

Заключение

Существующие методы проектирования дорожных сетей требуют совершенствования в связи как с постоянно возрастающими потребностями в безопасных и комфортных перевозках, так и с изменившимися дорожно-транспортными условиями.

Литература

5. Линник, И.Э. Критерии оптимизации транспортных сетей города / И.Э. Линник, Э.В. Гаврилов // «Коммунальное хозяйство городов № 63». – 2005 г.

6. Рекомендации по проектированию сети автомобильных дорог областного и местного значения. – М., 1970 г.

7. Романенко, И.А. Техничко-экономические основы проектирования сетей автомобильных дорог: учеб. пособие для вузов / И.А. Романенко. – 2-е изд. – М., 1975 – 267 с.

8. Хомяк, Я.В. Проектирование оптимальных сетей автомобильных дорог / Я.В. Хомяк. – М., 1969 – 144 с.

УДК 535.31

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, РЕКОНСТРУКЦИИ, РЕМОНТЕ И СОДЕРЖАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Шумчик В.К., канд. техн. наук,
Кравченко С.Е., канд. техн. наук, доцент**

*Государственное предприятие «БелдорНИИ»,
Белорусский национальный технический университет
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Введение

Целью государственной экономической политики нашей Республики является перевод экономики на инновационный путь развития. В условиях глобального дефицита сырьевых и энергетических ресурсов альтернативы инновационной экономике нет. Этому направлению в своей деятельности следует и дорожное хозяйство

Республики Беларусь. Одним из главных приоритетов Департамент «Белавтодор» определил разработку и применение технологий и материалов, призванных обеспечить качество дорожно-строительных работ при оптимальных энерго- и ресурсозатратах, и возможность применения альтернативных материалов при условии обеспечения транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог и мостов. Если проанализировать дорожное хозяйство в плане применения новых материалов, механизмов и технологий, то его можно представить следующим образом.

Инновационные технологии при сооружении земляного полотна

Одной из важнейших проблем при сооружении земляного полотна является обеспечение требуемой степени уплотнения слагающих его грунтов, что может быть реализовано лишь при наличии соответствующей грунтоуплотняющей техники. За рубежом для уплотнения грунтов применяют катки массой 25–30 т. В то время как наши подрядчики еще работают катками массой 14–15 т. Как выход из существующей ситуации при уплотнении земляного полотна широко используются вибрационные катки массой 12–18 т, позволяющие уплотнять слои толщиной до 60–70 см.

Значительное внимание при сооружении земляного полотна уделяется вопросам снижения затрат при практической реализации этого процесса. Можно предложить два пути решения этой задачи:

- технологический, заключающийся в применении транспортных средств большой грузоподъемности и уплотняющих средств с большей нагрузкой воздействия на уплотняемый грунт;

- конструктивный – применение проектных решений при устройстве земляного полотна, обеспечивающих уменьшения объемов земляных работ и дальности возки грунтов. К таковым можно отнести: уход от преимущественного прохождения дороги в насыпи; отказ от строительства развязок с прохождением дороги высшей категории поверху. Такая схема должна применяться только на пересечениях с железными дорогами и водными преградами. Во всех остальных случаях пересечения должны быть организованы с прохождением второстепенных дорог над дорогие основные хода. Это позволит снизить не только объемы земляных работ, но и затраты на строительство путепроводов. Уменьшить объемы земляных работ можно и снизив рабочие отметки насыпей, используя при этом

в конструкции земляного полотна влагопрерывающие и дренирующие прослойки из геосинтетических материалов. При проектировании земляного полотна на обходах населенных пунктов вблизи жилой застройки преимущество отдавать прохождению дороги в выемке, что, кроме дополнительного резерва грунта, обеспечит и улучшение акустической обстановки в жилой застройке и не потребует строительства дорогостоящих шумозащитных экранов.

Для снижения затрат на выполнение системы водоотвода, укрепительных работ на конусах и откосах насыпей подходов широко используются геосинтетические материалы в виде пространственных и плоских георешеток и геосеток, геотекстильных полотен, в том числе с семенами трав.

Иновационные технологии при устройстве оснований

Программой «Дороги Беларуси на период 2006 – 2015 годы» предусматривается увеличение прочности дорожных одежд ряда участков автомобильных дорог до восприятия транспортной нагрузки 13 тонн на ось и более. Это потребует изменения как в подходах к выбору материалов для устройства дорожных одежд, так и методик их расчета.

Используемый ныне вариант конструкции нежесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием на основании из неукрепленных материалов работает на пределе возможностей.

Условие, при котором модуль упругости щебеночного основания должен быть стабильно высоким в течение всего срока службы, выполнить весьма сложно в силу ряда обстоятельств:

- разрозненность и отсутствие комплексного подхода к задачам подбора исходных материалов и состава смесей для устройства оснований из неукрепленных материалов, технологии устройства щебеночных оснований и методов контроля качества выполненных строительных работ. Разработанные методы назначения максимальной плотности каменных материалов и подбора оптимальных зерновых смесей для оснований стандартизированные в СТБ, частично решают эту проблему;

- связь предела несущей способности неукрепленных щебеночных оснований дорожных одежд с общей прочностью щебня. Известно, что для достижения заданного модуля упругости дорожной конструкции необходимо использовать тяжелую виброуплотняющую технику, при этом щебень под действием катков нередко подвергается

разрушению (это касается лещадных и игловатых зерен, содержание которых в гранитном щебне достигает 30 – 35 %), что снижает несущую способность щебеночных оснований в целом;

- трудности обеспечения ровности дорожных оснований из неукрепленных каменных материалов. В странах дальнего зарубежья она решается путем использования смесей меньшей крупности (до 40 мм) и путем укладки слоев асфальтоукладчиками. Это позволяет снизить до минимума погрешности в работе и позволяет добиться снижения допусков в 2 раза (с 2 см до 1 см) при устройстве оснований из неукрепленных материалов.

Проблему создания достаточного запаса прочности при условии увеличения нагрузок до 13 т на ось позволяет решить устройство укрепленных оснований. Опыт строительства дорог в Беларуси показал эффективность метода устройства дорожных оснований с использованием асфальтогранулята для расклиновки крупного гранитного щебня. Эффект расклиновки асфальтогранулятом заключается в том, что при устройстве в последующем асфальтобетонного покрытия из горячих смесей, температура укладки которых не менее 100 – 110 °С, асфальтогранулят, представляющий собой продукт дробления асфальтобетонных покрытий, спекается и образует со щебнем практически монолитный слой. Вследствие этого зерна щебня лишаются подвижности и не разрушаются под действием динамических воздействий от транспортной нагрузки. При этом общий модуль упругости дорожной конструкции и коэффициент запаса прочности дорожной одежды возрастает в 1,1 – 1,2 раза по сравнению с исходным.

Повысить общую несущую способность дорожной одежды можно используя материалы, обладающие свойствами самоцементации, в частности, металлургические шлаки. Белорусский металлургический завод «БМЗ» (г. Жлобин) до 120 тыс. тонн шлака ежегодно выгружает в отвалы, большую часть данного материала возможно использовать в дорожном строительстве.

Для повышения несущей способности перспективно использование оснований из каменных материалов (щебень, гравий), армированных с помощью геосинтетических материалов, главным образом, геосеток и георешеток, что позволяет перераспределять возникающие от действия транспортной нагрузки напряжения на большую площадь, и тем самым способствовать стабильной работе

дорожной одежды даже в неблагоприятных природно-климатических условиях.

Наиболее перспективно использование синтетических геосеток, армирование которыми позволяет повысить модуль упругости основания в 1,5–2 раза даже при снижении его толщины. Кроме того, геосетки на границе контакта основания и грунта земляного полотна предотвращают взаимопроникновение материалов смежных слоев, что увеличивает долговечность дорожной конструкции.

Перспективно использовать для устройства оснований дорожных одежд укрепленные вяжущими материалы. Наиболее приемлемыми для условий Беларуси являются варианты использования битумных эмульсий для укрепления каменных материалов, которые возможно применять для приготовления смесей, как на заводе, так и в полевых условиях. Укрепление вяжущим позволяет использовать и малопрочные материалы, в том числе доломитовый щебень, для устройства конструктивных элементов дорог высоких категорий.

Использование укрепленных материалов позволяет существенно увеличить несущую способность дорожных одежд и обеспечить возможность пропуска транспортных нагрузок не менее 13 т на ось.

В последнее время возник вопрос дефицита гранитного щебня. Взамен предлагается использовать доломитовый щебень, однако по своим механическим характеристикам он значительно хуже гранитного, что сдерживает его применение в дорожном строительстве, а при изготовлении асфальтобетонных смесей высоких марок это и невозможно. Модификация доломитового щебня специальными реагентами (производит Мадикор), а также новые подходы к подбору минеральной части асфальтобетона (совместное применение гранитного и доломитового щебней в определенном соотношении) позволят расширить объемы его применения в дорожном строительстве.

При устройстве оснований целесообразно также использовать щебень, изготавливаемый из гравия прочных пород, месторождения которого имеются в каждой области республики. Однако это потребует модернизации производств и наращивания мощностей по добыче нерудных ископаемых.

В последнее время начали применяться холодные регенерированные асфальтобетонные смеси (технология холодный ресайклинг), представляющие смесь асфальтового гранулята (фрезерованного

асфальтобетонного покрытия), специальной катионной битумной эмульсии, цемента, воды, взятых в определенных соотношениях и приготавливаемые в стационарных или мобильных установках, специальных смесителях-укладчиках и укладываемые в конструктивные слои дорожной одежды в холодном состоянии. В зависимости от категории автомобильной дороги вышеуказанные смеси могут укладываться в верхние слои основания (I – III категории), в нижний (III категория) или верхний слои покрытия (IV – V категории).

Иновационные технологии при устройстве покрытий

Щебеночно-мастичные асфальтобетоны

До 2002 года в Республике Беларусь повсеместно при устройстве верхних слоев покрытий автомобильных дорог применялись традиционно плотные асфальтобетоны типов А и Б, имеющие недостаточные эксплуатационные свойства (колеобразование, трещинообразование, коррозионные разрушения, недостаточный срок службы).

Начиная с 2002 г. при устройстве верхних слоев автомобильных дорог РБ начал широко применяться щебеночно-мастичный асфальтобетон типа ЦМСц. В отличие от традиционных асфальтобетонов щебеночно-мастичный асфальтобетон обладает повышенными сдвигоустойчивыми свойствами, что препятствует накоплению пластических деформаций (колея, наплыв, сдвиг). Повышенная толщина битумных пленок на поверхности минерального материала способствует увеличению коррозионной стойкости таких асфальтобетонов и снижению трещинообразования на покрытии. Текстура покрытия устроенного с применением щебеночно-мастичного асфальтобетона способствует отводу воды с поверхности автомобильной дороги, что уменьшает эффект аквапланирования колеса автомобиля и благоприятно сказывается на безопасности движения транспортных средств Коэффициент сцепления колеса с асфальтобетонным покрытием, устроенным из щебеночно-мастичного асфальтобетона, на 20% выше, по сравнению с покрытием из традиционных асфальтобетонов. В настоящее время, в плане совершенствования качественных характеристик щебеночно-мастичных асфальтобетонов, исследуются составы щебеночно-мастичного асфальтобетона на основе битумополимерного вяжущего как совместно с целлюлозным волокном, так и без него и те же составы с расширенным диапазоном фракционного состава их каркасной составляющей.

Асфальтобетонные смеси с применением асфальтогранулята

Как показывают результаты многочисленных исследований, при переработке асфальтобетонного лома и его повторном использовании, содержащиеся в нем минеральные составляющие, сохранившие на своей поверхности пленку асфальтового вяжущего, проявляют свойства, характерные для активированных материалов.

В тоже время анализ полученных данных показывает, что асфальтобетоны, содержащие в своем составе асфальтогранулят, обладают пониженной устойчивостью к старению, к воздействию знакопеременных температур, к агрессивному воздействию противогололедных материалов по сравнению с обычными плотными асфальтобетонами, что ограничивает объем применения асфальтогранулята в составе горячих асфальтобетонных смесей для устройства нижних слоев асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог и верхних слоев оснований до 20 %.

Гидроизолирующее асфальтобетонное покрытие на мостах и путепроводах

Асфальтобетонные покрытия на мостовом полотне искусственных сооружений находятся в более жестких эксплуатационных условиях, чем покрытия на автомобильных дорогах. Они подвергаются амплитудным динамическим нагрузкам и более резким температурным перепадам, что приводит их к преждевременному разрушению. Это обстоятельство увеличивает затраты на выполнение ремонтных мероприятий, а также снижает водонепроницаемые свойства мостового полотна, что приводит к преждевременной коррозии и разрушению несущих конструкций пролетного строения. Препятствовать этому способен разработанный состав вибролитого асфальтобетона, содержащий до 65 % щебня фракции 5 – 10 (5 – 15) мм, на битумополимерном вяжущем для устройства покрытий мостового полотна, выполняющее одновременно функции и покрытия и гидроизоляции.

Гидроизоляционное асфальтобетонное покрытие из литой смеси на основе резиновой крошки

Разработан состав литой асфальтобетонной смеси с использованием мелкоизмельченной (фр. 0 – 0,63) резиновой крошки, который позволяет получать асфальтобетонные покрытия, обладающие водонепроницаемостью, повышенной деформативностью, способствующей повышению трещиностойкости. Высокое содержание

щебня (до 65 %) обеспечивает такому асфальтобетону высокие прочностные характеристики и, прежде всего, высокую степень сдвигоустойчивости в широком температурном диапазоне.

Эмульсионно-минеральные смеси с ускоренным сроком формирования

Отличие данного вида эмульсионно-минеральных смесей от традиционных, применяемых в настоящее время в Республике Беларусь, заключается в ускоренном наборе прочности вследствие интенсивного отвода воды. Смеси состоят из минеральной части, основанной на использовании доступных каменных материалов и песков, специальной катионной битумной эмульсии и воды, подобранных в оптимальном соотношении и предназначены для устройства конструктивных слоев автомобильных дорог. ГЭС готовятся с использованием мобильной установки «Дельта 100» белорусского производства.

Сдвигоустойчивое покрытие на участках с особо тяжелыми условиями эксплуатации (перспективная технология)

На участках с особо тяжелыми условиями эксплуатации (места стоянки автотранспорта, остановки общественного транспорта, регулируемые перекрестки и т.д.) для повышения прочностных свойств асфальтобетона наряду с применением модифицированных битумов или битумов с высокой вязкостью разрабатывается технология пропитки асфальтобетона специальными составами, не требующая специального дорогостоящего оборудования. Применение в пропиточном цементном составе красителя позволит получать цветные асфальтобетоны.

Битумно-полимерная лента для сопряжения смежных полос укладываемого асфальтобетонного покрытия

Битумно-полимерная лента технологична: позволяет использовать средства механизации; обладает достаточной эластичностью в широком температурном диапазоне, что обеспечивает хорошую стыковку смежных полос, предотвращая тем самым коррозионное разрушение в зоне сопряжения.

Применение битумно-полимерной ленты позволяет снять ограничение по длине полосы укладки асфальтобетона, увеличивает производительность асфальтоукладочного комплекса на 10–20 %, значительно улучшает показатель ровности покрытия, предотвращает образование продольных трещин.

Активирующая добавка для минеральных материалов

Активирующая добавка (активатор) представляет собой водный раствор солей поливалентных металлов, обработка которым приводит к увеличению адгезии органического вяжущего к поверхности минеральных частиц более чем на 25 %, что, соответственно, дает существенное улучшение физико-механических показателей асфальтобетона на активированных материалах по сравнению с традиционным асфальтобетоном: коэффициент водостойкости увеличивается на 35,8 %, водонасыщение уменьшается на 43,0 %.

Инновационные технологии при устройстве защитных слоев

Мембранная технология ремонта жестких покрытий автомобильных дорог и мостового полотна искусственных сооружений

Данная технология устройства защитных и защитно-гидроизоляционных слоев, позволяет снизить стоимость ремонтных работ, увеличить срок службы защитных и защитно-гидроизоляционных слоев в 2 – 3 раза, обеспечить защиту несущих конструкций пролетных строений искусственных сооружений от влаги при утрате своих свойств существующей гидроизоляцией.

Норма распределения мембраны в зависимости от ее назначения – защитное или защитно-гидроизоляционное покрытие – составляет 2,5 – 3,5 л/м².

Тонкослойные асфальтобетонные покрытия магистральных, республиканских автомобильных дорог по технологии ТОНФРИЗ.

Тонкослойные покрытия устраиваются из специальных горячих асфальтобетонных смесей с использованием модифицированных битумов, укладываемых на слои проклеивания и герметизации из катионной модифицированной битумной эмульсии, которая наносится непосредственно перед укладкой асфальтобетонной смеси. Комбинация горячей и холодной эмульсионной технологий позволяет укладывать указанные покрытия толщиной 10 – 15 мм, что невозможно при укладке горячих асфальтобетонов по традиционной технологии.

Альтернативой поверхностной обработке является технология устройства защитных слоев из холодных литых асфальтобетонных смесей. Существующая технологическая и нормативная база позволяет устраивать защитные слои, как с применением чистых битумных эмульсий (Сларри-Сил), так с использованием модифицированных вяжущих (Микропокрытие). Ведутся работы по введению в

эти смеси дисперсно-армирующих волокон (стекловолокно, полиэфирные и целлюлозные волокна и др.), что позволит продлить срок эксплуатации таких слоев и повысить их сцепные характеристики за счет применения более крупных фракций минерального материала.

Для достижения оптимальных эксплуатационных характеристик защитных слоев разработана и применяется на дорогах республики технология Кап Сил, представляющая комбинацию поверхностной обработки, с применением крупной фракции щебня, и защитного слоя Сларри Сил. Данный вариант позволяет получить шероховатый защитный слой повышенной долговечности, обладающий хорошими гидроизоляционными и сцепными характеристиками. В качестве профилактической меры восстановления эксплуатационных характеристик верхних слоев в асфальтобетонных покрытиях разработана технология реабилитации способом пропитки с применением катионных эмульсий на основе битумов и пластифицирующих составов. Данная технология позволяет при минимальных затратах продлить межремонтные сроки эксплуатации изношенных асфальтобетонных покрытий.

Широкое распространение в регионах республики получила, разработанная институтом, технология перевода гравийных покрытий в черные. Ее суть заключается в стабилизации верхнего слоя битумной эмульсией и устройстве защитного слоя методом двух- или трехслойной поверхностной обработки («сэндвич»).

В качестве перспективных направлений, над которыми ведутся работы в настоящее время, можно отметить противогололедные материалы пролонгированного действия, вводимые в состав дорожно-строительных материалов на стадии строительства или содержания автомобильных дорог. Ведутся исследования по разработке новых перспективных составов эмульгированных вяжущих и добавок в дорожные битумы.

Иновационные технологии при обеспечении безопасности дорожного движения

Горизонтальная дорожная разметка

Для разметки автомобильных дорог широко применяются эмали, краски, термопластики, пластики холодного нанесения. В настоящее время исследуются долговечные ленточные материалы для временной и постоянной разметки, структурная и рельефная

разметка толстослойными пластиками, световозвращающие элементы для повышения ночной видимости разметки в неблагоприятных погодных условиях, способы ремонта и восстановления локальных разрушений разметки, способы повышения световозвращения разметки в зимний период.

Дорожные ограждения

В последние годы в Республике Беларусь стали применяться тросовые дорожные ограждения. Существующая нормативная база на их применение учитывает возможности отечественного производителя. Расширен спектр конструкций барьерных ограждений соответствующих СТБ 1300.

Аудит безопасности дорожного движения

С целью оценки эффективности работы дорожных организаций в части обеспечения безопасности дорожного движения разработаны системы аудита по следующим направлениям: реализации проектных решений; аудит нормативной базы и выполнения требований технических нормативных правовых актов; аудит системы учета ДТП; мониторинг наличия и состояния ТСОДД (технические средства организации дорожного движения).

Заключение

Все вышеприведенные инновационные технологии прошли широкую производственную апробацию, актуализированы в соответствующих нормативных документах. Однако эффективность их применения может быть достигнута лишь при условии наличия высокого уровня проектной и технологической документации, исходных материалов, в первую очередь щебня и битума, стабильных физико-механических свойств.