

УДК 691.58

А. В. ТУБАНЬ^а, А. Г. ДОЛЯ^б, Н. С. КОННОВ^б, Д. В. ГУЛЯК^б

^а Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского, ^б Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЖФАЗНОГО КОНТАКТНОГО СЛОЯ В СИСТЕМЕ «РАСПАВШАЯСЯ БИТУМОПОЛИМЕРСЕРНАЯ ЭМУЛЬСИЯ – ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВИРОВАННЫЙ СКМС-30 МИНЕРАЛЬНЫЙ ПОРОШОК»

Показано, из большого многообразия гидроизоляционных материалов наиболее эффективным материалом является битумоэмульсионные мастики. Для обеспечения нормативных значений трещиностойкости и адгезии к аппретируемой поверхности предложено нефтяной дорожный битум модифицировать комплексной добавкой – бутадиенметилстирольный каучук СКМС-30 (2,0–2,5 % мас.) совместно с технической серой (30–40 %), а минеральный порошок (наполнитель) механоактивировать СКМС-30 из раствора в углеводородах. Рассмотрены явления и процессы, происходящие на поверхности раздела фаз «минеральный порошок – СКМС-30» и «поверхностно-активированный СКМС-30 минеральный порошок – битумополимерсерное органическое вяжущее».

битумополимерсерная мастика, стабилизированный гидроизоляционный слой из битумополимерсерной мастики, бутадиенметилстирольный каучук, поверхность раздела фаз, свойства

Из большого многообразия гидроизоляционных материалов наиболее универсальными из условий пониженной энергоемкости производства и устройства гидроизоляционного слоя, обеспечения экологической безопасности труда, производительности труда, индустриальности устройства гидроизоляционных слоев и экономичности являются битумоэмульсионные мастики (БИЭМ) [1–6].

В то же время традиционные битумные эмульсии, которые составляют основу матрицы битумоэмульсионных паст, не обеспечивают такие важные эксплуатационные характеристики кровельных и гидроизоляционных слоев, сформировавшихся на поверхности бетонных и железобетонных конструкций, как трещиностойкость (не выше минус 40 °С при раскрытии трещин 0,3 мм) и прочность сцепления с аппретируемой поверхностью (предел прочности сцепления с бетонной поверхностью при сдвиге не менее 0,2–0,3 МПа). Наиболее эффективным способом расширения интервала пластичности композиционных материалов с использованием нефтяного дорожного битума является модификация органического вяжущего комплексной добавкой, включающей бутадиенметилстирольный каучук (СКМС-30) и техническую серу, а в качестве эмульгатора целесообразно использовать комбинированный твердый эмульгатор, а именно комплекс, представленный гидратированной известью и хризотилowym асбестом, что обеспечивает агрегативную и седиментационную устойчивость модифицированных битумоэмульсионных паст и мастик [7, 8].

При недостаточной адгезии битумополимерсерного вяжущего к поверхности минеральных материалов вода, проникая в поры гидроизоляционного покрытия, снижает связь между модифицированным органическим вяжущим и минеральным порошком битумоэмульсионной мастики и подложки, отслаивает битумополимерсерную пленку и тем самым ослабляет прочность гидроизоляционного покрытия. Под воздействием атмосферных факторов (воды, снега, температуры, кислорода воздуха, ультрафиолетового облучения) происходит разобщение, прежде всего частиц минерального порошка (мелкодисперсный наполнитель битумоэмульсионных мастик), выкрашивание. Это наиболее существенное повреждение, наряду с трещинообразованием, которое значительно сокращает срок службы кровельных гидроизоляционных покрытий.

© А. В. Тубань, А. Г. Доля, Н. С. Коннов, Д. В. Гуляк, 2015

Попеременное водонасыщение и высушивание в высохшем (стабилизированном) состоянии сформировавшегося гидроизоляционного покрытия существенно снижает усталостную долговечность гидроизоляционного покрытия [9].

Минеральный порошок структурирует органическое вяжущее (ОВ) в БИЭМ. Увеличивает поверхность контактирования между частицами наполнителя в стабилизированной битумоэмульсионной мастике. Снижает тепловое расширение модифицированного битума и повышает термоокислительную устойчивость, морозостойкость и прочность в области высоких положительных температур.

Установлено, что адсорбционная активность минерального порошка определяется величиной поверхности, химическим и минералогическим составом, количеством активных центров на поверхности, топографией, микрорельефом и чистотой поверхности [10–12].

Взаимодействие органического вяжущего и минерального порошка является важнейшим элементом структурообразования в композиционных материалах на органических вяжущих [13, 14]. Особенности взаимодействия обуславливают наиболее существенные признаки структуры композиционных материалов, а именно, прочность и деформационное поведение в условиях эксплуатации, устойчивость структуры в изменяющемся влажностном режиме, способность противостоять факторам, обуславливающим старение. С целью повышения физико-химического взаимодействия на поверхности раздела фаз (ПРФ) органическое вяжущее – минеральный порошок, поверхность последнего подвергают активации термическими, механическими, физико-химическими и механохимическими способами [15–17].

Использование поверхностно-активированного минерального порошка в составе композиционных материалов улучшает взаимодействие органических материалов с минеральным, достигается более равномерное распределение ОВ на поверхности минеральных частиц, уменьшается на 10–15 % расход вяжущего, снижается температура, а следовательно, энергоемкость производства смесей, уменьшается пористость стабилизированной БИЭМ, повышается однородность структуры и свойств, значительно повышаются деформационно-прочностные характеристики гидроизоляционного покрытия и стабильность при изменении влажностного и температурного режимов работы нежестких гидроизоляционных покрытий.

При механохимической активации горных пород в среде раствора СКМС-30 можно предположить следующие явления. Механическое диспергирование карбонатных горных пород приводит к появлению в поверхностных слоях ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} . Наряду с явлением аморфизации выделяется CO_2 и образуются CaO , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [18]. Реакционная способность твердых тел при их измельчении возрастает вследствие возникновения новых поверхностей, изменения структуры поверхностного слоя, образования свободных радикалов, ионов, которые легко вступают в химическое взаимодействие с обычными насыщенными молекулами.

Так как минеральные материалы подвергаются диспергированию в среде термоэластопласта СКМС-30, в котором из-за неравномерного распределения внутренних напряжений или локализации энергии удара на отдельных участках цепи возникают критические напряжения и происходит разрыв ковалентных связей, например С-Н, С-С, то образуются активные частицы – свободные радикалы, ионы, ион-радикалы [19]. Возможна прививка фрагментов макромолекул, надмолекулярных образований СКМС-30 к поверхности минерального порошка. Фрагменты макромолекул бутадиенметилстирольного каучука будут сорбироваться как на поверхности, так и проникать внутрь зародышевых микротрещин, способствуя диспергированию частиц минеральных материалов (эффект П. А. Ребиндера) [20]. Образующиеся адсорбционно-сольватные слои макромолекул СКМС-30 будут препятствовать сцеплению поверхностноактивированных бутадиенметилстирольным каучуком частиц минерального порошка в агрегаты.

Концентрация полимера на поверхности МП будет оптимальной, когда адгезия его к ашпредируемой поверхности минерального порошка будет максимальной. Таким образом, при диспергировании карбонатных горных пород в среде раствора бутадиенметилстирольного каучука последние должны физически и химически сорбироваться на вновь образованных поверхностях минеральных частиц. Олеофильный структурно-упрочненный слой полимера должен обеспечить молекулярное сродство с битумополимерсерным вяжущим.

Следует отметить, что сорбция компонентов битума на поверхности неактивированного минерального порошка затруднена гидрофильностью последнего и наличием в глубоких бороздках и капиллярах МП пузырьков воздуха, которые препятствуют плотному контакту между ними и являются потенциальными очагами разрушения адгезионной связи. В граничном слое концентрируются

полярные и высокомолекулярные соединения нефтяного дорожного битума. Формируется двойной электрический слой в результате электризации поверхностью МП полярных и поляризующихся компонентов органического вяжущего. Толщина структурированного слоя битума невелика из-за малой молекулярной массы компонентов ОВ ($0,2-1,0 \cdot 10^{-6}$ м). При понижении температуры и в результате технологического и эксплуатационного старения происходит выкристаллизовывание полициклических углеводородов. Образуются псевдокоагуляционные и конденсационные структуры, которые способствуют резкому повышению вязкости ОВ, снижению его релаксационной способности, смещению перехода его в упруго-хрупкое состояние в область повышенных температур. В адсорбционно-сольватном слое возникают высокие остаточные напряжения из-за разности коэффициентов термического сжатия, растяжения нефтяного дорожного битума и минеральной подложки, а также её жесткости.

Поверхностная активация минерального порошка бутадиевметилстирольным каучуком СКМС-30 из раствора в легкокипящих углеводородах приведет к формированию на поверхности структурно-упрочненного слоя полимера, который повысит адгезию битумополимерсерного вяжущего к поверхности минерального порошка вследствие увеличения количества контактов сегментов надмолекулярных образований сополимера СКМС-30 с активными центрами олеофильной поверхности, диффузии макромолекул бутадиевметилстирольного каучука в поверхностный адгезионный слой СКМС-30. Это создаст прочную и эластичную пространственную матрицу асфальтополимерсерномастичного слоя с высокой адгезией и когезией.

Упрочнение структуры асфальтовяжущего вещества приведет к смещению в область более высоких положительных температур перехода стабилизированного слоя гидроизоляции в вязкопластическое состояние. Вследствие того, что асфальтополимерсерное вяжущее содержит в своем составе бутадиевметилстирольный каучук с температурой стеклования минус 52°C , то можно ожидать смещения и температуры стеклования БИЭМ в область более низких отрицательных температур по сравнению с немодифицируемой БИЭМ. Следовательно, модифицируемые БИЭМ будут характеризоваться более широким температурным интервалом упруговязкопластичного состояния.

Модифицированные БИЭМ должны отличаться меньшей водопроницаемостью за счет более развитых пленок органического вяжущего на поверхностно-активированном МП. Естественно, это приведет к меньшему доступу кислорода к компонентам ОВ и обусловит высокую устойчивость гидроизоляционного покрытия к старению.

Модифицированные гидроизоляционные покрытия будут более устойчивы в условиях попеременного водонасыщения-высушивания, что связано не только с особенностями поровой структуры покрытия, но и со спецификой напряженного состояния, вызываемого водонасыщением и высушиванием. Циклические знакопеременные напряжения, возникающие в гидроизоляционном покрытии при периодически повторяющемся водонасыщении и оттаивании, будут носить в силу повышенной эластичности структурных связей преимущественно упругий характер и соответственно вызывать главным образом обратимые деформации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попченко, С. Н. Гидроизоляция сооружений и зданий [Текст] / С. Н. Попченко. – Л. : Стройиздат, 1981. – 304 с.
2. Лазько, А. Д. Безрулонная гидроизоляция ограждающих конструкций [Текст] / А. Д. Лазько. – М. : Стройиздат, 1965. – 24 с.
3. Мастики в строительстве [Текст] / [П. Г. Резниченко, В. Е. Бойко, В. М. Фетисова, Г. И. Середа]. – Днепропетровск : Промінь, 1975. – 256 с.
4. РСН 295-88. Проектирование и устройство кровель и гидроизоляций на основе битумных эмульсионных паст и мастик на твердых эмульгаторах [Текст]. – Срок введения в действие 1 июля 1989 год. – М. : Госстрой СССР, 1989. – 29 с.
5. Скориков, С. В. Теоретические принципы регулирования трещиностойкости кровельных водоэмульсионных покрытий с учетом качества основания [Текст] / С. В. Скориков, А. Е. Ещенко // Кровельные и изоляционные материалы. – 2008. – № 2. – С. 4.
6. Коннов, Н. С. Условия эксплуатации и требования, предъявляемые к мастичным покрытиям и гидроизоляционным материалам в кровлях и подземных конструкциях промышленных зданий [Текст] / Н. С. Коннов, А. В. Тубань // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури : Зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2014. – Вип. 2014-1(105) : Сучасні будівельні матеріали. – С. 139–141.
7. Братчун, В. И. Асфальтошлакобетоны на анионных битумных эмульсиях [Текст] / В. И. Братчун, Ю. В. Грицук, В. Л. Беспалов // Наука и Техника в дорожной отрасли. – Москва : ЗАО «Издательство "Дороги"», 2014. – № 4. – С. 22–25.

8. Модифицированные битумные эмульсионные пасты и мастики для устройства гидроизоляции железобетонных конструкций [Текст] / В. И. Братчун, Н. С. Коннов, М. В. Деркач, Н. П. Нагорная // Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури. – 2008. – Вип. 31. – С. 52–57.
9. Гончаренко, В. И. Динамическая и термическая усталость дорожного асфальтобетона [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05. 23.05 / В. И. Гончаренко; ХАДИ. – Харьков, 1983. – 23 с.
10. Волков, М. И. Исследование минеральных порошков для асфальтовых смесей [Текст] / М. И. Волков, И. М. Борщ // Труды ХАДИ. – 1959. – Вып. 18. – С. 73–83.
11. Терлецкая, Л. С. Влияние структуры минерального порошка на свойства асфальтобетонной смеси [Текст] / А. С. Терлецкая // Труды МАДИ. – 1958. – Вып. 23. – С. 70–74.
12. Прочность и долговечность асфальтобетона [Текст] / Под. ред. Б. И. Ладыгина и И. К. Яцевича. – Минск : Наука и техника, 1972. – 298 с.
13. Королев, В. И. Модель строения битумной пленки на минеральных зернах в асфальтобетоне [Текст] / И. В. Королев // Известия вузов. Строительство и архитектура, 1981. – № 8. – С. 63–67.
14. Асфальтополимербетоны с комплексно-модифицированной микроструктурой [Текст] / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, М. К. Пактер [и др.] // Наука и Техника в дорожной отрасли. – Москва, 2013. – № 3. – С. 35–41.
15. Сотникова, В. М. Совершенствование метода физико-химической активации минеральных порошков [Текст] / В. И. Сотникова, Л. Б. Гезенцев // Совершенствование технологии строительства асфальтобетонных и других черных покрытий : Труды СоюздорНИИ / Гос. всесоюз. дор. НИИ ; [Редкол.: И. А. Плотникова (отв. ред.) и др.]. – М. : Союздорнии, 1981. – С. 126–135.
16. Плотникова, А. И. Физико-химическая активация минеральных порошков как средство регулирования процесса взаимодействия битумных эмульсий с минеральными материалами [Текст] / А. И. Плотникова // Строительство асфальтобетонных покрытий с применением активированных минеральных материалов : [Сб. статей / Редкол.: В. Н. Сотникова (отв. ред.)]. – М. : Союздорнии, 1978. – С. 15–23.
17. Курденкова, И. Б. Механохимическая модификация минерального материала в асфальтобетоне твердыми полимерами [Текст] / И. Б. Курденкова // Управление структурообразованием, структурой и свойствами дорожных бетонов : Тез. докл. всесоюз. конф. (Харьков, 21–23 сент. 1983) / [Редкол.: Грушко И. М. (гл. ред.) и др.]. – Харьков : ХАДИ, 1983. – С. 61–62.
18. Ходаков, Г. С. Тонкое измельчение строительных материалов [Текст] / Г. С. Ходаков. – М. : Издательство литературы по строительству, 1972. – 239 с.
19. Барамбойм, Н. К. Механохимия высокомолекулярных соединений [Текст] / Н. К. Барамбойм. – М. : Химия, 1978. – 384 с.
20. Ребиндер, П. А. Понижение твердости при адсорбции поверхностно-активных веществ. Склерометрия и физика дисперсных систем [Текст] // Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. Избранные труды / П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1979. – С. 143–154.

Получено 19.12.2014

О. В. ТУБАНЬ ^а, А. Г. ДОЛЯ ^б, М. С. КОННОВ ^б, Д. В. ГУЛЯК ^б
 ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ МІЖФАЗНОГО КОНТАКТНОГО
 ШАРУ В СИСТЕМІ «БІТУМОПОЛІМЕРСІРЧАНА ЕМУЛЬСІЯ, ЩО
 РОЗПАЛАСЯ – ПОВЕРХНЕВО-АКТИВОВАНИЙ СКМС-30 МІНЕРАЛЬНИЙ
 ПОРОШОК»

^а Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, ^б Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Показано, що з великого різноманіття гідроізоляційних матеріалів найбільш ефективним матеріалом є бітумоемульсійні мастики. Для забезпечення нормативних значень тріщиностійкості та адгезії до апронованої поверхні запропоновано нафтовий дорожній бітум модифікувати комплексною добавкою – бутадієнметилстирольний каучук СКМС-30 (2,0–2,5 % мас.) спільно з технічною сіркою (30–40 %), а мінеральний порошок (наповнювач) механоактивувати СКМС-30 з розчину у вуглеводнях. Розглянуто явища і процеси, що відбуваються на поверхні поділу фаз «мінеральний порошок – СКМС-30» та «поверхнево-активований СКМС-30 мінеральний порошок – бітумополімерсірчане органічне в'язуче». **бітумополімерсірчана мастика, стабілізований гідроізоляційний шар з бітумополімерсірчаної мастики, бутадієнметилстирольний каучук, поверхня поділу фаз, властивості**

ALEXANDER TUBAN ^a, ANATOLIY DOLYA ^b, NIKOLYY KONNOV ^b,
DENIS GULYAK ^b
FORMATION PATTERN OF INTERFACE CONTACT LAYER WITHIN THE
«INVERTED POLYMERIC BITUMEN EMULSION – SKMS-30 SURFACE
ACTIVATED MINERAL POWDER» SYSTEM

^a Tugan-Baranovsky Donetsk National University of Economy and Trade University, ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

It is shown that the bituminous emulsion mastic is the most effective material from a large variety of waterproofing materials. It is suggested both to modify oil road bitumen by SKMS-30 (2,0–2,5 wt %.) butadiene-methyl styrene rubber complex additive together with industrial sulfur (30–40 %), and to activate mineral powder (filler) mechanically by SKMS-30 solution from hydrocarbons solution to ensure standard values of fracture toughness and adhesion to the finishing surface. The phenomena and processes occurring at «SKMS-30 mineral powder» and «SKMS-30 surface-activated mineral powder – polymeric bitumen organic binder» phase interface have been considered.

polymeric bitumen mastic, stabilized waterproofing polymeric bitumen mastic layer, butadiene-methyl styrene rubber, phase interface, properties

Тубань Олександр Вікторович – аспірант кафедри товарознавства та експертизи непродовольчих товарів ДонНУЕТ ім. М. Туган-Барановського. Наукові інтереси: вивчення довговічності покрівельних і гідроізоляційних матеріалів.

Доля Анатолій Григорович – кандидат технічних наук, професор кафедри автомобільних доріг і аеродромів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: використання техногенної сировини в дорожньому будівництві.

Коннов Микола Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології, організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розробка ефективних складів технологій виробництва бітумноемулсійних паст і мастик для улаштування гідроізоляції.

Гуляк Денис Вячеславович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: одержання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

Тубань Александр Викторович – аспирант кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров ДонНУЭТ им. М. Туган-Барановского. Научные интересы: Изучение долговечности кровельных и гидроизоляционных материалов.

Доля Анатолий Григорьевич – кандидат технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: использование техногенного сырья в дорожном строительстве.

Коннов Николай Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка эффективных составов технологий производства битумноэмульсионных паст и мастик для устройства гидроизоляции.

Гуляк Денис Вячеславович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: получение технологических и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Tuban Alexander – post-graduate student, Merchandizing and Examination of Unfood Commodities Department, Tugan-Baranovsky Donetsk National University of Economy and Trade. Scientific interests: study durability of roofing and waterproofing materials.

Dolya Anatoliy – PhD (Eng.), Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: using of technogenic raw materials in road building.

Konnov Nikolyy – PhD (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective compositions of technologies of production bitumenemulsive pastes and mastics for the device of hydraulic isolation.

Gulyak Denis – PhD (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.