

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Фрункин А.Н. Двойной слой и механизм электрохимических процессов. – Советская наука, 1941, № 3. – С. 36-56.
2. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. – М.: Химия, 1976. – 512 с.
3. Зонтач Г., Штрэнге К. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. – Л.: Химия, 1973. – 152 с.
4. Жужиков В.А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1980 – 400 с.
5. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1995. – 400 с.
6. Сторожук Н.А. Оптимальное управление процессом вибровacuумной обработки бетонной смеси // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. - 1982. - №11. – С. 93 - 97.
7. Сторожук Н.А. Свойства вакуумбетона // Строительные материалы и конструкции. - 1990. - №3. – С. 28 - 29.
8. Кусаков М.М., Макеницкая Л.И. Исследование состояния связанной воды нефтяных коллекторов // В кн.: Исследования в области поверхностных сил. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 17 - 27.
9. Толстой Д.М. Сколько жидкостей и дисперсных систем по твердым поверхностям // В кн.: Сб. трудов, посвященных памяти акад. Лазарева П.П. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – С. 159 - 221.

УДК 625. 073

**ДИНАМИКА ПОВЕДЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ  
ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ ПОД  
ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭКЗОГЕННОГО ЦИКЛА ВОДЫ**

*В.В. Строчкова, д-р техн. наук, проф., Ю.В. Фоменко, асп., Комарова Н.Д., асп.*

*Белгородский государственный технологический университет им.  
В.Г. Шухова. Белгород.*

Современный мир – это мир высоких технологий и прогресса. Внедряемые новинки в сфере производства строительных материалов в течение нескольких лет устаревают, но не физически, а морально. Это является показателем уровня науки и техники, стремления к получению продукции с высоким качеством при минимальных затратах, что является определяющим условием существования производства в пространстве рыночной экономики с жёсткой конкуренцией.

В данных условиях со стороны потребителей предъявляются высочайшие требования к качеству продукции. Жёсткие требования к прочностным и декоративным показателям качества предъявляются ко всем изделиям и конструкциям. Архитектурная выразительность является одним из решающих критериев при выборе материалов применяемых для возведения объектов, их отделки и облагораживания прилегающих к ним территорий. К

таким материалам можно отнести цементно-песчаную тротуарную плитку, которая в последние годы за счёт высоких эксплуатационных и экономических показателей значительно увеличила свою долю в общем числе твёрдых дорожных покрытий; облицовочный кирпич, стеновые камни и многие другие. Существует много факторов оказывающих в процессе эксплуатации негативное воздействие на данные материалы и изделия. Рассмотрим на примере цементно-песчаной тротуарной плитки один из них и методы нейтрализации его последствий.

Одной из причин снижения декоративных свойств цементно-песчаной тротуарной плитки - высолообразование, которое представляет собой результат коррозии выщелачивания, образующийся при выносе из цементного камня на поверхность продуктов взаимодействия свободной извести и влаги, поступающей из атмосферы через незамкнутые поры и капилляры. В таких условиях образование высолов на поверхности изделий ведёт к снижению их конкурентоспособности по сравнению с альтернативными твёрдыми дорожными покрытиями.

Анализируя причины образования высолов на тротуарной плитке [1] (рис. 1), можно предположить, что основными причинами образования высолов является высокое содержание растворимых веществ в готовых изделиях и капиллярная пористость, которая способствует миграции водных растворов на поверхность.

В этой связи нашей целью являлось получение наиболее полной информации не только о конечном результате процесса выщелачивания цементно-песчаной тротуарной плитки, но и о ходе и механизме его развития. Таким образом, поставлена задача по изучению экзогенных природных явлений и их воспроизведению в лабораторных условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации.



*Рис. 1. Причины образования высолов на цементно-песчаных изделиях*

Нам удалось создать наиболее достоверную «модель» процессов поверхностного выветривания цементно-песчанной тротуарной плитки, с целью рассмотрения динамики поведения главных химических элементов в условиях, наиболее близких к естественным природным обстановкам.

В качестве аппаратуры, позволяющей воспроизвести в эксперименте «экзогенный цикл воды», вызывающий химическое разрушение образцов тротуарной плитки, был выбран экстрактор «Сокслет». Для сопоставления данных эксперимента, исследования производили на образцах новой тротуарной плитки и бывшей в эксплуатации в течение пяти лет.

В ходе опыта проводилось изучение как твердой остаточной фазы выветривания цементно-песчанной тротуарной плитки, так и фильтратов (растворов), содержащих продукты разложения мелкозернистого бетона. Параллельное изучение химического состава остаточной твердой фазы и фильтратов и сравнение их с первичным составом неразложившихся образцов позволяло на любой стадии эксперимента подводить геохимический баланс процесса разложения искусственного композита.

Определения pH инфильтрационных вод при их сливе производилось систематически. Полученные результаты вместе с данными, характеризующими воду в момент конденсации показали, что в начале опыта в течение довольно короткого предварительного периода pH инфильтрационных вод выросло весьма значительно. Затем происходило заметное понижение pH растворов до определенной величины, характерной для каждого типа образца, после чего pH не изменялось.

Инфильтрационные воды, с которыми выносилась подвижная фаза выветривания, оставались прозрачными на протяжении всего эксперимента. Они регулярно сливались и фильтрат постепенно упаривался. По мере упаривания растворы становились мутными, одновременно возрастала их щелочность.

Как известно, химическое выщелачивание обусловлено растворением и выносом основных частей цементного камня под действием «мягких» пресных вод. Наиболее растворимым является гидроксид кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , образующийся при гидратации  $\text{C}_3\text{S}$ .

Если рассматривать особенности выщелачивания [2] цементной системы тротуарной плитки, то в первую очередь, происходит растворение и вынос  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Этот процесс сопровождается нарушением структуры, а именно повышением пористости, что уменьшает прочность. Растворимость других гидратных фаз (гидросиликатов и гидроалюминатов кальция) гораздо меньше, но они устойчивы лишь при определенной концентрации  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в упаривающейся жидкости. Как только концентрация гидроксида кальция снижается и достигает определенного критического значения, то начинается разложение других гидратных фаз. Сначала разлагаются высокоосновные соединения, потом низкоосновные, а затем наступает разрушение цементного камня в целом.

Выщелачивание идет послойно, начиная с поверхности. Как только из поверхностного слоя выносятся большая часть  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , происходит диффузия ионов  $\text{CaO}^{2+}$  из более глубоких слоев. Коэффициент массоотдачи увеличивается с увеличением скорости воды. Следовательно, чем быстрее течение, тем больше выщелачивание. Чем больше поверхность контакта и разность концентраций  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , тем быстрее скорость выщелачивания [2].

Не вызывает сомнения тот факт, что в данном эксперименте химическое выщелачивание происходит быстро, а количество элементов поступающих в инфильтрационные воды, велико. Наблюдения за структурными изменениями образцов в цилиндрах приборов проводились на протяжении всего эксперимента. Образцы двух типов внешне изменялись одинаково.

Как уже отмечалось выше, эксперимент проводился до появления в исходном материале характерных признаков процесса преобразования, которые выразились в изменении исходного материала. Эти преобразования можно было наблюдать невооруженным глазом, сравнивая образцы изъятые из Сокслета с контрольными, используя для этого не только данные об их химическом составе, но также и их морфологические особенности. Таким образом, в процессе исследования очень часто производилось сопоставление как аналитических, так и морфологических данных эксперимента. Мы сравнили исследуемые образцы новой тротуарной плитки с поверхностями выветривания с тротуарной плиткой с определенным сроком эксплуатации в естественных природных условиях, имеющими сходный химический состав.

Химические элементы, которые выносились из образцов в процессе их экспериментального разложения, представляют собой жидкую фазу выветривания-фильтрат. Общее количество химических элементов, вынесенных в растворе в процессе выветривания, выражали в процентах, отнесенных к первичному весу исходного образца (табл. 1, 2).

Таблица 1  
Химический состав проб до и после испытания новых тротуарных плиток в аппарате Сокслета, % (р-ры – г/дм<sup>3</sup>)

МАТЕРИАЛ	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	FeO	п.п.п
Новая тротуарная плитка до испытания	62,28	6,72	1,67	14,81	0,48	1,82	1,11	0,60	0,28	0,077	0,47	6,0
Новая тротуарная плитка после испытания	62,05	6,37	1,63	14,45	0,40	1,40	0,93	0,49	0,26	0,065	0,35	5,72
Фильтрат	0,05	3,45	0,05	3,2	0,2	22,0	16,0	0,02	н/о	< 0,01	0,09	0,05

Таблица 2  
Химический состав проб до и после испытания тротуарных плиток, прошедших срок эксплуатации пять лет в аппарате Сокслета, % (р-ры – г/дм<sup>3</sup>)

МАТЕРИАЛ	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	FeO	п.п.п
Тротуарная плитка до испытания	64,24	6,52	1,70	14,23	0,49	1,63	0,84	0,55	0,30	0,066	0,30	6,05
Тротуарная плитка после испытания	64,05	5,81	1,33	13,98	0,37	1,25	0,79	0,51	0,20	0,058	0,22	5,59
Фильтрат	0,08	2,82	0,09	5,1	0,2	26,0	24,0	0,01	н/о	< 0,01	0,05	0,05

Таким образом, установлено увеличение количества выносимого вещества в изделиях прошедших эксплуатационный срок пять лет. За счет действия фильтрационных вод образуются высолы, происходит нарушение кристаллической структуры мелкозернистого бетона. Это приводит к разуплотнению структуры и увеличению открытой пористости. Следствием этого является более интенсивный вынос растворимого вещества не только с поверхностных слоев, как это происходит в свежеприготовленной плитке, но и со всего объема образца.

Изучение динамики поведения химических элементов цементно-песчаной тротуарной плитки под воздействием экзогенного цикла воды позволило произвести количественную оценку химических составов фильтратов в зависимости от качества тротуарной плитки.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лесовик В.С., Строкова В.В., Фоменко Ю.В., Четверкина О.В. Анализ причин образования высолов на тротуарной плитке, методов предупреждения и ликвидации. Проблемы и достижения строительного материаловедения: Межд. научн.-практическая интернет-конф. – Белгород, 2005. – С 122-124.
2. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов: Учебник для вузов/Под редакцией Тимашева В.В. – М.: Высшая школа, 1980.

### УДК 624.21

#### МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ЛИНИЙ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЯХ МОСТОВ ПО ДАННЫМ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

*Б. Д. Сухоруков, с.н.с.*

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, г. Днепропетровск*

Предлагаемый метод применим для плитных и рёбристых мостовых балочных пролётных строений с однотипными несущими элементами в поперечном сечении. Именно такие пролётные строения являются самыми массовыми и составляют до 95% от общего числа эксплуатируемых в Украине пролётных строений автодорожных мостов [1].

Метод, назовем его «условной поперечной балки», отличается от известного способа построения натуральных поперечных линий влияния значительно меньшим числом требуемых установок испытательной нагрузки поперёк пролётного строения, а точнее - всего одной. Напомним, что согласно [2] для построения натуральных поперечных линий влияния число установок нагрузки на поперечном сечении проезжей части пролётного строения должно быть не менее 5. При этом установки должны назначаться

симметрично относительно оси пролётного строения, а крайние установки - как можно ближе к бордюрам.

Большое число установок, с учётом необходимости их повторов, требует больших затрат времени на проведение испытаний. Для эксплуатируемых сооружений с интенсивным автомобильным движением их закрытие на длительное время крайне нежелательно, а порой и невозможно. Поэтому, следует стремиться к такой организации проведения натуральных испытаний, которая бы позволяла при минимальном числе загрузок (установок) получать достаточно данных для всесторонней оценки работы сооружения под нагрузкой и, в частности, строить поперечные линии влияния коэффициентов распределения усилий между балками (плитами) испытываемого пролёта. Этой цели вполне соответствует предлагаемый метод, позволяющий по результатам измерения вертикальных упругих прогибов поперечного сечения в середине длины испытываемого пролётного строения строить такие линии влияния всего при одном (строго симметричном относительно продольной оси) загрузке пролётного строения испытательной нагрузкой.

Для нахождения коэффициентов распределения усилий между балками (плитами) от внешних нагрузок у пролётных строений с однотипными несущими элементами в поперечном сечении, например такими, как показано на рис. 1, правомерна расчётная схема пролётного строения, представленная на рис. 2. В ней в качестве элемента, связующего главные балки (плиты) и распределяющего между ними внешнюю нагрузку, вводится условная поперечная балка постоянной жёсткости. Эта условная поперечная балка под воздействием внешней нагрузки работает как балка на упругом (винклеровом) основании. Роль последнего выполняют главные балки (плиты) пролётного строения.

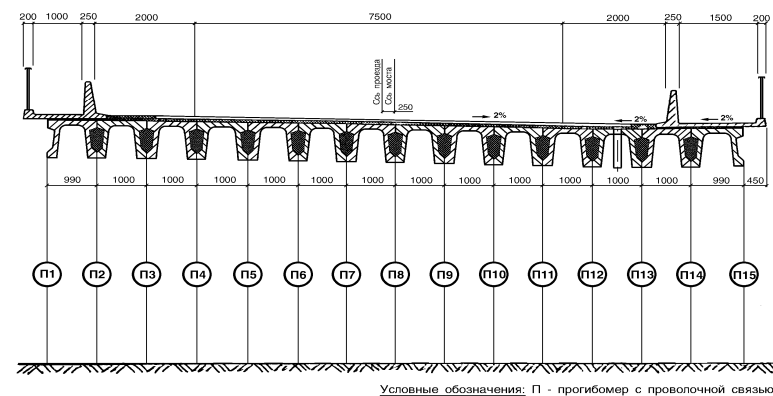


Рис. 1. Поперечное сечение 18-ти метрового автодорожного пролётного строения (проект ВСК 31-87) и схема установки прогибомеров в середине длины его пролёта