

ХОЛОДНЫЕ АСФАЛЬТОШЛАКОБЕТОНЫ НА ЖИДКИХ БИТУМОПОЛИМЕРНЫХ ВЯЖУЩИХ

В. В. Жеванов, ассистент

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Аннотация. В статье приведены сравнительные результаты исследований деформационно-прочностных свойств холодных асфальтошлакобетонов на жидких битумополимерных вяжущих. Показано, что при оптимальном сочетании коагуляционных контактов между частицами шлака через адсорбционно-сольватные структурированные прослойки органического вяжущего и кристаллизационно-конденсационные контакты при прямом срастании кристаллов гидратированных минералов шлака возможно существенно улучшить деформационно-прочностные характеристики холодных асфальтошлакобетонов. Установлено, что предел прочности асфальтошлакобетонов растет с увеличением времени структурообразования, что связано с постепенным развитием процессов гидратации минеральных зерен шлака. Показано, что в сравнении с традиционными холодными асфальтобетонами исследуемые асфальтошлакобетоны, модифицированные латексом Butonal NS 198 или термоэластопластом Kraton D 1101, характеризуются в 1,5 – 1,6 раз большим пределом прочности при сжатии.

Ключевые слова: мартеновский шлак, асфальтошлакобетон, прочность, плотность, полимерный модификатор.



*Жеванов
Вячеслав Владимирович*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В последние десятилетия, в связи со значительно ухудшившейся экологической и экономической обстановкой, во всем мире предпринимаются большие усилия для минимизации потребления энергии и снижения выбросов загрязнений в окружающую среду. Производство традиционного горячего асфальтобетона очень энергоемко, т.к. перед смешиванием компонентов требуется производить нагрев большого объема минеральных материалов и органических вяжущих до температур 150 °С и выше. Таким образом, одной из актуальных задач является разработка новых материалов и технологий, позволяющих снизить температуры во время производства асфальтобетонных смесей [1, 2].

Рациональное использование холодных асфальтобетонных смесей позволяет значительно продлить сроки ремонта покрытий автомобильных дорог при сокращении числа постоянно действующих асфальтобетонных заводов, а также является реальной альтернативой с экономической стороны по отношению к горячим и литым асфальтобетонным смесям [1].

Холодные асфальтобетонные смеси успешно применяются во многих странах мира, среди которых следует выделить США, Англию, Францию и Германию [1-6]. Для производства холодных асфальтобетонных смесей в зависимости от климатических условий этих стран и области применения асфальтобетона используются разжиженные битумы, битумные эмульсии, латексы и другие вяжущие.

Таким образом, целесообразно разрабатывать составы холодных асфальтобетонных смесей с использованием местных материалов с достаточно высокими деформационно-прочностными показателями.

АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проблемам проектирования и строительства дорожных покрытий из холодных асфальтобетонных смесей посвящены научные работы отечественных и зарубежных исследователей: П. И. Перегуда, Е. Н. Козловой, Н. И. Иванова, И. В. Королева, Л. М. Гохмана, В. А. Золотарёва, Ю. И. Калгина, С. К. Илиополова, В. И. Братчуна, В. К. Жданюка, В. А. Веренько, R. Lundberg, J. P. Walter, J. Robson и многих других. Большинство работ направлены на улучшение качества смесей, часть из которых была уже применена на производстве.

Исследователи отмечают, что одним из наиболее эффективных методов снижения себестоимости и энергоёмкости производства холодных асфальтобетонных смесей является производство и применение в дорожном строительстве влажных органоминеральных смесей, представляющих смеси увлажнённых минеральных материалов и жидких органических вяжущих [2-4].

Асфальтобетонные смеси, в составе которых содержатся как органические вяжущие вещества, придающие системе связность и эластичность, так и минеральные материалы, способные к гидратации, характеризуются коагуляционно-кристаллизационными связями. Соотношение коагуляционно-кристаллизационных контактов и определяет деформационно-прочностные характеристики такого композиционного материала.

Необходимость в таких композиционных материалах для дорожного строительства обусловлена существенной зависимостью прочности и деформативности традиционных асфальтобетонов от температуры. Повышение температуры ведет к снижению когезионной прочности структурированных прослоек органического вяжущего на поверхности минеральных материалов, что существенно сказывается на сдвигостойчивости дорожного покрытия. К тому же дефицит качественных вязких битумов приводит к необходимости использования в качестве маловязких органических вяжущих нефтяных гудронов, каменноугольных дорожных дёгтей и т.д.

В работах [3-5] выполнены исследования композиционных бетонов на каменноугольных органических вяжущих с использованием в качестве минеральных материалов отвалных мартеновских шлаков металлургических заводов Донбасса. Показано, что физико-механические показатели дёгтешлакобетонов из влажных смесей с содержанием воды (8-13 %) соответствуют аналогичным показателям свойств холодного асфальтобетона, а по некоторым показателям и превышают их, приближаясь к показателям качества теплого асфальтобетона, что определяет области их применения.

Характерно, что наличие пленочного маловязкого органического вяжущего и адсорбционно-сольватных слоев воды на поверхности частиц отсева дробления мартеновского шлака обеспечивает удобоукладываемость асфальтобетонной смеси и, как правило, обеспечивает нормативную плотность при укладке и уплотнении при невысоких температурах [2, 3].

Предполагается, что присутствие пленки битума на поверхности уплотненного холодного асфальтошлакового бетона 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 шлака перед смешением с органическим вяжущим влага частично сохраняется в глубоких порах сложной конфигурации. Пленка жидкого битума, перекрывая систему пор, будет способствовать возникновению «пропарочных» микрокамер,

что должно интенсифицировать процессы гидратации мелкодисперсных частиц отсева мартеновского шлака [4].

Таким образом, применение влажных холодных асфальтошлакобетонных смесей для строительства и ремонта конструктивных слоев нежестких дорожных одежд по сравнению с устройством их из горячих органоминеральных смесей позволяет: использовать местные дорожно-строительные материалы без предварительного просушивания, подогрева; применять менее дефицитные органические вяжущие без их обезвоживания; вести строительные и ремонтные работы при неблагоприятных погодных условиях.

Цель работы состоит в разработке состава холодной асфальтошлакобетонной смеси на основе местных металлургических шлаков, предназначенной для строительства и ремонта дорожных покрытий с повышенными деформационно-прочностными свойствами.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В качестве вяжущего материала принят нефтяной дорожный битум марки СГ 70/130 со следующими характеристиками: условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм при 60 °С – 97 с; количество выпаренного разбавителя – 10,1 %; температура размягчения остатка после определения количества выпаренного разбавителя – 41 °С. Жидкий битум СГ 70/130 получен из битума БНД 60/90 Павлодарского НПЗ с добавлением разбавителя. В качестве разбавителя использовался технический керосин (8-10 %).

В качестве минерального материала был принят отсев дробления отвалного мартеновского шлака Енакиевского металлургического завода (ЕМЗ). Химический состав (усредненные значения): CaO – 24-38 %, SiO₂ – 18-34 %, Al₂O₃ – 3-5 %, MgO – 6-12%, MnO – 6-10 %, FeO+Fe₂O₃ – 11-13 %, P₂O₅ – 0,98%. Химический состав шлаков ЕМЗ отличается непостоянством, так как зависит от выплавляемых марок стали и содержит до 30 химических элементов, среди которых сумма основных четырех оксидов (CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO) составляет до 98 %.

Зерновой состав минеральной части исследуемого холодного асфальтошлакобетона приведен в таблице 1.

В качестве полимерных модификаторов органического вяжущего были использованы латекс марки Butonal NS 198, термоэластопласт типа СБС марки Kraton D 1101. Полимеры смешивали с вязким битумом марки БНД 60/90 согласно принятым методикам приготовления битумополимерного вяжущего [8]. Для получения жидкого модифицированного битума марки СГ 70/130 в полученные полимер-модифицированные вяжущие добавлялся разбавитель (керосин – 8-10 %) [8].

Согласно [4, 5] процесс производства влажной асфальтошлакобетонной смеси включает следующие этапы: подогрев шлака до температуры 80 °С, смешение с жидким битумом, подогретым до температуры 80-90 °С,

Таблица 1.

Зерновой состав минеральной части холодного асфальтошлакобетона

Тип асфальтобетона	Содержание по массе, % минеральных зерен, которые меньше данного размера, мм									Содержание орг. вяжущего
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
Холодный асфальтошлакобетон (мартеновский шлак), содержание воды в смеси – 10 %	100,0	93,0	82,7	70,4	57,1	46,8	35,1	20,8	2,8	7-8 %

добавление 10-12 % мас. воды и перемешивание смеси. Уплотнение полученной смеси происходило при давлении 30 МПа.

На рис. 1 приведены значения предела прочности при сжатии холодных асфальтошлакобетонов в зависимости от времени структурообразования (температура структурообразования бетона 20 °С) и типа металлургического шлака.

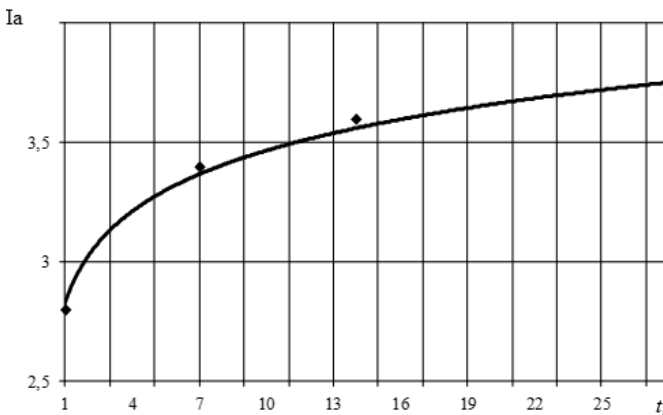


Рис. 1. Зависимость предела прочности при сжатии при 20 °С R_{20} образцов холодного асфальтошлакобетона от времени структурообразования

Характерно, что прочность образцов холодного асфальтошлакобетона с течением времени растет. Водный раствор гидроксида кальция, образующийся в процессе гидратации металлургического шлака, позволяет создать во влажном асфальтошлаковом бетоне щелочную среду с достаточно высоким рН, обеспечивающим диспергирование шлака за счет разрыва ковалентных связей Si-O-Si и Al-O-Si. При достижении степени перенасыщения водного раствора катионами Ca^{2+} происходит их взаимодействие с кремне- и алюмосолями с образованием целого ряда кристаллогидратов (тоберморит, ксонотлит и др.). К тому же, предполагается, что упрочнение полученных систем происходит за счет хемосорбционных связей, которые могут возникнуть при взаимодействии основных гидратированных веществ шлака с кислыми соединениями жидкого нефтяного битума, прежде всего с асфальтогеновыми кислотами [4].

Для оптимизации деформационно-прочностных характеристик холодных асфальтошлакобетонов необходимо достичь в смеси оптимального сочетания коагуляционных контактов между частицами шлака через адсорбционно-сольватные структурированные

прослойки органического вяжущего и кристаллизационно-конденсационных контактов при прямом срастании кристаллов гидратированных минералов шлака.

Введение полимерных модификаторов Butonal NS 198 и Kraton D 1101 в жидкие битумы позволяет повысить предел прочности при сжатии холодных асфальтошлакобетонов (рис. 2). Повышенные адгезионно-когезионные свойства модифицированных жидких вяжущих способствуют наиболее полному покрытию олеофильных центров поверхности шлаковых частиц пленочным битумополимерным вяжущим, а гидрофильных – прослойками воды. Также происходит более равномерное распределение компонентов в единице объема смеси и, как следствие, достигается минимальная межзерновая пустотность минерального остова холодных асфальтошлакобетонов.

Зависимости предела прочности при сжатии образцов холодного асфальтошлакобетона от времени структурообразования имеют вид функции натурального логарифма $y = \ln(x)$ с величиной достоверности аппроксимации (R^2) от 0,90 до 0,98.

На рис. 3 приведена сравнительная диаграмма наибольших значений пределов прочности при сжатии различных образцов холодных асфальтобетонов.

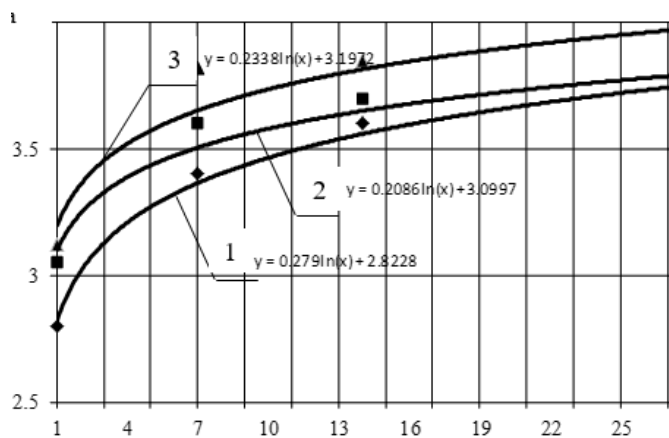


Рис. 2. Зависимости предела прочности при сжатии при 20 °С R_{20} образцов холодного асфальтополимершлакобетона от времени структурообразования (t , сутки): 1 – на мартеновском шлаке (ЕМЗ); 2 – на мартеновском шлаке + жидкий битум, модифицированный 2 % латекса Vitonal NS 198; 3 – на мартеновском шлаке + жидкий битум, модифицированный 2 % термоэластопласта Kraton D 1101

Характерно, что прочность у влажных холодных асфальтошлакобетонов в среднем в 1,6 раза выше, чем у традиционного холодного асфальтобетона типа Гх на гранитном щебне и в 1,5 раза выше, чем у армированного фиброволокном холодного асфальтобетона типа Гх, исследования которого выполнены в работе [10].

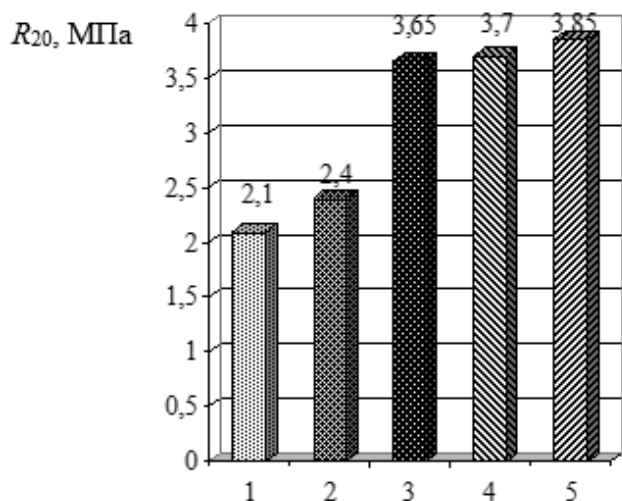


Рис. 3. Сравнительная диаграмма наибольших значений пределов прочности при сжатии при 20 °С различных образцов холодных асфальтобетонов:

- 1 – традиционный холодный асфальтобетон тип Гх;
 2 – дисперсно-армированный холодный асфальтобетон тип Гх (содержание фиброволокна – 0,7 %) [10];
 3 – влажный холодный асфальтошлакобетон на мартеновском шлаке; 4 – влажный холодный асфальтошлакобетон на мартеновском шлаке, модифицированный латексом Butonal NS 198;
 5 – влажный холодный асфальтошлакобетон на мартеновском шлаке, модифицированный термоэластопластом Kraton D 1101

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что при оптимальном сочетании коагуляционных контактов между частицами шлака через адсорбционно-сольватные структурированные прослойки органического вяжущего и кристаллизационно-конденсационных контактов при прямом срастании кристаллов гидратированных минералов шлака возможно существенно улучшить деформационно-прочностные характеристики холодных асфальтошлакобетонов.

2. Предел прочности асфальтошлакобетонов растет с увеличением времени структурообразования, что связано с постепенным развитием процессов гидратации минеральных зерен шлака. В среднем, после 14 суток структурирования рост прочностных показателей замедляется, что свидетельствует о снижении интенсивности процессов гидратации.

3. Показано, что в сравнении с традиционными холодными асфальтобетонами (ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия)

влажные холодные асфальтошлакобетоны, модифицированные латексом Butonal NS 198 и термоэластопластом Kraton D 1101 характеризуются в 1,5 – 1,6 раз большим пределом прочности при сжатии.

Список литературы

1. А. В. Бусел, Ремонт автомобильных дорог: Учеб. пособие. / А. В. Бусел. – Минск: Арт Дизайн, 2004. – 208 с.
2. Martinie, G. D. Wet efficiencies of bitumen mixtures for various organic substances and the identities of residual matter. / G. D. Martinie, A. A. Schilt. // Analytical Chemistry. – 1976. – № 48 (1). – pp. 70-74.
3. А. А. Горельшева, Влажная смесь на органическом вяжущем для строительства и ремонта автомобильных дорог. / А. А. Горельшева, В. М. Карамышева. // Тезисы докладов и сообщений VII Всесоюзного совещания дорожников. Асфальтобетонные и черные облегченные покрытия автомобильных дорог. – М.: Союздорнии, 1981. – С. 19-20.
4. А. Н. Бачурин, Влажные дегтешлаковые смеси, активированные щелочами, для дорожного строительства: дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05 / А. Н. Бачурин. – Харьков: ХАДИ, 1989. – 225 с.
5. В. И. Братчун, Потребительские свойства строительных материалов с использованием отсева дробления отвалных мартеновских шлаков. Монография. / В. И. Братчун, Н. П. Нагорная. – Донецк: ГОУ ВПО «ДОННАСА», 2018. – 98 с.
6. Д. А. Строев, Дисперсно-армированные бетоны на битумно-цементном вяжущем для строительных и ремонтных работ дис. ... канд. тех. наук: 05.23.05 / Д. А. Строев. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2013. – 192 с.
7. Скрьльников, В. Зима не помеха для ямочного ремонта / В. Скрьльников. // Дороги России XXI века. – М., 2009. – № 2. – С. 58-59.
8. О технологических и физико-механических свойствах асфальтобетона комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой / [В. Л. Беспалов, В. И. Братчун, Ахмед Мутташар, М. К. Пактер и др.] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Современные строительные материалы. – Макеевка, 2014. – № 1 (105). – С. 24-32.
9. Ю. И. Калгин, Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов / Ю. И. Калгин. – Воронеж.: Из-во Воронежского госуд. ун-та, 2006. – 272 с.
10. Е. А. Ромасюк, Бетоны из дисперсно-армированных холодных органоминеральных смесей с повышенными деформационно-прочностными свойствами / Е. А. Ромасюк, А. А. Верещун, Д. С. Бойко. // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Современные строительные материалы. – Макеевка, 2017. – № 2 (124). – С. 34-40.