

EDN: JOTZSY

УДК 691.16: 662

**В. Л. БЕСПАЛОВ, О. Н. НАРИЖНАЯ, О. Б. КОНЕВ, М. В. БОНДАРЬ, В. С. ПУЗАНОВ, Н. Д. ХАРЧЕНКО,
А. В. ЗУЕВ, И. А. СМИРНОВ**ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. о. Макеевка, г. Макеевка

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПАУНДИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЯЖУЩЕГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕКОПОДОБНОГО ВТОРИЧНОГО КУБОВОГО ОСТАТКА ФЕНОЛЬНО- АЦЕТОНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Изучены закономерности формирования структуры и свойств компаундированного органического вяжущего (КОВ), а также свойства входящих в него компонентов. Определён оптимальный состав и свойства компаундированного органического вяжущего. Сплавлением пекоподобного вторичного кубового остатка фенольно-ацетонового производства (ВКОФАП) и нефтяного дорожного битума III структурно-реологического типа БНД 40/60, получено компаундированное органическое вяжущее, что позволило использовать коагуляционный каркас битума для упрочнения ВКОФАП в области положительных температур и обеспечить высокую термостабильность, а тем самым термостабильность бетонов с использованием компаундированного органического вяжущего, и достаточно низкую термочувствительность при получении бетонов с нормативным интервалом вязкоупругого поведения в покрытии дорожной одежды. Установлено что эффективным способом переработки пекоподобных вторичных кубовых остатков фенольно-ацетонового производства в органические вяжущие является сплавление его с нефтяным дорожным битумом III структурно-реологического типа.

Ключевые слова: компаундированное органическое вяжущее; пекоподобный вторичный кубовый остаток фенольно-ацетонового производства; групповой состав; фракционный состав; поверхностное натяжение; калориметрические, реологические исследования.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В промышленности производится большое количество технических продуктов. При этом образуются миллионы тонн вязкопластичных отходов производств, которые вывозятся в отвалы [1]. Одним из отходов образующихся при совместном производстве фенола и ацетона, является вторичный кубовый остаток фенольно-ацетонового производства (ВКОФАП). В зависимости от температуры ректификации ВКОФАП и степени отбора сложных фенолов могут образовываться как вязкопластичные, так и пекоподобные ВКОФАП [2]. Целесообразность применения, ВКОФАП описана в работах [1, 2]. В США пекоподобный ВКОФАП используется как органическая добавка к высокосернистым вяжущим [3]. В Германии, Великобритании и Франции – вязкопластичный ВКОФАП как пластификатор при регенерации «старых» асфальтобетонных покрытий [4].

Наиболее эффективным способом структурирования и радикального улучшения структурно-механических свойств органических вяжущих и бетонов на их основе является модификация вяжущих олигомерами и полимерами. Применение пекоподобного ВКОФАП для получения на его основе компаундированных вяжущих, вероятно, потребует большого расхода модифицированный нефтяных дорожных битумов. Целесообразным является необходимость получения органических вяжущих с оптимальными физико-химическими свойствами.

© В. Л. Беспалов, О. Н. Нарижная, О. Б. Конев, М. В. Бондарь, В. С. Пузанов, Н. Д. Харченко, А. В. Зуев,
И. А. Смирнов, 2024



АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Согласно представлениям, развиваемых в работах [5, 6], компаундированное вяжущее будет однородным, кинетически и агрегативно устойчивым в том случае, когда компоненты компаунда будут иметь близкие значения полярностей, например, если значения диэлектрической проницаемостей компонентов примерно равны.

Полноту и однородность смешивания компонентов компаундированных органических вяжущих проверяют по температуре размягчения смеси [7, 8]. Если температура размягчения компаунда равна среднеарифметическому значению температуры размягчения составляющих компонентов (соблюдается правило аддитивности), значит произошло получение однородной системы (правило Абрагама) [8]. В противном случае смесь расслаивается.

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что нефтяной битум и гудрон могут быть использованы в качестве компонента компаунда «пекоподобный ВКОФАП – битум (гудрон)» в том случае, если обеспечить условия совместимости вяжущих, отличающихся природой сырья. Возможность больших концентрационных соотношений в системе «вторичный кубовый остаток фенольно-ацетонового производства – битум (гудрон)» можно добиться по аналогии с [9, 10] с помощью введения в компаунд стабилизирующих добавок, уравнивающих полярность на границе раздела фаз «ВКОФАП – битум (гудрон)».

Целью исследования: является теоретическое и экспериментальное обоснование получения комплексного органического вяжущего с использованием вторичных кубовых остатков фенольно-ацетонового производства на основе установления закономерностей формирования структуры модифицированного ВКОФАП.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для получения компаундированных органических вяжущих в данной работе был использован битум нефтяной дорожный БНД 40/60 характеризуемый следующими показателями качества: глубина проникания иглы при температуре 25 °С, $P_{25} = 59$ град шкалы пенетromетра; температура размягчения по КиШ, $T_p = 52$ °С; растяжимость при 25 °С, $D_{25} > 1$ м; температура хрупкости, $T_{xp} = -17$ °С; температура вспышки более 250 °С; интервал пластичности 69 °С; изменение температуры размягчения после прогрева 4,5 °С; содержание водорастворимых соединений 0,2 %; эластичность при 25 °С 0,3 %.

С использованием представлений Р. Б. Гуна [11] и В. А. Золотарева [12] определены индекс пенетрации, коэффициент стандартных свойств и структурно-реологический тип битума.

Индекс пенетрации (ИП) определен как по формуле (1) [11, с. 50], так и по номограмме [11, с. 51].

$$0,02 \cdot \frac{20 - ИП}{10 + ИП} = \frac{\lg 800 - \lg P}{t_p - 25}, \quad (1)$$

где ИП – индекс пенетрации;
 П – пенетрация P_{25} (при 25 °С);
 t_p – температура размягчения по КиШ, °С.

Получено ИП = 0,1.

Коэффициент стандартных свойств битума определяли по формуле (2) [12]

$$K_{CT} = \frac{T_p - T_{xp}}{D} = \frac{59 + 17}{100} = 0,69, \quad (2)$$

где T_p и T_{xp} – соответственно температуры размягчения и хрупкости битума, °С;
 D – растяжимость битума при 25 °С.

Следовательно, используемый для получения компаундированных органических вяжущих и сопоставительных исследований битум нефтяной дорожный относится к III структурно-реологическому типу (золь-гель).

Пекоподобный ВКОФАП характеризуется следующим групповым составом: альфа: фракция – 6 % масс; бета фракция – 14,3 % масс; гамма фракция – 79,1 % масс. и фракционным составом: отгон до 170 °С – 13,5 % масс.; до 270 °С – 6,0 % масс.; до 300 °С – 1,2 % масс.

Сравнение группового и фракционного состава ВКОФАП и каменноугольных дорожных дегтей свидетельствует о том, что ВКОФАП содержит значительное количество летучих соединений с малой молекулярной массой и малое количество веществ, представленных конденсированной ароматикой.

Пекоподобный ВКОФАП характеризуется следующими показателями качества: глубина проникания иглы пенетromетра при 25 °С $P_{25} = 2$ град; при 0 °С, $P_0 = 0$ град; температура размягчения по КиШ, $T_p = 62$ °С; температура хрупкости, $T_{xp} = -5$ °С; растяжимость при 25 °С, $D_{25} = 0,02$ м; при 0 °С; эластичность отсутствует.

Компаундированное органическое вяжущее приготавливали в лабораторной мешалке перемешиванием нефтяного дорожного битума и пекоподобного ВКОФАП в течение 30 минут. Эластичность органических вяжущих определяли по методике, приведенной в работе [13].

Исходя из данных, приведенных в работе [14] следует, что свойства компаунда аддитивно определяются свойствами компонентов и, следовательно, составляющие компаундированного органического вяжущего (КОВ) совместимы и образуют однородную систему. КОВ в области оптимальных соотношений ВКОФАП (30...50 м.ч.) и битума (50... 70 м.ч.) характеризуется $T_p = 56$ °С; $T_{xp} = -10,9$ °С, $D_{25} = 0,77$ м.

Совместимость компонентов КОВ подтверждается близкими значениями поверхностного натяжения (рис. 1) при температурах их объединения.

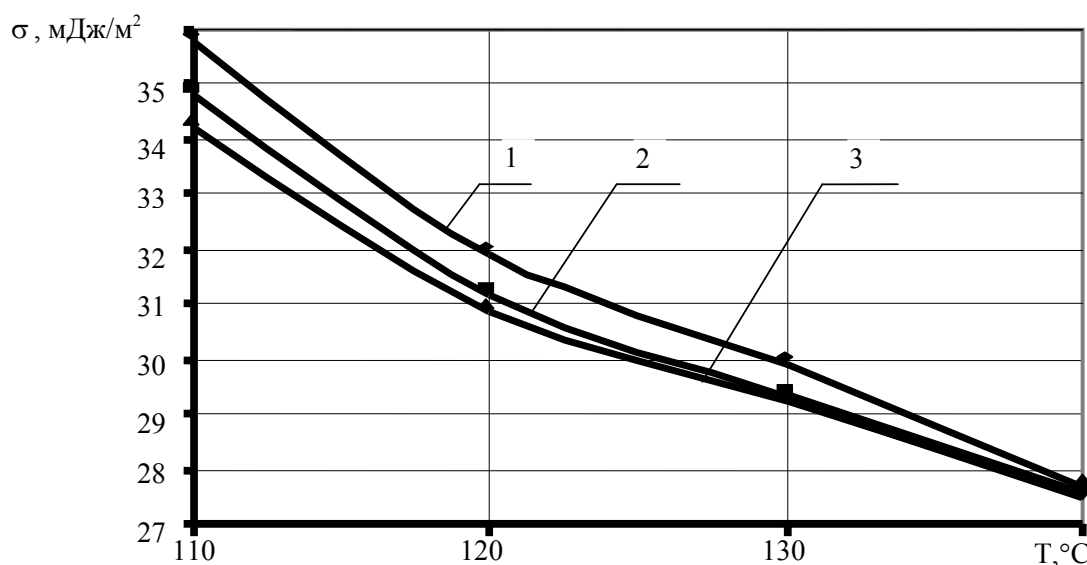


Рисунок 1 – Зависимость поверхностного натяжения органических вяжущих σ от температуры T : 1 – пекоподобный ВКОФАП; 2 – компаундированное органическое вяжущее ВКОФАП (40 м.ч.) + битум БНД 40/60 (60 м.ч.); 3 – нефтяной дорожный битум БНД 40/60.

Данные, приведенные на рис. 2, также подтверждают совместимость ВКОФАП и битума, так как относительная потеря массы вяжущих аддитивна термическим характеристикам компонентов КОВ и их массовой доле в составленном органическом вяжущем. Например, при температуре 300 °С относительная потеря массы пекоподобного ВКОФАП составляет 8,8 %, а нефтяного дорожного битума БНД 40 / 60.

$$\Delta m = 1,59 \%, \text{ тогда } \Delta m_{\text{КОВ}} = \frac{8,8 \cdot 40 + 1,59 \cdot 60}{40 + 60} = 4,5\% \quad (3)$$

Значение относительной потери массы КОВ при 300 °С равно 4,7 % (рис. 2).

Данные рис. 3, свидетельствуют о том, что для нефтяного битума наблюдается слабая зависимость тепловой мощности от температуры, особенно до 85 °С и отсутствие значительных температурных переходов до 160 °С.

Для пекоподобного ВКОФАП также характерна слабая зависимость тепловой мощности до 95 °С. При более высокой температуре система переходит в вязкотекучее состояние (в интервале температур 95...100 °С наблюдается резкий скачок тепловой мощности, рис. 3).

В области 110, 120 и 130 °С наблюдаются несколько максимумов релаксационной природы, что свидетельствует о наличии в пекоподобном ВКОФАП полимерных мезофаз с относительно высокой

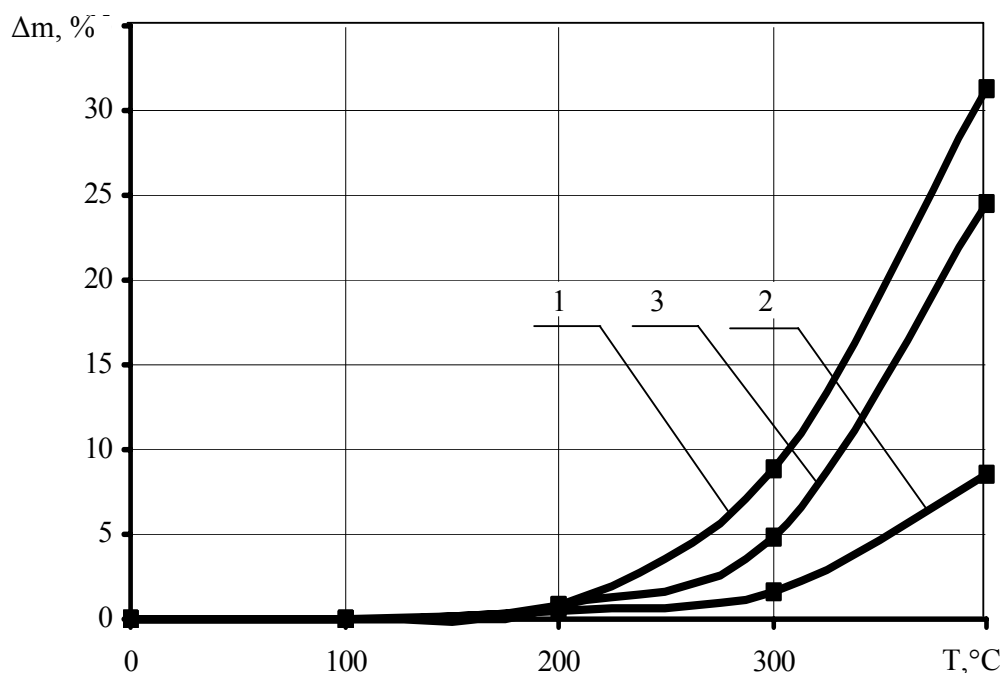


Рисунок 2 – Зависимость относительной потери массы органического вяжущего Δm от температуры T : 1 – пекоподобный ВКОФАП; 2 – нефтяной дорожный битум БНД 40/60; 3 – компаундированное органическое вяжущее (битум – 60 м.ч. и ВКОФАП – 40 м.ч.).

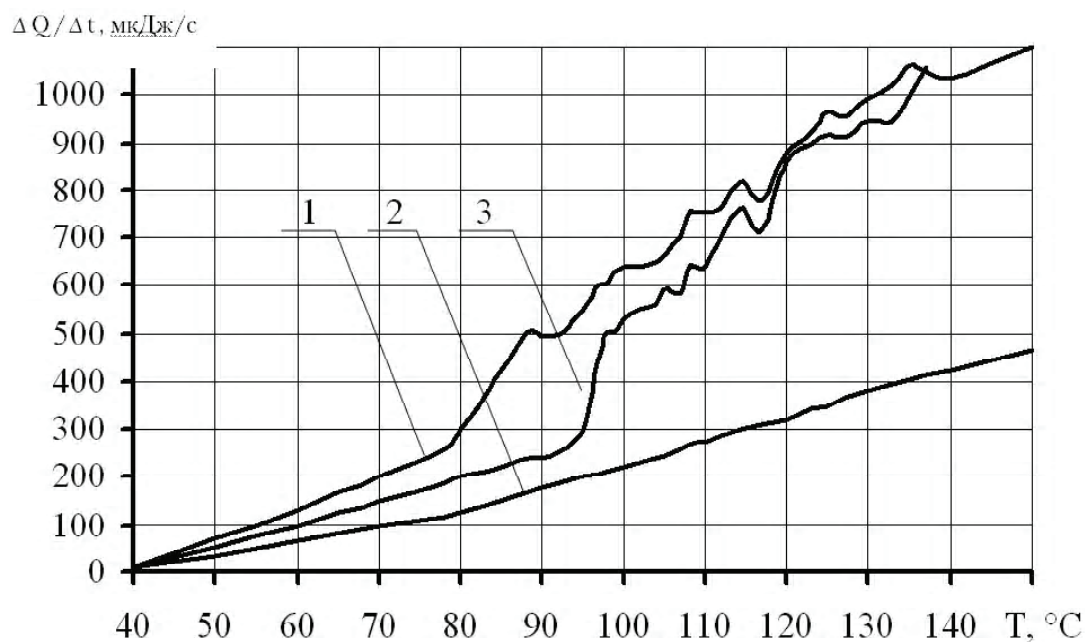


Рисунок 3 – Зависимость тепловой мощности $\Delta Q/\Delta t$ органических вяжущих от температуры T : 1 – пекоподобный ВКОФАП; 2 – нефтяной дорожный битум БНД 40 / 60; 3 – компаундированное органическое вяжущее (битум – 60 м.ч. и ВКОФАП – 40 м.ч.).

температурой стеклования. Резкое возрастание тепловой мощности при $T > 140$ °С свидетельствует о дальнейшей гомогенизации системы.

Для компаунда (ВКОФАП(т) + битум) – характер зависимости тепловой мощности от температуры свидетельствует о совмещении битума и пекоподобного ВКОФАП. Резкое повышение молекулярной подвижности (скачок тепловой мощности, кривая 3 рис. 3) наблюдается при $T > 80$ °С, что

ниже аналогичных температур для исходных компонентов. $\Delta Q/\Delta t$ при $T = 85^\circ\text{C}$ более значительна, чем для битума, но менее чувствительна, чем для пекоподобного ВКОФАП. В то же время наличие целой серии релаксационных переходов при 90, 98, 100, 110, 120, 130 и 140 $^\circ\text{C}$ свидетельствует о неполной совместимости полимерных компонентов ВКОФАП и битума.

При низких температурах эти мезофазы могут играть упрочняющую роль и повышать жесткость компаунда, а при повышенных – снижать температурную зависимость механических характеристик.

Изучение структуры пекоподобного ВКОФАП и КОВ осуществлено реологическим методом с использованием пластовискозиметра ПВР-2 и наблюдением за поведением течения ВКОФАП в условиях непрерывного сдвигового деформирования. В качестве критериев структурной организации КОВ приняты: кривые течения вяжущего с предстационарной стадии деформирования на стационарную; температурная чувствительность эффективной вязкости, характеризуемая энергией активации вязкого течения.

Компаундированное органическое вяжущее по реологическому поведению в условиях непрерывного сдвигового деформирования в большей степени подобно поведению битума (рис. 4), $n = \tau^*/\tau_{уст}$ при скоростях сдвига $\dot{\gamma} = 0,0263\text{c}^{-1}$ и $\dot{\gamma} = 0,0636\text{c}^{-1}$ составляет 1,11 1,06 соответственно. Как следует из изотерм течения (рис. 5) компаундированное органическое вяжущее представляет структурированную дисперсную систему, коэффициент аномалии вязкости колеблется в зависимости от температуры в пределах: 0,25...0,80.

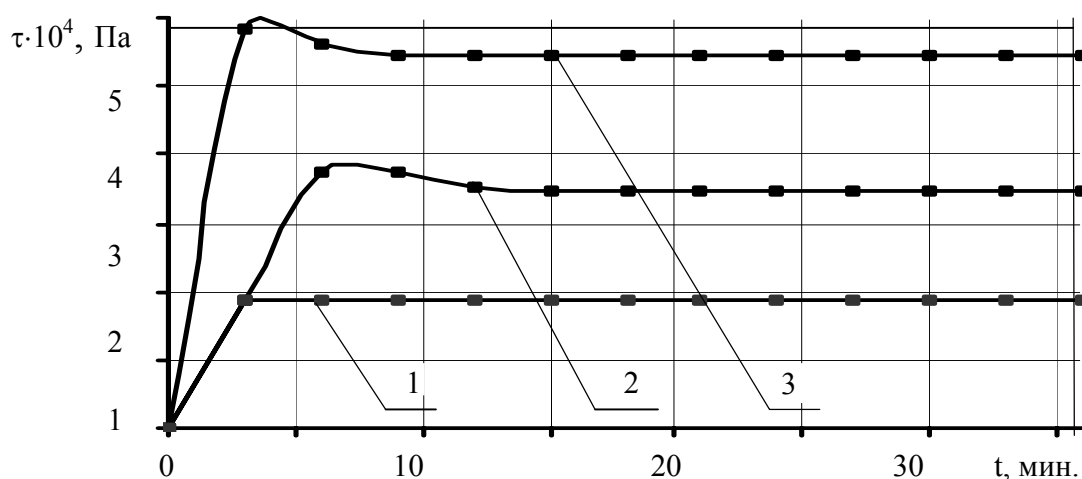


Рисунок 4 – Кинетика выхода напряжений τ на установившийся режим течения компаундированного органического вяжущего при: $T = 20^\circ\text{C}$ и скорости сдвига: $\dot{\gamma} = 0,0053\text{c}^{-1}$; $\dot{\gamma} = 0,0263\text{c}^{-1}$; $\dot{\gamma} = 0,0636\text{c}^{-1}$.

Полученное компаундированное органическое вяжущее в сравнении с пекоподобным ВКОФАП характеризуется значительно более низкой температурной чувствительностью реологических свойств в области температур (80...120 $^\circ\text{C}$) (рис. 6). В то же время при температуре ниже 30 $^\circ\text{C}$ в КОВ резко растет энергия активации вязкого течения.

ВЫВОД

Установлено что эффективным способом переработки пекоподобных вторичных кубовых остатков фенольно-ацетонового производства в органические вяжущие является сплавление его с нефтяным дорожным битумом III структурно-реологического типа.

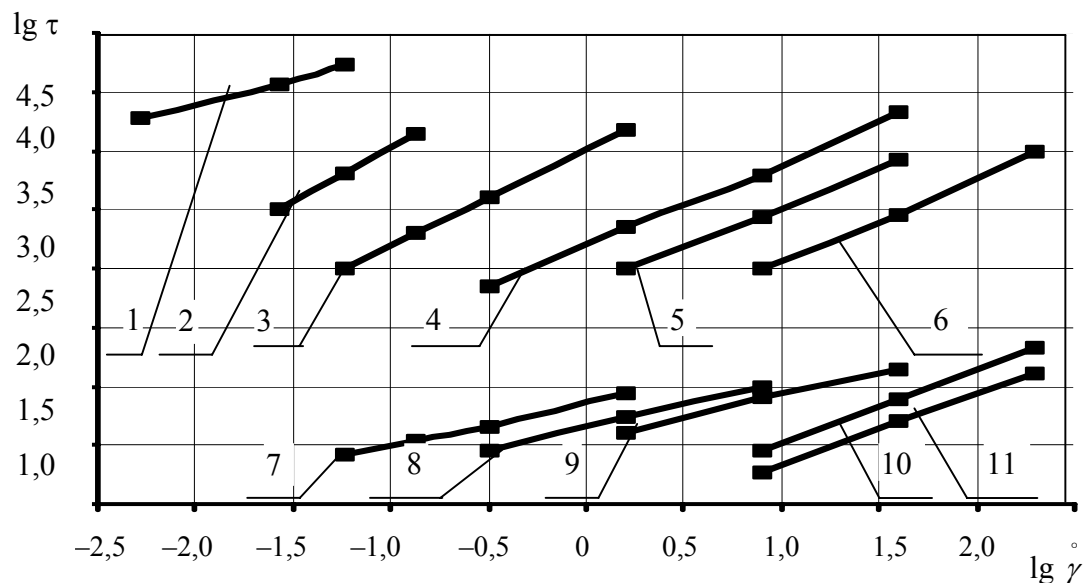


Рисунок 5 – Зависимость логарифма напряжения сдвига $\lg \tau$ компаундированного органического вяжущего от логарифма скорости деформирования $\lg \dot{\gamma}$, цифры у кривых отвечают температурам: 1 – 20, 2 – 30, 3 – 40, 4 – 50, 5 – 60, 6 – 70, 7 – 80, 8 – 90, 9 – 100, 10 – 110, 11 – 120 °С соответственно.

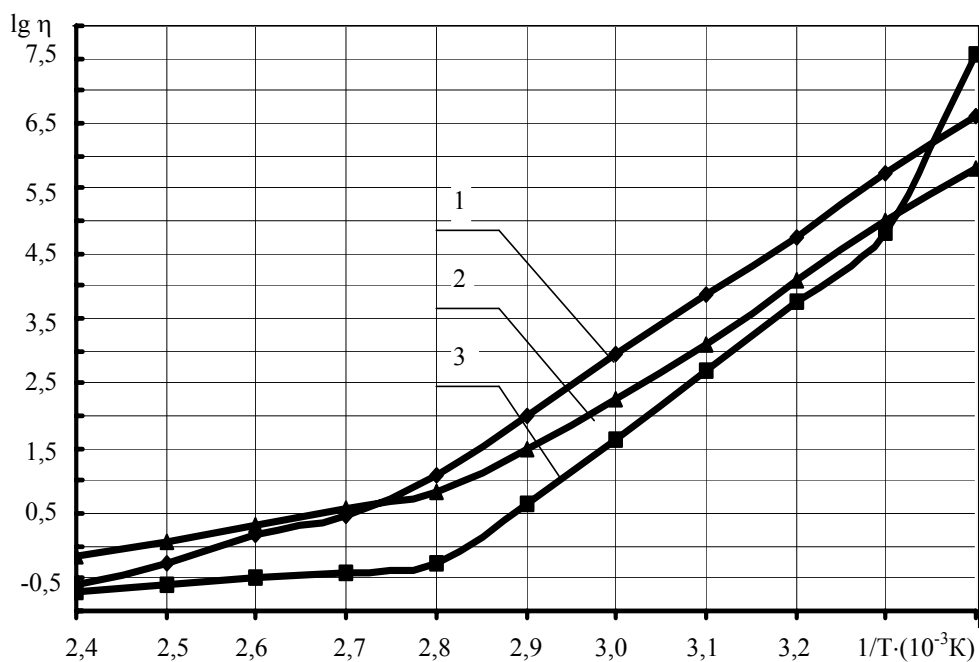


Рисунок 6 – Зависимость логарифма вязкости $\lg \eta$ органических вяжущих от обратной температуры $1/T$: 1 – пекоподобный ВКОФАП; 2 – битум нефтяной дорожный БНД 60/90; 3 – компаундированное органическое вяжущее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалов, В. Л. Композиционное органическое вяжущее на основе вторичного кубового остатка фенольно-ацетонового производства / В. Л. Беспалов. – Текст : непосредственный // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 1999. – Випуск 1999-2(16). – С. 109–112.
2. Беспалов, В. Л. О получении модифицированных органических вяжущих из вторичного кубового остатка фенольно-ацетонового производства / В. Л. Беспалов. – Текст : непосредственный // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2000. – Випуск 2000-2(22). – С. 58–61.

3. Grybówka, W. Badania nad nowymi lepiszczami siarkowymi w Stanach Zjednoczonych A. P. / W. Grybówka. – Текст : непосредственный // Drogownictwo. – 1980. – Volume 35, № 5. – P. 42.
4. Gerschler, Lutz I. Straßenbaumaterial aus Sonderabfällen / Lutz I. Gerschler. – Текст : непосредственный // Wasser, Luft und Betrieb. – 1988. – Volume 24, № 9. – P. 40.
5. Крейцер, Г. Д. Асфальты, битумы и пеки. Свойства и применения в технике и строительстве / Г. Д. Крейцер. – Ленинград : Стройиздат, 1939. – 337 с. – Текст : непосредственный.
6. Лысихина, А. И. Поверхностно-активные добавки для повышения водоустойчивости дорожных покрытий с применением битумов и дегтей / А. И. Лысихина. – Москва : Автотрансиздат, 1959. – 323 с. – Текст : непосредственный.
7. Об особенностях формирования структуры и свойств компаундированного органического вяжущего / В. Л. Беспалов, М. К. Пактер, В. Д. Александров [и др.]. – Текст : непосредственный // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2004. – Випуск 2004-2(25). – С. 98.
8. Абрагам, Г. Асфальты и другие битумы / Г. Абрагам. – Москва : Государственное научно-техническое горногеологически-нефтяное издательство, 1934. – 78 с. – Текст : непосредственный.
9. Коваль, А. И. Закономерности старения дегтей, дегтебетонов и пути его замедления : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Коваль Александр Иванович ; ХАДИ. – Харьков, 1989. – 26 с. – Текст : непосредственный.
10. Жданюк, В. К. Вязкоупругие свойства дорожных каменноугольных дегтей : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Жданюк Валерий Кузьмович ; ХАДИ. – Харьков, 1986. – 24 с. – Текст : непосредственный.
11. Гун, Р. Б. Нефтяные битумы / Р. Б. Гун. – Москва : Химия, 1973. – 432 с. – Текст : непосредственный.
12. Золотарев, В. А. Обобщенные температурно-пенетрационные зависимости дорожных битумов / В. А. Золотарев. – Текст : непосредственный // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2000. – № 1. – С. 24–26.
13. Гохман, Л. И. Полимерно-битумное вяжущее на основе дивинилстирольных термоэластопластов / Л. И. Гохман. – Текст : непосредственный // Труды СоюздорНИИ. – 1971. – Выпуск 50. – С. 5–12.
14. Братчун, В. И. Вторичные кубовые отходы фенольно-ацетонового производства – исходное сырье для получения компаундированных органических вяжущих / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, В. Н. Ходун. – Текст : непосредственный // Автомобільний транспорт і дорожнє будівництво. – 2001. – Випуск 61. – С. 71–74.

Получена 15.12.2023

Принята 26.01.2024

VITALY BESPALOV, OLGA NARIZHNAYA, OLEG KONEV, MIKHAIL BONDAR,
VLADIMIR PUZANOV, NIKITA KHARCHENKO, ALEXANDER ZUEV,
ARTEM SMIRNOV
STRUCTURE AND PROPERTIES OF A COMPOUNDED ORGANIC BINDER
USING PITCH-LIKE SECONDARY BOTTOM RESIDUE FROM PHENOL-
ACETONE PRODUCTION

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Russian Federation, Donetsk People's Republic, Makeevka

Abstract. The regularities of the formation of the structure and properties of a compounded organic binder (COV), as well as the properties of its components, have been studied. The optimal composition and properties of the compounded organic binder have been determined. By fusing a pitch-like secondary cubic residue of phenol-acetone production (VKOFAP) and petroleum road bitumen of the III structural rheological type BND 40/60, a compounded organic binder was obtained, this made it possible to use a coagulation frame of bitumen to harden VKOFAP in the region of positive temperatures, to ensure high thermal stability, and thereby the thermal stability of concretes using a compounded organic binder and a sufficiently low thermal sensitivity in the production of concretes with a normative interval of viscoelastic behavior in the pavement coating.

Keywords: compounded organic binder, pitch-like secondary bottoms of phenol-acetone production, group composition, fractional composition, surface tension, calorimetric, rheological studies.

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

Нарижная Ольга Николаевна – кандидат химических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химические и аналитические исследования синтетических смол и полимерных материалов.

Конев Олег Борисович – кандидат технических наук, ассистент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: бетоны на основе кристаллических металлургических шлаков и жидкого стекла.

Бондарь Михаил Васильевич – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВО «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.

Пузанов Владимир Сергеевич – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВО «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.

Харченко Никита Дмитриевич – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВО «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.

Зуев Александр Викторович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВО «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.

Смирнов Артем Александрович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ФГБОУ ВО «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.

Bespalov Vitaly – D. Sc. (Eng.); Professor, Highways and Air Fields Department, FSBEI HE «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.

Narizhnaya Olga – Ph. D. (Chemical), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: physical and chemical and analytical researches of synthetic resins and polymeric materials.

Konev Oleg – Ph. D. (Eng.), assistant, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: concretes based on crystalline metallurgical slags and liquid glass.

Bondar Mikhail – master's student, Highways and Air Fields Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: obtaining of technological and durable road concretes for construction of structural layers of non-rigid roadways on the basis of modification of organic binders.

Puzanov Vladimir – master's student, Highways and Air Fields Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: obtaining of technological and durable road concretes for construction of structural layers of non-rigid pavements on the basis of modification of organic binders.

Kharchenko Nikita – master's student, Highways and Air Fields Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: obtaining of technological and durable road concretes for construction of structural layers of non-rigid roadways on the basis of modification of organic binders.

Zuev Alexander – master's student, Highways and Air Fields Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: obtaining of technological and durable road concretes for the construction of structural layers of non-rigid roadways on the basis of modification of organic binders.

Smirnov Artem – master's student, Highways and Air Fields Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: obtaining of technological and durable road concretes for construction of structural layers of non-rigid roadways on the basis of modification of organic binders.