

ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



ВЫПУСК 2020-1(141)

**СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

ГОУ ВПО “Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры”

ВЕСТНИК

**Донбасской национальной академии
строительства и архитектуры**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Издается с декабря 1995 года
Выходит 8 раз в год

Выпуск 2020-1(141)

**СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

Макеевка 2020

ДООУ ВПО “Донбаська національна академія
будівництва і архітектури”

ВІСНИК

**Донбаської національної академії
будівництва і архітектури**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Видається з грудня 1995 року
Виходить 8 разів на рік

Випуск 2020-1(141)

**СУЧАСНІ
БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ**

Макіївка 2020

Основатель и издатель

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Свидетельство о регистрации средства массовой информации серия ААА № 000094

выдано 17.01.2017 г. Министерством информации ДНР

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации.

В случае использования материалов ссылка на «Вестник ДонНАСА» является обязательной.

Выпускается по решению ученого совета

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Протокол № 5 от 27.01.2020 г.

Редакционный совет:

Горохов Е. В., д. т. н., профессор – главный редактор;

Мущанов В. Ф., д. т. н., профессор – зам. гл. редактора (научный редактор);

Югов А. М., д. т. н., профессор – технический редактор;

Братчун В. И., д. т. н., профессор – ответственный редактор выпуска.

Редакционная коллегия:

Александров В. Д., д. х. н., профессор;

Братчун В. И., д. т. н., профессор;

Горохов Е. В., д. т. н., профессор;

Ефремов А. Н., д. т. н., профессор;

Зайченко Н. М., д. т. н., профессор;

Левин В. М., д. т. н., профессор;

Лобов М. И., д. т. н., профессор;

Любомирский Н. В., д. т. н., профессор;

Мущанов В. Ф., д. т. н., профессор;

Петраков А. А., д. т. н., профессор;

Югов А. М., д. т. н., профессор;

Ядыкина В. В., д. т. н., профессор.

Корректоры Л. М. Лещенко, Е. В. Гнездилова

Программное обеспечение С. В. Гавенко

Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано к выпуску 17.02.2020

Адрес редакции и издателя

86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2,

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Телефоны: +38(062) 343-7033; +38(062) 343-7028

E-mail: vestnik@donnasa.ru, <http://vestnik.donnasa.ru>

Приказом МОН ДНР № 464 от 02.05.2017 г. журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Выпущено в полиграфическом центре

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2

© ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2020

Засновник і видавець

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Свідоцтво про реєстрацію засобу масової інформації серія ААА № 000094

видано 17.01.2017 р. Міністерством інформації ДНР

Автори надрукованих матеріалів несуть відповідальність за вірогідність наведених відомостей, точність даних за цитованою літературою і за використання в статтях даних, що не підлягають відкритій публікації.

У випадку використання матеріалів посилання на «Вісник ДонНАБА» є обов'язковим.

Випускається за рішенням Вченої ради

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Протокол № 5 від 27.01.2020 р.

Редакційна рада:

Горохов Є. В., д. т. н., професор – головний редактор;

Мущанов В. П., д. т. н., професор – заст. гол. редактора (науковий редактор);

Югов А. М., д. т. н., професор – технічний редактор;

Братчун В. І., д. т. н., професор – відповідальний редактор випуску.

Редакційна колегія:

Александров В. Д., д. х. н., професор;

Братчун В. І., д. т. н., професор;

Горохов Є. В., д. т. н., професор;

Єфремов О. М., д. т. н., професор;

Зайченко М. М., д. т. н., професор;

Левін В. М., д. т. н., професор;

Лобов М. І., д. т. н., професор;

Любомирський М. В., д. т. н., професор;

Мущанов В. П., д. т. н., професор;

Петраков О. О., д. т. н., професор;

Югов А. М., д. т. н., професор;

Ядிகіна В. В., д. т. н., професор.

Коректори Л. М. Лещенко, О. В. Гнездилова

Програмне забезпечення С. В. Гавенко

Комп'ютерне верстання Є. А. Солодкова

Підписано до випуску 17.02.2020

Адреса редакції і видавця

86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2,

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Телефони: +38(062) 343-7033; +38(062) 343-7028

E-mail: vestnik@donnasa.ru, <http://vestnik.donnasa.ru>

Наказом МОН ДНР № 464 від 02.05.2017 р. журнал включено до переліку рецензованих наукових видань, в яких повинні бути опубліковані основні наукові результати дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, на здобуття наукового ступеня доктора наук

Випущено у поліграфічному центрі

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2

© ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», 2020

УДК 625.855.3

В. И. БРАТЧУН^а, А. В. ЗАГОРОДНЯЯ^б, В. Л. БЕСПАЛОВ^а, Е. А. РОМАСЮК^а^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ^б ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет»

О КОМПЛЕКСНОЙ МОДИФИКАЦИИ МИКРОСТРУКТУРЫ АСФАЛЬТОБЕТОНА ДИВИНИЛ-СТИРОЛЬНЫМ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОМ

Аннотация. В работе проведен сравнительный анализ параметров растворимости групповых компонентов битума и полимеров-модификаторов – СКМС-30, ДСТ-30-01. С применением экспериментально-статистического метода планирования эксперимента получены математические модели физико-механических свойств битумополимерсерных вяжущих, позволяющие оптимизировать составы и прогнозировать свойства асфальтобетона. С помощью метода дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) изучены дисперсные структуры в битумополимерсерном вяжущем. Результаты ИК-спектроскопии свидетельствуют о том, что слой структурированного бутадиен-метилстирольного каучука и дивинил-стирольного сополимера на поверхности минерального порошка улучшает смачивание его вяжущим и обеспечивает более сильное межмолекулярное взаимодействие на поверхности раздела фаз. Установлено, что диапазон температур уплотнения асфальтополимерсеробетонных смесей составляет 70...130 °С; средний расход энергии на приращение единицы плотности асфальтобетонных смесей с комплексно-модифицированной микроструктурой составляет 0,81 Дж·м³/кг.

Ключевые слова: битумополимерсерное вяжущее, дивинил-стирольный сополимер, бутадиен-метилстирольный каучук, планирование эксперимента, дифференциальная сканирующая калориметрия, ИК спектроскопия, температурный интервал уплотняемости.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Многочисленные исследования зарубежных и отечественных ученых показали, что модификация битума полимерными добавками приводит к получению полимерно-битумного вяжущего (ПБВ), с высокими показателями прочности, эластичности, теплоустойчивости и трещиностойкости [1–4]. Свойства модифицированных битумов являются не просто суммой свойств его компонентов. Модифицированный битум представляет собой коллоидную систему внутри уже существующей коллоидной системы, в которой состояние распределения оказывает большое влияние на вяжущее.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Установление оптимальных концентраций компонентов в системах «битум – дивинил-стирольный сополимер – техническая сера – минеральный порошок (МП)», активированный ДСТ-30-01» и «битум – бутадиен-метилстирольный каучук – техническая сера»; изучение процессов структурообразования в битумополимерсерных вяжущих и определение оптимальных температурных режимов укладки и уплотнения комплексно-модифицированных асфальтобетонных смесей.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе использовались следующие материалы:

- нефтяной дорожный битум БНД 60/90, соответствующий требованиям ГОСТ 22245-90 (статус на 2019 год);
- каучук синтетический бутадиенметилстирольный СКМС-30 АРКМ-15 с массовой долей связанного альфаметилстирола – 24 % по ГОСТ 11138-78;

© В. И. Братчун, А. В. Загородняя, В. Л. Беспалов, Е. А. Ромасюк, 2020

– блоксополимер на основе стирола и бутадиена марки ДСТ-30-01, содержание связанного стирола – 31 % масс. по ТУ 38.103267-99;

– гранулированная кристаллическая сера: истинная плотность – 2 070 кг/м³, насыпная плотность – 1 050 кг/м³, массовая доля серы – 100 %, массовая доля золы менее 0,0014 %, массовая доля органических веществ, менее 0,005 %, форма частицы – выпуклый полудиск диаметром $d = 4,5...4,7$ мм, высотой $h = 1,5...1,7$ мм, соответствующая требованиям ГОСТ 13227.1-93.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Необходимым условием эффективного влияния полимеров на свойства нефтяного дорожного битума является их совместимость, заключающаяся в способности диспергировать в органическом вяжущем до надмолекулярного уровня. Для оценки сродства битума и полимеров целесообразно использовать полуэмпирические параметры, которые тесно связаны с основными термодинамическими критериями и дают хотя и приближенно, но и однозначное сопоставимое представление о совместимости дивинил-стирольного сополимера и бутадиен-метилстирольного каучука с низкомолекулярными компонентами битума.

Сопоставление рассчитанных параметров растворимости (δ) бутадиен-метилстирольного каучука (СКМС-30), дивинил-стирольного сополимера (ДСТ-30-01) и алкановых фракций битума свидетельствует о том, что они имеют близкие значения δ (1).

$$\delta_{\text{СКМС-30}} \approx \delta_p \approx \delta_{\text{ДСТ-0-01}}, \quad (1)$$

где $\delta_{\text{СКМС-30}}$, δ_p , $\delta_{\text{ДСТ-30-01}}$ – параметры растворимости бутадиен-метилстирольного каучука, алкановых компонентов битума и дивинил-стирольного сополимера,
 $\delta_{\text{СКМС-30}} 16,8 \approx \delta_p (15,25-16,13) \approx \delta_{\text{ДСТ-30-01}} 17,8 \text{ МДж}^{0,5}/\text{м}^{1,5}$ (табл. 1).

В таблице 1 приведены параметры растворимости для групповых компонентов битума и полимеров-модификаторов.

Таблица 1 – Сопоставление параметра растворимости компонентов

Наименование	Средняя молекулярная масса	Неопределенность, (1), %	Параметр растворимости полимера δ , МДж ^{0,5} /м ^{1,5}
Групповые компоненты битума			
масла	500	2,13	17,8
смолы	800	3,06	18,2
асфальтены	1 148	3,06	18,9
Полимеры			
ДСТ-30-01 (СБС)	90 000–110 000 (350) (2)	7,43	17,8
СКМС-30 (БСК)	200 000–300 000 (2)	3,0	16,8

(1) содержание ненасыщенных связей ($-\text{CH}=\text{CH}-$);

(2) молекулярная масса повторяющегося звена.

Неопределенность СКМС-30 меньше чем у ДСТ-30-01, что объясняется их строением и определяет их меньшую химическую активность, т. е. с меньшей скоростью протекает реакция с кислородом воздуха из-за меньшей неопределенности СКМС-30 и меньшей растворимости в нем кислорода. Процесс окисления сопровождается заметным структурированием, что объясняется окислением боковых винильных групп в структуре каучуков [5].

Как следует из таблицы 2, оба полимера совместимы с мальтенами битума. Следовательно, битумополимерсерное вяжущее в области технологических температур 165...170 °С должно быть термостабильным и седиментационно-устойчивым.

При минимальной концентрации дивинил-стирольного сополимера, ориентировочно 2...3 % мас., в битумополимерсерном вяжущем формируется пространственная эластичная структурная сетка. Блоки полистирола трехблочных макромолекул марки ДСТ-30-01 расположены по краям и образуют очень прочные связи между разными макромолекулами при температурах ниже 80 °С.

Аналогично в битумополимерсерном вяжущем формируется термофлуктуационная пространственная сетка при минимальной концентрации 2...3 % мас. Бутадиен-метилстирольного каучука.

Таблица 2 – Термокинетическая стойкость битумополимерных вяжущих

Наименование полимера (массовая концентрация полимера, % к битуму)	Не предельность (1), %	Параметр растворимости полимера δ , МДж ^{0,5} /м ^{1,5}	Изменение показателей (ΔA) (2)	Температура размягчения, °C	Эластичность при 25 °C, %
			Пенетрация П ₂₅ (0,1 мм)		
ДСТ-30-01 (СБС) (3)	7,43	17,8	53,0	40,1	52,0
СКМС-30 (БСК) (3)	3,0	16,8	46,0	35,2	58,0

(1) содержание ненасыщенных связей ($-\text{CH}=\text{CH}-$);

(2) $\Delta A = A_{\text{верх}} - A_{\text{низ}}$, где A – абсолютные величины показателей качества, модифицированного органического вяжущего сверху и снизу тюба;

(3) стирол-бутадиен-стирольный блок-сополимер;

(4) бутадиен-метилстирольный каучук.

Узлами цепей из макромолекул и надмолекулярных образований СКМС-30 являются – метилстирольные блоки, которые объединяются между собой с понижением температуры до точки перехода полистирола в стеклообразное состояние. Прочность термофлуктуационной пространственной полимерной сетки определяется количеством узлов и энергией взаимодействия в них, а эластичность – кинетической гибкостью цепей между узлами сетки [6].

Совокупность факторов, определяющих физико-механические свойства модифицированного битумополимерсерного вяжущего при взаимодействии с активированной поверхностью является сложным сочетанием. Поэтому использовался трехфакторный композиционный несимметричный план на трех целочисленных уровнях (-1 ; 0 ; $+1$) с коэффициентом корреляции между факторами $r_{ij} < 0,1$, $i, j = 1, 2, 3$ и $i \neq j$ [7].

В качестве факторов, действующих на оптимизируемую систему, приняты: концентрация полимера активатора (ДСТ-30-01) на поверхности минерального порошка $X_1 = 0,4...1,0$ %; массовая концентрация в битуме технической серы $X_2 = 20...30$ % и ДСТ-30-01 $X_3 = 1,0...3,0$ %.

Важнейшими свойствами асфальтобетона, предопределяющими долговечность этого материала, является устойчивость его структуры к длительному увлажнению и к трещинообразованию. Поэтому в качестве параметров оптимизации приняты: предел прочности по образующей при 0 °C Y_1 ($R_{\text{обр.}}$ не менее 1,5 МПа), который характеризует поведение асфальтобетонного покрытия под транспортной нагрузкой в зимнее время, а также косвенно характеризует поведение асфальтобетона при низких температурах и сопротивляемость материала к образованию низкотемпературных трещин; коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении Y_2 ($K_{\text{вд.}}$, не менее 0,88); предел прочности на сжатие при 20 °C Y_3 ($R_{\text{сж.}}$, не менее 2,8 МПа).

Регрессионный анализ выполнен в программе PlanExp B-D13 v.1.0. с построением графиков функции отклика. $R_{\text{обр.}}$ (2), $K_{\text{вд.}}$ (3) и R_{20} (4) аппроксимированы полиномами второй степени.

$$Y_1 = 2,34 + 0,176X_3 - 0,322X_1^2 - 2,266X_3^2 - 0,181X_1 \cdot X_3; \quad (2)$$

$$Y_2 = 0,945 + 0,025X_3 - 0,047X_1^2; \quad (3)$$

$$Y_3 = 3,783 + 0,239X_2 + 0,511X_3 - 0,648X_1^2 + 0,15X_2^2 - 0,154X_3^2 - 0,201X_1 \cdot X_2 + 0,229X_2 \cdot X_3. \quad (4)$$

Полученные уравнения регрессии (2–4) проверены на адекватность и удовлетворяют критерию Фишера. Определены доверительные интервалы значений для функций отклика. Выделена область оптимальных значений факторов системы «битум – ДСТ-30-01 – техническая сера – МП, активированный ДСТ-30-01», обеспечивающих заданные параметры оптимизации модифицированного асфальтовязущего вещества (рисунки 1–3, Opt). Характерно, что при всех значениях факторов варьирования предел прочности по образующей (Y_1) обеспечивается.

Для оптимизации системы «битум – бутадиен-метилстирольный каучук СКМС-30 – техническая сера» использован двухфакторный композиционный несимметричный план на трех целочисленных уровнях (-1 ; 0 ; $+1$) с коэффициентом корреляции между факторами $r_{ij} < 0,1$, $i, j = 1, 2$ и $i \neq j$ [11].

В качестве факторов, действующих на оптимизированную систему, приняты: массовая концентрация в битуме СКМС-30 $X_1 = 1...5$ % мас. и технической серы $X_2 = 20...60$ % мас.

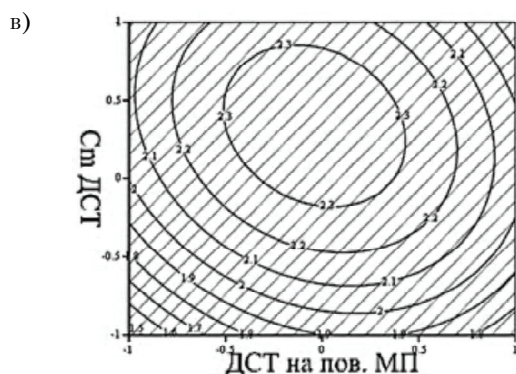
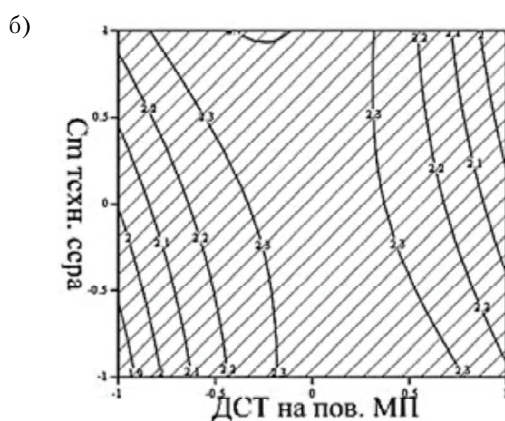
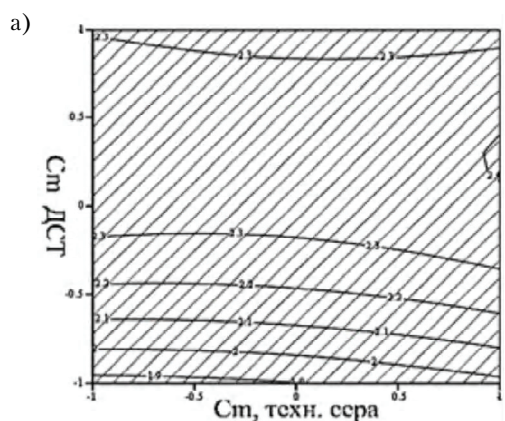


Рисунок 1 – Геометрическая интерпретация уравнения (2), характеризующего изменение предела прочности по образующей при 0 °С ($R_{обр.}$) от действующих факторов: а) концентрация ДСТ и технической серы; б) концентрация технической серы и ДСТ на поверхности МП; в) концентрация ДСТ в битуме и на поверхности МП.

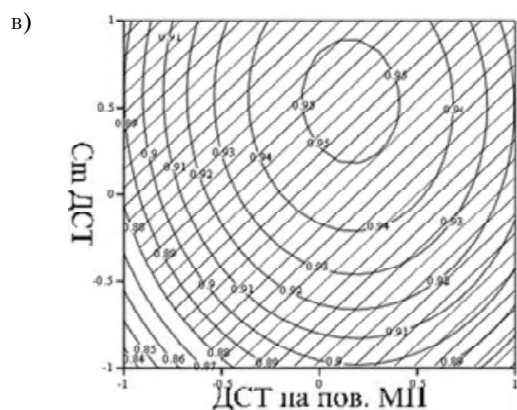
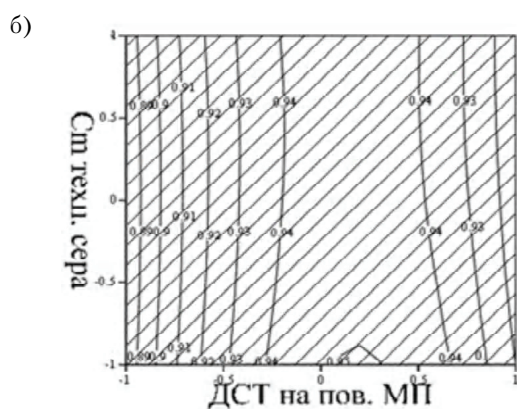
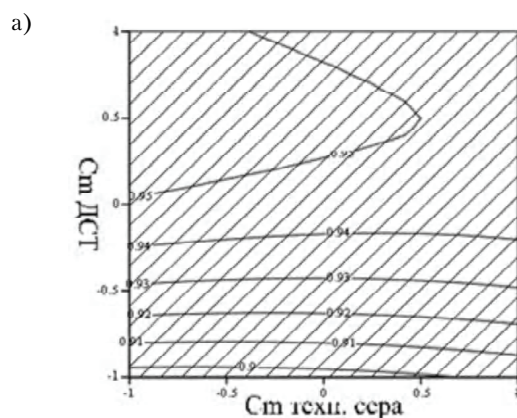


Рисунок 2 – Геометрическая интерпретация уравнения (3), характеризующего изменение коэффициента водостойкости при длительном водонасыщении ($K_{вд.}$) от действующих факторов: а) концентрация ДСТ и технической серы; б) концентрация технической серы и ДСТ на поверхности МП; в) концентрация ДСТ в битуме и на поверхности МП.

Введение в битум комплексной добавки приводит к резкому упрочнению системы, что может сказаться на деформативности покрытия. Поэтому в качестве параметров оптимизации асфальтополимерсеробетона, приготовленного на известняковом минеральном порошке, который активирован 0,5 % мас. СКМС-30 приняты: предел прочности при сжатии при 0 °С R_0 (Y_1) – не более 12 МПа, который косвенно характеризует трещиностойкость асфальтобетона при низкой температуре; предел прочности при сжатии при 75 °С R_{75} (Y_2) – не менее 1,2 МПа, а также коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении $K_{вд}$ (Y_3) – не менее 0,8.

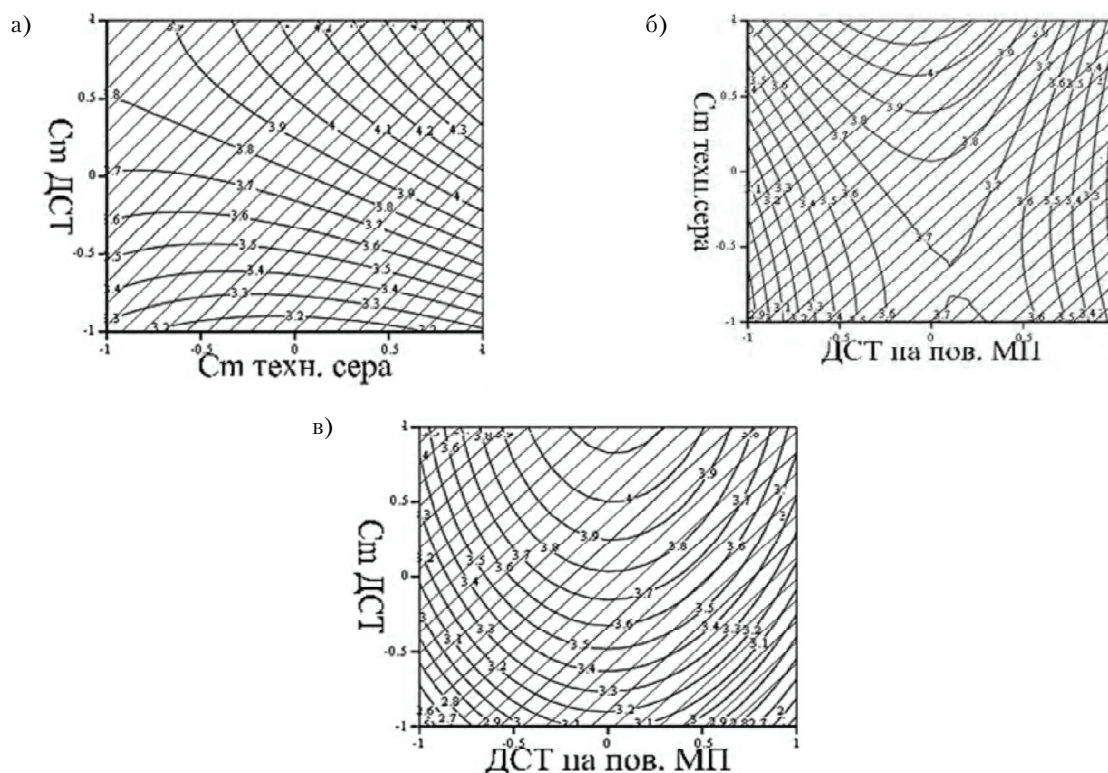


Рисунок 3 – Геометрическая интерпретация уравнения (4), характеризующего изменение предела прочности при сжатии, при 20 °С (R_{20}) от действующих факторов: а) концентрация ДСТ и технической серы; б) концентрация технической серы и ДСТ на поверхности МП; в) концентрация ДСТ в битуме и на поверхности МП.

Регрессионный анализ выполнен на ЭВМ IBM PC 486 по программе, написанной на языке MathCAD, с использованием SURFER for Windows. R_0 (5) и R_{75} (6) аппроксимированы полиномами второй степени, а $K_{вд.}$ (7) первой:

$$Y_1(X_1, X_2) = 9,033 + 0,633 \cdot X_1 + 0,825 \cdot X_2 - 0,658 \cdot X_2^2; \quad (5)$$

$$Y_2(X_1, X_2) = 1,367 + 0,177 \cdot X_1 + 0,242 \cdot X_2 - 0,225 \cdot X_2^2; \quad (6)$$

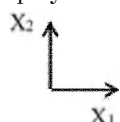
$$Y_3(X_1, X_2) = 0,912 - 0,09 \cdot X_2. \quad (7)$$

Информационная способность моделей 5, 6, 7 и рис. 4 проверена с помощью критерия Фишера. Определены доверительные интервалы значений для функций отклика. Выделена область оптимальных значений факторов системы «битум – бутадиен-метилстирольный каучук – техническая сера», обеспечивающая заданные параметры оптимизации асфальто вяжущего вещества (рисунок 4 Opt).

Таким образом, исходя из условий, ограниченных параметрами оптимизации, экономичности и однородности асфальтополимерсеробетона, а также обеспечения максимального значения коэффициента длительной водостойкости, следует рекомендовать следующие составы модифицированного асфальто вяжущего вещества.

Концентрация ДСТ-30-01 и СКМС-30 в битуме для систем «битум – дивинил-стирольный сополимер – техническая сера – МП, активированный ДСТ-30-01» и «битум – бутадиен-метилстирольный каучук – техническая сера» следует назначать 2...3 % мас., а технической серы 25...30 % мас (рис. 1–4). Более высокие концентрации ДСТ-30-01, СКМС-30 и технической серы ведут к росту когезии битумополимерсерного вяжущего, что в условиях длительного водонасыщения приведет к отрыву пленки модифицированного битума от поверхности минеральных материалов и снижению водостойкости модифицированного асфальтополимерсеробетона.

Формулы перехода от натурных значений факторов к кодированным:



$$X_1 = x_1 \cdot 2 + 3, \quad (8)$$

$$X_2 = x_2 + 30. \quad (9)$$

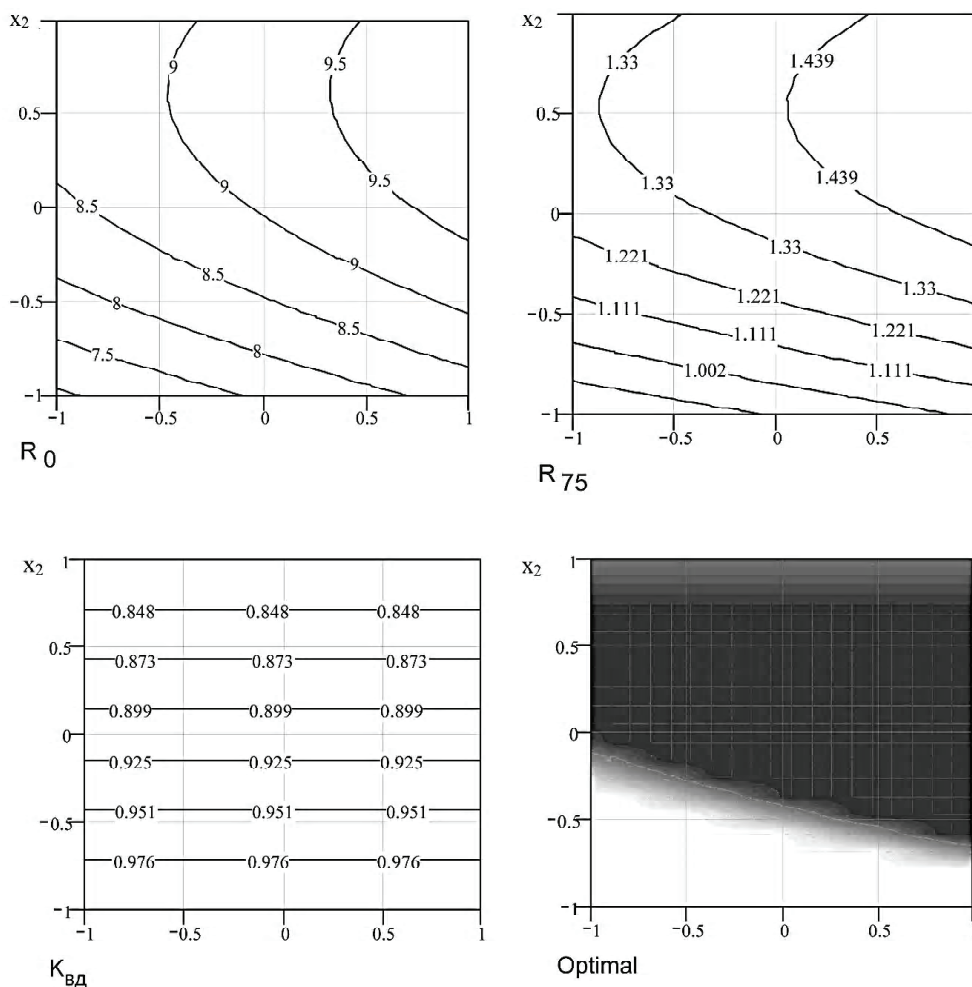


Рисунок 4 – Зависимость предела прочности при сжатии, МПа, при 0 °C R_0 , при 75 °C, R_{75} , коэффициента водостойкости при длительном водонасыщении $K_{вд}$ и области оптимальных составов битумополимерсерного вяжущего от массовой концентрации в битуме СКМС-30 X_1 и технической серы X_2 .

Концентрация ДСТ-30-01 на поверхности минерального порошка в системе «битум – дивинилстирольный сополимер – техническая сера – МП, активированный ДСТ-30-01» должна быть 0,65...0,75 % (рис. 1–3). При этом активацию минерального порошка целесообразно вести при введении ДСТ-30-01 из раствора в углеводородных растворителях. В этом случае наиболее благоприятным является момент возникновения новых поверхностей, поскольку можно использовать особое энергетическое состояние, присущее лишь свежесформированным поверхностям. Возникновение свободных радикалов вследствие разрыва химических связей, а также изменение структуры поверхностных слоев минеральных частиц, образующихся в процессе диспергирования, являются важными актами, сопровождающими механохимические процессы. Свободные радикалы обладают исключительно высокой активностью, позволяющей им легко вступать в химическое взаимодействие с обычными молекулами.

Таким образом, возможно взаимодействие активных участков новых поверхностей минеральных частиц и ДСТ-30-01 по радикал-радикальному механизму. При этом растет количество контактов сегментов надмолекулярных образований блок-сополимера ДСТ-30-01 с активными центрами олеофильной поверхности (гидрофобной), вследствие чего формируется структурно-упрочненный слой полимера на поверхности минерального порошка.

Процессы, происходящие в системах, изучали с привлечением дериватографии и ИК-спектроскопии.

Данные, приведенные на рисунке 5, свидетельствуют о том, что при температурах объединения их с нефтяным дорожным битумом они термически стабильны. Минимальная температура потери массы

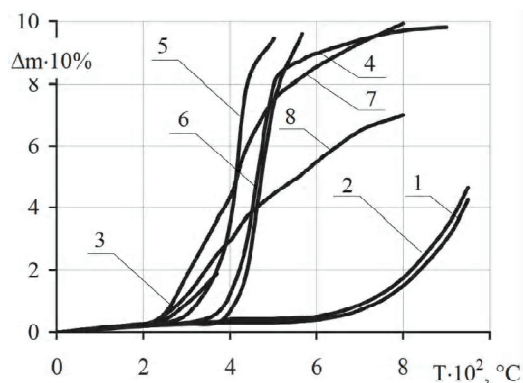


Рисунок 5 – Зависимость потери массы вещества Δm от температуры T , °C: 1 – известняковый минеральный порошок неактивированный; 2 – известняковый минеральный порошок, активированный 0,5 % мас. СКМС-30; 3 – сера; 4 – битум; 5 – бутадиен-метилстирольный каучук СКМС-30; 6 – битум, модифицированный СКМС-30; 7 – битум, модифицированный СКМС-30 и технической серой; 8 – битум с СКМС-30, технической серой и известняковым минеральным порошком, который активирован 0,5 % мас. СКМС-30.

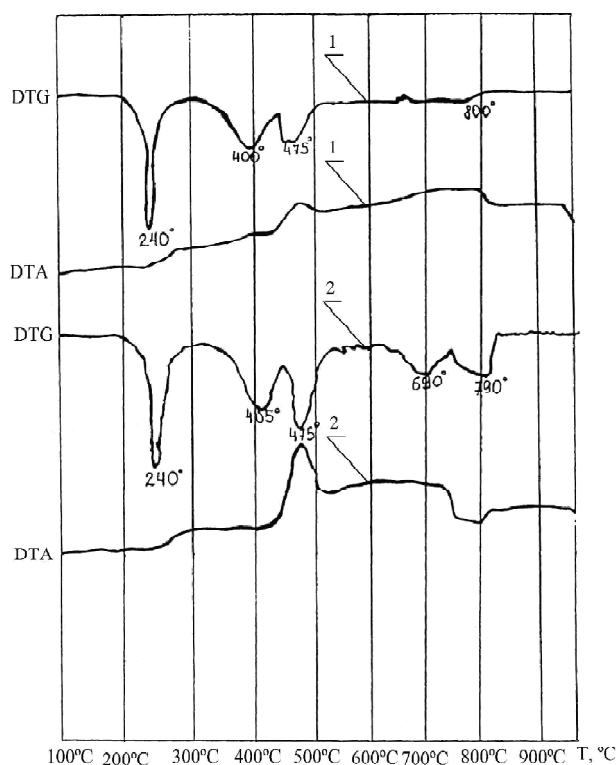


Рисунок 6 – ДТА и DTG систем: 1 – битум – бутадиен-метилстирольный каучук СКМС-30 – сера; 2 – битум – бутадиен-метилстирольный каучук СКМС-30 – сера – активированный минеральный порошок.

составляет 240 °C. Максимальная скорость потери массы органических продуктов происходит в интервале температур 300...400 °C. Характерно, что введение в битумополимерную композицию активированного минерального порошка заметно снижает интенсивность деструкции битумополимерсерного вяжущего (система под индексом 8 на рисунке 5).

Процессы деструкции и конденсации компонентов битума, начиная с температуры свыше 200 °C, как в системе «битум – СКМС-30 – сера», так и в композиции «битум – СКМС-30 – сера – активированный наполнитель», происходят в одних и тех же температурных интервалах. Следовательно, можно предположить, что химическое взаимодействие на поверхности раздела фаз «битумополимерсерное вяжущее – активированный СКМС-30 минеральный порошок» отсутствует.

Аналогично процессы деструкции в системе «битум-ДСТ-30-01-сера» происходят в тех же температурных пределах, как и для системы «битум – СКМС-30 – сера».

Дивинил-стирольный сополимер устойчив к воздействию теплового потока в условиях динамического нагрева до 260 °C. Развитие процесса термоокислительной деструкции происходит в интервале 260...320 °C, а при температуре 320...410 °C протекают процессы термической деполимеризации макромолекул ДСТ-30-01. Поскольку при нагреве до 410 °C ДСТ-30-01 теряет около 90 % своей массы, термической деполимеризации подвергаются не только полистирольные блоки, но и полибутадиеновые фрагменты его цепей. Оставшаяся часть исходной навески образца, представляющая собой сшитый полимерный продукт, подвергается окислению при температурах более 410 °C.

Рассмотрение ИК-спектров (рисунок 6) неактивированного и активированного известнякового минерального порошка показывает, что в системе где известняковый минеральный порошок, активированный 0,5 % мас. СКМС-30, не проявляются полосы поглощения бутадиен-метилстирольного каучука. Они перекрываются широкой и интенсивной полосой поглощения карбонатных пород (максимум в области 1450 см⁻¹).

Поглощение CO_3^{2-} – не экранируется и практически не ослабляется 0,5 % мас. СКМС-30. Это свидетельствует о физической сорбции бутадиен-метилстирольного каучука на поверхности известнякового минерального порошка.

Аналогично в системе, где известняковый минеральный порошок, активированный 0,7 % мас. ДСТ-30-01, полосы поглощения дивинил-стирольного сополимера перекрываются интенсивной полосой поглощения карбонатных пород. Следовательно, происходит процесс физической сорбции ДСТ-30-01 на поверхности известнякового минерального порошка.

Дивинильная составляющая в термоэластопласте более реакционноспособная, чем стирольная.

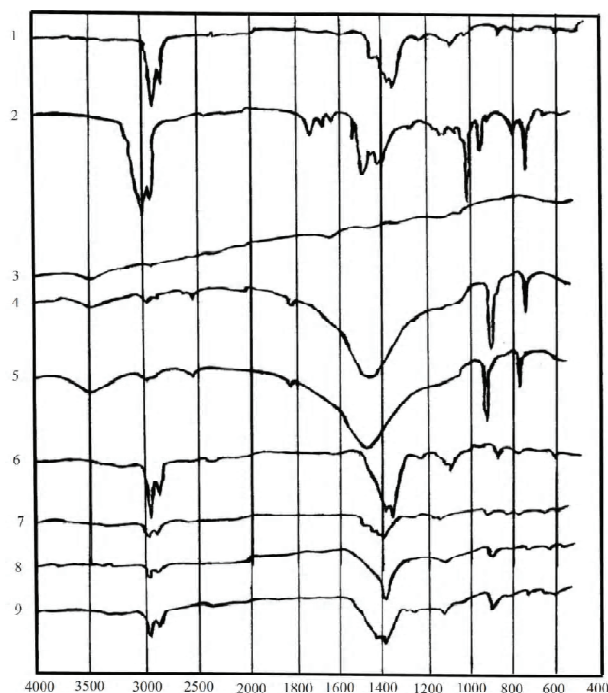


Рисунок 7 – ИК-спектры: 1 – битум; 2 – бутадиен-метилстирольный каучук СКМС-30; 3 – техническая сера; 4 – известняковый минеральный порошок неактивированный; 5 – известняковый минеральный порошок, поверхностно-активированный 0,5 % мас СКМС-30; 6 – битум + СКМС-30; 7 – битум + СКМС-30 – сера; 8 – битум – СКМС-30 – сера – известняковый минеральный порошок неактивированный; 9 – битум – СКМС-30 – сера – известняковый минеральный порошок, поверхностно-активированный 0,5 % мас. СКМС-30.

технической серы не приводит к изменению химического состава битума и образованию новых соединений: наблюдается незначительное изменение интенсивности в диапазонах волновых чисел с 1 000...1 200 см^{-1} . Дальнейшее нагревание выше 160 $^{\circ}\text{C}$ вызывает превращение легкоподвижной жидкости в малоподвижную массу, вязкость которой достигает максимума при 187 $^{\circ}\text{C}$, а затем снижается. При температуре выше 300 $^{\circ}\text{C}$ жидкая сера снова становится легкоподвижной. Эти аномальные изменения обусловлены тем, что разорвавшиеся кольца S_8 превращаются в цепочечные структуры, смыкающиеся концевыми атомами серы, причем нагревание приводит к постепенному уменьшению длины цепей [11]. Следовательно, введение в битумополимерное вяжущее технической серы приводит к существенному снижению интенсивности полос поглощения битума (CH_2 – группы боковых цепей, CH_3 – группы, нафтены, $\text{C}=\text{O}$ группы и др.). Это подтверждает теоретические предпосылки настоящего исследования, а именно, часть серы принимает участие в вулканизации бутадиен-метилстирольного каучука, часть серы вступает в химическое взаимодействие с углеводородами битума с образованием меркаптанов, сульфидов и полисульфидов. Большая часть серы диспергируется в битумополимерном вяжущем до коллоидного уровня, и именно на этой поверхности большая часть битумополимерсерного вяжущего переходит в структурированное состояние.

Сопоставление ИК-спектров систем: «битум – СКМС-30 – техническая сера – известняковый минеральный порошок неактивированный» и «битум – СКМС-30 – техническая сера – известняковый минеральный порошок, активированный 0,5 % мас. СКМС-30», показывает, что в системе, в которой содержится активированный бутадиен-метилстирольным каучуком минеральный порошок, более четко проявляются полосы поглощения компонентов битума. Это свидетельствует о том, что наличие на поверхности минерального порошка СКМС-30 улучшает смачивание минерального порошка битумополимерсерным вяжущим и способствует формированию более структурированного адсорбционно-сольватного слоя модифицированного битума на поверхности минерального порошка.

На первых стадиях окисления уменьшается интенсивность полос, отнесенных к колебанию группы $\text{CH}=\text{CH}$, а полосы, связанные с деформационными колебаниями $\text{C}=\text{C}$ связей в бензольном кольце, практически остаются неизменными. Термическое окисление ДСТ-30-01 кислородом воздуха приводит к появлению карбоксильной ($-\text{OH}$) и альдегидной ($\text{C}=\text{O}$) групп, разрыву $\text{CH}=\text{CH}$ связей [8–10].

Из полученных ИК-спектров исследуемых образцов следует, что в пленке СКМС-30, как и для ДСТ-30-01, область 3 000...2 800 см^{-1} сливается в сплошную полосу, что обусловлено валентными колебаниями связи $\text{C}-\text{H}$ (рисунок 7).

Аналогично ИК-спектру системы «битум, модифицированный 2 % мас. бутадиен-метилстирольного каучука» практически полностью соответствует ИК-спектр битума, на котором присутствуют характерные для битумов интенсивные полосы в области 2 852 и 2 921 см^{-1} (валентные колебания CH в группах CH_2 , свидетельствующие о значительном количестве ароматических углеводородов в составе битума) и полосы поглощения в области 1 458 см^{-1} (деформационные колебания $\delta(\text{CH}_2)$) и 1 376 см^{-1} (деформационные колебания $\delta(\text{CH}_3)$). Указанные полосы всегда присутствуют в спектрах предельных углеводородов, парафинов, масел (рисунок 7) [12]. Основные полосы поглощения СКМС-30 (CH_3 – группы боковых цепей, CH_2 – группы, $\text{C}=\text{CH}$ – группы и др.) практически не заметны.

При температуре менее 145 $^{\circ}\text{C}$ присутствие

Аналогично происходит процесс в системе «битум – ДСТ-30-01 – техническая сера – известняковый минеральный порошок, активированный 0,7 % мас. ДСТ-30-01». В результате чего на поверхности минерального порошка сформируется структурно-упрочненный слой полимера, который повышает адгезию битумополимерсерного вяжущего к поверхности минерального порошка. Это приведет к усилению коагуляционного структурообразования в микроструктуре асфальтобетона.

Формирование структуры горячих асфальтобетонов происходит в три этапа. На первом этапе активного структурообразования проявляются все физико-химические свойства двух взаимодействующих материалов – комплексно-модифицированного битума и активированного минерального материала: смачивание, обволакивание, сорбция наиболее активных компонентов органического вяжущего поверхностью минерального материала.

Второй этап структурообразования начинается с подачи асфальтобетонной смеси в транспортное средство и включает укладку смеси в слой дорожной одежды, уплотнение и заканчивается снижением температуры асфальтобетона в конструктивном слое дорожной одежды до температуры окружающего воздуха.

Третий этап – стабилизация микроструктурных связей в асфальтобетоне. Он характеризуется дальнейшим уплотнением структуры бетона в покрытии в результате испарения легкокипящих фракций масел с молекулярной массой до 400 у. е.

Завершающей стадией структурообразования асфальтобетона на этапе технологической переработки её является процесс уплотнения. Уплотняемость асфальтобетонных смесей обусловлена структурой смеси, качеством исходных материалов, особенностями взаимодействия между битумом и минеральными материалами, которые прежде всего определяются температурой [13]. В общем случае повышение температуры приводит к снижению работы уплотнения. В то же время недостаточная когезия пленочного органического вяжущего при высокой температуре может снизить уплотняемость асфальтобетонной смеси. Поэтому уплотнение асфальтобетонной смеси осуществляют в оптимальном интервале температур. Необходимо стремиться к тому, чтобы когезионная прочность слоя сорбированного вяжущего была достаточно велика, а вязкость свободного модифицированного битума – минимальна. Для каждого типа смеси существуют температуры, при которых требуемого уплотнения достичь невозможно, даже при большом числе циклических нагружений уплотняющего катка.

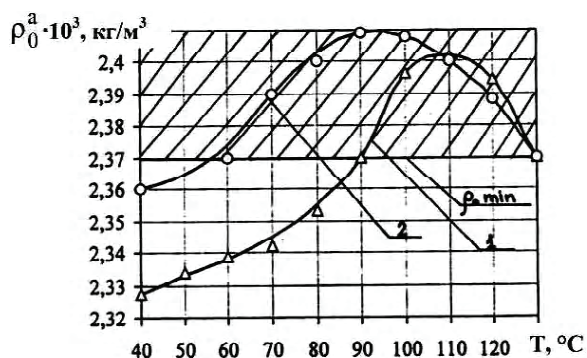


Рисунок 8 – Зависимость средней плотности ρ_0^a мелкозернистого асфальтобетона (тип Б) от температуры T , отличающегося составом асфальтовяжущего вещества: 1 – вяжущее – битум нефтяной дорожный $P_{25} = 59 \dots 0,1$ мм, минеральный порошок известняковый неактивирован; 2 – вяжущее – битум нефтяной дорожный $P_{25} = 59 \dots 0,1$ мм, модифицированный 2 % мас. СКМС-30 и 30 % мас. технической серы, минеральный порошок активирован 0,5 % мас. СКМС-30.

Данные по изучению уплотняемости асфальтобетонных смесей рис. 8 показывают, что по мере увеличения температуры смесей их уплотняемость растет. Это обусловлено снижением вязкости органических вяжущих, которые играют роль смазки. При приложении нагрузки происходит сближение минеральных частиц, что приводит к уменьшению занимаемого объема без деформаций частиц. Диапазон температур уплотнения, который для бетонных смесей на модифицированном асфальтополимерсерном вяжущем составляет 60...130 и 90...130 °С для горячей асфальтобетонной смеси, соответствует наиболее компактному размещению частиц минерального остова. Причем последующее перемещение минеральных частиц практически отсутствует в связи с тем, что минеральные частицы в деформируемом монолите переходят в состояния с более прочной связью через тонкие битумные пленки между ними.

Увеличение температуры смесей свыше 110...120 °С приводит к снижению когезионной прочности органических вяжущих. В этом случае минеральные частицы под действием уплотняющей нагрузки сближаются до предельно возможного расстояния, а после снятия нагрузки вследствие возникающих упругих деформаций частицы отталкиваются друг от друга и система разуплотняется. На практике это приведет к образованию волосяных трещин после прохода катка.

Следовательно, подготовленная для укладки асфальтополимерсеробетонная смесь должна иметь температуру 110...140 °С. Уплотнение асфальтобетонных смесей с комплексно модифицированной

микроструктурой необходимо вести в интервале температур 60...130 °С. Процесс уплотнения асфальтополимерсеробетонных смесей менее энергоёмкий, чем традиционных горячих асфальтобетонных смесей (ДСТУ Б. В 2.7-119:2011). Так, средний расход энергии на приращение единицы плотности асфальтополимерсеробетонных смесей составляет 0,79 и 0,81 Дж·м³/кг соответственно, а для традиционных асфальтобетонных смесей 1,27 Дж·м³/кг.

ВЫВОДЫ

Установлено, что нефтяные дорожные битумы, бутадиен-метилстирольный каучук СКМС-30 и дивинил-стирольный сополимер ДСТ-30-01 термодинамически совместимы. Об этом свидетельствуют близкие значения параметров растворимости алкановых фракций битума и полимеров

$$\delta_{\text{СКМС-30}} 16,8 \approx \delta_p (15,25-16,13) \approx \delta_{\text{ДСТ-30-01}} 17,8 \text{ МДж}^{0,5}/\text{м}^{1,5}.$$

С использованием экспериментально-статистического метода планирования эксперимента установлены рациональные концентрационные соотношения в системе «комплексно-модифицированное асфальтополимерсерное вяжущее вещество: концентрация бутадиен-метилстирольного каучука СКМС-30 и дивинил-стирольного сополимера ДСТ-30-01 в битуме (2–3 м.ч.) – концентрация технической серы 25...30 %, а на поверхности известнякового минерального порошка 0,7 % мас. ДСТ-30-01 и 0,5 % мас. СКМС-30».

С использованием дериватографического анализа и инфракрасной спектроскопии установлено, что в системах «битумополимерсерное вяжущее – минеральный порошок, активированный 0,5 % мас. СКМС-30» и «битум – ДСТ-30-01 – техническая сера – известняковый минеральный порошок, активированный 0,7 % мас. ДСТ-30-01», более четко проявляются полосы поглощения битума (ароматика, метильные группы), чем в системе «битумополимерсерное вяжущее – неактивированный минеральный порошок». Следовательно, слой структурированного бутадиен-метилстирольного каучука и структурно-упрочненный слой дивинил-стирольного сополимера на поверхности минерального порошка улучшает смачивание его вяжущим и обеспечивает более сильное межмолекулярное взаимодействие на поверхности раздела фаз.

Изучены технологические свойства комплексно-модифицированных асфальтополимерсеробетонных смесей. Процесс уплотнения модифицированных асфальтополимербетонных смесей менее энергоёмкий, чем традиционных горячих асфальтобетонных смесей. В частности, средний расход энергии на приращение единицы плотности асфальтобетонных смесей с комплексно-модифицированной микроструктурой составляет 0,81 Дж·м³/кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве [Текст] : монография / под общ. ред. д. т. н. В. А. Золотарева, д. т. н. В. И. Братчуна ; Всемирная дорожная ассоциация, Технический комитет «Нежесткие дороги» (С8) ; Перевод изд. с фр. д. т. н. В. А. Золотарева, инж. Л. А. Беспаловой. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2003. – 229 с.
2. Гохман, Л. М. Комплексные органические вяжущие материалы на основе блоксополимеров типа СБС [Текст] : учеб. пособие / Л. М. Гохман. – М. : ЗАО «ЭКОНИНФОРМ», 2004. – 584 с.
3. О технологических и физико-механических свойствах асфальтобетона с комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой [Текст] / В. Л. Беспалов, В. И. Братчун, Ахмет Талиб Мутташар Мутташар, М. К. Пактер [и др.] // Актуальные проблемы физико-химического материаловедения : сб. тезисов по материалам международной научно-практической конференции (30 сентября – 4 октября 2013 г., г. Макеевка). – Макеевка : ДонНАСА, 2013. – С. 8.
4. Об особенностях формирования граничных слоев на поверхности раздела фаз «минеральный порошок (МП) – модифицированное органическое вяжущее» [Текст] / В. И. Братчун, М. К. Пактер, В. Л. Беспалов, Е. Э. Самойлова // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2003. – Вип. 1(38). – С. 3–8.
5. Технология эластомерных материалов [Текст] : учеб. пособие / А. Е. Корнев, А. М. Буканов, О. Н. Шевердяев. – М. : НППА «Истек», 2009. – 500 с.
6. Беспалов, В. Л. Теоретические и экспериментальные принципы получения модифицированных дорожных асфальтобетонов повышенной долговечности [Текст] : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.23.05 / Беспалов Виталий Леонидович. – Макеевка : ДонНАСА, 2018. – 329 с.
7. Вознесенский, В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях [Текст] : учеб. пособие / В. А. Вознесенский. – М. : Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
8. Термоокислительная деструкция дивинилстирольного термоэластопласта ДСТ-30 [Текст] / Л. Н. Маклакова, И. З. Ибрагимов, А. Н. Болдин, Ю. М. Филиппов // Межвуз. сб. науч. тр. – Казань, 1985. – С. 37–40.

9. Модификация свойств эластомерных композиций [Текст] : монография / Н. Р. Прокопчук [и др.]. – Минск : БГТУ, 2012. – 218 с.
10. Аверко-Антонович, И. Ю. Методы исследования структуры и свойств полимеров [Текст] : учебное пособие / И. Ю. Аверко-Антонович, Р. Т. Бикмуллин. – Казань : КГТУ, 2002. – 604 с.
11. Карапетьянц, М. Х. Общая и неорганическая химия [Текст] : учебник для вузов / М. Х. Карапетьянц, С. И. Дракин ; 4-е изд., стер. – Москва : Химия, 2000. – 592 с.
12. Беллами, Л. Инфракрасные спектры сложных молекул [Текст] : учеб. пособие / Л. Беллами. – М. : Изд-во иностр. лит., 1963. – 590 с.
13. Золотарев, В. А. Уплотнение асфальтобетонных смесей с повышенным содержанием щебня [Текст] / В. А. Золотарев // Автомобильные дороги. – 1968. – № 7. – С. 13–14.

Получена 02.12.2019

В. І. БРАТЧУН ^а, А. В. ЗАГОРОДНЯ ^б, В. Л. БЕСПАЛОВ ^а, Є. О. РОМАСЮК ^а
 ПРО КОМПЛЕКСНУ МОДИФІКАЦІЮ МІКРОСТРУКТУРИ
 АСФАЛЬТОБЕТОНУ ДИВІНІЛ-СТИРОЛЬНИМ ТЕРМОЕЛАСТОПЛАСТОМ
^а ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^б ДООУ ЛНР
 «Луганський національний аграрний університет»

Анотація. У роботі проведено порівняльний аналіз параметрів розчинності групових компонентів бітуму та полімерів-модифікаторів – СКМС-30, ДСТ-30-01. Із застосуванням експериментально-статистичного методу планування експерименту отримані математичні моделі фізико-механічних властивостей бітумополімерсіркових в'язучих, що дозволяють оптимізувати склад та прогнозувати властивості асфальтобетону. За допомогою методу диференціально-сканувальної калориметрії (ДСК) вивчені дисперсні структури в бітумополімерсірковому в'язучому. Результати ІК-спектроскопії свідчать про те, що шар структурованого бутадієн-метилстирольного каучуку і дивініл-стирольного сополімеру на поверхні мінерального порошку покращує змочування його в'язучим та забезпечує більш сильну міжмолекулярну взаємодію на поверхні розділу фаз. Встановлено, що діапазон температур ущільнення асфальтополімерсіркобетонних сумішей становить 70...130 °С; середні витрати енергії на одиницю щільності асфальтобетонних сумішей з комплексно-модифікованою мікроструктурою становить 0,81 Дж·м³/кг.

Ключові слова: бітумополімерсіркове в'язуче, дивініл-стирольний сополімер, бутадієн-метилстирольний каучук, планування експерименту, диференціально-сканувальна калориметрія, ІК-спектроскопія, температурний інтервал ущільнення.

VALERIY BRATCHUN ^а, ANASTASIA ZAGORODNYAYA ^б, VITALIY BESPALOV ^а,
 EVGENY ROMASYUK ^а
 ON COMPLEX MODIFICATION OF ASPHALT CONCRETE MICROSTRUCTURE
 BY DIVINYLS-STYRENE THERMOELASTOPLASTIC

^а Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^б SEI LPR «Lugansk National Agrarian University»

Abstract. Comparative analysis of solubility parameters of group components of bitumen and polymers-modifier – СКМС-30, DCT-30-01 was carried out. Using experimental-statistical method of experiment planning mathematical models of physical and mechanical properties of bitumen-polymer binders are obtained, which allow to optimize compositions and predict properties of asphalt concrete. Using differential scanning calorimetry (DSC) method, dispersed structures in bitumopolymerseric binder are studied. IR spectroscopy results suggest that a layer of structured butadiene-methylstyrene rubber and divinyl-styrene copolymer on the mineral powder surface improves wetting with its binder and provides stronger intermolecular interaction at the interface. It has been found that the compaction temperature range of the asphalt polymer perobeton mixtures is 70 to 130 °C; Average energy consumption per increment of density unit of asphalt concrete mixtures with complex-modified microstructure is 0.81 J·m³/kg.

Key words: bitumen-polymer binder, divinyl-styrene copolymer, butadiene-methyl-styrene rubber, experiment planning, differential scanning calorimetry, IR spectroscopy, temperature interval sealability.

Братчун Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химическая механика технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных

слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицированных органических вяжущих и комплексного модифицирования структуры бетонов; разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Загородняя Анастасия Викторовна – аспирант кафедры архитектуры и автомобильных дорог ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Научные интересы: разработка теоретических положений о закономерностях формирования структуры и физико-механических свойств дорожного асфальтополимерсеробетона.

Беспалов Виталий Леонидович – доктор технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: синтез органических вяжущих для производства композиционных дорожно-строительных материалов, используемых при строительстве конструктивных слоев нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной долговечности.

Ромасюк Евгений Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Братчун Валерій Іванович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікованих органічних в'язучих і комплексного модифікування структури бетонів; розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Загородня Анастасія Вікторівна – аспірант кафедри архітектури і автомобільних доріг ДООУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: розробка теоретичних положень про закономірності формування структури і фізико-механічних властивостей дорожнього асфальтополімерсіркобетону.

Беспалов Віталій Леонідович – доктор технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: синтез органічних в'язучих для виробництва композиційних дорожньо-будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг підвищеної довговічності.

Ромасюк Євген Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

Bratchun Valeriy – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physical and chemical mechanics of technological and lasting road concretes for building of structural layers of non-rigid road coats on the basis of modification of organic astringent and complex microstructure modification of concretes; elaboration of effective technologies of processing of technogenous raw material in to the components of compositional materials.

Zagorodnyaya Anastasia – graduate student, Architecture and Highways Department, SEI LPR «Lugansk National Agrarian University». Scientific interests: development of theoretical provisions on regularities of the formation of structure and physico-mechanical properties concrete road asphalt and polymeric sulfur concretes.

Bespalov Vitaliy – D. Sc. (Eng.), Associate Professor; Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: synthesis of organic astringent for a production road-build materials of compositions, used for building of structural layers of non-rigid traveling clothes of highways of the promoted longevity.

Romasyuk Evgeny – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receipts of technological and lasting travelling concretes for building of structural layers of non/rigid travelling clothes on the basis of retrofitting of organic astringent.

УДК 678.686.3

Ю. С. КОЧЕРГИН, В. В. ЗОЛОТАРЕВА

ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского»

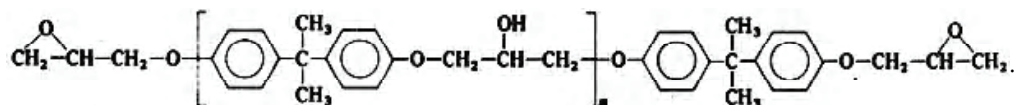
ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИГЛИЦИЛОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ДИФЕНИЛОЛМЕТАНА

Аннотация. Выполнено сравнительное исследование свойств эпоксидных композиционных материалов на основе дифенилолметана и дифенилолпропана. Установлено, что полимеры на основе дифенилолметана превосходят аналоги на основе дифенилолпропана по уровню прочности при растяжении, деформации при разрыве, водостойкости, адгезионной прочности при сдвиге и отрыве при близких значениях теплостойкости и модуля упругости. Наблюдаемый эффект обусловлен антипластификацией в результате взаимодействия полярных групп полимера и антипластификатора, функцию которого выполняют непрореагировавшие части эпоксидной смолы и отвердителя. В широком интервале концентраций исследовано влияние модифицирующих добавок политетраметилэфира гликоля и олигодиметилсилоксанового каучука СКТН на деформационно-прочностные и адгезионные свойства полимеров на основе эпоксидированных производных дифенилолметана. Установлено, что концентрационные зависимости показателей прочности при растяжении, деформации при разрыве и работы разрушения материала имеют экстремальный характер. В области малых концентраций наблюдаются максимумы, интенсивность и положение которых зависят от химической природы модификаторов и режима отверждения композиции. Для образцов, отвержденных без подвода тепла извне, эффект упрочнения выражен более рельефно по сравнению с термообработанными образцами.

Ключевые слова: диглицидиловые эфиры дифенилолметана и дифенилолпропана, отвердитель, эпоксидный композиционный материал, физико-механические и адгезионные свойства.

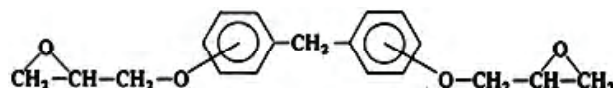
ВВЕДЕНИЕ

Эпоксидные смолы (ЭС), благодаря сочетанию высоких механических свойств и адгезии ко многим субстратам, представляют особый класс материалов с очень широкими возможностями их применения [1–6]. В настоящее время большинство производимых ЭС получают путем химического взаимодействия эпихлоргидрина с бисфенолом А (другие названия дифенилолпропан и диан). Эти смолы (в отечественной практике они называются диановыми в честь русского химика А. Н. Дианина, который первым получил дифенилолпропан в 1891 г.) общей формулы:



отличаются сравнительно высокой вязкостью. Для ее снижения требуется введение в диановую смолу активных разбавителей или растворителей, которые характеризуются повышенной токсичностью и летучестью.

Для преодоления этого недостатка были синтезированы ЭС на основе дифенилолметана (бисфенола F):



Они отличаются меньшей вязкостью и лучшей текучестью, что исключает применение разбавителей, а следовательно, позволяет получать полимерные композиционные материалы с улучшенными технологическими и экологическими свойствами для различных отраслей народного хозяйства.

В частности в строительстве они применяются в составах для покрытия полов, адгезивов, сухих строительных смесей и пр. В настоящее время производство этих смол осуществляется мировыми лидерами – компаниями «Dow Epoxy», «Resolution Europe BV», «Nan Ya Plastics Corporation». Отечественные смолы на основе бисфенола F синтезированы только в последнее время в ГП «УкрНИИпластмасс» (г. Донецк).

Целью настоящей работы является сравнительное исследование композиционных материалов на основе эпоксидированных производных дифенилолметана (ДФМ) и дифенилолпропана (ДФП), а также регулирование комплекса свойств с помощью модифицирующих добавок низкомолекулярных пластификаторов.

Методология. В работе использованы смолы на основе дифенилолметана марок ЭДФМ-22 и ЭДФМ-24 и их ближайшие аналоги на основе дифенилолпропана (соответственно смолы марок ЭД-22 и ЭД-24), а также импортная смола на основе дифенилолметана марки NPEF-170 производства тайваньской компании «NAN YA». Физико-химические свойства смол приведены в табл. 1. Из нее следует, что отечественные продукты на основе ДФМ отличаются существенно меньшим содержанием вредного хлора по сравнению со смолами на основе ДФП и практически не уступают по этому показателю импортной смоле. По другим показателям (содержанию эпоксидных групп и динамической вязкости) смола ЭДФМ-24 также сопоставима со смолой NPEF-170. В качестве отверждающих агентов использовали триэтилентетраминометилфенол (продукт УП-583Т) и триэтилентетрамин (ТЭТА), которые вводили в стехиометрическом соотношении. Модификаторами служили политетраметилэфиры гликоль (ПТМЭГ) с молекулярной массой (ММ) 2000 и олигодиметилсилоксановый каучук СКТН марки А с концевыми гидроксильными группами (ГОСТ 1383533).

Таблица 1 – Свойства эпоксидных смол на основе ДФМ и ДФП

Показатели	ЭДФМ-22	ЭДФМ-24	NPEF-170	ЭД-22	ЭД-24
Содержание хлора, %	0,20	0,18	0,15	0,4	0,4
Содержание эпоксидных групп, %	22,2	24,9	23,8–26,7	22,7	24,5
Динамическая вязкость при 25 °С, Па·с	15,4	4,1	2,0–5,0	9,5	7,0

В работе использовали следующие методы исследования. Относительную реакционную способность глицидиловых эфиров ДФМ и ДФП оценивали по времени гелеобразования ($\tau_{\text{гел}}$) методом сканирующей микрокалориметрии [8]. Величину $\tau_{\text{гел}}$ определяли визуальным методом с точностью ± 1 мин в стеклянной пробирке, помещенной в воздушный термостат типа ТК-400, в котором заданная температура поддерживалась с точностью $\pm 0,5$ °С. Энергию активации (E_a) процесса отверждения эпоксидной композиции оценивали по углу наклона кривой зависимости $\lg (1/\tau_{\text{гел}}) - (1/T)$. Микрокалориметрические исследования проводили на калориметре типа Кальве при скорости повышения температуры 0,7 град/мин и навеске образца ~ 0,5 г. При этом в качестве эталона использовали силиконовую жидкость. Разрушающее напряжение при растяжении (σ_p) и относительное удлинение при разрыве (ϵ_p) пленочных образцов толщиной 100...150 мкм измеряли на динамометре типа Поляни. Модуль упругости при растяжении (Е) рассчитывали по углу наклона начального участка кривой растяжений. Мерой работы разрушения (A_p) служила площадь под кривой нагрузка – удлинение. Температуру стеклования (T_g) определяли при постоянном растягивающем напряжении 1,5 МПа по известной методике [9]. Сопротивление сдвигу (τ_b) клеевых соединений оценивали по ГОСТ 14759, сопротивление отрыву (σ_b) – по ГОСТ 14760. Степень отверждения композиций **а** определяли методом экстрагирования в ацетоне в аппарате Сокслета. Водопоглощение оценивали по приращению массы пленочных образцов после их выдержки в воде в течение 24 ч. Динамический модуль сдвига (G') и тангенс угла механических потерь ($\tan \delta$) образцов размером 35×10×0,5 мм измеряли с помощью обратного крутильного маятника типа МК-1 в интервале температур от минус 120 до плюс 130 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как следует из данных табл. 2, полимеры на основе ДФМ превосходят диановые (при примерно равном содержании эпоксидных групп) по значениям σ_p , ϵ_p и адгезионной прочности τ_b и σ_b при близких значениях модуля упругости и температуры стеклования.

Что касается полноты отверждения, то для диановых смол она выше как при отверждении без подвода тепла, так и после термообработки. Причина этого, по-видимому, заключается в различной

Таблица 2 – Свойства эпоксидных полимеров*

Показатели	ЭДФМ-22	ЭД-22	ЭДФМ-24	ЭД-24	NPEF-170
σ_p , МПа	<u>67,4</u> 89,0	<u>51,9</u> 60,7	<u>64,0</u> 73,1	<u>43,2</u> 59,1	<u>50,5</u> 59,9
ε_p , %	<u>10,6</u> 10,2	<u>4,6</u> 7,6	<u>8,4</u> 10,6	<u>6,8</u> 8,9	<u>7,7</u> 9,3
E, ГПа	<u>1,33</u> 1,36	<u>1,31</u> 1,32	<u>1,20</u> 1,39	<u>1,23</u> 1,10	<u>1,21</u> 1,30
T _c , °C	<u>56</u> 111	<u>58</u> 113	<u>52</u> 112	<u>54</u> 116	<u>56</u> 108
τ_b , МПа	<u>19,6</u> 21,4	<u>13,6</u> 19,4	20,3	15,7	21,2
σ_b , МПа	44,6	29,7	35,5	28,3	32,6
W, %	–	–	<u>1,2</u> 2,3	<u>3,2</u> 3,0	<u>1,5</u> 2,5
a, %	–	–	<u>77,2</u> 89,3	<u>87,1</u> 98,7	<u>83,4</u> 92,1
ρ , кг/м ³	1 220	1 180	1 250	1 205	1 245

Примечание. В числителе приводятся значения показателей образцов, отвержденных по режиму 25 °C/240 ч, в знаменателе – по режиму 25 °C/72 ч + 120 °C/3 ч.

*Отвердитель ТЭТА.

реакционной способности диглицидиловых эфиров ДФМ, которые, как показано нами ранее [7], являются либо продуктами смешения индивидуальных глицидиловых эфиров ДФМ, либо получены синтезом эпоксидных олигомеров из смеси о, п'-, о, о'-, и п, п'-изомеров ДФМ, взятых в том же массовом соотношении, что и глицидиловые производные (49:13:38 соответственно). Вследствие этого после полимеризации более реакционноспособных изомеров из-за значительного увеличения вязкости после прохождения точки геля реакция отверждения менее реакционноспособных изомеров затрудняется. По всей видимости непрореагировавшие части смолы и отвердителя выполняют функции антипластификатора, что обуславливает, с одной стороны, большие значения σ_p и E (в результате усиления взаимодействия полярных групп полимера и антипластификатора [10]), а с другой – меньшее значение T_c для отвержденных смол ДФМ по сравнению с диановыми. Еще одним подтверждением эффекта антипластификации может служить более высокая плотность ρ полимеров на основе ДФМ (табл. 2).

Как известно [10–16], физическая сущность пластификации заключается в повышении подвижности макромолекул полимеров вследствие ослабления межмолекулярных физических связей, ограничивающих кинетическую гибкость цепей блокированием полярных групп молекулами пластификатора, или вследствие разделения ими цепей или агрегатов макромолекул [10–14]. Поэтому пластификаторы, как правило, снижают модуль упругости, механическую прочность и несколько увеличивают разрывное удлинение полимеров в стеклообразном состоянии. Обратный эффект изменения этих показателей при введении значительных доз (10...30 %) пластификаторов получил по предложению Джексона и Колдуэлла [14] название «антипластификация».

Основным и необходимым признаком антипластификации, по мнению авторов термина, является одновременное повышение модуля упругости и прочности стеклообразного полимера при монотонном снижении T_c. Исходя из этого, понятие антипластификации сводится, прежде всего, к механическим аномалиям, хотя вполне очевидно, что это «прикладное» определение отражает лишь конечный результат изменения термодинамических и структурных параметров системы «полимер-пластификатор» и не раскрывает сути антипластификации как физического явления. Анализ работ, посвященных «эффектам малых добавок» пластификаторов [10–16], а также непосредственно антипластификации [14, 15] приводит к следующим выводам:

а) антипластификация проявляется только в стеклообразных системах «полярный полимер – полярный пластификатор» при наличии их хорошей совместимости, причем максимум эффекта достигается при 20...40 %-ной концентрации, выше которой, как при обычной пластификации, начинается снижение прочности и модуля упругости стеклообразного полимера;

б) температура стеклования при антипластификации линейно убывает с ростом концентрации добавок;

в) один и тот же пластификатор в зависимости от концентрации и температуры может оказывать различное действие на полимер: при постоянном содержании добавки понижение температуры приводит к переходу от пластификации к антипластификации, а при постоянной температуре к такому изменению приводит уменьшение концентрации;

г) величина антипластифицирующего эффекта зависит от химического строения молекул пластификатора.

Из этого следует, что деление на пластификаторы и «антипластификаторы» весьма условно и антипластификация является скорее закономерным эффектом обычной пластификации полярных полимеров, чем аномальным фактом.

Эпоксиполимеры на основе ДФМ намного превосходят диановые по работоспособности при низких температурах (табл. 3). Эффект возрастает с уменьшением температуры. Так, если при комнатной температуре σ_p , полимеров на базе СБФ-22 больше, чем ЭД-22, в 1,12 раза, то при -60°C различие составляет 1,44, а при минус 120°C 1,78 раза. Благодаря более высоким прочностным и деформационным показателям полимеры на основе ДФМ во всем исследованном интервале стеклообразного состояния (от -120 до $+80^\circ\text{C}$) характеризуются существенно большим значением работы разрушения и с учетом хорошей корреляции A_p и ударопрочности [17, 18] имеют лучшую работоспособность при динамическом нагружении.

Зависимость $\tau_{\text{гел}}$ от температуры для всех исследованных композиций имеет практически линейный характер и может быть с достаточно высокой точностью описана соотношением:

Таблица 3 – Зависимость свойств эпоксидных полимеров от температуры испытания*

Параметры	Марка смолы	Температура стеклования, $^\circ\text{C}$				
		-120	-60	20	80	150
σ_p , МПа	ЭДФМ-22	91,0	72,6	63,2	4,9	1,7
	ЭД-22	50,8	50,7	56,6	5,6	1,9
	ЭДФМ-24	105,6	89,1	64,2	8,9	1,8
ε_p , %	ЭДФМ-22	4,8	5,2	6,6	8,0	12,1
	ЭД-22	3,8	4,2	5,8	39,1	11,8
	ЭДФМ-24	6,2	6,4	6,5	47,9	14,8
E, ГПа	ЭДФМ-22	2,60	2,18	1,53	0,05	0,007
	ЭД-22	2,24	2,15	1,35	0,26	0,015
	ЭДФМ-24	2,01	1,78	1,56	0,46	0,012
$\sigma_{\text{ост}}$, МПа	ЭДФМ-22		22,8	0,8	–	–
	ЭД-22	52,6	26,3	0,8	–	–
	ЭДФМ-22	48,3	26,2	0,8	–	–
A_p , кДж/м ²	ЭДФМ-22	3,10	2,60	2,78	3,05	0,15
	ЭД-22	1,35	1,52	2,31	1,75	0,17
	ЭДФМ-24	4,51	3,99	2,90	2,98	0,20

*Отвердитель УП-583 Т, режим отверждения $25^\circ\text{C}/24$ ч. + $80^\circ\text{C}/6$ ч.

$$\tau_{\text{гел}} = 10^{(A-B \cdot T)},$$

где T – абсолютная температура,
 A и B – постоянные.

Расчет с помощью этого соотношения значений A и B позволяет сопоставить относительную реакционную способность различных композиций при любой температуре. Установлено (табл. 4), что реакционная способность композиций изменяется в зависимости от температуры. Так, при 20°C время гелеобразования $\tau_{\text{гел}}$ композиции на основе смол ЭДФМ-22 и ЭДФМ-24 с отвердителем ТЭТА примерно в 1,5 раза ниже, чем у их аналогов на основе смол ЭД-22 и ЭД-24 соответственно. При 60°C величина $\tau_{\text{гел}}$ не зависит от химической природы смолы и типа отвердителя и характеризуется одним и тем же временем гелеобразования.

Относительную реакционную способность эпоксидных композиций можно оценить не только по величине $\tau_{\text{гел}}$ и E_a , но и по значениям параметров A и B . Наибольший интерес с практической точки

Таблица 4 – Реакционная способность эпоксидных смол

Марка смол	E_a , кДж/моль	А	В 10^4	$\tau_{\text{гел}}$, мин	
				при 20 °С	при 60 °С
ЭД-22	<u>65,43</u> 69,17	<u>12,83</u> 13,42	<u>359</u> 383	<u>139</u> 182	<u>12</u> 4
ЭДФМ-22	<u>82,12</u> 67,46	<u>14,73</u> 13,14	<u>430</u> 376	<u>135</u> 133	<u>3</u> 4
ЭДФМ-24	<u>48,60</u> 75,00	<u>9,19</u> 14,43	<u>250</u> 417	<u>73</u> 163	<u>7</u> 4
ЭД-24	<u>43,99</u> 83,80	<u>8,63</u> 15,91	<u>225</u> 461	<u>109</u> 253	<u>14</u> 4

Примечание: числитель – отвердитель УП-583Т, знаменатель – ТЭТА

зрения представляют композиции с достаточно высокими значениями В (относительно величины А), поскольку, как известно [19, 20], такие композиции обладают длительной жизнеспособностью при температуре переработки (в нашем случае 20...60 °С), а при более высоких температурах процесс их отверждения происходит с максимальной скоростью.

Микрокалориметрические исследования показали, что отверждение смолы ЭДФМ-24 и ее эпоксидианового аналога ЭД-24 в присутствии ТЭТА (рисунок, кривые 1 и 2) сопровождается выделением практически одинакового количества тепла (Q), тогда как при использовании отвердителя УП-583Т (рисунок, кривые 1' и 2') экзотермический эффект реакции отверждения композиции на основе смолы ЭДФМ-24 значительно выше.

Исследовано, каким образом можно регулировать свойства полимеров на основе ДФМ с помощью пластификаторов ПТМО и СКТН, широко применяемых для модификации традиционных диановых эпоксидов.

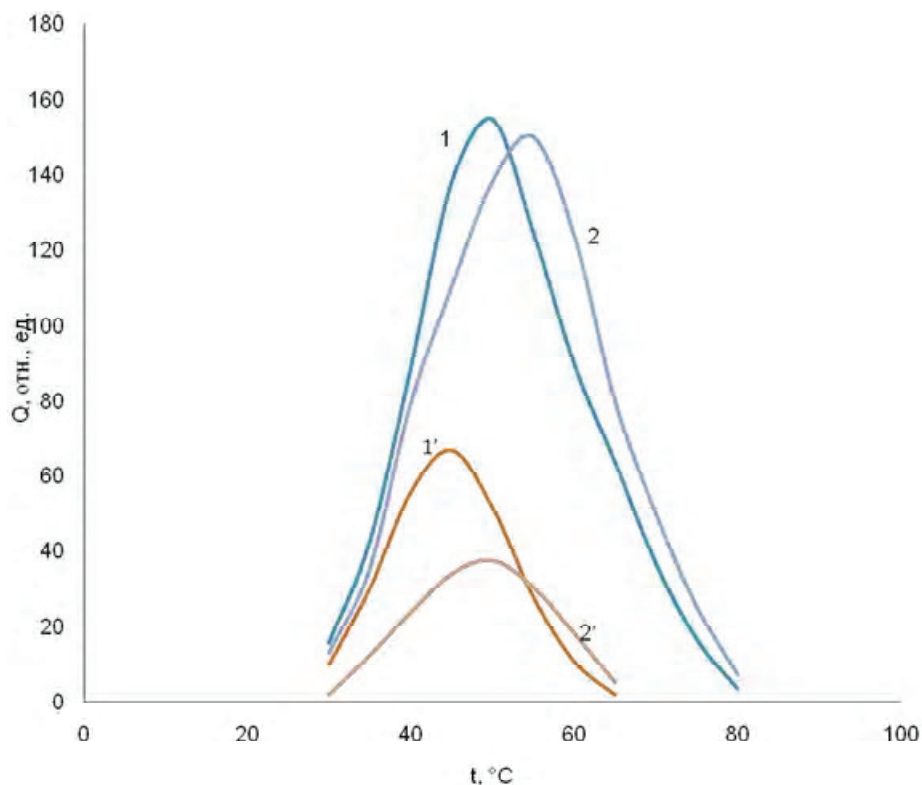


Рисунок – Зависимость скорости тепловыделения от температуры при отверждении композиций на основе смол ЭДФМ-24 (1, 1') и ЭД-24 (2, 2') в присутствии отвердителей ТЭТА (1, 2) и УП-583Т (1', 2').

Результаты приведены в табл. 5. Характерно, что зависимость параметра σ_p от концентрации модификаторов носит экстремальный характер. В области малых концентраций добавок наблюдается

Таблица 5 – Свойства модифицированных эпоксиполимеров

Модификатор	Содержание, масс. ч.	σ_p , МПа	ε_p , %	E, ГПа	T _c , °C	A _p , кДж/м ²	τ_b , МПа	a, %	ρ , кг/м ³
ПТМО	0	<u>52,6</u> 78,5	<u>5,06</u> 6,8	<u>1,73</u> 1,86	<u>58</u> 101	<u>2,2</u> 4,2	9,3	<u>83,8</u> 96,8	<u>1 220</u> 1 229
	2	<u>57,6</u> 81,6	<u>5,9</u> 7,7	<u>1,72</u> 1,92	<u>61</u> 106	<u>2,5</u> 4,8	18,1	–	–
	5	<u>54,2</u> 69,1	<u>6,4</u> 5,9	<u>1,72</u> 1,94	<u>57</u> 105	<u>2,6</u> 3,1	16,9	–	–
	7	<u>49,4</u> 60,9	<u>5,7</u> 5,7	<u>1,68</u> 1,91	<u>57</u> 105	<u>2,2</u> 2,6	16,1	–	–
	10	<u>42,1</u> 60,3	<u>3,6</u> 5,4	<u>1,64</u> 1,86	<u>55</u> 103	<u>1,3</u> 2,5	15,5	<u>80,1</u> 93,7	<u>1 216</u> 1 215
	15	<u>41,0</u> 56,1	<u>3,5</u> 5,3	<u>1,61</u> 1,59	<u>53</u> 100	<u>1,1</u> 2,3	20,1	–	–
СКТН	25	<u>25,1</u> 42,6	<u>3,5</u> 5,3	<u>0,95</u> 1,13	<u>48</u> 99	<u>0,6</u> 1,6	20,8	–	–
	2	<u>63,6</u> 83,3	<u>5,3</u> 8,1	<u>1,65</u> 1,64	<u>60</u> 102	<u>3,0</u> 5,2	17,2	–	–
	5	<u>59,3</u> 67,2	<u>5,8</u> 7,6	<u>1,56</u> 1,57	<u>57</u> 110	<u>2,6</u> 3,9	17,7	–	–
	7	<u>52,7</u> 66,3	<u>6,5</u> 6,4	<u>1,54</u> 1,57	<u>58</u> 105	<u>2,6</u> 3,2	15,1	–	–
	10	<u>41,9</u> 56,7	<u>4,9</u> 4,9	<u>1,48</u> 1,53	<u>56</u> 103	<u>1,6</u> 2,1	11,0	<u>79,2</u> 92,9	<u>1 205</u> 1 197
	15	<u>36,6</u> 55,3	<u>3,2</u> 4,9	<u>1,40</u> 1,55	<u>54</u> 103	<u>0,9</u> 2,0	14,9	–	–
	25	<u>34,7</u> 60,0	<u>4,9</u> 6,4	<u>1,31</u> 1,27	<u>45</u> 100	<u>1,3</u> 2,9	13,2	–	–

Примечание: в числителе – образцы отверждены по режиму 25 °C/240 ч., в знаменателе – 25 °C/72 ч. + 120 °C/3 ч.

некоторое повышение прочности, после чего σ_p монотонно снижается с увеличением содержания модификатора. При этом оптимальная концентрация, соответствующая максимуму деформационно-прочностных свойств, зависит от типа модификатора и режима отверждения композиции. В наибольшей степени эффект упрочнения проявляется в композициях, содержащих 2 мас. ч. модификаторов, особенно если системы отверждались без подвода тепла. Деформация ε_p зависит от количества добавки более сложным образом. При малых концентрациях ε_p возрастает с образованием максимума при $C = 2...7$ мас. ч. (в зависимости от типа модификатора и режима отверждения), затем в интервале $7 < C < 15$ мас. ч. убывает, а далее при $C > 15$ мас. ч. снова начинает расти для образцов, содержащих СКТН, и сохраняет стабильные значения для образцов, содержащих ПТМО. Наблюдаемая закономерность изменения ε_p в зависимости от количества модификатора может быть объяснена следующим образом. При малых добавках действие модификатора направлено на уменьшение межмолекулярного взаимодействия за счет блокирования полярных групп (подобно тому, как это происходит при введении ПАВ [21, 22]), т. е. система пластифицируется, вследствие чего ε_p растет. В области промежуточных концентраций благодаря отсутствию ограничений, накладываемых физическими связями, создаются условия для большей свободы конформационных перегруппировок молекулярных цепей эпоксидов, что увеличивает вероятность контакта непрореагировавших реакционноспособных групп, и как следствие, приводит к большей плотности поперечного сшивания (тот факт, что предположение не подтверждается результатами определения степени отверждения эпоксиполимера методами экстрагирования (табл. 5), обусловлен, по-видимому, вымыванием модифицирующих добавок при выдержке образцов в ацетоне). Увеличение плотности химической сетки

приводит к уменьшению деформационной способности модифицированных систем. При больших концентрациях модификатора снова начинает преобладать эффект пластификации, и ϵ_p возрастает. В случае ПТМО отсутствие увеличения ϵ_p в области больших содержаний модификатора, по-видимому, связано с образованием физической сетки за счет концевых групп ПТМО и гидроксильных групп эпоксидной матрицы, ограничивающей молекулярную подвижность.

Модификация не приводит к существенному уменьшению теплостойкости, если композиции отверждались при комнатной температуре, а в термообработанных образцах вызывает некоторое возрастание T_c . Обращаясь к табл. 5, отметим, что при модификации весьма ощутимо возрастает адгезионная прочность. Особенно значительный эффект получен при использовании ПТМО, когда удается повысить τ_v более чем в 2 раза. Модифицированные полимеры отличаются меньшей плотностью.

Что касается A_p , то при температуре испытания, близкой к комнатной, выигрыш в работе разрушения довольно мал: 1,1...1,5 раза. В большей мере это выражено в случае образцов, содержащих СКТН.

Используемые модификаторы оказывают неодинаковое воздействие на релаксационные переходы, обнаруживаемые методом динамического механического анализа. Если при введении ПТМО интенсивность низкотемпературного β -перехода увеличивается (табл. 6) пропорционально концентрации добавки, то при введении СКТН, наоборот, наблюдается уменьшение $\lg \delta$ в максимуме β -пика. Температура β -пика (T_β) понижается при введении СКТН и возрастает при добавлении ПТМО. Температура высокотемпературного α -перехода (T_α) убывает для обоих модификаторов пропорционально концентрации модификатора (исключением является СКТН; при малых его содержаниях T возрастает, т. е. проявляется эффект антипластификации). Интенсивность α -пика (T_α) убывает при введении как ПТМО, так и СКТН.

Таблица 6 – Влияние модифицирующих добавок на релаксационные переходы в эпоксиполимере на основе дифенилметана

Модификатор	Содержание модификатора, масс. ч.	T_β , °C	$\lg \delta_\beta$	T_α , °C	$\lg \delta_\alpha$
–	0	–60	0,034	64	1,04
ПТМО	7	–60	0,041	60	0,91
	25	–51	0,046	51	0,81
СКТН	7	–60	0,034	70	1,00
	25	–72	0,028	49	0,71

ВЫВОДЫ

Результаты исследований свидетельствуют о целесообразности применения диглицидиловых эфиров дифенилметана для получения композиционных материалов с повышенным комплексом физико-механических и адгезионных свойств взамен традиционных эпоксидных смол на основе дифенилпропана или в качестве упрочняющего компонента в сочетании с ними. Модификация эпоксиполимеров на основе диглицидиловых эфиров дифенилметана пластификаторами дополнительно способствует улучшению комплекса их свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ли, Х. Справочное руководство по эпоксидным смолам [Текст] / Х. Ли, К. Невилл. – М.: Энергия, 1973. – 416 с.
2. Мошинский, Л. Я. Эпоксидные смолы и отвердители [Текст] / Л. Я. Мошинский. – Тель-Авив: Аркадия Пресс Лтд., 1995. – 370 с.
3. Еселев, А. Д. Сырьевая база клеев и лакокрасочных материалов [Текст] / А. Д. Еселев, В. А. Бобылев // Клеи. Герметики. Технологии. – 2012. – № 4. – С. 25–31.
4. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология [Текст]: учебное пособие / М. Л. Кербер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин [и др.]; под ред. А. А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
5. Князев, В. К. Эпоксидные конструкционные материалы в машиностроении [Текст] / В. К. Князев. – М.: Машиностроение, 1977. – 183 с.
6. Справочник по композиционным материалам [Текст]: в 2-х кн.: кн. 1 / Под ред. Дж. Любина; пер. с англ. А. Б. Геллера, М. М. Гельмонта; под ред. Б. Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – 448 с.

7. Кочергин, Ю. С. Свойства композитов на основе диглицидиловых эфиров дифенилолметана [Текст] / Ю. С. Кочергин, В. В. Золотарева // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2018. – № 4. – С. 96–101.
8. Физико-химическая характеристика эпоксифенольных олигомеров и полимеров на их основе [Текст] / М. К. Пактер, Ю. М. Парамонов, Е. П. Яровая [и др.] // Пластические массы. 1984. – № 5. – С. 34–37.
9. Исследование ползучести линейных и сетчатых полимеров на основе полиарилатов и эпоксидных полимеров [Текст] / Ю. С. Кочергин, А. А. Аскадский, Г. Л. Слонимский [и др.] // Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 1978. – Т. 20, № 4. – С. 880–887.
10. Козлов, П. В. Пластификация полимеров [Текст] / П. В. Козлов, А. В. Ефимов // Энциклопедия полимеров. – 1974. – Т. 2. – С. 627–633.
11. Козлов, П. В. Физико-химические основы пластификации полимеров [Текст] / П. В. Козлов, С. П. Папков. – М. : Химия, 1982. – 224 с.
12. Барштейн, Р. С. Пластификаторы для полимеров [Текст] / Р. С. Барштейн, В. И. Кириллович, Ю. Е. Носовский. – М. : Химия, 1982. – 216 с.
13. Козлов, П. В. Пластификация [Текст] / П. В. Козлов, А. В. Ефимов // Энциклопедия полимеров. – 1974. – Т. 2. С. 627–633.
14. Jackson, W. J. Antiplasticization. II. Characteristics of plasticizers [Текст] / W. J. Jackson, J. R. Caldwell // J. Appl. Polymer Science. – 1967. – Vol. 11, № 2. – P. 211–227.
15. Ефимов, А. В. Явление пластификации и антипластификации в полимерных стеклах [Текст] / А. В. Ефимов, П. В. Козлов, Н. Ф. Бакеев // Докл. АН СССР. – 1974. Т. 230, № 3. – С. 639–641.
16. Хозин, В. Г. Усиление эпоксидных полимеров [Текст] / В. Г. Хозин. – Казань : Изд-во ПИК «Дом печати», 2004. – 446 с.
17. Бакнелл, К. Б. Ударопрочные пластики [Текст] / К. Б. Бакнелл; пер. с англ. под ред. И. С. Лишанского. – Л. : Химия, 1981. – 327 с.
18. Эпоксидные смолы и клеевые композиции [Текст] / Ю. С. Зайцев, Ю. С. Кочергин, М. К. Пактер, Р. В. Кучер. – Киев : Наукова думка, 1990. – 200 с.
19. Иржак, В. И. Сетчатые полимеры. Синтез, структура, свойства [Текст] / В. И. Иржак, Б. А. Розенберг, Н. С. Ениколопан. – М. : Наука, 1979. – 248 с.
20. Пактер, М. К. О структурных особенностях эпоксидно-диановых олигомеров [Текст] / М. К. Пактер, А. А. Полянский, Ю. М. Будник // Синтез, свойства и методы исследования реакционноспособных олигомеров : сб. науч. тр. – М. : НИИТЭХИМ, 1985. – С. 3–10.
21. Кочергин, Ю. С. Регулирование свойств эпоксидно-каучуковых клеев с помощью наполнителей и ПАВ [Текст] / Ю. С. Кочергин, Т. А. Кулик // Интенсификация процессов склеивания : материалы семинара. – Л. : ЛДНТП, 1987. – С. 21–31.
22. Кочергин, Ю. С. Влияние ПАВ на свойства эпоксидно-каучуковых композиций [Текст] / Ю. С. Кочергин, Т. А. Кулик, А. Ф. Прядко // Пластические массы. – 1988. – № 1. – С. 44–47.

Получена 03.12.2019

Ю. С. КОЧЕРГІН, В. В. ЗОЛОТАРЬОВА
ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ
ДИГЛІЦИЛОВИХ ПОХІДНИХ ДИФЕНІЛОЛМЕТАНУ
ДО ВПО «Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла
Туган-Барановського»

Анотація. Виконано порівняльне дослідження властивостей епоксидних композиційних матеріалів на основі дифенілолметану і дифенілолпропану. Встановлено, що полімери на основі дифенілолметану перевершують аналоги на основі дифенілолпропану за рівнем міцності при розтягуванні, деформації при розриві, водостійкості, адгезійної міцності при зсуві і відриві при близьких значеннях теплостійкості і модуля пружності. Спостережуваний ефект обумовлений антипластифікацією в результаті взаємодії полярних груп полімеру і антипластифікатора, функцію якого виконують частини епоксидної смоли і затверджувача, що не прореагували. В широкому інтервалі концентрацій досліджено вплив модифікуючих добавок політетраметилефірного гліколю і олігодиметилсилоксанового каучуку СКТН на деформаційно-міцнісні і адгезійні властивості полімерів на основі епоксидованих похідних дифенілолметану. Встановлено, що концентраційні залежності показників міцності при розтягуванні, деформації при розриві і роботи руйнування матеріалу мають екстремальний характер. В зоні малих концентрацій спостерігаються максимуми, інтенсивність і положення яких залежать від хімічної природи модифікаторів і режиму затвердження композиції. Для зразків, затверджених без підведення тепла ззовні, ефект зміцнення виражений більш рельєфно у порівнянні з термообробленими зразками.

Ключові слова: дигліцидилові ефіри дифенілолметану і дифенілолпропану, затверджувач, епоксидний композиційний матеріал, фізико-механічні та адгезійні властивості.

YURIY KOCHERGIN, VIKTORIYA ZOLOTAREVA
RESEARCH OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON DIGLYCYL
DIPHENYLOLMETHANE DERIVATIVES

State Organization of Higher Professional Education «Mikhail Turgan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade»

Abstract. A comparative study of the properties of epoxy composite materials based on diphenylolmethane and diphenylolpropane is carried out. It was established that diphenylolmethane-based polymers are superior to diphenylolpropane-based analogues in terms of tensile strength, tensile deformation, water resistance, shear and tear adhesion at close values of heat resistance and elastic modulus. The observed effect is due to anti-plasticization as a result of the interaction of the polar groups of the polymer and the anti-plasticizer, the function of which is performed by the unreacted parts of the epoxy resin and hardener. In a wide range of concentrations, the effect of modifying additives of polytetramethylene ether glycol and oligodimethylsiloxane rubber SKTN on the deformation-strength and adhesive properties of polymers based on epoxidized diphenylolmethane derivatives was studied. It is established that the concentration dependences of tensile strength, deformation at break and the work of fracture of the material are extreme. In the region of low concentrations, maxima are observed whose intensity and position depend on the chemical nature of the modifiers and the curing regime of the composition. For samples cured without external heat supply, the hardening effect is more pronounced in comparison with heat-treated samples.

Key words: diglycidyl ethers of diphenylolmethane and diphenylolpropane, hardener, epoxy composite material, physicomechanical and adhesive properties.

Кочергин Юрий Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры общинженерных дисциплин ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского». Научные интересы: технология полимерных и композиционных материалов.

Золотарева Виктория Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского». Научные интересы: технология полимерных и композиционных материалов.

Кочергін Юрій Сергійович – доктор технічних наук, професор кафедри загальноінженерних дисциплін ДО ВПО «Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського». Наукові інтереси: технологія полімерних і композиційних матеріалів.

Золотарьова Вікторія Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства та експертизи непродовольчих товарів ДО ВПО «Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського». Наукові інтереси: технологія полімерних і композиційних матеріалів.

Kochergin Yuriy – D. Sc. (Chem. Sc.), Professor, Commodity Research and Expertise of Non Foodstuff Department, State Organization of Higher Professional Education «Mikhail Turgan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade». Scientific interests: technology of polymeric and composite materials.

Zolotareva Viktoriya – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Commodity Research and Expertise of Non Foodstuff Department, State Organization of Higher Professional Education «Mikhail Turgan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade». Scientific interests: technology of polymeric and composite materials.

УДК 666.972:628.4.038

А. В. НАЗАРОВА^а, В. А. БУГАЕВ^б, Д. С. КОВАЛЕНКО^б^а ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля», ^б ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет»

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С РАСШИРЯЮЩИМ КОМПОНЕНТОМ НА ОСНОВЕ ОТХОДА ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния комплексного модификатора на основе микрокремнезема, суперпластификатора на основе поликарбоксилатного эфира, расширяющих добавок на основе отхода промышленности и добавки, снижающей усадку SRA, на свойства бетонных смесей и бетонов. Было исследовано влияние комплексного модификатора на показатели прочности при сжатии бетона в возрасте 7, 28 и 90 суток нормального твердения. Проанализированы данные по влиянию разработанного модификатора на показатели влажностных усадочных деформаций бетона. Получены данные по влиянию на морозостойкость и водонепроницаемость тяжелых цементных бетонов с расширяющими минеральными добавками.

Ключевые слова: долговечность бетона, усадочные деформации, расширяющие добавки, добавка, снижающая усадку SRA, прочность при сжатии, морозостойкость, водонепроницаемость.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

В строительной отрасли, значительную область композиционных материалов нового поколения занимают модифицированные бетоны. Одними из наиболее часто применяемых на строительных объектах можно отметить высокопрочные, коррозионностойкие, жаростойкие бетоны и т. п., а именно специальные и долговечные бетоны [1].

Общеизвестно, что одним из наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на долговечность монолитных и сборных конструкций, является появление и развитие различного рода трещин, многие из которых могут быть вызваны объемными изменениями конструкций, происходящими вследствие усадочных деформаций.

Следует отметить, что трещины, которые вызваны сверхнормативными деформациями конструкций, силовыми воздействиями, нарушениями технологии изготовления или ошибками при проектировании и др., плохо прогнозируются, и данный вопрос требует дополнительного тщательного всестороннего изучения [2]. Изучению же усадочных деформаций посвящено значительное число работ [3–5], в которых исследователями рассматривается влияние различных факторов на величину усадки бетона и железобетона и предлагаются уточненные методики расчета ее значений на стадии проектирования конструктивных систем зданий и сооружений.

Большой вклад в усадочные деформации конструкции вносит влажностная усадка. Поэтому исследования, связанные с ее изучением, а также изучением различных методов и материалов, способных снизить значение влажностной усадки, являются актуальными.

Среди многих способов снижения усадочных деформаций можно выделить наиболее эффективные три метода: осуществление качественного и своевременного влажностного ухода за бетонными конструкциями; компенсация усадки с помощью расширяющих добавок; уменьшение усадки за счет введения специальных химических добавок на основе гликолей, известных в англоязычной литературе как Shrinkage Reducing Admixtures (SRA) [2, 6].

Первый представленный метод снижения усадки достаточно подробно описан в различных нормативных документах и имеет наибольшее распространение. Тем не менее зачастую он не может быть реализован в условиях современного строительства.

Применение расширяющих добавок широко распространено с 1980-х годов. Анализируя данные, приведенные в отечественной и зарубежной литературе, расширяющие добавки можно разделить условно на 4 типа в зависимости от их действия. Непосредственное расширение происходит вследствие образования гидросульфоалюмината кальция (сульфоалюминатный тип), гидросульфоферрита кальция (сульфоферритный тип), гидроксида кальция или магния (оксидный тип) и смешанного действия (оксидноалюминатный тип) [7–13]. Наиболее распространенными считаются сульфоалюминатный и оксидный типы расширяющих добавок.

Добавками, снижающими усадку SRA, называют химические вещества, уменьшающие влажностную и аутогенную усадку бетона при дозировке 1...2 % от массы цемента. Несмотря на относительно малый опыт использования данных модификаторов, они нашли широкое применение благодаря доказанной эффективности и легкости применения. Если расширяющие добавки действуют за счет химической реакции, в результате которой образуются вещества с большим объемом, чем у исходных компонентов, принцип действия добавок, снижающих усадку SRA, до конца не выяснен. Многие исследователи [6, 14–16], полагают, что добавка SRA снижает усадку за счет эффекта снижения поверхностного натяжения поровой жидкости в бетоне и уменьшения испарения воды с поверхности бетона.

Совместное применение вышеописанных трех методов способно максимально благоприятно повлиять на эксплуатационные свойства бетонов и их долговечность.

В региональных условиях Донбасса перспективным направлением может быть разработка расширяющих минеральных добавок из местного сырья, в частности отходов промышленности, имеющих в больших количествах. В частности, побочные продукты производства, вмещающие в своем химическом составе повышенное количество Al_2O_3 (от 25 до 45 %), такие как отработанные алюмоникилиевые катализаторы химической промышленности, отходы производства вторичного алюминия (алюмошлаки), отходы производства огнеупорных изделий (шамотно-каолиновая пыль). Среди перечисленных материалов лишь последний возможно применять в исходном состоянии практически без дополнительной обработки.

Целью данной статьи является разработка составов тяжелых цементных бетонов, модифицированных микрокремнеземом, расширяющим компонентом на основе отходов промышленности, суперпластификатором и добавкой, снижающей усадку SRA, обладающих повышенными эксплуатационными свойствами.

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для выполнения экспериментов в качестве вяжущего вещества использовали портландцемент (ПЦ) ЦЕМ I 42,5Н производства ОАО «Новоросцемент». Крупным заполнителем служил гранитный щебень (Щ) фракции 5...20 мм. Мелким заполнителем был кварцевый песок (П) Лутугинского песчаного карьера с модулем крупности $M_{кр} = 1,35$. Промышленный отход Стахановского завода ферросплавов микрокремнезем (МК) использовался в качестве активного наполнителя.

В качестве контрольной расширяющей добавки принята порошковая добавка «Expaccrete» (Exp) производства итальянской фирмы «Mapei».

Сырьем для расширяющих добавок были:

- алюмосодержащий компонент расширяющей добавки – шамотно-каолиновая пыль – алюмосиликатный отход промышленности (содержание SiO_2 до 55 % и Al_2O_3 до 40 %), образующийся при обжиге каолина во вращающихся печах ЧАО «Великоанадольский огнеупорный комбинат» (пос. Владимировка, Донецкая область);

- сульфатный компонент расширяющей добавки – строительный гипс;

- оксидный компонент расширяющей добавки – известь.

Расширяющую добавку сульфоалюминатного типа (СА) приготавливали смешиванием шамотно-каолиновой пыли (70 %) и гипса (30 %), а оксидноалюминатного типа (ОА) – шамотно-каолиновой пыли (65 %), гипса (30 %) и извести (5 %).

Химическими добавками служили:

- суперпластификатор (СП) на основе поликарбоксилатного эфира MasterGlenium 115 производства немецкого концерна BASF, который представляет собой раствор плотностью 1,05...1,09 кг/л;

– добавка, снижающая усадку бетонов, на основе этиленгликолевого полимера Маресуре SRA производства фирмы Marei, раствор плотностью 0,9 кг/л;

Прочность цементного камня определяли на образцах-кубах с размером ребра 0,1 м, твердевших в нормальных условиях. Деформации усадки измеряли на образцах-призмах 0,1×0,1×0,4 м согласно ГОСТ 24544-81 «Бетоны. Методы определения деформации усадки и ползучести». Марку по морозостойкости и водонепроницаемости устанавливали согласно стандартным методам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для экспериментальных исследований свойств модифицированных бетонов были запроектированы восемь составов, отличающихся наличием расширяющих добавок разного типа и содержанием химических добавок СП и SRA (табл. 1).

Таблица 1 – Составы бетонных смесей

№	Расход компонентов, кг(л)/м ³									В/Ц	ОК, см	ρ _{факт} , кг/м ³
	ПЦ	П	Щ	МК	Ехр	СА	ОА	СП	SRA			
1	400	545	1 175	38				4,6		0,44	17	2 339
2	400	545	1 175	38				4,6	6	0,44	21	2 345
3	400	545	1 175	38	28			4,6		0,44	16	2 380
4	400	545	1 175	38	28			4,6	6	0,44	20	2 382
5	400	545	1 175	38		40		6,2		0,44	16	2 379
6	400	545	1 175	38		40		6,2	6	0,44	21	2 385
7	400	545	1 175	38			40	6,2		0,44	16	2 383
8	400	545	1 175	38			40	6,2	6	0,44	21	2 378

Результаты исследования кинетики твердения этих составов приведены на рис. 1. Исходя из полученных результатов, было установлено, что все составы бетона показывали повышение показателя предела прочности на протяжении всего периода твердения.

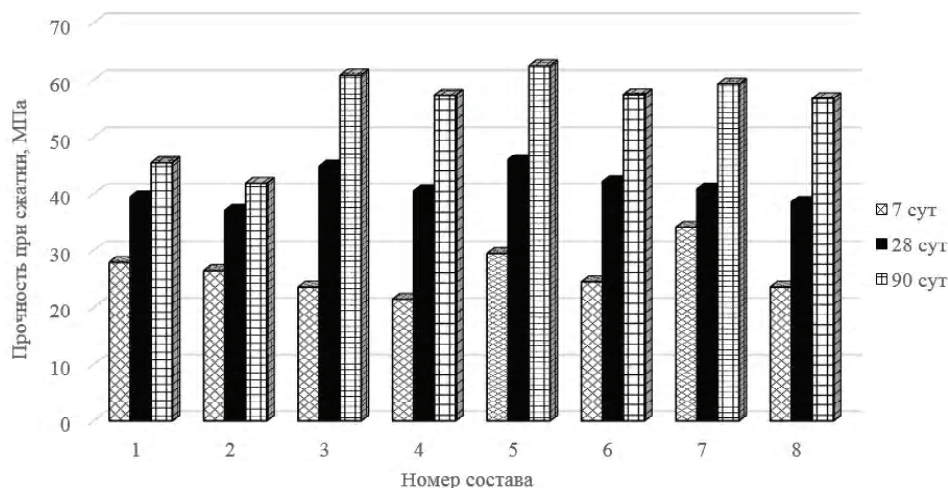


Рисунок 1 – Прочность бетонов при сжатии в возрасте 7, 28 и 90 суток.

Следует отметить, что максимальную прочность при сжатии в раннем возрасте по сравнению с контрольным составом № 1 имеют составы № 5 и № 7 с расширяющими добавками. Это можно объяснить взаимодействием продуктов гидратации цемента с компонентами расширяющих добавок, которое приводит к повышенному образованию гидросульфата алюмината кальция, участвующего в формировании ранней прочности и выступающего в качестве армирующего компонента.

В проектном возрасте все модифицированные составы бетонов № 3–8 превышали прочность при сжатии контрольного состава № 1 на 6,58...16,2 %, что могло быть следствием повышения степени гидратации цемента, формирования более плотной и прочной структуры цементного камня. В возрасте

90 суток показатели предела прочности при сжатии составов № 3–8 также были выше контрольного уже на 24,8...37,8 %.

Установлено, что добавка, снижающая усадку SRA, уменьшает прочность в раннем (на 5...30,8 %), в проектном (на 5,6...9,6 %) возрасте и в возрасте 90 суток (на 4,4...8,3 %). В разных исследованиях показано, что в отличие от суперпластификаторов, добавка, снижающая усадку SRA, в виде неионогенного полимера практически не адсорбируется на продуктах гидратации. Снижение показателей прочности возможно в связи со снижением степени гидратации цемента из-за того, что добавка SRA повышает удельную поверхность новообразований и количество физически связанной воды. В итоге в бетонах с низким показателем водоцементного отношения может быть недостаточно воды, необходимой для гидратации цемента [16–18].

Анализируя данные исследований деформации усадки, приведенных на рис. 2–4, следует отметить, что усадка в большей степени проявляется в бетоне контрольного состава № 1, достигая в возрасте 28 суток величины $\varepsilon = -0,62$ мм/м, и, стабилизируясь после 70 суток, достигает $\varepsilon = -0,77$ мм/м к 120 суткам.

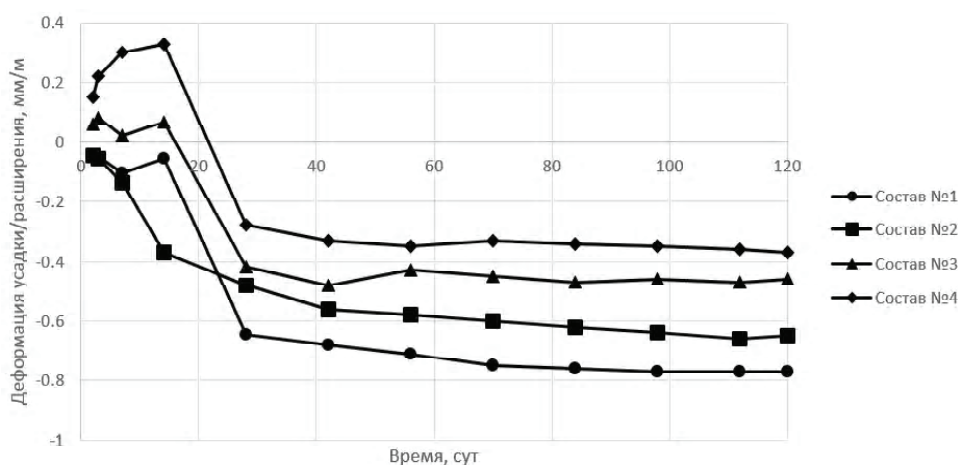


Рисунок 2 – Относительные деформации усадки образцов контрольных составов № 1–2 и модифицированных составов № 3–4.

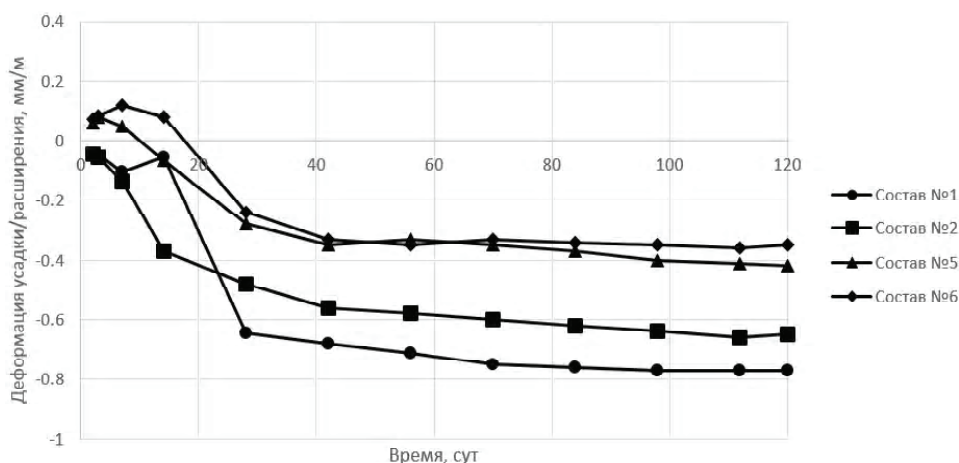


Рисунок 3 – Относительные деформации усадки образцов контрольных составов № 1–2 и модифицированных составов № 5–6.

Наличие в бетоне сульфоалюминатной расширяющей добавки (состав № 5) значительно снижает величину усадки бетона в возрасте 120 суток: $\varepsilon = -0,42$ мм/м, а при наличии добавки, снижающей усадку SRA (состав № 6), деформации усадки снижаются до величины $\varepsilon = -0,35$ мм/м (рис. 3).

Бетон, содержащий комплекс модификаторов в виде «оксидноалюминатная добавка + SRA» (состав № 8), на протяжении 14 дней показывает расширение до $\varepsilon = +0,196$ мм/м, после происходит усадка,

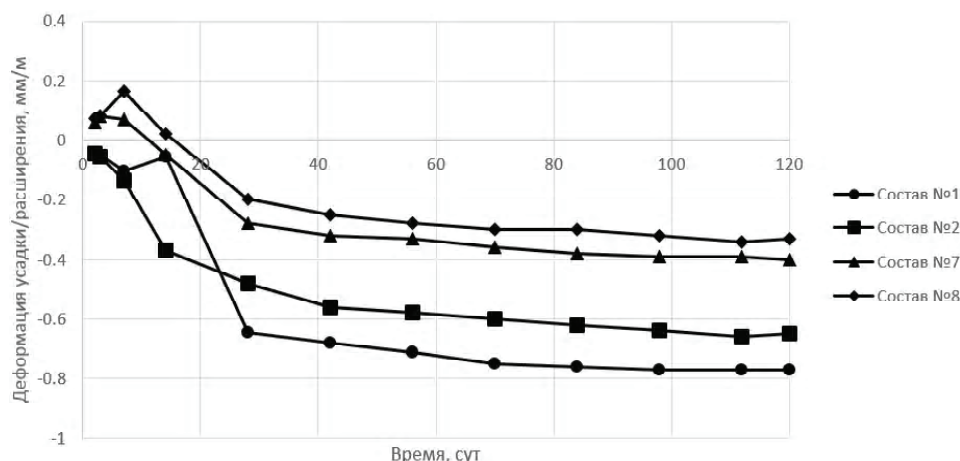


Рисунок 4 – Относительные деформации усадки образцов контрольных составов № 1–2 и модифицированных составов № 7–8.

которая стабилизируется после 42 суток, и к 120 суткам показывает остаточную усадку $\varepsilon = -0,35$ мм/м, что на 49 % меньше, чем усадка контрольного образца с добавкой SRA (рис. 4).

Добавка SRA, снижая поверхностное натяжение поровой жидкости, уменьшает испарение влаги из бетона, понижая при этом величину влажностной усадки, а с другой стороны, обеспечивает влажной реакции гидратации расширяющегося компонента.

При замене сульфоалюминатного или оксидноалюминатного расширяющегося компонента на добавку «Expancrete» (составы № 3, 4) общая тенденция развития начального расширения сохраняется. Однако остаточное значение этих показателей изменяется (рис. 2): № 3 – $\varepsilon = -0,46$ мм/м (при $\varepsilon = -0,42$ мм/м у состава № 5 и $\varepsilon = -0,40$ мм/м у состава № 7); № 4 – $\varepsilon = -0,37$ мм/м (при $\varepsilon = -0,35$ мм/м у состава № 6 и $\varepsilon = -0,33$ мм/м у состава № 8).

Таким образом, можно считать, что комбинированное применение расширяющегося компонента на основе сульфоалюминатной и оксидноалюминатной добавки, а также добавки, снижающей усадку SRA, приводит к синергетическому эффекту снижения величины влажностной усадки.

Полученные результаты по водонепроницаемости и морозостойкости (табл. 2) показывают положительную тенденцию этих показателей при модификации бетонов расширяющими компонентами.

Таблица 2 – Показатели эксплуатационных характеристик бетонов

№ состава	Марка по водонепроницаемости	Марка по морозостойкости
1	W2	F150
2	W2	F150
3	W4	F200
4	W4	F200
5	W6	F200
6	W6	F200
7	W6	F200
8	W6	F200

Эти данные можно объяснить тем, что в составах бетонов с расширяющим компонентом, образующийся гидросульфоалюминат кальция способствует заполнению и уплотнению микропор, а следовательно, бетоны имеют мелкопористую структуру с небольшим объемом капиллярных пор, тем самым обеспечивая непроницаемость структуры и способствуя повышению морозостойкости и водонепроницаемости.

ВЫВОДЫ

Установлено, что химическая добавка, рекомендуемая для снижения усадки цементного камня SRA, обладает сильным пластифицирующим эффектом и в комплексе с суперпластификатором на основе поликарбоксилатного эфира (MasterGlenium 115) обеспечивает повышение подвижности бетонной смеси.

Установлено, что введение расширяющего компонента на сульфоалюминатной и оксидноалюминатной основе повышает проектную прочность бетона при сжатии на 3,3...16,2 % и в возрасте 90 суток на 24,8...37,8 %.

Показано, что добавка SRA снижает прочность бетона при сжатии на 5...31 % в раннем и на 5,5...9,0 % в проектном возрасте твердения. Негативное влияние добавки на прочность бетона возможно устранить при понижении водоцементного отношения, учитывая пластифицирующий эффект добавки SRA.

Показано, что комбинированное применение расширяющегося компонента на основе сульфоалюминатной или оксидноалюминатной добавки, а также добавки, снижающей усадку (SRA), приводит к синергетическому эффекту снижения величины влажностной усадки.

Применение сульфоалюминатных или оксидноалюминатных расширяющих добавок повышает марку бетона по водонепроницаемости с W2 до W6 и морозостойкости с F150 до F200.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калиновская, Н. Н. Усадочные деформации модифицированного бетона. Причины и способы устранения [Текст] / Н. Н. Калиновская, Д. С. Котов, Е. В. Щербицкая // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. Строительные материалы. – 2018. – Вып. № 8 – С. 82–87.
2. Калиновская, Н. Н. Долговечность бетона. Анализ причин и способы снижения усадочных деформаций модифицированного бетона [Текст] / Н. Н. Калиновская, Д. С. Котов, Е. А. Иванова // Технологии бетонов. – 2017. – № 11–12 – С. 14–17.
3. Цилосани, З. Н. Усадка и ползучесть бетона [Текст] / З. Н. Цилосани. – Тбилиси : Мецниерба, 1963. – 181 с.
4. Блещик, Н. П. К построению расчетной модели усадки цементного камня с позиций физико-химической механики дисперсных систем [Текст] / Н. П. Блещик, А. Н. Рак, М. Н. Рыскин // Вестник БГТУ, Строительство и архитектура, Приложение : материалы XI Междунар. науч.-метод. семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь» [25–27 ноября 2004 г., Брест] ; в 2 ч. : ч. 2. – Брест, 2004. – С. 81–93.
5. On the mechanism of plastic shrinkage cracking in fresh cementitious materials [Text] / S. Ghourchian, M. Wyrzykowski, M. Plamondon, P. Lura // Cement and Concrete Research. – 2019. – Vol. 115. – P. 251–263.
6. Shrinkage-Reducing Admixture: Effects on Durability of High-Strength Concrete [Text] / N. M. Lopes Anne, F. Silva Eugenia, Dal Molin [et. al.] // ACI Materials Journal. 2013. – Vol. 110, Issue 4. – P. 365–374.
7. Осокин, А. П. Модифицированный портландцемент [Текст] / А. П. Осокин, Ю. Р. Кривобородов, Е. Н. Потапова. – М. : Стройиздат, 1993. – 328 с.
8. Chatterji, S. Mechanism of expansion of concrete due to the presence of dead-burnt CaO and MgO [Text] / S. Chatterji // Cement and Concrete Research. – 1995. – Vol. 25, No 1. – P. 51–56.
9. Титов, М. Ю. Бетоны с компенсированной усадкой на расширяющих добавках [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Титов Михаил Юрьевич. – Москва, 2012. – 189 с.
10. Борисов, И. Н. Синтез сульфогерметизирующего клинкера для производства безусадочных и расширяющихся цементов [Текст] / И. Н. Борисов, О. С. Мандрикова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – Вып. № 2. – Режим доступа : <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6059>.
11. Потапова, Ю. И. Структура и свойства бетонов с двухстадийным расширением [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Потапова Юлия Игоревна. – Ростов-на-Дону, 2015. – 254 с.
12. Павлова, И. П. Свойства цементных систем, модифицированных расширяющимися добавками сульфогерметизирующего и сульфоалюминатного типа [Текст] / И. П. Павлова, К. Беломесова // Инновации в бетоне, строительном производстве и подготовке инженерных кадров : сборник статей по материалам Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И. Н. Ахвердова и С. С. Атаева, (09–10 июня 2016 г., Минск) : в 2 ч. : ч. 1. / Белорусский национальный технический университет ; редкол. : Э. И. Батяновский, В. В. Бабицкий. – Минск : [БНТУ], 2016. – С. 153–158.
13. Коваленко, Д. С. Расширяющая добавка сульфогерметизирующего типа на основе отходов промышленности для бетонов [Электронный ресурс] / Д. С. Коваленко // Вестник Донбасской академии строительства и архитектуры. – 2018. – Вып. 2018-4(132) Научно-технические достижения студентов строительно-архитектурной отрасли. Том 2 Технологии строительных конструкций, изделий и материалов. – С. 139–144. – Режим доступа : [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-4\(132\)_tom_2.pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-4(132)_tom_2.pdf).
14. Effects of shrinkage reducing admixture in shrinkage compensating concrete under non-wet curing conditions [Text] / M. Collepardi [et. al.] // Cement and Concrete Composites. – 2005. – Vol. 27, Iss. 6. – P. 704–708.

15. Eberhardt, A. B. On the mechanisms of shrinkage reducing admixtures in self-consolidating mortars and concretes [Text] / Arnd Bernd Eberhardt // Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor Ingenieur an der Fakultät Bauingenieurwesen der Bauhaus Universität Weimar. – Aachen : Shaker Verlag GmbH, 2011. – 286 pp.
16. Zhan, Pei-min. Application of shrinkage reducing admixture in concrete: A review [Text] / Pei-min Zhan, Zhi-hai He // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 201. – P. 676–690.
17. Зайченко, Н. М. Влияние полифункционального модификатора (добавка, снижающая усадку – суперпластификатор – микрокремнезем) на свойства самоуплотняющейся бетонной смеси и твердение бетона [Текст] / Н. М. Зайченко, А. В. Назарова, Ал-Маршди Косай // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2013. – Вип. 26. – С. 167–171.
18. Маршди, К. Модифицированный дорожный цементный бетон в условиях жаркого климата [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Маршди Косай Сахиб Ради. – Харьков, 2015. – 179 с.

Получена 04.12.2019

А. В. НАЗАРОВА ^a, В. О. БУГАЄВ ^b, Д. С. КОВАЛЕНКО ^b
 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВАЖКОГО БЕТОНУ З
 РОЗШИРЮВАЛЬНИМ КОМПОНЕНТОМ НА ОСНОВІ ВІДХОДУ
 ПРОМИСЛОВОСТІ

^a ДОО ВПО ЛНР «Луганський національний університет ім. В. Даля», ^b ДОО ЛНР «Луганський національний аграрний університет»

Анотація. У статті представлені результати досліджень впливу модифікатора на основі мікрокремнезему, суперпластифікатора на основі полікарбоксилатного ефіру, розширювальних добавок на основі відходів промисловості та добавки, що знижує усадку SRA, на властивості бетонних сумішей та бетонів. Було досліджено вплив комплексного модифікатора на показники міцності при стисненні бетону в віці 7, 28 і 90 діб нормального твердіння. Проаналізовано дані щодо впливу розробленого модифікатора на показники вологісних усадкових деформацій бетону. Отримано дані щодо впливу на морозостійкість та водонепроникність важких цементних бетонів з розширювальними мінеральними добавками.

Ключові слова: довговічність бетону, усадкові деформації, розширювальні добавки, добавка, знижувальна усадка SRA, міцність при стисненні, морозостійкість, водонепроникність.

ANTONINA NAZAROVA ^a, VIKTOR BUGAEV ^b, DENIS KOVALENKO ^b
 OPERATIONAL PROPERTIES OF HEAVY CONCRETE WITH AN EXPANDING
 COMPONENT BASED ON INDUSTRIAL WASTE

^a SEI HPE LPR Lugansk National University V. Dahl, ^b SEI LPR «Lugansk National Agrarian University»

Abstract. The article presents the results of studies of the effect of a modifier based on silica fume, a superplasticizer based on polycarboxylate ether, expanding additives based on industrial waste and the shrinkage reducing admixture SRA on the properties of concrete mixtures and concrete. The effect of the complex modifier on the compressive strength of concrete aged 7, 28, and 90 days of normal hardening was investigated. The data on the influence of the developed modifier on the indicators of moisture shrinkage deformation of concrete are analyzed. Data on the effect on frost resistance and water tightness of heavy cement concrete with expanding mineral additives are obtained.

Key words: concrete durability, shrinkage deformations, expanding additives, shrinkage reducing admixture SRA, compressive strength, frost resistance, water resistance.

Назарова Антонина Васильевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой городского строительства и хозяйства ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля». Научные интересы: бетоны с использованием отходов промышленности.

Бугаев Виктор Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Научные интересы: совершенствование технологии бетонов естественного твердения.

Коваленко Денис Сергеевич – ассистент кафедры строительных конструкций ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Научные интересы: исследование техногенных сырьевых материалов в комплексе с современными модификаторами бетонов с целью повышения их эксплуатационных свойств и долговечности.

Назарова Антоніна Василівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри міського будівництва і господарства ДООУ ВПО ЛНР «Луганський національний університет ім. В. Даля». Наукові інтереси: бетони з використанням відходів промисловості.

Бугаєв Віктор Олексійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій ДООУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: вдосконалення технології бетонів природного тверднення.

Коваленко Денис Сергійович – асистент кафедри будівельних конструкцій ДООУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: дослідження техногенних сировинних матеріалів у комплексі з сучасними модифікаторами бетонів з метою підвищення їх експлуатаційних властивостей і довговічності.

Nazarova Antonina – Ph. D. (Eng.), Senior Researcher; Head of Urban Construction and Economy Department, SEI HPE LPR «Lugansk National University V. Dahl». Scientific interests: concretes with industrial wastes.

Bugaev Viktor – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Building Constructions Department, SEI LPR «Lugansk National Agrarian University». Scientific interests: improvement of technology of concretes of natural hardening.

Kovalenko Denis – an assistant, Building Constructions Department; SEI LPR «Lugansk National Agrarian University». Scientific interests: research technogenic raw materials in combination with modern concrete modifiers to increase their operational properties and durability.

УДК 691.175.2:674.81

В. В. ЮРЧЕНКО

ГОО ВПО «Донецкий институт железнодорожного транспорта»

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ И ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Аннотация. В данной статье выполнен литературный анализ исследований и публикаций о композиционных материалах с использованием отходов древесины и термопластичных полимеров, сформулированы проблемы переработки древесных материалов, цели и методы исследования, рассмотрены основные компоненты термопластичных древесно-полимерных композитов, таких как частицы измельченной древесины; термопластичного полимера; комплекс специальных модифицирующих добавок. Проанализированы и предложены основные методы решения проблемы совмещения экономических, технологических и экологических требований к связующим. Установлены требования к составу разрабатываемых термоактивных древесно-полимерных композитов, а также к древесным наполнителям в виде смеси разной фракции, вторичным термопластичным полимерам, модифицирующим добавкам – связующим, таких как антипирены, стабилизаторы, органосиланы и другие компоненты.

Ключевые слова: древесные отходы, вторичный полимер, композиционный материал.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

При переработке древесных материалов первичные отходы составляют до 55 % перерабатываемой древесины. Использование отходов древесины является важнейшим источником удовлетворения потребностей строительства в эффективных строительных материалах [1]. Однако большая часть отходов сжигается или вывозится в отвалы. В связи с этим ведётся разработка новых строительных материалов на основе отходов древесины, которые должны удовлетворять современным экономическим, экологическим и технологическим требованиям.

Анализ исследований и публикаций [1–6] и др. показал, что в процессе заготовки и переработки образуются отходы древесины трех видов: твердые, мягкие (опилки, стружка) и кора. Для производства строительных материалов и изделий из растительных отходов в основном используют дробленку (щепу) из твердых отходов, стружку, опилки, древесную муку, молотую древесную кору хвойных и лиственных пород, широкую гамму сельскохозяйственных растительных отходов. Из указанных отходов производят композиционные материалы типа ДСП, ОСП, ДВП, МДФ, используя как связующие экологически небезопасные термоактивные полимеры (феноло-, мочевино- или меламиноформальдегидные).

Один из способов решения проблемы совмещения экономических, технологических и экологических требований к связующим заключается в использовании относительно легкоплавких термопластичных полимеров в производстве композиционных материалов. В качестве связующего компонента можно использовать полиэтилен РЕ, полипропилен РР, поливинилхлорид РVС, полистирол PS и другие термопластичные полимеры, температура плавления которых не превышает 200 °С, в том числе и вторичные, полученные из бытовых или промышленных отходов. Термопластичные древесно-полимерные композиты (ТДПК) на основе полиэтилена и полипропилена не являются токсичными, безопасны для окружающей среды. При применении поливинилхлорида необходимо вводить добавки для стабилизации хлора в нормальных климатических условиях, чтобы предотвратить его выделение в окружающую среду при температуре переработки выше 115 °С.

© В. В. Юрченко, 2020

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ целесообразности производства композиционных материалов на основе древесины и термопластичных полимеров и обоснование первичных требований к составу и компонентам разрабатываемых материалов.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Критико-аналитический обзор литературных данных.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЙ



Рисунок – Содержание основных компонентов в термопластичном древесно-полимерном композите.

Термопластичные древесно-полимерные композиты являются одними из наиболее перспективных материалов в области рационального использования лесопильных отходов деревообрабатывающих производств и вторичных полимеров для переработки в высококачественные, например, профильные детали для строительства. ТДПК состоят из трех основных компонентов: частиц измельченной древесины; термопластичного полимера; комплекса специальных модифицирующих добавок (рисунок).

Древесный наполнитель

Для получения композитов используют древесно-растительный наполнитель в виде смеси фракции 0,05...0,50 мм и фракции 0,5...8,0 мм в соотношении от 1:1 до 1:100. Частицы древесно-растительного наполнителя размером менее 0,05 мм встречаются редко, что дает основание не учитывать их. Основную массу фракции 0,05...0,50 мм составляют частицы пыли и муки, получаемой специальным помолом дисперсного древесно-растительного материала. Фракция 0,5...8,0 мм преобладает среди всех видов дисперсной древесины в виде отходов ее промышленной переработки (опилки, стружка) или специально получаемой для производства ДСП и ДВП, а также среди частиц измельченных растений и отходов сельскохозяйственного и промышленного производства. Грубые частицы наполнителя с размерами (в частности, шириной) более 8 мм использовать нежелательно в связи с ухудшением свойства и качества поверхности изделий, а также технологичности получаемых композитов при переработке. Экспериментально установлено, что использование смеси двух указанных фракций с резко различными размерами частиц, количественно взятых в указанных соотношениях, обеспечивает достижение наиболее плотной упаковки частиц наполнителя и при получении композитов с высокими свойствами при минимальном содержании полимерного связующего.

В качестве фракции частиц древесно-растительного наполнителя с размером 0,5...8,0 мм можно использовать рубленые растительные волокна длиной 1...20 мм, что позволяет повысить прочность при изгибе и ударную вязкость композиционного материала. Использование растительных волокон длиной менее 1 мм дает незначительный положительный эффект, а длиной более 20 мм снижает технологичность композиции при ее переработке в изделия, практически не приводя к дополнительному улучшению прочностных и эксплуатационных свойств композита [2]. Крупные частицы древесины применять экономически выгоднее. Однако они повышают шероховатость изделий, неоднородность их свойств и имеют меньшую насыпную плотность, что снижает производительность перерабатывающего оборудования для соответствующих композиций. Длина используемых растительных волокон составляет преимущественно 3...7 мм.

Содержание древесины или другого целлюлозного сырья в зависимости от требований к конечному продукту составляет 49...95 %. Количество древесного наполнителя зависит от вида термопластичного полимера.

Термопластичный полимер

В качестве термопластичного полимерного связующего используют полимеры, включающие полиолефины (полиэтилен, полипропилен и др.), полистирол, виниловые полимеры на основе винилхлорида и его сополимеров (поливинилхлорид), а также смеси указанных полимеров и другие термопластичные полимеры в виде порошка или гранул (кусков, частиц, хлопьев), с температурой переработки не более температуры термоокислительной деструкции древесного наполнителя [2].

При этом можно использовать исходные термопластичные полимеры, их отходы или смеси с отходами с температурой переработки ниже температуры термоокислительной деструкции измельченной древесины, вторичные полимеры, получаемые при переработке использованной пластмассовой тары, упаковки, пленки, других бытовых и промышленных отходов.

Содержание термопластичного полимерного связующего может варьироваться в пределах от 15 до 50 %, например, полиэтилена – 10...30 %, поливинилхлорида – 45...55 %, полипропилена – 15...35 %. Зависимости деформационно-прочностных характеристик, получаемых композиций и изделий от содержания любого из компонентов имеют экстремальный вид.

Модифицирующие добавки

К основным недостаткам композиционного материала относятся относительно невысокое содержание древесного наполнителя, низкая термостойкость, горючесть, старение полимеров, набухание, гниение древесины и недостаточно высокие прочностные и эксплуатационные свойства, обусловленные невысоким адгезионным взаимодействием компонентов в композите [3]. Недостатки могут быть устранены путем введения модифицирующих добавок связующих агентов, антипиренов, стабилизаторов, антисептиков, антифунгальных и т. п.

В смесь ТДПК необходимо вводить добавки, улучшающие адгезию полимера к древесине, красители, антиокислители, стабилизаторы, повышающие устойчивость материала к действию света и температуры, антимикробные и противогрибковые добавки и др. Такие добавки хотя и составляют небольшой процент (1...5 %) в составе смеси, однако имеют решающее влияние на поведение древесно-полимерной массы при переработке на свойства конечного продукта (прочность, внешний вид, долговечность).

Главным преимуществом в эффективности ТДПК над древесными материалами являются добавки, внедряемые в пластмассу, в частности связующие агенты, которые обеспечивают прочность целлюлозно-древесных волокон, усиливая сцепление между молекулами целлюлозы и полимерами на основе углеводорода. Они также способствуют однородности диспергирования древесных наполнителей. Связующие агенты используются в сочетании с другими добавками: смазочные материалы, термо-, светостабилизаторы, красители, антифунгальные добавки. Иногда эти добавки могут вносить негативные эффекты – например, некоторые смазочные материалы склонны к интерференции со связующими агентами.

Разрабатываются многофункциональные добавки, например, обладающие действием одновременно как связывающего агента, так и смазочного материала. В настоящее время самую обширную группу связующих агентов составляют малеинированные полиолефины. Они состоят главным образом из полиэтилена РЕ или полипропилена РР с функциональными группами малеиновых ангидридов, привитыми на основные цепи полимера. Многие преимущества ТДПК основаны на применении связующих агентов, которые используются для совмещения базовых полимеров и древесных наполнителей. Если эти связующие компоненты использовать на уровне 1...5 % состава, то они могут значительно повысить прочность древесных композитов, снизить количество поглощаемой ими влаги, повысить их устойчивость против атмосферных воздействий и безусадочность.

Смазочные материалы являются важной частью комплекта связующих агентов. Некоторые смазочные материалы могут снизить эффективность связующих агентов, но другие практически на нее не воздействуют. Некоторые смазочные материалы действительно усиливают совместимость между базовыми полимерами и древесными наполнителями даже без введения связующих агентов. Большой интерес представляют составы добавок, которые объединяют в себе усиленную совместимость с улучшенными смазочными свойствами и имеют форму отдельного молекулярного объекта или синергетических сочетаний ингредиентов.

По истечении нескольких недель после монтажа ТДПК склонен к снижению массы в результате влияния атмосферы и ультрафиолетовых лучей. Некоторое количество древесных волокон может быть вымыто дождевой водой. Непрерывный процесс разрушения пластика вследствие ультрафиолетовой деструкции и вымывания древесины ведет к потере цвета в изделиях из ТДПК. Скапливающаяся

влаги создает благоприятную среду для возникновения и роста плесени. От пагубного воздействия плесени, грибка и загрязнений необходимо вводить в ТДПК антифунгальные добавки, защищающие его от появления грибка, плесени, гниения, а также способствующие снижению уровня влагопоглощения.

Для понижения горючести термопластичных полимерных композитов необходимо использовать добавки антипирены, понижающие горючесть полимеров. Антипирены должны удовлетворять следующим требованиям: совмещаться с полимером; не ухудшать физико-механические свойства материалов; быть нетоксичными, бесцветными. Во многих случаях требуется также, чтобы антипирены были атмосферостойкими, прозрачными, имели высокие диэлектрические показатели, обладали или, наоборот, не обладали пластифицирующим действием. Предполагают, что антипирены действуют двояко: 1) препятствуют пиролизу полимера и замедляют выделение горючих газов пиролиза; 2) образуют слаболетучие негорючие газы, препятствующие воспламенению газов пиролиза. Антипирены разделяют на инертные (не вступающие в реакцию с полимером и образующие с ним однородную физическую смесь) и химически активные (вступающие в химическую реакцию с полимером) [4]. Приведем способы придания с помощью антипиренов огнестойкости некоторых используемых термопластичных полимеров в качестве связующего:

- полиэтилен перерабатывают при температурах от 135 до 177 °С. Поэтому его горючесть можно понизить введением оксида сурьмы в сочетании с легкоплавкими хлорированными парафинами или с более стабильными галогенсодержащими циклоалифатическими соединениями;
- огнестойкость полистирола можно повысить введением алифатических, циклоалифатических и ароматических галогенсодержащих соединений в сочетании с оксидом сурьмы;
- жесткий поливинилхлорид негорюч и не требует введения антипиренов; эластичный поливинилхлорид является горючим полимером и для повышения огнестойкости в него вводят добавки. Поскольку эластичный поливинилхлорид уже содержит хлор, введение только оксида сурьмы заметно повышает его огнестойкость [5].

В ТДПК используются и другие добавки: органосиланы; дериваты жирных кислот; длинноцепные хлорированные парафины, а также полиолефиновые полимеры с кислотными ангидридами, внедренные в основные цепи полимеров.

К основным достоинствам строительных изделий из ТДПК по сравнению с традиционными изделиями из древесины ДСП, ОСБ, ДВП, МДФ, можно отнести следующие:

- изделия имеют гладкие и плотные поверхности;
- в процессе прессования могут быть сформированы пазы, гребни и т. п.;
- плотная и однородная структура по всему поперечному сечению изделий;
- не требуется дополнительная обработка поверхности изделий механизированным инструментом;
- отсутствуют дефекты и пороки, характерные для аналогичных строительных изделий из древесины (сучки, косослой, гниль и др.);
- высокие физико-механические и эксплуатационные качества, стойкость к загниванию, низкие показатели набухания при действии воды и влаги, не требуют естественной или искусственной сушки, плохо горят, гигиеничны, могут иметь любую длину, хорошо удерживают гвозди и шурупы, допускают обработку (сверление, пиление и др.) традиционным механизированным инструментом;
- не являются токсичными, полностью безопасны для окружающей среды;
- позволяют утилизировать отходы полимеров;
- при использовании формующих шаблонов и нагреве готовых изделий до определенной температуры могут принимать любую геометрическую форму и сохранять ее при последующем охлаждении, что представляет интерес при решении некоторых архитектурно-строительных задач [1].

В таблице приведена сравнительная характеристика физико-механических свойств ТДПК и ДСП (таблица) [1; 6].

Как следует из сравнения физико-механических свойств, ТДПК характеризуется более высоким качеством, чем ДСП на основе формальдегида.

ВЫВОДЫ

В результате анализа литературных данных установлены требования к составу разрабатываемых термореактивных древесно-полимерных композитов с использованием древесных отходов и вторичных полимеров:

- суммарное количество древесных (целлюлозных) компонентов в составе композита должно находиться в пределах 49...95 % по объему, термопластичных полимеров – 15...50 %;

Таблица – Сравнение физико-механических свойств ТДПК и ДСП

Показатель	Ед. измер.	Величина для:	
		ТДПК	ДСП ГОСТ 10632
Связующее вещество		PE, PS, PVC	Формальдегид
Плотность,	кг/м ³	1 000–1 100	550–820
Предел прочности:			
– при изгибе	МПа	22–25	7–14
– при растяжении	«	10–12	3,5
Набухание по толщине за 24 ч	%	3–5	20–30
Водопоглощение за 24 ч	«	до 12	15–50

– в качестве наполнителя (заполнителя) следует применять древесные отходы фракций 0,05...0,50 и 0,5...8,0 мм в соотношении от 1:1 до 1:100;

– для повышения прочности при изгибе и динамической прочности вместо фракции 0,5...8,0 мм или ее части целесообразно использовать растительные волокна длиной 1...20 мм, предпочтительно – 3...7 мм;

– в качестве вторичных термореактивных полимеров следует применять полиэтилен в количестве 10...30 %, поливинилхлорид – 45...55 %, полипропилен – 15...35 % по объему или их смеси;

– для улучшения эксплуатационных свойств разрабатываемых композитов и технологичности формовочных смесей следует вводить добавки в суммарном количестве 1...5 % по объему: связующие (повышающие сцепление полимера и древесины), антипирены, антифунгинальные, термо- и свето-стабилизирующие красители;

– в качестве добавок, повышающих сцепление полимера с древесиной, следует применять малеинированные полиолефины – полиэтилен или полипропилен с привитыми на основные цепи функциональными группами малеиновых ангидридов;

– в качестве антипиренов следует применять: для полиэтилена – оксид сурьмы в сочетании с легкоплавкими хлорированными парафинами или галогенсодержащими циклоалифатическими соединениями; для полистирола – алифатические, циклоалифатические и ароматические галогенсодержащие соединения в сочетании с оксидом сурьмы; для эластичного поливинилхлорида – оксид сурьмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст] : учебно-справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Р.-на-Д. : Феникс, 2007. – 368 с.
2. Патент № 2081135 РФ, МПК, C08 L97/02. Экологически чистая древесно-наполненная пластмасса и способ ее получения [Текст] / О. Н. Быкова, Т. Д. Жданова, О. А. Коршун [и др.] ; патентообладатель Акционерное общество закрытого типа – Международный научно-технологический центр супернаполненных материалов «Поликомэтт», Акционерное общество закрытого типа «Институт материаловедения и эффективных технологий». – № 95111069/04; заяв. 1995-07-12 ; опубл. 1997-06-10. – 20 с.
3. Патент № 2133255; МПК, C08 L97/02. Способ получения экологически чистой древесно-наполненной пластмассы [Текст] / М. Я. Бикбау, О. А. Коршун, Л. Л. Семенов, А. А. Ежов ; патентообладатель Открытое акционерное общество Московский институт материаловедения и эффективных технологий. – № 97117225/04 ; заяв. 1997-10-17 ; опубл. 1999-0-20. – 7 с.
4. Энциклопедия полимеров [Текст] : в 3 т. : т. 1 / Под ред. В. А. Каргина (гл. ред.) [и др.]. – М. : Советская Энциклопедия, 1972. – 1224 с.
5. Наполнители для полимерных композиционных материалов [Текст] : справочное пособие / Пер. с англ. под ред. П. Г. Бабаевского. – М. : Химия, 1981. – 736 с.
6. ГОСТ 10632-2007 Плиты древесно-стружечные. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 10632-89 ; введ. 2009-01-01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 12 с.

Получена 04.12.2019

В. В. ЮРЧЕНКО

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА
ОСНОВІ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ І ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ПОЛІМЕРІВ
ДОО ВПО «Донецький інститут залізничного транспорту»

Анотація. У даній статті виконано літературний аналіз досліджень і публікацій про композиційні матеріали з використанням відходів деревини та термопластичних полімерів, сформульовані проблеми переробки деревних матеріалів, цілі та методи дослідження, розглянуті основні компоненти термопластичних деревно-полімерних композитів, таких як частинки здрібненою деревини; термопластичного полімеру; комплекс спеціальних модифікуючих добавок. Проаналізовано та запропоновано основні методи вирішення проблеми суміщення економічних, технологічних і екологічних вимог до в'язучих. Встановлено вимоги до складу розроблюваних термореактивних деревно-полімерних композитів, а також до деревних наповнювачів у вигляді суміші різної фракції, вторинних термопластичних полімерів, модифікуючих добавок – в'язучих, таких як антипірени, стабілізатори, органосилани та інші компоненти.

Ключові слова: деревні відходи, вторинний полімер, композиційний матеріал.

VITALIY YURCHENKO

EXPEDIENCY OF PRODUCTION OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON
WASTE OF WOOD AND THERMOPLASTIC POLYMERS

State Educational Institution Higher Vocational Education «Donetsk Railway Transport Institute»

Abstract. This article provides a literature analysis of studies and publications on composite materials using wood wastes and thermoplastic polymers, formulates problems of processing wood materials, goals and research methods, considers the main components of thermoplastic wood-polymer composites, such as particles of crushed wood; thermoplastic polymer; a complex of special modifying additives. The main methods for solving the problem of combining economic, technological and environmental requirements for binders are analyzed and proposed. The requirements are established for the composition of the developed thermosetting wood-polymer composites, as well as for wood fillers in the form of a mixture of different fractions, secondary thermoplastic polymers, modifying additives – binders, such as flame retardants, stabilizers, organosilanes and other components.

Key words: wood waste, secondary polymer material, composite material.

Юрченко Віталій Вікторович – старший преподаватель кафедры строительства и эксплуатации путей и сооружений ГОУ ВПО «Донецкий институт железнодорожного транспорта». Научные интересы: строительство дорог, композиционные материалы на основе древесины и термопластичных полимеров.

Юрченко Віталій Вікторович – старший викладач кафедри будівництва і експлуатації колій та споруд ДОО ВПО «Донецький інститут залізничного транспорту». Наукові інтереси: будівництво доріг, композиційні матеріали на основі деревини та термопластичних полімерів.

Yurchenko Vitaliy – Senior Lecturer, Construction and Maintenance of Roads and Structures Department, State Educational Institution Higher Vocational Education «Donetsk Railway Transport Institute». Scientific interests: civil engineering of highways, composite materials based on wood and thermoplastic polymers.

УДК 625.756

К. Р. ГУБА

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАРОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

Аннотация. Неполное финансирование дорожной отрасли приводит к поиску возможностей использования вторичных материалов и отходов, которые образуются при ремонте дорожных одежд и покрытий автомобильных дорог. Использование данных материалов позволит экономить новый дорогой строительный материал, а также позволяет утилизировать отходы при проведении ремонтных работ. Ежегодно при ремонте дорог снимаются миллионы тонн старого асфальтобетона. В статье показана целесообразность использования асфальтобетонного гранулята в качестве основного материала при приготовлении новых смесей и выполнении ремонтных работ дорожного покрытия внутригородских автомобильных дорог. Транспортно-эксплуатационные свойства покрытий, отремонтированные с использованием старого фрезерованного асфальтобетона, свидетельствуют о соответствии их нормативным требованиям.

Ключевые слова: асфальтобетон, фрезерование, гранулометрический состав, асфальтобетонный гранулят.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Увеличение объемов ремонтных работ требует существенного снижения их материалоемкости за счет совершенствования ресурсосберегающих технологий, которые должны предусматривать переработку и повторное использование старого асфальтобетона.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установить возможность использования старого асфальтобетона для текущего ремонта и устройства нижних конструктивных слоев нежестких дорожных одежд.

ОСНОВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Асфальтобетонные покрытия в течение всего своего срока службы должны обеспечивать нормативные транспортно-эксплуатационные свойства. При работе дорожных покрытий в условиях постоянно увеличивающихся нагрузок происходит износ и старение всех материалов, что приводит к накоплению и увеличению деформаций, дефектов и разрушений дорожных одежд и покрытий автомобильных дорог.

Известно, что асфальтобетон даже по истечении расчетного срока службы сохраняет свойства к восстановлению до 80...90 % полезной массы. Результаты многочисленных исследований показывают, что при переработке старого асфальтобетона и его повторном использовании содержащиеся в нем минеральные составляющие, сохранившие на своей поверхности пленку асфальтобязующего вещества, обнаруживают свойства, которые характерны для активированных материалов [1–5]. Так, при переработке 1 000 тонн старого асфальтобетона можно сэкономить до 900 тонн минеральных материалов (щебня, песка, минерального порошка) и около 70 тонн битума, что ведет к значительному экономическому эффекту [1–3].

За рубежом также большое внимание уделяют технологиям, которые основаны на переработке старого асфальтобетона. Это позволяет снизить себестоимость работ и существенно экономить на новых материалах (рис. 1).

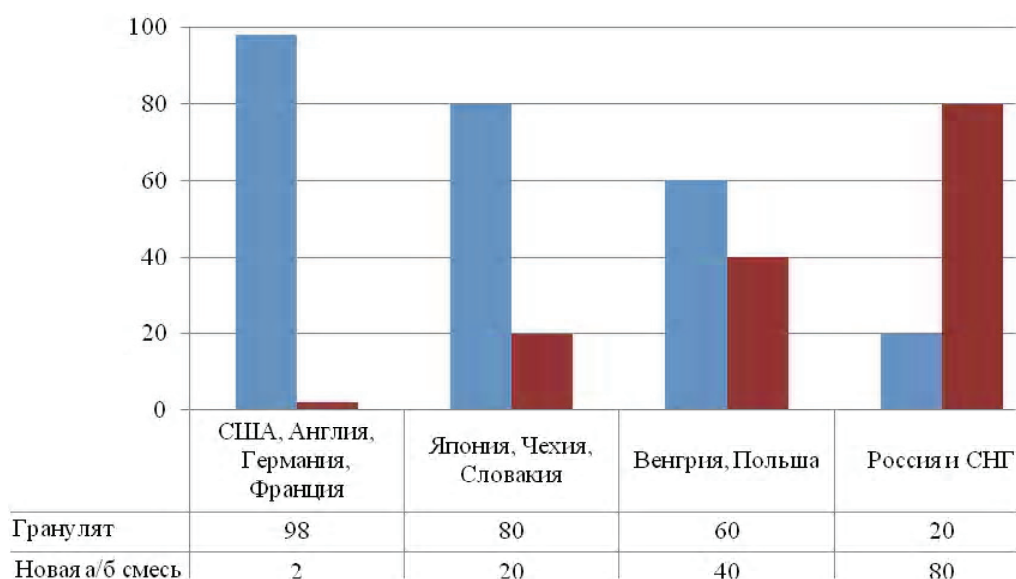


Рисунок 1 – Использование старого асфальтобетона в разных странах.

В настоящее время старый асфальтобетон в достаточном количестве используется в качестве сырья при строительстве сельских дорог, строительстве, реконструкции или ремонте городских автомобильных дорог. Использование старого асфальтобетона в составе новой асфальтобетонной смеси на территории России и стран бывшего СНГ составляет всего 10...20 %, а в других странах мира составляет почти 100 % [1, 3, 5].

Исследования в области повторного использования дорожных строительных материалов показывают, что материал старого дорожного покрытия можно восстановить. Материал, который отработал свой нормативный срок, можно разными способами регенерировать и повторно использовать, это подтверждено в работах Г. К. Сюньи, Г. С. Бахраха и других исследователей [4–6].

В настоящее время в зависимости от поврежденной площади повреждения покрытия назначают различные способы регенерации асфальтобетона [3, 7–9]:

- выравнивание при нагревании асфальтобетонного покрытия со срезкой неровностей, засыпкой выбоин смесью, планировкой и уплотнением взрыхленного слоя катками;
- выравнивание при нагревании асфальтобетонного покрытия с добавлением новой смеси.

Дробление минеральных частиц приводит к изменению их гранулометрического состава. В работах Г. С. Бахраха, Т. К. Сюньи, Л. Б. Гезенцева и других исследователей установлено, что гранулометрический состав фрезерованного асфальтобетона зависит от прочности щебня и скорости фрезерования [3, 4, 6–9]. При этом битум, который содержится в старом асфальтобетоне, своих свойств не меняет.

В исследованиях Г. С. Ходакова [10] показано, что совместное измельчение минеральных частиц с битумом или другими активными материалами повышает качество асфальтобетона, приготовленного на их основе; происходит значительное повышение прочности, тепло- и водостойкости; одновременно с этим происходит снижение на 10...20 % расхода битума. Повышение показателя морозостойкости асфальтобетона имеет большое значение. Этому процессу способствует высокая адгезия битума к поверхности минеральных зерен, снижение количества слабых зерен и создание максимально однородной структуры асфальтобетона, что характеризуется максимальной плотностью и большим количеством замкнутых пор.

Важным этапом, предшествующим переработке асфальтобетона, является порядок проектирования состава регенерированной смеси [2, 7, 9, 10]:

- определение зернового состава минеральных материалов, содержание и свойства вяжущего в старом асфальтобетоне;
- определение зернового состава новых материалов и свойств нового вяжущего;
- расчет состава минеральной части регенерированной смеси и определение оптимального количества старого асфальтобетона;
- определение количества нового битума в составе регенерированной смеси;
- определение требуемой вязкости нового битума и количества полимера;
- определение состава регенерированной смеси, приготовление и испытание контрольных образцов регенерированного асфальтобетона;
- уточнение состава регенерированной смеси по результатам испытаний контрольных образцов.

Для проведения лабораторных испытаний асфальтобетонного гранулята принята смесь, полученная способом холодного фрезерования слоев покрытий внутригородских автомобильных дорог г. Горловки. Для холодного фрезерования была использована фреза Wirtgen W50.

На гранулометрический состав фрезерованного асфальтобетона влияет:

- тип асфальтобетона;
- срок службы покрытия;
- скорость фрезерования.

Отбор проб проводили из верхнего слоя покрытия (асфальтобетон типа Б) со сроком службы 6–10 лет и рабочей скоростью фрезы 15 м/мин. Внешний вид полученного асфальтобетонного гранулята приведен на рисунке 2. В таблице 1 приведен его гранулометрический состав [7, 8].



Рисунок 2 – Асфальтобетонный гранулят из автомобильных дорог г. Горловки.

Таблица 1 – Зерновой состав асфальтобетонного гранулята из внутригородских автомобильных дорог г. Горловки

Наименование	Остатки на ситах, %									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
	Непрерывный зерновой состав									
Асфальтобетонный гранулят	100	97,51	95,91	84,54	64,87	37,71	22,61	14,71	5,03	1,17

В лабораторных условиях асфальтобетонный гранулят проверяют, определяя следующие показатели [9]:

- средний зерновой состав минеральной части;
- среднее содержание битума.

Для определения среднего зернового состава минеральной части и содержания битума могут быть применены следующие методы:

- экстрагирование вяжущего – определяют содержание вяжущего экстрагированием его из смеси в приборах-экстракторах с помощью растворителей (хлороформ, спиртхлороформ (20 % спирта, 80 % хлороформа), спиртбензол (20 % спирта, 80 % бензола), четыреххлористый углерод, трихлорэтилен и др.);
- выжигание вяжущего – помещают асфальтобетонную смесь в муфельную печь с температурой нагрева до 500 °С на 1,5 ч. После чего охлаждают и взвешивают. Затем операцию повторяют до получения значений с постоянной массой;

– отмывка вяжущего растворителем – заключается в применении растворителей (керосин, бензин и т. п.) для растворения вяжущего в смеси.

Для определения среднего зернового состава минеральной части и содержания битума был применен метод отмывки вяжущего растворителем. Для данных лабораторных испытаний использовали следующие приборы: мерный цилиндр, песчаная баня, кристаллизатор.

Содержание вяжущего в смеси определяли по формуле (1):

$$g_{\delta} = \frac{V_1 \cdot \rho_{\delta} \cdot (G - G_1)}{V_2 \cdot \rho_{\delta} \cdot (G - G_1)}, \quad (1)$$

где V_1 – объем применяемого растворителя, который израсходован на извлечение вяжущего из смеси, см;

g_{δ} – истинная плотность вяжущего (принимается – 1,0 г/см³);

G – масса фарфоровой чашки с вяжущим после выпаривания растворителя, г;

G_1 – масса фарфоровой чашки, г;

V_2 – объем раствора вяжущего, отобранного пипеткой, см.

Массовую долю битума определяли по формуле (2):

$$q_n = \frac{g_n}{g - g_{\delta}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где g_n – содержание зерен данной фракции, г;

g – масса навески смеси, г;

g_{δ} – содержание вяжущего в смеси, г.

Количество частиц мельче 0,071 мм определяли по формуле (3):

$$g_{0,071} = g - (G + g_{\delta}). \quad (3)$$

где g – масса навески смеси, г;

G – масса фарфоровой чашки с вяжущим после выпаривания растворителя, г;

g_{δ} – содержание вяжущего в смеси, г.

Массовую долю частиц мельче 0,071 мм в минеральной части смеси определяли по формуле (4):

$$g_{0,071}^1 = \frac{g - (G + g_{\delta})}{g - g_{\delta}} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где G – сумма всех фракций крупнее 0,071 мм, г;

g_{δ} – масса битума в навеске смеси, г.

Полученные результаты лабораторных исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Гранулометрический состав асфальтобетонного гранулята

№ проб	Остатки на ситах, %										Количество битума
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071	
	Непрерывный зерновой состав										
1	100	98,68	97,51	85,01	65,51	40,01	24,51	15,34	5,67	1,67	5,71
2	100	98,66	97,33	84,66	64,83	37,83	23,16	14,83	5,0	1,17	5,23
3	100	98,17	96,67	85,84	65,67	37,5	21,17	13,67	4,67	1,0	5,87
4	100	95,03	93,03	82,53	62,86	36,03	22,03	14,86	4,66	0,83	5,12
5	100	97,0	95,0	84,67	65,5	37,17	22,17	14,84	5,17	1,17	5,34

Погрешность полученных результатов не должна превышать:

– для битума – 0,2 %;

– для зерен мельче 0,071 мм – 0,3 %;

– для зерен крупнее 0,071 мм (от массы каждого компонента) – 1,0 %.

ВЫВОД

Анализ нормативной и технической литературы показал, что использование старого асфальтобетона является актуальной темой. Регенерация старого асфальтобетона позволяет использовать весь снятый с дороги асфальтобетон. Выполненные лабораторные испытания фрезерованного асфальтобетона показывают его соответствие по гранулометрическому составу асфальтобетонной смеси типа Б. Асфальтобетонный гранулят можно использовать для приготовления новых более дешевых смесей, при этом качество новой смеси соответствует нормативным требованиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надыкто, Г. И. Дорожный асфальтобетон [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Надыкто, В. С. Прокопец. – Омск : Изд. СибАДИ. 2009. – 154 с.
2. Губа, В. В. Асфальтобетонный гранулят, как современный материал для повышения срока службы дорожных покрытий [Текст] / В. В. Губа, И. В. Шилин, К. Р. Губа // Повышение качества и долговечности дорожных конструкций : международная научно-практическая конференция (25–26 мая 2018 г., Ростов-на-Дону). – Ростов-на-Дону : ДГТУ. – 2018. – С. 99–103.
3. Бахрах, Г. С. Регенерация покрытий и дорожных одежд нежесткого типа [Текст] / Г. С. Бахрах // Наука и техника в дор. отрасли. – 1998. – № 3. – С. 38–44.
4. Сюньи, Г. К. Регенерированный дорожный асфальтобетон [Текст] / под ред. проф. Г. К. Сюньи. – Москва : Транспорт, 1984. – 118 с.
5. Филатов, С. Ф. Восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга [Текст] : учебное пособие / С. Ф. Филатов. – Омск : Изд-во СибАДИ. 2009. – 72 с.
6. Дорожный асфальтобетон [Текст] / Л. Б. Гезенцвей, Н. В. Горелышев, А. М. Богуславский, И. В. Королев. – М. : Транспорт. 1985. – 350 с.
7. СТО НОСТРОЙ 2.25.159-2014. Автомобильные дороги. Холодная регенерация конструктивных слоев для устройства оснований дорожных одежд [Текст]. – Введ. 2014-12-11. – М.: СОЮЗДОПСТРОЙ. 2016. – 30 с.
8. Губа, В. В. Физико-механические свойства фрезерованного асфальтового гранулята [Текст] / В. В. Губа, Губа К. Р. // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса : межвузовский сборник научных статей (с международным участием) ; отв. ред. О. М. Батищева. – Самара : СГТУ. – 2019. – С. 45–51.
9. ГОСТ Р 55052-2012. Гранулят старого асфальтобетона. Технические условия [Текст]. – Введ. 2013-07-01. – М. : Национальный стандарт российской федерации, 2012. – 11 с.
10. Ходаков, Г. С. Тонкое измельчение строительных материалов [Текст] / Г. С. Ходаков. – М. : Стройиздат, 1972. – 238 с.

Получена 05.12.2019

К. Р. ГУБА

ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ СТАРОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ ДОНЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Анотація. Неповне фінансування дорожньої галузі призводить до пошуку нових можливостей використання вторинних матеріалів і відходів, які утворюються при ремонті дорожніх одягів та покриттів автомобільних доріг. Використання даних матеріалів дозволить зекономити новий дорогий будівельний матеріал, а також вирішить проблему утилізації відходів при проведенні ремонтних робіт. Щорічно при ремонті доріг знімаються мільйони тонн старого асфальтобетону. Дослідження показали доцільність його використання як основного матеріалу при приготуванні нових сумішей і виконанні ремонтних робіт дорожнього покриття автомобільних доріг і міських вулиць. Транспортно-експлуатаційні властивості покриттів, які відремонтовані з використанням старого фрезерованого асфальтобетону, показують відповідність нормативним вимогам.

Ключові слова: асфальтобетон, фрезерування, гранулометричний склад, асфальтобетонний гранулят.

KONSTANTIN GUBA

ABOUT EXPEDIENCY OF REUSE OF OLD ASPHALT CONCRETE Donetsk National Technical University

Abstract. Incomplete financing of the road industry leads to the search for new opportunities for the use of secondary materials and waste that are formed during the repair of road clothing and road surfaces. The

use of these materials will save new expensive building material, as well as solve the problem of waste disposal during repairs. Every year, a million tons of old asphalt concrete are removed when repairing roads. Studies have shown the possibility of its use as a basic material in the preparation of new mixtures and repair work of the road surface of roads and city streets. Transport and operational properties of coatings repaired with the use of old milled asphalt concrete show compliance with regulatory requirements.

Key words: asphalt concrete, milling, granulometric composition, asphalt granulate.

Губа Константин Романович – ассистент кафедры общинженерных дисциплин ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет». Научные интересы: использование старого асфальтобетона для приготовления новых смесей; возможность модифицирования вяжущего.

Губа Костянтин Романович – асистент кафедри загальноінженерних дисциплін ДОУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: використання старого асфальтобетону для приготування нових сумішей; можливість модифікування в'язучого.

Guba Konstantin – assistant; General Engineering Disciplines Department, Donetsk National Technical University. Scientific interests: the use of old asphalt concrete for the preparation of new mixtures; the possibility of modifying the binder.

УДК 666.972.1.022

Н. М. ЗАЙЧЕНКО, С. В. ЛАХТАРИНА, Н. В. ГАВРИЛЬЧЕНКО, Я. С. ИСАЕВА
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДОНБАССА

Аннотация. Выполнена оптимизация состава мелкозернистого бетона с органо-минеральным модификатором (ОММ) на основе агломерированного микрокремнезема мокрой газоочистки Стахановского завода ферросплавов с отсевом дробления известняка Докучаевского флюсоподобного комбината, а также с суперпластификатором С-3 на основе сульфированных нафталин-формальдегидных поликонденсатов при помощи полного трехфакторного эксперимента с уровнями варьирования $-1, 0, +1$ по критериям: удобоукладываемость бетонной смеси и предел прочности при сжатии бетона в проектном возрасте. Разработаны составы мелкозернистого бетона с применением отходов промышленности Донбасса, характеризующиеся пределом прочности при сжатии в проектном возрасте не менее 30 МПа.

Ключевые слова: подвижность, отсев дробления известняка, органо-минеральный модификатор, суперпластификатор.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время для изготовления ряда конструкций и изделий в жилищном, промышленном, сельскохозяйственном, дорожном и гидротехническом строительстве все более широкое применение находят мелкозернистые бетоны. Преимуществами мелкозернистого бетона являются однородная структура без крупных включений и высокая технологичность смесей, способствующая формированию конструкций и изделий различными способами [1]. Мелкозернистый бетон характеризуется более высокими значениями водонепроницаемости, морозостойкости и предела прочности при изгибе. Разработанные в настоящее время высокопрочные мелкозернистые бетоны отличаются значительным расходом цемента, более 600 кг/м^3 , а также высоким содержанием микрокремнезема, более 150 кг/м^3 , что в итоге приводит к значительному повышению его себестоимости [2].

Значительный экономический эффект при строительстве может быть получен при использовании в составах бетонов техногенного сырья, в частности отходов камнедробления, а также комплекса минеральных и химических добавок с целью повышения строительно-технических свойств и долговечности бетона [3]. Использование местных песков или мелкодисперсных отходов нерудной промышленности вместо крупного заполнителя позволяет снизить стоимость бетонных и железобетонных конструкций, сократить загрузку транспорта. Производство изделий из мелкозернистых бетонных смесей осуществляется как по традиционной технологии, так и из жестких смесей на автоматизированных виброформовочных установках.

Известно, что расход цемента в мелкозернистых бетонах на 20...30 % выше, чем в бетонах с крупным заполнителем. В то же время, имеются различные технологические приемы, позволяющие снижать расход цемента. В частности, введение в мелкозернистый бетон добавок суперпластификаторов и комплексных добавок приводит не только к существенному сокращению расхода цемента, но и к улучшению реологических свойств бетонной смеси, а также строительно-технических свойств мелкозернистых бетонов (к улучшению удобоукладываемости, повышению плотности, прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, снижению усадки и пр.) [4].

Сырьевая база мелких природных заполнителей бетона ограничена, и ее объем будет уменьшаться по мере выработки месторождений кондиционных песков, поэтому рядом исследователей предлагается использование песков из отсева дробления щебня [6].

© Н. М. Зайченко, С. В. Лахтарина, Н. В. Гаврильченко, Я. С. Исаева, 2020

Пески из отсевов дробления применяются достаточно широко для строительства автомобильных дорог в России, США, Германии, для строительства гидротехнических сооружений, таких как плотины Saguling (Индонезия), Jebha (Нигерия), GrandMaison (Франция), Vueltoza (Венесуэла) и др. [7–8].

В отечественной и зарубежной практике широко исследованы вопросы утилизации таких техногенных отходов, как золы, шлаки, отработанные формовочные смеси литейного производства, микрокремнезем и другие. Однако применение местного сырья из отходов добычи и обработки камня для производства цементобетонных смесей сдерживается в связи с отсутствием научнообоснованных зависимостей и рекомендаций.

Донбасс обладает значительными запасами полезных ископаемых осадочного происхождения. Однако по ряду технико-экономических причин освоение этих месторождений не производится. В условиях сложившихся экономических отношений рынок строительных материалов нуждается в конкурентоспособной продукции относительно низкой стоимости. Такая продукция может быть получена на основе техногенного сырья различных отраслей промышленности. К указанному сырью и относятся отсева дробления, образующиеся ежегодно на предприятиях по производству щебня [9].

В частности на территории Старобешевского района в отвалах дробильно-обогажительных фабрик (ДОФ) Докучаевского флюсодоломитного комбината и Комсомольского рудоуправления находится более 143 млн м³ (80 млн т) отходов переработки флюсовых известняков. При традиционной технологии переработки флюсовых известняков отходами текущего производства становится фракция крупностью 0...40 мм из загрязненного известнякового щебня с частицами глины [11]. Проблема использования отходов предприятий горнодобывающей отрасли актуальна и в мировом масштабе. Так, согласно данным Администрации федеральных дорог Департамента транспорта США (FHWA) ежегодно в США образуется около 175 млн т отходов дробления горных пород предприятий горнорудной отрасли, а суммарные накопления отсевов и шламов составляют около 4 млрд т [12]. Известно, что в отвалах горных предприятий Донбасса накопилось свыше 7 млрд т пород, представляющих собой техногенные месторождения [10].

Отсевы дробления, полученные в процессе переработки плотных горных пород, представляют собой мелкодисперсный материал. Ввиду низкой стоимости известняковый отсев нашел широкое применение в строительстве. Он с успехом используется при производстве прессованных стеновых изделий, таких как кирпич, блоки; фигурные элементы мощения, других железобетонных изделий, асфальтобетона, при производстве керамических изделий. По своим свойствам он менее прочен, чем гранитный отсев. Однако это экологически чистый и безвредный для человека материал, применяющийся в строительстве [13–14].

Основным препятствием для использования отсевов переработки горных пород в технологии цементных бетонов является повышенное содержание в их составе пылевидных частиц (менее 0,16 мм), достигающее 18...25 % [2, 14].

В то же время рядом исследователей установлено положительное влияние тонкодисперсных минеральных наполнителей разнообразной природы на физико-механические свойства цементного камня. Сформулированы теоретические основы влияния микронаполнителей на цементную матрицу. Основными физико-химическими процессами при этом являются: появление дополнительных центров кристаллизации; повышение поверхностной энергии мелкодисперсных частиц и реализация этой энергии в реакциях гидратации; более полная кристаллизация цементного вяжущего [8, 15].

Однако при этом отмечено, что тонкодисперсные наполнители повышают водопотребность паст, содержащих цемент и тонкодисперсные минеральные наполнители [15–16].

Следует отметить, что в последние годы в составы бетонов все чаще вводятся различные модификаторы, в т.ч. химические добавки. Введение химических добавок в мелкозернистые бетоны приводит к модифицированию их структуры, изменению величины и характера пористости, к сокращению расхода цемента либо к повышению прочности и комплекса физико-механических и эксплуатационных свойств, что приобретает особое значение при использовании различных заполнителей [17].

Целью работы является разработка оптимальных составов бетона с органо-минеральным модификатором (ОММ) на основе агломерированного микрокремнезема мокрой газоочистки с отсевом дробления известняка Докучаевского флюсодоломитного комбината, а также с суперпластификатором С-3 на основе сульфированных нафталинформальдегидных поликонденсатов по критерию предела прочности при сжатии бетонов не менее 30 МПа.

В качестве вяжущего применили портландцемент ЦЕМ I 42,5 Амвросиевского цементного завода Филиал № 1 ООО «ПИК ЦЕМЕНТ+» (активность R_c 48,6 МПа), удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10178.

Органо-минеральный модификатор (ОММ). В экспериментальном исследовании производили замену части вяжущего на ОММ в количестве 7,5, 10, 12, 5%.

В его состав входит совместный помол микрокремнезема (МК) агрегированного из шламонакопителей Стахановского завода ферросплавов, (сильнослипающийся порошок), отсева дробления известняка (ОДИ) Докучаевского флюсодоломитного комбината и сухого суперпластификатора (СП) С-3.

Доля микрокремнезема в составе ОММ составляет 50 %;

отсева дробления известняка – 50 %;

суперпластификатора С-3 – 0,5 %.

Совместный помол микрокремнезема и отсева дробления сопровождается заметным агломерирующим эффектом, поэтому вводится 0,5 % суперпластификатора С-3, который является интенсификатором помола.

В качестве *заполнителей* в соответствии с предложенной темой используется промышленный отход Донбасса, в частности отсев дробления известняка Докучаевского флюсодоломитного комбината – с модулем крупности $M_k = 2,48$ согласно ГОСТ 31424. Содержание пылевидных и глинистых частиц в отсеке не превышает 10 % по массе. Отсев применяется как соотношение мелкого заполнителя – песка и крупного (условно щебня) в пропорции песок/щебень (далее П/Щ) 65/35, 70/30, 75/25 % для приготовления мелкозернистого бетона.

Химические добавки. Для обеспечения повышения подвижности бетонной смеси в качестве химической добавки был использован суперпластификатор С-3 (СП С-3) в количестве 0,8; 1,0; 1,2 % по отношению к массе цемента.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Оптимизация состава бетона с органо-минеральным модификатором (ОММ) на основе агломерированного микрокремнезема мокрой газоочистки с отсеком дробления известняка Докучаевского флюсодоломитного комбината, а также с суперпластификатором С-3 на основе сульфированных-нафталинформальдегидных поликонденсатов выполнена с использованием полного трехфакторного эксперимента с уровнями варьирования $-1, 0, +1$. Параметры оптимизации и значение факторов варьирования приведены соответственно в табл. 1 и 2. Регрессионный анализ математических моделей, построение поверхностей функции отклика осуществлено на ПЭВМ с использованием программы «MatchCAD».

Таблица 1 – Параметры оптимизации состава легкого бетона и их граничные значения

Код параметра оптимизации	Физический смысл параметра оптимизации	Единица измерения	Граничное значение функции отклика
Y_1	Предел прочности при сжатии образцов бетона в возрасте 28 суток нормального твердения	МПа	Не менее 30
Y_2	Подвижность бетонной смеси	см	Не менее 1 (П1)

Таблица 2 – Значение факторов варьирования

Код фактора	Физический смысл фактора	Единица измерения	Интервал варьирования	Уровни фактора		
				-1	0	+1
X_1	Содержание добавки суперпластификатора (% от массы вяжущего)	%	0,2	0,8	1,0	1,2
X_2	Содержание ОММ	%	2,5	7,5	10	12,5
X_3	Доля песка в отсеке дробления известняка	%	5	65	70	75

Уравнения регрессии аппроксимированы полиномами первой степени:

$$Y_1 = 35,72 - 1,31x_1 + 3,24x_2 + 3,79x_3 - 0,75x_1x_2 + 0,71x_1x_3, \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,78 + 0,18x_1 - 0,12x_2 - 0,22x_3 - 0,11x_1x_3, \quad (2)$$

Формулы перехода от кодированных значений к натуральным:

$$x_1 = \frac{x_1 - 0,8}{0,2}, \quad x_2 = \frac{x_2 - 10}{2,5}, \quad x_3 = \frac{x_3 - 70}{5}. \quad (3-5)$$

Графическая интерпретация уравнений регрессии (1) и (2), характеризующих соответственно изменение предела прочности бетона при сжатии, МПа, и подвижности бетонной смеси, см, от действующих факторов (X_1 , X_2 , X_3), представлена на рисунке.

Таблица 3 – Матрица планирования и результаты эксперимента

№	Кодированное значение факторов			Натуральное значение факторов			Расход компонентов, кг					Y_1 МПа	Y_2 см
	X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3	Π	ОММ	ОДИ (Ш)	ОДИ (П)	СП		
1	+1	+1	+1	1,2	12,5	75	447	64	404	1 213	5,8	37,02	0,7
2	+1	+1	-1	1,2	12,5	65	447	64	566	1 051	5,8	36,80	1,2
3	+1	-1	+1	1,2	7,5	75	473	39	404	1 213	5,9	33,05	0,6
4	+1	-1	-1	1,2	7,5	65	473	39	566	1 051	5,9	30,87	1,4
5	-1	+1	+1	0,8	12,5	75	447	64	404	1 213	3,8	40,20	0,4
6	-1	+1	-1	0,8	12,5	65	447	64	566	1 051	3,8	41,87	0,8
7	-1	-1	+1	0,8	7,5	75	473	39	404	1 213	3,8	32,53	0,6
8	-1	-1	-1	0,8	7,5	65	473	39	566	1 051	3,8	33,57	0,7
9	0	0	0	1	10	70	460	51	485	1 132	4,9	37,13	1,1
К	-	-	0	-	-	70	511	-	485	1 132	-	29,62	0,5

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ВЫВОДЫ

Разработаны оптимальные составы мелкозернистых бетонов, обеспечивающие получение бетонных смесей с показателем удобоукладываемости не менее 1 см (П1) и бетона с пределом прочности при сжатии в проектном возрасте не менее 30 МПа.

Установлено, что на показатель прочности бетона наибольшее влияние оказывают факторы X_2 и X_3 . Увеличение расхода органо-минерального модификатора как частичной замены портландцемента с повышением доли мелкого заполнителя в составе отсева дробления известняка существенно повышает предел прочности при сжатии бетона на 9 и 11 % соответственно. Это, вероятнее всего, объясняется более высокой степенью гидратации цементного камня и образованием низкоосновных гидросиликатов кальция типа С-S-H за счет высокой пуццолановой активности микрокремнезема в составе ОММ, а также уменьшения межзерновой пустотности зерен заполнителя за счет увеличения доли песка.

С другой стороны, увеличение содержания органо-минерального модификатора, как частичной замены портландцемента с одновременным повышением доли мелкого заполнителя в составе отсева дробления известняка приводит к снижению показателей удобоукладываемости на 15 и 28 % соответственно. Это, вероятно, связано с увеличением удельной поверхности твердой фазы.

Наибольшее положительное влияние на показатель удобоукладываемости бетонной смеси в количестве 23 % оказывает содержание в составе суперпластификатора С-3. В то же время увеличение расхода суперпластификатора приводит к уменьшению значений предела прочности бетона при сжатии на 4 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкциях [Текст] / С. С. Каприелов, В. И. Травуш, Н. И. Карпенко, А. В. Шейнфилд [и др.] // Строительные материалы. – 2008. – № 3. – С. 9–13.

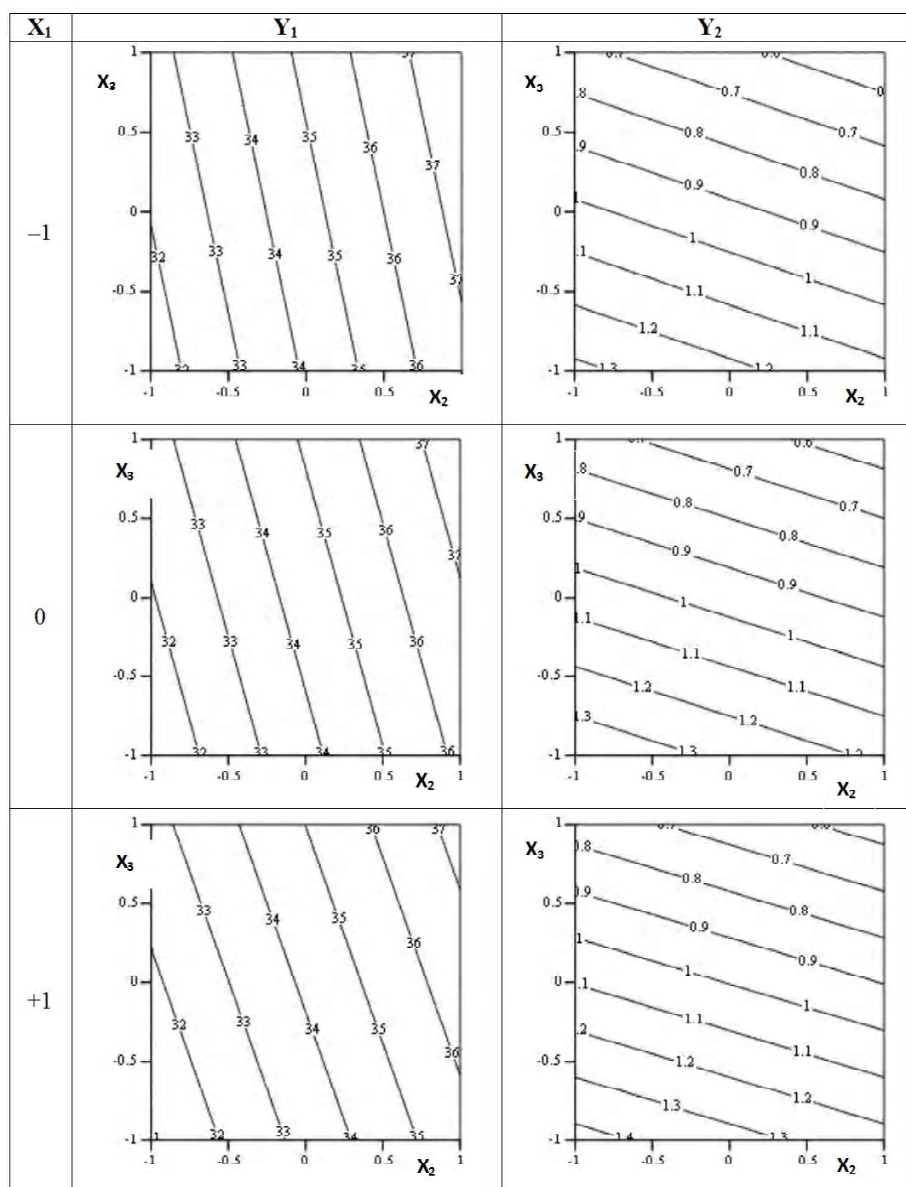


Рисунок – Графическая интерпретация уравнений регрессии (1) и (2), характеризующих соответственно изменение предела прочности бетона при сжатии, МПа, и подвижности бетонной смеси, см, от действующих факторов (X_1 , X_2 , X_3).

- Львович, К. И. Песчаный бетон и его применение в строительстве [Текст] / К. И. Львович. – СПб.: Стройбетон, 2007. – 320 с.
- Использование отходов переработки горных пород при производстве нерудных строительных материалов [Текст] / О. Е. Харо, Н. С. Левкова, М. И. Лопатников, Т. А. Горностаева // Строительные материалы. – 2003. – № 9. – С. 18–19.
- Гусенков, А. С. Модифицированные мелкозернистые бетоны на основе отсеков дробления известняка [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / Гусенков Александр Сергеевич. – Москва, 2006. – 25 с.
- Туркина, И. А. Бетоны на отходах производства [Текст] / И. А. Туркина // Технологии бетонов. – 2013. – № 8(85). – С. 42–44.
- Левкова, Н. С. Повышение эффективности комплексного использования сырья за счет отсеков дробления щебня из изверженных пород [Текст] / Н. С. Левкова, Т. А. Горностаева // Вестник БГТУ имени Шухова. – 2003. – № 5. – С. 308–311.
- Ахтямов, В. Ф. Влияние отходов нерудного производства на свойства тяжелых бетонов [Текст] / В. Ф. Ахтямов, Э. Н. Хазилова // Вестник СибАДИ. – 2018. – Том 15, № 2. – С. 261–268.
- Баженов, Ю. М. Технология бетона [Текст] / Ю. М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.

9. Пахрудинов, И. П. Бетоны на основе отсева щебеночных заводов [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Пахрудинов Исмаил Пирмагомедович. – Ростов н/Д, 2006. – 25 с.
10. Кустов, В. В. Обоснование рациональных параметров технологии формирования и разработки техногенных месторождений сыпучих горных пород [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 25.00.22 / Кустов Владимир Васильевич. – Донецк, 2016. – 23 с.
11. Дрешпак, А. С. Анализ параметров обогащения известняков из неоднородных карбонатных месторождений [Электронный ресурс] / А. С. Дрешпак // Збагачення корисних копалин. Наук.-техн. зб. – 2015. – Вып. 61 (102). – Режим доступа : <http://docplayer.ru/88163977-Analiz-parametrov-obogashcheniya-izvestnyakov-iz-neodn-norodnyh-karbonatnyh-mestorozhdeniy.html>.
12. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст] : учебно-справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 368 с.
13. Павленко, С. И. Мелкозернистые бетоны из отходов промышленности [Текст] : учебное пособие с грифом УМО / С. И. Павленко. – М. : Издательство АСВ, 1997. – 176 с.
14. Баженов, Ю. М. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов с техногенными отходами [Текст] / Ю. М. Баженов, Л. А. Алимов, В. В. Воронин // Изв. вузов. Строительство. – 1996. – № 7. – С. 55–58.
15. Grabiec, A. M. Study on compatibility of cement-superplasticiser assisted by multicriteria statistical optimization [Текст] / A. M. Grabiec, Z. Piasta // J. of Materials Processing Technology. – 2004. – Vol. 152. – P. 197–203.
16. Bapat, D. Performance of cement concrete with mineral admixtures [Текст] / D. Bapat // Advance in Cem. Res. – 2001(13). – № 4. – P. 139–155.
17. Yanzhou, P. Dense Packing properties of mineral admixtures in cementitious material [Текст] / Peng Yanzhou, Hu Shuguang, Ding Oingun // Particuologie: Sci. Andtechnol. Particles. – 2009. – Vol. 7. – N 5. – P. 399–402.

Получена 06.12.2019

М. М. ЗАЙЧЕНКО, С. В. ЛАХТАРИНА, М. В. ГАВРИЛЬЧЕНКО, Я. С. ІСАЄВА
ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ БЕТОНІВ ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ ДОНБАСУ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Виконано оптимізацію складу дрібнозернистого бетону з органо-мінеральним модифікатором (ОММ) на основі агломерованого мікрокремнезему мокрої газоочистки Стахановського заводу феросплавів з відсівом подрібнення вапняку Докучаєвського флюсодоломітного комбінату, а також з суперпластифікатором С-3 на основі сульфонованих нафталінформальдегідних конденсатів за допомогою повного трьохфакторного експерименту з рівнями варіювання –1, 0, +1 за критеріями: легкоукладальність бетонної суміші і межа міцності при стиску бетону в проектному віці. Розроблено склади дрібнозернистого бетону з застосуванням відходів промисловості Донбасу, що характеризуються межею міцності при стисненні в проектному віці не менше 30 МПа.

Ключові слова: рухливість, відсів подрібнення вапняку, органо-мінеральний модифікатор, суперпластифікатор.

MYKOLA ZAICHENKO, SERGEY LAKHTARYINA, NIKOLAY GAVRILCHENKO,
YANA ISAEVA
OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF FINE-GRAINED CONCRETES
USING WASTE FROM THE DONBAS INDUSTRY
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The composition of fine-grained concrete with an organic-mineral modifier (OMM) based by agglomerated wetsilicafumefromtheStakhanovferroalloyplant, crushing limestone from the Dokuchaevsk flux-dolomite plant, and also with C-3 superplasticizer based on polycondensate of sulfonated naphthalene-formaldehydetothe concrete compressive strength at design age was optimizedby using a full three-factor experiment with variation levels of –1, 0, +1. The mix compositions of fine-grained concrete with the use of industrial waste from the Donbas characterized by a compressive strength of at least 30 MPaat design age have been developed.

Key words: slump, crushing limestone, organic-mineral modifier, superplasticizer.

Зайченко Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: высокопрочные и особо высокопрочные бетоны на основе модифицированных дисперсных компонентов бетона.

Лахтарина Сергей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: легкие высокопрочные бетоны.

Гаврильченко Николай Викторович – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: мелкозернистые бетоны.

Исаева Яна Сергеевна – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: композиционные цементы.

Зайченко Микола Михайлович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: високоміцні і надвисокоміцні бетони на основі модифікованих дисперсних компонентів бетону.

Лахтарина Сергій Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: легкі високоміцні бетони.

Гаврильченко Микола Вікторович – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: тонкозернисті бетони.

Исаева Яна Сергіївна – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: легкі конструкційні бетони.

Zaichenko Mykola – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: high strength and high-performance concretes on the base of modified fillers.

Lakhtaryina Sergey – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: lightweight high strength concrete.

Gavrilchenko Nikolay – master's student; Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fine-grained concrete.

Isaeva Yana – master's student; Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: blended cement.

УДК 691.5

В. И. БРАТЧУН, В. В. ЖЕВАНОВ, Е. А. РОМАСЮК

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ
АСФАЛЬТОШЛАКОБЕТОНОВ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ НА ЖИДКИХ
БИТУМАХ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЛАТЕКСОМ BUTONAL NS 198**

Аннотация. Сформулированы научнообоснованные технологические решения получения ресурсно-экономичных и технологичных асфальтополимершлакобетонных смесей и асфальтополимершлакобетонных повышенной долговечности, заключающиеся в установлении общих закономерностей формирования структуры асфальтополимершлакобетона при модификации латексом Butonal NS 198 нефтяного дорожного битума и использовании в качестве минеральных материалов (щебня, песка и минерального порошка) отсева дробления отвального мартеновского шлака, активированного гидратной известью с целью получения долговечного композиционного материала. Теоретически обосновано оптимальное соотношение компонентов в исследуемом асфальтошлакобетоне, при котором формируется оптимальная структура холодного асфальтошлакобетона, представленная рациональным соотношением взаимопроникающих коагуляционной и конденсационно-кристаллизационной микроструктур.

Ключевые слова: асфальтополимершлакобетон, структура, свойства, закономерности структурообразования.

ВВЕДЕНИЕ

Процесс производства асфальтобетонных смесей энергоемок и сопровождается значительными выбросами вредных веществ. Одним из эффективных способов снижения энергоемкости производства органо-минеральных смесей, возможности использования влажных минеральных материалов и не обезвоженных маловязких органических вяжущих, улучшения условий труда при производстве, укладке и уплотнении асфальтобетонных смесей является применение маловязких битумополимерных органических веществ, которые сорбируются на поверхности минеральных частиц и переходя в структурированное состояние, придают эластичность в системе, так и минеральных вяжущих, которые, гидратируясь под действием воды, содержащейся в системе, формируют во времени кристаллизационные связи [1–3]. Соотношение коагуляционно-кристаллизационных микросвязей и обуславливает деформационно-прочностные характеристики такого композиционного материала.

Разновидностью таких материалов является асфальтополимершлакобетонная смесь, приготовленная на среднегустеющем битуме СГ 70/130, модифицированном латексом Butonal NS 198 и содержащем отсев дробления мартеновского шлака, обладающего скрытым характером гидравлической активности [4]. В то же время предполагаемые закономерности формирования структуры и свойств таких систем не сформулированы.

Целью данной работы является разработка положений, характеризующих физико-химические процессы, происходящие в системе «отсев дробления отвального мартеновского шлака – среднегустеющий битум СГ 70/130 – модифицированный латексом Butonal NS 198 – известь гидратная» при формировании структуры модифицированного асфальтошлакобетона, и разработка на этой основе технологии производства и оптимальных составов холодных асфальтополимершлакобетонных смесей для устройства оснований и полужестких покрытий автомобильных дорог.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ СТАТЬИ

Процесс формирования структуры, а следовательно, и свойств активированного щелочью асфальтополимершлакобетона начинается в асфальтосмесителе при объединении компонентов в смеси и продолжается в процессе транспортирования, укладки и уплотнения в покрытии.

Объединение отсева дробления отвалного мартеновского шлака, нефтяного дорожного битума, модифицированного латексом Butonal NS 198 и щелочи (гидратированная молотая известь) при оптимальных температурах нагрева минеральных материалов и органических вяжущих необходимо вести при температуре 85...90 °С, так как при данной температуре вязкость среднегустеющего битумополимерного вяжущего составляет $\eta < 0,5$ Па·с.

При ведении процесса производства следует ожидать сорбции диспергированных капелек битумополимерного вяжущего на олеофильных центрах шлаковых частиц и их коалисценции в последующем, в процессе структурообразования после испарения влаги из системы.

В обеспечении контакта важное значение имеет рельеф поверхности. Шероховатую поверхность частиц отсева дробления мартеновского шлака можно рассматривать как поликапиллярную систему. Глубина затекания (подъема) жидкости в поры такой подложки H определяется силами капиллярного давления (1) [4]:

$$H = \frac{K \cdot \sigma \cdot \cos \varphi}{\rho \cdot r \cdot g}, \quad (1)$$

где K – постоянная;
 σ – поверхностное натяжение битумополимерного вяжущего;
 φ – угол наклона капилляра (угол смачивания);
 ρ – плотность битумополимерного вяжущего;
 r – радиус капилляра (поры);
 g – ускорение свободного падения.

Время подъема τ до установления гидростатического равновесия столба битумополимерного вяжущего в порах, капиллярах частиц отсева отвалного мартеновского шлака может быть вычислено на основании уравнения Пуайзеля (2) [5]:

$$\tau = \frac{2 \cdot \eta \cdot \tau}{r \cdot \sigma \cdot \cos \varphi}. \quad (2)$$

Таким образом, основными факторами, определяющими полноту контакта заполнения неровностей и пор поверхности подложки является вязкость (η), поверхностное натяжение битумополимерного вяжущего (σ), размеры (l, r), форма и расположение пор (неровностей) поверхности.

Структурообразование из водных дисперсий олигомера на поверхности минеральных частиц рассматривается С. С. Воюцким, И. С. Охрименко и В. В. Верхованцевым как процесс ликвидации межфазной границы «битум – среда» на поверхности подложки при одновременном удалении дисперсионной среды (воды) [5]. Оно сопровождается уменьшением свободной энергии ΔG ($\Delta G_{\text{нов}} \rightarrow 0$). Пленкообразование связано с золь-гель переходом (стабилизацией лиофобного битумополимерного вяжущего) и последующим самопроизвольным сжатием (контракцией) образованного промежуточного геля до состояния монолитной пленки (адгезированного слоя битумополимерного вяжущего). Стабилизация достигается за счет концентрирования дисперсии (вхождение воды в гидратные образования и испарения).

Первая стадия – стадия образования промежуточного геля – характеризуется сближением коллоидных частиц битумополимерного вяжущего и усилением энергетического взаимодействия в слое пленочного битумополимерного вяжущего. Скорость поглощения воды частицами шлака и частичного испарения близка к скорости испарения её со свободной поверхности.

При формировании пленочного слоя из битумополимерного вяжущего на поверхности полидисперсных частиц отсева дробления отвалного шлака можно выделить три стадии (рис. 1).

Скорость испарения и вовлечения воды в гидратацию шлака W при этом может быть вычислена по уравнению Лангмюра – Кнудсена (3) [5]:

$$W = -\frac{1}{F} \cdot \frac{\Delta m}{d\tau} = \varepsilon P_0 \left[\frac{M}{2\pi RT} \right]^{1/2}, \quad (3)$$

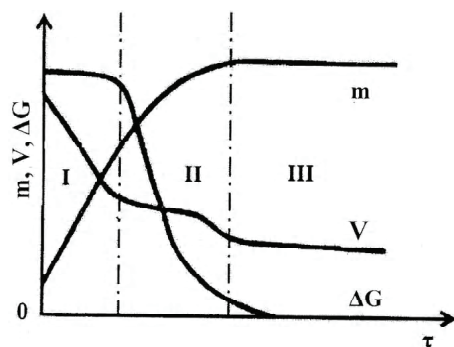


Рисунок 1 – Потеря воды m , изменение объема V и поверхностной энергии ΔG при формировании структуры адгезированного антифильтрационного покрытия на основе битумополимершлаковой эмульсионной мастики во времени (τ).

где m – масса как испарившейся воды, так и вступившей в гидратацию, прежде всего мелкодисперсными частицами отсева дробления отвального мартеновского шлака, кг;
 P_0 – парциальное давление насыщенного пара над раствором, Па;
 M – молекулярная масса;
 T – температура, К;
 R – газовая постоянная, Дж/(кг·К);
 ε – постоянная, $\varepsilon < 1$.

Вторая стадия – синерезис (сжатие) промежуточного геля. Происходит дальнейшее удаление воды из пленочного битумополимерного вяжущего на поверхности шлаковых частиц и разрушение имеющихся на поверхности заполнителя и наполнителя глобул адсорбционно-гидратных оболочек. Частично коагуляционные контакты между структурообразующими асфальтополимершлакобетоном заменяются на конденсационные. Глобулы асфальтополимервяжущего вещества деформируются: теряют шарообразную форму и принимают вид плотно уложенных в микроструктуре многогранников (рис. 2).

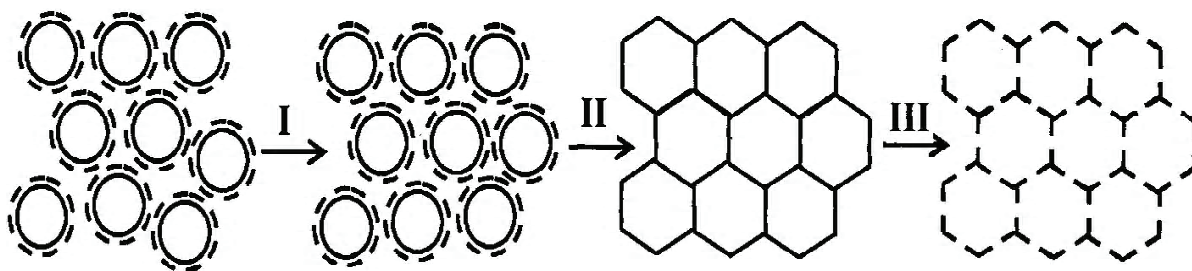
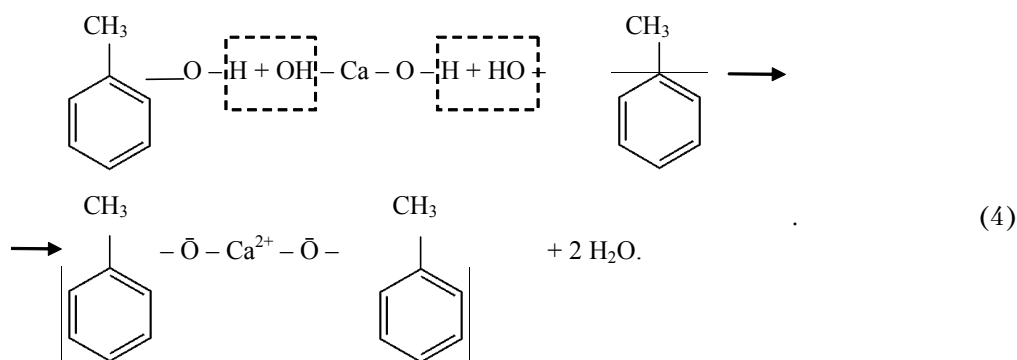


Рисунок 2 – Схема структурных превращений битумополимершлаковой эмульсионной мастики на поверхности минеральных частиц асфальтополимершлакобетона при физико-химическом отверждении матрицы асфальтополимершлакобетона.

Третью стадию составляют как аутогезионные процессы между капельками модифицированного битума, так и процессы гидратации минералов частиц порошкообразного мартеновского шлака. Слияние глобул битумополимершлаковязущего вещества при деформировании адгезионного слоя на поверхности частиц мартеновского шлака происходит под влиянием капиллярного давления органического вяжущего, поверхностного натяжения на границе «битумополимерное вяжущее – вода – поверхность» шлаковых частиц, межмолекулярного взаимодействия, сил тяжести взаимодействующих частиц.

В частности данные ИК-спектроскопии, термогравиметрического и рентгенофазового анализа показали, что основными факторами формирования структуры активированного щелочью ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) гидратированного отсева дробления отвального мартеновского шлака является синтез гелевых новообразований, преимущественно гидроалюмосиликатного состава и формирование кристаллизационной сетки; структурирование адсорбционно-сольватных прослоек битумополимерного вяжущего субмикристаллическими продуктами гидратации минералов шлака [7].

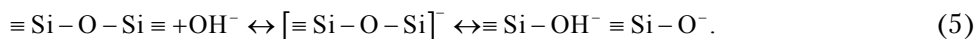
Частицы негашеной извести будут осаждаться на частицах шлака, создавая многочисленные центры на поверхности минеральных зерен, повысят их энергетический потенциал и активность взаимодействия с асфальтогеновыми кислотами битума. В частности при гидролизе извести образуется гидроксид кальция, который при взаимодействии, например, с фенолами по схеме (4) образует феноляты кальция. Это должно значительно упрочнить межфазную зону, а следовательно, и повысить прочность асфальтополимершлакобетона.



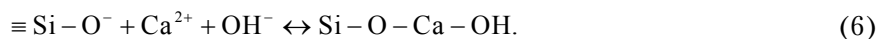
Наличие пленочного маловязкого нефтяного дорожного битума и адсорбционно-сольватных слоев воды на поверхности частиц отсева дробления отвального мартеновского шлака придаст удобоукладываемость и формуемость асфальтополимершлакобетонной смеси и должно обеспечить её нормативную плотность при укладке в покрытие нежесткой дорожной одежды с последующим уплотнением при невысоких температурах и небольших давлениях. В связи с тем, что отсев дробления отвального мартеновского шлака обладает замедленными сроками схватывания [7], а органические вяжущие используются маловязкими, то асфальтополимершлакобетонная смесь при оптимальном количестве воды в эмульсии Butonal NS 198 продолжительный период в процессе транспортирования должна обладать тиксотропными свойствами, что обеспечит возможность транспортировать асфальтополимершлакобетонные смеси на значительные расстояния и получать удовлетворительные стыки между полосами карт дорожных покрытий.

Присутствие пленки органического вяжущего на поверхности уплотненного дорожного покрытия должно обеспечить оптимальные влажностные условия гидратации шлака, так как динамическое равновесие в системе «пар – жидкость» будет смещаться в направлении конденсации воды. К тому же при нагреве влажного шлакового материала перед смешением с битумополимерным вяжущим влага частично сохраняется в глубоких порах сложной конфигурации. Пленка органического вяжущего, перекрывая систему пор, будет способствовать возникновению «пропарочных» микрокамер, что должно интенсифицировать процессы гидратации мелкозернистых частиц отсева [7, 8].

Водный раствор гидроксида кальция, образующийся при гидратации извести, позволит создавать во влажном асфальтополимершлакобетоне щелочную среду с достаточно высоким pH, обеспечивающим диспергирование шлака за счет разрыва ковалентных связей Si-O-Si и Al-O-Si в результате повышения ионной силы среды затворения путем введения в её состав ионов, обладающих высокими электродонорными свойствами. По достижении степени перенасыщения водного раствора ионами Ca^{2+} декструкция алюмосиликатной составляющей шлака будет осуществляться за счет интенсификации процессов разрыхления щелочью алюмокремниевой составляющей шлака. Так, например, разрыв ковалентных связей (кремнезема) следует ожидать по схеме 5:



При этом процесс взаимодействия по схеме 5 будет препятствовать обратной реакции – образованию силоксановых связей, выводя анионы $\equiv \text{Si} - \text{O}^-$ из реакции с переходом их в коллоидную фазу, что будет интенсифицировать процесс диспергирования шлака



Диспергационно-коагуляционная структура будет являться начальным этапом формирования конденсационной структуры. Определяющую роль в процессах конденсационного структурообразования будут играть катионы Ca^{2+} , которые при взаимодействии с кремне- и алюмозолями должны образовать такие кристаллогидраты, как тоберморит ($5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), ксонотлит ($6\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), ливерсайдит ($5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), пломбиерит ($5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 10,5\text{H}_2\text{O}$), гиролит ($2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$), гидрогранат ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1,5\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) и др. [5].

Развитие конденсационной структуры микрочастиц в коллоидной области приведет к выкристаллизовыванию новообразований с формированием во времени кристаллизационной микроструктуры асфальтополимершлакобетона, обеспечивающей прочность и сдвигоустойчивость асфальтобетонного покрытия в области высоких положительных температур. При этом фазовый состав

продуктов твердения активизированного щелочью отсева дробления отвального мартеновского шлака должен быть представлен преимущественно тобермитоподобными низкоосновными гидросиликатами кальция группы CSH(B), гидрогранатами переменного состава, кремневой кислотой, щелочными гидроалюмосиликатами типа цеолитов, слюд и т. д. [4].

Следовательно, активированный щелочью асфальтополимершлакобетон будет характеризоваться коагуляционно-кристаллизационными микросвязями, оптимальное соотношение которых должно обеспечить в зависимости от функционального назначения требуемый комплекс деформационно-прочностных характеристик.

Изменяя в смеси содержание органического вяжущего и щелочной добавки, обеспечивая оптимальные условия гидратации гидравлически активных минералов отвального мартеновского шлака, целесообразно добиться при оптимизации упругих и вязких связей в асфальтополимершлакобетоне с учетом стабилизации структурно-механических свойств дорожного покрытия через заданный период структурообразования.

В начальный период структурообразования асфальтополимершлакобетона в покрытии полужесткой дорожной одежды следует ожидать формирование прежде всего коагуляционной структуры, которая и будет определять первоначальные эксплуатационные характеристики покрытия автомобильной дороги. При достижении же стабилизации структуры асфальтополимершлакобетона (кристаллизационных и гелевых) и вязких (коагуляционных), а также характер пористости бетона будут определять конечные физико-механические свойства асфальтополимершлакобетона.

Так как отсев дробления отвального мартеновского шлака находится в отвале карьера и на складе АБЗ на открытой площадке, то в порах и капиллярах его тонкодисперсных частиц находится влага, которая при невысокой температуре объединения минеральных материалов и органического вяжущего не испаряется. Вследствие частичного блокирования пор пленочным битумополимерным вяжущим внутри их создаются благоприятные температурно-влажностные условия гидратации минералов шлака. Образующиеся новообразования, хемосорбционно взаимодействуя внутри пленки битумополимерного вяжущего с её компонентами, также будут структурировать адсорбционно-сольватный слой органического вяжущего. Можно предположить, что новообразования, характеризующиеся высокой дисперсностью, будут диффундировать в адсорбционно-сольватный слой пленочного битумополимерного вяжущего, повышая его вязкость.

В связи с тем, что в составе асфальтополимершлакобетонной смеси содержится влага, то следует во времени эксплуатации ожидать увеличение пористости системы вследствие частичного испарения её из покрытия, особенно в летний период эксплуатации, а также из-за контракционных и усадочных явлений в системе. В связи с развивающейся открытой пористостью в асфальтополимершлакобетоне следует ожидать развития сообщающихся между собой капилляров и микротрещин, что должно сказаться на длительной водостойкости и морозостойкости покрытия, особенно в начальный период структурообразования асфальтополимершлакобетона, активированного щелочью. Поэтому строительство асфальтополимершлакобетонных полужестких покрытий целесообразно начинать поздней весной и заканчивать до наступления осенней распутицы.

Соотношение компонентов в системе «шлак – битумополимерное вяжущее – щелочь» должно быть подобрано таким, чтобы сформировалась оптимальная структура асфальтополимершлакобетона, представленная двумя взаимопроникающими микроструктурами – коагуляционной (контакты между полидисперсными частицами отвального мартеновского шлака будут осуществляться через адсорбционно-сольватные прослойки органического вяжущего) и конденсационно-кристаллизационной (контакты прямого срастания кристаллов гидратированных минералов шлака). При этом коагуляционная микроструктура должна обеспечить релаксацию внутренних напряжений, возникающих в результате транспортных нагрузок и температурных воздействий в области низких температур эксплуатации покрытия, а конденсационно-кристаллизационная должна обеспечить сдвигу стойчивость дорожного покрытия в области высоких положительных температур.

Условие получения структуры, характеризующейся двумя взаимопроникающими микроструктурами коагуляционной и конденсационной выполняется при удельном количестве упругих связей в асфальтополимершлакобетоне $n_y = 0,4-0,6$, которое можно определить по формуле, предложенной В. А. Веренко [3]:

$$n_y = \frac{c \cdot R_1 - R_2}{c - 1} \cdot R_c, \quad (7)$$

где R_1 – предел прочности асфальтополимершлакобетона при скорости деформирования образца V_1 ;

R_2 – предел прочности асфальтополимершлакобетона при скорости деформирования образца V_2 ;
 c – коэффициент равный V_2 / V_1 , при этом $V_2 > V_1$;
 R_c – предельная структурная прочность, соответствующая максимуму на зависимости прочности от температуры деформации.

В частности, при соотношении компонентов в системе отсева дробления отвалного мартеновского шлака – 100 % битумная эмульсия 10 % сверх 100 м.ч. отсева дробления отвалного мартеновского шлака ($n_y = 0,59$) формируется оптимальная структура холодного асфальтошлакобетона, представленная рациональным соотношением взаимопроникающих микроструктур коагуляционной и конденсационно-кристаллизационной [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТУ 218 РСФСР 536-85 Смеси органоминеральные влажные для устройства конструктивных слоев дорожных одежд. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.86. – М.: Минавтодор РСФСР, 1986. – 10 с.
2. Цементасфальтобетон – материал для дорожных и аэродромных покрытий [Текст] / А. М. Богуславский [и др.] // Автомобильные дороги. – 1986. – № 4. – С. 14–15.
3. Веренько, В. А. Дорожные бетоны на органогидрравлических вяжущих (теория и практическое применение) [Текст]: автореферат дис. канд. тех. наук: 05.23.05 / Веренько Владимир Адольфович. – Минск: БГПА, 1998. – 40 с.
4. Яковлев, А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий [Текст] / А. Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1989. – 385 с.
5. Охрименко, Н. С. Химия и технология пленкообразующих веществ [Текст] / Н. С. Охрименко, В. В. Верховланцев. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.
6. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства [Текст] / Б. В. Гусев, В. И. Кондращенко, Б. П. Маслов [и др.]. – М.: Научный мир, 2006. – 560 с.
7. Повышение деформационно-прочностных свойств холодных асфальтошлакобетонов [Электронный ресурс] / В. И. Братчун, Е. А. Ромасюк, В. В. Жеванов, А. В. Квашук [и др.] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2019. – Вып. 2019-1(135) Современные строительные материалы. – С. 13–17. – Режим доступа: [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2019/vestnik_2019-1\(135\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2019/vestnik_2019-1(135).pdf).
8. Вяжущие свойства отсева дробления отвалных мартеновских шлаков и их активация химическими добавками [Электронный ресурс] / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, В. В. Жеванов, О. Н. Нарижная [и др.] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – Вып. 2018-1(129) Современные строительные материалы. – С. 5–10. – Режим доступа: [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-1\(129\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-1(129).pdf).
9. Асфальтошлакобетоны на анионных битумных эмульсиях [Текст] / В. И. Братчун, Ю. В. Грицук, А. В. Губарь, В. Л. Беспалов [и др.] // Наука и техника в дорожной отрасли. Международный научно-технический журнал. – М.: Издательство «Дороги», 2014. – № 4. – С. 22–25.

Получена 09.12.2019

В. І. БРАТЧУН, В. В. ЖЕВАНОВ, Є. О. РОМАСЮК ПРО ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ АСФАЛЬТОШЛАКОБЕТОНІВ, ПРИГОТОВЛЕНИХ НА РІДКИХ БІТУМАХ, МОДИФІКОВАНИХ ЛАТЕКСОМ BUTONAL NS 198 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Сформульовано науковообґрунтовані технологічні рішення отримання ресурсно-економічних і технологічних асфальтополімершлакобетонних сумішей і асфальтополімершлакобетонів підвищеної довговічності, які полягають у встановленні загальних закономірностей формування структури асфальтополімершлакобетону при модифікації латексом Butonal NS 198 нафтового дорожнього бітуму і використанні як мінеральних матеріалів (щебеню, піску і мінерального порошку) відсіву подрібнення відвалного мартенівського шлаку, активованого гідратного вапна з метою отримання довговічного композиційного матеріалу. Теоретично обґрунтовано оптимальне співвідношення компонентів в досліджуваному асфальтошлакобетоні, при якому формується оптимальна структура холодного асфальтошлакобетону, що представлена раціональним співвідношенням взаємопроникаючих коагуляційної і конденсаційно-кристалізаційної микроструктур.

Ключові слова: асфальтополімершлакобетон, структура, властивості, закономірності структуроутворення.

VALERY BRATCHUN, VYACHESLAV ZHEVANOV, EVGENY ROMASYUK
ON THE REGULARITIES OF FORMING THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF
ASPHALT SLAG CONCRETE PREPARED ON LIQUID BITUMEN MODIFIED
WITH LATEX BUTONAL NS 198

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Scientifically substantiated technological solutions are formulated for producing resource-efficient and technologically advanced asphalt-polymer-slag-concrete mixtures and high-durability asphalt-polymer-slag-concrete, which consist in establishing the general laws of formation of the structure of asphalt-polymer-slag-concrete when the Butonal NS 198 latex is modified with oil road bitumen and mineral sand (gravel) is used as mineral materials screening crushing dump open-hearth slag activated hydrated lime in order to obtain a durable composite material. Theoretically, the optimal ratio of components in the investigated asphalt slag concrete is substantiated, in which the optimal structure of cold asphalt slag concrete is formed, which is represented by a rational ratio of interpenetrating coagulation and condensation-crystallization microstructures.

Key words: asphalt-polymer-slag concrete, structure, properties, patterns of structure formation.

Братчун Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химическая механика формирования оптимальной структуры комплексно-модифицированных дорожных асфальтобетонов.

Жеванов Вячеслав Владимирович – ассистент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд.

Ромасюк Евгений Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Братчун Валерій Іванович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка формування оптимальної структури комплексно-модифікованих дорожніх асфальтобетонів.

Жеванов В'ячеслав Володимирович – асистент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів.

Ромасюк Євген Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: здобуття технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

Bratchun Valery – D. Sc. (Eng.), Professor, the Head of the Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physicochemical mechanics of the formation of the optimal structure of complex-modified road asphalt concrete.

Zhevanov Vyacheslav – assistant, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: getting-tech and durable road concretes for building structural layers of non-rigid pavements.

Romasyuk Evgeny – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receipts of technological and lasting travelling concretes for building of structural layers of non-rigid travelling clothes on the basis of retrofitting of organic astringent.

УДК 691.16: 662

В. Л. БЕСПАЛОВ, Э. Н. ГАБИДУЛИН, В. Ю. КИЧИГИН, А. В. КУЗЬМИНЫХ, А. С. ДЗЮБА, Я. А. НОВИКОВ
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СОСТАВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Аннотация. Показана целесообразность использования в качестве минерального порошка модифицированных асфальтобетонов шламов станций нейтрализации сталепроволочно-канатных заводов (ШСН), подвергнутых поверхностной активации полимерсодержащими отходами производства эпоксидных смол (ПОЭС), для уменьшения зависимости в материально-сырьевых ресурсах дорожно-строительных организаций. Применение вторичных материальных ресурсов позволит улучшить экологическую безопасность вследствие уменьшения площадей для хранения твёрдых и жидких отходов промышленности, уменьшит затраты при их содержании. Изучены физико-химические свойства ШНС и ПОЭС. Оптимизированы составы модифицированных асфальтобетонов и исследованы их физико-механические свойства. Установлено, что разработанные составы асфальтополимербетонных смесей характеризуются повышенной уплотняемостью в интервале температур 70...130 °С, а бетоны – повышенным сопротивлением сдвига при высоких положительных температурах (условная жесткость при 60°С 4,6...5,9 кН/мм), повышенной плотностью, длительной водостойкостью и атмосферостойкостью.

Ключевые слова: отходы промышленности, минеральный порошок, модифицированные асфальтобетоны.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В процессе производственной деятельности предприятий накапливается огромное количество отходов, переработка и использование которых является одной из основных проблем человечества. Большинство технологических схем, применяемых в отраслях, производящих материально-сырьевые ресурсы, ориентированы на извлечение из исходного сырья одного, двух компонентов. В результате даже при полном извлечении, например, из полиметаллических руд полезных компонентов более 80 %, а иногда и 90...95 % общей массы сырья попадает в отвалы [1]. Огромны масштабы образования отходов в обрабатывающих отраслях и потребления. Всё это в сочетании с растущим дефицитом ряда ресурсов и экологическим кризисом обострило проблему использования вторичных материальных ресурсов.

АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Структура бетонов на органических вяжущих рассматривается принципиально на двух уровнях: макро- и микро-. На макроуровне это структура минерального остова, представленного частицами песка и щебня. На микроуровне – структура асфальтовяжущего вещества [3–5]. Важнейшей составляющей обеих подструктур является контактная зона – зона взаимодействия органического вяжущего с поверхностью минеральных материалов. Это обусловлено тем, что в плотных бетонах контакты между структурообразующими частицами микро-, мезо- и макроструктуры представлены структурированным органическим вяжущим. Именно адгезионно-когезионно-эластические свойства адсорбционно-сольватных слоев органического вяжущего в значительной мере определяют физико-механические свойства асфальтобетона.

Минеральный порошок (МП) является основной структурообразующей составляющей бетонов на органических вяжущих.

В работах И. А. Рыбьева, И. В. Королёва, П. В. Сахарова, Н. Н. Короткевич, Л. И. Базжина, Гегелия [2–7] установлено, что адсорбционная активность минерального порошка определяется величиной удельной поверхности, химическим и минералогическим составом, количеством активных центров на поверхности МП, топографией, микрорельефом и чистотой поверхности.

При этом важно, чтобы в составе минерального порошка были частицы разных размеров, что определяется значением пустотности, которая должна быть не более 35 % объёма после уплотнения порошка давлением 40 МПа. Чем меньше величина пустотности минерального порошка, тем меньше пустотность минерального остова бетона и меньший расход органического вяжущего.

О чистоте поверхности минерального порошка косвенно судят по величине набухания (не более 2,5 %) и значению битумоёмкости, которая не должна превышать 85 %. Последняя регламентирует и значение интегральной поверхности МП. Порошок должен быть сухим (влажность не более 1 % по массе), так как избыточная влажность снижает энергию взаимодействия между органическим вяжущим и поверхностью МП. В связи с этим асфальтобетоны не будут работать как единая система, теряется монолитность.

На сталепроволочно-канатных заводах в процессе нейтрализации отработанных сернокислых травильных растворов известковым молоком ежегодно образуются десятки тысяч тонн как исходных шламов, так и отходов из-под пресс-фильтров, которые вывозятся в отвалы. Шламы представляют собой гетерогенную систему, состоящую из жидкой (вода) и твёрдой фаз (обломки недожжёга извести с размером частиц $(0,5...15) \cdot 10^{-2}$ м; частицы гидроксида железа размером $1 \cdot 10^{-5}...1 \cdot 10^{-6}$ м; кристаллы двуводного гипса, размер которых приближается к размерам частичек гидроксида железа).

Целью данной работы является исследование шламов станций нейтрализации в качестве минерального порошка для производства модифицированных асфальтополимербетонов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ СТАТЬИ

В настоящей работе изучены физико-химические свойства шламов нейтрализации травильных растворов Харцызского сталепроволочно-канатного завода.

Шлам представляет собой продукт ярко-рыжего цвета. Твёрдая фаза жидкого шлама составляет около 10...30 % и представлена обломками известняка, железистыми минералами и органической составляющей.

Исследование фазового состава показало, что в составе шлам – отхода присутствует двуводный гипс. Это подтверждается рентгенографическими отражениями: $d = (7,53; 4,24; 3,05; 2,87; 2,69; 2,00) \cdot 10^{-10}$ м.

Двуводный гипс в составе шлам – отхода находится в виде тонких игл призматической формы длиной $(8-9) \cdot 10^{-5}$ м (исследования выполнены на поляризационном оптическом микроскопе МП-7 и сканирующем микроскопе ИСИ-60А). Микроскопические исследования показывают, что иглы гипса соприкасаются одной из сторон с гелевидной фазой, представленной железосодержащими минералами гётитом (HFeO_2), лепидокритом ($\text{FeO}(\text{OH})$), лимонитом ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

Электронные микрофотографии свидетельствуют о большом многообразии форм частиц, которые присутствуют в составе шлама нейтрализации травильных растворов, от игловатых частиц до шаровидных и упакованных в пакеты (типа портландит).

Показатели преломления гипса:

$$N_g = 1,530; N_m = 1,523; N_p = 1,521; N_g = 0,009.$$

Содержание двуводного гипса в различных пробах колеблется от 10 до 27 % по массе. Дегидратация гипса по результатам ДТА происходит уже в интервале температур 90...120 °С.

Как уже указывалось, в составе шлама обнаружен железосодержащий субстрат, что объясняет цвет отхода. Наличие этих соединений подтверждается методом рентгеноструктурного анализа. Линиями гидросульфогеррита кальция $(9,99; 5,44; 3,87; 2,81; 2,49) \cdot 10^{-10}$ м, гематита $(3,65; 2,65; 2,51; 2,16; 1,9) \cdot 10^{-10}$ м; гётита $(4,16; 2,65; 2,42; 2,34; 1,70) \cdot 10^{-10}$ м; гидроферрита кальция $(5,18; 4,50; 3,12; 2,75; 2,28; 2,04) \cdot 10^{-10}$ м.

Железистые минералы при рассмотрении в поляризационном микроскопе имели следующие показатели преломления:

Лепидокрит:	$N_g = 2,51;$	$N_m = 2,20.$	
Гётит:	$N_g = 2,41;$	$N_m = 2,41;$	$N_p = 2,27.$
Лимонит:	$N_g = 2,00;$	$N_m = 2,10.$	

По внешнему виду они похожи на круглые сгустки, слипающиеся между собой в более крупные комочки и обволакивающие кристаллы гипса.

Термограмма гётита характеризуется двумя эндоэффектами при температурах 385 и 690 °С. Лепидокрит характеризуется эндоэффектом при 380 °С и экзоэффектом при температуре 600 °С.

Одной из составляющих шлама являются осколки известняка с размерами частиц от $1 \cdot 10^{-6}$ м до $2 \cdot 10^{-2}$ м (недожог известия). Рентгеноструктурный анализ показал их наличие присутствием линий (3,04; 2,49; 2,30; 2,09; 1,93; 1,89) $\cdot 10^{-10}$ м.

Твёрдый отход из-под пресс – фильтров представляет собой плотную землистую массу бурого-коричневого цвета, размокающую в воде. По данным рентгеновского анализа отход содержит как и жидкий шлам нейтрализации двухводный гипс (7,49; 4,24; 2,86; 3,04) $\cdot 10^{-10}$ м; из железосодержащих минералов выделяется гематит (3,67; 2,68; 2,21) $\cdot 10^{-10}$ м и гётит (2,47; 2,13; 1,87) $\cdot 10^{-10}$ м. Большое количество железистых минералов аморфны и рентгенографически не идентифицируются. К таким минералам относится лимонит. Следует также отметить исчезновение линий лепидокрита и гётита.

Таким образом, результаты физико-химических исследований свидетельствуют о том, что в шламе присутствуют ряд веществ, которые приведут как к снижению водостойкости асфальтобетона (сульфаты кальция), так и к снижению стабильности под действием атмосферных факторов (железистые минералы) [8–10].

В табл. 1 приведены физико-химические свойства шлама нейтрализации травильных растворов Харьковского сталепроволочно-канатного завода, высушенного и измельченного в шаровой мельнице и испытанного в соответствии с ГОСТ 16557-90.

Таблица 1 – Физико-химические свойства шлама нейтрализации травильных растворов

Вид минерального порошка	Удельная поверхность, м ² /кг	Плотность, кг/м ³	Средняя плотность под нагрузкой 40 МПа, кг/м ³	Пористость, %	Битумоемкость, %
Из шлама нейтрализации травильных растворов	560	3 460	2 290	66,0	92
Известняковый	400	2 715	1 880	31,0	61
Известняковый, активированный стеарином	445	2 710	1 890	30,3	59

По показателям битумоемкости и пористости ШН не отвечает требованиям ГОСТ 16557-90, поэтому его подвергали поверхностной активации полимерсодержащим отходом производства эпок-сидных смол.

При производстве твердых эпоксидных смол, прежде всего эпоксидно-новолачных (ЭН-6, Эн-6НХ, УП-692, УР-6313 и др. [10]), используемых в электронной технике, предусмотрены многочисленные промывки для снижения содержания ионных примесей. При этом образуются отходы в виде водно-органических эмульсий, содержащих значительное количество твердых смол, а также органических растворителей, направляемых в коллектор сжигания. Кроме того, в общий коллектор поступают жидкие отходы производства эпоксидных смол.

Таким образом, физико-химический состав полимерных отходов производства эпоксидных смол, содержащих летучие вещества, твердые компоненты, органические и неорганические вещества является сложным, поэтому в отделе физико-химических методов исследований Донецкого УкрНИИпластмасс был выполнен анализ отходов по схеме: определение суммы летучих (ГОСТ 10587); определение неорганических веществ.

Качественный и количественный состав летучих выполнен методом газожидкостной хроматографии в герметизированной ячейке объемом 250 см³ и насыщенности 0,1 мг/мл на хроматографе «Цвет-110». Получены средние значения (исследованы 9 проб) веществ: вода 37...60 %; толуол 10...15 %; изопропанол 0,8...8,0 %; метилизобутилкетон 1,0...2,0 %; бензол + этилбензол 0,9...1,9 %; ацетон 0,3...0,5 %; эпихлоргидрин 0,08...0,5 %.

Количество остатка после прокаливании определяли методом сжигания в открытом тигле при Т = 550...600 °С. Изучение химического состава остатка после прокаливании показало, что основным компонентом золы является хлорид натрия, который определен потенциометрическим методом

(ГОСТ 10587) титрованием 0,05 Н AgNO₃. Кроме того, натрий входит в состав отхода в виде едкого натрия. На это указывает слабощелочная реакция среды (рН = 8–9). Содержание натрия по иону Cl⁻ колеблется в пределах 1,7...6,6 %, а в процентах от массы золы 52...73 %.

Хлор омыляемый определяли по ГОСТ 10587, его количество находится в пределах 4,3...5,8 %.

Полимерный остаток определен расчетным путем (табл. 2). Нерастворимая часть полимерных отходов, помимо зольных компонентов, включает высокомолекулярную полимерную часть (нерастворимые в ацетоне за вычетом золы). Жидкая часть отходов, помимо летучих компонентов и воды, включает олигомеры (эпоксидные, хлоргидриновые эфиры и др.), а также глицерин и полиглицерины. Разработан паспорт на полимерсодержащие отходы производства эпоксидных смол (табл. 2).

Таблица 2 – Технический паспорт на полимерные отходы производства эпоксидных смол

Наименование показателя	Метод определения	Допустимые значения показателя, мас. %
1. Сумма летучих компонентов	ГОСТ 10587 140 °С, 3 часа	35...60
2. Вода*	ГОСТ 10587 отгон в виде азеотропа с толуолом по Дину-Старку	25...45
3. Органические растворители: толуол, ацетон, ИПС и др.*.	п. 1–п. 2 (расчет)	10...15
4. Зола	Прокаливание при 350...600 °С	не более 12 %
5. Хлористый натрий**	ГОСТ 10587 – опр. Cl ⁻ – ион	не более 7 %
6. Хлор омыления	ГОСТ 10587	не более 6 %
7. Полимерный остаток	Расчетным путем (100–п. 1–п. 4), %	35...50

*) Включено в п. 1. **) Включено в п. 4.

Исследовался модифицированный асфальтобетон, в котором битум модифицирован 2 % мас. этиленглицидилакрилатом в комбинации с 0,2 % мас. полифосфорной кислотой ПФК-105, а шлам нейтрализации сталепроволочноканатных заводов поверхностно-активирован 2 % полимерсодержащими отходами производства эпоксидных смол [11].

Рассмотрение комплексной модификации микроструктуры асфальтобетонов на их свойства в сравнении с традиционными (ДСТУ Б В. 2.7 – 119:2011) показывают, что модификация битума Элвалом-АМ совместно с катализатором ПФК-105 приводит к повышению плотности и длительной водостойкости асфальтобетона, снижению температурной чувствительности механических свойств модифицированных систем по сравнению с горячими асфальтобетонами (табл. 3).

Таблица 3 – Физико-механические свойства асфальтобетонов с комплексно-модифицированной микроструктурой

Показатели	Состав асфальтовяжущего вещества в мелкозернистом асфальтобетоне (тип Б)			
	Битум 40/60, МП известняковый не активирован	Битум 130/200 + МПШН с 2 % ПОЭС	Битум 130/200, + 2,5 % Элвала АМ; МПШН с 2 % ПОЭС	Битум 130/200, + 2,5 % Элвала АМ; 0,2 % ПФК; МПШН с 2 % ПОЭС
Средняя плотность, ρ_0^a , кг/м ³	2 338	2 329	2 332	2 339
Набухание, Н, % от объема	0,6	1,0	0,81	0,42
Водонасыщение, W %, от объема	2,94	3,8	3,28	3,12
Предел прочности при сжатии, МПа, при				
0 °С	6,8	7,4	7,8	8,1
20 °С	3,12	2,41	3,1	3,6
50 °С	1,09	1,12	1,4	1,7
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении, $K_{вд}$	0,78	0,916	0,95	0,96
Коэффициент теплоустойчивости, $K_T = R_0 / R_{50}$	6,23	6,6	5,57	4,76

Методом Маршалла определена устойчивость, условная жесткость и пластичность бетонов на нефтяном дорожном битуме и битумополимерных композициях (табл. 4). Асфальтобетоны, приготовленные на битумополимерном вяжущем, как содержащие Элвалой АМ (индекс 2), так и Элвалой АМ в комплексе с полифосфорной кислотой ПФК-105 характеризуются более высокими значениями устойчивости и низкой пластичности, прежде всего, бетоны, которые содержат битум, модифицированный комплексной добавкой Элвалой АМ + ПФК.

Таблица 4 – Значение показателей, характеризующих сдвигустойчивость мелкозернистых бетонов по методу Маршалла (температура испытания 60 °С)

№ п/п	Вид асфальтовяжущего в смеси	Условная пластичность, 1/10, мм	Устойчивость, Р, Н	Условная жесткость, А, Н/мм
1.	Нефтяной дорожный битум П ₂₅ = 59 град. шкалы пенетromетра; минеральный порошок известняковый не активированный	46	15 256	3 316
2.	Нефтяной дорожный битум БНД 130/200, модифицированный 2,5 % Элвалоя АМ; минеральный порошок – шлам станций нейтрализации, активированный 2,5 % ПОЭС	35	16 245	4 641
3.	Нефтяной дорожный битум БНД 130/200, модифицированный 2,5 % Элвалоя АМ и 0,2 % ПФК-105; минеральный порошок – шлам станций нейтрализации, активированный 2,5 % ПОЭС	32	19 050	5 953

Это должно обеспечить высокую сдвигустойчивость и долговременную прочность покрытий автомобильных дорог на основе модифицированных асфальтобетонов в области высоких положительных эксплуатационных температур.

В процессе эксплуатации дорожные покрытия, кроме транспортных нагрузок, подвергаются воздействию погодно-климатических факторов, оказывающих существенное влияние на их долговечность: температура, скорость ее изменения, солнечная радиация, ветер, атмосферные осадки, влажность воздуха, попеременное увлажнение и высушивание, замораживание и оттаивание. Известно, что если напряжение, возникающее в дорожном покрытии от движущегося транспорта, не превышает его несущей способности, то долговечность зависит от вышеуказанных факторов [1–9].

Одной из основных причин изменения свойств асфальтобетонов в процессе эксплуатации и снижения его долговечности являются процессы старения, происходящие в бетоне под действием атмосферных, транспортных грунтогеологических факторов. Под влиянием температуры, кислорода воздуха, солнечной радиации в асфальтобетоне происходят необратимые физико-механические превращения, следствием которых является потеря бетонами на органических вяжущих деформативной и демфирующей способности, а также коррозионной устойчивости.

В настоящей работе проверялась устойчивость мелкозернистых асфальтобетонов в климатической камере ИП-1 на тепловое старение.

Температура прогрева 60 °С. Образцы асфальтобетона подвергались ультрафиолетовому облучению.

В качестве показателя, характеризующего изменение свойств асфальтобетона, принят коэффициент старения R_{20}^{τ}/R_{20}^0 (где R_{20}^{τ}/R_{20}^0 – предел прочности при сжатии бетона при 20 °С, подвергнутого тепловому старению в течение τ и 0 часов времени соответственно).

Данные, приведенные на рисунке, свидетельствуют о том, что на начальном этапе прогрева (до 400 часов) происходит интенсивный рост коэффициента старения асфальтобетона как на нефтяном дорожном битуме, так и асфальтобетона с комплексно-модифицированной микроструктурой.

Это можно объяснить испарением углеводородов битума с молекулярной массой до 400 и полимеризацией смолистых веществ, вследствие взаимодействия кислорода воздуха в порах и капиллярах с непредельными соединениями нефтяного дорожного битума.

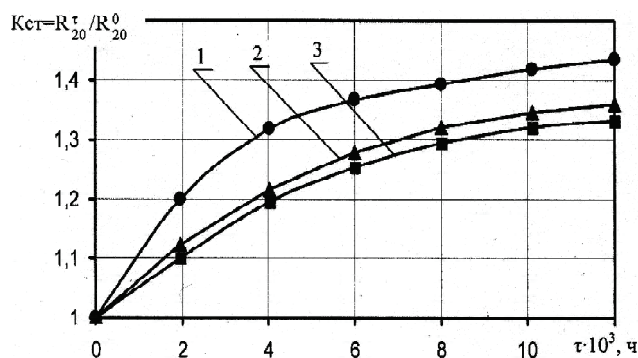


Рисунок – Зависимость коэффициента теплового старения $K_{ст}$ от времени прогрева τ в климатической камере ИП при температуре 60 °С мелкозернистых асфальтобетонов, отличающихся видом асфальто вяжущего вещества (АВВ): 1, 2, 3 – индексы составов АВВ асфальтобетонов приведены в таблице 4.

часть низкомолекулярных углеводородов нефтяного дорожного битума, тем самым замедляя интенсивность испарения алкановых углеводородов с температурой кипения до 300 °С, согласно закону Рауля и за счет избирательной диффузии их внутрь минеральных зерен. Другой процесс – снижение интенсивности окисления кислородом воздуха ненасыщенных соединений битума вследствие меньшей диффузии воздуха сквозь пленку органического вяжущего, плотность и когезионная прочность которой значительно выше битумной.

ВЫВОДЫ

Теоретически и экспериментально доказано, что эффективным способом переработки шламов нейтрализации травильных растворов в минеральный порошок для производства асфальтополимербетонов повышенной долговечности является их поверхностная активация полимерсодержащим отходом производства эпоксидных смол.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семилетов, В. П. Опыт эффективного использования вторичных ресурсов в народном хозяйстве СССР [Текст] / В. П. Семилетов. – К. : УкрНИИТИ, 1981. – 64 с.
2. Рыбьев, И. А. Асфальтовые бетоны [Текст] / И. А. Рыбьев. – М. : Высшая шк., 1969. – 399 с.
3. Королёв, И. В. Асфальтобетонные покрытия [Текст] / И. В. Королёв, В. А. Золотарёв, В. А. Ступинцев. – Донецк : Донбасс, 1970. – 161 с.
4. Сахаров, П. В. Способы проектирования асфальтобетонных смесей [Текст] / П. В. Сахаров // Транспорт и дороги города. – 1935. – Вып. 12. – С. 22–26.
5. Короткевич, Н. Н. Физико-химические основы применения минеральных порошкообразных материалов (заполнителей) для дорожных асфальтобетонов и методы их использования // Минеральные порошки для асфальтового бетона [Текст] / Н. Н. Короткевич. – М. : Дориздат, 1940. – С. 3–67.
6. Базжин, Л. И. Исследование влияния минералогического состава и структуры минеральных порошков на старение асфальтового бетона [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Базжин Лев Иванович. – Харьков : ХАДИ. – 1974. – 24 с.
7. Гегеля, Д. И. Закономерности изменения некоторых расчётных параметров асфальтобетона при длительном воздействии воды и знакопеременных температур [Текст] / Д. И. Гегеля // Совершенствование технологии строительства асфальтобетонных и других черных покрытий / Тр. СоюздорНИИ. – М. : [б. и.], 1981. – С. 67–76.
8. Оптимизация состава асфальто вяжущего вещества «битум – Элвалой АМ – шлам нейтрализации травильных растворов (ШН)», активированный полимерсодержащим отходом производства эпоксидных смол (ПОЭС) [Текст] / В. И. Братчун, Е. Э. Самойлова, В. Л. Беспалов, М. К. Пактер [и др.] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2006. – Вып. 2006-5(61) Современные строительные конструкции и материалы. – С. 133–138.
9. Братчун, В. И. О формировании граничных слоев на поверхности раздела фаз «активированная поверхность минерального порошка – модифицированное органическое вяжущее» [Текст] / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов // Сборник научных трудов Института строительства и архитектуры МГСУ. – М. : МГСУ, 2008. – С. 78–82.

10. Асфальтополимербетонные смеси, модифицированные этиленглицидиакрилатом [Текст] / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, М. К. Пактер, Е. Э. Самойлова // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2015. – № 1. – С. 33–36.
11. Об использовании техногенного сырья в составе модифицированных асфальтобетонов повышенной долговечности [Электронный ресурс] / В. Л. Беспалов, П. С. Пашковский, А. Ю. Читаладзе, Е. Э. Самойлова [и др.] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – Вып. 2018-1(129) Современные строительные материалы – С. 32–40. – Режим доступа : [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-1\(129\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-1(129).pdf).

Получена 10.12.2019

В. Л. БЕСПАЛОВ, Е. Н. ГАБИДУЛИН, В. Ю. КИЧИГИН, А. В. КУЗЬМИНЫХ,
О. С. ДЗЮБА, Я. О. НОВИКОВ
ПРО ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ В СКЛАДІ
МОДИФІКОВАНИХ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Показана доцільність використання як мінерального порошку модифікованих асфальтобетонів шлаків станцій нейтралізації сталедрутоканатних заводів (ШСЗ), поверхнево активованих полімервміщуючими відходами виробництва епоксидних смол (ПВЕС), для зменшення залежності у матеріально-сировинних ресурсах дорожньо-будівельних організацій. Використання вторинних матеріальних ресурсів дозволить покращити екологічну безпеку внаслідок зменшення площі задля зберігання твердих і рідких відходів промисловості, зменшити затрати при їх утриманні. Вивчені фізико-механічні властивості ШСЗ і ПВЕС. Оптимізовані склади модифікованих асфальтобетонів і досліджені їх фізико-механічні властивості. Встановлено, що розроблені склади асфальто-полімербетонних сумішей характеризуються підвищеною ущільненістю в інтервалі температур 70...130 °С, а бетони – підвищеним опором зсуву при високих позитивних температурах (умовна жорсткість при 60 °С 4,6...5,9 кН/мм), підвищеною щільністю, водостійкістю і атмосферостійкістю.

Ключові слова: відходи виробництва, мінеральний порошок, модифіковані асфальтобетони

VITALY BESPALOV, ELDAR GABIDYLIN, VLADISLAV KICHIGIN,
ANDREY KUZMINYKH, ALEXANDER DZYBA, YAROSLAV NOVIKOV
ON THE USE OF INDUSTRIAL WASTE IN THE COMPOSITION OF MODIFIED
ASPHALT CONCRETE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The expediency of use as a mineral powder modified asphalt concrete sludge neutralization stations steel wire – rope plants (SNS) subjected to the surface activation of the polymer containing epoxy resins production waste (PCER), to reduce the dependency of material and raw material resources of road-building organizations. The use of secondary material resources will improve environmental safety due to the reduction of storage space for solid and liquid industrial wastes, and reduce the costs of their maintenance. The physical – chemical properties and SNS PCER. Optimized formulations of modified asphalt concrete and studied their physical – chemical properties. It is found that asphalt compositions designed polymer concrete mixtures characterized by high density in the temperature range 70...130 °C, and concrete – high shear resistance at high temperature positive (notional rigidity at 60 °C 4.6...5.9 kN/mm) high-density, long-term water resistance and atmospheric resistance.

Key words: industrial waste, mineral powder, modified asphalt concrete.

Беспалов Виталий Леонидович – доктор технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: синтез органических вяжущих для производства композиционных дорожно-строительных материалов, используемых при строительстве конструктивных слоев нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной долговечности.

Габидулин Эльдар Ниязович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Кичигин Владислав Юрьевич – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

Кузьминых Андрей Владимирович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

Дзюба Александр Сергеевич – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

Новиков Ярослав Александрович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Беспалов Віталій Леонідович – доктор технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: синтез органічних в'язучих для виробництва композиційних дорожньо-будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг підвищеної довговічності.

Габідулін Ельдар Ніязович – магістрант автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Кичигин Владислав Юрійович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

Кузьмініх Андрій Володимирович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

Дзюба Олександр Сергійович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

Новиков Ярослав Олександрович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Bespalov Vitaly – D. Sc. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: synthesis of organic astringent for a production road-build materials of compositions, used for building of structural layers of non-rigid travelling clothes of highways of the promoted longevity.

Gabidylin Eldar – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.

Kichigin Vladislav – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: application of processed raw materials in road building.

Kuzminykh Andrey – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: application of processed raw materials in road building.

Dzyba Alexander – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: application of processed raw materials in road building.

Novikov Yaroslav – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.

УДК 692.415/43

Н. П. НАГОРНАЯ, В. Н. КИБЗУН

ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского»

**ДЕМОСКОПИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА
РЫНКЕ Г. ДОНЕЦКА**

Аннотация. Демоскопическая оценка кровельных материалов на рынке г. Донецка. Актуальность темы состоит в том, что строительная индустрия развивается быстрыми темпами, с каждым днем появляются все новые технологии и товары для всех этапов строительства. Кровля для любого строения является важнейшим конструктивным элементом. В статье была проведена демоскопическая оценка ассортимента современных кровельных материалов, поступающих на строительный рынок г. Донецка и изучены их потребительские свойства. А также приведены базовые принципы, которыми необходимо руководствоваться при выборе кровельного материала, и сегментированы ценовые ниши с учетом современных и конкурентоспособных материалов для кровли крыш.

Ключевые слова: кровельные материалы, свойства, ассортимент, рынок.

В настоящее время около ста предприятий наладили в Донецкой Народной Республике массовое производство строительных материалов, необходимых для восстановления жилых домов, в том числе кровельных материалов. Строительный рынок республики заметно активизировался и модифицировался. Можно утверждать, что традиционные кровельные материалы вытесняются с рынка новыми, более современными их видами. Во многих сегментах рынка все более прочные позиции занимают отечественные производители, которые по номенклатуре и качеству соответствуют аналогам российским и белорусским производителям.

В целом потребление кровельных материалов складывается как из потребностей обеспечения нового строительства, так и из потребностей поддержания существующего кровельного фонда в рабочем состоянии. Так, на ремонт мягких кровель ежегодно используется более 50 % от общего объема выпуска битумных материалов. Кроме того, в настоящее время подавляющую часть скатных кровель (85 %) составляет старый кровельный фонд.

Сегодня на рынке предлагается большое разнообразие отечественных и зарубежных кровельных материалов. Это, с одной стороны, открывает перед потребителями и проектировщиками возможности соответствия между устройством и проектом, но с другой – затрудняет проблему выбора. К наиболее распространенным кровельным материалам относятся металлические покрытия, керамическая и цементная черепица, асбоцементный и битумный шифер, рулонные битумные материалы, битумные мастики, плиты и черепица (табл. 1).

Таблица 1 – Цены на пользующиеся спросом кровельные материалы

Вид кровельного материалов	Стоимость 1 м ²	Стоимость 1 м ² работ
Ондулин	1 245	1 240
Керамопласт	1 330	1 265
Металлочерепица	1 445	1 270
Гибкая (мягкая черепица)	1 785	1 460
Композитная черепица	2 020	1 345
Цементно-песчаная черепица	1 435	1 390
Керамическая черепица	3 895	1 810

Кровельные материалы должны обладать следующими свойствами:

- прочностью – способностью противостоять действию таких внешних факторов, как порывы ветра, град, сильный дождь, выдерживать вес снега и др.;
- водонепроницаемостью.
- морозостойкостью;
- устойчивостью к агрессивным химическим веществам и различным микроорганизмам;
- звукопоглощением – способностью материала изолировать внутренние помещения здания от проникновения внешних шумов;
- технологичностью, т. е. легкостью в укладке, дальнейшем обслуживании и ремонте.
- долговечностью;
- привлекательностью, эстетичным видом.

Для проектировщиков главное правильно выбрать кровельный материал из современного ассортимента, поступающего на локальный строительный рынок.

Технология современной кровли способна кардинально преобразить классические типы крыш, которые до сих пор используются в строительстве. Современные кровельные материалы для устройства кровли придают традиционной конструкции новые качества. И способны улучшить ее эксплуатационные свойства.

Целью статьи является изучение потребительных свойств и современного ассортимента кровельных материалов, поступающих на строительный рынок г. Донецка.

Строительная индустрия не стоит на месте, с каждым днем появляются все новые технологии и товары для всех этапов строительства. Кровля для любого здания или сооружения является важнейшим конструктивным элементом.

Специалисты выделяют такие классические типы крыш как: плоская; с одним скатом; с двумя скатами (щипцовая); полувальмовая с двумя длинными скатами и двумя короткими треугольными полускатами; вальмовая (или многощипцовая); шатровая; в виде полукруглого купола (купольная); коническая. На рисунке представлены классические типы крыш.

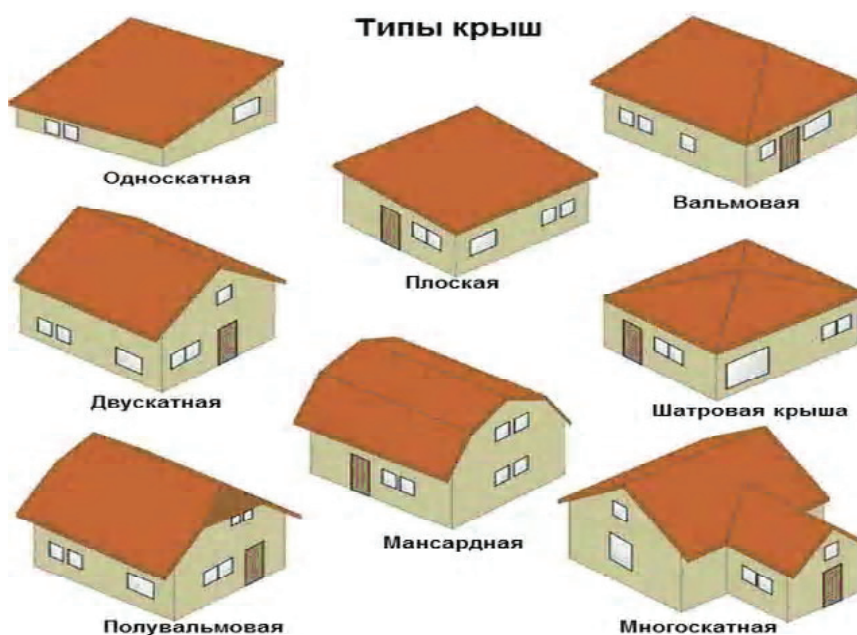


Рисунок – Классические типы крыш.

Современные виды кровли открывают широкие возможности для архитекторов и дизайнеров. В больших городах можно встретить настоящие архитектурные шедевры, созданные на основе таких типов перекрытий [1].

Архитектор должен профессионально определять, какой кровельный материал лучше и использовать в том или ином случае.

Современный ассортимент кровельных материалов можно разделить на группы:

Битуминозные. К этой группе относится большинство кровельных материалов: рулонные самоклеющиеся кровельные материалы и наливные кровли, битумная черепица и полимерные мембраны.

Минеральные. К ним относится искусственная керамика, например керамогранит.

Металлические. металлочерепица, профнастил, плоские и профилированные листы.

Полимерные. Это относительно новый вид кровельных материалов, который на сегодняшний день может предложить рынок. В эту группу включают еврошифер, поликарбонат, оргстекло и композитную черепицу.

Рейтинг кровельных материалов может выглядеть примерно таким образом (табл. 2). Первое место занимают асбоцементные листы, т.е. шифер. Этот материал является не только лидером продаж на рынке кровельных материалов, но и считается доминирующим в устройстве скатных крыш.

Таблица 2 – Доля рынка кровельных материалов в РФ

Класс материалов	Материалы	Рыночная доля, %	Доля в устройстве скатных крыш, %
Рулонные кровли	Битуминозные материалы	38,5	–
Кровли из листовых материалов	Оцинкованный металл (включая профнастил)	10,3	16,8
	Металлочерепица	3,4	5,6
	Асбоцементные листы	44,4	72,2
	Еврошифер и материалы того же класса	2,8	4,5
Кровли из штучных материалов	Битумная черепица	0,1	0,8
	Керамическая черепица	0,1	0,2

На втором месте битумные рулонные материалы, которые стали несомненным лидером плоских крыш. Далее, в убывающем порядке идут оцинкованный металл (в т. ч. профнастил), металлочерепица, еврошифер и другие полимерные материалы. Керамическая и битумная черепица занимает низшую позицию этого рейтинга. В таблице 3 приводятся поставщики кровельных материалов, поступающих на рынок г. Донецка.

Таблица 3 – Поставщики кровельных материалов на рынок г. Донецка

Кровельные материалы	Поставщики
1. Асбоцементные	ООО «Черноморский шифер» (Краснодарский край г. Крымск Россия), ОАО «Белгородасбестоцемент» (БЕЛАЦИ Россия)
2. Битуминозные	ТехноНиколь (Россия), ОАО «Омсккровля», ЗАО «Мягкая кровля» (г. Самара Россия), ЗАО «Многоотраслевая производственная компания «КРЗ» (г. Рязань Россия)
3. Керамические и сланцевые	Braas ДСК-1 (Москва), Немецкая компания MAGOG Schiefer, Балтик Тайл (Россия)
4. Металлические	Завод-производитель «ПРОФНАСТИЛ-ДОНБАСС», Магинвест, Кровля Донецка - ДНР
5. Цементно-волокнистые	АМК-Групп Краснодар, ЗАО «МТИ» – Завод цементно-стружечных плит г. Кострома (Россия)
6. Полимерные	Завод НПК «ЛКМ СССР» г. Самара (Россия), ООО «Асбит Партнер» г. Краснодар (Россия)
7. Подкровельные материалы	«Тверьстеклопластик» Россия, JUTA (Чехия), Tecthoten (Бельгия-Австрия).

Современные рулонные кровельные материалы укладывают в несколько слоев. Сначала прокладывают подложку из беспокровных материалов. Потом применяют материалы с нанесенным на них дополнительным покрытием из тугоплавкого битума, на который нанесена минеральная посыпка. Такие посыпки могут иметь не только разную структуру, но и разный цвет. Они придают эстетичный вид и являются защитным слоем.

Укладку материалов производят на идеально очищенную и предварительно выровненную поверхность. Если имеется старое кровельное покрытие, его необходимо удалить. Если же в качестве основания используется бетонная стяжка, то ее предварительно обрабатывают специальным раствором, связывающим пыль.

Сама укладка производится с применением кровельной газовой горелки методом наплавления. Горелка разогревает нижний слой укладываемого материала, одновременно подогревая поверхность подложки.

Стоит отметить, что современная наплавливаемая рулонная кровля изготавливается на основе синтетических волокон, что обеспечивает им высокую биологическую стойкость и предотвращает гниение. Кроме того, повышенная эластичность, которой обладают рулонные материалы совершенно нового поколения, делает их более выгодными с экономической точки зрения, по отношению к материалам на картонной основе, имеющими не только низкую стоимость, но и большое количество трещин и других дефектов.

Несмотря на то, что у рулонных покрытий не долгий срок эксплуатации, этот материал является незаменимым для устройства плоских и пологих кровель.

Керамические кровельные материалы тоже популярны и пользуются повышенным спросом у покупателей.

Керамическая черепица имеет не только красивый, эстетичный внешний вид и обладает высоким качеством, но и достаточно проста в изготовлении, благодаря чему завоевала признание во всем мире. Керамика, как кровельный материал, применялась еще со времен древнего Египта. С тех пор, как наши предки научились обжигать обычную глину, черепица стала пользоваться популярностью и является лидером по долговечности.

Этот кровельный материал имеет много преимуществ. Керамика обладает повышенной устойчивостью к различным погодным условиям, не деформируется, не трескается при перепаде температур, морозоустойчива, не выгорает и относится к негорючим кровельным материалам.

Это экологически чистый и натуральный материал богат разнообразием форм и цветов, что позволяет его использовать для устройства кровель зданий различных архитектурных стилей.

Но у нее есть тоже свои недостатки. Кровля из керамической натуральной черепицы обладает большой массой, что создает дополнительные нагрузки на несущие конструкции.

К тому же, несмотря на то, что у производителей имеется широкий выбор дополнительных доборных элементов, все равно этот кровельный материал очень сложен по технологии в укладке.

Сегодня рынок предлагает керамические кровельные материалы нового поколения, изготавливаемые по технологии керамогранита – например, ардогресс. Это керамическое покрытие, имитирующее натуральную сланцевую кровлю. Он намного тоньше классической натуральной черепицы, это уменьшает его массу и тем самым может значительно облегчить вес готовой кровельной конструкции.

За последние несколько лет становятся популярными среди потребителей и полимерные кровельные материалы – еврошифер, композитная черепица и поликорбонат. Такие материалы имеют несколько преимуществ:

- легкость, они не создают большой нагрузки на несущие конструкции;
- технологичность, это свойство позволяет уложить кровлю любой формы без особых навыков. Укладка производится обычным для листовых материалов способом по деревянной обрешетке внахлест;
- долговечность;
- низкая стоимость; полимеры находятся в низком ценовом диапазоне не только по себестоимости материала, но и по его укладке и последующем обслуживании.

Сегодня производители предлагают большой выбор металлических кровельных покрытий из стали, меди, цинка и алюминия. Все они отличаются не только внешним видом, но и разным сроком службы. Для увеличения срока службы стального покрытия его покрывают сверху защитной оболочкой, например полиэстером, акрилом или пластизолом, иногда используют минеральную посыпку. Это придает дополнительную акустическую защиту во время дождя, а шероховатая поверхность предотвращает сход снега в зимнее время.

Что же касается медной кровли – это не только наиболее прочный материал, но и очень долговечный. К тому же имеет хорошие технологичные свойства благодаря своей эластичности. Но медь может вступать в реакцию с другими металлами, так что не стоит использовать, например, водосточные желоба, изготовленные из таких металлов, как алюминий, цинк или титан-цинк.

Алюминиевые кровельные покрытия обладают небольшим весом, устойчивы к механическим повреждениям и возможной коррозии. Дополнительное полиэфирное покрытие защищает от негативного воздействия УФ лучей [2].

Современными подкровельными материалами являются не только утеплители, но и ряд пленок различного назначения. Такие материалы несут пароизоляционные, теплоизоляционные и гидроизоляционные функции. Их использование играет важную роль в обеспечении правильного воздухообмена и вывода влаги из подкровельного пространства.

До недавнего времени характерным было использование в качестве подстилающих материалов пергамина и рубероида. Но их недостатком является не только невысокая прочность и недолговечность, но и отсутствие достаточной проницаемости для паров. Ведь под кровлей, в пространстве между теплоизоляцией и защитными материалами, нарушается температурно-влажностный режим кровли, поэтому необходимо выводить водяные пары через подкровельные пленки. Современная подкровельная изоляция – это полиэтиленовые, полипропиленовые, нетканые и в том числе комбинированные материалы. Наиболее эффективно их применение в коттеджном и малоэтажном строительстве при устройстве скатных вентилируемых крыш.

Выбор пленки зависит от многих факторов: это и используемый кровельный материал, и возможность создания воздушного зазора между теплоизоляцией и пленкой и, наконец, ценовые характеристики. На сегодняшний день на отечественном рынке строительных материалов представлены пленки известных марок JUTA (Чехия), Tecthoten (Бельгия-Австрия).

Под так называемые «дышащие» кровельные покрытия (натуральная черепица, Ондулин, Катепал и т. д.) рекомендуется использовать также «дышащую» пленку, например «Ютафол Д 110 Стандарт» и трудногорючий «Ютафол Д 110 Специал», представляющие собой трехслойный материал: арматурная сетка, выполненная из лавсановых полос и двух внешних слоев, изготовленных из полиэтиленовой пленки. Арматурная сетка придает прочность материалу, а двустороннее ламинирование обеспечивает гидроизоляционные свойства. В этом же качестве используется полипропиленовая пленка «Ютафол Д 96 Сильвер». Основной особенностью этой группы материалов является наличие микроперфорации, благодаря которой водяные пары выветриваются. Между пленкой и теплоизоляцией, в зависимости от уклона кровли, обычно предусматривается зазор 2...4 см.

Для кровель из металла специалисты рекомендуют применять другой вид пленки – гидроизоляционную противоконденсатную, например «Ютакон 130, 140». Эти материалы представляют собой полипропиленовые ткани, заламинированные с двух сторон полипропиленовой пленкой, к одной стороне которой присоединен влагопоглощающий нетканый материал – вискоза. Верхнее и нижнее ламинирование обеспечивает гидроизоляционные свойства и паронепроницаемость. Конденсирующаяся влага не стекает на теплоизоляцию и деревянные конструкции кровли, а удерживается в ворсистом слое и выветривается посредством циркуляции воздуха.

Особую группу подкровельных материалов на сегодня составляют супердиффузионные гидроизоляционные мембраны, отличающиеся высокими прочностными характеристиками и высокой паропроницаемостью – до 1 000 г/кв. м. Примером могут служить супердиффузионные мембраны производства фирмы JUTA, различные по плотностям и техническим характеристикам: «Ютавек 85», «Ютавек 95», «Ютавек 115», «Ютавек 135 м или фирмы Tecthoten – «Тектотен Топ 2000».

Эти материалы можно использовать при строительстве с любыми типами теплоизоляции и для всех типов кровельных и стеновых конструкций. Мембраны этой группы монтируются прямо на теплоизоляцию или на другую основу, закрывающую несущую конструкцию крыши. Применяются для сохранения конструкций в сухом состоянии в качестве гидроизоляции. Благодаря высокой паропроницаемости увеличивается выветриваемость водяных паров из внутреннего пространства объекта. Мембраны можно использовать в качестве ветрозащиты в стенах.

В качестве ветроизоляции в стенах можно использовать гидроизоляционную мембрану «Ютавек 80 Ветрозащита», обладающую высокой паропропускной способностью.

Для создания паронепроницаемого барьера на внутренней поверхности теплоизоляции у наклонных и плоских крыш и в случае утепления наружных стен объекта используются пароизоляционные материалы. К этой группе материалов относятся «Ютафол Н 110 Стандарт» и трудногорючий «Ютафол Н 110 Специал», которые препятствуют проникновению водяного пара из внутреннего пространства объекта в теплоизоляцию, что снижает конденсацию воды в слоях теплоизоляции. Следовательно, кровельные и др. конструкции предохраняются от потерь тепла и негерметичности, удерживается тепло во внутренних помещениях объекта, уменьшается воздействие ветра. Подобные материалы используются как для вентилируемых, так и для невентилируемых кровельных конструкций, для наклонных и плоских крыш.

Еще более эффективной пароизоляцией являются фольгированные материалы. К этой группе относятся «Ютафол Н 170 Ал» (JUTA), «Пенофол» («Лит»), «Фольма-ткань» и «Фольма-холст» («Тверьстеклопластик»), которые позволяют отражать часть теплового излучения во внутреннее пространство объекта. Подобные материалы следует устанавливать так, чтобы слой фольги был обращен во внутреннее пространство объекта.

Соединение подкровельных материалов осуществляется при помощи двусторонней самоклеющейся ленты из бутилкаучука. Она обеспечивает воздухо- и паронепроницаемое соединение пленок при вертикальном и горизонтальном нахлесте, служит для присоединения полотнищ к выступающим деталям [3].

Срок службы пленок, благодаря входящим в их состав качественным компонентам, сопоставим со сроком службы кровельных покрытий.

Базовые принципы, которыми необходимо руководствоваться при выборе кровельного материала, следующие:

1. Нагрузка на кровлю. Кроме нормативов осадков, необходимо также учитывать вес кровли (вместе со стропильной системой) и ветровые нагрузки. Чтобы приступить к выбору типа кровли, нужно узнать максимальные показатели нормативов, а также вес всей крыши;
2. Долговечность будущей кровли. Следует учесть еще и такой фактор, как огнестойкость материала. Главное рационально подойти к выбору и покупке кровельного материала. Ведь нецелесообразно покупать самый дорогой материал для какого-нибудь технического помещения или сарая, а вот для покрытия крыши дома не стоит экономить на качественных кровельных материалах;
3. Архитектурное решение кровли. Зависит этот параметр от самого материала (цвет, текстура, форма), однако на крышу легко ляжет не каждая кровля. Существуют свои нормы для некоторых типов кровли (к примеру, процент уклона), по которым и определяется, допустимо или нет применение выбранного материала для покрытия крыши;
4. Соответствие материала общей конфигурации кровли;
5. Соответствие эстетических свойств материала архитектурным требованиям проекта;
6. Соответствие материала экономическим условиям строительства (необходимо учитывать стоимость материала, трудоемкость монтажа, а также трудозатраты, требуемые для изготовления всей конструкции кровли) [4, 5].

Гарантийные сроки службы кровли устанавливаются производителями на кровлю, но только если будут соблюдены все правила транспортировки, монтажа и эксплуатации. Но могут служить многие типы кровли и значительно дольше гарантийного срока:

- металлочерепица – гарантия 5–15 лет (на самом деле 30–50 лет),
- мягкая черепица – 15–20 лет (30–50 лет),
- битумные волнистые листы – 15 лет (15–25 лет),
- шифер (асбестоцемент) – 10 лет (30–40 лет),
- натуральная черепица – 20–30 лет (100–150 лет),
- сланцевая кровля – 30–40 лет (150–200 лет),
- кровельная сталь, фальцевая кровля и профнастил – 15–20 лет (до 50 лет).

В результате было установлено, что кровельные материалы, должны быть не только прочными, но и долговечными, т. е. обладать атмосферостойкостью, теплостойкостью, водостойкостью, коррозионной стойкостью, водонепроницаемостью. Рассмотрен современный ассортимент, ценовая политика отечественных производителей и производителей ближнего и дальнего зарубежья кровельных и подкровельных материалов, поступающих на рынок г. Донецка. Приведены базовые принципы, которыми необходимо руководствоваться при выборе кровельного материала и сегментированы ценовые ниши с учетом современных и конкурентоспособных материалов для кровли крыши.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыженко, В. И. Как строить крышу и настилать кровлю [Текст] / В. И. Рыженко. – М. : Оникс, 2008. – 32 с.
2. Рыженко, В. И. Кровли. Крыши. Мансарды. От выбора материалов до технологии [Текст] / В. И. Рыженко, А. А. Теличко. – М. : Оникс 21 век, Центр общечеловеческих ценностей, 2005. – 272 с.
3. Самойлов, В. С. Крыши и кровли [Текст] / В. С. Самойлов. – М. : Аделант, 2011. – 320 с.
4. Рогожский, В. А. Экспериментальная надежности зданий [Текст] / В. А. Рогожский. – Л. : Стройиздат, 1983. – 95 с.
5. Курякова, Н. Б. Основы проектирования скатных крыш и мансард [Текст] / Н. Б. Курякова, Т. С. Шептуха. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – 75 с.

Получена 11.12.2019

Н. П. НАГОРНА, В. М. КИБЗУН

ДЕМОСКОПІЧНА ОЦІНКА ПОКРІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА РИНКУ

М. ДОНЕЦЬКА

ДО ВПО «Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського»

Анотація. Демоскопічна оцінка покрівельних матеріалів на ринку м. Донецька. Актуальність теми полягає в тому, що будівельна індустрія розвивається швидкими темпами, з кожним днем з'являються все нові технології і товари для всіх етапів будівництва. Покрівля для будь-якої будови є найважливішим конструктивним елементом. У статті була проведена демоскопічна оцінка асортименту сучасних покрівельних матеріалів, що надходять на будівельний ринок м. Донецька і вивчені їх споживчі властивості. А також наведені базові принципи, якими необхідно керуватися при виборі покрівельного матеріалу, і сегментовані цінові ніші з урахуванням сучасних і конкурентоспроможних матеріалів для покрівлі дахів.

Ключові слова: покрівельні матеріали, властивості, асортимент, ринок.

NINA NAGORNAYA, VALENTINA KIBZUN

DEMOSCOPIC ESTIMATION OF COATING MATERIALS ON THE MARKET S
DONETSKA

State Organization of Higher Professional Education «Mikhail Turgan-Baranovsky
Donetsk National University of Economics and Trade»

Abstract. Demoscopic assessment of roofing materials in the market of Donetsk. The relevance of the topic is that the construction industry is developing rapidly, every day there are new technologies and products for all stages of construction. The roof for any building is the most important structural element. The article conducted a demoscopic assessment of the range of modern roofing materials entering the construction market of Donetsk and studied their consumer properties. It also provides the basic principles that must be followed when choosing a roofing material and segmented price niches taking into account modern and competitive materials for roof roofs.

Key words: roofing materials, properties, assortment, market.

Нагорная Нина Павловна – кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Кибзун Валентина Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского». Научные интересы: исследование потребительных свойств одежно-обувных товаров.

Нагорна Ніна Павлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства та експертизи непродовольчих товарів ДО ВПО «Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини у компоненти композиційних матеріалів.

Кібзун Валентина Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства та експертизи непродовольчих товарів ДО ВПО «Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського». Наукові інтереси: дослідження споживчих властивостей одягово-взуттєвих товарів.

Nagornaya Nina – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Commodity Research and Expertise of Non Foodstuff Department, State Organization of Higher Professional Education «Mikhail Turgan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade». Scientific interests: development of effective technologies of processing of technogenic raw material in komponenty of composition materials.

Kibzun Valentina – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Commodity Research and Expertise of Non Foodstuff Department, State Organization of Higher Professional Education «Mikhail Turgan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade». Scientific interests: research of consumer properties clothing – footwear products.

УДК 691.16(043,3)

В. И. БРАТЧУН, В. Л. БЕСПАЛОВ, А. Г. ДОЛЯ, В. П. ДЕМЕШКИН, Н. С. ЛЕОНОВ
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**О ВЛИЯНИИ АКТИВАЦИИ МЕЖФАЗНОГО КОНТАКТА В СИСТЕМЕ
«ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЯЖУЩЕЕ – ПОВЕРХНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОГО
ПОРОШКА» НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА**

Аннотация. На основе методологии системного анализа предложенных физико-химических моделей модифицированных асфальтовязущих веществ и асфальтобетонов с использованием экспериментально-статистического описания разработаны и реализованы новые научнообоснованные технологические решения получения комплексно-модифицированных горячих, литых и щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей для устройства покрытий нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной долговечности, способных противостоять колебности, усталостному разрушению, трещиностойкости и термоокислению. Выполнена комплексная модификация органических вяжущих полимерами термодинамически совместимыми с нефтяными дорожными битумами: бутадиев-метилстирольный каучук СКМС-30 совместно с технической серой; этиленглицидилакрилат Элвалой АМ с катализатором структурирования надмолекулярных образований высокомолекулярных веществ-полифосфорной кислотой ПФК-105. Установлено формирование в битуме пространственной полимерной сетки с расчетным количеством узлов и кинетически гибких цепей из макромолекул и надмолекулярных образований с одновременной поверхностной активацией олигомерами или полимерами минеральных материалов асфальтобетонных смесей.

Ключевые слова: асфальтобетон, нефтяные дорожные битумы, органическое вяжущее, деформационно-прочностные свойства, усталостная долговечность.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Расчетный срок службы покрытий асфальтобетонных дорог I-а и I-б технических категорий до капитального ремонта (10–12 лет) в Донецкой Народной Республике и в России не выдерживается. После пяти лет эксплуатации они нуждаются в капитальном ремонте.

Свойства асфальтобетона – композиционного материала с коагуляционным типом контактов – определяются прежде всего качеством органического вяжущего, рациональным сочетанием типов макроструктуры, мезоструктуры и микроструктуры минерального остова, порового пространства, а также энергией взаимодействия на поверхности раздела фаз «органическое вяжущее – минеральный материал».

Таким образом, необходимо разрабатывать такие способы направленного регулирования структуры и свойств нефтяных дорожных битумов и повышения энергетического взаимодействия на поверхности раздела фаз «органическое вяжущее – минеральный материал», которые бы позволили асфальтобетону, эксплуатируемому в покрытиях нежестких дорожных одежд в климатических условиях и грузонапряженности на автомобильных дорогах Донецкой Народной Республики и в России, эффективно противостоять старению, сдвиговым деформациям, низкотемпературному и усталостному трещинообразованию и циклическим транспортным нагрузкам.

АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Взаимодействие минеральных материалов и органических вяжущих является важнейшим элементом структурообразования в бетонах на органических вяжущих, так как оно, при прочих равных

условиях, определяет прочность и деформативность асфальтобетонов при эксплуатационных температурах, способность их противостоять изменяющемуся влажностному режиму и старению. С целью повышения энергии взаимодействия на поверхности раздела фаз в композиционных строительных материалах поверхность минеральных материалов подвергают активации, используя для этого следующие способы: термические [1] (термическая обработка минеральных материалов при 300...400 °С приводит к дегидратации минералов, увеличению шероховатости поверхности; следствием этого является рост сорбционной емкости минеральных материалов, что сказывается на повышении прочности и коррозионной стойкости композиционного материала); механические [2] (при интенсивном измельчении минеральных порошков, например, в дезинтеграторах [3] разрушение частиц происходит преимущественно по границам скопления примесей и спайности, поэтому поверхности новых частичек обогащаются примесями, дефектами, реакционноспособными радикалами, свободными валентностями); физико-химические (гидрофобизация поверхности минеральных материалов с помощью малых доз органических веществ нефти, битума, дегтей, олигомеров, ПАВ, осуществляемая из раствора при нагреве компонентов асфальтобетона или переводом активатора в газовое состояние с последующей конденсацией на поверхности минеральных материалов. Это обеспечивает молекулярное сродство взаимодействующих компонентов на поверхности раздела фаз, например, «органическое вяжущее – минеральный порошок»); механо-химические [4] (интенсивное диспергирование минерального материала в среде ПАВ, олигомеров, органических вяжущих, полимеров. При механохимической активации возникают реакционноспособные новые поверхности минеральных материалов и радикалы – сорбенты, что приводит к созданию на минеральных частицах первичного контактного слоя высокоструктурированного органического вяжущего, изменяющего свойства прежде всего минерального порошка и получаемых с его использованием бетонов на органических вяжущих повышенной долговечности); электрофизические [5] (контактная электризация, электризация при разбрызгивании, трибоэлектризация и др.). При этом регулируется полярность, заряд, концентрация активных центров в объеме и на поверхности высокодисперсных компонентов композиционных материалов, происходит разделение зарядов на поверхности раздела фаз.

Установлено, что наиболее эффективным способом активации поверхности минеральных материалов бетонов на органических вяжущих является механо-химический [6]. Важнейшими актами, сопровождающими механо-химические процессы при диспергировании минеральных материалов в среде реакционноспособных веществ, являются: возникновение свободных радикалов, изменение поверхностных слоев (аморфизация) и их электризация. Этот способ хорошо вписывается в технологию производства смесей на органических вяжущих, способствует увеличению удельной поверхности минеральных порошков и сохранению ее в процессе хранения, транспортирования и производства бетонных смесей.

Сопоставление свойств неактивированного (известнякового) минерального порошка и активированного (активатор – смесь 2,4 % железной соли органической кислоты и 2,4 % битума БН-III-V к массе МП) показывает, что активированный МП отличается от известнякового МП более низкой пористостью $P_0 = 23,3$ % против 35,4 % неактивированного и меньшей скоростью капиллярного водонасыщения 0,011 мм/мин против 1,13 мм/мин [7]. Асфальтобетон на активированном МП характеризуется меньшим расходом органического вяжущего 4,5 м.ч., чем асфальтобетонная смесь на неактивированном 6,7 м.ч. Предел прочности его при сжатии при 50 °С существенно повышается $R_{50} = 3,3$ МПа против 2,3 МПа. Устойчивость асфальтобетона с использованием активированного минерального порошка, определенная методом Маршалла, составляет 860 кгс, в то время как у асфальтобетона на неактивированном известняковом минеральном порошке – 530 кгс.

Механо-химическая прививка растворов полимеров (карбоксилатные латексы марок СКД – 1 м и СКД-1-6, водные дисперсии резины с различными стабилизаторами, композиции резиновых дисперсий и битума) к поверхности минеральных материалов приводит к повышению прочности асфальтобетонов при высоких температурах, повышает их вязкость, что обеспечивает повышенную термостабильность асфальтобетона. Например, применение активированного минерального порошка (активирующая смесь «битум + дисперсия резины» 1:1) в составе асфальтобетона приводит к росту предела прочности при сжатии при 50 °С от 0,9 до 1,5 МПа, коэффициента водостойкости при длительном водонасыщении от 0,55 до 0,73 и коэффициента морозостойкости после 15 циклов попеременного замораживания-оттаивания от 0,56 до 0,63 [8].

На кафедре автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «ДОННАСА» в период с 1993 по 2018 годы выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований по получению ресурсоэкономичных и технологичных комплексно-модифицированных асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов повышенной долговечности, заключающихся в установлении общих закономерностей

формирования структуры асфальтобетона при модификации олигомерами и полимерами нефтяного дорожного битума и контактной зоны в асфальтовяжущем веществе, и асфальтополимербетоне модифицирующими добавками, которые служат основой для регулирования качества этого материала применительно к условиям эксплуатации, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие Донецкой Народной Республики [9].

Предложены физико-химические модели с экспериментально-статистическим описанием оптимальных структур битумополимерных и битумополимерсерных вяжущих веществ, модифицированных бутадием-метилстирольным каучуком в комплексе с технической серой, этиленглицидилакрилатом совместно с полифосфорной кислотой, обеспечивающих повышенную долговечность асфальтобетона в конструктивных слоях дорожных одежд.

Сформулированы требования к модифицируемой среде – нефтяным дорожным битумам, модификаторам – полимерам и активным дисперсным наполнителям, а также к активаторам поверхности минерального порошка, песка и щебня, структуре битумополимерного вяжущего и комплексно-модифицированного асфальтобетона.

Определены значения показателей химико-минералогического состава и физико-химических свойств модификаторов асфальтобетонов из техногенного сырья, обеспечивающих более низкую ресурсоемкость и экологическую безопасность: шламы нейтрализации травильных растворов сталепроволочно-канатных заводов; полимерсодержащие отходы производства эпоксидных смол; идентифицирован метакрилатный фрагмент этиленглицидилакрилата (Элвалой АМ): молекулярная масса фрагмента $M = 812$; степень полимеризации $n = 10...20$; молекулярно-массовые распределения от $M \approx 8\,000$ до $M \approx 16\,000$.

Выявлены закономерности структурообразования в системах: «нефтяной дорожный битум – бутадием-метилстирольный каучук СКМС-30 – техническая сера»; «нефтяной дорожный битум – этиленглицидилакрилат АМ – полифосфорная кислота ПФК-105»; «нефтяной дорожный битум, модифицированный этиленглицидилакрилатом – шлам станции нейтрализации, поверхностно-активированный полимерсодержащим отходом производства эпоксидных смол».

Определены оптимальные концентрационные отношения в системах: «нефтяной дорожный битум БНД 40/60, БНД 60/90 (100 % м.ч.) – бутадием-метилстирольный каучук СКМС-30 (2...3 % мас.) – техническая сера (25...30 % мас.)»; «нефтяной дорожный битум БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 130/200 (100 % мас.) – этиленглицидилакрилат (2...3 % мас.) – полифосфорная кислота ПФК-105 (0,2...0,3 % мас.)»; на поверхности минерального порошка этиленглицидилакрилата (0,65...0,70 % мас.) – песка (0,65...0,70 % ас.) – щебня (0,65...0,70 мас.).

Установлено, что по атмосферостойкости, сдвигоустойчивости, морозостойкости, усталостной долговечности, в том числе и в агрессивных средах, комплексно-модифицированные асфальтобетоны значительно превосходят традиционные асфальтобетоны, используемые в покрытиях и конструктивных слоях жестких дорожных одежд (ДСТУ Б.В.2.7-119:2011, ГОСТ 9128-2013).

С использованием экспериментально-статистического метода планирования эксперимента установлено, что оптимальная массовая концентрация бутадием-метилстирольного каучука СКМС-30 в битумах III структурно-реологического типа БНД 40/60, БНД 60/90 должна составлять 2...3 % мас., технической серы 25...30 % мас., а массовая концентрация СКМС-30 на поверхности минерального порошка 0,5 % мас. При данных концентрационных отношениях формируется структурный слой модификатора, приводящий к усилению межмолекулярного взаимодействия на поверхности раздела фаз «битумополимерсерное вяжущее – поверхностно-активированный СКМС-30 минеральный порошок». Асфальтополимерсеробетонные смеси отличаются повышенной удобоукладываемостью и уплотняемостью в диапазоне температур 60...130 °С. Асфальтополимерсеробетоны характеризуются широким интервалом вязкоупругого поведения. Температура перехода в вязкотекучее состояние 75 °С, температура стеклования –32,5 °С, устойчивость по Маршаллу 23 кН против 15 кН для традиционного горячего асфальтобетона. Они более долговечны, коэффициент старения при 75 °С и ультрафиолетовом облучении после 2 000 часов прогрева составляет $K_{ст} = 1,25$, для стандартного асфальтобетона $K_{ст} = 1,6$; коэффициент водостойкости после 90 суток водонасыщения $K_{вд} = 0,87$, коэффициент морозостойкости после 100 циклов, $F = 0,83$, для стандартного асфальтобетона $F = 0,41$.

С использованием метода планирования эксперимента оптимизирован состав асфальтополимерсерного вяжущего вещества литой асфальтополимерсеробетонной смеси оптимального состава (массовая концентрация поверхностно-активированного 0,5 % мас. СКМС-30 известнякового минерального порошка 17...18 % мас., битумополимерсерного вяжущего 8,0...9,5 % мас., что обеспечивает подвижность смеси при 150 °С, ОК > 30 мм, глубину погружения штампа при 40 °С, $h < 4$ мм. Для литого асфальтополимерсеробетона предел прочности при изгибе на растяжение при 0 °С, $R_{изг} > 5,6$ МПа,

коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении $K_{\text{вд}} = 1,0$, устойчивость по Маршаллу $R = 21$ кН, коэффициент морозостойкости после 100 циклов $F = 0,85$, коэффициент старения после 2 000 часов прогрева в климатической камере ИП-I при температуре 75°C и ультрафиолетовом облучении $K_{\text{ст}} = 1,23$).

Установлены оптимальные концентрационные отношения в системе «битум БНД 90/130 100 % мас. – этиленглицидилакрилат Элвалой АМ 1,5...2,5 % мас. – полифосфорная кислота ПФК-105 0,2...0,3 % мас.». При концентрации полимерсодержащего отхода производства эпоксидных смол 2,0...2,5 % мас. на поверхности шлама станций нейтрализации травильных растворов сталепроволочно-канатных заводов формируется оптимально-структурированный слой модификатора связанный межмолекулярными, водородными и донорно-акцепторными связями с поверхностью шлама. Модифицированные асфальтобетонные смеси характеризуются повышенной уплотняемостью в интервале $70...130^\circ\text{C}$, а асфальтополимербетон устойчивостью по Маршаллу 19 кН, коэффициентом длительной водостойкости $K_{\text{вд}} = 0,98$, коэффициентом морозостойкости после 100 циклов $F = 0,79$, пределом прочности при сжатии при 50°C $R_{50} = 1,7$ МПа.

Оптимизирован состав комплексно-модифицированного этиленглицидилакрилатом горячего асфальтобетона, содержащего поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидилакрилатом минеральные материалы (щебень, песок, минеральный порошок, мелкозернистый асфальтобетон тип Б) и модифицированный нефтяной дорожный битум (2 % мас. этиленглицидилакрилата совместно с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты). Комплексно-модифицированный этиленглицидилакрилатом асфальтополимербетон характеризуется устойчивостью по Маршаллу, $R = 30$ кН; более высокой устойчивостью к формированию колеи, на 23...36 % меньше, чем немодифицированные асфальтобетоны; водостойкостью после 90 суток водонасыщения – $K_{\text{вд}} = 0,91$; коэффициентом морозостойкости после 100 циклов $F = 0,88$, коэффициентом теплового старения после 2 000 часов (температура прогрева 75°C при ультрафиолетовом облучении) $K_{\text{ст}} = 1,2$).

С использованием методов реологии, ИК-спектроскопии, термогравиметрии, хроматографии, дериватографии, дифференциальной сканирующей калориметрии и электронной микроскопии доказано формирование адсорбционно-сольватных слоев комплексно-модифицированных органических вяжущих (битумополимерсерное вяжущее, нефтяной дорожный битум, модифицированный этиленглицидилакрилатом совместно с полифосфорной кислотой) на поверхности минерального порошка, активированного бутадиен-метилстирольным каучуком или этиленглицидилакрилатом, связанных химическими и межмолекулярными связями с поверхностью частиц активированного МП.

Структурно-упрочненный слой активатора на поверхности минерального порошка способствует усилению межмолекулярного взаимодействия в системе «БПВ – активированный МП» посредством взаимодействия сегментов пластифицированных надмолекулярных образований СКМС-30 и этиленглицидилакрилата с активными центрами аппретированной СКМС-30, ПОЭС поверхности минерального порошка.

Установлено, что в интервале температур от 20°C до минус 10°C усталостная долговечность асфальтобетонов с комплексно-модифицированной микроструктурой значительно выше в сравнении со стандартными асфальтобетонами. Повышение усталостной долговечности в 1,5–2,0 раза наблюдается у асфальтобетона, в котором битум модифицирован 2,0 % мас. этиленглицидилакрилата марки Элвалой АМ+0,2 % мас. ПФК-105, а минеральные материалы поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидилакрилата и в 1,1...1,5 раза у комплексно-модифицированного асфальтобетона, в котором битум модифицирован 2,0 % мас. Бутадиен-метилстирольным каучуком СКМС-30 + 30 % технической серы, минеральный порошок поверхностно-активированный 0,5 % мас. СКМС-30. Наибольшей усталостной долговечностью в условиях агрессивных химических сред (5%-ный раствор соляной кислоты (HCl)) характеризуется литой асфальтополимерсеробетон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бусел, А. В. Интенсивные активационные технологии дорожно-строительных материалов [Текст] / А. В. Бусел // Наука и техника в дорожной отрасли. – 1999. – № 2. – С. 2–24.
2. Мутуль, А. Ф. Гидрофобизация минеральных компонентов строительных материалов на черных вяжущих [Текст] / А. Ф. Мутуль, Г. Г. Беляков. – Рига : Изд-во АН Латвийской ССР, 1975. – 76 с.
3. А.с. СССР 1303584; МКИ4 СОЧВ 26/26. Способ приготовления асфальтобетонной смеси [Текст] / В. И. Соломатов, Я. Н. Ковалев, А. В. Акулич. – № 3877088-29-33 ; заявл. 1985-04-01 ; опубл. 1987-04-15. – Бюл. № 14. – 4 с.
4. Курденкова, И. Б. Механо-химическая модификация минерального материала в асфальтобетоне твердыми полимерами [Текст] / И. Б. Курденкова // Управление структурообразованием, структурой и свойствами дорожных бетонов. – 1983. – С. 61–62.

5. Королёв, И. В. Модель строения битумной плёнки на минеральных зёрнах в асфальтобетоне [Текст] / И. В. Королёв // Известия вузов. Строительство и архитектура, 1981. – № 8. – С. 63–67.
6. Штаркман, Б. П. Пластификация поливинилхлорида [Текст] / Б. П. Штаркман. – М.: Химия, 1975. – 248 с.
7. Гезенцев, Л. Б. Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов [Текст] / Л. Б. Гезенцев. – М.: Стройиздат, 1971. – 256 с.
8. Слепая, Б. М. Модифицирование минеральных порошков латексами и дисперсиями резины [Текст] / Б. М. Слепая // Строительство асфальтобетонных покрытий с применением активированных минеральных материалов: Труды СоюзДорНИИ. – М., 1978. – С. 92–96.
9. Об особенностях формирования граничных слоев на поверхности раздела фаз «минеральный порошок (МП) – модифицированное органическое вяжущее» [Текст] / В. И. Братчун, М. К. Пактер, В. Л. Беспалов, Е. Э. Самойлова // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури, 2003. – Вып. 1(38). – С. 3–8.

Получена 12.12.2019

В. І. БРАТЧУН, В. Л. БЕСПАЛОВ, А. Г. ДОЛЯ, В. П. ДЕМЕШКІН, М. С. ЛЕОНОВ
ПРО ВПЛИВ АКТИВАЦІЇ МІЖФАЗНОГО КОНТАКТУ В СИСТЕМІ
«ОРГАНІЧНЕ В'ЯЖУЧЕ – ПОВЕРХНЯ МІНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКУ» НА
ВЛАСТИВОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. На основі методології системного аналізу запропонованих фізико-хімічних моделей модифікованих асфальтов'язучих речовин і асфальтобетонів з використанням експериментально-статистичного опису розроблені і реалізовані нові науковообґрунтовані технологічні рішення отримання комплексно-модифікованих гарячих, литих і щебеневих-мастикових асфальтобетонних сумішей для влаштування покриттів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг підвищеної довговічності, здатних протистояти колійності, втомному руйнуванню, тріщиностійкості і термоокисленню. Виконано комплексну модифікацію органічних в'язучих полімерами термодинамічно сумісними з нафтовими дорожніми бітумами: бутадієн-метилстирольний каучук СКМС-30 спільно з технічною сіркою; етиленгліцидиакрилат Елвалой АМ з каталізатором структурування надмолекулярних утворень високомолекулярних речовин – поліфосфорною кислотою ПФК-105. Встановлено формування в бітумі просторової полімерної сітки з розрахунковою кількістю вузлів і кінетично гнучких ланцюгів з макромолекул і надмолекулярних утворень з одночасною поверхневою активацією олігомерами або полімерами мінеральних матеріалів асфальтобетонних сумішей.

Ключові слова: асфальтобетон, нафтові дорожні бітуми, органічні в'язучі, деформаційно-міцнісні властивості, втомна довговічність.

VALERY BRATCHUN, VITALY BESPALOV, ANATOLIY DOLYA,
VALENTIN DEMESCHKIN, NIKITA LEONOV
ABOUT THE INFLUENCE OF ACTIVATION OF INTER-PHASE CONTACT IN
THE ORGANIC BINDING SYSTEM – MINERAL POWDER SURFACE ON THE
PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Based on the methodology of a systematic analysis of the proposed physicochemical models of modified asphalt binders and asphalt concrete using experimental – statistical descriptions, new scientifically based technological solutions have been developed and implemented to produce complex – modified hot, cast and crushed stone – mastic asphalt and concrete mixtures for the construction of non-rigid road coatings clothes of high roads with increased durability, able to withstand rutting, fatigue fracture, fracture toughness and thermal oxidation. A complex modification of organic binders with polymers thermodynamically compatible with oil road bitumen was performed: SKMS-30 butadiene methyl styrene rubber together with technical sulfur; ethyleneglycidylacrylate Elwala AM with a catalyst for structuring supramolecular formations of high molecular weight substances – polyphosphoric acid PFK-105. The formation of a spatial polymer network in bitumen with the estimated number of nodes and kinetically flexible chains of macromolecules and supramolecular formations with the simultaneous surface activation of asphalt concrete mixtures with oligomers or polymers of mineral materials was established.

Key words: asphalt concrete, oil road bitumen, organic binder, deformation and strength properties, fatigue life.

Братчун Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химическая механика технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицированных органических вяжущих и комплексного модифицирования структуры бетонов; разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Беспалов Виталий Леонидович – доктор технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: синтез органических вяжущих для производства композиционных дорожно-строительных материалов, используемых при строительстве конструктивных слоев нежестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной долговечности.

Доля Анатолий Григорьевич – кандидат технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

Демешкин Валентин Павлович – старший преподаватель кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Леонов Никита Сергеевич – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Братчун Валерій Іванович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікованих органічних в'язучих і комплексного модифікування структури бетонів; розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Беспалов Віталій Леонідович – доктор технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: синтез органічних в'язучих для виробництва композиційних дорожньо-будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг підвищеної довговічності.

Доля Анатолій Григорович – кандидат технічних наук, професор кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

Демешкін Валентин Павлович – старший викладач кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини у компоненти композиційних матеріалів.

Леонов Микита Сергійович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Bratchun Valery – D. Sc. (Eng.), Professor; the Head of the Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physical and chemical mechanics of technological and lasting road concretes for building of structural layers of non-rigid road coats on the basis of modification of organic astringent and complex microstructure modification of concretes; elaboration of effective technologies of processing of technogenous raw material in to the components of compositional materials.

Bespalov Vitaly – D. Sc. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: synthesis of organic astringent for a production road-build materials of compositions, used for building of structural layers of non-rigid travelling clothes of highways of the promoted longevity.

Dolya Anatoliy – Ph. D. (Eng.), Professor; Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: application of processed raw materials in road building.

Demeschkin Valentin – senior teacher, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies of processing of technogenic raw material in the components of materials of compositions.

Leonov Nikita – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.

УДК 625.856.3

В. В. ГОРЯИНОВ, В. В. КОТЛЯРОВ, В. Н. КУЛИКОВ

ГОУ ВПО «Донецкая национальная академия строительства и архитектуры»

ВЛИЯНИЕ КАТИОННОГО ЛАТЕКСА BUTONAL NS198 НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Аннотация. Асфальтобетонные покрытия автомобильных дорог в процессе их эксплуатации подвергаются физическим, химическим и атмосферным воздействиям. Вследствие влияния внешних факторов происходит разрушение дорожной одежды, что приводит к необходимости проведения ремонтных работ и к снижению безопасности дорожного движения, а также уменьшает расчётный срок службы дорожных покрытий, который, как правило, не соответствует требованиям нормативных документов. Для повышения качества асфальтобетонов в нефтяные дорожные битумы вводят модификаторы, которые способны улучшить свойства асфальтобетонов и позволяют увеличить эксплуатационный срок службы дорожных покрытий. Установлено, что наиболее эффективным типом модификаторов являются термоэластопласты. В данной статье рассмотрено влияние на физико-механические свойства мелкозернистых асфальтобетонов одного из таких модификаторов – катионного латекса Butonal NS198.

Ключевые слова: асфальтобетон, битум, «Бутонал NS198», дорожная одежда, дорожное покрытие.

Использование полимербитумных вяжущих для устройства асфальтобетонных покрытий под тяжелое и интенсивное движение является одним из основных направлений в технологии асфальтобетона [1–5]. По данным Всемирной дорожной Ассоциации в 2008 году в Германии и Франции использовано 800 тыс. тонн, а в США 1,2 млн тонн битумов модифицированных полимерами. При этом доминирующее положение занимают битумы, модифицированные термоэластопластами [4–6].

Исходя из анализа результатов испытаний и сравнительных исследований различных типов модификаторов, установлено, что наиболее эффективным модификатором битумов, является модификатор типа «стирол-бутадиен-стирол» в виде водной дисперсии Бутонал NS198 [7, 8]. Данный катионный латекс обладает целым рядом качеств и свойств, которые выгодно отличают его от других типов модификаторов и способствуют его использованию для получения асфальтобетонов повышенной долговечности, в частности на территории Донецкой Народной Республики и Российской Федерации.

При сравнительном анализе влияния Butonala NS198, Кратона Д и Элвалоа АМ на свойства модифицированных битумов было установлено:

- наибольшую эластичность придают битумам термоэластопласты Butonal NS198 и Кратон Д;
- Butonal NS198 и Кратон Д улучшают низкотемпературные характеристики битумов: в 1,5–4,0 раза повышается дуктильность вяжущих при 0 °С, на 5...7 °С снижается температура хрупкости; введение Элвалоа АМ не изменяет или повышает температуру хрупкости, а также вязкость при 0 °С, что свидетельствует об увеличении вязкости структуры битума, модифицированного Элвалоем АМ;
- катионный латекс Butonal NS198 повышает адгезию битума к минеральным материалам на 95 %, в то время как Элвалоой АМ повышает её на 75 %, а Кратон Д адгезию модифицированного битума не меняет.

Согласно ГОСТ 11501, ГОСТ 11505, ГОСТ 11506, ГОСТ 11507 выполнены исследования влияния Butonal NS198 на свойства асфальтобетонов, полученных с использованием модифицированных битумов латексом Butonal NS198. Как альтернативный способ модификации асфальтобетонных смесей латекс вводился непосредственно в смеситель при производстве асфальтобетонной смеси.

Оценка влияния Butonal NS198 на свойства битумов и асфальтобетонов осуществлялась по таким показателям:

- повышение теплостойкости битумов, которая характеризуется температурой размягчения;
- придание битумам эластичности, склонности к обратимым деформациям, что позволяет работать покрытиям в упругой стадии с минимальными остаточными деформациями без нарушения целостности;
- улучшение низкотемпературного поведения битумов, которое характеризуется снижением температуры хрупкости и повышением дуктильности при 0 °С; повышением прочности, тепло-, морозо- и водостойкости асфальтобетонов, что способствует способности противостоять появлению на покрытиях дорожной одежды колеи, сдвигов, наплывов, выбоин и трещин;
- повышение адгезии битума к минеральным материалам, что характеризуется увеличением поверхности минерального материала, которая осталась покрытой плёнкой битума после кипячения его в воде;
- технологичность, которая определяется минимизацией изменений существующих технологий производства битумополимерных вяжущих и асфальтобетонных смесей.

Результаты испытаний приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Физико-механические свойства мелкозернистых асфальтобетонов на битумах, модифицированных латексом BUTONAL NS198

Наименование показателя	Асфальтобетоны на основе битумов	
	Битум БНД 90/130	Битум БНД 90/130 + 2,5 % Butonal NS198
Средняя плотность, кг/м ³	2 300	2 310
Водонасыщение, %, от объема	2,3	1,1
Набухание, %, от объема	0,5	0,2
Предел прочности при сжатии, МПа:	2,5	4,7
при 50 °С	1,3	2,6
при 0 °С	10,2	8,5
Коэффициент водостойкости	0,89	1,0
Коэффициент длительной водостойкости	0,71	0,96

Таблица 2 – Физико-механические свойства мелкозернистого асфальтобетона, модифицированного латексом BUTONAL NS198

Наименование показателей	Немодифицированного асфальтобетона	Асфальтобетона, модифицированного 3,8 % Butonal NS198
Средняя плотность, кг/м ³	2 370	2 390
Водонасыщение, %, от объема	1,8	0,7
Набухание, %, от объема	0,3	0,1
Предел прочности при сжатии, МПа:		
при 20 °С	3,2	4,9
при 50 °С	1,4	2,4
при 0 °С	5,9	6,1
Коэффициент водостойкости	0,86	1,0
Коэффициент длительной водостойкости	0,72	0,92

Исходя из результатов лабораторных испытаний оптимальное содержание Butonal NS198 составляет 2...3 % в нефтяном дорожном битуме. Время производства битумополимерного вяжущего 1,5–2,0 часа, что аналогично при модификации твёрдыми термоэластопластами; температура производства битумополимерного вяжущего составляет 180 °С.

Butonal NS198 значительно повышает теплостойкость битумов, температура размягчения повышается на 5...9 °С.

Как типичный термоэластопласт, латекс «Butonal NS198» придаёт битумам значительную эластичность (60...70 %), что выгодно отличает его от термопластичных полимеров таких, как Элвалой АМ, Полибилд, Эватан, Лотрил и другие.

«Butonal NS198» улучшает низкотемпературное поведение битумов: в 2–3 раза повышается растяжимость вяжущих при 0 °С, на 4...7 °С снижается температура хрупкости.

В отличие от твёрдых термоэластопластов типа СБС, катионный латекс «Butonal NS198» значительно повышает адгезию вяжущего к минеральным материалам (с 3 до 5 баллов).

Латекс «Butonal NS198» повышает в 2 раза прочность асфальтобетона при 20 и 50 °С, в 2–3 раза уменьшаются показатели водонасыщения и набухания, значительно возрастает водостойкость асфальтополимербетона (коэффициент длительной водостойкости составляет 0,96...1,0).

Применение Butonal NS198 является наиболее целесообразным с технологической точки зрения, потому что:

- в наименьшей степени повышается вязкость битумов, что позволяет производить и укладывать асфальтополимербетонные смеси при более низких температурах, чем при использовании других полимеров;

- «Butonal NS198» можно вводить в битум или в асфальтосмеситель с помощью насоса или форсунки, что значительно проще, чем подача твёрдых полимеров через специальные дозаторы;

- «Butonal NS198» образует с битумами более однородную и стабильную смесь, чем при введении твёрдых полимеров. В последнем случае возможно их всплывание на поверхность битума или оседание на дно, что требует дополнительных мероприятий при перемешивании и хранении вяжущего;

- в сравнении с другими битумополимерными вяжущими битумы, модифицированные «Butonal NS198», характеризуются более высокой седиментационной устойчивостью;

- «Butonal NS198» можно вводить непосредственно в асфальтобетонную смесь во время её производства в асфальтосмесительной установке, избегая этап модификации битума, что обеспечивает значительную экономию энергоресурсов.

Катионный латекс «Butonal NS198» также целесообразно использовать для модификации катионных битумных эмульсий. Латекс Butonal NS198 вводится непосредственно в готовую битумную эмульсию или в водный раствор эмульгатора при их производстве, что невозможно с твёрдыми полимерами. После распада модифицированной эмульсии на поверхности минерального материала остаётся полимербитумное вяжущее, которое по своим свойствам не уступает специально модифицированным битумам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гезенцевей, Л. Б. Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов [Текст] / Л. Б. Гезенцевей. – М. : Стройиздат, 1971. – 256 с.
2. Гоглидзе, В. М. Асфальтобетон в условиях жаркого климата [Текст] / В. М. Гоглидзе // Труды научно-технической конференции ГПИ. – 1970. – Вып. 13. – С. 54–60.
3. Гуц, В. Т. XX Всесвітній дорожній конгрес – основні підсумки : [Текст] / В. Т. Гуц // Автошляховик України, 1995. – № 4. – С. 34–37.
4. Калгин, Ю. И. Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов [Текст] : монография / Ю. И. Калгин. – Воронеж : Изд-во Воронежский гос. архитектурно-строит. ун-т, 2006. – 272 с.
5. Лысихина, А. И. Дорожные покрытия и основания с применением битумов и дегтей [Текст] / А. И. Лысихина. – М. : Автотрансиздат, 1962. – 360 с.
6. Органические вяжущие для дорожного строительства [Текст] / С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, Е. В. Углова, О. К. Безродный. – Ростов-на-Дону : Министерство образования и науки России, 2003. – 428 с.
7. Платонов А. П. Полимерные материалы в дорожном строительстве [Текст] / А. П. Платонов. – М. : Транспорт, 1994. – 280 с.
8. Полимерно-битумные вяжущие материалы на основе СБС для дорожного строительства [Текст] / Л. М. Гохман, Е. И. Гурарий, А. Р. Давыдова, К. И. Давыдова. – 2002. – Вып. 4. – 112 с.

Получена 13.12.2019

В. В. ГОРЯЙНОВ, В. В. КОТЛЯРОВ, В. М. КУЛИКОВ
ВПЛИВ КАТІОНІВ ЛАТЕКСУ BUTONAL NS198 НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Асфальтобетонні покриття автомобільних доріг в процесі їх експлуатації піддаються фізичним, хімічним і атмосферним впливам. Внаслідок дії зовнішніх факторів відбувається руйнування дорожнього одягу, що тягне за собою необхідність проведення ремонту, призводить до зниження безпеки дорожнього руху, а також зменшує розрахунковий термін служби дорожніх покриттів, який часто не

відповідає вимогам нормативних документів. Для підвищення якості асфальтобетону в нафтові дорожні бітуми додають модифікатори, які здатні поліпшувати властивості асфальтобетонів і дозволяють збільшити експлуатаційний термін служби дорожніх покриттів. Визначено, що найбільш ефективним типом модифікаторів є термоеластоласти. У даній статті розглянуто вплив на фізико-механічні властивості дрібнозернистих асфальтобетонів одного з таких модифікаторів: катионного латексу Butonal NS198.

Ключові слова: асфальтобетон, бітум, «Бутонал NS198», дорожній одяг, дорожнє покриття.

VLADISLAV GORYAINOV, VLADIMIR KOTLYAROV, VLADISLAV KULIKOV
INFLUENCE OF BUTONAL NS198 CATION LATEX ON THE PHYSICAL AND
MECHANICAL PROPERTIES OF FINE GRAIN ASPHALT CONCRETE

Donbas National Academy of Construction and Architecture

Abstract. Asphalt concrete pavements of roads during their operation are subjected to physical, chemical and atmospheric influences. Due to the influence of external factors, pavement is destroyed, which entails the need for repairs, reduces road safety, and also reduces the estimated service life of pavements, which often does not meet the requirements of regulatory documents. To improve the quality of asphalt concrete, modifiers are introduced into the oil bitumen that can improve the properties of asphalt concrete and allow to increase the operational life of the pavement. It was determined that the most effective type of modifiers are thermoplastic elastomers. This article discusses the effect on the physical and mechanical properties of fine-grained asphalt concrete of one of such modifiers: Butonal NS198 cationic latex.

Key words: asphalt concrete, bitumen, «Butonal NS198», pavement, road surface.

Горяинов Владислав Витальевич – преподаватель-стажер кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: модификация органических вяжущих и контактной поверхности раздела фаз с целью получения долговечных асфальтобетонов.

Котляров Владимир Владимирович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: модификация органических вяжущих и контактной поверхности раздела фаз с целью получения долговечных асфальтобетонов.

Куликов Владислав Николаевич – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: модификация органических вяжущих и контактной поверхности раздела фаз с целью получения долговечных асфальтобетонов.

Горайнов Владислав Віталійович – викладач-стажист кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: модифікація органічних в'язучих і контактної поверхні розділу фаз з метою отримання довговічних асфальтобетонів.

Котляров Володимир Володимирович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: модифікація органічних в'язучих і контактної поверхні розділу фаз з метою отримання довговічних асфальтобетонів.

Куликов Владислав Миколайович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: модифікація органічних в'язучих і контактної поверхні розділу фаз з метою отримання довговічних асфальтобетонів.

Goryainov Vladislav – lecturer-trainee, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: modification of organic binders and a contact interface to obtain durable asphalt concrete.

Kotlyarov Vladimir – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: modification of organic binders and a contact interface to obtain durable asphalt concrete.

Kulikov Vladislav – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: modification of organic binders and a contact interface to obtain durable asphalt concrete.

УДК 547.541

О. Н. ШЕВЧЕНКО^а, З. З. МАЛИНИНА^а, Ю. Ю. МАЛИНИН^б^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ^б Донецкое областное клиническое территориальное медицинское объединение

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛЫ БЕНЗИЛИДЕНАНИЛИНА С ЕГО СПЕКТРАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Аннотация. В работе осуществлена попытка установить связь электронной структуры молекулы бензилиденанилина с его спектральными характеристиками и возможность использования полученных знаний для интерпретации влияния изменения электронной структуры молекулы (например, введение заместителей) на положение полос поглощения в УФ-спектрах. Эта часть работы открывает возможность целенаправленно вводить заместители в молекулу бензилиденанилина с целью расширения цветовой гаммы азометиновых красителей для бетона. С другой стороны, изменение электронной структуры оказывает влияние на комплексообразующие свойства азометинов, способствуя введению или выведению p -электронов атома азота азометиновой группировки из цепи сопряжения. Для решения этих проблем был проведен расчет низших синглет-синглетных переходов в молекуле бензилиденанилина и его протонированной формы.

Ключевые слова: заместитель, синглет-синглетный переход, изменение распределения электронной плотности, электронные заряды, возбужденное состояние, числа локализации.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Изучение электронной структуры бензилиденанилинов обусловлено новизной теоретических исследований и их практическим значением, в частности полиазометинов, являющихся красителями для бетона и комплексообразователями.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Реакционная способность, синтетические возможности, особенности строения низкомолекулярных азометинов довольно широко изучены для соединений, содержащих азометиновую группировку в цепи сопряжения в водных растворах и водно-органических средах [1–3], так как соединения этого класса находят широкое применение в различных отраслях промышленности: пищевой, строительной, парфюмерной, в медицине и др.

Целью работы является исследование связи электронной структуры молекулы бензилиденанилина при разной степени возмущения с его спектральными характеристиками.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Эксперимент по получению электронных спектров бензилидинанилина и его производных описан в наших предыдущих работах [4–5]. В данной работе представлен расчет изменения энергий при возмущении молекулы азометина введением различных заместителей в разные части молекулы.

С целью выявления связи электронной структуры молекулы бензилиденанилина с его спектральными характеристиками был выполнен расчет энергий низших синглет – синглетных (λ^s) и синглет – триплетных (λ^T) переходов. Энергии нижних синглет-синглетных переходов определялись как собственные числа, а переходные матрицы плотности как собственные векторы матрицы стабильности основного хартри-фоковского состояния, а энергии синглет-триплетных переходов в приближении

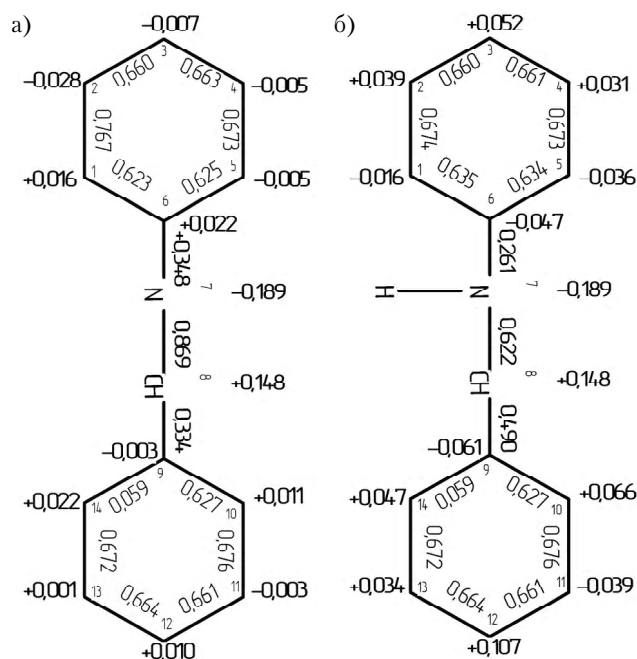


Рисунок 1 – Молекулярные диаграммы молекулы бензилиденанилина (а) и его протонированной формы (б).

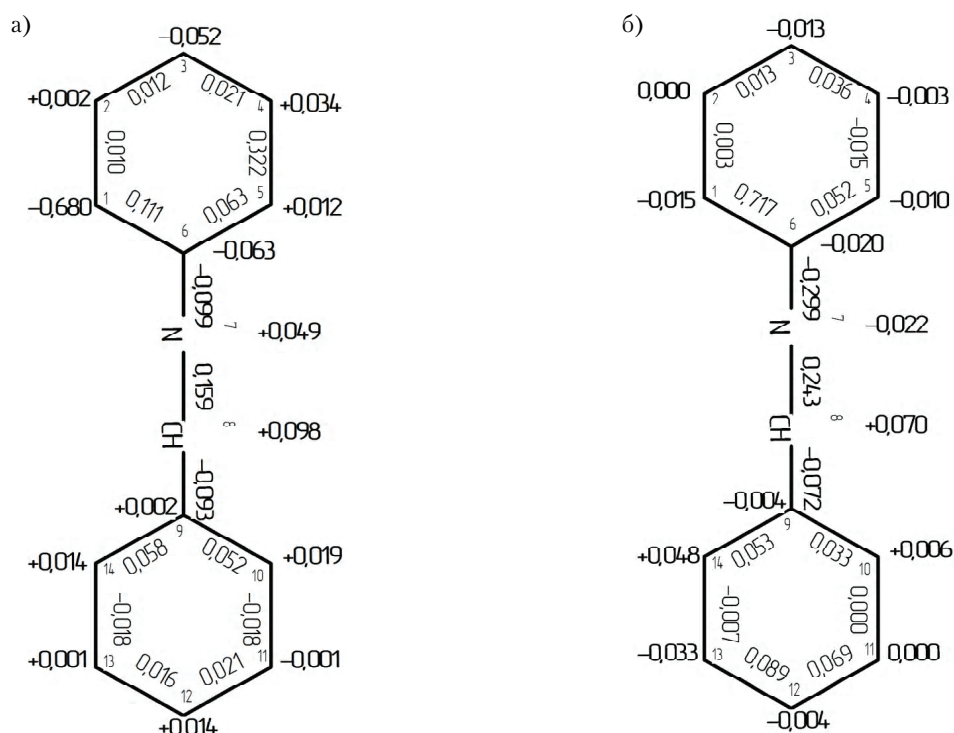
замещенных бензальдегида с ионами Cu^{2+} , действительно в спектрах комплексов появляется новая длинноволновая полоса в районе 440 нм, что отвечает $\lambda = 2,8$ эВ. Как видно из чисел локализации (рис. 2 и 3), представленных на молекулярных диаграммах, первый электронный переход молекулы бензилиденанилина в основном локализован на мета- и орто-атомах анилинового ядра и азометиновом мостике; в катионе первый переход локализован на атомах 4 и 8, а второй на бензольном кольце, соседнем с атомом азота.

Изменение остаточных зарядов молекулы при возбуждении характеризует влияние заместителей на УФ – спектры. Из представленных данных следует, что наиболее сильное влияние на первую

Тамма – Данкова. Вычисленные значения энергий синглетных переходов хорошо согласуются с экспериментальными данными в скобках $\lambda_1^s = 4,21$ (4,07), $\lambda_2^s = 5,30$ (5,40) эВ.

Влияние заместителей на положение полос в спектрах оценивалось на основе изменения распределения электронной плотности незамещенной молекулы при переходе ее в соответствующее возбужденное состояние. Локализация переходов на фрагментах молекул с помощью чисел локализации А. В. Лузанова приведены на рис. 2 и рис. 3 (остаточные π – электронные заряды и порядки связей бензилиденанилина в основном состоянии приведены на рис. 1).

На рис. 3 приведены аналогичные величины для N-протонированной формы. Для последней энергия низших синглет-синглетных переходов составляют 3,03 и 66,17 эВ, т. е. при протонировании наиболее длинноволновая полоса бензилиденанилина должна смещаться в сторону длинных волн, а вторая полоса в сторону коротких волн. Аналогичные результаты должны наблюдаться, по-видимому, и при образовании комплексов. Как видно из спектров (рис. 4 и 5)



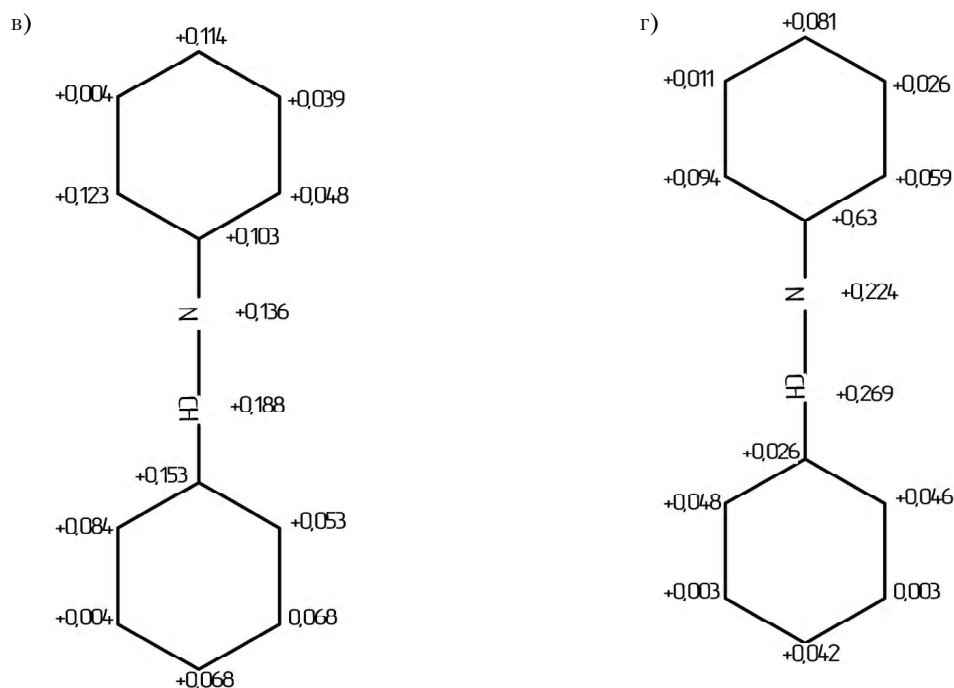
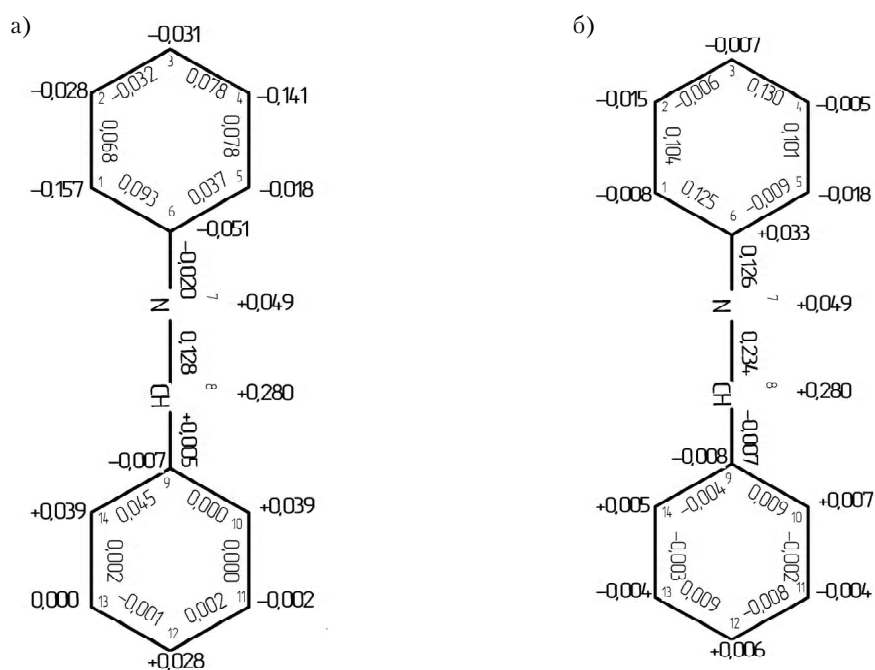


Рисунок 2 – Изменение распределения электронной плотности UD^2 бензилиденанилина при возбуждении в нижнее синглетное состояние «а» и во второе синглетное состояние «б»; числа локализаций D^2 в эти электронные переходы (в S_1 – «в», S_2 – «г»).

полосу поглощения в бензилиденанилине должны оказывать заместители в анилиновом ядре (большее изменение зарядов на атомах при возбуждении молекулы), в то время как на вторую полосу заместители в бензольное ядро. Эти данные отвечают данным эксперимента [6]. Необходимо отметить тот факт, что введение одного и того же заместителя в п – положение анилинового и альдегидного кольца должны сдвигать длинноволновую полосу в различные стороны, а вторую полосу в одну и ту же. Последние выводы не меняются при протонировании молекулы.



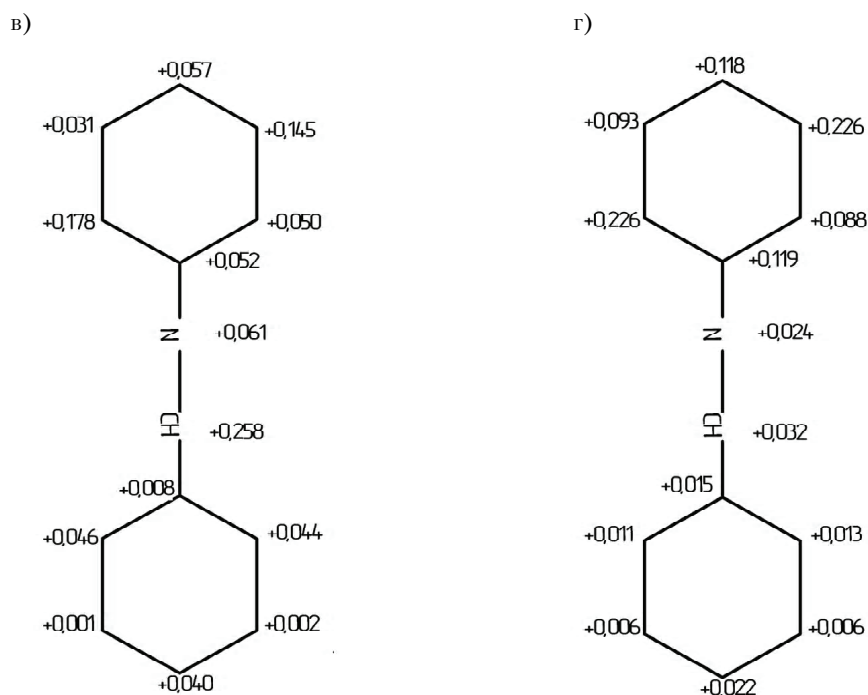


Рисунок 3 – Изменение распределения электронной плотности UD^2 бензилиденанилина при возбуждении в нижнее синглетное состояние «а» и во второе синглетное состояние «б»; числа локализаций D^2 в эти электронные переходы (в S_1 – «в», S_2 – «г») (протонированная форма).

Аналогичные результаты должны наблюдаться, по-видимому, и при образовании комплексов. Как видно из спектров (рис. 4 и 5) замещенных бензальдегида с ионами Cu^{2+} , действительно в спектрах комплексов появляется новая длинноволновая полоса в районе 440 нм, что отвечает $\lambda = 2,82$ эВ.

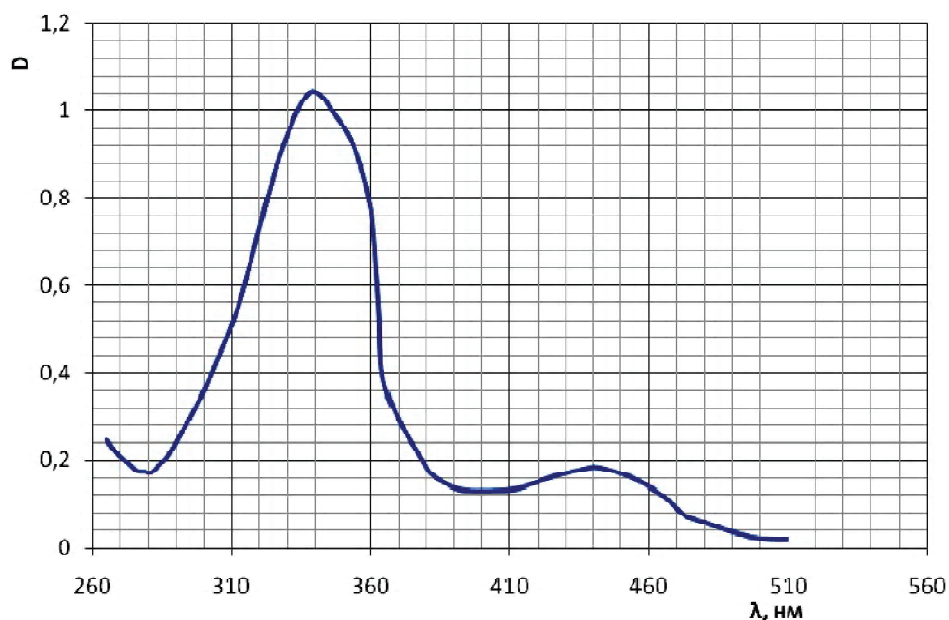


Рисунок 4 – Электронный спектр поглощения низкомолекулярного аналога:
 $CH_3 - CH_2 - C_6H_4 - N = CH - C_6H_4 - N(CH_3)_2$.

Таким образом, на сегодняшний день постоянный интерес исследователей к азометинам обусловлен широким спектром проявляемых свойств. Применение различных теоретических (квантово-

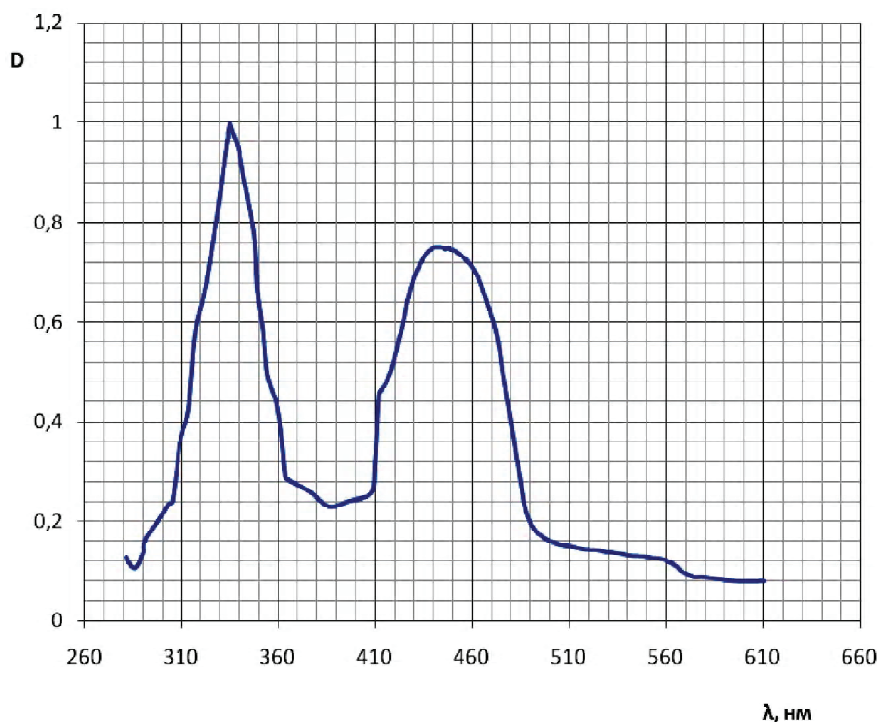


Рисунок 5 – Электронный спектр поглощения комплекса полимера:
 $\text{—CH}_2\text{—CH—C}_6\text{H}_4\text{—N=CH—}$ с ионами Cu^{2+} .

химических расчетов, моделирования молекулярной динамики, виртуального скрининга) и экспериментальных методов исследования являются своего рода гарантом успешного изучения данного класса соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корнилаева, Ю. А. Синтез оснований Шиффа и моделирование реакции их получения [Текст] : дис. канд. хим. наук : 02.00.03 / Корнилаева, Юлия Анатольевна. – Уфа, 2009. – 198 с.
2. Квантово химическое исследование образования комплексов ароматических оснований Шиффа с цинком [Текст] / Р. И. Махмутова, И. В. Вакулин, Р. Ф. Талипов, Э. М. Мовсумзаде // Башкирский химический журнал. – 2004. – Т. 11, № 4. – С. 5–9.
3. Безуглый, В. Д. Азотетины, свойства, применение [Текст] / В. Д. Безуглый, А. Д. Тарновский, Д. А. Жданов. – Ростов на Дону : изд во Ростовского ун та, 1967. – 115 с.
4. Малинина, З. З. Количественные закономерности и механизм образования бензилиденанилинов в органических растворителях [Текст] : дис. канд. хим. наук : 02.00.03 / Зинаида Захаровна Малинина. – Донецк : ИнФОРУ им. Литвиненко НАН Украины, 1991. – 190 с.
5. Малинина, З. З. Определение физико-химических свойств бензилиденанилинов и их полимерных аналогов в органическом растворителе [Электронный ресурс] / З. З. Малинина, О. Н. Шевченко, Ю. Ю. Малинин // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2019. – Вып. 2019-1(135) Современные строительные материалы. – С. 36–41. – Режим доступа : [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2019/vestnik_2019-1\(135\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2019/vestnik_2019-1(135).pdf).
6. Безуглый, В. Д. Изучение полярографическим методом реакции взаимодействия анилина с бензальдегидом и его производными [Текст] / В. Д. Безуглый, В. Н. Дмитриева, Л. В. Скворцова // Кинетика и катализ. – 1965. – Т. 1V, № 4. – С. 737–740.

Получена 16.12.2019

О. М. ШЕВЧЕНКО ^a, З. З. МАЛІНІНА ^a, Ю. Ю. МАЛІНІН ^b
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ЕЛЕКТРОННОЇ СТРУКТУРИ МОЛЕКУЛИ
БЕНЗИЛІДЕНАНИЛІНУ З ЙОГО СПЕКТРАЛЬНИМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

^a ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^b Донецьке
обласне клінічне територіальне медичне об'єднання

Анотація. У роботі здійснена спроба встановити зв'язок електронної структури молекули бензиденаніліну з його спектральними характеристиками з метою виявлення можливості використання отриманих знань для інтерпретації впливу зміни електронної структури молекули (наприклад введення замісників) на становище смуг поглинання в УФ-спектрах. Ця частина роботи відкриває можливість цілеспрямовано вводити замісники в молекулу бензиденаніліну з метою розширення колірної гами азометинових барвників для бетону. З іншого боку, зміна електронної структури впливає на комплексоутворювальні властивості азометинів, сприяючи введенню чи виведенню п-електронів атома азоту азометинового угруповання з ланцюга сполучення. Для вирішення цих проблем було проведено розрахунок нижчих синглет-синглетних переходів в молекулі бензиденаніліну та його протонованої форми.

Ключові слова: заступник, синглет-синглетний перехід, синглет-триплетний перехід, зміна розподілу електронної щільності, електронні заряди, збуджений стан, числа локалізації.

OLGA SHEVCHENKO ^a, ZINAIDA MALININA ^a, YURIY MALININ ^b
INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP OF THE ELECTRONIC
STRUCTURE OF A BENZYLIDENEANILINE MOLECULE WITH ITS SPECTRAL
CHARACTERISTICS

^a Donbas National Academy of Construction and Architecture, ^b Donetsk Regional Clinical
Territorial Medical Association

Abstract. In this work an attempt had been made to link the electron structure of the benzylideneaniline molecule to its spectral characteristics and to make possible using the findings to interpret the effect of the changes in the electron structure of the molecule (e.g. the introduction of substitutes) on the position of absorption bands in the UV spectrum. This part of the work provides an opportunity for purposeful substitutes' introducing into the benzylideneaniline molecule in order to expand the color range of azomethine dyes for concrete. On the other hand, the change in the electron structure has an effect on the complexing properties of azomethine, contributing to the introduction or removal of the n-electrons of the nitrogen atom of the azomethine group from the coupling chain. To solve these problems, the lowest singlet-singlet transitions in the benzylideneaniline molecule and its protonated form were calculated.

Key words: substitute, singlet-singlet transition, singlet-triplet transition, change in the distribution of electron density, electronic charges, excited state, localization numbers.

Шевченко Ольга Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: теоретические и экспериментальные исследования физико-химических свойств и химических превращений органических соединений, используемых в строительстве; синтез низко- и высокомолекулярных соединений, содержащих ингибирующие группы.

Малинина Зинаида Захаровна – кандидат химических наук, доцент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: теоретические и экспериментальные исследования физико-химических свойств и химических превращений органических соединений, используемых в строительстве; синтез низко- и высокомолекулярных соединений, содержащих хромофорные группы.

Малинин Юрий Юрьевич – кандидат медицинских наук, врач высшей категории Донецкого клинического территориального медицинского объединения. Научные интересы: теоретические и экспериментальные исследования совокупности факторов (в частности, химических), влияющих на образование раковых опухолей.

Шевченко Ольга Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної хімії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: теоретичне та експериментальне дослідження фізико-хімічних властивостей та хімічних перетворень органічних сполук, що використовуються у будівництві; синтез низько- і високомолекулярних сполук, що містять інгібуючі угруповання.

Малініна Зінаїда Захарівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри прикладної хімії ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: теоретичні та експериментальні дослідження фізико-хімічних властивостей і хімічних перетворень органічних сполук, що використовуються в будівництві; синтез низько- і високомолекулярних сполук, що містять хромофорні угруповання.

Малінін Юрій Юрійович – кандидат медичних наук, лікар вищої категорії Донецького клінічного територіального медичного об'єднання. Наукові інтереси: теоретичне та експериментальне дослідження сукупності факторів (зокрема, хімічних), що впливають на утворення ракових пухлин.

Shevchenko Olga – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Applied Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: theoretical and experimental research of physicochemical properties and chemical transformations of organic compounds used in civil engineering; synthesis of low-molecular and high-molecular compounds including inhibitory groups.

Malinina Zinaida – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Applied Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: theoretical and experimental research of physico-chemical properties and chemical transformations of organic compounds used in civil engineering; synthesis of low-molecular and high-molecular compounds, which includes chromophoric groups.

Malinin Yuriy – Ph. D. (Medical Sciences), doctor of the highest category of the Donetsk Regional Clinical Territorial Medical Association. Scientific interests: theoretical and experimental investigations the combination of factors (eg, chemical) that affect the formation of cancerous tumors.

УДК 692:725.742

В. А. МАЗУР, Е. И. НОВИЦКАЯ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ВНУТРЕННЕГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО КОНТУРА ИЗ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ЗДАНИЙ КРЫТЫХ БАССЕЙНОВ

Аннотация. Усовершенствование нормативных требований по проектированию теплоизоляции зданий привело к тому, что в настоящее время необходима модернизация существующих и изменение классических проектных решений зданий крытых бассейнов с целью повышения их энергоэффективности. Внутренний теплоизоляционный контур позволяет защитить ограждающие конструкции от негативного влияния повышенной влажности, поступающей из помещения ванного зала, а также позволяет снизить расход электроэнергии на поддержание комфортных условий в помещении ванного зала зданий крытых бассейнов. В работе рассмотрены конструктивные особенности устройства внутреннего теплоизоляционного контура из сэндвич-панелей для зданий крытых бассейнов и разработаны основные конструктивные узлы.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, здания крытых бассейнов, внутренний теплоизоляционный контур, сэндвич-панели, конструктивные решения.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В настоящее время большое внимание уделяется повышению энергоэффективности зданий и теплотехнических показателей ограждающих конструкций [1, 2]. Чаще всего здания крытых бассейнов отличаются низкими показателями теплозащиты и, следовательно, повышенным расходом тепловой энергии на поддержание определенных комфортных условий, а именно поддержание необходимой температуры воды и воздуха, влажности помещения, вентиляции и других параметров. Энергетические затраты на обслуживание бассейнов превышают нормативные показатели по удельному расходу тепловой энергии. В связи с этим одной из основных задач является разработка новых конструктивных решений и технологий, обеспечивающих повышение тепловой защиты зданий крытых бассейнов и понижение энергопотребления. Существенное влияние на удельные теплопотери в здании бассейна оказывают объемно-планировочные и конструктивные решения.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ нормативной документации [3], а также технической документации, публикаций и исследований [4, 5, 6] позволил выявить, что наиболее широкое распространение получили конструктивные решения по устройству внешней теплозащитной оболочки здания (штукатурный фасад и навесной вентилируемый фасад). Тем самым теплоизоляция внутри помещения изучена в меньшей степени.

При проектировании ограждающих конструкций зданий бассейнов необходимо уделять особое внимание удалению излишней влаги в строительных конструкциях, оказывающее негативное воздействие в процессе их эксплуатации и ускоренный износ конструкций. Устройство внутреннего теплоизоляционного контура (ВТК) [7] для зданий крытых бассейнов позволяет решить эту проблему с учетом влажного режима эксплуатации.

ЦЕЛИ

Разработка основных конструктивных узлов при устройстве внутреннего теплоизоляционного контура из сэндвич-панелей для зданий крытых бассейнов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В качестве объекта исследования в работе выбран наиболее распространённый вариант «Крытый бассейн с ванной 25,0×8,5 м и детской ванной 10×6 м». Проектом предусмотрено устройство кирпичных стен из красного полнотелого кирпича толщиной 510 мм. Межосевое расстояние в осях Е–И (помещение ванного зала) составляет 12 000 мм. Поперечный разрез здания крытого бассейна показан на рис 1.

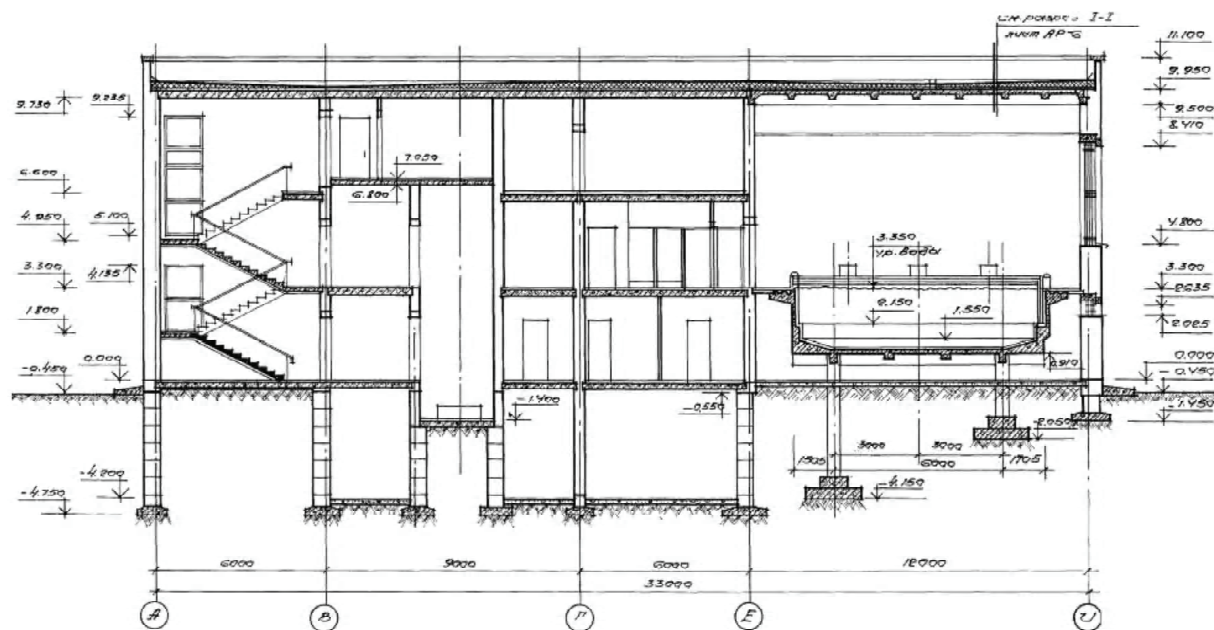


Рисунок 1 – Поперечный разрез здания крытого бассейна.

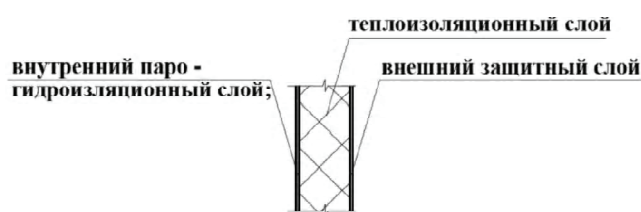


Рисунок 2 – Схема устройства внутреннего теплоизоляционного контура.

Рациональность устройства внутреннего теплоизоляционного контура подтверждается на основе [7] и теплотехнических расчетов. В данной работе в качестве возможного варианта рассмотрен один из способов устройства ВТК с применением сэндвич-панелей заводского изготовления. Внутренний теплоизоляционный контур состоит из следующих основных слоев (рис. 2): внутреннего парогидроизоляционного слоя; теплоизоляционного слоя; внешнего защитного слоя.

Следует отметить, что конструктивное решение ограждающих конструкций зданий крытых бассейнов с устройством теплоизоляционного контура предполагает изменение архитектурно-конструктивных решений – увеличение ширины межосевого расстояния. Это связано с тем, что согласно нормативным требованиям по проектированию бассейнов [8] обходные дорожки должны иметь ширину не меньше 1 500 мм, что вынуждает увеличить суммарно межосевое расстояние на толщину устройства внутреннего теплоизоляционного контура (ВТК). Поэтому межосевое расстояние увеличено на 200 мм и составляет соответственно 12 200 мм (рис. 3).

Естественное освещение в принятом проектом решении обеспечивается при помощи зенитных фонарей. При меньшей площади устройства, зенитные фонари обладают способностью пропускать больше солнечного света, нежели большие площади оконных проемов. Устройство зенитных фонарей

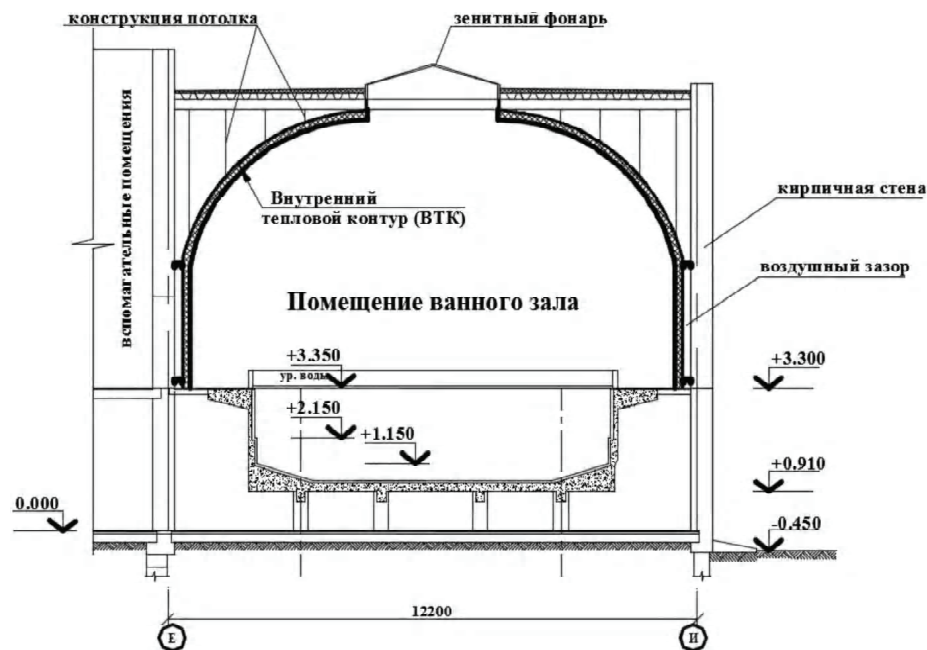


Рисунок 3 – Увеличение ширины межосевого расстояния на 200 мм.

позволяет в летнее время дополнительно проветривать помещение ванного зала зданий крытых бассейнов.

Устройство примыкания конструкции ВТК к зенитным фонарям предполагает выполнение дополнительной изоляции вертикальной поверхности (рис. 4).

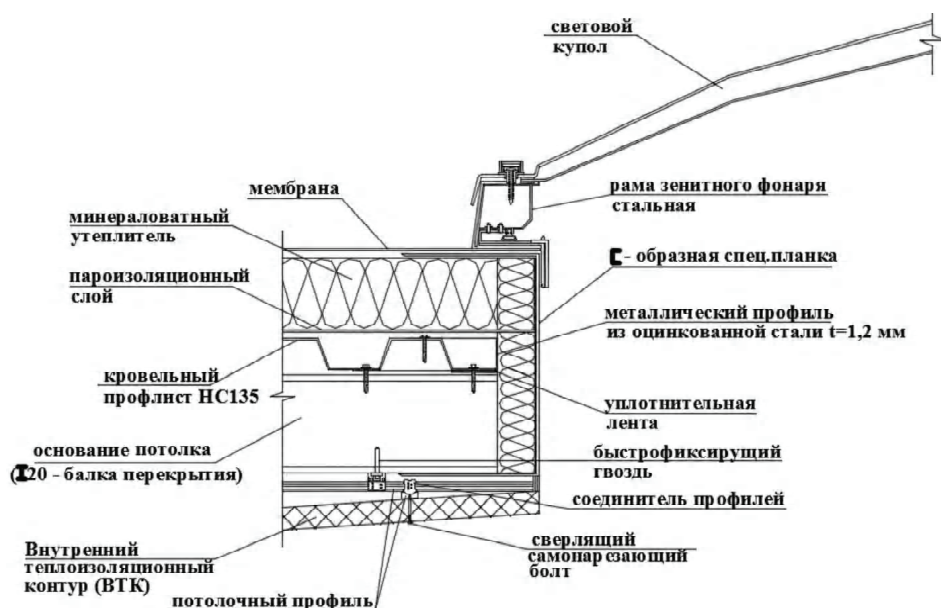


Рисунок 4 – Конструктивное решение устройства зенитного фонаря.

При устройстве внутреннего теплоизоляционного контура (ВТК) из сэндвич-панелей заводского изготовления возможно два варианта расположения панелей: горизонтальное (рис. 5) и вертикальное (рис. 6).

После установки панелей необходимо тщательно уплотнить все стыки. При заполнении следует добиваться максимальной плотности, во избежание движения воздуха сквозь стыки.

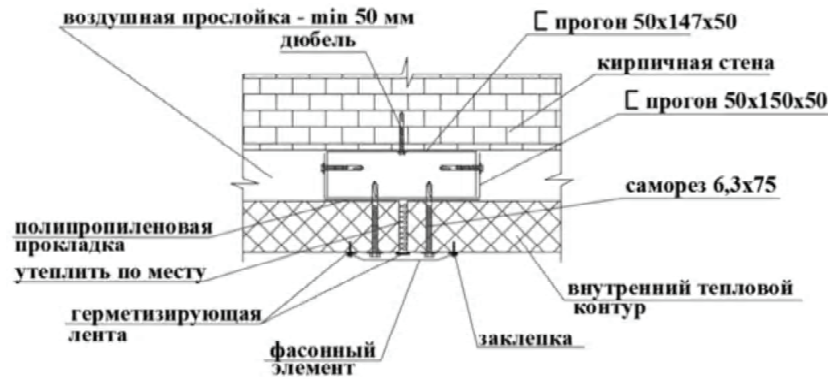


Рисунок 5 – Горизонтальное расположение сэндвич-панелей.

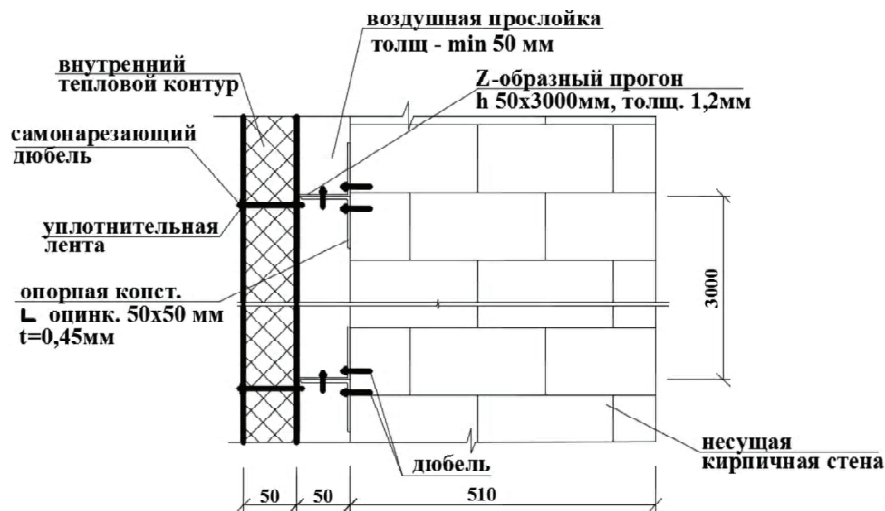


Рисунок 6 – Вертикальное расположение сэндвич-панелей.

Для обеспечения лучшей герметизации примыкания внутреннего теплоизоляционного контура из сэндвич-панелей к основанию пола необходимо сэндвич-панель заглубить минимум на 30 мм в конструкцию пола (рис. 7). Это позволяет дополнительно минимизировать потери теплоты.

Внутренний теплоизоляционный контур (ВТК) возможно выполнять различной формы и конфигурации (арочная, прямоугольная и др.). Принятая в работе арочная форма ВТК позволяет снизить теплопотери и соответственно сократить затраты на отопление.



Рисунок 7 – Примыкание внутреннего теплового контура в конструкцию пола.

Согласно нормативному источнику [8] ограждающие конструкции зданий и помещений с влажным и мокрым режимом должны быть без замкнутых воздушных прослоек. Таким образом, при устройстве ВТК выполнено устройство вентилируемой воздушной прослойки (рис. 3) в соответствии с расчетом. При таком конструктивном решении повышенное влагонакопление выводится за счет свободной конвекции потока воздуха, в результате чего способствует нормализации влажностного режима ограждающей конструкции.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Применяемые сэндвич-панели при устройстве ВТК позволяет сократить теплопотери; оградить и защитить ограждающие конструкции и другие помещения от негативного воздействия воздушного пространства в помещениях с мокрым и влажным режимом; обеспечивает долговечность конструкций; устройство внутреннего теплоизоляционного контура возможно как при реконструкции, так и для нового строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель [Текст]. – Замість СНиП II-3-79 ; надано чинності 2006-09-09. – К. : Мінбуд України, 2006. – 71 с.
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий [Текст] : актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 ; введ. 2013-07-01. – М. : Минрегион России, 2012. – 95 с.
3. ДБН В.2.6-33:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації [Текст]. – Вводяться вперше ; надано чинності 2009-07-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 21 с.
4. Гагарин, В. Г. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором [Текст] / В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, Е. Ю. Цыкановский // АВОК. – 2004. – № 2. – С. 20–26.
5. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / Под. ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. – 5-е изд., пересмотр. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2006. – 250 с.
6. Перехоженцев, А. Г. Теоретические основы и методы расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций зданий [Текст] / А. Г. Перехоженцев ; Волгогр. гос. ар-хит.-строит. ун-т. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2008. – 212 с.
7. Новицкая, Е. И. Перспективы устройства внутреннего теплового контура в зданиях крытых бассейнов [Текст] / Е. И. Новицкая // Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения : материалы IX Международной научно-практической конференции (12–15 марта 2019 г., Томск) : в 2 ч. Ч. 2 / под ред. Т. Ю. Овсянниковой, И. Р. Салагор. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2019. – С. 715–720.
8. СП 31-113-2004 Свод правил по проектированию и строительству. Бассейны для плавания [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2004-04-23 / СПб ГАФК Росспорта и ФГУП «Научно-проектный институт учебно-воспитательных, торгово-бытовых и досуговых зданий». – М. : Госстрой РФ, 2005. – 76 с.

Получена 17.12.2019

В. О. МАЗУР, О. І. НОВИЦЬКА
 КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЛАШТУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО
 ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО КОНТУРУ З СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ БУДИНКІВ
 КРИТИХ БАСЕЙНІВ
 ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Удосконалення нормативних вимог з проектування теплоізоляції будівель сприяло тому, що на сьогодні необхідна модернізація існуючих і змінення класичних проектних рішень будівель критих басейнів з метою підвищення їх енергоефективності. Внутрішній теплоізоляційний контур дозволяє захистити огорожувальні конструкції від негативного впливу більш високої вологості, що надходить з приміщення ванного зали, а також дозволяє зменшити витрати електроенергії на підтримання комфортних умов у приміщенні ванної зали будівель критих басейнів. В роботі розглянуті конструктивні особливості облаштування внутрішнього теплоізоляційного контуру із сендвіч-панелей для будівель критих басейнів і розроблені основні конструктивні вузли.

Ключові слова: огорожувальні конструкції, будівля кривих басейнів, внутрішній теплоізоляційний контур, сендвіч-панелі, конструктивні рішення.

VICTORIA MAZUR, ELENA NOVITSKAYA
DESIGN FEATURES OF THE DEVICE OF AN INTERNAL HEAT-INSULATING
CONTOUR FROM A SANDWICH PANELS FOR BUILDINGS OF INDOOR POOLS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Improvement of regulatory requirements for the design of thermal insulation of buildings has led to the fact that currently it is necessary to modernize existing and change the classic design solutions of indoor swimming pools to increase their energy efficiency. The internal heat-insulating circuit allows protecting walling from the negative influence of increased humidity coming from the room of the bathroom, and also reduces the energy consumption to maintain comfortable conditions in the bathroom of the hall of indoor swimming pools. The design features of the device of the internal heat-insulating circuit of the sandwich panels for buildings of indoor pools are considered, and the main structural units are developed.

Key words: envelopes structures, buildings of indoor pools, internal thermal insulation loop, sandwich panels, structural solutions.

Мазур Виктория Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование конструктивно-технологических решений по устройству и капитальному ремонту ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Новицкая Елена Ивановна – аспирант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: устройство и реконструкция ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Мазур Вікторія Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації в будівництві ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: удосконалення конструктивно-технологічних рішень по влаштуванню і капітальному ремонту огорожувальних конструкцій будівель і споруд.

Новицька Олена Іванівна – аспірант кафедри технології і організації в будівництві ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: улаштування та реконструкція огорожувальних конструкцій будівель та споруд.

Mazur Victoria – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improvement of structural and technological solutions for the arrangement and overhaul of building envelopes of buildings and structures.

Novitskaya Elena – graduate student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: installation and reconstruction of building envelopes of buildings and structures.

УДК 693.552

Т. П. КИЦЕНКО, Д. С. ОМЕЛЬЯНОВИЧ

ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ БЕТОННОГО ЛОМА В ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНАХ

Аннотация. Приведены результаты исследований по использованию в строительстве лома тяжелых бетонов. Определены основные показатели качества щебня, полученного путем дробления лома бетонов. Установлено, что показатели полученного щебня из бетонного лома удовлетворяют требованиям нормативных документов и позволяют использовать техногенный бетон повторно. Исследованы свойства тяжелых бетонов с различным содержанием бетонного лома в качестве крупного заполнителя. Заполнитель из бетонного лома можно использовать в бетонах до класса В22,5 (согласно марке по дробимости М600), до 60 % заменяя природные минеральные материалы вторичным сырьем. Показано, что введение бетонного лома позволяет получать бетоны, свойства которых соизмеримы с традиционным бетонам с использованием гранитного щебня. Применение лома тяжелого бетона позволит перейти на практически безотходную технологию производства железобетонных конструкций.

Ключевые слова: бетон, лом тяжелого бетона, щебень, вторичный заполнитель, дробление, прочность.

ВВЕДЕНИЕ

Бережное и рациональное использование природных ресурсов в настоящее время приобретает особое значение. Решение этой актуальной народнохозяйственной проблемы предполагает разработку эффективных безотходных технологий за счет комплексного использования сырья, что одновременно приводит и к ликвидации огромного экологического ущерба, оказываемого «кладбищами» отходов. Само понятие «отходы производства и потребления» для многих материальных продуктов становится условным. Они превращаются в ценное, порой даже дефицитное сырье.

В то же время многие отходы промышленности и городского хозяйства, представляющие большой практический интерес, остаются недостаточно востребованными по разным причинам. В этом плане обоснование возможных направлений применения отходов и достигаемого при этом эффекта имеет важное значение.

Для уменьшения влияния отходов строительной индустрии на окружающую среду определены области, в которых целесообразно использовать материал повторно. Одним из направлений является применение лома бетона в качестве заполнителя цементобетонных смесей [1, 2].

Литературный обзор экспериментальных данных по применению вторичного щебня из дробленого бетона в цементобетонных композициях свидетельствует о неоднозначности, а чаще всего об ухудшении свойств таких бетонов. Это напрямую связано с низкими характеристиками, прежде всего прочностью вторичного щебня. Причина низкой прочности вторичного щебня, получаемого по традиционной технологии, – содержание в его составе значительного объема цементного камня, который имеет прочность в два-три раза ниже, чем крупный заполнитель. В то же время известно, что многостадийное дробление позволяет повысить характеристики заполнителя, однако приводит к образованию большого объема мелких фракций, состоящих преимущественно из частиц цементного камня [3]. Использование бетонного лома после многостадийного дробления позволяет значительно повысить свойства бетонов [1, 2, 4].

Целью исследований является определение свойств широко распространенных тяжелых бетонов класса В15 с различным количеством введенного бетонного лома взамен гранитного щебня.

Для проведения экспериментальной части исследования были отобраны бетонные изделия, находившиеся под влиянием окружающей среды от 5 до 10 лет.

После визуального осмотра и исключения изделий, содержащих шлаковые составляющие, отобранные образцы были разрушены на гидравлическом прессе до фракции 70...140 мм.

По результатам литературного обзора для получения щебня бетонного лома принято трехстадийное дробление. Это позволяет минимизировать содержание цементного камня на поверхности зерен щебня. Дробление проводилось в стационарной щековой дробилке. Полученный материал был просеян на стандартном наборе сит для отделения необходимой щебеночной фракции и отсева дробления – мелкозернистой фракции.

По зерновому составу крупный заполнитель из лома бетонов вполне соответствует требованиям, предъявляемым к крупному заполнителю, и характеризуется следующими свойствами:

- марка по дробимости – М600;
- содержание пылевидных частиц – 2,2 %;
- содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы – 16 % по массе;
- влажность – 0,3 %.

Таким образом установлено, что показатели качества полученного щебня из бетонного лома удовлетворяют требованиям нормативных документов [5]. Это позволяет использовать материал вторично [6].

Для исследований принят тяжелый бетон класса В15 (М200), состав которого был рассчитан методом абсолютных объемов, предложенным проф. Б. Г. Скрамтаевым [7]. Состав бетона приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Расход компонентов на 1 м³ для изготовления тяжелого бетона класса В15

№	Наименование материала	Ед. изм.	Расход на 1 м ³
1	Цемент М500	кг	288
2	Щебень	кг	1 262
3	Песок	кг	626
4	Вода	л	171
5	Добавка С-3	кг	2,88

В ходе расчетов принято решение для определения влияния количества введенного лома взамен гранитного щебня на свойства тяжелого бетона использовать составы, где вторичный заполнитель заменяет одну (2-ой состав по табл. 2) и две трети (3-ий состав по табл. 2) части щебня. Параметры составов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные характеристики составов

№ состава	Содержание лома от массы щебня, %	Средняя плотность, кг/м ³		Плотность бетонной смеси, кг/м ³	Коэффициент выхода бетонной смеси, β
		Щебня	Лома (фр. 5–20)		
1 (контрольный)	0	1 262	–	2 350	0,66
2	30	883,4	305	2 335	0,67
3	60	504,8	609,84	2 300	0,68

Приготовление бетонных смесей проводилось вручную в лабораторных условиях. Показатели качества готовых бетонных смесей приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества бетонных смесей

№	Показатели качества бетонной смеси	Номер состава, табл. 2		
		1	2	3
1	Осадка конуса, мм	19	20	22
2	Диаметр расплыва, мм	102	104	110

Формование образцов выполнено в стандартных металлических разборных формах с размером ребра 7,07×7,07×7,07. Уплотнение образцов выполнено на стандартной лабораторной виброплощадке. Образцы твердели как в нормальных условиях 7 и 28 суток, так и подвергались пропариванию при температуре 85±2 °С и относительной влажности 95 %. Физико-механические испытания бетонов выполнены по стандартным методикам. Результаты испытаний приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Физико-механические свойства бетонов

Номер составов (табл. 2)	Условия твердения	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа
1	7 суток при нормальных условиях	2 380	25,3
	28 суток при нормальных условиях	2 345	34,6
	Пропаривание	2 334	35,4
2	7 суток при нормальных условиях	2 360	24,8
	28 суток при нормальных условиях	2 336	34,0
	Пропаривание	2 331	32,1
3	7 суток при нормальных условиях	2 338	20,2
	28 суток при нормальных условиях	2 313	29,9
	Пропаривание	2 304	28,4

Анализ результатов свидетельствует, что введение бетонного лома трехстадийного дробления взамен гранитного щебня в состав тяжелого бетона незначительно снижает его прочность. Увеличение содержания бетонного лома приводит к потере прочности при сжатии до 15 %. Характер набора прочности в зависимости от условий твердения аналогичен для всех составов. В целом прочностные показатели бетонов показывают, что введение бетонного лома позволяет получать бетоны свойства которых соизмеримы с традиционными бетонами с использованием гранитного щебня.

ВЫВОДЫ

Установлено, что показатели качества, полученные в результате трехстадийного дробления щебня из бетонного лома, удовлетворяют требованиям нормативных документов и позволяют использовать этот материал вторично. Исследованы свойства тяжелых бетонов с различным содержанием бетонного лома в качестве крупного заполнителя. Показано, что введение бетонного лома позволяет получать бетоны, свойства которых не уступают традиционным бетонам с использованием гранитного щебня.

Заполнитель из бетонного лома можно использовать в бетонах до класса В22,5 (согласно марке по дробимости М600), до 60 % заменяя природные минеральные материалы вторичным сырьем. Применение лома тяжелого бетона позволяет перейти на практически безотходную технологию производства железобетонных конструкций, так как основную часть бетонного камня составляет крупный заполнитель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст] : учебно-справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 368 с.
- Гусев, Б. В. Вторичное использование бетонов [Текст] / Б. В. Гусев, В. А. Загурский. – М. : Стройиздат, 1988. – 96 с.
- Коровкин, М. О. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона [Электронный ресурс] / М. О. Коровкин, А. И. Шестернин, Н. А. Ерошкина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3. – Режим доступа : http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_31_Korovkin.-pdf_26679ca420.pdf.
- Recycled Concrete Aggregates: A Review [Электронный ресурс] // International Journal of Concrete Structures and Materials, 2013. – Режим доступа : <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40069-013-0032-5>.
- ГОСТ 32495-2013. Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия [Текст] / Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт по проблемам добычи, транспорта и переработки минерального сырья в промышленности строительных материалов» (ФГУП «ВНИПИИСтромсырье»); введ. 2015-01-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 9 с.

6. Рекомендации по переработке и использованию отходов предприятий сборного железобетона [Текст]. – М. : НИИЖБ Госстроя СССР, 1987. – 18 с.
7. Баженов, Ю. М. Технология бетона [Текст] : учебное пособие для технологических специальностей строительных вузов ; 2-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 1987. – 415 с.

Получена 18.12.2019

Т. П. КИЦЕНКО, Д. С. ОМЕЛЯНОВИЧ
ВИКОРИСТАННЯ КРУПНОГО ЗАПОВНЮВАЧА З БЕТОННОГО БРУХТУ У
ВАЖКИХ БЕТОНАХ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. Наведено результати досліджень щодо використання у будівництві брухту важких бетонів. Визначено основні показники якості щебеню, отриманого шляхом дроблення брухту бетонів. Встановлено, що показники отриманого щебеню з бетонного брухту задовольняють вимогам нормативних документів і дозволяють використовувати техногенний бетон повторно. Досліджено властивості важких бетонів з різним вмістом бетонного брухту в якості крупного заповнювача. Заповнювач з бетонного брухту можна використовувати в бетонах до класу В22, 5 (згідно з маркою по дробимості М600), до 60 % замінюючи природні мінеральні матеріали вторинними. Показано, що введення бетонного брухту дозволяє отримувати бетони, властивості яких співмірні з традиційним бетонам з використанням гранітного щебеню. Застосування брухту важкого бетону дозволить перейти на практично безвідходну технологію виробництва залізобетонних конструкцій.

Ключові слова: бетон, брухт важкого бетону, щебень, вторинний заповнювач, дроблення, міцність.

TATYANA KITSENKO, DARIA OMEL'YANOVICH
USE OF LARGE AGGREGATE FROM CONCRETE SCRAP IN HEAVY
CONCRETE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The results of studies on the use of heavy concrete scrap in construction are presented. The main indicators of quality of crushed stone received by crushing of scrap of concretes are defined. It is established that the indicators of the received crushed stone from concrete scrap satisfy the requirements of normative documents and allow to use technogenic concrete repeatedly. The properties of heavy concretes with different content of concrete scrap as a large aggregate are investigated. Concrete scrap aggregate can be used in concrete of class B22, 5 (in accordance with the M600 grade for crushing capacity), up to 60% replacing natural mineral materials with secondary ones. It is shown that the introduction of concrete scrap makes it possible to obtain concretes whose properties are comparable to traditional concretes using granite rubble. The use of heavy concrete scrap will allow you to switch to a virtually waste-free technology for the production of reinforced concrete structures.

Key words: concrete, heavy concrete scrap, crushed stone, secondary aggregate, crushing, strength.

Киценко Татьяна Петровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: огнеупорные вяжущие и бетоны.

Омелянович Дарья Сергеевна – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование лома бетона в строительстве.

Киценко Тетяна Петрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: вогнетривкі в'язучі та бетони.

Омел'янович Дар'я Сергіївна – студентка ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ». Наукові інтереси: використання брухту бетону в будівництві.

Kitsenko Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Constructions, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: refractory binders and concretes.

Omelyanovich Daria – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: use of concrete scrap in construction.

УДК 678.686

Е. Э. САМОЙЛОВА, А. В. АНАНЬЕВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация. Эпоксидные смолы и материалы на их основе все шире применяются в различных отраслях народного хозяйства: в машиностроении, автомобильной промышленности, строительстве, производстве газоразделительных элементов и др. В связи с постоянным увеличением выпуска эпоксидных смол и материалов на их основе возрастает актуальность проблемы обезвреживания газовых выбросов, образующихся при их производстве. Выбор оптимального способа очистки газовых выбросов зависит от многих факторов, главными из которых являются состав и концентрация в выбросах вредных компонентов, объем выбросов. В процессе работы проведены экспериментальные исследования по разработке способа очистки газовых выбросов производства газоразделительных элементов на опытно-промышленной установке ТКРВ-0,75 в условиях опытного цеха ГП «ГосНИИпластмасс». В результате исследования разработан способ термokatалитического обезвреживания газовых выбросов производства газоразделительных элементов. Степень очистки газовых выбросов 98 ± 1 %.

Ключевые слова: эпихлоргидрин, толуол, газоразделительные элементы, катализатор, каталитическое окисление.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Весьма перспективным является метод каталитического окисления для обезвреживания газовых выбросов с многокомпонентным составом органических примесей, низкой концентрацией этих примесей. Этот метод выгодно отличается от сорбционных способов, а именно отсутствием сточных вод и отработанных сорбентов, а также компактностью оборудования и существенно меньшими площадями застройки, простотой аппаратного оформления газоочистных установок предприятий, где по каким-либо причинам невозможно внедрение безотходных технологических процессов.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка способа очистки газовых выбросов в производстве газоразделительных элементов.

Газоразделительные установки – оборудование для выделения необходимых газов из газовой смеси. К газоразделительному оборудованию относятся азотные установки (станции), кислородные установки (станции), водородные установки, системы подготовки ПНГ и другое оборудование. В настоящее время существуют три основных метода разделения газа: адсорбционное, мембранное и криогенное [1].

Адсорбционный метод разделения газов основан на принципе поглощения определённого газа специальным веществом – адсорбентом. Очищенная таким способом от лишних газов газовая смесь подаётся далее в систему, а на следующем этапе газоразделения происходит очистка (продувка) адсорбента от поглощенного газа [1].

Мембранное разделение газов – это технология, использующая принцип фильтрации газов через специальные мембраны. Мембранная газоразделительная установка включает в себя блок мембранных модулей, через которые продувается подготовленный газ. Полволоконные мембраны, входящие в состав мембранных модулей, представляют собой трубки со стенками решетчатой структуры, через которые наружу проходят только молекулы определённых газов, молекулы других газов остаются в

© Е. Э. Самойлова, А. В. Ананьев, 2020

трубке. Газы, находящиеся снаружи и внутри мембранных трубок, разводятся по разным газопроводам [2].

Криогенные установки газоразделения работают при очень низких температурах, когда газы принимают жидкое агрегатное состояние. При криогенном разделении газов используется принцип испарения различных газов в своём температурном диапазоне.

Выбор метода очистки зависит от многих факторов: концентрации извлекаемого компонента в отходящих газах, объема и температуры газа, содержания примесей, наличия хемосорбентов, возможности использования продуктов рекуперации, требуемой степени очистки. Выбор производят на основании результатов технико-экономических расчетов [3].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по разработке способа очистки газовых выбросов в производстве газоразделительных элементов проводились с помощью лабораторной и опытно-промышленной установок термического обезвреживания, основным элементом которых является термокаталитический реактор. Т. е. в основе этого способа лежит каталитический метод очистки.

Каталитические методы очистки основаны на химических превращениях токсичных компонентов в нетоксичные на поверхности твердых катализаторов. Очистке подвергаются газы, не содержащие пыли и катализаторных ядов. Методы используются для очистки газов от оксидов азота, серы, углерода и от органических примесей. Их проводят в реакторах различной конструкции [4, 5].

Для выбора режимов очистки газовых выбросов в производстве газоразделительных элементов исследовались следующие катализаторы: НИИОГАЗ-17Д; НИИОГАЗ-10ДА; АП-56 (алюмоплатиновый); СТК-1-7.

Катализатор НИИОГАЗ-17Д представляет собой свитую в спираль нихромовую проволоку серого цвета, на поверхность которой наносится палладий в количестве десятых долей процента. Диаметр спиралей 4...5 мм, насыпной вес 0,7...0,9 г/см³. Ориентировочный срок службы этого катализатора в процессах газоочистки не менее 1 года.

Катализатор НИИОГАЗ-10ДА – алюминиевый носитель Д161 в виде цилиндров и полуцилиндров неправильной формы с диаметром 6...8 мм, на поверхность которого наносятся десятичные доли палладиевой черни. Насыпная масса катализатора 1,05...1,10 г/л.

Катализатор АП-56 представляет собой платину, равномерно распределенную по внешней и внутренней поверхности таблеток фторированной активной окиси алюминия. Массовая доля платины 0,56±0,03 %. Размер таблеток: диаметр 2,5...3,0 мм; высота 5...7 мм; насыпная масса катализатора 0,65 г/см³.

Катализатор железо-хромовый СТК-1-7 – это экструдат темно-бурого цвета с диаметром 7 мм и длиной 4...25 мм, имеющий следующий химический состав: Fe₂O₃ не менее 88 % масс.; Cr₂O₃ не менее 7,0 % масс.; SO₃ не более 0,4 % масс.; насыпная плотность 1 100–1 300 кг/м³; удельная поверхность 25...30 м²/г.

Разработка способа очистки газовых выбросов в производстве газоразделительных элементов осуществлялась на лабораторной установке ГП «ГосНИИпластмасс» г. Донецка. Схема лабораторной установки для исследования катализаторов и реакций глубокого окисления толуола и эпихлоргидрина представлена на рисунке.

Газовую смесь готовили в стеклянном сосуде путем смешивания паров исследуемого вещества с воздухом. Сосуд состоит из двух камер, разделенных перегородкой и сообщающихся между собой при помощи патрубка, находящегося в центре перегородки.

Верхняя камера служит смесителем, нижняя – испарителем 4, в который заливается испытуемое вещество.

Приготовление и дозировка паровоздушной смеси проводилась следующим образом: воздух от компрессора поступает в систему очистки (пемза, пропитанная серной кислотой, твердая гранулированная щелочь, аскарит) и разделяется на два потока. Один поток направляется в испаритель 4, где обогащается парами исследуемого вещества, а затем в смесителе разбавляется вторым потоком воздуха для создания заданной концентрации. Скорость подачи воздуха контролируется реометрами 2. Из смесителя 3 реакционная смесь поступает в реакторы 5 и 6, изготовленные из тугоплавкого стекла. Термокаталитический реактор имеет сетчатую перегородку, на которую засыпается требуемое количество катализатора. Температура на поверхности катализатора измеряется хромель-капельной термопарой, соединенной с милливольтметром. Газовый поток из реакторов, пройдя через реометры 2, выбрасывается в атмосферу. В одном из реакторов, контрольном, находится 50 мг активного алюмоплатинового

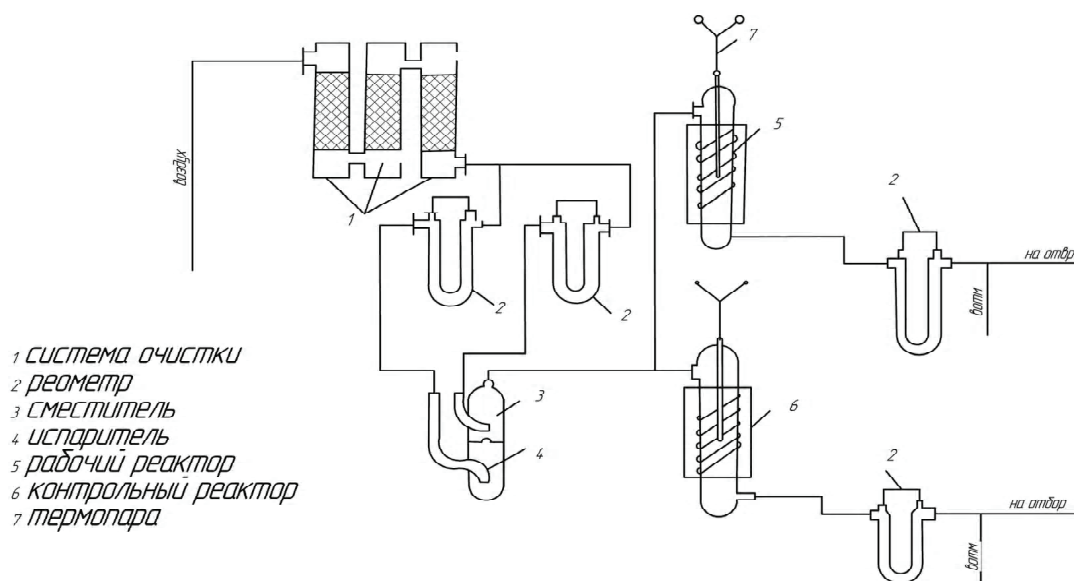


Рисунок – Схема лабораторной установки каталитического окисления.

катализатора АП-56, на котором при температуре 500 °С и объемной скорости газового потока 2 000 ч⁻¹ происходит 100%-е окисление исследуемых веществ.

В рабочий реактор поочередно загружали испытуемые катализаторы. Перед каждым экспериментом катализаторы в обоих реакторах продували очищенным воздухом при температуре 500 °С для удаления адсорбированных органических веществ. После этого при заданных условиях проводили серию опытов. Особое внимание уделяли созданию постоянных условий проведения опыта, исключали колебания скорости подачи газовой смеси; отклонения температуры от созданной не превышали ±5 °С, колебания концентрации составляли не более 5 %.

За меру каталитической активности была принята температура 100%-го превращения исследуемого вещества в углекислый газ и воду. По содержанию углекислого газа рассчитывали концентрацию исследуемого вещества. Степень превращения (η , %) вычисляли по формуле:

$$\eta = (a^{\circ}\text{CO}_2 / a^{\circ}\text{CO}_2) \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где $a^{\circ}\text{CO}_2$ – массовая концентрация углекислого газа в паровоздушной смеси после рабочего реактора, г/м³;
 $a^{\circ}\text{CO}_2$ – массовая концентрация углекислого газа после контрольного реактора, отвечающая полному окислению, г/м³.

Газовые выбросы анализировали на содержание основных компонентов до и после термокаталитического окисления: эпихлоргидрин (окислением до формальдегида с последующим определением с хромотроповой кислотой) и толуол (линейно-колористическим методом).

Т. о. для способа очистки газовых выбросов в производстве газоразделительных элементов выбран оптимальный метод – каталитического окисления, который отличается простотой аппаратного оформления и небольшой энергоемкостью (процесс идет при 300...450 °С). Этот способ можно применять, когда невозможно внедрение безотходных технологических процессов или когда требуется усовершенствование действующей технологии, что является важным государственным мероприятием, которое обеспечивает выполнение положений Закона Донецкой Народной Республики «Об охране атмосферного воздуха».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Родионов, А. И. Техника защиты окружающей среды [Текст] / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торочешников. – М. : Химия, 1989. – 511 с.
2. Родионов, А. И. Технологические аспекты экологической безопасности [Текст] / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. – Калуга : изд. Н. Бочкаревой, 2000. – 800 с.

3. Техника и технология защиты воздушной среды [Текст] / В. В. Юшин, В. М. Попов, П. П. Кукин [и др.]. – М. : Высш. шк., 2005. – 391 с.
4. Защита атмосферы от промышленных загрязнений : в 2 ч. [Текст] = Справочник / Под ред. С. Калверта, Г. Инглунда. – М. : Металлургия, 1988. – 758 с. Ч. 1 / пер. : А. А. Бондарев и др. – 1988. – 758 с. : Ч. 2 / пер. : А. А. Бондарев и др. – 1988. – 758 с.
5. Страус, В. Промышленная очистка газов [Текст] / В. Страус ; пер. с англ. – М.: Химия, 1981. – 616 с.

Получена 19.12.2019

О. Е. САМОЙЛОВА, А. В. АНАНЬЕВ
РОЗРОБКА СПОСОБУ ОЧИЩЕННЯ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ У ВИРОБНИЦТВІ
ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ
ДОНУ ВПО «ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. Епоксидні смоли і матеріали на їх основі все ширше застосовуються в різних галузях народного господарства – в машинобудуванні, автомобільній промисловості, будівництві, виробництві газорозподільних елементів і ін. У зв'язку з постійним збільшенням випуску епоксидних смол і матеріалів на їх основі зростає актуальність проблеми знешкодження газових викидів, що утворюються при їх виробництві. Вибір оптимального способу очищення газових викидів залежить від багатьох факторів, головними з яких є склад і концентрація у викидах шкідливих компонентів, обсяг викидів. В процесі роботи проведені експериментальні дослідження по розробці способу очищення газових викидів виробництва газорозподільних елементів, на дослідно-промисловій установці ТКРВ-0,75 в умовах дослідного цеху ДП «ДержНДІпластмас». В результаті дослідження розроблено спосіб термокаталітичного знешкодження газових викидів виробництва газорозподільних елементів. Ступінь очищення газових викидів 98 ± 1 %.

Ключові слова: епіхлоргідрин, толуол, газорозподільні елементи, каталітичне окислення.

HELEN SAMOJLOVA, ANDREY ANANYEV
DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CLEANING GAS EMISSIONS IN THE
PRODUCTION OF GAS SEPARATING ELEMENTS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Epoxy resins and materials based on them are increasingly used in various sectors of the national economy – in mechanical engineering, automotive industry, construction, production of gas separation elements, etc. due to the constant increase in the production of epoxy resins and materials based on them, the urgency of the problem of neutralization of gas emissions generated during their production increases. The choice of the optimal method for cleaning gas emissions depends on many factors, the main of which are the composition and concentration of harmful components in the emissions, and the volume of emissions. In the process experimental studies of method of cleaning of gas extrass of production of gazdivision elements, on the experience-industrial setting of TKDS-0,75 in the conditions of an experience workshop of SE «State Research Institute of plastics». As a result of research the method of the temprecher catalytic rendering of gas extrass of production of gazdivision elements harmless is worked out. Degree of cleaning of gas extras 98 ± 1 %.

Key words: epichlorgidrin, toluene, cleaning of gas extras, catalyst, oxidization of catalyst.

Самойлова Елена Эдуардовна – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной химии; кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химические исследования полимерных композиционных материалов; управление техносферной безопасностью.

Ананьев Андрей Валериевич – магистрант кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: управление техносферной безопасностью.

Самойлова Олена Едуардівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної хімії; кафедри техносферної безпеки ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічні дослідження полімерних композиційних матеріалів.

Ананьєв Андрій Валерійович – магістрант кафедри техносферної безпеки ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: управління техносферною безпекою.

Samojlova Helen – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technosphere Safety Department; Applied Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physico-chemical studies of polymer composite materials.

Ananyev Andrey – master's student, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: technosphere security management.

УДК 625.85:624.14

А. Г. ДОЛЯ, М. С. КАРАБЕЛЬСКИЙ, Н. К. КОНОНЕНКО, А. В. САВЕНКОВ, И. Р. КАЮМОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

МОРОЗОСТОЙКОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ДОНБАССА

Аннотация. Общеизвестно, что покрытия автомобильных дорог, устроенные из асфальтобетонных, работают в сложных климатических условиях и в некоторых случаях этот фактор в максимальной степени играет решающую роль при воздействии на автомобильное покрытие чередующихся положительных и отрицательных температур, что негативно влияет на прочностные характеристики слоев покрытия и несущую способность дорожной одежды в целом. В климатических условиях Донбасса, где число переходов температуры наружного воздуха через 0°C достаточно высокое в осенне-зимне-весенний период, знание особенностей влияния этого показателя всегда актуально. На основе краткого критического анализа публикаций по теме статьи для проведения исследований поставлены конкретные задачи. Приведены зависимости: – времени приобретения асфальтобетонами мелкозернистого и песчаного типов в водонасыщенном и сухом состоянии температуры промораживания от заданной температуры; – предела прочности при растяжении асфальтобетонных от температуры замораживания и количества циклов замораживания-оттаивания. Определены оптимальные температуры замораживания асфальтобетона и время промораживания.

Ключевые слова: асфальтобетон, предел прочности при растяжении, температура промораживания, осадочные и изверженные горные породы.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Покрытия из асфальтобетона работают в сложных климатических условиях, подвергаясь механическим нагрузкам и воздействию климатических факторов. В некоторых случаях климатический фактор играет решающую роль. Об этом свидетельствуют данные наблюдений, показывающее, что разрушение покрытий происходит чаще в весенний период. Наиболее интенсивно покрытие разрушается, если подвержено неоднократному замораживанию-оттаиванию, интенсивному воздействию влаги, а также попеременному увлажнению-высушиванию. Поэтому надо полагать, что морозостойкость асфальтобетонных покрытий является одной из основных характеристик, которая не регламентируется нормативными документами для различных дорожно-климатических зон. Лабораторные испытания на морозостойкость не являются надежным критерием долговечности, так как количество циклов замораживания-оттаивания не установлено для разных зон и не имеет научного обоснования. Не нормируется также скорость и время замораживания.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Нами проведены исследования, позволяющие определить влияние климатических факторов на морозостойкость асфальтобетонных в условиях Донецкого бассейна, а также обосновать и рекомендовать количество циклов замораживания-оттаивания, основываясь на статистических данных периодических колебаний перехода температуры через 0°C и диапазона отрицательных температур. Это позволит направленно регулировать применение того или иного типа асфальтобетона для данного региона.

Разрушение асфальтобетонных в покрытии начинается с поверхностных слоёв не вследствие недостаточной первоначальной прочности или деформативной устойчивости, а в связи с понижением стойкости материала к воздействию окружающей среды. В капиллярных порах вода замерзает и

оказывает давление на стенки, в более узких порах преимущественно действуют адсорбционные силы и вода практически мало влияет на деструктивные процессы. Исследования об образовании льда свидетельствуют, что в асфальтовом бетоне влага находится не в виде одного удельного объёма, а разделена на мелкие объёмы пор, которые частично или полностью заполнены. Фазовые переходы воды в лёд, происходящие при замораживании, вызывают деструктивные процессы в материале [1].

Кроме этого, установлено, что возможно проникновение воды под битумную пленку, что зависит от природы каменного материала. В начальный период промораживания лёд, создавая давление в теле бетона, придаёт ему дополнительную прочность. При дальнейшем замораживании возможен период стабилизации и последующего его снижения. Кроме длительности замораживания, на свойства асфальтобетона оказывает влияние величина отрицательной температуры. При небольшом значении отрицательной температуры вода переходит в лёд не полностью, формируется нестабильное состояние воды.

Изучая влияние температуры на давление льда в каменных материалах, В. И. Курденков определил интенсивность давления льда на стенки пор в зависимости от температуры. Например, при температуре -5°C давление льда равно 60 МПа, а при -20°C – 204 МПа [2].

Вода в порах асфальтобетона, кроме расклинивающего давления, способна проникать к поверхности минерального материала через битумную плёнку и отслаивать её. Положение усугубляется замерзанием влаги в осенне-зимне-весенний период, когда замерзающая в порах вода увеличивается в объёме на 11...12 %, увеличивая расклинивающее давление. Структура порового пространства при его замерзании во многом зависит от времени действия отрицательной температуры. К сожалению, время выдерживания образцов при заданной температуре исследователями точно не установлено и колеблется в пределах 4–12 часов [3, 4]. Нами экспериментально установлено, что минимально необходимое время для приобретения образцом заданной температуры уменьшается для песчаного асфальтобетона меньше по сравнению с мелкозернистым асфальтобетоном независимо от вязкости битума и природы каменного материала. Время, необходимое для промораживания образца на известняковом щебне, несколько больше, чем на гранитном (рис. 1–4).

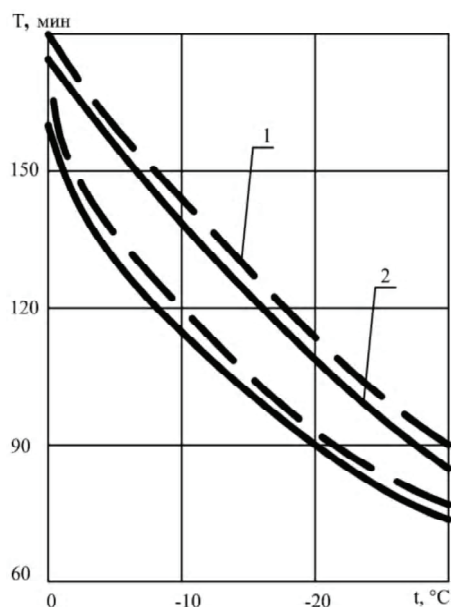


Рисунок 1 – Зависимость времени (Т) приобретения песчаным асфальтобетоном в сухом состоянии заданной температуры промораживания от температуры (t):

1, 2 – асфальтобетоны приготовлены на битумах БНД 60/90 и БНД 90/130 соответственно; — на гранитных материалах; - - - - - на известняковых материалах.

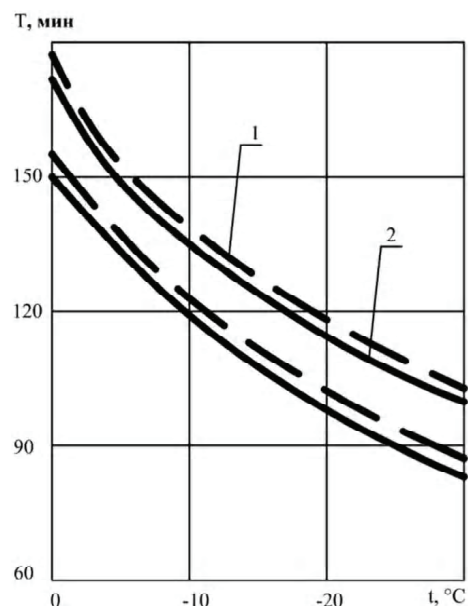


Рисунок 2 – Зависимость времени (Т) приобретения песчаным асфальтобетоном в водонасыщенном состоянии заданной температуры промораживания от температуры (t): 1, 2 – асфальтобетоны приготовлены на битумах БНД 60/90 и БНД 90/130 соответственно; — на гранитных материалах; - - - - - на известняковых материалах.

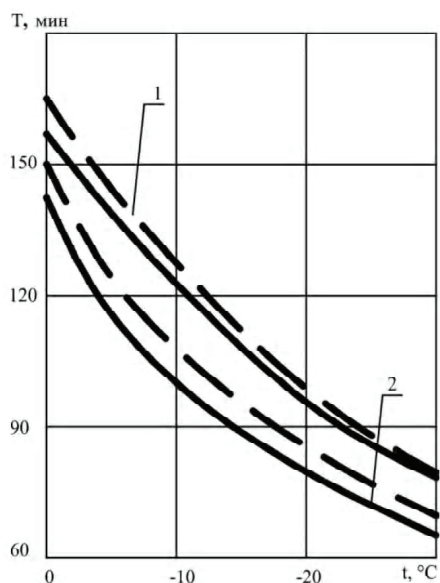


Рисунок 3 – Зависимость времени (Т) приобретения мелкозернистым асфальтобетоном в сухом состоянии заданной температуры промораживания от температуры (t): 1, 2 – асфальтобетоны приготовлены на битумах БНД 60/90 и БНД 90/130 соответственно; — на гранитных материалах; - - - - - на известняковых материалах.

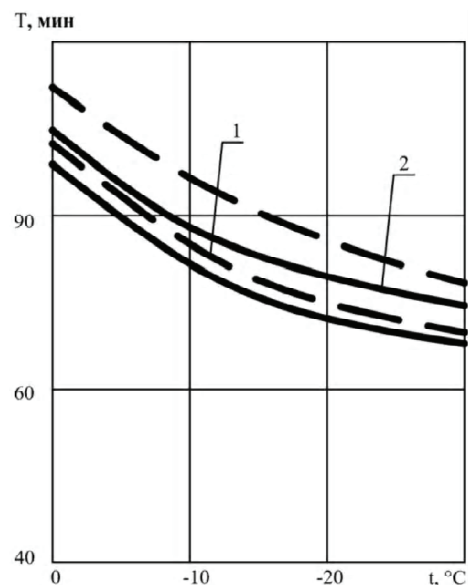


Рисунок 4 – Зависимость времени (Т) приобретения мелкозернистым асфальтобетоном в водонасыщенном состоянии заданной температуры промораживания от температуры (t): 1, 2 – асфальтобетоны приготовлены на битумах БНД 60/90 и БНД 90/130 соответственно; — на гранитных материалах; - - - - - на известняковых материалах.

Время промораживания связано с показателем водонасыщения и коэффициентом теплопроводности материала. Сам же процесс льдообразования следует рассматривать как переход воды из одного фазового состояния в другое. То есть спектрами фазового перехода, включающими в себя переохлаждение (метастабильное состояние воды), характеризуется образованием первичного льда, происходящего в два этапа: вначале в жидкой фазе образуются крупные ассоциированные молекулы воды, которые в силу осмотического давления диффундируют в места с наименьшим давлением, где и выделяются из раствора в виде кристаллов льда. После этого происходит процесс интенсивного льдообразования в макропорах на основе первичного льда, который зависит от структуры порового пространства.

Нормативными документами определена температура, при которой наиболее целесообразно испытывать асфальтобетон на морозостойкость -18 ± 2 °C. Мы провели исследования по выявлению величины отрицательной температуры замораживания на прочностные характеристики, в частности на предел прочности при растяжении, определённый по «бразильскому методу». Данные испытаний асфальтобетонных образцов представлены на рис. 5–6.

Исследования показали, что при температуре замораживания -30 °C прочность после первых циклов замораживания-оттаивания резко увеличивается, а затем стабилизируется. Это можно объяснить повышением прочности битумоминеральных плит при уменьшении их размеров, что вызывает дополнительное объёмное уплотнение материала, повышающее прочность. То же наблюдается и при температуре замораживания равной -20 °C, хотя приращение прочности по сравнению с первоначальной несколько меньше. Нестабильность процесса действия на асфальтобетон разных отрицательных температур можно объяснить следующими причинами. При температуре -20 °C, по-видимому, не происходит полного перехода воды в лёд за 180 мин., а давление льда должно увеличиваться по мере понижения температуры.

Снижение прочности при температуре -5 °C можно объяснить действием воды, проникающей под плёнку вяжущего и отслаивающей её.

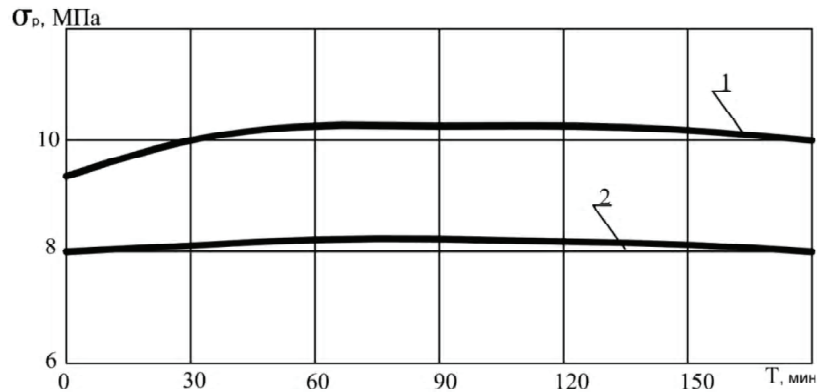


Рисунок 5 – Зависимость предела прочности при растяжении (σ_p) песчаного асфальтобетона на гранитных материалах от времени водонасыщения (Т): 1 – асфальтобетон приготовлен на битуме БНД 60/90 и испытан при $t = -20^\circ\text{C}$; 2 – асфальтобетон приготовлен на битуме БНД 90/130 и испытан при $t = -20^\circ\text{C}$.

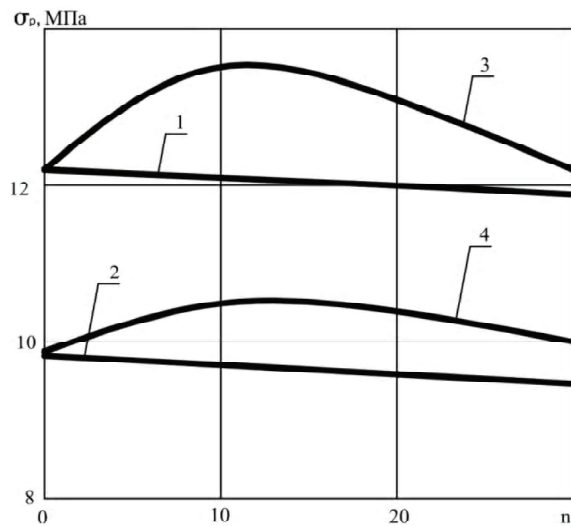


Рисунок 6 – Зависимость предела прочности при растяжении (σ_p) песчаного асфальтобетона от температуры замораживания (t) и циклов замораживания-оттаивания (n): 1, 3 – асфальтобетоны приготовлены на битуме БНД 60/90 и испытан при $t = -5, -20^\circ\text{C}$ соответственно; 2, 4 – асфальтобетоны приготовлены на битуме БНД 90/130 и испытан при $t = -5, -20^\circ\text{C}$ соответственно.

ВЫВОД

Время, в течение которого асфальтобетон набирает температуру промораживания полным объёмом, зависит от типа асфальтобетона, влажности, вида минерального материала, вязкости битума, температуры промораживания и размеров образцов. Независимо от температуры промораживания асфальтобетоны в сухом состоянии, приготовленные на менее вязких битумах и гранитных материалах, приобретают температуру промораживания менее длительный период.

Разрушение асфальтобетона при циклическом замораживании-оттаивании следует рассматривать одновременно как процесс упрочнения в начальный период и последующего разрушения. Интенсивность этого процесса зависит от структуры асфальтобетона, вязкости применяемого битума и режима промораживания.

Основными факторами, влияющими на разрушение асфальтобетона в результате циклического замораживания-оттаивания, является величина отрицательной температуры, время её действия, скорость промораживания, степень увлажнения. Проводить испытания морозостойкости асфальтобетона целесообразно при температуре $-20 \div -25^\circ\text{C}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбьев, И. Г. Асфальтовые бетоны [Текст] / И. Г. Рыбьев. – М. : «Высшая школа», 1963. – 396 с.
2. Курденков, Б. И. Усовершенствование метода оценки каменных материалов на морозостойкость [Текст] / Б. И. Курденков // Труды СоюздорНИИ. – Вып. 10. – 1967. – 102 с.
3. Гезенцев, Л. Б. Асфальтовые бетоны из активированных минеральных материалов [Текст] / Л. Б. Гезенцев. – М. : Стройиздат, 1971. – 255 с.
4. Таращанский, Е. Г. О критерии оценки деформационной упругости асфальтобетона при низких температурах с учетом его морозостойкости [Текст] / Е. Г. Таращанский // Известия вузов. Серия «Строительство и архитектура». – 1973. – № 10. – 157 с.
5. Королев, И. В. Дорожний теплый асфальтобетон [Текст] / И. В. Королев. – Киев : Головное издательство издательского объединения «Вища школа», 1984. – 199 с.

Получена 20.12.2019

А. Г. ДОЛЯ, М. С. КАРАБЕЛЬСКИЙ, М. К. КОНОНЕНКО, А. В. САВЕНКОВ,
І. Р. КАЮМОВА
МОРОЗОСТІЙКІСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ У КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ
ДОНБАСУ
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Загальновідомо, що покриття автомобільних доріг, влаштовані з асфальтобетону, працюють в складних кліматичних умовах і в деяких випадках цей фактор в максимальному ступені відіграє вирішальну роль при впливі на автомобільне покриття позитивних і негативних температур, які чергуються, що негативно впливає на характеристики міцності шарів покриття і несучу здатність дорожнього одягу в цілому. У кліматичних умовах Донбасу, де кількість переходів температури зовнішнього повітря через 0 °C досить висока в осінньо-зимово-весняний період, знання особливостей впливу цього показника завжди актуально. На основі короткого критичного аналізу публікацій по темі статті для проведення досліджень поставлені конкретні завдання. Наведено залежності: – часу придбання асфальтобетонами дрібнозернистого і піщаного типів в водонасиченому і сухому стані температури проморожування від заданої температури; – межі міцності на розрив асфальтобетонів від температури заморожування і кількості циклів заморожування-відтавання. Визначено оптимальні температури заморожування асфальтобетону і час проморожування.

Ключові слова: асфальтобетон, межа міцності при розтягуванні, температура проморожування, осадові та вивержені гірські породи.

ANATOLY DOLYA, MAXIM KARABELSKY, NIKITA KONONENKO,
ANDREI SAVENKOV, INDIRA KAYUMOVA
FROST RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE UNDER THE CLIMATIC
CONDITIONS OF DONBASS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. It is well known that road pavements made of asphalt concrete work in difficult climatic conditions, and in some cases this factor plays the decisive role to the maximum extent when alternating positive and negative temperatures affect the car surface, which negatively affects the strength characteristics of the coating layers and bearing capacity pavement in general. In the climatic conditions of Donbass, where the number of transitions of the outdoor temperature through 0 °C is quite high in the autumn-winter-spring period, knowledge of the peculiarities of the influence of this indicator is always relevant. Based on a brief critical analysis of publications on the topic of the article, specific tasks are set for research. The dependencies are given: – the time of acquisition by the asphalt concrete of fine-grained and sandy types in a water-saturated and dry state of the freezing temperature from a given temperature; – tensile strength of asphalt concrete from the freezing temperature and the number of freeze-thaw cycles. The optimum freezing temperatures of asphalt concrete and the freezing time were determined.

Key words: asphalt concrete, tensile strength, temperature of freezing, sedimentary and igneous rocks.

Доля Анатолий Григорьевич – кандидат технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

Карабельский Максим Сергеевич – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследования физических и механических свойств дорожно-строительных материалов.

Кононенко Никита Константинович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследования физических и механических свойств дорожно-строительных материалов.

Савенков Андрей Вадимович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследования физических и механических свойств дорожно-строительных материалов.

Каюмова Индира Рафиковна – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследования физических и механических свойств дорожно-строительных материалов.

Доля Анатолий Григорович – кандидат технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог и аэродромов ДОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

Карабельский Максим Сергійович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження фізичних і механічних властивостей дорожньо-будівельних матеріалів.

Кононенко Микита Костянтинович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження фізичних і механічних властивостей дорожньо-будівельних матеріалів.

Савенков Андрій Вадимович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження фізичних і механічних властивостей дорожньо-будівельних матеріалів.

Каюмова Індіра Рафіковна – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження фізичних і механічних властивостей дорожньо-будівельних матеріалів.

Dolya Anatoly – Ph. D. (Eng.), Professor; Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the use of technogenic raw materials in road construction.

Karabelsky Maxim – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studies of the physical and mechanical properties of road-building materials.

Kononenko Nikita – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studies of the physical and mechanical properties of road-building materials.

Savenkov Andrei – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studies of the physical and mechanical properties of road-building materials.

Kayumova Indira – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studies of the physical and mechanical properties of road-building materials.

УДК 625.8, 546

В. Д. АЛЕКСАНДРОВ, О. В. АЛЕКСАНДРОВА, О. В. СОБОЛЬ, А. Ю. СОБОЛЕВ
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ – ХИМИЧЕСКИХ АНТИГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ**

Аннотация. Как известно, основными способами борьбы с зимней скользкостью являются: тепловой, фрикционный, механический, химический и комбинированный. В настоящее время наиболее эффективным способом ликвидации зимней скользкости считается химический, который основан на распределении антигололедных реагентов (АГР). В данной работе для определения наилучшего состава, удовлетворяющего всем требованиям, предъявляемым к антигололедным реагентам, был использован однофакторный дисперсионный анализ. Основная идея однофакторного дисперсионного анализа заключается в сравнении дисперсии исследуемого признака, вызванной действием фактора, с дисперсией ошибок измерения этого признака. На основании проведенного однофакторного дисперсионного анализа наиболее эффективным для борьбы с гололедом является эвтектический состав системы нитрат натрия – вода.

Ключевые слова: дорожное покрытие, антигололедные реагенты, солевой раствор, эвтектика, однофакторный дисперсионный анализ.

Рост автомобильного парка предъявляет все более высокие требования к содержанию автомобильных дорог. Особенно ухудшаются условия для движения автомобиля в зимнее время, когда на дорожном покрытии образуются снежно-ледяные образования или происходит обледенение покрытия, поэтому вопрос предупреждения и ликвидации зимней скользкости является основной проблемой зимнего содержания. По данным различных литературных источников количество ДТП в зимнее время возрастает в 2–3 раза по сравнению с летним периодом.

Как известно, основными способами борьбы с зимней скользкостью являются: тепловой, фрикционный, механический, химический и комбинированный. В настоящее время наиболее эффективным считается химический способ ликвидации зимней скользкости, который основан на распределении антигололедных реагентов (АГР). Было проведено значительное количество исследований, составлено множество композиций реагентов, противогололедных покрытий и т. п. Требования к АГР во многих странах стандартны: низкая температура эвтектики, высокая плавящая способность, минимальное экологическое воздействие, низкая коррозионная активность при взаимодействии с металлическими частями транспорта и дорожных сооружений, низкая стоимость и т. д. [1–11].

Для определения наилучшего состава, удовлетворяющего всем требованиям, предъявляемым к антигололедным реагентам, был использован однофакторный дисперсионный анализ. Он был проведен на основании справочных [12, 13] и экспериментальных данных, полученных методами термического анализа [14, 15], приведенных в таблице 1, в которой солевые растворы пронумерованы латинскими буквами: А – $\text{NaCl}/\text{H}_2\text{O}$, В – $\text{CaCl}_2/\text{H}_2\text{O}$, С – $\text{KCl}/\text{H}_2\text{O}$, D – $\text{MgCl}_2/\text{H}_2\text{O}$, E – $\text{CH}_3\text{COONa}/\text{H}_2\text{O}$, F – $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{K}/\text{H}_2\text{O}$, G – $\text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2/\text{H}_2\text{O}$, H – $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2/\text{H}_2\text{O}$, I – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}$, J – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2/\text{H}_2\text{O}$, K – $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2/\text{H}_2\text{O}$, L – $\text{NaNO}_3/\text{H}_2\text{O}$.

В результате была составлена сводная таблица 2 по убывающей степени полезности противогололедных реагентов, обозначенные баллами от 1 до 12.

Основная идея однофакторного дисперсионного анализа заключается в сравнении дисперсии исследуемого признака, вызванной действием фактора, с дисперсией ошибок измерения этого признака. Если различие между ними значимо, то фактор оказывает существенное влияние на исследуемый

Таблица 1 – Физические характеристики антигололедных реагентов: I – содержание соли С (вес. %); II – температура кристаллизации (плавления) T_L (°C); III – переохлаждение ΔT^* (°C); IV – энтальпия плавления $\Delta H_{L,S}$ (кДж/кг); V – теплоемкость c_p^S (Дж/г·K); VI, VII – плотности ρ_S , ρ_L (г/см³); VIII – вязкость η (сПз); IX – плавающая способность в интервале от -5 °C до -50 °C (кг льда/кг соли); X – коррозионная активность (г/м²·сутки); XI – вязкость (сПз); XII – максимальный расход (г/м²); XIII – класс опасности (воздействие на человека и окружающую среду); XIV – цена (руб/тонна)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	22,4	-21,2	2,5	207	3,30	1,172	1,16	0,012	13,3÷3,2 (низкая)	0,8 (высокая)	3,15÷6,71	100	3	3 500
B	38,0	-50	1,4	≈300	2,529	1,304	1,286	0,018	9,0÷2,6 (низкая)	1,02 (высокая)	4,36÷14,74	70	3	15 000
C	19,5	-10,6	2,0	283	3,24	1,15	1,13	0,02	< 7,0 (низкая)	< 0,8 (низкая)	9,2	130	3	18 000
D	20,6	-33,6	3,0	218	2,0	1,56	1,178	0,382	< 3,0 (низкая)	1,29 (высокая)	7,80÷25,50	80	2	20 000
E	23,0	-18	2,3	310	2,8	1,7	1,528	0,172	7,3÷4,6 (высокая)	< 0,8 (низкая)	≈ 14,4	60	3	≈ 95 000
F	50,0	-30	1,5	220	3,83	1,571	1,2	0,371	11,5÷1,3 (высокая)	< 0,8 (низкая)	7,42÷16,79	50	3	≈ 89 000
G	34,5	-29	1,7	290	2,2	1,454	1,12	0,334	7,3÷2,3 (высокая)	< 0,8 (низкая)	16,4	75	3	≈ 90 000
H	29,5	-13	2,2	205	1,6	1,6	1,54	0,06	5,7÷3 (высокая)	< 0,8 (низкая)	≈ 20,0	55	3	≈ 80 000
I	30,3	-12	6,3	194	1,45	1,725	1,67	0,055	8,0 (высокая)	< 0,8 (низкая)	≈ 15,4	125	3	≈ 19 200
J	42,9	-28,4	1,3	132	2,6	1,896	1,36	0,536	2,5 (низкая)	< 0,8 (низкая)	≈ 2,04	90	3	≈ 62 000
K	34,0	-31,9	1,8	≈ 250	3,85	1,76	1,302	0,458	12,0 (высокая)	< 0,8 (низкая)	13,8	110	3	≈ 60 000
L	36,9	-17,4	2,7	159	3,32	1,63	1,29	0,36	10,5 (высокая)	< 0,8 (низкая)	≈ 10,0	85	3	≈ 59 000

Таблица 2 – Степени полезности противогололедных реагентов

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
A	3	6	1	8	4	2	3	1	10	12	3	9	1	1
B	9	12	3	2	8	3	6	2	11	11	4	4	2	2
C	1	1	7	4	5	1	2	3	12	9	2	12	3	3
D	2	11	11	7	10	5	4	10	7	10	12	6	12	4
E	4	5	9	1	6	9	11	6	2	6	6	3	9	12
F	12	9	4	6	2	6	5	9	1	7	9	1	8	11
G	8	8	5	3	9	4	1	7	3	8	10	5	10	10
H	5	3	8	9	11	7	8	5	4	5	11	2	11	9
I	6	2	12	10	12	10	12	4	8	1	8	11	4	5
J	11	7	2	12	7	12	10	12	9	2	1	8	5	8
K	7	10	6	5	1	11	9	11	5	3	7	10	6	7
L	10	4	10	11	3	8	7	8	6	4	5	7	7	6

решалась с помощью пакета приложения Excel, в котором имеется инструмент «Однофакторный дисперсионный анализ». Программа выдала результат, приведенный в таблице 3.

Таблица 3 – Однофакторный дисперсионный анализ

<i>Группы</i>	<i>Счет</i>	<i>Сумма</i>	<i>Среднее</i>	<i>Дисперсия</i>
Строка 1	14	64	4,571428571	14,10989011
Строка 2	14	79	5,642857143	14,4010989
Строка 3	14	65	4,642857143	15,01648352
Строка 4	14	111	7,928571429	11,14835165
Строка 5	14	89	6,357142857	10,86263736
Строка 6	14	90	6,428571429	12,41758242
Строка 7	14	91	6,5	8,884615385
Строка 8	14	98	7	9,230769231
Строка 9	14	105	7,5	14,73076923
Строка 10	14	106	7,571428571	14,72527473
Строка 11	14	98	7	8,923076923
Строка 12	14	96	6,857142857	5,824175824

Из таблицы 3 видно, что наименьшую дисперсию имеет фактор под номером 12 (в нашем случае это $\text{NaNO}_3/\text{H}_2\text{O}$ – дисперсия равна 5,82). Из таблицы 4 следует, что расчетное значение $F = 0,04$ меньше табличного значения $F_{кр} = 1,78$, что позволяет сделать вывод о равенстве дисперсий исследуемых факторов.

Таблица 4 – Дисперсионный анализ

<i>Источник вариации</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-Значение</i>	<i>F критическое</i>
Между группами	8,125	13	0,625	0,0495	0,9999	1,7841
Внутри групп	1 943,583	154	12,62067			
Итого	1 951,708	167				

Построим график физических характеристик (рисунок) $\text{NaNO}_3/\text{H}_2\text{O}$ (график строился по данным таблицы 2).

Т. о., на основании проведенного однофакторного дисперсионного анализа из представленного списка веществ наиболее эффективным для борьбы с гололедом является эвтектический состав системы нитрат натрия – вода.

Рисунок – График физических характеристик раствора $\text{NaNO}_3/\text{H}_2\text{O}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах [Текст] : отраслевой дорожный методический документ ; утв. распоряжением Минтранса России от 16.06.2003 № ОС-548-р. – М. : Транспорт, 2003. – 43 с.
2. Справочная энциклопедия дорожника [Текст] / А. П. Васильев, В. К. Апестин, В. И. Баловнев [и др.] ; Федеральное дорожное агентство «Росавтодор». – М. : Информавтодор, 2004. – 507 с.
3. Бялобжеский, Г. В. Зимнее содержание автомобильных дорог [Текст] / Г. В. Бялобжеский, А. К. Дюнин, Л. Н. Плакса и др. ; 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1983. – 197 с.
4. Методика испытаний противогололедных материалов [Текст] : отраслевой дорожный методический документ / М-во трансп. Российской Федерации, Гос. служба дор. хоз-ва. – М. : Росавтодор, 2003. – 23 с.
5. ОДН 218.2.027-2003 Требования к противогололедным материалам [Текст] : отраслевые дорожные нормы / М-во трансп. Российской Федерации, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор.). – М. [б. и.], 2003. – 20 с.
6. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах [Текст] / М-во трансп. Российской Федерации, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор.). – М. : Росавтодор, 2003. – 72 с.
7. Меренцова, Г. С. Экологическая оценка воздействия противогололедных материалов на окружающую среду в придорожной полосе [Электронный ресурс] / Г. С. Меренцова, Е. В. Строганов // Сборник 4-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь». Секция Строительство, подсекция Строительство автомобильных дорог и аэродромов. – АлтГТУ. – 2007. – Режим доступа : <http://edu.secna.ru/main/review>.
8. Меренцова, Г. С. Разработка эффективных антигололедных веществ для борьбы с зимней скользкостью покрытий автомобильных дорог в условиях Западной Сибири [Текст] / Г. С. Меренцова, Е. В. Строганов // Сборник материалов Всероссийского семинара заведующих кафедрами экологии и охраны окружающей среды. – Пермь : Изд-во РИО ПГТУ, 2006. – С. 94–99.
9. Поиск низкотемпературных противогололедных композиций в водно-солевой системе $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{--Mg}(\text{NO}_3)_2\text{--CO}(\text{NH}_2)_2\text{--H}_2\text{O}$ и исследование их свойств [Текст] / В. П. Данилов, Е. А. Фролова, Д. Ф. Кондаков, Л. И. Авдюшкина [и др.] // Химическая технология. – 2010. – Т. 11. – № 4. – С. 193–198.
10. Низкотемпературные противогололедные композиции в водно-солевых системах, включающих ацетаты и формиаты [Текст] / В. П. Данилов, Е. А. Фролова, Д. Ф. Кондаков, Л. И. Авдюшкина [и др.] // Химическая технология. – 2011. – Т. 12. – № 3. – С. 134–141.
11. Разработка противогололедных реагентов на основе формиатов, ацетатов и нитратов щелочных и щелочноземельных металлов и аммония [Текст] / В. П. Данилов, Е. А. Фролова, Д. Ф. Кондаков, Л. И. Авдюшкина [и др.] // Химическая технология. – 2012. – Т. 13. – № 5. – С. 31–42.
12. Киргинцев, А. Н. Растворимость неорганических веществ в воде [Текст] / А. Н. Киргинцев, Л. Н. Трушникова, В. Г. Лаврентьев. – Л. : Химия, 1972. – 248 с.
13. Справочник экспериментальных данных по растворимости солевых систем [Текст] : в 3 т, т. 3 / под ред. В. В. Вязового, А. Д. Пельша. – Л. : ГХИ, 1961. – 1477 с.
14. Александров, В. Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных жидкостей и аморфных сред [Текст] : в 2 т, т. I. / В. Д. Александров. – Донецк : Издательство «Донбасс», 2011. – 590 с.

15. Александров, В. Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных жидкостей и аморфных сред [Текст] : в 2 т, т. 2 / В. Д. Александров, С. А. Фролова, В. А. Постников [и др.]. – Донецк : Издательство «Донбасс», 2018. – 412 с.

Получена 23.12.2019

**В. Д. АЛЕКСАНДРОВ, О. В. АЛЕКСАНДРОВА, О. В. СОБОЛЬ, О. Ю. СОБОЛЕВ
ОДНОФАКТОРНИЙ ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ
СОЛЮВИХ РОЗЧИНІВ – ХІМІЧНИХ ПРОТИОЖЕЛЕДНИХ РЕАГЕНТІВ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»**

Анотація. Як відомо, основними способами боротьби із зимовою слизькістю є: тепловий, фрикційний, механічний, хімічний і комбінований. На цей час найбільш ефективним способом ліквідації зимової слизькості вважається хімічний, який заснований на розподілі протиожедедних реагентів (ПОР). У даній роботі для визначення найкращого складу, що задовольняє всім вимогам, що пред'являються до протиожедедних реагентів, був використаний однофакторний дисперсійний аналіз. Основна ідея однофакторного дисперсійного аналізу полягає в порівнянні дисперсії досліджуваної ознаки, викликаній дією фактора, з дисперсією помилок виміру цієї ознаки. На підставі проведеного однофакторного дисперсійного аналізу найбільш ефективним для боротьби з ожедеддє є евтектичний склад системи нітрат натрію – вода.

Ключові слова: дорожнє покриття, протиожедедні реагенти, сольовий розчин, евтектика, однофакторний дисперсійний аналіз.

**VALERY ALEKSANDROV, OLGA ALEKSANDROVA, OKSANA SOBOLEV,
ALEKSANDR SOBOLEV
SINGLE-FACTOR DISPERSION ANALYSIS OF SALT SOLUTIONS – CHEMICAL
ANTI-ICE REAGENTS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture**

Abstract. As is known, the main ways to combat winter slippery are heat, friction, mechanical, chemical and combined. Currently, the most effective way to eliminate winter slippery is the chemical, which is based on the distribution of anti-ice reagents (AIR). In this work, a single-factor dispersion assay was used to determine the best composition to meet all the requirements for anti-ice reagents. The basic idea of single-factor dispersion analysis is to compare the variance of the test feature caused by the action of the factor with the variance of errors of measurement of that feature. Based on the single-factor dispersion analysis carried out, the most effective for ice control is the eutectic composition of the sodium nitrate-water system.

Key words: road surface, anti-ice reagents, saline, eutectic, single-factor dispersion analysis.

Александров Валерий Дмитриевич – доктор химических наук, профессор; заведующий кафедрой физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

Александрова Ольга Валерьевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики и информатики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение методов математической статистики для описания физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

Соболь Оксана Викторовна – кандидат химических наук, доцент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

Соболев Александр Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

Александров Валерий Дмитриевич – доктор хімічних наук, професор; завідувач кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

Александрова Ольга Валеріївна – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри вищої математики та інформатики ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: методи математичної статистики при аналізі фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

Соболев Оксана Вікторівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

Соболев Олександр Юрійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

Aleksandrov Valery – D. Sc. (Chemistry), Professor; Head of Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

Aleksandrova Olga – Ph. D. (Physics and Mathematic Science), Associate Professor, Higher Mathematics and Computer Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

Sobol Oksana – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

Sobolev Aleksandr – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

УДК 691.5

О. А. ПШЕНИЧНЫХ, Д. С. СКОРИК

ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ
АСФАЛЬТОБЕТОНОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Аннотация. В статье приведены сравнительные результаты зарубежных и отечественных исследований традиционных и дисперсно-армированных асфальтобетонов с применением синтетических фиброволокон с оценкой основных физико-механических и деформационно-прочностных показателей. Также показаны основные технические характеристики различных видов волокон, применяемых в настоящее время для производства композиционных стройматериалов. Показано, что благодаря дисперсному армированию повышается сдвигоустойчивость при положительных температурах на 20 %, снижается интенсивность трещинообразования при отрицательных температурах, улучшается адгезионная связь между формирующейся в составе асфальтобетонной смеси дисперсной арматурой и пленкой битума. Введение синтетических волокон при оптимально подобранном составе асфальтобетона позволяет увеличить динамический модуль упругости и статическую пластичность материала, что приводит к увеличению срока службы асфальтобетонных покрытий.

Ключевые слова: асфальтобетон, армирование, фиброволокно, свойства армированного асфальтобетона.

ВВЕДЕНИЕ

Опыт Российской Федерации по эксплуатации автомобильных дорог с асфальтобетонными покрытиями показывает, что реальные сроки службы дорожных конструкций нередко значительно ниже нормативных. Постоянно поднимается вопрос по поводу ухудшения эксплуатационного состояния автомобильных дорог. В настоящее время средний срок службы асфальтобетонных покрытий до капитального ремонта, как правило, не превышает 5–7 лет. Таким образом, снижение сроков службы приводит в целом к ухудшению транспортно-эксплуатационного состояния дорожной сети, требует ежегодного увеличения объемов ремонтных работ, накапливая годами «недоремонт» автомобильных дорог.

В мировой практике дорожного строительства прочно утвердилось мнение, что радикальным способом повышения качества битумов является их модификация полимерами. В этих целях используют термопласты (полиэтилен), термоэластопласты (сополимеры типа стирол – бутадиен – стирол), эластомеры (натуральный и синтетический каучуки), резину, серу, полиолефины, минеральные порошкообразные и волокнистые отходы промышленных производств и др. [1, 2].

В тоже время, введение полимерных добавок в нефтяные битумы не всегда способно обеспечить необходимые показатели асфальтобетонов по сдвигоустойчивости при высоких положительных температурах, трещиностойкости при отрицательных температурах и усталостной долговечности при воздействии длительных динамических нагрузок. Это связано с тем, что в асфальтобетонных смесях, приготовленных по традиционной технологии, связь между частицами минерального материала, а, следовательно, и прочность конгломерата, обеспечивается преимущественно деформационными свойствами адсорбционно-сольватных слоев асфальто вяжущего вещества. При этом связь каждой материальной частицы осуществляется только с рядом других частиц, которые окружают ее (связь ближнего порядка). Отсутствует связь минеральной частицы с частицами, которые отделены от нее рядами других частиц (связь дальнего порядка) [4].

Следовательно, для повышения долговечности асфальтобетонных покрытий необходимо решить ряд задач: обеспечить устойчивость асфальтобетона к трещинообразованию в осенне – зимне – весенний период, повысить его сопротивляемость к сдвиговым нагрузкам в летний период наряду с повышением усталостной долговечности.

В настоящее время одним из решений повышения долговечности асфальтобетонных покрытий является применение дисперсно-армированных асфальтобетонов. В качестве дисперсной арматуры традиционно применяют стальные и полипропиленовые фибры. Такой способ армирования позволяет повысить сопротивление к динамическим нагрузкам, значительно снизить образование усталостных трещин, повысить предел прочности при изгибе и сдвиге. В то же время недостаточно изучены технологические свойства армированных асфальтобетонных смесей, а также деформационно-прочностные характеристики асфальтобетонов с комплексно-модифицированной структурой.

Цель работы состоит в рассмотрении и анализе зарубежного и отечественного опыта применения полимерных армирующих волокон для асфальтобетонных смесей.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ СТАТЬИ

В асфальтобетонной смеси порядка 80...90 % суммарной поверхности минеральных материалов составляет поверхность зерен с размером частиц менее 0,071 мм. Расчет количества частиц различных фракций показывает, что в таких же пределах находится и количество частиц менее 0,071 мм. Следовательно, 80...90 % всех контактов происходит между частицами с размером менее 0,071 мм. При длине волокна дисперсной арматуры 20 мм частица размером 0,071 мм за счет наличия дисперсной арматуры будет связана с 282 частицами [4]. Учитывая то, что вдоль волокна расположены два и более ряда частиц, одним отрезком волокна будут соединены как минимум 564 частицы. А поскольку каждый отрезок армирующего волокна может контактировать с двумя – тремя другими отрезками волокон, общее количество частиц, связанных этими волокнами, может достигать 1 700. Таким образом, коэффициент связей в случае дисперсного армирования будет в пределах 1 500. В тоже время в асфальтобетонах, полученных по традиционной технологии, он равен шести. Именно увеличение количества связей между частицами, на наш взгляд, позволяет существенно повысить деформационно-прочностные характеристики дисперсно-армированных асфальтобетонов. Приведенные теоретические соображения дополнительно объясняют причины повышения прочностных характеристик дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей, которые установили многие зарубежные и отечественные исследователи, в том числе А. Е. Мерзликин, А. В. Акулич, Я. Н. Ковалев, И. П. Гамеляк [3].

Таким образом, при использовании дисперсной арматуры из минеральных волокон возможно расклинивание минеральных частиц асфальтовязущего вещества, асфальтового раствора и даже зерен щебня, когда диаметр волокон дисперсной арматуры превосходит толщину ориентированного слоя битума на поверхности этих минеральных частиц. Данный факт приводит к тому, что частицы минерального материала контактируют между собой не через ориентированный слой битума, а через слой объемного битума, что обуславливает снижение прочностных характеристик битумо-минеральных смесей при положительных температурах. Это может играть и положительную роль, так как наличие некоторого избытка объемного битума уменьшает интенсивность старения асфальтобетонного покрытия. Указанные особенности структурообразования дисперсно-армированных асфальтобетонных смесей необходимо учитывать при проектировании их состава.

Очень важным фактором, влияющим на процессы структурообразования асфальтобетонов, является адгезия вяжущего к компонентам асфальтобетонной смеси. При введении в асфальтобетонную смесь отрезков химических волокон не всегда обеспечивается необходимая адгезия нефтяного битума к поверхности дисперсной арматуры. Для повышения адгезии волокна дисперсной арматуры обрабатывают поверхностно-активными веществами, что существенно усложняет технологию производства асфальтобетонных смесей. Повышение адгезии нефтяного битума к поверхности арматуры может быть достигнуто при формировании волокон дисперсной арматуры непосредственно в составе асфальтобетонной смеси. Для этого необходимо в асфальтобетонную смесь в процессе ее производства ввести через фильтры волокнообразующий полимер в виде расплава или раствора. При этом формирование армирующих волокон и создание пространственной армирующей решетки происходит непосредственно в смесителе. Такая технология дисперсного армирования позволяет увеличить длину дисперсной арматуры без возникновения комков. Часть волокон в процессе перемешивания волокнообразующего полимера с минеральным материалом, обработанным битумом, будет рваться. Однако образующиеся отрезки армирующего химического волокна будут иметь большую длину, чем в случае введения в смеситель готовых резаных химических волокон.

Известно большое количество видов волокон: минеральные, базальтовые, диабазовые, металлические, целлюлозные, стекловолокна, синтетические. Все эти виды волокон различаются по своей природе, размерам, особенностям применения и эффекту воздействия на свойства материала.

Основные технические характеристики различных видов волокон, применяемых в настоящее время для производства композиционных стройматериалов, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики применяемых видов волокон

Волокно	Плотность, г/см ³	Модуль упругости, МПа	Прочность на растяжение, МПа	Удлинение при разрыве, %
Полипропиленовое	0,9	3 500–8 000	400–700	10–25
Полиамидное	0,9	1 900–2 000	720–750	24–25
Полиэтиленовое	0,95	1 400–4 200	600–720	10–12
Акриловое	1,1	2 100–2 150	210–420	25–45
Нейлоновое	1,1	4 200–4 500	770–840	16–20
Вискозное сверхпрочное	1,2	5 600–5 800	660–700	14–16
Полиэфирное	1,4	8 400–8 600	730–780	11–13
Хлопковое	1,5	4 900–5 100	420–700	3–10
Карбоновое	1,63	280 000–380 000	1 200–4 000	2,0–2,2
Углеродное	2,0	200 000–250 000	2 000–3 500	1,0–1,6
Стеклянное	2,6	7 000–8 000	1 800–3 850	1,5–3,5
Асбестовое	2,6	68 000–70 000	910–3 100	0,6–0,7
Базальтовое	2,60–2,7	7 000–11 000	1 600–3 200	1,4–3,6
Стальное	7,8	190 000–210 000	600–3150	3–4

Дисперсное армирование асфальтобетонных смесей синтетическими волокнами позволяет создать в асфальтобетоне пространственную решетку дисперсной арматуры, улучшить распределение в асфальтобетоне напряжений от подвижной нагрузки за счет более совершенной пространственной решетки дисперсной арматуры и тем самым повысить долговечность асфальтобетонного покрытия. При этом следует отметить, что одним из основных определяющих факторов, позволяющих повысить физико-механические показатели асфальтобетона, является оптимально подобранный состав асфальтобетонной смеси.

По результатам исследований основной проблемой использования фибры из различных волокон в асфальтобетонных смесях является отсутствие технологии (способа) введения фибры в состав смеси. В России широкого опыта производства на асфальтобетонных смесях, армированных фиброй, в настоящее время нет. Также отсутствует опыт производства асфальтобетонных смесей с добавками фибры на серийно выпускаемых смесителях асфальтобетонных заводов.

В России дисперсное армирование асфальтобетонных смесей широкого применения не получило. Так как основной проблемой является равномерное распределение волокон в смеси, а также отсутствие отработанной технологии по производству микроармированного асфальтобетона. Но некоторый опыт по использованию этой технологии есть и в нашей стране.

Так, в качестве эксперимента, укладка асфальтобетона, имеющего в своем составе фибру, была выполнена на внегородских асфальтобетонных дорогах Саратовской, Краснодарской и Ульяновской областей. Внешний вид дорожного покрытия из фиброасфальтобетона в сравнении с традиционным покрытием, спустя год эксплуатации после укладки смеси, показан на рисунке 1.

Наибольший эффект от применения высокомодульных волокон по данным разных источников варьируется достаточно в широких пределах от 0,4 до 20 % фибры мас. от асфальто вяжущего [4].

Несмотря на трудности, связанные с отсутствием опыта применения фибры в дорожных покрытиях, очевидно, что данное направление необходимо всецело развивать и со временем прийти к повсеместному использованию микроармированного дорожного покрытия. Для автодорожных мостов эта технология может оказаться наиболее востребованной, так как в результате неровностей, образующихся на проезжей части, возникают динамические воздействия, которые отрицательно влияют на эксплуатационные характеристики искусственных сооружений.

В США выполнены обширные многолетние испытания дисперсно-армированного асфальтобетона с добавкой FORTA для выявления оптимального состава добавки, ее длины и расхода. Проведены



Рисунок 1 – Сравнение состояния участка автомобильной дороги с фиброасфальтобетоном и традиционным асфальтобетонным покрытием.

испытания по сравнению асфальтобетона с применением добавки FORTA и асфальтобетоном без микроармирования. Получены результаты, которые показывают повышение способности асфальтобетона с добавкой FORTA противостоять колееобразованию и трещинообразованию.

А также в Европе выполнены сравнительные испытания смесей на полимербитумном вяжущем и с добавкой FORTA на колееобразование по EN12967 – 22:2003 (на приборе «колесо») и получены результаты, которые приведены на рис. 2.

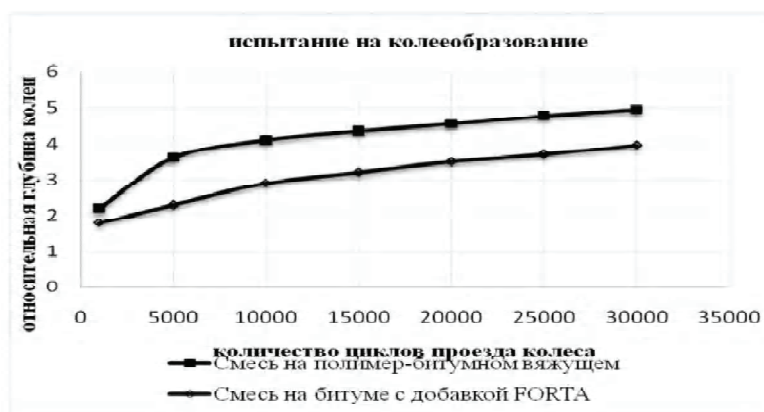


Рисунок 2 – Результаты испытаний асфальтобетонов на колеемере.

Итогом испытаний стало масштабное применение армирующей добавки FORTA при строительстве особо важных объектов в США и Европе, таких как аэродромные покрытия, стоянки тяжеловесного транспорта, морские порты и т. д.

Результаты испытаний американской добавки Forta FI показали, что при введении 0,05 % мас. дисперсно-армирующей полимерной добавки Forta FI предел прочности при сжатии при 20 °С армированного асфальтобетона возрастает от 4,48 до 4,90 МПа.

Показатель предела прочности смесей при сжатии при 50 °С с увеличением концентрации добавки «FORTE» также показывает рост от 5,9 до 6,3 МПа.

Показатель водонасыщения смесей находится в пределах 3,0–3,7, что отвечает нормативным требованиям. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели физико-механических свойств горячей смеси плотного мелкозернистого асфальтобетона (тип Б марка I) с применением дисперсно-армирующей полимерной добавки Forta FI

Асфальтобетон	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение, %	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре			Предел прочности при расколе при 0 °С, МПа,	Сцепление при сдвиге при 50 °С, МПа
			0 °С R0	20 °С R20	50 °С R50		
Контрольная смесь	2,37	3,7	2,6	1,4	5,9	4,0	0,38
Опытная смесь	2,38	3,0	4,3	2,0	6,3	4,2	0,55
Требования СТ РК 1225 тип Б марка I		1,5–4,0	Не более 13	Не менее 2,5	Не менее 1,3	4,0–6,5	Не менее 0,38

Проведены также исследования щебеночно-мастичного асфальтобетона и модифицированного дисперсно-армирующей полимерной добавкой Forta FI.

Состав минеральной части ЩМА – 10: гранитный щебень фр. 5...10 мм 66 %; отсев дробления гранитного щебня фр. 0...5 мм – 21 %; активированный минеральный порошок – 13 %. В качестве вяжущего материала в работе использовался битум БНД 60/90. В таблице 3 приведены физико-механические показатели дисперсно-армированного ЩМА-10.

Таблица 3 – Физико-механические показатели ЩМА – 10 с добавкой FORTA

Состав смеси	Плотность, г/см ³	Водонасыщение, %	Предел прочности при сжатии, МПа		Коэффициент длительной водостойкости	Трещиностойкость, МПа
			R ₂₀	R ₅₀		
Требования ГОСТ 31015-2002		1,5–4,0	Не менее 2,5	Не менее 0,7	Не менее 0,75	Не менее 3,0 Не более 6,5
ЩМА+0,05 % Forta	2,353	2,6	4,48	1,76	0,94	2,69
ЩМА+0,1 % Forta	2,347	2,66	4,79	1,80	0,96	3,36
ЩМА+0,2 % Forta	2,349	2,78	4,90	1,93	0,93	3,67

Дисперсное армирование асфальтобетонных смесей приводит к следующим преимуществам структурообразования. За счет дисперсного армирования повышаются характеристики асфальтобетонов, в том числе и сдвигоустойчивость при положительных температурах, снижается интенсивность трещинообразования при отрицательных температурах, что приводит к увеличению срока службы асфальтобетонных покрытий [7].

ВЫВОДЫ

Дисперсное армирование асфальтобетонных смесей кроме обозначенных выше преимуществ, характерных для процесса армирования дискретными отрезками, приводит к следующим преимуществам структурообразования. В результате увеличения длины отрезка дисперсной арматуры обеспечивается рост количества частиц, связанных одним ее отрезком. Улучшается адгезионная связь между формирующейся в составе асфальтобетонной смеси дисперсной арматурой и пленкой битума. Узлы пространственной армирующей решетки оказываются не из отдельных дискретных отрезков химических волокон, а представляют собой химическое волокно, расходящееся в разные стороны из одной точки. Прочность пространственной решетки при этом не от прочности адгезионной связи адсорбционного слоя битума и волокна, а от прочности самого химического волокна. Вследствие того, что прочностные характеристики химических волокон очень высокие, повышаются и прочностные характеристики получаемого композита. По такой технологии могут быть переработаны в дисперсную арматуру любые полимерные отходы из термопластов и даже растворимых в органических растворителях полимеров с последующей их конденсацией после формования волокон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gao, S. L. Nanostructured coatings of glass fibers: Improvement of alkali resistance and mechanical properties [Текст] / S. L. Gao, E. Mäder, R. Plonka // *Acta Materialia*. – 2007. – V. 55. – № 3. – P. 1043–1052.
2. Модифицированная щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь дисперсно-армирующей добавкой «Forta» [Текст] / С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, С. А. Чернов, П. О. Дармодехин // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2012. – № 3(12). – С. 55–64.
3. Ефанов, Н. Е. Влияние технологии дисперсного армирования асфальтобетонных смесей на процессы их структурообразования [Текст] / Н. Е. Ефанов, В. Н. Лукашевич, И. В. Пиряев // *Вестник ТГАСУ*. – 2007. – № 1. – С. 204–209.
4. Kevin, D. Validation of Asphalt binder and mixture tests that measure rutting susceptibility [Текст] / Kevin D. Stuart, Walaa S. Mogawer and Pedro Romero // *FNHWARD-99-204*. – 2000. – P. 17–19.
5. Зимин, Д. Е. Армирование цементных бетонов дисперстными материалами из базальта [Текст] / Д. Е. Зимин // *Материалы 3-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с Международным участием (22–24 мая 2010 г., Г. Бийск)*. – Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-т, 2010. – В 2 ч. : ч. 1. – С. 12–15.
6. Акулич, А. В. Структура и свойства дисперсно армированных асфальтобетонов [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Акулич Александр Викторович. – Мн., 1987. – 17 с.
7. Григорьев, Д. А. Применение фиброасфальтобетона для верхних слоев покрытия проезжей части автомобильных дорог [Текст] / Д. А. Григорьев, А. С. Баранов // *Перспективы развития науки в современном мире : сборник статей по материалам XVI международной научно-практической конференции (5 апреля 2019 г., Уфа)*. – Уфа : Издательство: ООО Дендра, 2019. – С. 40–44.

Получена 24.12.2019

О. О. ПШЕНИЧНЫХ, Д. С. СКОРИК ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ДИСПЕРСНО-АРМОВАНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. У статті наведено порівняльні результати зарубіжних і вітчизняних досліджень традиційних і дисперсно-армованих асфальтобетонів із застосуванням синтетичних фіброволокон з оцінкою основних фізико-механічних і деформаційно-міцнісних показників. Так само подано основні технічні характеристики різних видів волокон, що застосовуються на даний час для виробництва композиційних будматеріалів. Показано, що завдяки дисперсному армуванню підвищується зсувостійкість при позитивних температурах на 20 %, знижується інтенсивність утворення тріщин при негативних температурах, поліпшується адгезійний зв'язок між дисперсною арматурою, що формується в складі асфальтобетонної суміші, і плівкою бітуму. Введення синтетичних волокон при оптимально підбраному складі асфальтобетону дозволяє збільшити динамічний модуль пружності і статичну пластичність матеріалу, що приводить до збільшення терміну служби асфальтобетонних покриттів.

Ключові слова: асфальтобетон, армування, фіброволокно, властивості армованого асфальтобетону.

OLEG PSHENICHNYH, DMITRIY SKORIK EXPERIENCE OF APPLICATION OF DISPERSED-REINFORCED ASPHALT CONCRETE IN ROAD CONSTRUCTION Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article gives comparative results of foreign and domestic studies of traditional and dispersively reinforced asphalt concrete using synthetic fiber fibers with an assessment of the main physical, mechanical and deformation-strength indicators. The basic technical characteristics of various types of fibers used at present for the production of composite building materials are also shown. It is shown that due to dispersed reinforcement, the shear resistance at positive temperatures is increased by 20 %, the rate of crack formation at negative temperatures is reduced, the adhesive bond between the dispersed reinforcement formed in the composition of the asphalt mix and the bitumen film is improved. The introduction of synthetic fibers with an optimally selected composition of asphalt concrete allows to increase the dynamic modulus of elasticity and static plasticity of the material, which leads to an increase in the service life of asphalt concrete pavements.

Key words: asphalt concrete, reinforcement, fiberglass, properties of reinforced asphalt concrete.

Пшеничных Олег Александрович – ассистент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: комплексно-модифицированные асфальтополимербетоны, армированные полимерными волокнами.

Скорик Дмитрий Сергеевич – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: комплексно-модифицированные асфальтополимербетоны, армированные полимерными волокнами.

Пшеничних Олег Олександрович – асистент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: комплексно-модифіковані асфальтополімербетони, що армовані полімерними волокнами.

Скорик Дмитро Сергійович – студент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: комплексно-модифіковані асфальтополімербетони, що армовані полімерними волокнами.

Pshenichnyh Oleg – assistant, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: complex-modified asphalt-polymer concrete reinforced with polymer fibers.

Skorik Dmitriy – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: complex-modified asphalt-polymer concrete reinforced with polymer fibers.

УДК 666.9.017

В. Б. МАРТЫНОВА^а, Е. В. ЕГОРОВА^а, К. А. КОРЧАГИНА^а, Д. В. ДАНИЛОВА^а, А. В. ПАРАМОНОВА^б^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ^б ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТИРОЛ-АКРИЛОВОЙ ДИСПЕРСИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫХ РАСТВОРОВ

Аннотация. Исследовано влияние стирол-акриловой дисперсии на показатели подвижности цементно-песчаных растворов и значения механических свойств цементно-песчаных растворов. Приведены зависимости свойств цементно-песчаной растворной смеси и раствора от концентрации введенной в их состав дисперсии. Установлено, что стирол-акриловая дисперсия существенно повышает прочностные характеристики растворов в возрасте 28 суток стандартного твердения. При использовании в смеси мелкого заполнителя пониженного качества, в частности с большим содержанием пылевато-глинистых частиц, отмечено существенное повышение предела прочности при изгибе на 54 и на 43,8 % при использовании качественного мелкого заполнителя. Значение предела прочности на сжатие повышается на 30,3 % при использовании качественного мелкого заполнителя; при применении заполнителя пониженного качества изменение величины предела прочности на сжатие не зафиксировано.

Ключевые слова: подвижность, прочность, цементно-песчаный раствор, стирол-акриловая дисперсия.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В соответствии с принципами устойчивого развития, положенными в основу «Программы 21 для устойчивого строительства» («Agenda 21 for Sustainable Construction», Rio de Janeiro, 1992), для отрасли строительной индустрии требуется разработка и внедрение ресурсо- и энергоэффективных строительных материалов, инновационных технологий их производства.

Реализация в мировой практике уникальных проектов (протяженные подвесные мосты в Японии и Китае, комплексы крупных гидротехнических и транспортных сооружений в Голландии, нефтедобывающие платформы в Норвегии, высотные здания и сооружения) обусловила повышение требований к бетонам и бетонным смесям: быстрые темпы набора прочности, высокие физико-механические характеристики, т. е. использование «высокофункциональных бетонов» (High Performance Concretes). Это обеспечивается за счет применения комплексов модификаторов, включающих, как правило, химические добавки различного принципа действия, например активные минеральные добавки (наполнители), ускорители твердения и др.

На развитие и совершенствование технологического процесса производства бетонных смесей, формирования из них железобетонных конструкций оказывают влияние два ключевых фактора: с одной стороны, получение прочного и долговечного бетона, с другой – снижение трудовых и энергетических затрат при его производстве. На протяжении продолжительного периода эти два фактора оставались противоречивыми, так как для получения высокопрочных, долговечных бетонов их составы проектировали с низким значением водоцементного отношения, что приводило к получению жестких бетонных смесей, требующих повышенных энергетических затрат как при перемешивании, так и при укладке и вибрационном уплотнении в формах. Последнее существенно повышает трудоемкость технологического процесса. В то же время возможность получения высокоподвижных бетонных смесей обеспечивалась в основном за счет увеличения расхода воды затворения, что, в свою очередь, приводит к снижению прочности и долговечности бетона.

© В. Б. Мартынова, Е. В. Егорова, К. А. Корчагина, Д. В. Данилова, А. В. Парамонова, 2020

Эти противоречия в значительной мере были решены с разработкой эффективных пластификаторов и суперпластификаторов в середине 70-х годов XX столетия. Их применение в составах бетона обеспечило возможность получения высокоподвижных (литых) бетонных смесей и бетонов с высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками на рядовых портландцементных и заполнителях за счет двух основных эффектов: пластифицирующего и водоредуцирующего [1–3]. В то же время, наряду с очевидными преимуществами получения высокоподвижных бетонных смесей, большинство суперпластификаторов оказывали замедляющее действие на схватывание и твердение бетонной смеси, особенно при высоких концентрациях.

Согласно [4–7] совместимость в системе «портландцемент – суперпластификатор» затрагивает следующие параметры, связанные с цементом: химический и минералогический состав, в частности содержание C_3A , содержание щелочей и свободной извести, состав и тип сульфата кальция (дигидрат, базанит, ангидрид), размер частичек цемента. Принимая во внимание свойства суперпластификатора, следующие факторы имеют значение: химическая природа и средняя молекулярная масса, степень полимеризации, количество добавки и способ введения в бетонную смесь.

Применительно к бетону совместимость добавок с цементами можно рассматривать как способность добавок обеспечивать требуемые технологические эффекты и поддерживать их на заданном уровне определенное время с учетом действия различных факторов [8].

Целью настоящей работы является исследование влияния стирол-акриловой дисперсии на показатели подвижности цементно-песчаных растворных смесей и показатели прочности цементно-песчаных растворов.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для определения влияния стирол-акриловой дисперсии на характеристики цементно-песчаных растворных смесей и растворов были приготовлены составы с использованием мелкого заполнителя пониженного качества с большим содержанием пылевато-глинистых частиц и промытого.

В качестве компонентов цементно-песчаных растворных смесей приняты:

- портландцемент (ПЦ) ЦЕМ I 42,5Н Амвросиевского цементного завода ООО «ПИК ЦЕМЕНТ +» ($S_{уд.} = 357 \text{ см}^2/\text{кг}$; $НГ = 26,2 \%$, $R_{28} = 43,5 \text{ МПа}$);
- песок (ПК) кварцевый Ясиноватского карьера с $M_k = 1,1$ (содержание ПИГ = 13% (составы 3–6) – ПК1; в промытом ПИГ = 1 % (составы 7–10) – ПК2);
- стирол-акриловая дисперсия (Д) Номасcryl ООО «Группа ХОМА», Россия (значение $pH = 7,9$, массовая доля нелетучих веществ (C) = 49,3 %). Количество стирол-акриловой дисперсии было принято 0,5 % (составы 3–4, 7–8) и 0,9 % (составы 5–6, 9–10) от массы вяжущего вещества.

Количество воды (В) было принято постоянным ($В/Ц = 0,4$).



Подвижность цементно-песчаных растворных смесей исследовали с применением миниконуса по ГОСТ 310.4-81 [9]. Образцы набирали прочность в стандартных условиях (составы 3, 5, 7, 9) и с применением тепловлажностной обработки (составы 4, 6, 8, 10). Физико-механические свойства образцов цементно-песчаной смеси и раствора определяли по стандартным методикам.

Составы растворных смесей и показатели подвижности приведены в таблице 1; физико-механические характеристики цементно-песчаных растворов – в таблице 2.

Таблица 1 – Состав и свойства свежеприготовленных растворных смесей

№ состава	Расход компонентов, кг (л)					Диаметр распыла, мм
	ПЦ	ПК1	ПК2	В	Д	
1	0,5	1,5	–	0,2	–	106
2		–	1,5		–	116
3		1,5	–		0,5 %m _ц	110
4					0,5 %m _ц	
5					0,9 %m _ц	
6					0,9 %m _ц	130
7		–	1,5		0,5 %m _ц	112
8					0,5 %m _ц	
9					0,9 %m _ц	
10					0,9 %m _ц	150

Таблица 2 – Механические свойства растворов

№ состава	Внешний вид среза образцов	Предел прочности при изгибе – $R_{изг}$, МПа	Предел прочности при сжатии – $R_{сж}$, МПа
1		4,94	25,00
2		6,74	36,40
	новообразования отсутствуют		
3		6,83	25,22
4		6,01	17,32
5		7,61	23,41
6		5,45	18,55
7		8,04	30,34
8		4,35	18,93
9		6,78	46,53
10	темные вкрапления в толще образцов – новообразования	4,55	14,57

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ВЫВОДЫ

Отмечено увеличение подвижности цементно-песчаной растворной смеси при использовании промытого заполнителя. Увеличение содержания стирол-акриловой дисперсии также оказывает пластифицирующий эффект на растворную смесь. Кроме того, наблюдается снижение средней плотности образцов, что обусловлено воздухововлечением в смесь при перемешивании. Это положительно отразится на показателях морозостойкости.

По результатам экспериментов установлено, что введение стирол-акриловой дисперсии в состав цементно-песчаных растворов существенно влияет на их прочностные характеристики. Наибольший эффект отмечен при использовании в составе смеси промытого заполнителя. Также при содержании дисперсии в количестве 0,5 % от массы портландцемента отмечен прирост значения предела прочности при изгибе 36,26 % при использовании в составе смеси заполнителя пониженного качества. А предел прочности при сжатии увеличивается на 30,34 % при использовании промытого заполнителя.

Увеличение как предела прочности при изгибе (на 43,8 %), так и предела прочности при сжатии (на 30,33 %) зафиксировано при содержании дисперсии 0,9 % от массы портландцемента и использовании промытого заполнителя.

Таким образом, можно сделать вывод, что введение в цементно-песчаную смесь стирол-акриловой дисперсии оказывает существенное влияние на показатели предела прочности на растяжение при изгибе. Вероятно, это связано с химической природой дисперсии и образованием в растворах новообразований, обладающих большой растяжимостью и влияющих на среднюю плотность раствора.

Можно рекомендовать применять стирол-акриловую дисперсию Homacryl (ООО «Группа ХОМА», Россия) в конструкциях, испытывающих значительные растягивающие и изгибающие нагрузки и за счет этого сокращать количество арматурных элементов в растянутых зонах.

В дальнейшем предполагается изучить влияние дисперсии совместно с минеральными добавками на прочностные характеристики растворов и бетонов и показатели морозостойкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батудаева, А. В. Высокопрочные модифицированные бетоны из самовыравнивающихся смесей [Текст] / А. В. Батудаева, Г. С. Кардунян, С. С. Каприелов // Бетон и железобетон. – 2005. – № 4. – С. 14–18.

- Каприелов, С. С. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива [Текст] / С. С. Каприелов, В. Г. Батраков, А. В. Шейнфельд // Бетон и железобетон. – 1999. – № 6. – С. 6–10.
- Зайченко, Н. М. Органо-минеральные модификаторы высокопрочных бетонов на основе смеси суперпластификаторов [Текст] / Н. М. Зайченко, Е. В. Сахошко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – 2006. – Вип. 14. – С. 57–63.
- Hanehara, S. Rheology and early age properties of cement systems [Текст] / S. Hanehara, K. Yamada // Cement and Concrete Research. – 2008. – Vol. 38, No 1. – P. 175–195.
- Dispersing agents for cement based on modified polysaccharides [Текст] / M. C. Vieira, D. Klemm, L. Einfeldt, G. Albrecht // Cement and Concrete Research. – 2005. – Vol. 35, No 5. – P. 883–890.
- Erdoğan, S. Effect of retempering with superplasticizer admixtures on slump loss and compressive strength of concrete subjected to prolong mixing [Текст] / S. Erdoğan // Cement and Concrete Research. – 2005. – Vol. 35, No 5. – P. 907–912.
- Prince, W. Ettringite formation: A crucial step in cement superplasticizer compatibility [Текст] / W. Prince, M. Espagne, P.-C. Aitcin // Cement and Concrete Research. – 2003. – Vol. 33, No 5. – P. 635–641.
- Зайченко, Н. М. Высокопрочные тонкозернистые бетоны с комплексно модифицированной микроструктурой [Текст] : дисс... д-ра техн. наук : 05.23.05 / Зайченко Николай Михайлович. – Макеевка : ДонНАСА, 2009. – 356 с.
- ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии = Cements. Methods of bending and compression strength determination : [Текст] межгосударственный стандарт : издание официальное. – Взамен ГОСТ 310.4-76 ; введ. 1981-08-21 / Министерство промышленности строительных материалов СССР, Государственный комитет СССР по делам строительства, Министерство энергетики и электрификации СССР. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с. – Текст : непосредственный.

Получена 25.12.2019

В. Б. МАРТИНОВА ^a, О. В. ЄГОРОВА ^a, К. О. КОРЧАГІНА ^a, Д. В. ДАНИЛОВА ^a,
А. В. ПАРАМОНОВА ^b

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТИРОЛ-АКРИЛОВОЇ ДИСПЕРСІЇ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНИХ РОЗЧИНІВ

^a ДОО ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^b ДОО ЛНР «Луганський національний аграрний університет»

Анотація. Досліджено вплив стирол-акрилової дисперсії на показники рухливості цементно-піщаних сумішей розчинів та значення механічних властивостей цементно-піщаних розчинів. Наведені залежності властивостей цементно-піщаної суміші розчину і розчину від концентрації введеної до їх складу дисперсії. Встановлено, що стирол-акрилова дисперсія істотно підвищує характеристики міцності розчинів у віці 28 діб стандартного твердіння. При використанні в суміші дрібного заповнювача зниженої якості, зокрема з великим вмістом пилувато-глинистих частинок, відзначено істотне підвищення межі міцності при вигині на 54 і на 43,8 % при використанні якісного дрібного заповнювача. Значення межі міцності на стиск підвищується на 30,3 % при використанні промитого заповнювача; при застосуванні заповнювача зниженої якості зміни величини межі міцності на стиск не зафіксовано.

Ключові слова: рухливість, міцність, цементно-піщаний розчин, стирол-акрилова дисперсія.

VITA MARTYNOVA ^a, ELENA EGOROVA ^a, KARINA KORCHAGINA ^a,
DARIA DANILOVA ^a, ANASTASIA PARAMONOVA ^b

STUDY OF THE INFLUENCE OF STYRENE-ACRYLIC DISPERSION ON THE
PHYSIC-MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT-SAND MORTARS

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b Lugansk National Agrarian University

Abstract. The effect of styrene-acrylic dispersion on the mobility indices of cement-sand mortar mixtures and the values of the mechanical properties of cement-sand mortars are studied. The dependence of the characteristics of the cement-sand mortar mixture and mortar on the concentration introduced into the composition of the dispersion is given. It was found that the introduction of styrene-acrylic dispersion significantly increases the strength characteristics of solutions at the age of 28 days of standard hardening. When using a fine aggregate of reduced quality in a mixture, in particular, with a high content of dusty clay particles, a significant increase in the tensile strength in bending by 54 and 43.8 % when using high-quality fine aggregate is noted. The value of compressive strength is increased by 30.3 % when using washed aggregate; when using a filler of reduced quality, a change in the value of the compressive strength is not fixed.

Key words: slump, strength, cement-sand mortar, styrene-acrylic dispersion.

Мартынова Вита Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: ячеистые бетоны.

Егорова Елена Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: самоуплотняющиеся бетоны.

Корчагина Карина Александровна – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны с высокими эксплуатационными характеристиками.

Данилова Дарья Витальевна – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: применение химических добавок в высокофункциональных бетонах.

Парамонова Анастасия Владимировна – аспирант кафедры архитектуры и автомобильных дорог ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Научные интересы: ячеистые бетоны.

Мартынова Віта Борисівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: ніздрюваті бетони.

Егорова Олена Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони, що самоупільнюються.

Корчагіна Карина Олександрівна – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони з високими експлуатаційними характеристиками.

Данилова Дар'я Віталіївна – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: застосування хімічних добавок у високофункціональних бетонах.

Парамонова Анастасія Володимирівна – аспірант кафедри архітектури та автомобільних доріг ДОУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: ніздрюваті бетони.

Martynova Vita – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cellular concretes.

Egorova Elena – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: self-compacting concretes.

Korchagina Karina – master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: high performance concrete.

Danilova Daria – master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the use of chemical additives in high performance concretes.

Paramonova Anastasia – post-graduate student, Architecture and Highways Department, Luhansk National Agrarian University. Scientific interests: cellular concretes.

УДК 625.84

Е. П. ЖИТНИКОВ, Д. И. СТЕПАНОВ, М. И. ПОНОМАРЕВ, Д. И. БОРОДАЙ
ГОО ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**КОНСТРУКЦИИ ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С
ЦЕМЕНТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ДОНБАССА**

Аннотация. В работе выполнен анализ проблемы обеспечения межремонтных сроков службы покрытий автомобильных дорог общего пользования равных 12 годам и сроков между капитальными ремонтами равных 24 годам. Рассмотрены основные проблемы и перспективы применения жестких дорожных одежд с покрытиями из цементного бетона. Определён перечень местных минеральных материалов, а также отходов промышленных производств Донбасса, которые могут быть использованы в дорожном строительстве в текущее время. Предложены варианты конструкций жестких дорожных одежд капитального типа под расчетную нагрузку 115 кН с использованием местных каменных материалов в основании. Исследовано влияние модуля упругости на требуемую минимальную толщину слоя основания в конструкциях жестких дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования всех технических категорий.

Ключевые слова: срок службы, дороги общего пользования, жесткая дорожная одежда, основание, покрытие, местные минеральные материалы.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

По данным статистической отчетности по состоянию на 31 декабря 2017 года из 511 тыс. км общей протяженности автомобильных дорог общего пользования регионального и муниципального значения в Российской Федерации лишь 43,1 % соответствуют нормативным технико-эксплуатационным требованиям [1]. По оценкам экспертов одной из основных причин этого являются недостаточные фактические межремонтные сроки службы покрытий автомобильных дорог, которые по данным федерального дорожного агентства Росавтодор составляют 3–4 года [2].

Согласно постановлению Правительства РФ № 658 от 30.05.2017 «О нормативах денежных затрат и правилах расчета размера бюджетных ассигнований федерального бюджета на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог федерального значения» межремонтный срок службы автомобильных дорог независимо от дорожно-климатической зоны и категории автомобильной дороги должен составлять 12 лет, а срок между капитальными ремонтами – 24 года.

В условиях необходимости повышения фактических межремонтных сроков службы покрытий рациональным является использование при строительстве автомобильных дорог покрытий из цементных бетонов [3–5].

Анализ современных исследований в области проектирования и строительства дорожных одежд [2–8] позволяет выделить следующие основные проблемы применения покрытий из цементных бетонов:

- обеспечение необходимых технико-эксплуатационных характеристик материалов для устройства жестких дорожных одежд;
- адекватность методик конструирования и расчета жестких дорожных одежд, которые должны наиболее полно и точно моделировать реальные условия работы дорожной конструкции;
- обеспечение качества строительных работ по устройству цементобетонных покрытий;
- эксплуатационное содержание и своевременный ремонт цементобетонных покрытий.

Рассмотрение различных подходов к решению проблем применения цементобетонных покрытий [2–8] позволяет определить перспективные направления исследований в данной области, а именно применение:

- высокопрочных бетонов с целью повышения долговечности и снижения материалоемкости конструкций покрытий жестких дорожных одежд;
- крупнопористых бетонов с целью повышения шероховатости и дренирующих свойств покрытий с сопутствующим снижением уровня шума;
- местных минеральных материалов и отходов промышленного производства как в составах цементных бетонов для покрытий, так и в качестве конструктивных слоев оснований жестких дорожных одежд с целью снижения капитальных затрат на строительство;
- непрерывно армированных цементобетонных покрытий с целью увеличения расчетной длины плит и снижения количества деформационных швов;
- сборных плит, выполненных на стендах безопалубочного формования, с целью снижения расходов на производство сборных элементов покрытия;
- новых материалов и технологий для ремонта цементобетонных покрытий.

Если учесть специфику дорожного строительства в условиях Донбасса, то можно предположить, что перспективные направления исследований при конструировании и расчете жестких дорожных одежд могут быть определены как:

- разработка конструкций жестких дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования с использованием техногенного сырья Донбасса (металлургические шлаки, золошлаковые отходы ТЭС, отсева дробления каменных материалов и др.);
- разработка конструкций жестких дорожных одежд автомобильных дорог местного значения с использованием покрытий из сборных железобетонных плит;
- разработка конструкций жестких дорожных одежд автомобильных дорог государственного значения с использованием покрытий из высокопрочных бетонов с учетом технологических возможностей местных предприятий по производству цемента.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является разработка конструкций жестких дорожных одежд с цементобетонным покрытием для автомобильных дорог общего пользования, которые эксплуатируются в климатических условиях Донбасса и в условиях действующих транспортных нагрузок.

Задачами исследования являются:

- определение типовых прочностных характеристик грунтов земляного полотна;
- определение перечня местных минеральных материалов, а также отходов промышленных производств Донбасса, которые могут быть использованы в дорожном строительстве в текущее время;
- разработка рациональных конструкций жестких дорожных одежд для автомобильных дорог общего пользования всех технических категорий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Конструирование и расчет дорожных одежд выполнен по стандартной методике в соответствии с требованиями СП 34.13330-2012 [9] и «Методических рекомендаций по расчету жестких дорожных одежд» [10] с использованием учебной версии программного комплекса IndorPavement.

Расчетные прочностные характеристики грунта земляного полотна могут изменяться в значительных пределах в зависимости от типа грунта и условий увлажнения рабочего слоя земляного полотна, которые определяют значение расчетной влажности грунта. В первом приближении в условиях проводимого исследования на основании справочной информации [11] в качестве типового грунта земляного полотна был принят суглинок легкий с расчетными характеристиками, приведенными в табл. 1.

На основании анализа рынка местных минеральных материалов сформирован перечень строительных материалов, которые могут быть использованы в конструкциях оснований дорожных одежд предприятиями дорожной отрасли Донбасса на текущий момент. Наименование и прочностные характеристики строительных материалов основания приведены в табл. 2.

Жесткие дорожные одежды конструировались в виде трехслойных конструкций, состоящих из цементобетонного покрытия (тяжелый цементный бетон класса B_{cb} 4,0), основания из укрепленных или неукрепленных минеральных материалов, а также дополнительного дренажного слоя основания из

Таблица 1 – Расчетные характеристики грунта земляного полотна по [11]

Грунт земляного полотна	Расчетная влажность грунта земляного полотна, доля от влажности на границе текучести, W	Расчетные характеристики грунта земляного полотна		
		Модуль упругости, E, МПа	Угол внутреннего трения, φ , град.	Сцепление, C, МПа
Суглинок легкий	0,61	72	24	0,030

Таблица 2 – Расчетные прочностные характеристики материалов основания

№ п/п	Наименование материала основания	Модуль упругости, E, МПа
1	Минеральные материалы, обработанные цементом, соответствующие марке 100	1 000
2	Минеральные материалы, обработанные цементом, соответствующие марке 75	870
3	Минеральные материалы, обработанные цементом, соответствующие марке 60	800
4	Минеральные материалы, обработанные цементом, соответствующие марке 40	600
5	Минеральные материалы, обработанные цементом, соответствующие марке 20	500
6	Фракционированный известняковый щебень, уложенный по способу заклинки	400
7	Щебень шлаковый малоактивный доменный	300
8	Щебень шлаковый малоактивный сталеплавильный	250
9	Смесь шахтной отвальной породы со щебнем (1:1)	200
10	Отсев дробления известняка	150
Примечание 1. В качестве минеральных материалов, обработанных цементом, могут использоваться как щебень (щебеночно-песчаные смеси), так и отходы промышленности (золышлаковые смеси ТЭС, отсе́вы дробления горных пород, горелая порода шахтных отвалов)		

материалов с коэффициентом фильтрации $K_{\text{ф}} > 2$ м/сут (для расчетов был принят песок средней крупности с $E_{\text{упр}} = 120$ МПа). В качестве расчетной была принята нормативная осевая нагрузка при капитальной дорожной одежде 115 кН.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предварительные расчеты показали, что увеличение класса цементного бетона на растяжение при изгибе $B_{\text{из}}$ при прочих равных условиях приводит к снижению минимальной требуемой толщины бетонного покрытия. Однако во всех рассмотренных случаях расчетные значения толщин покрытия были меньшими относительно минимально допустимых значений, которые установлены табл. 8.7 СП 34.13330-2012 [9]. Таким образом, в рассмотренных условиях основным эффектом применения в конструкциях дорожных одежд цементных бетонов с повышенным классом прочности на растяжение при изгибе (как вариант использования высокопрочных бетонов) являлось повышение ресурса в виде увеличения суммарного расчетного числа приложений расчетной нагрузки A11,5. Более подробно вопрос влияния класса прочности на растяжение при изгибе бетона покрытия на ресурс дорожной одежды будет рассмотрен в следующих работах, а в рассматриваемом исследовании в дальнейшем выполнялся расчет покрытий из тяжелого цементного бетон класса $B_{\text{из}}$ 4,0 в соответствии с требованиями табл. 8.10 СП 34.13330-2012 [9].

Было рассмотрено десять вариантов конструкции дорожных одежд с применением различных материалов слоя основания согласно табл. 2. Толщина дренажного слоя была определена для условий IV дорожно-климатической зоны при первой расчетной схеме увлажнения рабочего слоя и составила 21 см.

Все десять вариантов конструкции дорожной одежды рассчитывались для дорог общего пользования всех технических категорий. Согласно категории дороги назначалась минимально допустимая толщина слоя покрытия в соответствии с требованиями табл. 8.7 СП 34.13330-2012 [9]. Толщина слоев основания определялась расчетом для каждого варианта. Конструкции жестких дорожных одежд приведены в табл. 3. Результаты определения минимальной требуемой расчетной толщины слоев основания приведены в табл. 4.

Следует отметить тот факт, что при расчете дорожных одежд определяющим окончательную толщину слоев конструкции был параметр обеспечения сдвигустойчивости материала дренажного слоя дорожной одежды.

Таблица 3 – Конструкции жестких дорожных одежд капитального типа под расчетную нагрузку на ось транспортного средства 115 кН

№ п/п	Часть дорожной одежды	Материал слоя	Толщина слоя для категории дороги, h, см		
			I	II–III	IV–V
1	Покрытие	Тяжелый цементный бетон класса В _ф 4,0	22	20	18
2	Основание	Материалы из табл. 2	по расчету		
3	Дополнительный слой основания	Дренажный слой из песка средней крупности с $K_{\phi} > 2$ м/сут и $E_{\text{упр}} = 120$ МПа	21		
4	Грунт земляного полотна	Суглинок легкий при $W_t = 0,61$: $E_{\text{упр}} = 72$ МПа, $\phi = 24^\circ$, $c = 0,030$ МПа	–		

Таблица 4 – Минимальные требуемые толщины слоя основания жестких дорожных одежд капитального типа под расчетную нагрузку на ось транспортного средства 115 кН

№ п/п	Наименование материала основания	Модуль упругости, E, МПа	Толщина слоя основания для категории дороги, см		
			I	II–III	IV–V
1	Минеральные материалы, обработанные цементом, соответствующие марке 100	1 000	19	21	24
2	Минеральные материалы, обработанные цементом, соответствующие марке 75	870	19	22	25
3	Минеральные материалы, обработанные цементом, соответствующие марке 60	800	19	22	25
4	Минеральные материалы, обработанные цементом, соответствующие марке 40	600	20	23	26
5	Минеральные материалы, обработанные цементом, соответствующие марке 20	500	21	24	27
6	Фракционированный известняковый щебень, уложенный по способу заклинки	400	22	24	27
7	Щебень шлаковый малоактивный доменный	300	22	25	28
8	Щебень шлаковый малоактивный сталеплавильный	250	22	25	29
9	Смесь шахтной отвальной породы с щебнем (1:1)	200	22	26	30
10	Отсев дробления известняка	150	23	26	31

ВЫВОДЫ

Анализ результатов исследования, приведенных в табл. 4, свидетельствует о том, что при снижении модуля упругости слоя основания с 1 000 МПа до 150 МПа увеличение требуемой толщины слоя основания составляет до 4 см для дорог I технической категории, до 5 см для дорог II–III технических категорий и до 7 см для дорог IV–V технических категорий. Данные результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что величина ресурса прочности жестких дорожных одежд, которые эксплуатируются в условиях Донбасса, определяется в первую очередь толщиной слоя покрытия из тяжелого бетона. При увеличении толщины слоя покрытия на несколько сантиметров при прочных грунтах рабочего слоя земляного полотна можно широко использовать неукрепленные местные минеральные материалы и отходы промышленности в слоях основания.

Потенциально это позволит значительно снизить капитальные затраты на устройство оснований дорожных одежд. Увеличение толщины покрытия повышает стоимость строительства. В то же время повышается ресурс дорожной одежды, что должно привести к снижению приведенных затрат на весь срок службы дорожной одежды.

Результаты исследования свидетельствуют о перспективности применения в конструкциях жестких дорожных местных минеральных материалов и отходов промышленности Донбасса. Оценка технико-экономической эффективности использования в конструкциях жестких дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования, которые эксплуатируются в условиях Донбасса, высокопрочных бетонов и местных минеральных материалов является задачей будущих исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [Электронный ресурс]. – 64 с. – Режим доступа : <http://static.government.ru/media/files/rBdyoIr3S9IDP8Q87lXXYaktpKWGc0NY.pdf>.
2. Актуальность и перспективы применения цементобетона в дорожном строительстве [Электронный ресурс] / М. Я. Якобсон, А. А. Кузнецова, А. С. Введенская, А. В. Бычков // Системные технологии. – 2016. – № 18. – С. 132–140. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-i-perspektivy-primeneniya-tsementobetona-v-dorozhnom-stroitelstve>.
3. Фурсов, С. Г. Пути к повышению срока службы нежестких дорожных одежд [Электронный ресурс] / С. Г. Фурсов // Дороги России XXI века. – 2019. – № 1 (109). – С. 89–94. – Режим доступа : <https://rosavtodor.ru/books/2019/1/?p=89>.
4. Неоцененная технология [Электронный ресурс] / А. Тягловой // Дороги России XXI века. – 2019. – № 5 (113). – С. 59–63. – Режим доступа : <https://rosavtodor.ru/books/2019/5/?p=59&z=1>.
5. Минеральные вяжущие в дорожном строительстве [Электронный ресурс] / А. Коптилова // Дороги России XXI века. – 2019. – № 5 (113). – С. 69–75. – Режим доступа : <https://rosavtodor.ru/books/2019/5/?p=69&z=1>.
6. Терегулова, Э. Р. Перспективы применения жестких дорожных одежд при строительстве автомобильных дорог и аэродромов, и проблемы их конструирования и расчета [Электронный ресурс] / Э. Р. Терегулова // Известия КазГАСУ. – 2012. – № 4 (22). – С. 389–396. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-zhestkih-dorozhnyh-odezhd-pri-stroitelstve-avtomobilnyh-dorog-i-aerodromov-i-problemy-ih-konstruirovaniya-i>.
7. Несветаев, Г. В. К вопросу строительства автомобильных дорог с применением цементных бетонов [Электронный ресурс] / Г. В. Несветаев // Вестник евразийской науки. – 2013. – № 5(18). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-stroitelstva-avtomobilnyh-dorog-s-primeneniem-tsementnyh-betonov>.
8. Фадеева, Т. А. Снижение стоимости дорожных плит с использованием современных технологий [Электронный ресурс] / Т. А. Фадеева // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2015. – № 1 (11). – С. 148–151. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-stoimosti-dorozhnyh-plit-s-ispolzovaniem-sovremennyh-tehnologiy>.
9. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги [Текст] : актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* ; введ. 2013-07-01. – М. : Госстрой России, 2012. – 103 с.
10. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд [Текст]. – Взамен ВСН 197-91 ; введ. 2003-12-03 / канд. техн. наук В. М. Юмашев и д-р техн. наук В. Д. Казарновский (Союздорнии). – Москва : [б. и.], 2004. – 133 с.
11. АЛББОМ типових конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу під розрахункові навантаження А1, А2, Б [Текст] / ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ (УКРАВТОДОР) ; Харківський національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ). – Київ : [б. и.], 2014. – 80 с.

Получена 27.12.2019

Є. П. ЖИТНИКОВ, Д. І. СТЕПАНОВ, М. І. ПОНОМАРЬОВ, Д. І. БОРОДАЙ
КОНСТРУКЦІЇ ЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ З ЦЕМЕНТОБЕТОННИМ
ПОКРИТТЯМ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ЗАГАЛЬНОГО
КОРИСТУВАННЯ В УМОВАХ ДОНБАСУ
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У роботі виконано аналіз проблеми забезпечення міжремонтних термінів служби покриттів автомобільних доріг загального користування в розмірі 12 років і термінів між капітальними ремонтами – 24 роки. Розглянуто основні проблеми та перспективи застосування жорстких дорожніх одягів з покриттями з цементного бетону. Визначено перелік місцевих мінеральних матеріалів, а також відходів промислових виробництв Донбасу, які можуть бути використані в дорожньому будівництві на даний час. Запропоновано варіанти конструкцій жорстких дорожніх одягів капітального типу під розрахункові навантаження 115 кН з використанням в основі місцевих кам'яних матеріалів. Досліджено вплив модуля пружності на необхідну мінімальну товщину шару основи в конструкціях жорстких дорожніх одягів автомобільних доріг загального користування всіх технічних категорій.

Ключові слова: термін служби, дороги загального користування, дорожній одяг, основа, покриття, місцеві мінеральні матеріали.

YEVGENIY ZHYTNIKOV, DMITRII STEPANOV, MAXIM PONOMAREV,
DENIS BORODAY
RIGID PAVEMENT STRUCTURES WITH CEMENT CONCRETE PAVEMENT FOR
PUBLIC ROADS IN THE DONBASS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The paper analyzes the problem of achieving the service life of the pavements of public roads between repairs in the amount of 12 years and the period between rehabilitations – 24 years. The main problems and possibilities of using rigid pavement with cement concrete layers are considered. The list of local stone materials, as well as industrial waste from the Donbas, which can be used in road construction at the current time, is determined. Variants of the construction of rigid pavements for a design load of 115 kN using local stone materials at the road base are proposed. The influence of the elastic modulus on the required minimum thickness of the base layer in the structures of rigid road pavements of public roads of all technical categories is investigated.

Key words: service life, public roads, rigid pavement, road base, pavement, local stone materials.

Житников Евгений Павлович – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование и конструирование дорожных одежд.

Степанов Дмитрий Игоревич – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование и конструирование дорожных одежд.

Пономарев Максим Игоревич – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование и конструирование дорожных одежд.

Бородай Денис Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: надежность и долговечность транспортных сооружений; проектирование и конструирование дорожных одежд.

Житніков Євген Павлович – магістрант ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування і конструювання дорожніх одягів.

Степанов Дмитро Ігорович – магістрант ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування і конструювання дорожніх одягів.

Пономарьов Максим Ігорович – магістрант ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування і конструювання дорожніх одягів.

Бородай Денис Ігорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг та аеродромів ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: надійність та довговічність транспортних споруд; проектування і конструювання дорожніх одягів.

Zhytnikov Yevgeniy – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design and construction of road pavement.

Stepanov Dmitrii – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design and construction of road pavement.

Ponomarev Maxim – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design and construction of road pavement.

Boroday Denis – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliability and durability of transport constructions; design and construction of road pavement.

УДК 624.04: 725.4.004

В. Н. ЛЕВЧЕНКО, Н. А. НЕВГЕНЬ, Т. Н. ВИНОГРАДОВА, В. В. ВЕГНЕР
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Аннотация. Известно, что износ промышленных зданий ведет не только к повышению затрат труда, денежных и материально-технических ресурсов, но и повышает капитальные вложения в новое строительство для обновления зданий, которые получили повреждения. В промышленных зданиях технология производства продукции очень разнообразная, а поэтому и эксплуатационные требования всегда должны быть конкретными и специфическими. Вместе с тем существуют и общие требования для всех предприятий. В строительном комплексе большое значение уделяется улучшению проектно-сметного дела, дальнейшему повышению качества проектов, а также технико-экономической оценке железобетонных конструкций зданий и сооружений на стадии проектирования, так как от них в большинстве зависят технический и экономический уровни созданных объектов, прогрессивность изготовленной продукции, сокращения их материалоемкости и трудоемкости, рациональное использование ресурсов, а также эффективность капитальных вложений. Снижение материалоемкости строительства является большой комплексной проблемой, реализация которой обеспечивает коренное повышение эффективности строительства и капитальных вложений в целом. Техничко-экономическая оценка и выбор оптимального варианта применения железобетонных конструкций в зданиях и сооружениях должны базироваться на комплексном анализе их стоимости натуральных показателей.

Ключевые слова: эффективность, сопоставимость, оптимизация, себестоимость, удельные капитальные вложения.

Конструкция должна наилучшим образом соответствовать своему назначению, быть удобной и безопасной во время эксплуатации и обеспечивать наименьшие затраты для поддержания ее в надежном состоянии.

Накопленный опыт обследования промышленных зданий Донецкого региона свидетельствует, что износ строительных конструкций во многих случаях проходит значительно быстрее, чем это предусмотрено проектами. Срок службы конструкций достигает 50...60 % от нормативного срока, а в некоторых случаях и значительно меньше [3].

Ускоренный износ промышленных зданий ведет не только к повышению затрат труда, денежных и материально-технических ресурсов на ремонт и эксплуатацию, но и повышает капитальные вложения в новое строительство для обновления зданий, которые преждевременно получили повреждения. К значительным убыткам преждевременного износа зданий принадлежит ущерб от вынужденной остановки предприятия или от нарушения технологического процесса во время ремонта и восстановления строительных конструкций.

В промышленных зданиях отражается наиболее существенное воздействие технологии производства на конструктивную схему каркаса и поэтому часто конструктивная форма полностью определяется габаритными размерами и расположением оборудования, внутрицеховым транспортом. Технология производства разной продукции очень разнообразная, а эксплуатационные требования всегда конкретные и специфические. Вместе с тем существуют общие требования для всех предприятий:

– удобность обслуживания и ремонта промышленного оборудования, которое нуждается в ответственном размещении колонн, подкрановых путей, связей и других элементов каркаса;

© В. Н. Левченко, Н. А. Невгень, Т. Н. Виноградова, В. В. Вегнер, 2020

- нормальная эксплуатация кранового оборудования и других подъемных механизмов, включая возможность его осмотра и ремонта;
- необходимые условия аэрации и освещения зданий;
- долговечность конструкций, которая зависит в целом от степени агрессивности внутрицехового окружения;
- относительная безопасность во время пожаров и взрывов.

Очень большое влияние на работу каркаса здания оказывают краны. Являясь динамичными, многократно повторяющимися и большими по размеру, крановые воздействия часто приводят к преждевременному износу и повреждению конструкций каркаса и в первую очередь подкрановых балок.

В связи с этим во время проектирования каркаса здания особенно необходимо учитывать режим работы мостовых кранов, который зависит от назначения здания и производственного процесса в нем.

Мостовые краны бывают с ручным приводом и электрические. Режим работы кранов с электрическим приводом обуславливается интенсивностью работы, которая количественно оценивается коэффициентами использования по грузоподъемности, годовым и суточным, относительной длительности включения двигателя крана, количеством включений механизма в час. Вычисляются и некоторые специфические условия эксплуатации (например, взрывоопасность и повышение температуры в помещении и т. д.).

Краны с электрическим приводом могут работать в легком, среднем, тяжелом и очень тяжелом режимах, которые обязательны при проектировании промышленных зданий.

В связи с этим перед проектированием каркаса здания должны быть получены исходные данные о транспортном оборудовании и расчетное количество циклов нагрузки конструкций по нормативным срокам их эксплуатации.

Главным направлением обеспечения долговечности промышленных зданий и создания нормальных условий труда должно быть снижение агрессивности способов производства, которое достигается созданием закрытых технологических процессов, которые значительно или полностью исключают выделение агрессивных реагентов в промышленной среде. Степень агрессивного воздействия внутрицеховой среды на конструкции определяется скоростью коррозионного повреждения незащищенной поверхности металла или бетона. В зависимости от концентрации агрессивных газов и относительной влажности установлены четыре степени агрессивности среды для металлических конструкций: неагрессивная (до 0,01 мм в год), слабая (до 0,05 мм в год), средняя (до 0,1 мм в год) и сильная (0,1 мм в год и выше) [2].

При проектировании зданий с сильными степенями агрессивности среды особое внимание нужно обратить на выбор марки стали, достаточно стойкой к коррозии или к определенному составу агрессивной среды, конструктивную форму элементов каркаса, эффективные защитные покрытия.

Агрессивное влияние промышленной среды на строительные конструкции может быть частично снижено за счет усовершенствования объемно-планировочных и конструктивных решений, укрупнения сеток колонн и использования соединений и конструкций, которые легко поддаются осмотру, замене и ремонту, а также использование профилей, удобных для очищения и антикоррозионной защиты, изготовления конструкций из материалов повышенной стойкости [5].

При этом должна быть повышена эффективность защиты строительных конструкций от коррозии. Необходимо обеспечить целостность антикоррозионной защиты на весь срок эксплуатации здания.

Немаловажное значение имеет использование в определенных условиях конструкций из материалов, которые требуют антикоррозионной защиты. Существенный эффект в ряде случаев может быть достигнут за счет использования низколегированных сталей и алюминиевых сплавов, которые имеют повышенную антикоррозионную стойкость, клееной древесины или асбестоцемента и других материалов.

Ускоренный фактический износ конструкции обуславливается также дефектами, которые возникают в процессе строительства и использования некачественных строительных изделий и конструкций, монтаж стеновых панелей и плит перекрытия насухо, без заполнения швов, отсутствие качественной гидроизоляции стен от капиллярного подсоса и т. д., а также в процессе самой эксплуатации зданий: нарушение нормативных режимов работы технологического оборудования и строительных конструкций, интенсификация технологических процессов, отключение системы принудительной вентиляции, использование строительных конструкций на нагрузки, которые превышают проектные, низкий уровень выполнения ремонтно-восстановительных работ и др.

Проблема противопожарной защиты промышленных зданий и сооружений находит в последние годы в нашей Республике все больше актуального значения. Использование новых объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений вызвано уменьшением технологии и интенсификации производственных процессов, а также использованием эффективных строительных материалов, преимущественно синтетических, требующих своевременного усовершенствования условий, соблюдение которых при проектировании обеспечит надлежащую противопожарную безопасность объектов в процессе эксплуатации и сведет до минимума убытки, которые наносят пожары.

В некоторых промышленных сооружениях строительные конструкции испытывают высокое тепловое воздействие (нагревание до температуры 150 °С и выше), случайных воздействий раскаленного металла или огня. При нагревании стальных конструкций до температуры выше 100...150 °С разрушается их защитное лакокрасочное покрытие, при нагревании выше 200...300 °С происходит искривление и коробление элементов (особенно при неравномерном нагревании), а при нагревании выше 400...500 °С – падение прочностных свойств стали. То же самое происходит с железобетонными конструкциями, то есть наблюдается потеря их несущей способности с последующими разрушениями конструкций. При проектировании строительных конструкций таких зданий необходимо предусматривать специальную защиту конструкций от чрезмерного нагрева. При длительном воздействии лучистой или конвенционной теплоты или при кратковременном непосредственном воздействии огня применяют подвесные металлические экраны, футеровки из кирпича или жаростойкого бетона, от брызг расплавленного металла и при опасности его прорыва конструкции защищают при помощи облицовок с огнестойкого кирпича или жаростойкого бетона.

При проектировании зданий, которые эксплуатируются в условиях низких температур (климатический пояс с расчетными температурами от минус 40 до минус 65 °С), учитывается возможность хрупкого разрушения стальных конструкций и специфическая работа железобетонных конструкций. Поэтому в таких случаях делают подборку состава бетона и соответствующих марок стали, проверяют конструкции на хрупкое разрушение, предусматривают дополнительные связи, сокращают размеры температурных блоков, а также предусматривают способы, которые уменьшают концентрацию напряжений.

При проектировании каркасов промышленных зданий с взрывоопасным производством предусматривается возможность «складывания» части конструкции при взрыве до полного разрушения каркаса.

В пожароопасных помещениях при проектировании каркасов несущие конструкции отодвигаются от возможных возгораний и защищаются от воздействия огня.

Требования достаточной надежности (прочности, стойкости, выносливости, малой деформативности) для каркасов промышленных зданий имеют некоторые особенности [1]:

- повышенная жесткость каркасов зданий с кранами очень тяжелого режима работы;
- введение разных коэффициентов условий работы в зависимости от условий эксплуатации конструкций, их элементов и соединений;
- необходимость расчета некоторых конструкций на выносливость и т. д.).

По степени ответственности большинство производственных зданий относится ко второму классу, при расчете их конструкций вводится коэффициент надежности по назначению, равный 0,95. Исключением являются главные здания ТЭС и АЭС, которые принадлежат к первому классу и складские помещения без процессов сортировки, которые принадлежат к третьему классу.

Огромные масштабы применения железобетонных конструкций обуславливают требования к снижению стоимости и трудоемкости их производства. На стадии проектирования это достигается расчетом.

Наибольшая экономическая эффективность конкурентоспособных конструкций (при надлежащих эксплуатационных качествах, сроках службы и равной огнестойкости) определяется минимумом приведенных затрат, состоящих из текущих издержек C_i (себестоимости строительно-монтажных работ или эксплуатационных расходов) и единовременных затрат K_i (капитальных вложений или стоимости производственных фондов), приведенных к годовым с учетом установленного нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений в строительстве $E_n = 0,12$ [4].

$$C_i + E_n K_i = \min. \quad (1)$$

При проектировании строительных конструкций приведенные затраты состоят из стоимости конструкций «в деле» (с учетом снижения условно-постоянных накладных расходов вследствие уменьшения продолжительности и трудоемкости строительства), приведенной к году начала эксплуатации

объекта и затрат, обусловленных размерами капитальных вложений в строительную базу, и эксплуатационных расходов (сюда включаются народнохозяйственные потери от недовыпуска продукции).

Выявление оптимальной стоимости конструкции (из серии однотипных, рознящихся между собой геометрическими размерами, видом, классом и насыщенностью арматуры, видом и классом бетона, технологией изготовления и т. д.) возможно в первом приближении только по стоимости изделия «в деле». На стоимость конструкций существенно влияет вид их сопряжения (колонн с фундаментами или со стеновыми панелями, колонн с ригелями перекрытий), а также эксплуатационные расходы, обусловленные отоплением и вентиляцией помещения в зависимости от высоты покрытия (перекрытия) при варьировании внешними размерами сопоставляемых конструкций.

Расчетная себестоимость конструкции «в деле» $C_{к.д.}$ (в законченном здании) на стадии проектирования определяется суммой расчетной стоимости ее заводского изготовления C_k , транспортных расходов от завода-изготовителя до места монтажа C_t , затрат на монтаж C_m и укрупнительную сборку $C_{у.с.}$, а также изменяющейся части накладных расходов строительства ΔH . При этом заготовительно-складские расходы строительства учитываются коэффициентом 1,02 (усредненное значение), а удорожание работ, вызванное зимним периодом, оценивается коэффициентом $k_z = 1,025$ (если объем работ по замоналичиванию не превышает 15 % объема работ по изготовлению используемых сборных элементов):

$$C_{к.д.} = (C_k + C_t)1,02 + (C_m + C_{у.с.}) k_z + \Delta H, \quad (2)$$

где C_m – затраты на монтаж, вычисляемые по сборнику Единых районных единичных расценок на строительные работы и дополнению к нему;
 $C_t = B_n \Pi_t$ – затраты на перевозку конструкций автомобильным или железнодорожным транспортом, учитывая разгрузку с транспортных средств, а также стоимость реквизита, необходимого для автоперевозок. При этом объем материалов устанавливается по проектным размерам конструкции за вычетом пустот.

Полная заводская расчетная стоимость конструкции определяется по формуле:

$$C_k = C_{с.к.} 1,145 k_{тер}, \quad (3)$$

где $C_{с.к.}$ – расчетная производственная себестоимость конструкции;
 1,145 – коэффициент, учитывающий среднеотраслевую рентабельность и расходы по реализации изделий (внепроизводственные расходы);
 $k_{тер}$ – коэффициент, определяющий территориальное удорожание материалов и их переработки по видам конструкций, принимаемый равным 1.

Изменяющаяся часть накладных расходов строительства

$$\Delta H = 0,6 \Pi_m + 0,153 Z_m + 0,082 C_{к.п.}, \quad (4)$$

где 0,6 – сумма накладных расходов, руб. на 1 чел.-дн. трудоемкости строительно-монтажных работ;
 Π_m – трудоемкость работ, связанных с монтажом конструкций, чел.-дн.;
 0,15 – сумма накладных расходов, руб. на 1 руб. затрат по основной заработной плате строительно-монтажных работ;
 $Z_m = \Pi_m \cdot 0,625 \cdot 1,2$ – основная зарплата рабочих строительства на монтаже конструкций;
 0,082 – процент условно-постоянной части среднего уровня накладных расходов в строительстве (50 % уровня накладных расходов в размере 16,5 % суммы затрат);
 $C_{к.п.}$ – прямые затраты себестоимости конструкций «в деле», являющиеся промежуточным итогом вычислений по условию $(C_k + C_t)1,02 + C_m$ в зависимости от формулы (2).

Расчетная производственная себестоимость конструкций $C_{с.к.}$, руб., определяется как сумма отдельных показателей:

$$C_{с.к.} = C_б + C_{ст} + C_a + C_n + C_d + C_y + C_{н.н.} + C_{ф.} + C_o + C_{п.} + C_{з.г.}, \quad (5)$$

а расчетная трудоемкость – как сумма трудовых затрат времени на изготовление одного изделия, чел.-ч.:

$$T_k = T_б + T_a + T_n + T_d + T_y + T_{н.н.} + T_{ф.} + T_{з.г.} \quad (6)$$

В формулах (5) и (6): C_6 и T_6 – суммарная себестоимость бетонной смеси и трудовые затраты на ее приготовление; $C_{ст.}$ – суммарная цена всех видов стали с учетом закладных деталей; C_a и T_a – суммарные затраты и трудоемкость изготовления арматурных изделий из ненапрягаемой арматуры (сетки, каркасы, отдельные стержни, монтажные петли); C_n и T_n – то же, из предварительно напрягаемой арматуры (стержни, проволоки, канаты и т.д.); C_d и T_d – себестоимость и трудоемкость изготовления закладных деталей; C_y и T_y – себестоимость и трудоемкость укладки ненапрягаемой арматуры и закладных деталей в форму; $C_{н.л.}$ и $T_{н.л.}$ – себестоимость и трудоемкость работ по натяжению напрягаемой арматуры; C_f и T_f – себестоимость и трудоемкость формования изделий; C_0 – затраты на содержание и эксплуатацию форм (опалубки) для данного изделия; C_n – себестоимость пара для прогрева изделия; $C_{з.г.}$ и $T_{з.г.}$ – суммарная себестоимость и трудоемкость операций по повышению заводской готовности (укрупнительная сборка, отделка и т.п.).

Расчетная производственная себестоимость $C_{с.к.}$ и трудоемкость T_k изготовления одного изделия определяются в зависимости от технологии изготовления и параметров бетонной смеси как для эталонной конструкции, так и для элементов новых решений.

Для вычисления показателей, входящих в формулы (5) и (6), используются нормативные зависимости.

Вычислительные значения стоимости и трудоемкости конструкций в деле по приведенным затратам не учитываются при выборе оптимальной технологии изготовления элементов, а также наилучших способов выполнения отдельных технологических операций (заготовка, укладка и натяжение арматуры, бетонирование, термовлажностная обработка и др.).

Расчетная производственная себестоимость конструкции зависит от таких факторов: формы, длины и геометрических размеров поперечного сечения (высота, ширина и толщина полок) элементов их армирования; характеристик рабочей арматуры (класс, марка, вид арматурной стали); вида и класса бетона; стоимости бетона и арматуры; технологии изготовления и методов транспортирования и монтажа.

При сравнении конструкций одинаковой длины, изготавливаемых из равноценных по стоимости бетона и арматуры, а также незначительно отличающихся стоимостью методов изготовления, транспортирования и монтажа, эти факторы практически не учитываются.

Существенное влияние на стоимость сравниваемых конструкций оказывает форма и геометрия поперечного сечения, дисперсия и вид армирования, вид и класс бетона. Эти факторы определяются требованиями СП 63.13330.2018 исходя из соблюдения предельных состояний:

первой группы, согласно зависимостям:

$$M_{act} \leq M_{cr}; Q_{act} \leq [Q_{wb} + Q_i]; N_{act} \leq N_{cr}; \quad (7)$$

второй группы, согласно условиям:

$$M_{act}^n \leq M_{cr}; \sigma_{mt} \leq R_{bt,ser}; N_{act} \leq N_{cr}; \frac{f_m}{l} \leq \frac{f}{l}; a_{act} \leq a_{cr}. \quad (8)$$

ВЫВОД

Множество требований, предъявляемых к железобетонным конструкциям согласно СП 63.13330.2018 и их показателям, усложняют задачу по определению оптимальной конструкции. Использование для этих целей электронно-вычислительной техники облегчает выбор и позволяет наиболее полно оценить достоинства и недостатки рассматриваемых конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ENV-1-1994. Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures [Текст] : Part 1-1: General rules for buildings. – Supersedes ENV 1994-1-1:1992 ; This European Standard was approved by CEN on 25 March 2003. – Sheffield : CEN, 2003. – 136 p.
2. Kyliš, M. Ekonomike hodnocenie korozijných zŕaď na zŕazobetonových a betorfovyh konstrukciach [Текст] / M. Kyliš. – V Kn. : Ochrana Stalebného diela pred korozion, Bratislava, 1998. – 115 s.
3. Левченко, В. Н. Актуальные вопросы проектирования экономичных зданий и сооружений путем оптимизации проектных решений и реконструкции действующих предприятий [Текст] : учебное пособие для студ. строит. вузов / В. Н. Левченко, Д. В. Левченко, Н. А. Невгень; под. ред. В. Н. Левченко. – Макеевка : ДонНАСА, 2018. – 198 с.
4. Руководство по оценке экономической эффективности и качества проектов промышленных объектов [Текст] / ЦНИИПромзданий. – М. : Стройиздат, 1991. – 56 с.

5. СП 63.13330.2018. «СНиП52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» [Текст]. – Взамен СП 63.13330.2012 ; введ. 2019-06-20. – М. : Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – 143 с.

Получена 09.01.2020

В. М. ЛЕВЧЕНКО, М. О. НЕВГЕНЬ, Т. М. ВИНОГРАДОВА, В. В. ВЕГНЕР
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИМОГИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПРОМИСЛОВИХ
БУДІВЕЛЬ І ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
КОНСТРУКЦІЙ НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. Відомо, що знос промислових будівель призводить не тільки до підвищення витрат праці, грошових і матеріально-технічних ресурсів, але й підвищує капітальні вкладення у нове будівництво для оновлення будівель, які отримали пошкодження. У промислових будівлях технологія виробництва продукції дуже різноманітна, а тому й експлуатаційні вимоги завжди повинні бути конкретними та специфічними. Разом з тим існують і загальні вимоги для усіх підприємств. У будівельному комплексі велике значення приділяється покращенню проектно-кошторисної справи, подальшому підвищенню якості проектів, а також техніко-економічній оцінці залізобетонних конструкцій будівель і споруд на стадії проектування, оскільки від них у більшості залежать технічний і економічний рівні створених об'єктів, прогресивність виготовленої продукції, скорочення їх матеріалоємності та трудоемності, раціональне використання ресурсів, а також ефективність капітальних вкладень. Зниження матеріалоємності будівництва є великою комплексною проблемою, реалізація якої забезпечує конкретне підвищення ефективності будівництва і капітальних вкладень у цілому. Техніко-економічна оцінка та вибір оптимального варіанта застосування залізобетонних конструкцій у будівлях і спорудах повинні базуватися на комплексному аналізі їх вартості натуральних показників.

Ключові слова: ефективність, порівняльність, оптимізація, собівартість, питомі капітальні вкладення.

VIKTOR LEVCHENKO, NICOLAI NEVGEN, TAMARA VINOGRADOVA,
VERA VEGNER
OPERATIONAL SPECIFICATIONS FOR THE DESIGN OF INDUSTRIAL
BUILDINGS, TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF REINFORCED
CONCRETE STRUCTURES OF BUILDINGS AT THE DESIGN STAGE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. It is a well known fact that the wear of industrial buildings leads not only to increasing of productivity labour expenditure, financial resources, material and operation life, but also to raising of capital investments in new construction for restoration of damaged buildings. The production practice in industrial buildings construction is multivariuous, and there fore, operational specifications must always be concrete and specific. However, there are some general specifications for all organizations. The great importance in the building complex construction is given to improving of project design and estimating, further improving the quality of projects, as well as to the technical and economic evaluation of reinforced concrete structures of buildings at the design stage. So, how the technical and economic levels, the progressiveness of manufactured products, reduction of their material and labor consumption, resources conservation, as well as the effectiveness of capital investments in the majority of cases depend on it. Reducing of material consumption in the process of construction is a huge and complex issue, the implementation of which provides a radical increase in the efficiency of construction and capital investments in general. The technical and economic assessment and selection of the best option for reinforced concrete structures usage in buildings should be based on a comprehensive analysis of its natural value.

Key words: efficiency, comparability, optimization, cost, specific capital investments.

Левченко Виктор Николаевич – кандидат технических наук, профессор; проректор по научно-педагогической и воспитательной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Невгень Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научный интерес: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Виноградова Тамара Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научный интерес: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Вегнер Вера Валериевна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Левченко Віктор Миколайович – кандидат технічних наук, професор; проректор з науково-педагогічної і виховної роботи ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Невген Микола Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Виноградова Тамара Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри залізобетонних конструкцій ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Вегнер Віра Валеріївна – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Levchenko Victor – Ph. D. (Eng.), Professor, Vice-rector in education and pedagogic activities, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, chancellor's office. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Nevgen Nikolai – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Vinogradova Tamara – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Vegner Vera – master's student, Master, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: Economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

УДК 331.54

В. Д. АЛЕКСАНДРОВ, А. В. ЖИБОЕДОВ, Н. В. ЩЕБЕТОВСКАЯ
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

АНКЕТИРОВАНИЕ АБИТУРИЕНТОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОФОРИЕНТАЦИИ

Аннотация. В данной работе изложены актуальность профориентационной работы на современном этапе; основные проблемы, мешающие полноценной профориентационной работе; основные принципы ее активизации и развития, которыми будут руководствоваться организации, принимающие участие в данной программе; поставлены цели и задачи профориентационной программы. Выделены основные направления воспитательной и профориентационной деятельности и этапы в работе по профконсультации, определены критерии эффективной профориентации. В полном объеме дана информация о специальностях: направление подготовки (профиль, специальность), срок и форма обучения, конкурсные предметы; перечень документов; причины поступать в ДонНАСА; анкета абитуриента; дополнительные вопросы; контакты и график работы приемной комиссии для абитуриентов, поступающих в Донбасскую национальную академию строительства и архитектуры.

Ключевые слова: профориентация, специальность, абитуриент, анкетирование.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Профессиональная ориентация – это государственная по масштабам, экономическая по результатам, социальная по содержанию, педагогическая по методам сложная многогранная проблема. Профессиональная ориентация содействует рациональному распределению трудовых ресурсов общества в соответствии с интересами, склонностями, возможностями личности и потребностями народного хозяйства в кадрах определенных профессий. Передовой педагогический опыт, результаты научных исследований показывают, что только комплексный подход к решению вопросов трудового самоопределения молодежи способствует успеху профориентационной деятельности.

В выпускном классе дети сосредотачиваются на профессиональном самоопределении. Оно предполагает самоограничение, отказ от подростковых фантазий, в которых ребёнок мог стать представителем любой профессии. Старшекласснику приходится ориентироваться в различных профессиях, что совсем не просто, поскольку в основе отношения к профессии чаще всего лежит не свой собственный, а чужой опыт, то есть сведения, полученные от родителей, друзей, знакомых, и т. д. Кроме того, нужно верно оценить свои собственные возможности – уровень учебной подготовки, здоровье, материальные условия семьи, и главное – свои способности и склонности.

На современном этапе можно выделить следующие основные проблемы, мешающие полноценной профориентационной работе:

- неопределенность целей профессионального самоопределения.
- отсутствие общепринятых (признаваемых разными слоями общества) образов жизненного и профессионального успеха;
- слабое взаимодействие профориентационной науки с представителями смежных наук и сфер познания;
- явно недостаточное время, отведенное в школах для профориентации;
- слабое вовлечение в эту работу родителей учащихся;
- слабое внимание к профориентации (особенно школьной) различных социальных институтов;
- явный недостаток новых методик, активизирующих самоопределяющихся, побуждающих их к развитию своих талантов и самореализации на благо своей страны и всего общества.

© В. Д. Александров, А. В. Жибоедов, Н. В. Щебетовская, 2020

Особенности памяти, внимания, чувств, воли, желаний и способностей нельзя увидеть, оценить, измерить так же, как мы видим, оцениваем многие из окружающих нас предметов. Эти и ряд других качеств психики человека нельзя непосредственно созерцать ни у себя, ни у других людей. Но в то же время различные профессии предъявляют конкретные требования к психологическим, а также физиологическим особенностям личности.

Система профобразования, призванная эффективно работать в новых условиях реформирования средней и высшей школы, должна иметь долгосрочные цели, идеалы и ценности, в то же время должна быть достаточно гибкой, отвечать насущным требованиям различных этапов демократизации общества, учитывать особенности профессиональной деятельности будущего специалиста. Создание новой системы образования предполагает разработку концепции профобразования, где определяются теоретические основы воспитания, стратегические цели, основные принципы и модель личности будущего специалиста, которая должна быть реализована в качестве конечной цели воспитательной деятельности в высшем учебном заведении.

Все мероприятия предлагаемой программы направлены на обеспечение высокой востребованности и профессиональной успешности выпускников средних школ, начальных и средних профессиональных учебных заведений, что является важнейшим условием востребованности современного университетского образования. Для университета очень важно не только обеспечить высокое качество реализации профессиональных образовательных программ, но и помочь потенциальному потребителю образовательной услуги сделать правильный выбор направления будущей профессиональной деятельности в соответствии со своими индивидуальными способностями и с учетом тенденций развития рынка труда, оказать поддержку в построении успешной профессиональной карьеры на основе непрерывного профессионального развития.

Поскольку объектом профориентационной деятельности является процесс социально-профессионального самоопределения человека, важно в первую очередь сформулировать группу принципов, которыми будут руководствоваться организации, принимающие участие в данной программе:

- принцип сознательности в выборе профессии учащимися, что выражается в стремлении удовлетворить своим выбором не только личностные потребности в трудовой деятельности, но и принести как можно больше пользы обществу;
- связь профориентационной работы с жизнью, трудом, практикой, предусматривающей оказание помощи человеку в выборе его будущей профессии в органичном единстве с потребностями социума в квалифицированных кадрах;
- принцип систематичности и преемственности в профориентации, обеспечит профориентационная работа как с выпускниками школ, так и с выпускниками колледжей;
- принцип взаимосвязи профориентационных Центров, школ, семьи, высших и средних учебных заведений в профориентации учащихся предусматривает тесный контакт по оказанию помощи молодым людям в профессиональном самоопределении и выборе профессии, что предполагает усиление целенаправленности и координации в совместной деятельности;
- принцип оптимального сочетания массовых, групповых и индивидуальных форм профориентационной работы с учащимися и их родителями, утверждающих необходимость использования как традиционных, так и инновационных форм работы;
- важнейшим принципом данной профориентационной программы является принцип индивидуализации, формирующий систему обучения и воспитания, ориентированную на учет задатков и возможностей каждого студента в процессе его воспитания и социализации.

Еще один важный принцип – ориентация на обновление методов обучения, использование эффективных образовательных технологий. Это отражается в замене монологических методов предъявления учебной информации диалоговыми формами общения преподавателей с учениками и учащихся между собой, в повышении уровня самостоятельности учащихся в своей учебной деятельности, в использовании в образовательном процессе проектной деятельности учащихся [1–5].

ЦЕЛИ

Профориентация относится к тем социальным системам, которые функционируют в обществе, она затрагивает различные проблемы, в том числе связанные с развитием человеческого фактора общественного производства; уже по одной только этой причине профориентацию можно считать общественной проблемой. Можно обозначить главный критерий эффективности профориентационной системы как направленность на общую цель. Можно сказать, что профориентационная работа представляет собой системную деятельность, включающую целевые установки, задачи, принципы, формы, методы.

Целью данной профориентационной программы является реализация государственной политики в области профориентации детей и подростков, позволяющей сформировать гармоничную личность в единстве трудового, творческого, интеллектуального, физического, духовного, нравственного и психического развития.

Цель профессорско-преподавательского коллектива Академии и лицея в частности – помочь будущему специалисту определить сферу своей дальнейшей профессиональной деятельности.

Среди приоритетных целей профориентационной программы «Vivat Academia, Vivant professores!»:

- удовлетворение потребностей личности в интеллектуальном, культурном и нравственном развитии;
- формирование гражданской позиции абитуриентов и студентов,
- формирование способности к профессиональной деятельности в современных условиях;
- сохранение и преумножение нравственных, культурных и научных ценностей общества;
- разностороннее развитие личности будущего конкурентоспособного специалиста с высшим профессиональным образованием, обладающего высокой культурой, интеллигентностью, социальной активностью, целеустремленностью, внутренней свободой и чувством собственного достоинства, социальной ответственностью и качествами гражданина-патриота.
- формирование способности абитуриентов и студентов к саморазвитию интеллекта и профессиональных качеств, стремления к поиску нового и способности находить нестандартные решения жизненных проблем,
- формирование потребности в достижениях и самостоятельном принятии решений, обладать и предприимчивостью;
- привлечение абитуриентов для обучения на факультетах университета и по специальностям колледжа.

Успешная реализация поставленных целей и задач в значительной степени зависит от качества работы по каждому из следующих направлений:

- Профессиональное просвещение, включающее профинформацию и профпропаганду.
- Предварительная профессиональная диагностика, направленная на выявление интересов и способностей личности к той или иной профессии.
- Профессиональная консультация, направленная в основном на оказание индивидуальной помощи в выборе профессии со стороны специалистов-профконсультантов.
- Определение профессиональной пригодности учащихся по выбранной ими профессии для выявления наибольшей вероятности успешного её освоения и выполнения связанных с ней трудовых функций
- Социально-трудовая адаптация учащихся.
- Раннее профессиональное воспитание, которое ставит своей целью формирование у учащихся позитивного отношения к труду, чувства долга, ответственности, профессиональной чести и достоинства;
- Внедрение инновационных методов и технологий в профессиональное воспитание.

Наиболее конкретными и актуальными являются следующие задачи:

- помощь самоопределяющемуся подростку в адаптации к реальным социально-экономическим условиям рынка;
- формирование способности самостоятельно ориентироваться в постоянно меняющейся ситуации;
- формирование морально-волевого «тыла» самоопределяющегося человека;
- формирование готовности к внутренним компромиссам на пути к успеху;
- формирование ценностно-смыслового ядра самоопределяющейся личности;
- подготовка самоопределяющегося человека к достойному поведению в ситуациях ненормативного жизненного и профессионального кризиса;
- формирование правовой и политической культуры у студентов;
- формирование личностных качеств, необходимых для эффективной профессиональной деятельности;
- воспитание нравственных качеств, интеллигентности;
- развитие ориентации на общечеловеческие ценности и высокие гуманистические идеалы культуры;
- сохранение и приумножение историко-культурных традиций.

- формирование профессионализма, организованности, ответственности, дисциплины и самодисциплины, компетентности;
- овладение первичными знаниями, умениями, навыками в избранной специальности;
- проведение мониторинга образовательных потребностей выпускников и абитуриентов;
- формирование личности будущих специалистов, способных к динамичной социальной и профессиональной мобильности, смене деятельности, нахождению эффективных решений в сложных условиях конкурентной борьбы во всех сферах жизнедеятельности [1–5].

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Профориентационная деятельность должна проводиться по следующим направлениям:

- организация встреч с абитуриентами, студентами и выпускниками школ и средних профессиональных учебных заведений, с одной стороны, а также встреч с руководителями институтов, факультетов и кафедр, с другой, а также проведение мастер-классов, открытых лекций, семинаров и тренингов;
- проведение выступлений перед учениками старших классов с целью их дальнейшей профориентации, а также создание групп общения (в рамках инновационных развивающих программ для старшеклассников и абитуриентов);
- проведение совместных мероприятий по профессиональной ориентации с Центром довузовского образования, а также с другими подразделениями университета;
- участие школьников и абитуриентов в традиционных профориентационных мероприятиях (Дни открытых дверей, выставка «Образование и карьера» и др.);
- разработка рекламных проспектов, использование средств массовой информации и Интернет-ресурсов для распространения информации об условиях поступления, формах обучения и т. п.;
- проведение различных тренингов, целью которых является развитие коммуникативных навыков, профессиональное самоопределение и т. п.;
- проведение профконсультаций, то есть консультаций с целью выяснить профориентацию.

Такие мероприятия – прекрасная возможность разобраться в себе, всесторонне оценить свои способности и профессиональный потенциал, выявить реальные мотивы и потребности, а также соотнести эту информацию с ситуацией на рынке труда.

Форма проведения – личная беседа с профессиональным психологом, результатом которой является подробный отчет в виде анализа личностных качеств абитуриента и соответствия личностных качеств выбранной профессии. Также даются рекомендации по построению карьеры и выбору круга предпочтительных профессий.

Эти рекомендации включают в себя:

- основные профессиональные компетенции;
- важные для профессиональной деятельности качества личности и навыки;
- основные мотиваторы;
- личностные характеристики;
- выводы с рекомендациями специальностей;
- рекомендации по дальнейшему личностному развитию (рекомендации по дополнительному образованию, получению новых навыков и знаний).

Задача консультанта по профориентации – помочь человеку выбрать собственный профессиональный путь с учётом его индивидуальных качеств.

Можно выделить три этапа в работе по профконсультации:

1. Подготовительная профконсультация должна подвести учащихся к осознанному выбору профессии, ведется она в течение всего периода школьного обучения.
2. Завершающая профконсультация – оказание помощи в выборе профессии в соответствии с интересами, склонностями и психофизиологическими способностями ученика. Эту консультацию проводит специалист-профконсультант, психолог.
3. Уточняющая профконсультация осуществляется в средних профессиональных учебных заведениях, в вузах, на предприятиях и т. п.

К числу наиболее важных методологических вопросов относится вопрос определения критериев эффективности профориентации. Сейчас эффективность профориентационной работы нередко определяется по тому, сколько учащихся выбрали профессии, на которые их ориентировали, и работают по ним.

Этот критерий значимый, но недостаточный. Ведь запланированного процента можно добиться разными средствами, и в том числе не всегда оправданными с педагогической, социальной, психологической и экономической точек зрения. И если это показатель становится самоцелью профориентации, притом без серьезной диагностической и воспитательной работы с учащимися, то вся эта работа приобретает своеобразный уклон, мешающий в первую очередь самой профориентации, подрывающий доверие к ней со стороны учащихся и их родителей. Достижение поставленной цели возможно и оправдано только при активной работе с молодежью, при выявлении их реальных интересов и способностей, формировании убежденности в правильном выборе профессии, отвечающего как их личным склонностям, так и потребностям города, района, села, в котором они живут, общества в целом.

Вот почему с педагогической точки зрения эффективность выбора профессии означает меру соответствия индивидуального выбора профессии рекомендациям педагога-консультанта. При этом предполагается, что педагогические рекомендации основаны на учете как личных, так и общественных потребностей. Соответственно, чем больше число учащихся избирают рекомендованные им профессии, тем выше действенность профориентационной работы, организованной учебным заведением.

Известно, что правильный выбор профессии положительно влияет как на производительность, так и на качество труда. Следовательно, достижения выпускников школ или других учебных заведений, связанных с профориентацией, служат еще одним важным критерием успешности выбора профессии.

Наиболее важным психологическим критерием успешного выбора профессии и места работы является удовлетворенность человека сделанным выбором. Для оценки уровня удовлетворенности профессией, местом и характером выполняемой работы, зарплатой используются тесты и анкеты.

Вопрос об определении эффективности профориентационной деятельности школ и педагогов говорит о важности профориентации, как для общества, так и для личности. То есть профориентация является проблемой не только педагогической, но и социальной, проблемой, от решения которой зависит развитие общества.

ВЫВОДЫ

Социально ответственный вуз должен формировать образовательные потребности, воздействовать на выбор абитуриентов, информировать потенциального потребителя о том, какие профессии будут востребованы через пять-шесть лет на рынке труда с учетом тенденций развития экономики. Помимо этого, вуз должен активно формировать позитивный имидж, опираясь на заслуженное доверие со стороны потребителей. Через знакомство с университетом возникает интерес к нему, а у многих – желание учиться именно здесь.

Формирование системы профориентационной работы действительно важно и значимо. Единая система мониторинга образовательных потребностей, формирование механизма управления кадровым потенциалом позволит не только оперативно реагировать на изменения, происходящие на рынке труда, но и прогнозировать ситуацию на нем, и в итоге готовить именно тех специалистов, которые будут востребованы через пять-шесть лет.

Информация о специальностях ДонНАСА

Направление подготовки (профиль, специальность)	Срок и форма обучения	Конкурсные предметы
Бакалавриат		
Архитектура (Арх) Дизайн архитектурной среды (ДАС) Градостроительство (ГС) Ландшафтная архитектура (ЛА)	5 лет очно	1. Профильный: творческий конкурс: рисунок, композиция. 2. Русский язык.
Землеустройство и кадастры, в т.ч. по профилям: Городской кадастр (ГК) Оценка и мониторинг земель (ОМЗ)	4 года очно 5 лет заочно	1. Профильный: математика или география. 2. Русский язык.
Строительство в т.ч. по профилям: Промышленное и гражданское строительство (ПГС) Автомобильные дороги (АД) Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций (ПСМ) Экспертиза и управление недвижимостью (ЭУН) Информационно-стоимостной инжиниринг (ИСИ) Менеджмент строительных организаций (МСО) Теплогазоснабжение и вентиляция (ТВ) Городское строительство и хозяйство (ГСХ) Водоснабжение и водоотведение (ВВ)	4 года очно 5 лет заочно	1. Профильный: математика или физика. 2. Русский язык.
Технологические машины и оборудование (ТМО) Наземные транспортно-технологические комплексы (НТТК) эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (ЭТТМК)	4 года очно 5 лет заочно	1. Профильный: математика или физика. 2. Русский язык.
Техносферная безопасность (ТБ)	4 года очно 5 лет заочно	1. Профильный: математика или химия или биология. 2. Русский язык.
Экономика предприятий (ЭП)	4 года очно 5 лет заочно	1. Профильный: математика или история или география. 2. Русский язык
Производственный менеджмент в строительстве (ПМ)	4 года очно 5 лет заочно	1. Профильный: математика или история или иностранный язык. 2. Русский язык
Специалист		
Строительство уникальных зданий и сооружений (СУЗиС) Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей (СЭВ АД) Наземные транспортно-технологические средства (НТТС)	5 лет очно 5 лет заочно	1. Профильный: математика или физика. 2. Русский язык.

Перечень документов для поступающих:

1. Заявление.
2. Копия и оригинал документа, удостоверяющего личность.
3. Копия и оригинал ИНН (при наличии).
4. Оригинал или копия (по выбору) документа о полученном образовании и приложения к нему.
5. Оригинал или копия (по выбору) Сертификата о прохождении ГИА (2016–2019 гг.).
6. Оригинал или копия (по выбору) медицинской справки (форма 086-у).
7. 6 цветных фотографий 3×4 см.
8. Документы, подтверждающие особые права при приеме (льгота, справки, грамоты).
9. Оригинал или копия справки о месте регистрации – для абитуриентов, у которых в паспорте отсутствует отметка о регистрации.
10. Оригинал Единой формы абитуриента.

Десять причин поступить в ДонНАСА:

- 1 причина – богатая история и традиции;
- 2 причина – качественное образование;
- 3 причина – авторитет академии за рубежом;
- 4 причина – востребованные специальности;
- 5 причина – передовая наука;
- 6 причина – лучший студенческий городок;
- 7 причина – лучшая система питания;
- 8 причина – насыщенная студенческая культурная и общественная деятельность;
- 9 причина – отличная среда для досуга и оздоровления;
- 10 причина – возможности для занятия спортом.

Контакты приемной комиссии:

Адрес: 286123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2, каб. 136 (1-й учебный корпус).

Телефоны: (062) 343-70-29.

Как добраться: из Донецка – марш. такси № 107; 111; 121 остановка «Студенческая»;

из Макеевки – марш. такси № 30; 107; 111; 121 остановка «Студенческая».

(график работы приёмной комиссии: понедельник-пятница: с 9.00 до 17.00)

Дополнительная информация о специальностях и днях открытых дверей на сайте: <http://donnasa.ru>.

Для успешной организации профориентационной работы важное значение имеет процесс анкетирования абитуриентов. В этой связи абитуриенту предлагается заполнить анкету абитуриента с просьбой ответить на ряд вопросов.

Анкета абитуриента ГОУ ВПО «ДонНАСА»

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Образовательное учреждение, которое Вы закончили: _____

Номер телефона: _____

Адрес электронной почты: _____

Адрес проживания: _____

Какая специальность (профиль подготовки) в ДонНАСА Вас интересовала?

☐ – бакалавриат Архитектура (Арх)

☐ – бакалавриат Дизайн архитектурной среды (ДАС)

☐ – бакалавриат Градостроительство (ГС)

☐ – бакалавриат Ландшафтная архитектура (ЛА)

☐ – бакалавриат Городской кадастр (ГК)

☐ – бакалавриат Оценка и мониторинг земель (ОМЗ)

☐ – бакалавриат Промышленное и гражданское строительство (ПГС)

☐ – бакалавриат Автомобильные дороги (АД)

☐ – бакалавриат Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций (ПСМ)

☐ – бакалавриат Экспертиза и управление недвижимостью (ЭУН)

☐ – бакалавриат Информационно-стоимостной инжиниринг (ИСИ)

☐ – бакалавриат Менеджмент строительных организаций (МСО)

☐ – бакалавриат Теплогазоснабжение и вентиляция (ТГВ)

☐ – бакалавриат Городское строительство и хозяйство (ГСХ)

☐ – бакалавриат Водоснабжение и водоотведение (ВВ)

☐ – бакалавриат Технологические машины и оборудование (ТМО)

☐ – бакалавриат Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (ЭТТМК)

☐ – бакалавриат Техносферная безопасность (ТБ)

☐ – бакалавриат Экономика предприятий (ЭП)

- ☐ – бакалавриат Производственный менеджмент в строительстве (ПМ)
- ☐ – специалитет Строительство уникальных зданий и сооружений (СУЗиС)
- ☐ – специалист Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей (СЭВ АД)
- ☐ – специалист Наземные транспортно-технологические средства (НТТС)

Почему вы остановили свой выбор именно на этой специальности нашей академии?

- Мне нравится работа, связанная с этой специальностью.
- Получив эту специальность, надеюсь найти высокооплачиваемую работу.
- Мне нужно сначала получить высшее образование, а конкретную область деятельности можно выбрать потом.
- Я еще не определился (-ась) с выбором специальности.
- Другое (напишите) _____

Дополнительные вопросы к абитуриенту

Пожалуйста, ответьте на несколько наших вопросов. Анкета анонимна – фамилию указывать не нужно. Результаты будут использованы в обобщенном виде. Благодарим вас за участие в анкетировании.

Откуда вы узнали про нашу академию?

- От преподавателей в школе (колледже, техникуме и т. п.).
- От сотрудников академии.
- От родителей, родственников, друзей.
- От студентов и выпускников академии.
- Сайт академии (<http://donnasa.ru>).
- В социальных сетях.
- По телевидению.
- Из газет.
- Из афиш в городе.
- Другое (напишите) _____

Чем вы ориентировались при выборе учреждения образования?

- На уровень конкурса.
- На стоимость обучения.
- На качество преподавания.
- На престижность образовательного учреждения.
- На современную образовательно-техническую базу.
- Другое (напишите) _____

Что привлекло вас поступать в нашу академию?

- Советы родителей, родственников, знакомых.
- Удобное расположение академии.
- Возможность получить хорошую работу после окончания академии.
- Невысокий конкурс.
- Сокращенный срок получения образования.
- Выбранная специальность есть только здесь.
- Другое (напишите) _____

На какую форму получения образования Вы планируете поступать?

- На дневную, полный срок.
- На дневную, сокращенный срок.
- На заочную, полный срок.
- На заочную, сокращенный срок.

Вы планируете получать образование:

- На платной основе.
- По направлению организации потребительской кооперации.

Ваш уровень образования?

- Среднее.
- Среднее-специальное.
- Профессионально-техническое.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Столяренко, Л. Д. Педагогическая психология [Текст] / Л. Д. Столяренко. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2003. – 544 с.
2. Школа и выбор профессии [Текст] / под ред. В. А. Полякова, С. Н. Чистяковой, Г. Г. Агаповой. – М. : Педагогика, 1987. – 176 с.
3. Проблемы и перспективы организации практикоориентированных форматов профориентационной работы в образовательных организациях [Текст] : материалы Всероссийской научно-практической конференции (7–8 ноября 2018 г.). – В 3 ч. ; ч. 3 / под ред.: А. Ю. Тужилкина, Л. В. Сибиряковой. – Н. Новгород : Нижегородский институт развития образования, 2019. – 158 с.
4. Проблемы и перспективы развития образования : материалы VI Междунар. науч. конф. (апрель 2015 г., Пермь). – Пермь : Меркурий, 2015. – 308 с.
5. Бобровская, Л. Н. Человек и профессия. Образовательный курс профессиональной направленности. Методическое пособие для учителя с электронным содержанием сопровождением курса [Текст] / Л. Н. Бобровская, О. Н. Просихина, Е. А. Сапрыкина ; под ред. Н. Н. Рождественской. – 2-е изд.; доп. – М. : Глобус, 2008. – 101 с.

Получена 10.01.2020

В. Д. АЛЕКСАНДРОВ, О. В. ЖИБОЕДОВ, Н. В. ЩЕБЕТОВСЬКА АНКЕТУВАННЯ АБІТУРІЄНТІВ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОФОРІЄНТАЦІЇ ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У даній роботі викладені актуальність профорієнтаційної роботи на сучасному етапі; основні проблеми, що заважають повноцінній роботі з профорієнтації; основні принципи її активізації та розвитку, якими будуть керуватися організації, що беруть участь в даній програмі; поставлені цілі і завдання профорієнтаційної програми. Виділено основні напрямки виховної та профорієнтаційної діяльності та етапи в роботі з профконсультації, визначені критерії ефективної профорієнтації. У повному обсязі надано інформацію про спеціальності: напрям підготовки (профіль, спеціальність), термін і форма навчання, конкурсні предмети; перелік документів; причини вступати до ДонНАБА; анкета абітурієнта; додаткові запитання; контакти та графік роботи приймальної комісії для абітурієнтів, які вступають до Донбаської національної академії будівництва і архітектури.

Ключові слова: професійна орієнтація, спеціальність, абітурієнт, анкетування.

VALERY ALEKSANDROV, ALEXANDER ZHIPOEDOV, NATALIYA SHCHEBETOVSKAYA QUESTIONING OF APPLICANTS FOR THE ORGANIZATION OF CAREER GUIDANCE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In this paper, the relevance of career guidance at the present stage is described; main problems that prevent full-fledged career guidance; the basic principles of its activation and development, which will guide the organizations participating in this program; set goals and objectives of the career guidance program. The main directions of educational and career guidance activities and the stages in the work on vocational counseling are identified, the criteria for effective career guidance are identified. Information on the specialties is given in full: the direction of training (profile, specialty), the duration and form of training, competitive subjects; list of documents; reasons to enter Donbass national academy of civil engineering and architecture; application form; additional questions; contacts and work schedule of the selection committee for applicants entering the Donbass national academy of civil engineering and architecture.

Key words: vocational guidance, specialty, applicant, questioning.

Александров Валерий Дмитриевич – доктор химических наук, профессор; заведующий кафедрой физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Академик академии наук Высшей школы Украины, Международный эксперт в области физики и химии кристаллического вещества (США). Научные интересы: термодинамика и кинетика фазовых превращений.

Жибоедов Александр Викторович – доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: применение синтетических тканевых материалов в очистке бытовых сточных вод.

Щебетовская Наталья Витальевна – доцент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: термодинамика и кинетика фазовых превращений.

Александров Валерій Дмитрович – доктор хімічних наук, професор; завідувач кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Академік академії наук Вищої школи України, Міжнародний експерт в галузі фізики та хімії кристалів (США). Наукові інтереси: термодинаміка та кінетика фазових перетворень.

Жибоедов Олександр Вікторович – доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: застосування синтетичних тканинних матеріалів в очищенні побутових стічних вод.

Щебетовська Наталія Віталіївна – доцент кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: термодинаміка та кінетика фазових перетворень.

Aleksandrov Valery – D. Sc. (Chemistry), Professor; Head of Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. The Academician of an academy of sciences of the Higher school of Ukraine, the International expert in the field of physics and chemistry crystal substances (USA). Scientific interests: thermodynamic and kinetic phase transformations.

Zhiboedov Alexander – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Protection of Water Resources Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the use of synthetic fabric materials in domestic wastewater treatment.

Shchebetovskaya Nataliya – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: thermodynamics and kinetics of phase transitions.

УДК 625.731.1

А. Г. ДОЛЯ, А. А. СТУКАЛОВ, Д. Э. ЖЕРДЕВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫЕ АСФАЛЬТОБЕТОНЫ,
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ РЕЗИНОВЫМ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОМ**

Аннотация. В работе приведены результаты исследований физико-механических свойств щебеночно-мастичных асфальтобетонов марок ЩМА-10 и ЩМА-15, модифицированных высокоэффективным модификатором-стабилизатором – резиновым термоэластопластом (РТЭП). Количество добавки РТЭП варьировалось в пределах от 0,1 до 0,5 % от массы минеральных материалов в щебеночно-мастичной смеси. Графически представлены зависимости, определяющие влияние содержания добавки РТЭП на водостойкость, предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С щебеночно-мастичных асфальтобетонов. Сформулированы обобщающие выводы о повышении срока службы асфальтобетонных покрытий при использовании комплексного модификатора-стабилизатора РТЭП в щебеночно-мастичных смесях.

Ключевые слова: резиновый термоэластопласт, щебеночно-мастичный асфальтобетон, водостойкость, предел прочности при сжатии, предел прочности на растяжение при расколе.

Автомобильные дороги с асфальтобетонным покрытием составляют более 80 % от общего количества автомобильных дорог мира. Одним из дефектов таких покрытий являются пластические деформации. Причинами накопления пластических деформаций при температурах в диапазоне +20 °С – +50 °С являются возросшая интенсивность движения автомобилей и значительные нагрузки на ось колеса транспортных средств. Возникновение данного дефекта обуславливает необходимость обеспечения сдвигоустойчивости и прочности асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

Существует два основных способа повышения сдвигоустойчивости асфальтобетона: повышение когезии и эластичности вяжущего его модификацией; создание каркасности минерального остова.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) сочетает преимущества высокоплотных и предельно каркасных многощебенистых асфальтобетонов. Существенное увеличение концентрации щебня в зерновом составе минеральной части ЩМА вызывает необходимость применения высококачественного щебня. На этом основано требование прежде всего, о применении щебня кубовидной формы, имеющего высокую марку прочности, определяемую при дроблении щебня. В ЩМА роль битума в формировании прочности не является первостепенной, но содержание его должно быть оптимальным. Свойства ЩМА могут быть еще более усилены, если в качестве вяжущего используются битумы, модифицированные полимерами (БМП) – они дают щебеночно-мастичному асфальтобетону дополнительные преимущества.

В качестве модификатора битума в работе использована комплексная структурирующая добавка, которая, с одной стороны, содержит полимерный модификатор, а с другой – активный стабилизирующий и армирующий компонент, что существенно упрощает технологию и снижает стоимость ЩМА. Такой комплексной структурирующей и армирующей добавкой является высокоэффективный модификатор-стабилизатор, резиновый термоэластопласт (РТЭП), включающий взятые в оптимальных соотношениях: полимерный компонент, шинную резиновую крошку, битумное вяжущее, поверхностно-активное вещество, а также антиоксиданты [1, 2]. РТЭП имеет вид гранул темного цвета неправильной шарообразной формы диаметром около 3 мм с насыпной плотностью 0,3...0,4 г/см³. Резиновый термоэластопласт имеет повышенную износ- и морозостойкость и должен соответствовать требованиям, изложенным в ТУ 5718-001-79259416-06 «Термоэластопласт резиновый РТЭП».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований физико-механических свойств ЩМА-10 и ЩМА-15 приведены в табл. 1 и 2. Концентрация добавки РТЭП варьировалась в пределах от 0,1 до 0,5 % от массы минеральных материалов.

Таблица 1 – Физико-механические свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона

№ п/п	Наименование показателей	ДСТУ Б.В.2.7-127:2015	0 % РТЭП	0,1 % РТЭП	0,2 % РТЭП	0,3 % РТЭП	0,5 % РТЭП
1	Плотность, г/см ³	не нормируется	2,39	2,40	2,40	2,41	2,41
2	Остаточная пористость, %	2,0–4,0	3,761	3,358	3,358	2,956	2,956
3	Водонасыщение, % по объему	1,5–4,0	2,82	2,33	2,23	2,16	2,01
4	Предел прочности при сжатии, МПа при температуре: 20 °С 50 °С	не менее 2,5 не менее 0,70	3,29 0,75	3,52 0,87	3,67 1,00	3,99 1,11	4,12 1,12
5	Коэффициент вариации R ₅₀	не более 0,18	0,06	0,08	0,09	0,11	0,14
6	Коэффициент водостойкости	не нормируется	0,86	0,92	0,94	0,95	0,97
7	Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении (15 суток)	не менее 0,75	0,79	0,86	0,88	0,91	0,92
8	Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,0–6,5	3,48	3,82	3,99	4,21	4,16
9	Коэффициент внутреннего трения, tg φ	не менее 0,94	0,89	0,90	0,92	0,92	0,91
10	Сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	не менее 0,20	0,18	0,33	0,57	0,60	0,65
11	Показатель стекания вяжущего, %	не более 0,20	0,20	0,19	0,18	0,15	0,11

Таблица 2 – Физико-механические показатели щебеночно-мастичного асфальтобетона

№ п/п	Наименование показателей	ДСТУ Б.В.2.7-127:2015	0 % РТЭП	0,1 % РТЭП	0,2 % РТЭП	0,3 % РТЭП	0,5 % РТЭП
1	Плотность, г/см ³	не нормируется	2,38	2,39	2,395	2,406	2,410
2	Остаточная пористость, %	2,0–4,0	3,64	3,57	3,13	2,46	1,83
3	Водонасыщение, % по объему	1,5–4,0	3,07	2,68	2,52	2,33	2,05
4	Предел прочности при сжатии, МПа при температуре: 20 °С 50 °С	не менее 2,5 не менее 0,70	3,51 0,72	4,08 0,78	4,26 0,85	4,59 0,89	4,72 0,92
5	Коэффициент вариации R ₅₀	не более 0,18	0,07	0,08	0,09	0,08	0,15
6	Коэффициент водостойкости	не нормируется	0,85	0,88	0,90	0,92	0,94
7	Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении (15 суток)	не менее 0,75	0,83	0,84	0,87	0,89	0,91
8	Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	3,0–6,5	3,95	4,36	4,58	4,75	4,66
9	Коэффициент внутреннего трения, tg φ	не менее 0,94	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93
10	Сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа	не менее 0,20	0,20	0,32	0,55	0,59	0,63
11	Показатель стекания вяжущего, %	не более 0,20	0,20	0,19	0,15	0,13	0,11

Добавка РТЭП существенно влияет на водостойкость щебеночно-мастичного асфальтобетона, о чем свидетельствуют полученные данные (рис. 1 и 2). Содержание модификатора в ЩМА в количестве 0,3 % снижает водонасыщение асфальтобетона на 23...24 %, что связано с улучшением сцепления модифицированного вяжущего с поверхностью минеральных материалов, а также с уменьшением остаточной пористости асфальтобетона. Заметно улучшается водостойкость ЩМА как при ускоренном (на 8...10 %), так и при длительном водонасыщении (на 7...15 %). Это косвенно указывает на повышение морозостойкости щебеночно-мастичного асфальтобетона, а соответственно и повышение долговечности покрытия. Но даже при отсутствии модификатора коэффициент водостойкости соответствует требованиям нормативных документов [3].

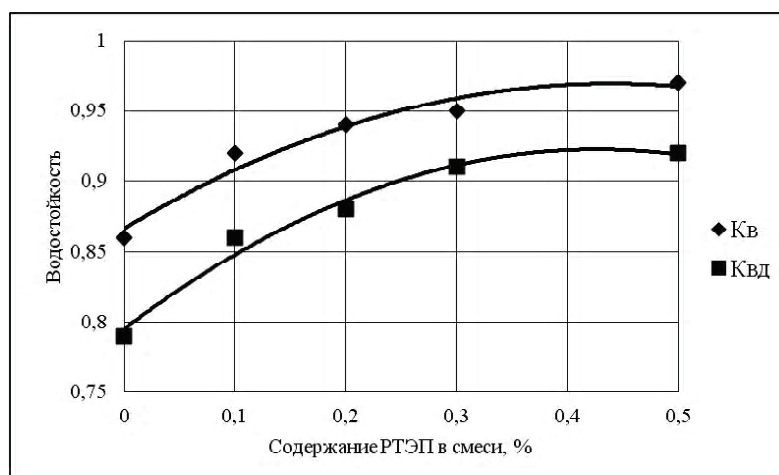


Рисунок 1 – Влияние добавки РТЭП на водостойкость ЩМА-10.

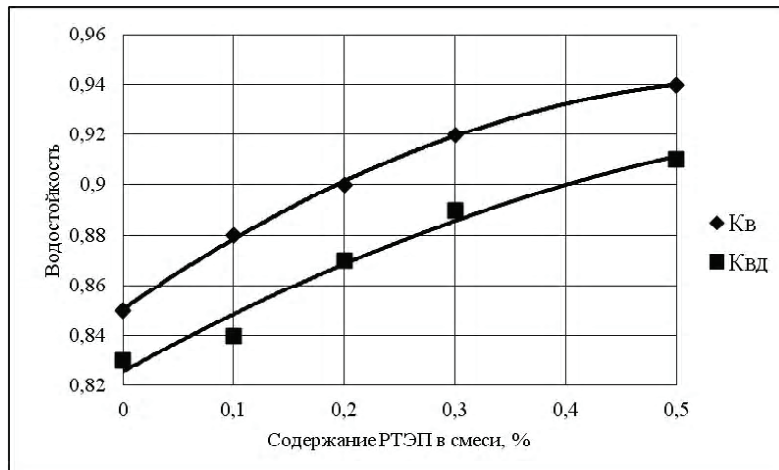


Рисунок 2 – Влияние добавки РТЭП на водостойкость ЩМА-15.

Прочность ЩМА с использованием микроармирующих добавок при высоких летних температурах увеличивается на 50...100 % по сравнению с традиционными асфальтобетонами [4]. Следует также отметить значительное повышение прочностных характеристик асфальтополимербетонов при 50 °С для ЩМА-10 и ЩМА-15 (рис. 3) с увеличением количества добавки на 36...48 и 20...39 % соответственно (табл. 1 и 2). Очевидно, что такое увеличение прочности связано с улучшением свойств битума при модификации его добавкой РТЭП, а именно повышению его теплостойкости.

С целью определения работоспособности ЩМА при низких температурах в нормативных документах регламентируется показатель прочности на сжатие образцов-цилиндров по образующей при 0 °С (прочность на растяжение при расколе). Однако сравнительные испытания показывают, что

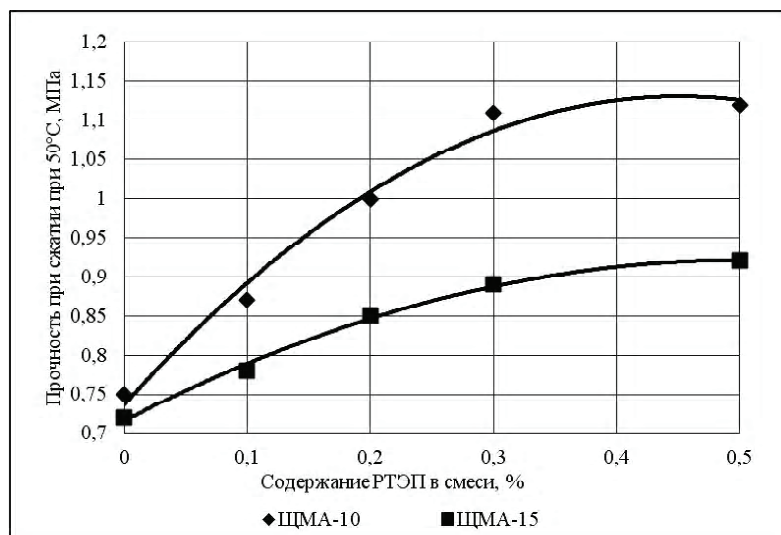


Рисунок 3 – Влияние добавки РТЭП на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона при высоких температурах.

этот метод имеет мало общего с работой асфальтобетона в покрытии и по характеру получаемых результатов близок к испытанию на сжатие [5]. В то же время известно, что предел прочности на сжатие при 0 °C позволяет ограничить жесткость асфальтобетона. Однако недостатком этого способа борьбы с трещиностойкостью является то, что высокая прочность сама по себе не является негативным фактором, которую стоило бы ограничивать. Необходимо, чтобы асфальтобетон имел высокую прочность при изгибе или растяжении. При введении добавки повышается прочность на растяжение при расколе при температуре 0 °C (рис. 4), но при количестве добавки более 0,3 % наблюдается снижение прочности. В то же время предел прочности на растяжение при всех концентрациях добавки находится в пределах нормируемых [3]. Таким образом трещиностойкость ЩМА с добавкой РТЭП является удовлетворительной.

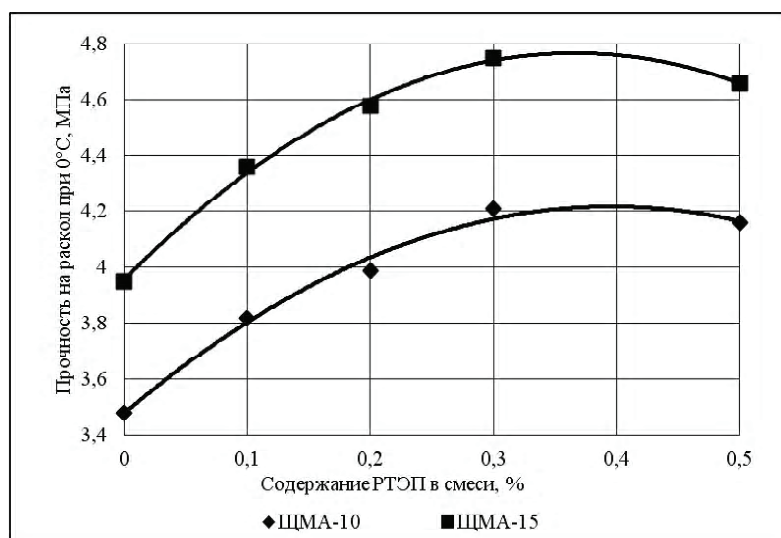


Рисунок 4 – Влияние добавки РТЭП на свойства щебеночно-мастичного асфальтобетона при высоких температурах.

Результаты выполненных исследований в соответствии с требованиями [3] показывают, что добавка резинового термоэластопласта РТЭП улучшает все свойства ЩМА. Однако специалисты разных стран придерживаются мнения, что более подходящим для оценки механических свойств ЩМА является испытание с использованием колеера, что позволяет определить способность

материала сопротивляться сдвиговым усилиям. Показатель глубины колеи, используемый в эксперименте критерием оценки, применяется только для качественного сравнения различных асфальтобетонных покрытий.

ВЫВОДЫ

Использование комплексного модификатора-стабилизатора РТЭП в щебеночно-мастичных смесях позволяет: оптимизировать состав и стабилизировать однородность состава щебеночно-мастичной смеси на стадии приготовления; повысить прочностные характеристики щебеночно-мастичного асфальтобетона марок ЩМА-10 и ЩМА-15 на 25-50 и 20...40 % соответственно; снизить водонасыщение и повысить плотность асфальтобетона на 20...25 %; повысить трещиностойкость асфальтобетона на 20...25 %; повысить коэффициент водостойкости на 8...15 % и в 1,7...2,0 раза срок службы асфальтобетонных покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 2266934, МПК, C08L 95/00. Резиносодержащий полимерный модификатор битума [Текст] / С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, А. Г. Щеглов, Е. Н. Чубенко [и др.] ; патентообладатель С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, А. Г. Щеглов, Е. Н. Чубенко [и др.]. – № 2004124006/04 ; заяв. 2004-08-05 ; опубл. 2005-12-27. – Бюл. № 36. – 8 с.
2. Патент РФ № 2272795, МПК, C04B 26/26. Полимерно-армирующий гранулированный стабилизатор для щебеночно-мастичного асфальтобетона [Текст] / С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, К. А. Дьяков, А. Г. Щеглов [и др.] ; патентообладатель С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, К. А. Дьяков, А. Г. Щеглов [и др.]. – № 2004124279/03 ; заяв. 2004-08-09 ; опубл. 2006-01-27. – Бюл. № 9. – 8 с.
3. ДСТУ Б.В.2.7-127:2015 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастиковий. Технічні умови [Текст]. – Надано чинності 2016-07-01. – Київ : Мікрорегіон України, 2015. – 30 с.
4. Данильян, Е. А. Исследование устойчивости к расслаиванию щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей и физико-механических свойств ЩМА [Текст] / Е. А. Данильян, С. А. Лисогор, Б. Г. Печеный // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2008. – № 2(15). – С. 56–58.
5. Руденский, А. В. Реологические свойства битумо-минеральных материалов [Текст] / А. В. Руденский. – Москва : Высшая школа, 1971. – 132 с.

Получена 10.01.2020

А. Г. ДОЛЯ, О. А. СТУКАЛОВ, Д. Е. ЖЕРДЕВ ЩЕБЕНЕВО-МАСТИЧНІ АСФАЛЬТОБЕТОНИ, МОДИФІКОВАНІ ГУМОВИМ ТЕРМОЕЛАСТОПЛАСТОМ ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. У роботі наведено результати досліджень фізико-механічних властивостей щебенево-мастичних асфальтобетонів марок ЩМА-10 та ЩМА-15, модифікованих високоефективним модифікатором-стабілізатором – гумовим термоеластопластом (РТЕП). Кількість добавки РТЕП варіювалася в межах від 0,1 до 0,5 % від маси мінеральних матеріалів в щебенево-мастиковій суміші. Графічно представлені залежності, що визначають вплив вмісту добавки РТЕП на водостійкість, межу міцності при стисненні при температурі 50 °С, межу міцності на розтяг при розколі при температурі 0 °С щебенево-мастикових асфальтобетонів. Сформульовані узагальнюючі висновки про підвищення терміну служби асфальтобетонних покриттів при використанні комплексного модифікатора-стабілізатора РТЕП в щебенево-мастикових сумішах.

Ключові слова: гумовий термоеластопласт, щебенево-мастичний асфальтобетон, водостійкість, міцність на стиск, міцність на розтягнення при розколі

ANATOLIY DOLYA, ALEKSANDR STUKALOV, DENIS ZHERDEV CRUSHED STONE-MASTIC ASPHALT CONCRETE, MODIFIED WITH RUBBER THERMOELASTOPLAST Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The paper presents the results of research on the physical and mechanical properties of crushed-mastic asphalt concrete of the schma-10 and schma-15 grades, modified with a highly effective modifier-stabilizer – rubber thermoelastoplast (RTEP). The amount of RTEP additive varied from 0.1 to 0.5% of the

weight of mineral materials in the crushed stone-mastic mixture. Graphically, the dependencies that determine the effect of the RTEP additive content on water resistance, compressive strength at 50°C, and tensile strength at split at 0°C of crushed-mastic asphalt concrete are presented. Generalizing conclusions about increasing the service life of asphalt concrete coatings when using a complex modifier-stabilizer RTEP in crushed stone-mastic mixtures are formulated.

Key words: rubber thermoelastoplast, crushed stone-mastic asphalt concrete, water resistance, compressive strength, tensile strength at split.

Доля Анатолий Григорьевич – кандидат технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

Стукалов Александр Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Жердев Денис Эдуардович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Доля Анатолій Григорович – кандидат технічних наук, професор кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

Стукалов Олександр Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікування органічних в'язучих.

Жердєв Денис Едуардович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Dolya Anatoliy – Ph. D. (Eng.), Professor; Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: application of processed raw materials in road building.

Stukalov Aleksandr – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receiving of technological and lasting road concretes for building of constructive layers of non-rigid road covers on the basis of modification of organic astringents.

Zherdev Denis – master's student, Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.

УДК 666.946.2

Д. С. КОВАЛЕНКО

ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет»

**ЦЕМЕНТНЫЕ КОМПОЗИТЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ
РАСШИРЯЮЩИМИ ДОБАВКАМИ**

Аннотация. В работе исследовались технологические и прочностные свойства цементных композитов с расширяющими добавками на основе шамотно-каолиновой пыли и гипса или шамотно-каолиновой пыли, гипса и извести в комплексе с суперпластификатором, микрокремнеземом и добавкой, снижающей усадку SRA. Было изучено влияние модификации цементного теста на его расплыв и изменение его подвижности во времени. Проанализированы данные по кинетике твердения модифицированных цементных композитов в возрасте 3, 7, 14 и 28 суток. Методом рентгенофазового анализа было исследовано влияние модификаторов с расширяющими добавками на процессы гидратации цементного камня.

Ключевые слова: усадка, расширяющие добавки, сульфоалюминатный тип, оксидноалюминатный тип, шамотно-каолиновая пыль, цементные композиты, подвижность цементного теста, прочность цементного камня, рентгенофазовый анализ.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

В цементном камне, растворе и бетоне, начиная с момента схватывания и в процессе твердения, возникают деформации элементов структуры, приводящие к формированию поля собственных напряжений. Прежде всего это связано с гидратацией клинкерных минералов и образованием комплексных соединений, абсорбцией и десорбцией воды, фазовыми превращениями: процессами растворения и кристаллизации солей [1–4].

Бетоны и растворы на портландцементе при твердении в воздушной среде претерпевают усадочные деформации, которые приводят к повышению внутрискруктурных напряжений, а при определенных условиях и образованию микротрещин. Для регулирования собственных деформаций целесообразно использовать в бетонах расширяющие добавки, которые также способны повышать прочностные характеристики и упруго-пластические свойства бетонов [5, 6].

В последние 20–30 лет применяют четыре типа таких добавок: сульфоалюминатные, оксидные, оксидноалюминатные и сульфоферритные вещества, которые предотвращают изменение объема из-за усадки [6–9]. Механизм расширения связан с образованием этtringита. При взаимодействии с водой добавка повышает количество химически связанной воды и обеспечивает формирование игольчатых кристаллов этtringита, снижая риск образования раковин. Результатом является снижение усадки, повышение долговечности и снижение водопроницаемости, а также инициирование напряжения при сжатии в структуре бетона при сдерживании расширения, что повышает стойкость к водопоглощению. Расширение наряду с увеличением прочности вызывает сжимающие усилия в бетоне, уменьшающие растягивающие напряжения, связанные с усадкой от высыхания [10]. Поэтому как трещинообразование, так и усадка при высыхании уменьшаются.

При отсутствии производства расширяющих добавок в Донбасском регионе наиболее перспективным вариантом в текущей ситуации является создание расширяющих добавок из местного сырья, что позволит сэкономить на зарубежных дорогих добавках. Получение расширяющих добавок на минеральной основе с использованием различных отходов промышленности позволит способствовать улучшению экологической обстановки в регионе.

В данной работе приняты два типа расширяющих добавок: сульфоалюминатная и оксидноалюминатная.

В качестве сульфоалюминатной расширяющей добавки, как правило, используется смесь из алюминийсодержащего и сульфатного компонента и в некоторых случаях активатора, т. е. дополнительного материала, использующегося для активизации добавки. Расширение происходит при взаимодействии алюминатных и сульфатсодержащих фаз с образованием игольчатых кристаллов этtringита. Алюмосодержащим компонентом является шамотно-каолиновая пыль (отход производства, получаемый из электрофильтров вращающихся печей при обжиге шамота), характеризующаяся повышенным содержанием Al_2O_3 (до 40 %) и высокой дисперсностью частиц. Гипсовый камень использовался в качестве сульфатного компонента.

Отличием оксидноалюминатной добавки от сульфоалюминатной является содержание дополнительного оксидного компонента, а именно извести, при котором расширение происходит как благодаря образованию гидросульфоалюмината кальция, так и за счет гидратации извести.

Целью данной работы является исследование влияния модификатора, состоящего из микрокремнезема, расширяющей добавки, суперпластификатора на основе поликарбоксилатного эфира и добавки, снижающей усадку SRA на свойства цементного теста, кинетику твердения цементного камня и гидратацию цемента.

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении исследований использовались следующие сырьевые материалы:

- портландцемент (ПЦ) ЦЕМ I 42,5Н производства ОАО «Новоросцемент»;
- активный наполнитель в виде микрокремнезема (МК) – промышленный отход Стахановского завода ферросплавов с содержанием SiO_2 более 80 %;
- порошкообразная расширяющая добавка «Expanscrete» (Exp) производства итальянской фирмы «Mareі»;
- алюминатный компонент расширяющей добавки – шамотно-каолиновая пыль – алюмосиликатный отход промышленности (содержание SiO_2 до 55 % и Al_2O_3 до 40 %), образующийся при обжиге каолина во вращающихся печах ЧАО «Великоанадольский огнеупорный комбинат» (пос. Владимировка, Донецкая область);
- сульфатный компонент расширяющей добавки – строительный гипс;
- оксидный компонент расширяющей добавки – известь;
- суперпластификатор (СП) на основе поликарбоксилатного эфира MasterGlenium 115 производства немецкого концерна BASF, в виде раствора плотностью 1,05...1,09 кг/л;
- химическая добавка, снижающая усадку бетонов, на основе этиленгликолевого полимера Маресиге SRA производства фирмы Mareі, раствор плотностью 0,9 кг/л;
- вода (В).

Расширяющую добавку сульфоалюминатного типа (СА) получали смешиванием шамотно-каолиновой пыли (70 %) и гипса (30 %), а оксидноалюминатного типа (ОА) шамотно-каолиновой пыли (65 %), гипса (30 %) и извести (5 %).

Технологические свойства цементного теста (подвижность смеси и ее потери во времени) определяли по диаметру расплыва теста с применением прибора Суттарда.

Прочностные показатели цементного камня определяли на образцах-кубах с размером ребра 3 см, твердевших в нормальных условиях.

Фазовый анализ структуры цементных композитов выполнялся на дифрактометре ДРОН 4-07. Условия съемки: медное излучение с длиной волны $\lambda = 0,154178$ нм при ускоряющем напряжении 27 кВ и токе 15 μ А; щели для съемки 0,5×4×0,25 мм (0,5 – вертикальная коллимационная щель; 4 – горизонтальная коллимационная щель; 0,25 – щель на детекторе). Съемка дифрактограмм осуществлялась в пошаговом режиме ($2\theta = 10$ – 80 °с шагом $0,1^\circ$ и временем экспозиции 5 с).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для экспериментальных исследований цементных композитов приняты два вида составов. В первом варианте в смесь добавляли расширяющие добавки разного типа (заводская Expanscrete или сульфоалюминатного/оксидноалюминатного типов), во втором в дополнение к расширяющему компоненту вводилась добавка, снижающая усадку SRA.

Составы приведены в таблице 1. Контрольным составом является состав № 1.

Таблица 1 – Составы цементных композитов

№ состава	Компоненты цементного теста							В/Т
	ПЦ, г	МК, %	Ехр, %	СА, %	ОА, %	СП, %	SRA, %	
1	600	10	–	–	–	1,5	–	0,27
2	600	10	–	–	–	1,5	1,5	0,27
3	600	10	7	–	–	1,5	–	0,28
4	600	10	7	–	–	1,5	1,5	0,28
5	600	10	–	10	–	1,5	–	0,3
6	600	10	–	10	–	1,5	1,5	0,3
7	600	10	–	–	10	1,5	–	0,3
8	600	10	–	–	10	1,5	1,5	0,3

Порядок смешивания компонентов модифицированных цементных композитов был следующим: вначале перемешивались все сухие компоненты до однородного состояния, к ним постепенно вливали 100 % воды затворения и после пятиминутной выдержки добавлялись растворы СП или СП+SRA.

После замешивания проверяли расплыв смеси по Суттарду и далее тесто выдерживалось в условиях, исключающих испарение воды, до следующих замеров изменения подвижности цементного теста через 60 и 120 минут.

Анализируя данные, приведенные на рисунках 1–3, выявлено, что начальный расплыв смеси контрольного состава № 1 ($D = 32$ см) был выше модифицированных составов № 2–8 ($D = 25...31$ см). Через

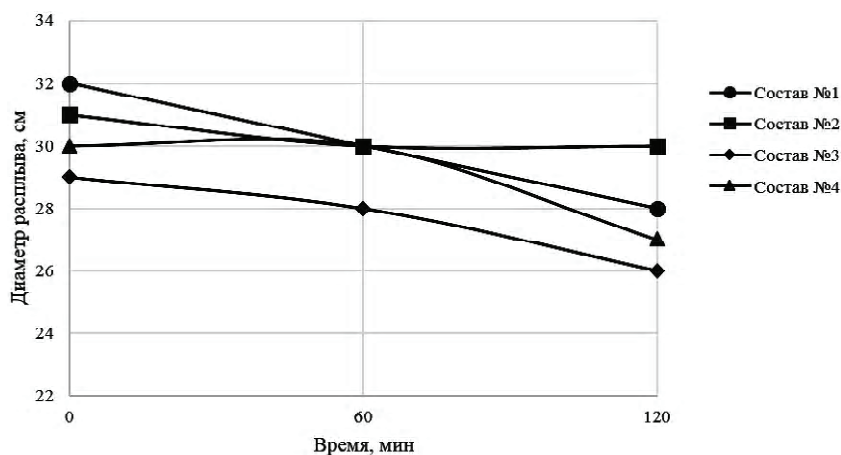


Рисунок 1 – Изменение подвижности цементного теста во времени составы № 1–4.

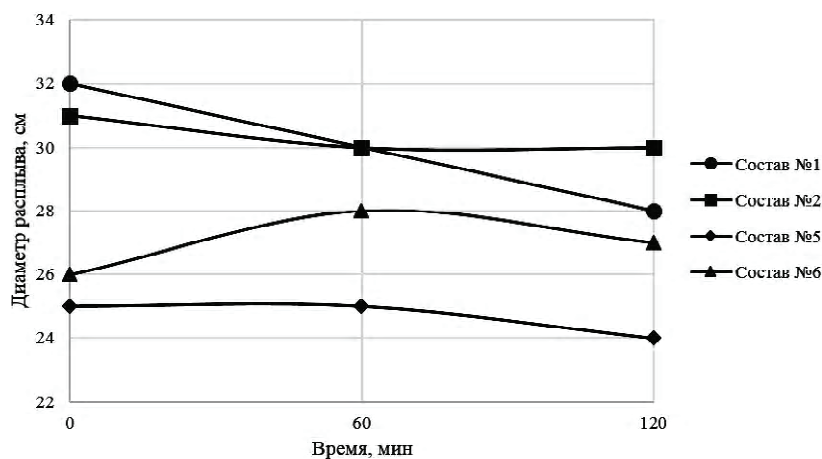


Рисунок 2 – Изменение подвижности цементного теста во времени составы № 1, 2, 5, 6.

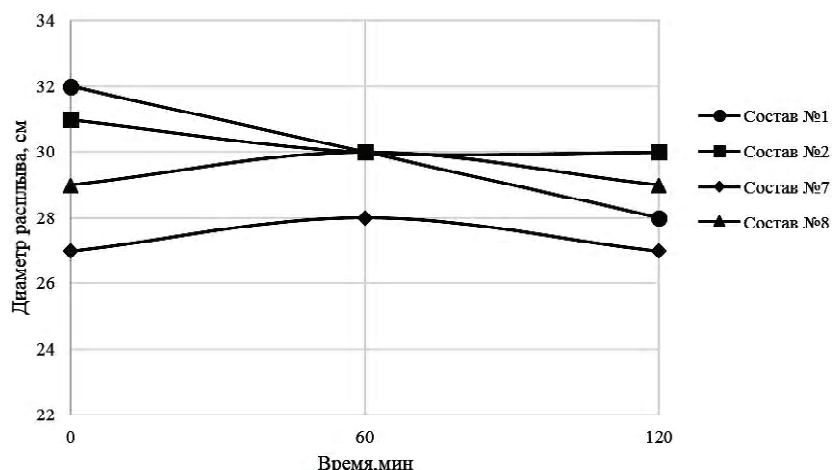


Рисунок 3 – Изменение подвижности цементного теста во времени составы № 1, 2, 7, 8.

60 минут подвижность снизилась до 30 см, а через 120 – до 28 см, таким образом, потери подвижности цементного теста состава № 1 в течение двух часов составили 12,5 %. Введение жидкой химической добавки, снижающей усадку SRA (состав № 2), незначительно повлияло на начальную подвижность теста, но при этом, конечный расплыв смеси был выше контрольного состава на 7 % ($D = 30$ см) и потери подвижности через два часа составили всего 3,2 %.

Установлено, что при введении в цементное тесто расширяющей добавки Expancrete (состав № 3) начальная подвижность снижалась на 9,4 % ($D = 29$ см), а конечная на 7,1 % ($D = 26$ см), однако общие потери подвижности были ниже, чем у контрольного состава № 1 и составили 10,3 % (рис. 1). Введение в этот состав добавки, снижающей усадку SRA (состав № 4) повышало подвижность смеси на всем протяжении её выдерживания от 1 до 2 см и при этом снижало скорость потери подвижности.

Применение расширяющей сульфоалюминатной добавки в цементном композите (состав № 5) снижает начальную текучесть теста на 21,8 % ($D = 25$ см). Это обусловлено использованием в ней шамотно-каолиновой пыли, имеющей высокую водопотребность (рис. 2). При этом смесь имела такой же показатель подвижности и через час, и лишь на 120 минуте текучесть снизилась на 4 % (до 24 см). Добавка, снижающая усадку SRA, также, как и в предыдущих случаях (составы № 2, 4), свидетельствует о тенденции положительного влияния на технологические свойства цементного теста. Так, начальная подвижность состава № 6, являющегося аналогом состава № 5 и отличающегося содержанием SRA в нем, была выше на 4 % ($D = 26$ см) и в дальнейшем показатели подвижности повышались и к 60 минуте разница в расплыве составляла 12 % ($D = 28$ см), а к 120 – 12,5 % ($D = 27$ см). Эти данные подтвердили исследования других ученых [11, 12], по которым улучшение пластифицирующего эффекта при применении добавки SRA объяснялось тем, что по своей природе добавка является синергетическим комплексом неионогенного ПАВ и гликоля.

Установлено, что при введении в состав модификатора цементного композита оксидноалюминатной расширяющей добавки (состав № 7) подвижность теста уменьшалась на 15,6 % ($D = 27$ см) по сравнению с контрольным составом № 1, что также, как и в составах № 5, 6, связано с негативным влиянием шамотно-каолиновой пыли на водопотребность (рис. 3). Но при выдержке в дальнейшем к 60 минуте расплыв цементного теста увеличивался на 1 см, а к 120 минуте соответствовал начальному показателю. Вероятно, это было вызвано поздней стабилизацией стерического эффекта поликарбоксилатного суперпластификатора. При добавлении в данный модификатор добавки, снижающей усадку SRA (состав № 8), наблюдалось увеличение диаметра расплыва цементного теста на 7,1...7,5% по сравнению с составом № 7 во все сроки выдержки. При этом в сравнении с контрольным составом № 1 также наблюдалась положительная динамика подвижности, несмотря на меньший начальный расплыв. К 60 минуте показатели подвижности выравнивались, а к 120 минуте расплыв модифицированного состава был выше на 3,57 %.

Таким образом, все модифицированные составы цементного теста, несмотря на меньший начальный и конечный показатели расплывов, по сравнению с контрольным составом характеризуются меньшей скоростью потери подвижности.

Показатели предела прочности при сжатии цементного камня, твердевшего в нормальных условиях, по вариантным составам таблицы 1, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Прочностные показатели цементного камня

№ состава	Прочность при сжатии, МПа, сут			
	3	7	14	28
1	55	63,3	72,8	75
2	45,6	55,6	68,1	71,5
3	50,1	65,7	76,4	87,3
4	39,8	49,8	69,3	83,7
5	48,4	64,6	79,3	90,5
6	37,9	51,9	70,7	82,3
7	52,5	64,8	75,9	85,2
8	40,3	53,1	69,2	76,5

Исходя из данных выявлено, что наибольший показатель предела прочности в раннем возрасте имеет контрольный состав № 1, что обусловлено негативным влиянием расширяющих добавок на начальное твердение цементного камня составов № 3–8.

Установлено, что применение расширяющих добавок в модифицированных составах № 3, 5, 7, не содержащих в составе добавку, снижающую усадку SRA, повышали прочность при сжатии по сравнению с контрольным составом № 1 на 2,1...3,8 % в возрасте 7 суток и на 4,25...8,9 % в возрасте 14 суток.

В проектном возрасте все составы с расширяющими добавками (составы № 3–8) имеют показатели прочности на 2,0...20,6 % выше, чем контрольный состав. Характерно, что наибольшую прочность (90,5 МПа) имеет состав № 5 с сульфоалюминатным расширяющим компонентом на основе шамотно-каолиновой пыли и гипса. Особенностью шамотно-каолиновой пыли является то, что при её улавливании электрофильтрами вращающихся печей она приобретает поверхностный электрический заряд, и вследствие кулоновского взаимодействия частиц пыли с зернами цемента возникают электрогетерогенные контакты в твердеющей системе, что способствует формированию более плотной и прочной микроструктуры цементного камня [13, 14].

Также следует отметить, что добавка, снижающая усадку SRA, имеет замедляющий эффект на прочность во всех составах по сравнению с составами аналогами без этой добавки. В раннем возрасте снижает прочность на 12,2...24,2 %, а в возрасте 28 суток на 4,1...10,2 %. При сравнении с контрольным составом введение добавки SRA в составы с расширяющим компонентом снижает прочность при сжатии на 17,1...31,1 % в возрасте 3 суток, на 12,2...21,1 %, в возрасте 7 суток и на 2,88...6,50 % в возрасте 14 суток, а в проектном возрасте повышает прочность на 2,0...11,6 %. Данное явление объясняется снижением полярности воды затворения, происходящим при применении добавки SRA, что в итоге приводит к снижению растворения и ионизации в воде затворения щелочей. Следовательно, поровая жидкость имеет меньшую концентрацию щелочных ионов, что оказывает непосредственное влияние на скорость гидратации цемента и может приводит к замедлению гидратации и твердения [15].

Таблица 3 – Состав цементных композитов для рентгенофазового анализа

Наименование компонента	Ед. изм.	Составы, №			
		1	2	3	4
ПЦ	г	600	600	600	600
МК	%	10	10	10	10
СП	%	1,5	1,5	1,5	1,5
Ехр	%	–	7	–	–
СА	%	–	–	10	–
ОА	%	–	–	–	10
В/Т	–	0,27	0,28	0,3	0,3

Наличие расширяющих добавок в составах № 2–4 обуславливает присутствие повышенной интенсивности линий этtringита ($d = 0,388; 0,349; 0,220$ нм) в сравнении с контрольным составом. Также следует отметить рост линий портландита ($d = 0,263; 0,193; 0,179$ нм) и гидроалюмината кальция C_3AH_6 ($d = 0,281; 0,230; 0,204$ нм) относительно контрольного состава № 1, что может объяснить повышенные показатели прочности модифицированных составов № 2–4 в проектном возрасте.

Для изучения фазового состава цементных композитов приняты варианты составов без химической добавки, снижающей усадку SRA (табл. 3).

Для образцов цементного камня составов № 2, 3, 4 в возрасте 28 суток отражение интенсивностей основных линий алита ($d = 0,297; 0,277; 0,232; 0,182; 0,176; 0,164; 0,154; 0,149$ нм) и гидросиликатов кальция разной основности ($d = 0,501; 0,307; 0,247; 0,210; 0,199; 0,183; 0,140$ нм) характеризуется как ростом, так и снижением по отношению к контрольному составу № 1 (рис. 4–7).

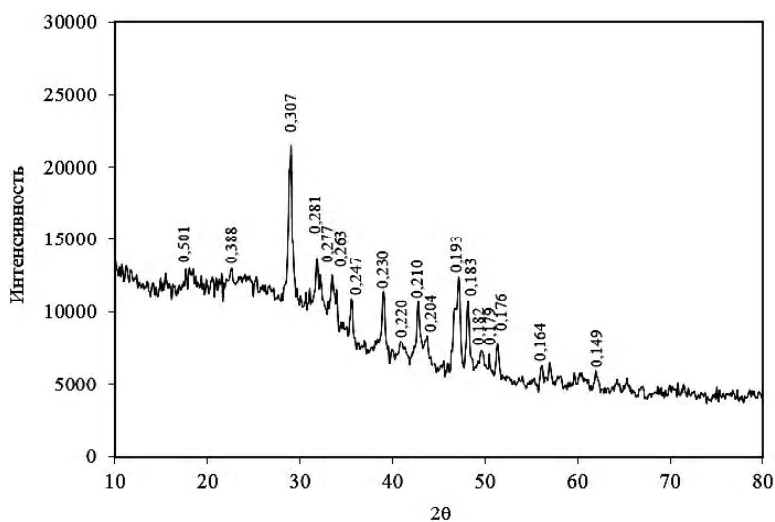


Рисунок 4 – Рентгенограмма образца камня вяжущего состава № 1 в возрасте 28 суток.

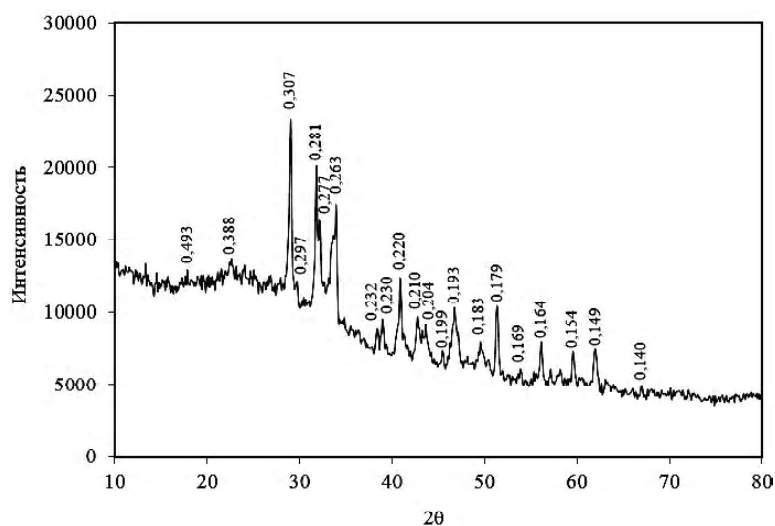


Рисунок 5 – Рентгенограмма образца камня вяжущего состава № 2 в возрасте 28 суток.

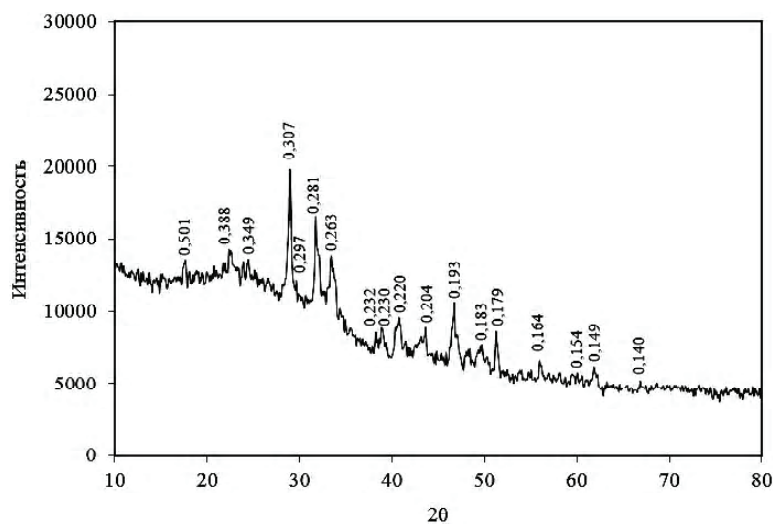


Рисунок 6 – Рентгенограмма образца камня вяжущего состава № 3 в возрасте 28 суток.

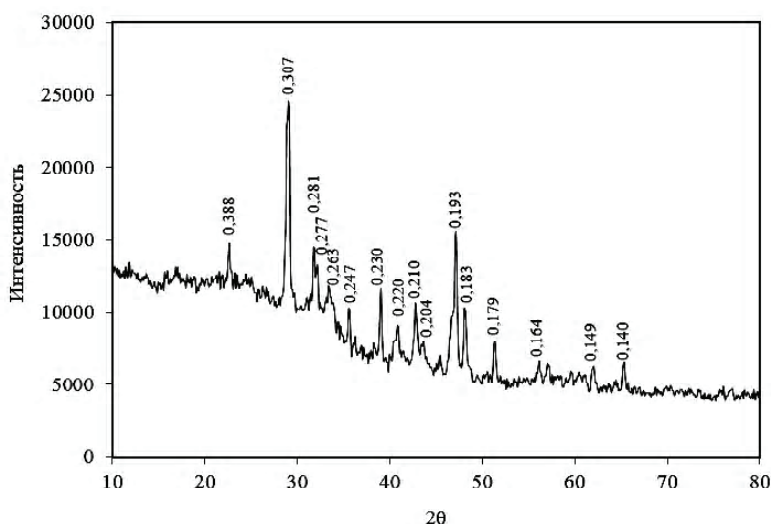


Рисунок 7 – Рентгенограмма образца камня вяжущего состава № 4 в возрасте 28 суток.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что наличие в цементном тесте расширяющих добавок снижает его начальную подвижность на 9,4...21,8 % по сравнению с контрольным составом, но при этом потери подвижности снижаются.

2. Определено, что введение расширяющих компонентов повышает показатели предела прочности при сжатии на 2,0...20,6 %.

3. Применение химической добавки, снижающей усадку SRA, снижает прочность цементного камня в раннем возрасте на 12,2...24,2 % и в проектном возрасте твердения на 4,1...10,2 %, однако улучшает технологические свойства цементного теста.

4. Данные рентгенофазового анализа свидетельствуют о положительном влиянии модификаторов с расширяющими добавками на процессы гидратации цементного камня. Анализ рентгенограмм образцов цементного камня объясняет прирост прочности у модифицированных образцов (составы № 2–4) относительно контрольного состава в возрасте 28 суток увеличением интенсивности отражений линий минералов, влияющих на прочность цементного камня.

5. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение влияния модификатора с расширяющими добавками на технологические свойства бетонных смесей, кинетику прочности и показатели усадки бетона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бейлина, М. И. Напрягающий цемент на основе сульфатоалюминатного клинкера [Текст] / М. И. Бейлина // Сборник научных трудов НИИЖБ. – М. : Стройиздат, 1984. – 127 с.
- Осокин, А. П. Модифицированный портландцемент [Текст] / А. П. Осокин, Ю. Р. Кривобородов, Е. Н. Потапов. – М. : Стройиздат, 1993. – 328 с.
- Синус, Э. Р. Контактные слои цементного камня в бетоне и их назначение. Структура, прочность и деформации бетонов [Текст] / Э. Р. Пинус. – М. : Стройиздат, 1986. – 365 с.
- Рамачандран, В. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение [Текст] / В. Рамачандран, Р. Фельдман, Дж. Бодуэн ; под ред. В. Б. Ратинова. – М. : Стройиздат, 1986. – 278 с.
- Кравченко, И. В. Расширяющиеся цементы [Текст] / И. В. Кравченко. – М. : Изд. литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. – 164 с.
- Титов, М. Ю. Бетоны с компенсированной усадкой на расширяющих добавках [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Михаил Юркевич Титов. – Москва, 2012. – 189 с.
- Краснов, А. М. Усадочные деформации высоконакопленного высокопрочного мелкозернистопесчанного бетона [Текст] / А. М. Краснов // Бетон и железобетон. – 2001. – № 7. – С. 8–11.
- Зорин, Д. А. Влияние дисперсности расширяющегося компонента на свойства цементов [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.11 / Дмитрий Александрович Зорин. – Белгород, 2013. – 19 с.
- Виноградова, Е. В. Высокопрочный быстротвердеющий бетон с компенсированной усадкой [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Елена Владимировна Виноградова. – Ростов-на-Дону, 2006. – 215 с.

10. Несветаев, Г. В. Усадочные деформации и раннее трещинообразование бетона [Текст] / Г. В. Несветаев, С. А. Тимонов // Пятые академические чтения РААСН. – 1999. – С. 305–310.
11. Eberhardt, A. B. On the mechanisms of shrinkage reducing admixtures in self-consolidating mortars and concretes [Text] / Arnd Bernd Eberhardt // Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor Ingenieur an der Fakultät Bauingenieurwesen der Bauhaus Universität Weimar. – Aachen : Shaker Verlag GmbH, 2011. – 286 p.
12. Маршди, К. Модифицированный дорожный цементный бетон в условиях жаркого климата [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Маршди Косай Сахиб Ради – Харьков, 2015. – 179 с.
13. Зайченко, Н. М. Высокопрочные тонкозернистые бетоны с комплексно модифицированной микроструктурой [Текст] : дис. ... докт. техн. наук : 05.23.05 / Николай Михайлович Зайченко. – Макеевка, 2009. – 356 с.
14. Влияние электроповерхностных явлений на процессы твердения цементного камня и бетона [Текст] / В. И. Бабускин, Е. В. Кондращенко, Т. А. Костюк [и др.] // Материалы II Всероссийской конф. по бетону и железобетону. – 2005. – С. 19–23.
15. Rajabipour, F. Interactions between shrinkage reducing admixtures (SRA) and cement paste's pore solution [Text] / F. Rajabipour, G. Sant, J. Weiss // Cement and Concrete Research. – 2008. – Vol. 38. – P. 606–615.

Получена 10.01.2020

Д. С. КОВАЛЕНКО

ЦЕМЕНТНІ КОМПОЗИТИ, МОДИФІКОВАНІ РОЗШИРЮВАЛЬНИМИ ДОБАВКАМИ

ДОУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет»

Анотація. У роботі досліджувалися технологічні та міцнісні властивості цементних композитів з розширювальними добавками на основі шамотно-каолінового пилу і гіпсу або шамотно-каолінового пилу, гіпсу та вапна в комплексі з суперпластифікатором, мікрокремнеземом і добавкою, що знижує усадку SRA. Було вивчено вплив модифікації цементного тіста на його розплив та зміну його рухливості в часі. Проаналізовано дані щодо кінетики тверднення модифікованих цементних композитів у віці 3, 7, 14 і 28 діб. Методом рентгенофазового аналізу було досліджено вплив модифікаторів з розширювальними добавками на процеси гідратації цементного каменю.

Ключові слова: усадка, розширювальні добавки, сульфоалюмінатний тип, оксидноалюмінатний тип, шамотно-каоліновий пил, цементні композити, рухливість цементного тіста, міцність цементного каменю, рентгенофазовий аналіз.

DENIS KOVALENKO

CEMENT COMPOSITES MODIFIED WITH EXPANDING ADDITIVES

SEI LPR «Lugansk National Agrarian University»

Abstract. The technological and strength properties of cement composites with expanding additives based on chamotte-kaolin dust and gypsum or chamotte-kaolin dust, gypsum and lime in combination with superplasticizer, silica fume and an additive that reduces shrinkage SRA are investigated in the work. The effect of the modification of cement paste on its spread and the change in its mobility over time was studied. The data on the hardening kinetics of modified cement composites at the age of 3, 7, 14 and 28 days are analyzed. The method of x-ray phase analysis was used to study the effect of modifiers with expanding additives on the processes of hydration of cement stone.

Key words: shrinkage, expanding additives, sulfoaluminate type, aluminate-oxide type, chamotte-kaolin dust, cement composites, cement paste mobility, cement stone strength, x-ray phase analysis.

Коваленко Денис Сергеевич – ассистент кафедры строительных конструкций ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Научные интересы: исследование техногенных сырьевых материалов в комплексе с современными модификаторами бетонов с целью повышения их эксплуатационных свойств и долговечности.

Коваленко Денис Сергійович – асистент кафедри будівельних конструкцій ДОУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: дослідження техногенних сировинних матеріалів у комплексі з сучасними модифікаторами бетонів з метою підвищення їх експлуатаційних властивостей і довговічності.

Kovalenko Denis – an assistant, Building Constructions Department, SEI LPR «Lugansk National Agrarian University». Scientific interests: research technogenic raw materials in combination with modern concrete modifiers to increase their operational properties and durability.

СОДЕРЖАНИЕ

БРАТЧУН В. И., ЗАГОРОДНЯЯ А. В., БЕСПАЛОВ В. Л., РОМАСЮК Е. А. О комплексной модификации микроструктуры асфальтобетона дивинил-стирольным термоэластопластом	5
КОЧЕРГИН Ю. С., ЗОЛОТАРЕВА В. В. Исследование композиционных материалов на основе диглициловых производных дифенилметана	17
НАЗАРОВА А. В., БУГАЕВ В. А., КОВАЛЕНКО Д. С. Эксплуатационные свойства тяжелого бетона с расширяющим компонентом на основе отхода промышленности	26
ЮРЧЕНКО В. В. Целесообразность производства композиционных материалов на основе отходов древесины и термопластичных полимеров	34
ГУБА К. Р. О целесообразности повторного использования старого асфальтобетона	40
ЗАЙЧЕНКО Н. М., ЛАХТАРИНА С. В., ГАВРИЛЬЧЕНКО Н. В., ИСАЕВА Я. С. Оптимизация состава мелкозернистых бетонов с применением отходов промышленности Донбасса	46
БРАТЧУН В. И., ЖЕВАНОВ В. В., РОМАСЮК Е. А. О закономерностях формирования структуры и свойств асфальтошлакобетонов, приготовленных на жидких битумах, модифицированных латексом BUTONAL NS 198	53
БЕСПАЛОВ В. Л., ГАБИДУЛИН Э. Н., КИЧИГИН В. Ю., КУЗЬМИНЫХ А. В., ДЗЮБА А. С., НОВИКОВ Я. А. Об использовании отходов промышленности в составе модифицированных асфальтобетонов	60
НАГОРНАЯ Н. П., КИБЗУН В. Н. Демоскопическая оценка кровельных материалов на рынке г. Донецка	68
БРАТЧУН В. И., БЕСПАЛОВ В. Л., ДОЛЯ А. Г., ДЕМЕШКИН В. П., ЛЕОНОВ Н. С. О влиянии активации межфазного контакта в системе «органическое вяжущее – поверхность минерального порошка» на свойства асфальтобетона	75
ГОРЯИНОВ В. В., КОТЛЯРОВ В. В., КУЛИКОВ В. Н. Влияние катионного латекса Butonal NS198 на физико-механические свойства мелкозернистых асфальтобетонов	82
ШЕВЧЕНКО О. Н., МАЛИНИНА З. З., МАЛИНИН Ю. Ю. Исследование связи электронной структуры молекулы бензилиденанилина с его спектральными характеристиками	86
МАЗУР В. А., НОВИЦКАЯ Е. И. Конструктивные особенности устройства внутреннего тепло-изоляционного контура из сэндвич-панелей для зданий крытых бассейнов	93
КИЦЕНКО Т. П., ОМЕЛЬЯНОВИЧ Д. С. Использование крупного заполнителя из бетонного лома в тяжелых бетонах	99
САМОЙЛОВА Е. Э., АНАНЬЕВ А. В. Разработка способа очистки газовых выбросов в производстве газоразделительных элементов	104
ДОЛЯ А. Г., КАРАБЕЛЬСКИЙ М. С., КОНОНЕНКО Н. К., САВЕНКОВ А. В., КАЮМОВА И. Р. Морозостойкость асфальтобетонов в климатических условиях Донбасса	109
АЛЕКСАНДРОВ В. Д., АЛЕКСАНДРОВА О. В., СОБОЛЬ О. В., СОБОЛЕВ А. Ю. Однофакторный дисперсионный анализ свойств солевых растворов – химических антигололедных реагентов	115
ПШЕНИЧНЫХ О. А., СКОРИК Д. С. Опыт применения дисперсно-армированных асфальтобетонов в дорожном строительстве	121
МАРТЫНОВА В. Б., ЕГОРОВА Е. В., КОРЧАГИНА К. А., ДАНИЛОВА Д. В., ПАРАМОНОВА А. В. Исследование влияния стирол-акриловой дисперсии на физико-механические свойства цементно-песчаных растворов	128
ЖИТНИКОВ Е. П., СТЕПАНОВ Д. И., ПОНОМАРЕВ М. И., БОРОДАЙ Д. И. Конструкции жестких дорожных одежд с цементобетонным покрытием для автомобильных дорог общего пользования в условиях Донбасса	133

ЛЕВЧЕНКО В. Н., НЕВГЕНЬ Н. А., ВИНОГРАДОВА Т. Н., ВЕГНЕР В. В. Эксплуатационные требования при проектировании промышленных зданий и технико-экономическая оценка железобетонных конструкций на стадии проектирования	139
АЛЕКСАНДРОВ В. Д., ЖИБОЕДОВ А. В., ЩЕБЕТОВСКАЯ Н. В. Анкетирование абитуриентов для организации профориентации	146
ДОЛЯ А. Г., СТУКАЛОВ А. А., ЖЕРДЕВ Д. Э. Щебеночно-мастичные асфальтобетоны, модифицированные резиновым термоэластопластом	156
КОВАЛЕНКО Д. С. Цементные композиты, модифицированные расширяющими добавками	162

Статьи, публикуемые в журнале «Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры», размещены

- в российской информационно-аналитической системе –
Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)
- в электронно-библиотечной системе IPRbooks
- в информационно-поисковой системе Google Scholar.

ЗМІСТ

БРАТЧУН В. І., ЗАГОРОДНЯ А. В., БЕСПАЛОВ В. Л., РОМАСЮК Є. О. Про комплексну модифікацію мікроструктури асфальтобетону дивініл-стирольним термоеластопластом	5
КОЧЕРГІН Ю. С., ЗОЛОТАРЬОВА В. В. Дослідження композиційних матеріалів на основі дигліцилових похідних дифенілолметану	17
НАЗАРОВА А. В., БУГАЄВ В. О., КОВАЛЕНКО Д. С. Експлуатаційні властивості важкого бетону з розширювальним компонентом на основі відходу промисловості	26
ЮРЧЕНКО В. В. Доцільність виробництва композиційних матеріалів на основі відходів деревини і термопластичних полімерів	34
ГУБА К. Р. Про доцільність повторного використання старого асфальтобетону	40
ЗАЙЧЕНКО М. М., ЛАХТАРИНА С. В., ГАВРИЛЬЧЕНКО М. В., ІСАЄВА Я. С. Оптимізація складу дрібнозернистих бетонів із застосуванням відходів промисловості Донбасу	46
БРАТЧУН В. І., ЖЕВАНОВ В. В., РОМАСЮК Є. О. Про закономірності формування структури і властивостей асфальтошлакобетонів, приготовлених на рідких бітумах, модифікованих латексом Butonal NS 198	53
БЕСПАЛОВ В. Л., ГАБІДУЛІН Е. Н., КИЧИГИН В. Ю., КУЗЬМІНИХ А. В., ДЗЮБА О. С., НОВИКОВ Я. О. Про використання відходів промисловості в складі модифікованих асфальтобетонів	60
НАГОРНА Н. П., КІБЗУН В. М. Демоскопічна оцінка покрівельних матеріалів на ринку м. Донецька	68
БРАТЧУН В. І., БЕСПАЛОВ В. Л., ДОЛЯ А. Г., ДЕМЕШКІН В. П., ЛЕОНОВ М. С. Про вплив активації міжфазного контакту в системі «органічне в'язуче – поверхня мінерального порошку» на властивості асфальтобетону	75
ГОРЯЙНОВ В. В., КОТЛЯРОВ В. В., КУЛИКОВ В. М. Вплив катіонів латексу Butonal NS198 на фізико-механічні властивості дрібнозернистих асфальтобетонів	82
ШЕВЧЕНКО О. М., МАЛІНІНА З. З., МАЛІНІН Ю. Ю. Дослідження зв'язку електронної структури молекули бензиліденаніліну з його спектральними характеристиками	86
МАЗУР В. О., НОВИЦЬКА О. І. Конструктивні особливості влаштування внутрішнього теплоізоляційного контуру з сендвіч-панелей для будинків критих басейнів	93
КІЩЕНКО Т. П., ОМЕЛ'ЯНОВИЧ Д. С. Використання крупного заповнювача з бетонного брухту у важких бетонах	99
САМОЙЛОВА О. Е., АНАНЬЄВ А. В. Розробка способу очищення газових викидів у виробництві газорозподільних елементів	104
ДОЛЯ А. Г., КАРАБЕЛЬСКИЙ М. С., КОНОНЕНКО М. К., САВЕНКОВ А. В., КАЮМОВА І. Р. Морозостійкість асфальтобетонів у кліматичних умовах Донбасу	109
АЛЕКСАНДРОВ В. Д., АЛЕКСАНДРОВА О. В., СОБОЛЬ О. В., СОБОЛЄВ О. Ю. Однофакторний дисперсійний аналіз властивостей сольових розчинів – хімічних протижеледних реагентів	115
ПШЕНИЧНИХ О. О., СКОРИК Д. С. Досвід застосування дисперсно-армованого асфальтобетону в дорожньому будівництві	121
МАРТИНОВА В. Б., ЄГОРОВА О. В., КОРЧАГІНА К. О., ДАНИЛОВА Д. В., ПАРАМОНОВА А. В. Дослідження впливу стирол-акрилової дисперсії на фізико-механічні властивості цементно-піщаних розчинів	128
ЖИТНИКОВ Є. П., СТЕПАНОВ Д. І., ПОНОМАРЬОВ М. І., БОРОДАЙ Д. І. Конструкції жорстких дорожніх одягів з цементобетонним покриттям для автомобільних доріг загального користування в умовах Донбасу	133

ЛЕВЧЕНКО В. М., НЕВГЕНЬ М. О., ВІНОГРАДОВА Т. М., ВЕГНЕР В. В. Експлуатаційні вимоги при проектуванні промислових будівель і техніко-економічна оцінка залізобетонних конструкцій на стадії проектування	139
АЛЕКСАНДРОВ В. Д., ЖИБОЄДОВ О. В., ЩЕБЕТОВСЬКА Н. В. Анкетування абітурієнтів для організації профорієнтації	146
ДОЛЯ А. Г., СТУКАЛОВ О. А., ЖЕРДЄВ Д. Е. Щебенево-мастичні асфальтобетони, модифіковані гумовим термоеластопластом	156
КОВАЛЕНКО Д. С. Цементні композити, модифіковані розширювальними добавками	162

Статті, що публікуються у журналі «Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури», розміщені

- в російській інформаційно-аналітичній системі – Російський індекс наукового цитування (РІНЦ)
- в електронно-бібліотечній системі IPRbooks
- в інформаційно-пошуковій системі Google Scholar.

CONTENTS

BRATCHUN VALERIY, ZAGORODNYAYA ANASTASIA, BESPALOV VITALIY, ROMASYUK EVGENY. On Complex Modification of Asphalt Concrete Microstructure by Divinyl-Styrene Thermoelastoplastic	5
KOCHERGIN YURIY, ZOLOTAREVA VIKTORIYA. Research of Composite Materials Based on Diglycyl Diphenylolmethane Derivatives	17
NAZAROVA ANTONINA, BUGAEV VIKTOR, KOVALENKO DENIS. Operational Properties of Heavy Concrete with an Expanding Component Based on Industrial Waste	26
YURCHENKO VITALIY. Expediency of Production of Composite Materials Based on Waste of Wood and Thermoplastic Polymers	34
GUBA KONSTANTIN. About Expediency of Reuse of Old Asphalt Concrete	40
ZAICHENKO MYKOLA, LAKHTARYINA SERGEY, NIKOLAY GAVRILCHENKO, ISAEVA YANA. Optimization of the Composition of Fine-Grained Concretes using Waste from the Donbas Industry	46
BRATCHUN VALERY, ZHEVANOV VYACHESLAV, ROMASYUK EVGENY. On the Regularities of Forming the Structure and Properties of Asphalt Slag Concrete Prepared on Liquid Bitumen Modified with Latex Butonal NS 198	53
BESPALOV VITALY, GABIDYLIN ELDAR, KICHIGIN VLADISLAV, KUZMINYKH ANDREY, DZYBA ALEXANDER, NOVIKOV YAROSLAV. On the use of Industrial Waste in the Composition of Modified Asphalt Concrete	60
NAGORNAYA NINA, KIBZUN VALENTINA. Demoscopic Estimation of Coating Materials on the Markets Donetsk	68
BRATCHUN VALERY, BESPALOV VITALY, DOLYA ANATOLIY, DEMESCHKIN VALENTIN, LEONOV NIKITA. About the Influence of Activation of Inter-Phase Contact in the Organic Binding System – Mineral Powder Surface on the Properties of Asphalt Concrete	75
GORYAINOV VLADISLAV, KOTLYAROV VLADIMIR, KULIKOV VLADISLAV. Influence of Butonal NS198 Cation Latex on the Physical and Mechanical Properties of Fine Grain Asphalt Concrete	82
SHEVCHENKO OLGA, MALININA ZINAIDA, MALININ YURIY. Investigation of the Relationship of the Electronic Structure of a Benzyldeneaniline Molecule with its Spectral Characteristics	86
MAZUR VICTORIA, NOVITSKAYA ELENA. Design Features of the Device of an Internal Heat-Insulating Contour from a Sandwich Panels for Buildings of Indoor Pools	93
KITSENKO TATYANA, OMELYANOVICH DARIA. Use of Large Aggregate from Concrete Scrap in Heavy Concrete	99
SAMOJLOVA HELEN, ANANYEV ANDREY. Development of a Method for Cleaning Gas Emissions in the Production of Gas Separating Elements	104
DOLYA ANATOLY, KARABELSKY MAXIM, KONONENKO NIKITA, SAVENKOV ANDREI, KAYUMOVA INDIRA. Frost Resistance of Asphalt Concrete under the Climatic Conditions of Donbass	109
ALEKSANDROV VALERY, ALEKSANDROVA OLGA, SOBOL OKSANA, SOBOLEV ALEKSANDR. Single-Factor Dispersion Analysis of Salt Solutions – Chemical Anti-Ice Reagents	115
PSHENICHNYH OLEG, SKORIK DMITRIY. Experience of Application of Dispersed-Reinforced Asphalt Concrete in Road Construction	121
MARTYNOVA VITA, EGOROVA ELENA, KORCHAGINA KARINA, DANILOVA DARIA, PARAMONOVA ANASTASIA. Study of the Influence of Styrene-Acrylic Dispersion on the Physico-Mechanical Properties of Cement-Sand Mortars	128

ZHYTNIKOV YEVGENIY, STEPANOV DMITRII, PONOMAREV MAXIM, BORODAY DENIS. Rigid Pavement Structures with Cement Concrete Pavement for Public Roads in the Donbass	133
LEVCHENKO VIKTOR, NEVGEN NICOLAI, VINOGRADOVA TAMARA, VEGNER VERA. Operational Specifications for the Design of Industrial Buildings, Technical and Economic Evaluation of Reinforced Concrete Structures of Buildings at the Design Stage	139
ALEKSANDROV VALERY, ZHIPOEDOV ALEXANDER, SHCHEBETOVSKAYA NATALIYA. Questioning of Applicants for the Organization of Career Guidance	146
DOLYA ANATOLIY, STUKALOV ALEKSANDR, ZHERDEV DENIS. Crushed Stone-Mastic Asphalt Concrete, Modified with Rubber Thermoelastoplast	156
KOVALENKO DENIS. Cement Composites Modified with Expanding Additives	162

The articles published in journal «Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture» are indexed by:

- the Russian Information and Analytical System – Russian Science Citation Index (RSCI)
- the electronic-library system IPRbooks
- the search engine Google Scholar.