

сравнению с ZETESOL ZN, а при концентрациях выше 0,50 г/л показатель сопоставим для обоих препаратов ПАВ. Пены, полученные в растворах обоих препаратов с концентрациями ПАВ 0,05–5,00 г/л, являются высокоустойчивыми (93–97%).

Изучение кинетики разрушения пен показало, что процесс протекает аналогично для обоих препаратов ПАВ: максимальное разрушение пен происходит в первые 30 с их существования, и чем выше концентрация ПАВ в растворе, тем значительно быстрее происходит разрушение пен. Расчет скорости разрушения пен в начальный момент времени для растворов двух препаратов ПАВ различной концентрации показал, что с увеличением концентрации ПАВ от 0,01 до 0,50 г/л скорость разрушения возрастает от 0,05 до 0,2 мм/с для обоих препаратов. Повышение концентрации ПАВ до 0,1 г/л приводит к увеличению скорости разрушения до 0,27 мм/с для ZETESOL ZN и до 0,22 мм/с для ZETESOL MG, а дальнейшее повышение концентрации практически не влияет на этот показатель. Пены, полученные из растворов препарата на основе лаурет сульфата магния, являются более устойчивыми. Это можно объяснить преобладанием электростатического фактора устойчивости (в препарате большее количество сульфата металла, являющегося электролитом и способного формировать двойной электрический слой на границе раздела «пузырек воздуха–раствор ПАВ») и структурно-механического фактора стабилизации (за счет присутствующего этоксилированного спирта – лаурет-3). На основании анализа количества вытекающей из пен жидкости установлено, что максимальное ее количество вытекает в первую минуту существования пен. При этом для обоих препаратов ПАВ наблюдается закономерность: чем больше концентрация раствора (в интервале 0,5–5,0 г/л), тем значительно сильнее проявляется синергизм, а в интервале количества ПАВ в растворе 0,01–0,10 г/л он незначителен. Через 3 мин существования пен жидкость из них практически не вытекает, что свидетельствует о стабильности систем.

Таким образом, при содержании ПАВ 0,1 г/л и выше в воде жесткостью 3,57 мг·экв/дм<sup>3</sup> препараты на основе лаурет сульфатов металлов (ZETESOL ZN и ZETESOL MG) удовлетворяют требованиям по пенообразованию, предъявляемым к ГМС, – пенное число не менее 100–145 мм. Пены, для обоих препаратов, по устойчивости удовлетворяют предъявляемым требованиям (не менее 80%) в области концентрации ПАВ 0,05–5,00 г/л.

©ПГУ

## **ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УКРЕПЛЕННЫХ ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Н.А. АВЕРЧЕНКО, В.А. ХВАТЫНЕЦ, Д.Н. ШАБАНОВ*

In the dumps of metallurgical plants for many decades tens of millions tons of stockpiled converter and open-hearth slag were created. It would be more rational to use them than to store. On this basis it was suggested to use slag as a mineral filler in dry construction mixtures. As a result, it is possible to increase production efficiency. It is also important to evaluate the quality of foundation. One of the variant of quality evaluation is to determine the degree of completeness of structure formation of concrete material as a function of the increment of porosity. It is also possible to establish the relationship between water saturation and formed capillary-pore structure

Ключевые слова: отработанная формовочная смесь, модель, качество, пористость, водопоглощение

При получении вяжущих, состоящих из материалов, обладающих разной дисперсностью особое внимание следует уделять генезису структуры, так как заложенные в ней дефекты предопределяют в большинстве случаев начало и последующую интенсивность разрушения материала под действием эксплуатационных нагрузок.

При производстве смесей для дорожного основания на смешанном вяжущем одна из задач заключается в правильном подборе качественного и количественного состава вяжущего для случая замены части извести тонкомолотым литейным шлаком, а заполнителем служит отработанная формовочная смесь [1].

Эксплуатационные характеристики дорожно-строительных материалов зависят от их увлажнения и могут быть определены прямым и косвенным методами.

Попеременное увлажнение и высыхание материала, как при положительных, так и при отрицательных температурах вызывает в материале дополнительные напряжения, которые в ряде случаев могут оказаться разрушающими.

Реальное пористое тело имеет поры и капилляры различных диаметров, поэтому жидкость по ним течет с различными скоростями. Кроме того, капилляры в реальном пористом теле имеют разную извилистость, форму и шероховатость [2–3].

Рациональное применение и комплексная переработка попутных продуктов производства выгодны потому, что на удаление техногенных отходов с территорий предприятий, их вырабатывающих, затрачиваются значительные материальные и трудовые ресурсы. При получении из этих отходов материалов, ценных для дорожного строительства, указанные затраты частично окупаются, частично войдут в стоимость полезной продукции.

Комплексное использование отходов металлургической, химической, энергетической и других отраслей промышленности в широких масштабах обеспечит большой экономический эффект. Весьма значительные результаты даст сокращение капитальных вложений на развитие материально-технической базы дорожного строительства, а также ликвидация отвалов промышленных отходов. В тоже время, при использовании отходов повышается качество и долговечность дорожного основания.

#### Литература

1. *Боженев П.И.* // Технология автоклавных материалов. Л.: Стройиздат, 1987. С. 363
2. *Горчаков Г.И., Орендлихер Л.П., Савин В.И.* и др. // Состав, структура и свойства цементных бетонов. М.: Стройиздат, 1976. С. 145
3. *Цимерманис Л.Б.* // Термодинамические и переносные свойства капиллярно-пористых тел. Челябинск: Ю.-У. кн. изд-во, 1970

©БНТУ

## РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ РЕКУ СВИСЛОЧЬ ПО УЛИЦЕ ЯНКИ КУПАЛЫ

**В.А. ХОДЯКОВ, В.Г. ПАСТУШКОВ**

The project of the bridge reconstruction over Svisloch river was designed. In the design of bearing structures optimization was performed. Computer software Rhinoceros, Grasshopper and Karamba allows designing and optimizing structure by bearing capacity. We can get good-looking architectural forms with preservation of their bearing capacity and optimal material consumption

Ключевые слова: оптимизация, несущие конструкции, ферма, ортотропная плита

По результатам исследования оптимизации несущих конструкций транспортных сооружений было решено апробировать часть наработок в дипломном проектировании. В процессе дипломного проектирования был разработан проект реконструкции моста через реку Свислочь по улице Янки Купалы, город Минск.

В процессе комплексного проектирования моста было решено огромное количество сложных архитектурно-планировочных задач. Была проанализирована существующая проектная ситуация, проанализированы проблемы и пути их решения. Основной задачей стало проведение оптимизации и расчёта основных несущих конструкций моста: ортотропных плит и главных ферм пролётного строения.

Расчёт ортотропных плит и главных ферм пролётного строения производился с использованием программного комплекса SOFiSTiK. Оптимизация конструкций производилась с использованием программ Rhinoceros, Grasshopper и Karamba. В качестве основных подвижных нагрузок были приняты нормативные нагрузки А14 и НК112. Расчёт велся по ТКП 45-3.03-232-2011.

В проекте было выделено 5 типоразмеров ортотропных плит. Также было определено до четырёх подклассов плит для каждого типоразмера в зависимости от их длины. Был составлен алгоритм оптимизации и расчёта рёбер плит. Алгоритм оптимизировал параметры поперечных сечений рёбер по огибающим эпюрам моментов и поперечных усилий. По результатам оптимизации были получены геометрические параметры главных и второстепенных рёбер ортотропных плит.

Проектирование главных ферм пролётного строения предполагало оптимизацию их строительной высоты до получения коэффициента использования по материалу близкому к единице на протяжении всей длины поясов фермы и в раскосах. При составлении алгоритма оптимизации использовалось моделирование подвижной нагрузки с огибающими эпюрами усилий.

При изучении оптимизированной фермы была подтверждена уникальность результата оптимизации. Наблюдалась тесная взаимосвязь всех элементов фермы. Задача нелинейная и имеет очень сложную структуру зависимостей практически не поддающуюся описанию. Другими словами, достичь такого результата ручным итерационным подбором невозможно.

Оптимизированные главные рёбра ортотропных плит и главные фермы в качестве проверки были рассчитаны в программном комплексе SOFiSTiK. Результаты расчёта подтвердили сохранение несущей способности элементов.

Помимо экономии материала на производство и облегчения конструкций, результаты оптимизации отличается высоким конструктивным смыслом, оригинальностью исполнения и обладает большой архитектурной ценностью по сравнению с классическими конструкциями.

©БГТУ

## ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КЕРАМИКА НА БАЗЕ СЛОИСТЫХ КОБАЛЬТИТОВ

**Б.Ю. ЦАВЕЛЬ, Т.В. ГАЛКОВСКИЙ, А.И. КЛЫНДЮК, Е.А. ЧИЖОВА**

The ceramics based on the layered calcium and sodium cobaltites had been prepared, their sinter ability, crystal structure, electrical conductivity and thermo-EMF had been studied and their power factor values had been calculated. It had been shown that creation of phase and chemical inhomogeneity in the oxide ceramics improves its thermoelectric parameters

Ключевые слова: термоэлектрик, кобальтит, структура, электропроводность, термо-ЭДС, фактор мощности