

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента кандидата технических наук Абайдуллиной Татьяны Николаевны на диссертационную работу **До Чонг Тоан** на тему: «Самовосстанавливающийся асфальтобетон с капсулированным полимерным модификатором», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия

### **Структура и объём диссертационной работы**

#### **Для отзыва были представлены:**

-Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложений. Содержит 228 страниц машинописного текста, 57 рисунков и 40 таблиц. Список литературы включает 205 наименований.

- автореферат диссертации на 20 страницах.

Содержание автореферата соответствует диссертационной работе. Научные публикации автора отражают основное содержание работы и выводы по диссертации.

#### **Актуальность темы исследования**

Диссертационная работа До Чонг Тоан посвящена разработке научно обоснованного технологического решения получения асфальтобетона, обладающего свойством самовосстановления за счет использования капсулированного полимерного модификатора.

Выбор темы исследований определяется выполнением актуальных задач современной дорожно-строительной отрасли, предусматривающих разработку материалов, способных в процессе эксплуатации в требуемом направлении изменять свои функциональные свойства до значений, близких к начальным. Решение этой задачи возможно за счёт применения асфальтобетонов, способных к «самовосстановлению», которое может быть достигнуто путем применения капсул-контейнеров, в которых содержится активный компонент, способный после разрушения капсулы стягивать берега трещины и тормозить их развитие, приводя к восстановлению сплошности материала. В связи с этим автором была определена цель исследования и сформулированы задачи, которые необходимо решить для ее достижения. Поставленная цель, судя по изложенным в диссертационной работе результатам, была достигнута. Автором разработан капсулированный полимерный модификатор и подобран оптимальный состав щебеночно-мастичного асфальтобетона, дорожное покрытие на основе которого обладает эффектом самовосстановления.

#### **Общая характеристика работы**

**Во введении** обосновывается актуальность выбранной темы, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

**В первой главе** диссертации выполнен анализ современных материалов на основе битума, применяемых в дорожном строительстве, приведены их характерные особенности. Описаны структурные разновидности асфальтобетонов, указаны факторы, влияющие на процессы структурообразования. Приведен развёрнутый анализ работ, посвящённых исследованиям в области самовосстановления в различных строительных материалах и методов оценки самовосстанавливающей способности материалов. Приведены теоретические предпосылки процессов самовосстановления в асфальтобетоне. На основе выполненного анализа сформулированы научная гипотеза, цель и задачи исследования.

**Вторая глава** посвящена описанию основных характеристик материалов и методов исследования. Представлены основные параметры исследовательского оборудования для проведения испытаний. Приведена схема и описана методика синтеза капсулированного полимерного модификатора. Описаны математические методы планирования эксперимента и анализа результатов исследования. Приведены критерии качества самовосстанавливающегося асфальтобетона.

**Третья глава** посвящена синтезу капсулированного модификатора. Капсулирование осуществлялось с помощью альгинатной технологии, в которой натрий альгинатные капли эмульсии восстанавливающего агента закрепляются в кальциевой соли. Автором обоснован выбор восстанавливающего агента капсулированного модификатора, в качестве которого рассматривается подсолнечное масло и тиолсодержащий уретановый AR-полимер. Показано, что AR-полимер обладает лучшей способностью к образованию гомогенной системы с битумом, чем подсолнечное масло. Использование полимера, как восстанавливающего агента, позволит после смачивания поверхностей трещины и запуска процесса полимеризации за счет присутствующих в матрице активатора, сформировать прослойку, склеивающую дефект. Установлено, что оптимальными вариантами являются составы альгинатной эмульсии, обеспечивающие получение капсул с максимальным содержанием восстанавливающего агента 83%. Исследовано влияние температуры и давления на капсулы с целью имитации воздействия на них при приготовлении и уплотнении асфальтобетонной смеси. Установлено, что меньшее влияние на физико-механические свойства капсул оказывает температура, не превышающая 150 °С, что позволяет использовать

капсулированный модификатор в составе асфальтобетона при приготовлении горячих асфальтобетонных смесей.

**Четвертая глава** рассматривает свойства самовосстанавливающегося асфальтобетона с капсулированным полимерным модификатором

Известно, что асфальтобетон обладает способностью самовосстановления, что обусловлено термопластичными свойствами битума. В данной работе для оценки собственного потенциала самовосстановления использовался подход, учитывающий остаточную прочность, относительно которой рассчитывался собственный потенциал самозалечивания. Для оценки интенсивности самовосстановления определялся коэффициент самовосстановления, значение которого на 37% больше, чем у ЩМА с капсулированным и на 93% больше, чем у традиционного ЩМА-15.

В процессе уплотнения асфальтобетонной смеси капсулы с модификатором испытывают давление от уплотняющих механизмов. Для обеспечения ее устойчивости необходимо сформировать оптимальные геометрические размеры, при которых обеспечивается прочность капсул, превышающая распределенную нагрузку при уплотнении. Для оценки целостности капсул после уплотнения методами томографии исследовалась структура асфальтобетона. Анализ полученных изображений показал, что большинство капсул после завершения процесса уплотнения остаются целостными, что подтверждает возможность создания асфальтобетона с гранулами.

Для определения оптимального содержания капсулированного модификатора исследовались смеси с различным содержанием капсул от массы битума, которые добавлялись на этапе смешивания сухих компонентов. Оценка изменчивости показателя прочности при использовании капсулированного модификатора осуществлялась на следующие сутки после изготовления образцов, а также на 7; 14 и 21 сутки. При этом после каждого определения предела прочности при сжатии при температуре 20 °С испытываемые образцы хранились в нормальных условиях для обеспечения этапа восстановления. Анализ полученных результатов показал, что при содержании 3% капсул степень восстановления является максимальной, что определяется оптимальным содержанием капсул в структуре асфальтобетона.

**В пятой главе** приведена принципиальная технологическая схема производства капсулированного модификатора и технологическая схема производства смеси самовосстанавливающегося асфальтобетона. Подтверждена технико-экономическая эффективность разработанного самовосстанавливающегося асфальтобетона с капсулированным полимерным модификатором.

## **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, достаточно обоснованы, соискатель широко и эффективно реализовал комплексный подход при решении поставленной задачи.

К важным положениям научной новизны диссертационной работы До Т.Ч. следует отнести обоснование и экспериментальное подтверждение технологического решения, обеспечивающего получение асфальтобетона, обладающего свойством самовосстановления, путем объемного распределения капсул полимерного модификатора, содержащего в качестве восстанавливающего агента тиолсодержащий уретановый полимер, а в качестве материала капсулы-контейнера – альгинат кальция.

Установлено, что свойства восстанавливающего агента (тиолсодержащий уретановый полимер) не оказывают влияния на свойства капсул из альгината кальция, обеспечивая получение капсул диаметром  $1,35 \pm 0,02$  мм и содержанием восстанавливающего агента не менее  $83 \pm 0,5$  %. Показано, что капсулы, обладающие максимальной прочностью и максимальным содержанием восстанавливающего агента, получают из эмульсии, содержащей 2,5 % альгината натрия при соотношении восстанавливающий агент: альгинат натрия =  $5,0 \pm 0,2$ .

Доказано, что тиолсодержащий уретановый полимер совместно с активатором (смесь серы, оксида марганца (IV) и тетраметилтиурамдисульфида в соотношении 6,1:3,7:1,0) в количестве 3,5 % от массы битума обеспечивает восстановление прочности асфальтобетона, подвергнутого разрушению, на 46 % от начальной прочности. Показано, что эффект самовосстановления возрастает с увеличением количества ароматических соединений в мальтеновой части битума.

### **Практическая значимость работы**

К результатам, имеющим высокую практическую значимость, можно отнести:

- оптимизацию составов и режимов синтеза капсулированного полимерного модификатора и изготовления самовосстанавливающегося асфальтобетона с его применением.

- разработку состава капсулированного полимерного модификатора, обладающего следующими свойствами: диаметр –  $1,35 \pm 0,02$  мм; содержание восстанавливающего агента –  $83 \pm 0,5$  %; прочность – 18 Н; термостойкость – до 150 о С.

- разработку методики определения свойств, характеризующих эффективность процесса самовосстановления по показателю потери прочности,

учитывающего собственный потенциал самовосстановления и остаточную прочность, скорости процесса самовосстановления и стойкости материала после процесса самовосстановления.

- разработку составов самовосстанавливающегося асфальтобетона с капсулированным полимерным модификатором, обладающего следующими свойствами: остаточная пористость – 1,8 %; водонасыщение – 1,3 %; предел прочности при расколе при 0 о С – 3,1 МПа; предел прочности при сжатии при 20°С – 3,6 МПа; предел прочности при сжатии при 50°С – 1,2 МПа; коэффициент внутреннего трения – 0,93; сцепление при сдвиге – 0,44; коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении по ГОСТ 12801-98 – 0,90; коэффициент самовосстановления – 1,93; коэффициент скорости самовосстановления – 1,76; коэффициент выхода из строя – 1,70.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность полученных результатов и выводов обеспечивается проведением экспериментальных исследований с достаточной воспроизводимостью; статистической обработкой полученных экспериментальных данных; сопоставлением результатов, полученных разными методами, а также сравнением с аналогичными результатами, полученными другими авторами.

Рабочая гипотеза данного исследования заключается в том, что получение самовосстанавливающегося асфальтобетона достигается использованием капсулированного полимерного модификатора в виде капсул-контейнеров, в которых располагается активный компонент, извлечение которого вследствие разрушения капсулы приводит к его полимеризации в объеме дефекта и восстановлению способности композита сопротивляться механическим нагрузкам.

Для подтверждения основных положений рабочей гипотезы автором были проведены систематизированные исследования влияния капсулированного модификатора на способность щебеночно-мастичного асфальтобетона к самовосстановлению.

Диссертация оформлена в соответствии с существующими требованиями. Текст написан логично, грамотно. Считаю необходимым отметить хороший стиль изложения, предоставленного в диссертационной работе материала.

### **Замечания по работе**

1. В диссертационном исследовании не приводится обоснование выбора щебеночно-мастичного асфальтобетона ЦМА-15 в качестве объекта исследования.

2. В работе не приводится описание способов обеспечения однородности асфальтобетонной смеси с применением капсулированного полимерного модификатора.

3. Было бы целесообразно привести результаты статистической обработки экспериментальных данных при исследовании физико-механических свойств щебеночно-мастичного асфальтобетона с применением капсулированного полимерного модификатора.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку работы, выполненной с глубокими научными исследованиями на актуальную для строительного материаловедения тему.

**Заключение о соответствии диссертации критериям,  
установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Диссертационная работа До Чонг Тоан является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. Диссертация на тему «Самовосстанавливающийся асфальтобетон с капсулированным полимерным модификатором» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор До Чонг Тоан заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

**Официальный оппонент:**

кандидат технических наук  
(специальность 05.23.05 –  
Строительные материалы и изделия),  
доцент кафедры «Строительные  
материалы и изделия» ФГБОУ ВО  
«Тюменский индустриальный  
университет»

Абайдуллина

Татьяна Николаевна

«21» ноября 2023 г.

Подпись официального оппонента

Абайдуллиной Т.Н. заверяю

625000, Тюменская область,

г. Тюмень, ул. Володарского, д.38

тел. + 7(3452) 28-36-60

E-mail: [general@tyuiu.ru](mailto:general@tyuiu.ru)

«21» ноября 2023 г.



Абайдуллиной Т.Н.  
Земаханова И. 6  
21 11 2023