

УДК 691.16:662

В. Л. БЕСПАЛОВ, К. Ю. КАПЛУН, М. Г. БОРИСОВ, Д. В. БАБУРИН, Е. Ю. ПАХОМОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ХОЛОДНЫЕ ДЕГТЕБЕТОНЫ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ СРОКАМИ
ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ**

Аннотация. Одним из эффективных способов управления процессом формирования структуры дегтебетона является комплексная модификация маловязких каменноугольных вяжущих полиизоцианатом и кубовыми остатками дистилляции фталевого ангидрида. Это позволит использовать для производства холодных дегтебетонных смесей каменноугольные дорожные дегти вязкостью $C_{30}^{10} = 10...50$ с и значительно снизить температуру приготовления смесей ($40...70$ °С), а в результате взаимодействия полиизоцианата с кубовыми остатками дистилляции фталевого ангидрида (содержит фталевую кислоту) и фенолсодержащими и аминсодержащими каменноугольного вяжущего. Установлено, что оптимальная температура производства модифицированной холодной дегтебетонной смеси должна составлять $40...60$ °С, концентрация полиизоцианата $4...6$ % от массы каменноугольного дегтя в смеси, а ОДА $15...25$ % от массы дегтя. В настоящей работе исследованы начальный период структурообразования модифицированного холодного дегтебетона и механические свойства дегтебетона в возрасте одних – пяти суток.

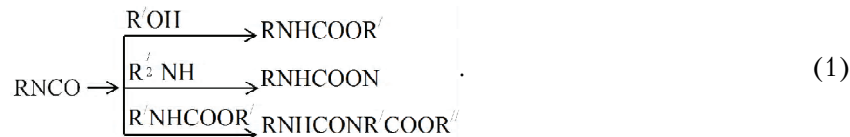
Ключевые слова: дорожный асфальтобетон, кубовые остатки дистилляции фталевого ангидрида, полиизоцианат (ПИЦ), каменноугольный деготь, пластическая прочность.

В дорожных конструкциях холодные асфальтобетонные и дегтебетонные смеси используются для создания тонких слоев износа и защитных слоев (толщина до $3,0...3,5$ см), а также для выполнения ремонтных работ и строительства верхних конструктивных слоев одежд автомобильных дорог III и IV категорий [1–4].

В то же время холодный асфальтобетон (ДСТУ Б В.2.7-2003 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний») и дегтебетон (ГОСТ 25877 «Смеси дегтебетонные дорожные и дегтебетон. Технические условия») характеризуются низкими значениями показателей механических и физических свойств, а также длительным периодом формирования структуры слоя дорожной одежды (в зависимости от температуры окружающей среды, вида вяжущего и толщины слоя от 30 до 180 суток).

Таким образом, необходимо разрабатывать такие способы, которые бы позволили направлено регулировать время структурообразования, например, холодного дегтебетона.

Одним из эффективных способов регулирования процессом формирования структуры дегтебетона является комплексная модификация маловязких каменноугольных вяжущих (ГОСТ 4641-80) полиизоцианатом и кубовыми остатками дистилляции фталевого ангидрида [5]. Это позволит использовать для производства холодных дегтебетонных смесей каменноугольные дорожные дегти вязкостью $C_{30}^{10} = 10...50$ с и значительно снизить температуру приготовления смесей ($40...70$ °С), а в результате взаимодействия полиизоцианата RNCО с кубовыми остатками дистилляции фталевого ангидрида (содержит фталевую кислоту) и фенолсодержащими и аминсодержащими каменноугольного вяжущего по реакции 1. Это позволит сформировать во времени структурированную систему в пленочном органическом вяжущем на поверхности минеральных материалов бетона (образуются полиуретаны):



ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При исследовании использованы такие материалы:

составленный каменноугольный деготь $C_{30}^{10} = 15^\circ\text{C}$ (содержание фенолов 2,5 %, нафталина 1 %; фракционный состав: перегоняется до температуры 180°C – 1,8 %, до 280°C – 14 %; до 300°C – 24 %; температура размягчения остатка после отбора фракций до 300°C – 36°C ; потери после четырех часов прогрева при 110°C в слое $1 \cdot 10^{-3}$ м – 18,26 %);

кубовые остатки дистилляции фталевого ангидрида (ОДА) Авдеевского коксохимического завода. ОДА образуются при термической обработке и дистилляции фталевого ангидрида. Кубовый остаток – смола с примесью от 40 до 60 % фталевого ангидрида $C_8H_4O_3$. Кроме того, в ОДА содержится фталевая кислота, минеральные вещества ($CaCO_3$, сульфаты) от 1 до 7 % и зола до 3 % [6]. ОДА измельчали и просеивали сквозь сито № 0,071; физические показатели качества молотого ОДА: плотность – 1527 кг/м^3 ; зольность – 7,8 %; содержание углерода, C^c – 62,2 %; содержание водорода H^c – 3,1 %; содержание гидроксильных групп, OH – 1,1 мгкв/г; коэффициент формы частиц 0,8...1,0; удельная поверхность на границе раздела фаз твердое вещество – воздух – $490 \text{ м}^2/\text{кг}$;

полиизоцианат (ПИЦ) ($R - N = C = O$; группа – NCO имеет линейную структуру; длина $N = C$ – связи – 0,119 нм (1,19 Å), $C = O$ – связи – 0,118 нм (1,18 Å); угол между группами R – и NCO – может меняться от 120 до 130° в зависимости от природы изоцианата [7]. Изоцианатная группа в ИК – спектре – в области 220...250 мм. Изоцианат обладает большими дипольными моментами, существенный вклад в которые вносит NCO – группа; 4, 4', 4'' – трифенилметандиизоцианат, который использовался в настоящей работе, имеет температуру замерзания – 91°C , показатель преломления $n_D^{20} = 1.6150$.

Азот и кислород NCO – группы несут отрицательный заряд и обладают электронодонорными свойствами, а углерод характеризуется существенным дефицитом электронной плотности. Поэтому группа подвержена как нуклеофильным, так и электрофильным атакам. Наиболее типичны для изоцианата реакции нуклеофильного присоединения с участием кислород – и азотсодержащих веществ (в том числе и полимерных соединений, содержащих соответствующие концевые группы) (реакция 1).

Для исследования влияния свойств модифицированных каменноугольных вяжущих был принят мелкозернистый бетон (тип В – ДСТУ Б В.2.7119-2003). Для получения минеральных зерен размером 15...0,071 мм был использован щебень Каранского месторождения со следующими свойствами: дробимость в водонасыщенном состоянии – 6,2 %; марка щебня – 1 200; износ в полочном барабане – 2,3 %; насыпная плотность – 1410 кг/м^3 ; плотность – 2670 кг/м^3 ; морозостойкость – выдерживает более 50 циклов попеременного замораживания-оттаивания; содержание зерен лещадной и игловатой формы – 6 %.

В качестве минерального порошка был принят известняковый, активированный стеарином со следующими показателями качества: удельная поверхность – $445 \text{ м}^2/\text{кг}$; плотность – 2710 кг/м^3 ; средняя плотность под нагрузкой – 40 МПа – 1890 кг/м^3 ; пористость – 30,3 %; дегтеёмкость – 59 %.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Начальный период структурообразования дегтевяжущего вещества исследовали на пластометре П. А. Ребиндера [8]. Реологические характеристики дегтебетона (модуль упругости, время релаксации, время ретардации) определяли по методике А. М. Богуславского [9]. Морозостойкость и водостойкость по методике изложенной в [10].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ранее в зависимости от температуры производства, массовой концентрации полиизоцианата и кубовых остатков дистилляции фталевого ангидрида с использованием метода математического планирования эксперимента установлено, что оптимальная температура производства модифицированной холодной дегтебетонной смеси должна составлять $40...60^\circ\text{C}$, концентрация полиизоцианата 4...6 % от массы каменноугольного дегтя в смеси, а ОДА 15...25 % от массы дегтя. В настоящей

работе исследованы начальный период структурообразования модифицированного холодного дегтебетона (рисунок) и механические свойства дегтебетона в возрасте одних – пяти суток (таблица).

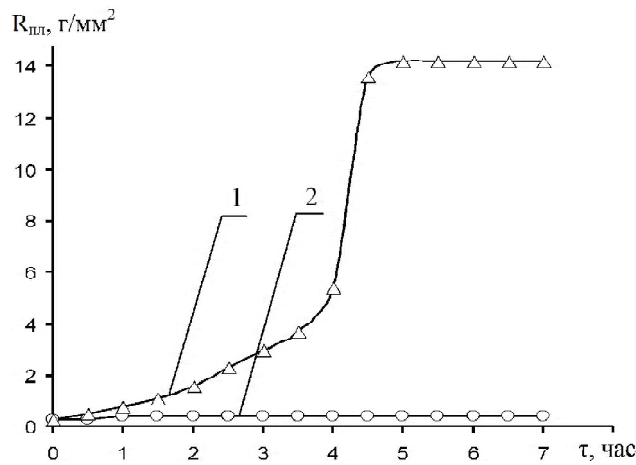


Рисунок – Зависимость пластической прочности $R_{пл}$ дегтевяжущего вещества состава: каменноугольный дорожный деготь: известняковый минеральный порошок 1:3 м.ч. от времени структурообразования τ ; состав органического вяжущего: 1 – каменноугольный дорожный деготь вязкостью $C_{30}^{10} = 15$ с с 10 % ОДА и 5 % ПИЦ от массы дегтя; 2 – каменноугольный дорожный деготь вязкостью $C_{30}^{10} = 15$ с с 10 % ОДА по массе; температура производства и испытания пасты – 55 °С.

Как следует из данных, приведенных на рисунке, модифицированный холодный дегтебетон во времени проходит три этапа структурообразования. На протяжении четырех часов от времени приготовления холодная дегтебетонная смесь, которая содержит в своем составе маловязкий каменноугольный дорожный деготь с ОДА и ПИЦ, может транспортироваться, укладываться и уплотняться в конструкции дорожной одежды.

На втором этапе структурообразования полиизоцианат реагирует с фенолсодержащими соединениями каменноугольного вяжущего и функциональными группами кубовых остатков дистилляции фталевого ангидрида по реакции 1, что приводит к формированию трехмерной сетки с узлами в виде частиц активного дисперсного наполнителя ОДА и гибкими цепочками из смолистых соединений каменноугольного дегтя. Третий этап – стабилизация структуры дегтевяжущего вещества, а следовательно, физических и механических свойств модифицированного дегтебетона.

Холодный модифицированный дегтебетон (тип В), содержащий в своем составе каменноугольный дорожный деготь, который модифицирован 20 % ОДА и 5 % ПИЦ в течение одних суток формирует структуру (таблица).

Таблица – Предел прочности при сжатии при 20 °С (R_{20} , МПа) мелкозернистого дегтебетона (тип В)

Время, сутки				
1	2	3	4	5
3,3	3,4	3,3	3,4	3,5

Время, сутки 12345 Контрольный состав (состав органического вяжущего: КД, $C_{30}^{10} = 15$ с с 20 % ОДА) Введение полиизоцианата в органическое вяжущее – каменноугольный дорожный деготь $C_{30}^{10} = 15$ с с 20 % ОДА в три раза повышает предел прочности при сжатии. Модифицированный холодный дегтебетон характеризуется коэффициентом длительной водостойкости $K_{вд} = 0,85$, коэффициент морозостойкости после 25 циклов составляет $F = 0,81$. Модуль упругости, определенный по методике А. М. Богуславского, при 20 °С равняется 1 403 МПа, а при 50 °С – 699 МПа.

ВЫВОД

Для управления процессом структурообразования холодного дегтебетона необходимо маловязкие каменноугольные дегти модифицировать кубовыми остатками дистилляции фталевого ангидрида и полиизоцианатом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлова, Е. Н. Холодный асфальтобетон / Е. Н. Козлова. – Москва : Автотрансиздат, 1958. – 212 с. – Текст : непосредственный.
2. Гоц, В. Т. XX Всесвітній дорожній конгрес – основні підсумки / В. Т. ГОЦ. – Текст : непосредственный // Автошляховик України. – 1995. – № 4. – С. 34–37.
3. Островерхий, О. Г. Економічна ефективність будівництва нежорстких тонкошарових покриттів із емульсійно-мінеральної суміші літої консистенції / О. Г. Островерхий, А. А. Борисенко. – Текст : непосредственный // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 1999. – Випуск 57. – С. 175–182.
4. Лысихина, А. И. Дорожные покрытия и основания с применением битумов и дегтей / А. И. Лысихина. – Москва : Автотрансиздат, 1962. – 360 с. – Текст : непосредственный.
5. Братчун, В. І. Холодний дьогтебетон з підвищеними фізико-механічними властивостями / В. І. Братчун, А. В. Поліщук. – Текст : непосредственный // Автошляховик України. – 2000. – № 4. – С. 29–30.
6. Гуревич, Д. А. Переработка отходов в промышленности полупродуктов и красителей / Д. А. Гуревич. – Москва : Химия, 1980. – 273 с. – Текст : непосредственный.
7. Энциклопедия полимеров / В. А. Каргин, М. С. Акутин, Е. В. Вонский [и др.] ; в 3 томах, том 1. – Москва : Советская энциклопедия, 1972. – 1224 с.
8. Горшков, В. С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В. С. Горшков, В. В. Тимашов, В. Г. Савельев. – Москва : Стройиздат, 1981. – 335 с. – Текст : непосредственный.
9. Богуславский, А. М. Основы реологии асфальтобетона / А. М. Богуславский, А. А. Богуславский. – Москва : Высшая школа, 1972. – 200 с. – Текст : непосредственный.
10. Головкин В. А. Исследование водо- и морозостойкости горячих и теплых асфальтобетонов : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Головкин Владимир Андреевич ; ХАДИ. – Харьков, 1975. – 25 с. – Текст : непосредственный.

Получена 19.01.2022

В. Л. БЕСПАЛОВ, К. Ю. КАПЛУН, М. Г. БОРИСОВ, Д. В. БАБУРИН,
Є. Ю. ПАХОМОВ
ХОЛОДНІ ДЬОГТЕБЕТОНИ З РЕГУЛЬОВАНИМИ ТЕРМІНАМИ
ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. Одним з ефективних способів управління процесом формування структури дегтебетону є комплексна модифікація малов'язких кам'яновугільних в'язучих поліізоціанатом та кубовими залишками дистиляції фталевого ангідриду. Це дозволить використовувати для виробництва холодних дьогтебетонних сумішей кам'яновугільні дорожні дьогті в'язкістю $C_{30}^{10} = 10...50$ с і значно знизити температуру приготування сумішей ($40...70$ °С), а в результаті взаємодії поліізоціанату з кубовими залишками дистиляції фталевого ангідриду (містить фталеву кислоту) аміносодержачими кам'яновугільного в'язучого. Встановлено, що оптимальна температура виробництва модифікованої холодної дьогтебетонної суміші повинна становити $40...60$ °С, концентрація поліізоціанату $4...6$ % маси кам'яновугільного дьогтю в суміші, а ОДА $15...25$ % маси дьогтю. У цій роботі досліджено початковий період структуроутворення модифікованого холодного дьогтебетону та механічні властивості дьогтебетону у віці однієї – п'яти діб.

Ключові слова: дорожній асфальтобетон, кубові залишки дистиляції фталевого ангідриду, поліізоціанат (ПІЦ), кам'яновугільний дьоготь, пластична міцність.

VITALY BESPALOV, KIRILL KAPLUN, MIKHAIL BORISOV, DENIS BABURIN,
EVGENY PAKHOMOV
COLD TAR-CONCRETE WITH ADJUSTABLE TERMS FORMATION OF THE
STRUCTURE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. One of the effective ways to control the process of formation of the structure of tar concrete is the complex modification of low-viscosity coal binders with polyisocyanate and distillation residues of phthalic anhydride. This will make it possible to use coal tar with a viscosity $C_{30}^{10} = 10...50$ s for the production of cold tar concrete mixtures and significantly reduce the mixture preparation temperature ($40...70$ °С), and as a result of the interaction of polyisocyanate with distillation residues of phthalic anhydride distillation (contains phthalic acid) and phenol-containing and amine-containing coal binder. It has been established that the optimal temperature for the production of a modified cold tar concrete mixture should be

40...60 ° C, the concentration of polyisocyanate is 4...6 % by weight of coal tar in the mixture, and ODA is 15...25 % by weight of tar. In this work, the initial period of structure formation of modified cold tar concrete and the mechanical properties of tar concrete at the age of one to five days were studied.

Key words: road asphalt concrete, cubic residues of distillation of ophthalmic anhydride, polyisocyanate (PIC), coal tar, plastic strength.

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.

Каплун Кирилл Юрьевич – магистрант 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.

Борисов Михаил Геннадиевич – магистрант 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.

Бабурин Денис Владимирович – магистрант 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.

Пахомов Евгений Юрьевич – магистрант 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.

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.

Каплун Кирило Юрійович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ 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.

Борисов Михайло Генадійович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ 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.

Бабурін Денис Володимирович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ 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.

Пахомов Євген Юрійович – магістрант кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ 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.

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.

Kaplun Kirill – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering

and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

Borisov Mikhail – master’s student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

Baburin Denis – master’s student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.

Pakhomov Evgeny – master’s student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: production of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid road pavements based on the modification of organic binders.