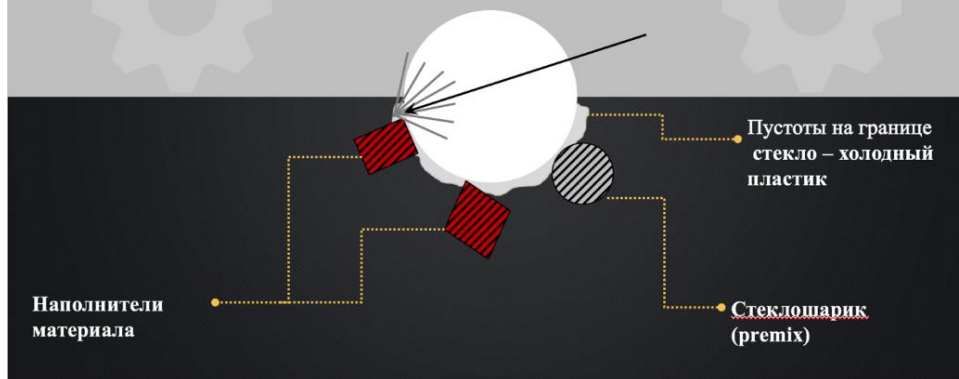


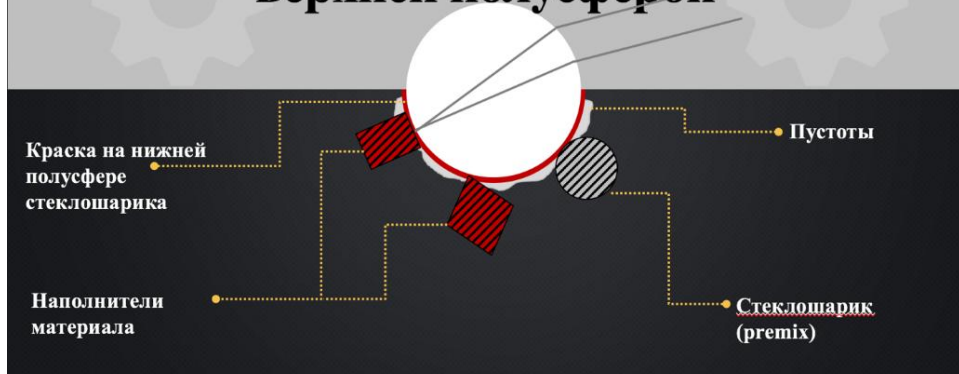


## Обычный стеклошарик



Следующий вывод был очевидным и неожиданно простым: для увеличения световозвращения горизонтальной дорожной разметки следует исключить микропустоты на границе отражающей полусферы стеклошарика (рис. 3).

## Окрашенный стеклошарик, с очищенной верхней полусферой



Чтобы подтвердить эти предположения и учитывая, что требования ГОСТ 32953-2014 по световозвращению горизонтальной разметки при сухом покрытии для класса R5 составляет не менее  $300 \text{ мкд/лк}^{-1}/\text{м}^2$  для лабораторного эксперимента были взяты стеклошарики фракции 600-800 мм, которые рекомендованы для верхней посыпки разметки выполненной холодным пластиком. Высокие показатели световозвращения для толстослойных покрытий, каким является холодный пластик, должны сохраняться на весь срок эксплуатации, поэтому подбор пигментированного аппрета для стеклошариков является новой актуальной задачей. Это объясняется тем, что аппретирование и модификация поверхности материалов достигается при химическом взаимодействии с образованием тонких, очень прочных, например силиконовых пленок  $-\text{Si-O-Si}-$ , толщина которых менее 10 мкм. Пигментированные аппреты - краски как белого, так и других цветов с хорошей укрывистостью уже представляют пленки толщиной более 30 мкм, даже для мелкодисперсного пигмента, поэтому процессы на границе раздела фаз стекло-полимер более сложные по причине многофакторности системы. Требования по укрывистости краски и адгезии к поверхности стеклошарика это наиболее важные оценочные критерии, так как окраску листового стекла можно проводить за несколько

проходов, а окраску и сушку стеклошарика необходимо проводить в один слой за один проход, добиваясь при этом максимальной адгезии, плотного прилегания и отсутствия пустот на поверхности. Стеклошарики производятся из обычного стекла с содержанием оксида кремния 70-73 %, а также оксидов других металлов, На поверхности стекла расположены гидроксильные группы  $\text{OH}$ , а также адсорбированная влага, удаляемая под воздействием высоких температур, поэтому мы учитывали эти факторы, а также химическую природу связующего. Известно, что высокой адгезией к стеклу обладают эпоксидные, полиэфиракрилатные смолы способные образовывать на поверхности стеклошарика водородные связи с гидроксильной группой  $\text{OH}$ , вместе с тем аппрет-краска должна иметь совместимость и с полимером разметочного материала, как внутри полимерного композита при использовании окрашенных стеклошариков в виде премикса, так и на поверхности горизонтальной разметки. При проведении эксперимента мы представляли, что окрашенные стеклошарики, находящиеся в виде премикса, будут вносить интегральное значение в удельный коэффициент световозвращения  $R_L$  только в процессе износа материала и удаления краски с поверхности, а вот для стеклошариков на поверхности необходимо быстрое и полное удаление с верхней, не погруженный в материал, полусферы на границе раздела фаз аппрет-краска-стекло, в таком случае коэффициент световозвращения горизонтальной дорожной разметки станет максимальным сразу же после ее удаления.

Способы удаление краски со стекла достаточно хорошо изучены, но все работы по удалению приводят к потекам краски, загрязнению поверхности, что не допустимо в нашем случае, когда значение коэффициента яркости  $\beta_y$  для разметки белого цвета составляет не менее 80%, поэтому использование органических растворителей и смывок нами было отклонено, а вот использование струи воды в этом случае наиболее оптимально. Вода не разрушает верхние слои как тонкослойной, так и толстослойной разметки, однако вода не может разрушить и смыть с поверхности стеклошарика органодисперсные краски со сшитой структурой, поэтому в качестве экспериментальной была разработана водорастворимая аппрет-краска на основе камеди, декстрина, наполненная мелкодисперсным диоксидом титана и пигментами для цветной аппрет-краски. Окраску стеклошариков и сушку производили за один проход. Окрашенные в белый и желтый цвет стеклошарики использовали в качестве drop on посыпки лабораторных образцов горизонтальной дорожной разметки, причем холодный пластик использовали белого и черного цвета. Яркость аппрет-краски белого цвета составила более 85%.

Представлялось весьма интересным определить влияние аппрет-краски белого цвета для стеклошариков, используемых в виде drop on посыпки на холодном пластике, включающем в своем составе двуокись титана (стандартная разметка  $\beta_y \geq 80\%$ ) и холодный пластик без двуокиси титана, на удельный коэффициент световозвращения  $R_L$ . Стеклошарики окрашенные в белый цвет фракции 600-800 мкм ручным способом наносили на полосу свежееуложенного холодного пластика толщиной 3мм. После отверждения полосы аппрет-краску с выступающих над поверхностью холодного пластика полусфер стеклошариков удаляли струей воды, после чего образцы сушили и получали опытный образец. Очевидно, что во втором случае яркость лабораторного образца значительно снижается до значений  $\beta_y = 57-59\%$ , это наглядно видно на рис. 4, образец 2.

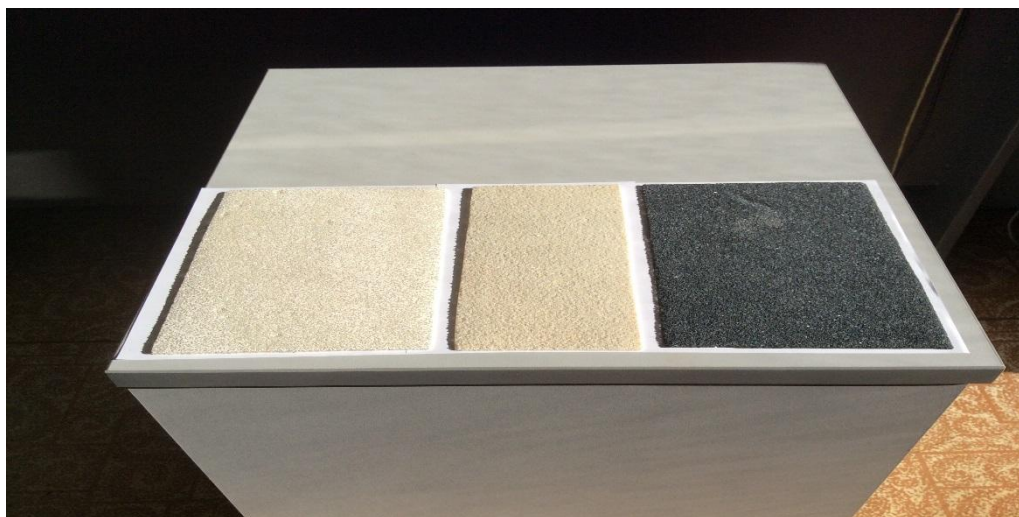


Рис.4 1-Стандартный образец холодного пластика «Клинатон ХП», стеклошарики окрашены белой аппрет-краской. 2- Холодный пластик без двуокиси титана, стеклошарики окрашены белой аппрет-краской. 3-Холодный пластик черного цвета, стеклошарики окрашены белой аппрет-краской.

Результаты измерений удельного коэффициента световозвращения показали, что для всех трех образцов  $R_L$  высокие, их значения составляют соответственно 943 и 669 и 662 мкд лк<sup>-1</sup>м<sup>2</sup>, что свидетельствует о подтверждении наших выводов, рис5.



Рис.5 Световозвращение образцов холодного пластика, представленных выше на рис. 4, при боковом освещении в темное время суток.

Вместе с тем, экспериментом подтверждается, что значение яркости образцов разметки также оказывает существенный вклад и суммарное значение коэффициента световозвращения в случае использования стандартных стеклошарики той же фракции, так для образца холодного пластика белого цвета  $R_L = 390$  мкд лк<sup>-1</sup>м<sup>2</sup>, без двуокиси титана  $R_L = 106$  мкд лк<sup>-1</sup>м<sup>2</sup>, в то время как для разметки черного цвета со стеклошарики фракции 600-800 мкм  $R_L$  резко падает  $R_L = 0$  мкд лк<sup>-1</sup>м<sup>2</sup>, поэтому использование окрашенных белой аппрет-краской стеклошарики для разметки черного цвета на осветленных асфальтобетонных покрытиях, представляется весьма интересной задачей, когда контрастность белой разметки снижается, а вот черной в светлое время суток значительно возрастает. Подтверждением сказанному является фото горизонтальной дорожной разметки белого цвета в районе г. Мюнхен, Германия, рис.6.



Рис.6. Горизонтальная разметка на осветленном асфальтобетоне в окрестности г. Мюнхен, Германия

Полученный результат удельного коэффициента световозвращения  $R_L$  подтвердил наше предположение эффекта световозвращения луча света на границе раздела стекло-аппрет-краска. В последующем нам предстоит провести исследования влияния физико-химических характеристик аппрет-краски на адгезию к поверхности стеклошарика, а также к полимерной матрице материала разметки. Выяснение этих параметров позволит разработать требования к аппрет-краске, которые обуславливают эксплуатационную долговечность разметки и гарантировать высокое значение коэффициента световозвращения на весь срок эксплуатации.

В дальнейшем нами проанализированы возможности использования этого эффекта в смежных направлениях устройства вертикальной дорожной разметки, а также содержания асфальтобетона для повышения безопасности дорожного движения.

1. Окрашенные аппрет –краской стеклошарики фракции от 0 до 1000 мм можно напылить на асфальтобетон, ЩМА или поверхностную обработку, в момент, когда битум еще сохраняет текучесть, а битумная эмульсия для поверхностной обработки не распалась и сохраняет жизнеспособность. После того, как битум станет твердым (асфальтобетон остынет), обработанную окрашенными стеклошариками поверхность, следует отмыть или дожидаться дождя. В свете фар автомобиля в темное время суток поверхность асфальтобетона будет светиться и окрасится в свете фар автомобиля в том спектре, в который были окрашены стеклошарики. Таким образом, используя только стеклошарики, будет возможно выполнить краевую разметку на дорогах 4-5 технической категории в темное время суток.

2. Дублирующие дорожные знаки могут проявляться на дороге только в темное время суток в свете фар (рис 7).

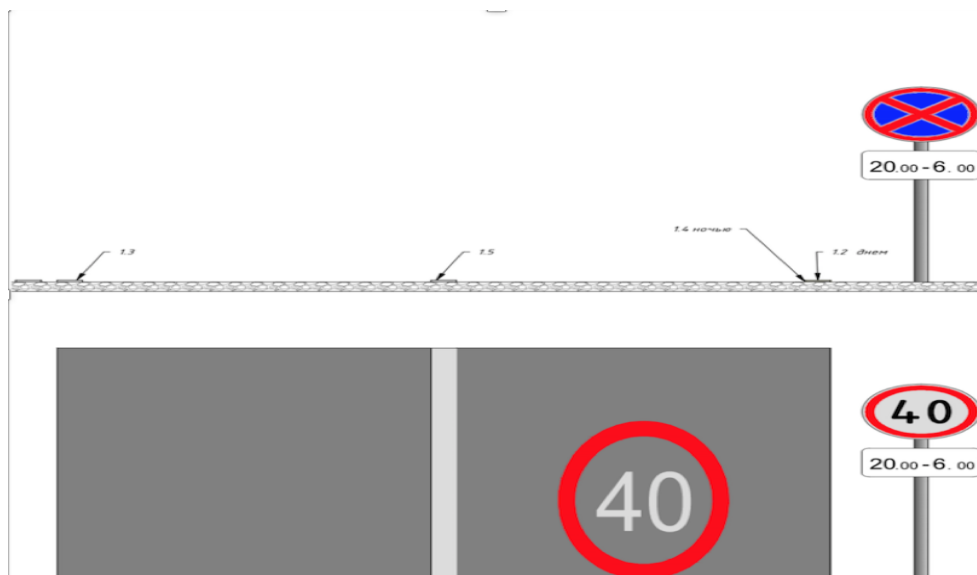


Рис.7. Дублирующие дорожные знаки.

3. Использование стеклошариков, окрашенных аппрет-краской, после пешеходного перехода 1.14, нанесенных на асфальтобетон, позволит водителю транспортного средства видеть тень от находящегося на пешеходном переходе объекта, а свечение окрашенных стеклошариков перед разметкой 1.14, предупредит о приближении к нему. Поэтому же принципу возможно обозначать опасные участки дорог, виражи, выделенные полосы и велодорожки.

Представленные нами результаты исследований показывают, что окрашенные в белый цвет аппрет-краской стеклошарики, позволяют повысить удельный коэффициент световозвращения горизонтальной разметки белого цвета в 2,0-2,5 раза, не повышая его яркость, или даже не используя двуокись титана, что снижает стоимость материала до 20%. Повышение удельного коэффициента световозвращения  $R_L$  может существенно повлиять на безопасность дорожного движения и снизить аварийность на автомобильных дорогах в ночное время суток.

Авторы статьи:

Филиппов А.В.

к.т.н Вяльченков Л.Т.