

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ДОРОЖНУЮ КОНСТРУКЦИЮ ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

REDUCTION OF ENERGY LOAD ON A ROAD STRUCTURE BY RAISING THE IMPACT STRENGTH OF CEMENT CONCRETE PAVEMENTS

С. Е. Кравченко,
кандидат технических
наук, заведующий
кафедрой «Строительство
и эксплуатация дорог»
Белорусского национального
технического университета,
г. Минск, Беларусь

М. В. Зубарь,
аспирант Белорусского
национального технического
университета,
г. Минск, Беларусь

А. А. Коледа,
студент Белорусского
национального технического
университета,
г. Минск, Беларусь

В процессе эксплуатации автомобильной дороги на дорожную конструкцию, и в первую очередь на покрытие, воздействует ряд факторов внешней среды. Одним из наиболее значимых факторов является 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.

В статье рассмотрены вопросы возможности снижения энергетической нагрузки на дорожную конструкцию и конструктивные элементы мостов и путепроводов за счет увеличения ударной вязкости цементобетонных покрытий.

Способность дорожного покрытия поглощать энергию движущегося автомобильного транспорта в значительной степени зависит от физического состояния его материала. 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.

Рассмотрен механизм повышения ударной вязкости цементобетонных покрытий за счет использования в составе цементобетонной смеси резиновой крошки. Повышение ударной вязкости цементобетона при введении резиновой крошки обуславливается ее способностью поглощать энергию движущегося транспортного средства.

Приведены результаты экспериментально-лабораторных исследований по определению оптимального содержания частиц резиновой крошки в составе цементобетонной смеси. Данные испытаний показывают, что прослеживается зависимость потери прочности при сжатии образцов, содержащих резиновую крошку, в сравнении с контрольными образцами, не содержащими ее. При этом при содержании в цементобетоне 7,5 % резиновой крошки потери прочности бетона наименьшие, что позволяет определить данную концентрацию как оптимальную.

Приведена зависимость ударной вязкости цементобетона от содержания частиц резиновой крошки, оцениваемой по скорости прохождения звука через образец бетона на 21 сутки с помощью ультразвукового прибора «Пульсар». Скорость звука определялась

по трем направлениям (главным осям), что позволило судить о равномерности распределения частиц резиновой крошки в объеме цементобетона и, соответственно, о степени его анизотропии.

Проведенные исследования позволяют предположить, что применение резиновой крошки повысит и шумоизоляционные свойства бетонных покрытий.

Ключевые слова: цементобетон, ударная вязкость, энергетическое воздействие движущегося автомобиля, резиновая крошка.

During operation, a road structure and, first of all, a pavement is affected by several factors of environment. Among the most significant factors is the dynamic impact from the traffic load, that is, transmission and transformation of energy from a moving automobile to the structural layers of a road dressing, or, when applied to bridges and overpasses, to their structural elements located below.

The article deals with the matters of possible reduction of energy load on a road structure or structural elements of bridges and overpasses by raising the impact strength of cement concrete pavements.

The road pavement capability to absorb the energy of moving motor vehicles depends significantly on the physical condition of its material. Earlier studies confirm this fact because, if polymer materials are added to the asphalt concrete mix composition, the damping factor in a road pavement can be raised 1.5–2 times.

The mechanism for raising the impact strength of cement concrete pavements by application of crumb rubber in the cement concrete mix composition has been considered. Raising the impact strength of cement concrete as a result of doping the crumb rubber is due to its capability to absorb energy of a moving vehicle.

The results are presented from experimental laboratory studies for determination of optimal content of crumb rubber particles in the cement concrete mix composition. The test data demonstrate that the dependence of compression strength loss is discernible for samples containing the crumb rubber versus the reference samples not containing it. Also, when the crumb rubber content in cement concrete is 7.5 %, concrete strength losses are minimal, giving reasons to define this concentration as optimal.

The impact strength of cement concrete is presented as a function of crumb rubber particle content estimated from the speed of sound propagation through the concrete sample at the 21st day, with the «Pulsar» ultrasound device used for this purpose. The sound speed was measured in three directions (major axes) making it possible to assess the uniformity of distribution of crumb rubber particles within the cement concrete volume and, respectively, its anisotropy degree.

The studies carried out make it possible to suppose that the crumb rubber application will also improve the sound-proofing properties of concrete pavements.

Keywords: cement concrete, impact strength, energy impact from a moving automobile, crumb rubber.

ВВЕДЕНИЕ

На дорожную конструкцию, и в первую очередь на покрытие, в процессе эксплуатации воздействует ряд факторов внешней среды. Одним из наиболее значимых является динамическое действие транспортной нагрузки, заключающееся в передаче и трансформации энергии движущегося автомобиля на конструктивные слои дорожной одежды, либо применительно к мостам и путепроводам на их конструктивные элементы, расположенные ниже. Дорожные покрытия, в силу своих структурных особенностей, по-разному реагируют на энергетическое воздействие движущегося автомобиля. Покрытие, устроенное из асфальтобетона, представляющее собой упруговязкопластичный материал, в большей 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. Соответственно, 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 воздействие движущегося автомобиля на дорожную конструкцию и конструктивные элементы мостов и путепроводов.

МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Способность дорожного покрытия поглощать энергию движущегося автомобильного транспорта в значительной степени зависит от его физического состояния, критерием которого может быть соот-

ношение упруговязкопластических характеристик. Проведенные ранее исследования подтверждают этот факт тем, что при введении в состав асфальтобетонной смеси полимерных материалов, вызывающих изменение его физического состояния с преобладанием вязкопластических свойств, коэффициент затухания колебаний в дорожном покрытии повышается в 1,5–2 раза [1].

Максимальные энергетические потоки от движущихся транспортных средств будут концентрироваться по направлениям наименьшего им сопротивления, то есть по направлениям расположения частиц материала, обладающих способностью поглощать энергию движущегося транспортного средства, величина которой будет зависеть от содержания материала и диаметра его частиц. Очевидно, что она будет увеличиваться с увеличением значений указанных факторов.

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 осуществляются 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 требуемых механических характеристик цементобетонной смеси. При этом следует учитывать характер свойств на границе раздела между частицами резиновой крошки и цементной матрицей, где образуется промежуточный слой со свойствами, отличными как от свойств частиц резиновой крошки, так и от цементной матрицы, что требует рассмотрения не истинного диаметра частиц, а несколько меньшего эффективного их диаметра.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

При исследованиях использовались цементобетонные смеси с содержанием резиновой крошки (производства ООО «Данотон») фракции 1–3 мм 0 %, 5 %, 7,5 %, 10 % от массы цемента (рис. 1). Опытные образцы представляли собой кубы разме-

ром 100 x 100 x 100 мм. Образцы испытывали на прочность при сжатии в возрасте 7, 14 и 21 суток.



Рисунок 1 – Общий вид частиц резиновой крошки

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

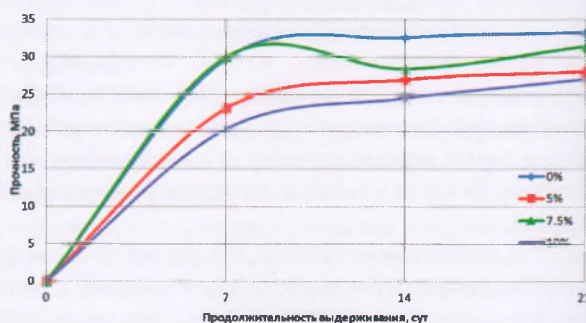


Рисунок 2 – Зависимость прочности бетона от содержания резиновой крошки

Данные испытаний показывают, что прослеживается зависимость потери прочности при сжатии образцов, содержащих резиновую крошку, по сравнению с контрольными образцами цементобетона. 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 таблице 1 и на рисунке 3.

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

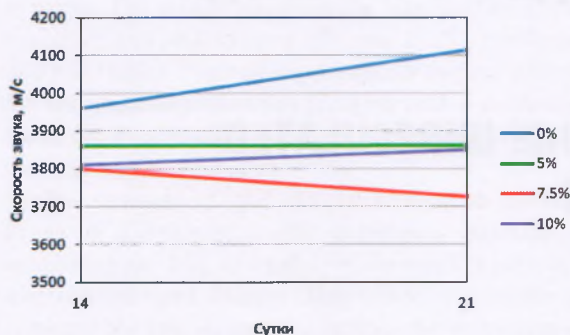


Рисунок 3 – Средняя скорость прохождения звука в образцах

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 то же 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 оптимальность такого содержания.

Также по значениям скорости прохождения звука через образец, измеренной по разным направле-

ниям (таблица 1), 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 среднеквадратическое отклонение S и коэффициент вариации K_v) имеют образцы бетона с ее содержанием 7,5 %. Можно предположить, что применение резиновой крошки повысит морозоустойчивость и шумоизоляционные свойства цементобетонных покрытий, последнее наиболее актуально для городских улиц и дорог.

Дальнейшие исследования будут направлены на определение влияния крупности частиц резиновой крошки на ударную вязкость цементобетона; на определение влияния частиц резиновой крошки на морозоустойчивость и шумоизоляционные свойства бетонных покрытий, на разработку методики оценки равномерности распределения резиновой крошки или других добавок в бетонах по скорости прохождения звука через образец, измеренной по разным направлениям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение ударной вязкости цементобетонного покрытия за счет применения резиновой крошки позволит снизить энергетическое воздействие движущегося автомобиля на дорожную конструкцию 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, соответственно, о степени его анизотропии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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

SPISOK ISPOL'ZOVANNOJ LITERATURY

1. Gezentsvej, L. B. Dorozhnyj asfal'tobeton / L. B. Gezentsvej, N. V. Gorelyshev, A. M. Boguslavskij, I. V. Korolyov. – М. : Transport, 1985.
2. Narisova, I. Prochnost' polimernyx materialov. – М. : Khimija, 1987.

Статья поступила в редакцию 22.05.2018.