования подтверждают этот факт тем, что при введении в состав асфальтобетонной смеси полимерных материалов можно повысить коэффициент затухания колебаний в дорожном покрытии в 1,5-2 раза [1]. Был рассмотрен способ повышения ударной вязкости цементобетонного покрытия за счет использования в составе цементобетонной смеси резиновой крошки. Введение и распределение частиц резиновой крошки в цементобетонной смеси осуществляют механическим смешением в установке. При этом они распределяются в цементобетонной смеси в виде дисперсной фазы с формированием так называемой островковой структуры. Можно предположить, с учетом имеющихся исследований применительно к полимерным смесям [2], что ударная вязкость цементобетона будет определяться содержанием и размером частиц резиновой крошки. С увеличением доли частиц резиновой крошки ударная вязкость цементобетонной смеси возрастает, но снижаются ее жесткость и другие механические характеристики, так как частицы резиновой крошки имеют гораздо меньший модуль упругости, чем окружающая их цементная матрица. Следовательно, необходима такая концентрация частиц резиновой крошки при которой возможно увеличение ударной вязкости материала при сохранении механических характеристик цементобетонной смеси. В этом случае большое значение имеет характер свойств на границе раздела между частицами каучука и цементной матрицей, где образуется более жесткий промежуточный слой. Поэтому не истинный диаметр частиц каучука, а несколько меньший эффективный их диаметр. Расчёты вероятности встречи трещин с частицами каучука при различных их диаметре, толщине промежуточного слоя и содержании дисперсной фазы показывают, что в зависимости от толщины промежуточного слоя с ростом диаметра частиц каучука ударная вязкость увеличивается, а в некотором интервале диаметров частиц дисперсной фазы — уменьшается [2].

Повышение ударной вязкости цементобетона при введении резиновой крошки обуславливается торможением растущей трещины за счет того, что частица резиновой крошки при прохождении через нее трещины сильно деформируется и поглощает энергию движущегося транспортного средства, а также концентрацией напряжений в частицах резиновой крошки и в их окрестности, в которых возникают микротрещины и поглощается энергия, что тормозит рост микротрещин. При введении резиновой крошки в асфальтобетонную смесь прочную связь между собой образуют частицы резиновой крошки и матрица асфальтовяжущего путем их химической сшивки в процессе полимеризации.

Экспериментально-лабораторные исследования.

При исследованиях использовались цементобетонные смеси с содержанием резиновой крошки 0%, 5%, 7,5%, 10% от массы цемента (рис.1). Опытные образцы представляли собой кубы размером 100x100x100 мм из неармированного бетона. Образцы испытывали на прочность при сжатии в возрасте 7, 14 и 21 суток.

По результатам испытаний были построены графики зависимости прочности бетона от содержания резиновой крошки (рис. 2).

Данные испытаний показывают, что прослеживается зависимость потери прочности при сжатии контрольных образцов цементобетона в сравнении с образцами содержащими резиновую крошку. При этом, при содержании в цементобетоне 7,5% резиновой крошки потери прочности бетона наименьшие, что позволяет определить данную концентрацию, как оптимальную.

Зависимость ударной вязкости цементобетона от содержания частиц резиновой крошки оценивалась по скорости прохождения звука через образец бетона на 21 сутки с помощью ультразвукового прибора Пульсар. При этом, скорость звука определялась по трем направлениям (главным осям). Результаты испытаний приведены в табл. 1 и на рис. 3.



Рис. 1 – Общий вид частиц резиновой крошки

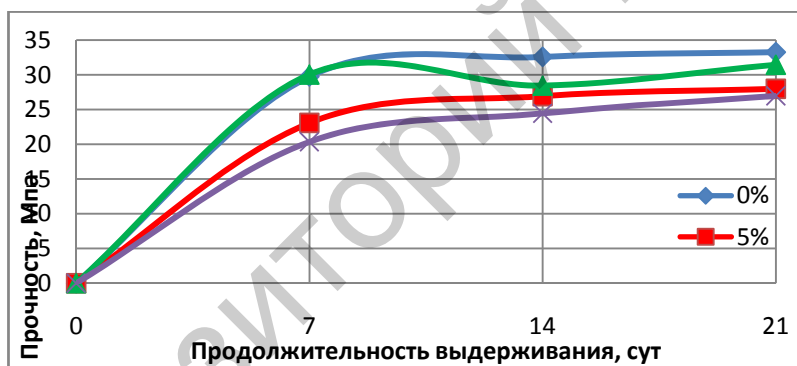


Рис. 2 – Прочности бетона в зависимости от содержания резиновой крошки

Таблица 1 – Скорость прохождения звука в образцах по главным осям

Содержание крошки, %	0	5	7.5	10
Скорость звука, м/с	4140	3950	3760	3940
	4140	3880	3770	3960
	4060	3800	3650	3650

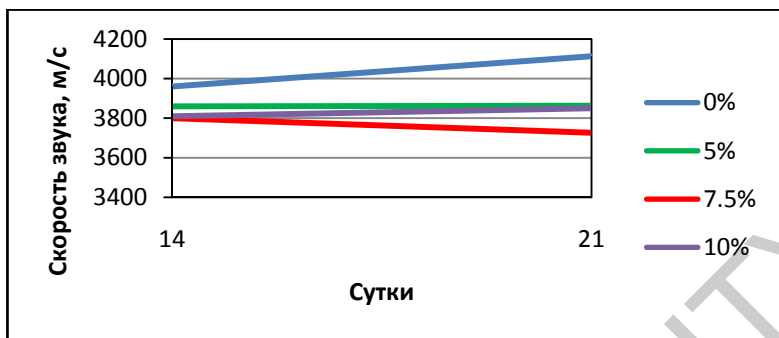


Рис. 3 – Средняя скорость прохождения звука в образцах

Из приведенных данных видно, что скорость прохождения звука в контрольных образцах на 21 сутки в сравнении с 14 сутками выросла, что объясняется закономерным увеличением прочности и, соответственно, увеличением модуля упругости. В тоже время, при добавлении резиновой крошки, скорость прохождения звука уменьшается, что может указывать на снижение модуля упругости и увеличение ударной вязкости цементобетона. Наибольшее снижение скорости прохождения звука показывает образец с содержанием резиновой крошки 7,5%, что еще раз подтверждает ее оптимальность. Также по значениям скорости прохождения звука через образец, измеренной по разным направлениям, можно судить о равномерности распределения частиц резиновой крошки в объеме цементобетона, что также позволит косвенно оценить степень его анизотропии. Наибольшую равномерность распределения частиц резиновой крошки, по результатам статистической обработки- использовались статистические характеристики, такие как средне-квадратическое отклонение  $S$  и коэффициент вариации  $K_v$ , имеют образцы бетона без резиновой крошки и с ее содержанием 7,5%.

Можно предположить, что применение резиновой крошки повысит морозоустойчивость и шумоизоляционные свойства цементобетонных покрытий, последнее наиболее актуально для городских улиц.

#### ВЫВОДЫ:

Повышение ударной вязкости цементобетонного покрытия, за счет применения частиц резиновой крошки, позволит снизить энер-

гетическое воздействие движущегося автомобиля на дорожную конструкцию автомобильных дорог, аэродромов и на конструктивные элементы мостов и путепроводов.

По значениям скорости прохождения звука через образец, измеренной по разным направлениям, можно судить о равномерности распределения частиц резиновой крошки в объеме цементобетона и о степени его анизотропии. Можно предположить, что применение резиновой крошки повысит морозоустойчивость и шумоизоляционные свойства бетонных покрытий.

Литература:

1. Дорожный асфальтобетон. Гезенцвей Л.Б., Горельшев Н.В., Богуславский А.М., Королев И.В.– М.: Транспорт, 1985.
2. Прочность полимерных материалов. Нарисова И.– Москва Химия, 1987.

УДК 691.168

### **Стеклобой как альтернатива природному мелкому заполнителю в асфальтобетонах**

Гайдук Д. М., Литвинчук М. А., Васильева Е. И.  
Белорусский национальный технический университет

Для снижения негативного воздействия на окружающую среду в строительстве все чаще используются отходы промышленности. По данным Национального статического комитета Республики Беларусь на 2015 год образование отходов производства составило 49865 тыс. тонн. Одним из таких отходов является стеклобой тарный, относящийся по степени опасности Классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь, к неопасным.

В мировой практике использование стеклобоя в составе асфальтобетона дало название новому материалу гласфальт (от англ. Glass – стекло и asphalt – асфальт). Одним из результатов исследований свойств гласфальта стало заключение о плохой адгезии между битумом и стеклом. Данная закономерность вытекает из аморфной природы стекла, и как следствие отсутствия химического взаимодействия между материалами.