

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Леонович И.И., д-р техн. наук, проф.,
Бабаскин Ю.Г., канд. техн. наук, доц.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Совершенствование конструкции жестких дорожных одежд заключается в проведении теоретических и экспериментальных исследований, на основании которых разработаны способы усиления дорожных конструкций.

Общая протяженность автомобильных дорог Республики Беларусь на 01.01.2008 составляет 85697 км, из них с асфальтобетонным покрытием 44498 км и 1362 км с цементобетонным.

В 2007 году протяженность автомобильных дорог с цементобетонным покрытием составляла 1441 км, т.е. протяженность дорог с жестким покрытием уменьшилось на 79 км за счет проведения работ по деструктуризации цементобетона.

Мировая практика показывает, что удельный вес дорожных одежд с цементобетонными покрытиями в развитых странах, таких, как Германия составляет 31 %, в США – 35 %, в Бельгии – 41 %. Средний фактический срок службы этих покрытий составляет 26 лет.

Цементобетонные покрытия обладают целым рядом преимуществ по сравнению с самыми распространенными асфальтобетонными покрытиями:

- существенно большая прочность цементобетона (модуль упругости ≈ 32000 МПа) в сравнении с асфальтобетоном (≈ 2400 МПа);
- стабильность деформативных свойств цементобетона при изменении температуры;
- рост прочности цементобетона во времени при благоприятных условиях эксплуатации;
- доступность оборудования для скоростного строительства бетонных покрытий с высокими показателями ровности;

– срок службы покрытий до капитального ремонта при высоком качестве строительства и нормальной эксплуатации может достигать 50 лет;

– стабильность коэффициента сцепления покрытия с колесами автомобилей, слабая его зависимость от степени увлажнения.

Кроме того, следует учитывать экономику данного вопроса. Основной вяжущий материал – цемент, является более доступным для условий Республики Беларусь, чем битум, получаемый из нефти, дефицит которой ощущается с каждым годом.

Опыт эксплуатации автомобильных дорог с цементобетонным покрытием показывает, что под воздействием автомобильного движения и погодных-климатических факторов происходит постепенное ухудшение состояния покрытия в результате образования различных видов дефектов. Причины возникновения этих дефектов можно классифицировать следующим образом.

1. Возникновение температурных напряжений в цементобетонной плите, приводящих к образованию разнообразных трещин. Одновременно с появлением трещин в покрытии начинается процесс постепенного смещения частей плит по вертикали, приводящий к образованию ступеней и перекосов плит. В результате ровность покрытия становится неудовлетворительной.

2. Постоянно растущая осевая нагрузка от автомобильного транспорта с учетом ее динамического воздействия превышает, в отдельных случаях, расчетные показатели и приводит к раскалыванию плиты. Особенно этот процесс усугубляется в весенний период, когда прочность грунтов земляного полотна заметно уменьшается. В настоящее время по дорогам республики проходят автомобили с нагрузкой на заднюю спаренную ось, достигающую до 282 кН. Например, автомобили с формулой по UE: 3P (26 т) – до 190 кН; 2С + 2N (26 т) – до 200 кН; 3С + 3N (44 т) – до 240 кН (282 кН), где С – число осей тягача, N – число осей полуприцепа.

3. Возникновение внутренних коррозионных процессов, которые в основном являются следствием первых двух причин, но в некоторых случаях при использовании некачественного материала при приготовлении бетона, могут начать проявлять свое агрессивное воздействие на деструктуризацию цементного камня с самого начала эксплуатации дороги. Наиболее ярко этот процесс проявляется при таком дефекте, как шелушение.

В настоящее время в стране и за рубежом разработаны способы защиты цементобетонных покрытий. Это:

- устройство пропитки укрепляющими антикоррозионными составами – толщина защитного слоя до 20 мм (СТБ 1416 и ТУ РБ 100205847.008);
- устройство одиночной поверхностной обработки – толщина защитного слоя до 30 мм (РД 0219.1.07);
- устройство двойной поверхностной обработки – толщина защитного слоя 30...50 мм (РД 0219.1.07);
- укладка тонкослойного асфальтобетона по мембранной технологии – толщина защитного слоя 30...50 мм (РД 0219.1.23);
- укладка слоев усиления из асфальтобетона – толщина защитного слоя более 50 мм (СТБ 1033).

Вместе с тем следует учитывать, что цементобетон и асфальтобетон – это два термодинамически несовместимых материала. Поэтому обеспечение высоких адгезионных свойств минерального и органического материалов представляет собой важную техническую задачу.

С целью предупреждения копирования сквозных трещин в слое износа или асфальтобетонном покрытии в настоящее время применяется:

- устройство швов в асфальтобетонном покрытии шириной $\delta \dots 10$ мм и глубиной: не менее половины при толщине асфальтобетона не более 100 мм и 0,4 при толщине более 100 мм;
- устройство трещинопрерывающей мембраны из модифицированного битума марки БММ 130/150 (СТБ 1220);
- устройство трещинопрерывающих слоев из черного щебня фракции 0...20 мм толщиной 30...60 мм, с сохранением монолитной плиты или ее разрушение с помощью виброрезонансной технологии;
- устройство толстых слоев усиления из асфальтобетона на основе деструктурированной цементобетона.

Исследования, проводимые в БНТУ, направлены на разработку таких дорожных конструкций, которые позволят уменьшить напряжения в покрытии, возникающие в цементобетоне в период эксплуатации, а тем самым увеличить срок службы жестких дорожных одежд. Проводимые исследования позволят обосновать новые кон-

струкции трещиностойких покрытий, а также предложить способы их строительство либо ремонта.

Для достижения поставленной цели сформулированы задачи исследований:

1. Экспериментально исследовать дорожные конструкции с целью изучения факторов, влияющих на возникновение трещин в жестких покрытиях. Изучить механизм разрушения и изменения несущей способности дорожной конструкции. Сформулировать гипотезу качания плит под динамической нагрузкой автомобиля.

2. Расчетным путем определить величины упругих прогибов конструкций усиленных различными способами:

– способом закрепления песчаной подушки выравнивающего слоя конструкции;

– способом создания дополнительной опоры в основании под сквозной трещиной или деформационным швом;

– способом устройства асфальтобетонного покрытия на деформированном бетоне;

– способом создания многослойной цементобетонной плиты.

3. Обосновать требования к материалу, выполняющему роль праймера между минеральным и органическим бетонами.

4. Разработать конструкцию трещиностойкого дорожного покрытия.

В результате проводимых исследований предложены расчетные схемы, позволяющие теоретически обосновать конструкцию усиления цементобетонного покрытия, подверженного разрушению. Расчетные схемы включают: слои грунта укрепленного вяжущими материалами и усиливающими дорожную конструкцию, а также слои асфальтобетона, уложенного на цементобетон и на искусственный щебень, полученный в результате виброразрушения цементобетона.

Для улучшения адгезионных связей между минеральными и органическими вяжущими изучены возможности органоминеральных композиций, составленных на основе веществ, повышающих полярность праймера и активирующих поверхность минеральной части. В результате исследований установлена зависимость между адгезионной способностью модификатора и вязкостью праймера, а также содержания в нем поверхностно-активных веществ.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований, а также результатов выполненных расчетов сделаны следующие выводы.

Сформулирована гипотеза образования порогов на дорожном цементобетонном покрытии. Дорожная цементобетонная плита, под действием перемещения нагрузки от начала плиты к ее концу, работает в различном режиме. Рассматривая совокупность динамического нагружения плиты и жесткость ее конструкции, установлено, что фактический упругий прогиб края плиты больше расчетного. Максимум прогиба достигает не в момент нахождения колеса автомобиля над краем плиты, а при величине плеча равной $1/4 \dots 1/5$ длины плиты по ходу движения автомобиля. Это приводит к местному разуплотнению основания под швом плиты, что в последствии приводит к ее качанию относительно центральной точки опоры.

Разработан способ усиления дорожной конструкции (патент 7454), заключающийся в том, что с целью предотвращения дальнейшего разрушения цементобетонной плиты и придания ей устойчивого положения (устранения качания), основание плиты усиливается за счет создания опоры из укрепленного грунта. Предложенный способ позволит сохранить жесткое покрытие и устранить причину образования копирующих трещин. Расчет упругих прогибов дорожной конструкции, стабилизированной подушкой из укрепленного грунта, показал, что произошло заметное уменьшение осадок плиты в расчетных точках, а также уменьшился максимальный прогиб самой плиты.

Помимо устранения качания плиты может быть произведено общее усиление конструкции дорожной одежды, если сквозные трещины достигли подстилающего слоя конструкции. В этом случае предлагается произвести усиление самого подстилающего слоя без разрушения верхних слоев дорожной одежды. Расчет упругих прогибов усиленной дорожной конструкции свидетельствует о том, что предложенный способ усиления уменьшил осадки плиты в расчетных точках более чем на 30 %, а прогиб плиты почти на 50 %.

Произведенный расчет упругих прогибов конструкции из деструктурированного бетона и слоя асфальтобетона, уложенного на искусственный щебень, показал, что наибольшие осадки основания наблюдаются непосредственно под площадкой воздействия нагрузки и на уровне верхнего слоя искусственного щебня. Напряжения

непосредственно под загруженной площадкой, сжимающие, а по мере заглубления сжимающие напряжения быстро уменьшаются и на глубине залегания границы слоев искусственного щебня и цементогрунта близки к нулю, а затем по мере заглубления становятся растягивающими. Касательные напряжения достигают достаточно больших значений на границе слоев искусственного щебня и асфальтобетона, что свидетельствует о необходимости устройства праймера.

Предложена многослойная конструкция цементобетонной плиты, в которой максимальные касательные напряжения появляются на середине толщины каждого слоя плиты. Наибольшее значение касательных напряжений достигает в верхнем слое и в нижнем слое они уменьшаются в два раза. Наличие органической прослойки и межслоевом пространстве не допускает передачу касательных напряжений от верхних слоев к нижним, что способствует работе конструкции в в однородном режиме.

Разработан способ усиления слоистой бетонной конструкции (положительное решение на выдачу патента Республики Беларусь), заключающийся в индустриальном изготовлении бетонного основания, сборке его на дорожном плотнее и укладке асфальтобетонного покрытия.

Разработан способ поверхностной обработки дорожного покрытия (патент 8483), обеспечивающего устройство защитного слоя покрытия с высокими прочностными и светоотражающими свойствами.

Разработан способ ремонта дорог (патент 8020), позволяющий в индустриальных условиях изготовить пломбы любого типоразмера и уложить их в подготовленные выемки на покрытии.

Результаты исследований, проводимые в БНТУ, позволят повысить качество дорожных покрытий и устранить причины возникающих дефектов, применить индустриальные методы при изготовлении дорожных конструкций.