

тиментов. Расчетная схема рамы двухосного прицепа-сортиментовоза включает 25 элементов, ограниченных 24 узловыми точками. Места крепления к раме подкатной тележки и задней подвески смоделированы в узлах 5, 22, 24.

Расчет производился на полную полезную нагрузку от пакета сортиментов  $P=150$  кН. Напряжения определялись для четырех точек контура сечения элементов конструкции рамы.

Результаты прочностного расчета представлены в виде распределения напряжений (МПа) в раме прицепа-сортиментовоза на рис. При этом для лонжерона приведены максимальные значения напряжений, возникающих в верхних и нижних полках. Эпюра напряжений имеет вид кривой, которая характеризуется максимумами в средней части лонжерона (элемент 12,  $\sigma_{\max}=37$  МПа) и у переднего кронштейна рессоры (стержень 21,  $\sigma_{\max}=47$  МПа). По сравнению с лонжероном поперечины нагружены значительно ниже. Минимальные значения напряжений имеют поперечины, расположенные в начале (стержни 1, 4, 7) и конце лонжерона (элементы 19, 22, 24). Диапазон изменения напряжений в них составляет от 5 до 14 МПа. Несколько выше нагружены средние поперечины. При этом максимальное напряжение  $\sigma_{\max}=22$  МПа приходится на третью поперечину, которая расположена на лонжероне и является основанием коникового устройства. В связи с незначительной нагруженностью поперечных балок следующим вариантом расчета исследовалась возможность применения для поперечин второго типа уменьшенного коробчатого сечения размером  $140 \times 120 \times 5$  мм. В этом случае максимальные напряжения в лонжероне возросли у переднего кронштейна задней подвески до 49 МПа, а нагруженность средних поперечин, воспринимающих нагрузку от пакета сортиментов, составила 24...27 МПа. Из приведенных данных видно, что в целом несущая система нагружена незначительно и имеет достаточный запас прочности.

УДК 625.7/8.004(075.8)

И.И. Леонович, профессор; С.В. Богданович, аспирант;  
П.С. Бобарыко, доцент

### **ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СОДЕРЖАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

The main directions of new technologies of repair of road pavements covers are considered in the article. These technologies are applied on main and local roads Republic of Belarus.

Дорожно-транспортный комплекс занимает одно из ведущих мест в экономике нашей страны. В его состав кроме дорог общего пользования входят также ведомственные дороги и городские транспортные коммуникации.

По состоянию на 1.01.2001 г. протяженность дорог общего пользования составляла 74.3 тыс. км, что соответствует 358 км на 1000 км<sup>2</sup> территории и около 7.5 км на 1000 жителей. Более 67% дорог имеют цементно- и асфальтобетонное покрытие. На 830 км дорог проезжая часть включает четыре и более полос движения.

Территорию Беларуси пересекают два трансъевропейских транспортных коридора: № II (Брест - Минск - граница Российской Федерации) и № IX (граница Российской Федерации - Витебск - Гомель - граница Украины) с ответвлением IXВ (граница Украины - Минск - граница Литвы). Для обеспечения строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог создана развитая сеть промышленных баз по выпуску дорожно-строительных материалов и изделий, заводов по производству дорожных машин и оборудования.

Комитет по автомобильным дорогам, облдорстрой и подведомственные им дорожно-эксплуатационные организации постоянно ведут огромную разностороннюю работу по поддержанию дорог в требуемом эксплуатационном состоянии. Развивается материально-техническая база, внедряются новые машины и механизмы, совершенствуется структура управления, повышается эффективность использования производственных фондов.

В то же время сеть автомобильных дорог страны не в полной мере соответствует предъявляемым требованиям. По данным исследований РУП "Белдорцентр", более 35% республиканских дорог имеют дефекты на проезжей части и недостаточную ширину покрытия, на 14% протяженности не обеспечена ровность, 5% дорог имеют недостаточную прочность и 3% имеют недостаточный коэффициент сцепления. Не лучшее положение складывается и на сети местных дорог, которые находятся в ведении облдорстроев. Кроме того, более 36% протяженности дорог имеют гравийное и грунтовое покрытие, которое не отличается достаточной стабильностью как в период переувлажнения, так и в сухой период.

Недостаточное финансирование дорожных организаций приводит к ежегодному недоремонту автомобильных дорог, а следовательно, сопровождается прогрессирующим ухудшением их транспортно-эксплуатационного состояния. Для того чтобы преодолеть финансово-экономические трудности, исключить снижение качества дорог и вывести дорожную отрасль в ранг высокоэффективных, необходимы как меры изменения инвестиционной политики, так и дальнейшее совершенствование технологии строительства, ремонта и содержания дорог.

Современная концепция дорожной отрасли заключается в сохранении и поддержании существующей сети дорог. В условиях ограниченных финансовых возможностей это направление можно считать правильным. Однако без дальнейшего развития дорожной сети, коренной модернизации местных дорог наша страна не сможет успешно развивать сельское хозяйство, обеспечивать межрайонные транспортные связи, необходимые для подъема

культуры и благосостояния народа, функционирования устойчивых рыночных отношений между всеми субъектами хозяйствования.

С учетом географического положения нашей страны и тенденции развития ее экономики перед дорожной отраслью стоят две равновеликие задачи:

1) повышение эффективности работ по ремонту и содержанию дорог, как необходимого условия рационального и экономного расходования средств дорожного фонда на уже существующую сеть дорог;

2) осуществление нового дорожного строительства на высоком научно-техническом уровне при обеспечении необходимой надежности и долговечности дорожных сооружений, экономии средств на сооружение и ремонт в процессе предстоящей их эксплуатации.

Обе эти задачи тесно связаны между собой и требуют от работников дорожной отрасли разработки и внедрения новых энерго- и ресурсосберегающих технологий при выполнении всего комплекса дорожных работ.

Основными направлениями развития и совершенствования дорожных работ можно считать:

1) применение строительных материалов и конструкций, наиболее полно отвечающих условиям их работы в дорожных сооружениях под воздействием постоянно возрастающих внешних транспортных нагрузок и достаточно сложных в условиях республики природно-климатических факторов;

2) создание и использование машин и механизмов, которые обеспечивали бы требуемое качество работ при оптимальных затратах энергетических ресурсов и соответствовали бы современным экологическим, эргономическим и иным требованиям;

3) расширение контроля за состоянием дорог, прогнозирование их надежности и долговечности. Контроль за качеством проводимых ремонтных работ. Кардинального решения требует проблема контроля качества материалов;

4) обоснование организационных принципов производства работ с учетом свойств материалов, конструктивных и эксплуатационных качеств машин, особенностей дорожных объектов и погодных условий; обоснованные организационные принципы должны быть сформулированы в технологических правилах и картах, обязательных для соблюдения в процессе производства работ;

5) улучшение подготовки по проблемам новой технологии и техники инженерно-технических работников и исполнителей всех звеньев производственной цепочки.

Следует отметить, что технология как наука о совокупности организационно-технических приемов, выполняемых в определенном режиме и последовательности, в процессе производства готовой продукции находится в постоянном развитии. В полной мере это относится и к работам по ремонту

автомобильных дорог. Еще в недавнем прошлом дорожные ремонтные работы выполнялись ремонтными бригадами с использованием простейших приспособлений и преобладанием ручного труда.

В настоящее время все основные работы механизированы и выполняются комплексными бригадами, располагающими транспортными средствами, электро- и пневмоинструментом, сложными дорожно-ремонтными многофункциональными машинами. Основой для внедрения прогрессивных технологий производства дорожных работ явилось развитие дорожно-машиностроения. В настоящее время дорожные машины выпускают производственно-конструкторское машиностроительное предприятие "Белдортехника", ОАО "Амкодор", Мозырский завод мелиоративных машин, ГП "Дорвектор", Фанипольский ОМЗ и др. Производство дорожно-строительных материалов организовано на многочисленных АБЗ, эмульсионных заводах, а конструкций - на Фанипольском заводе ЖМК и др.

Прогрессивными дорожно-строительными материалами являются кубовидный щебень, модифицированные битумы, битумные катионные эмульсии, холодные эмульсионно-минеральные смеси, латексные битумные эмульсии, литые асфальтобетоны, геотекстильные материалы, а также элементы дорожных металлических ограждений с цинковым и полимерным покрытием, дорожные знаки повышенной стойкости к механическим и атмосферным воздействиям и др.

Одновременно с разработкой и внедрением новых материалов развиваются и технологии их применения.

Так, для устройства верхнего слоя асфальтобетонного покрытия, а также для профилактической защиты верхнего слоя эксплуатируемых покрытий прогрессивным является метод "Сларри Сил". Он основан на машинном способе укладки суспензии, состоящей из заполнителя, наполнителя, воды, битумных эмульсий и по мере необходимости активных добавок. Слой 2-4 см в результате распада эмульсии через 1-2 часа стабилизируется, и по нему разрешается движение автомобильного транспорта, который уплотняет его. Технология "Сларри Сил", по сравнению с использованием горячих асфальтобетонных смесей, имеет целый ряд преимуществ, а именно: меньший расход битумного вяжущего; улучшение сцепных свойств покрытий; простота и высокая скорость нанесения покрытия; исключение газовых выбросов, загрязняющих окружающую среду; снижение себестоимости.

Прогрессом в деле ремонта асфальтобетонных покрытий явилось применение технологии регенерации. Разновидности этой технологии - термопрофилирование, термогомогенизация, термоукладка, термосмещение, термопластификация и др. позволяют максимально учесть особенности восстановления верхнего слоя асфальтобетонного покрытия и требования, которые предъявляются к этому покрытию. Развитию этой технологии способствуют специальные фрезерные, асфальто-разогревательные, термосмесительные и другие машины. Регенерация позволяет не только улучшить свой-

ства защитного слоя, ликвидировать шелушение и мелкие повреждения поверхности, но и существенно исправить профиль дороги при наличии колеи, наплывов и других дефектов. Кроме того, она не требует большого количества новых материалов, т.е. является ресурсосберегающей.

Поверхностная обработка дорожных покрытий успешно может служить при использовании фракционированного щебня. ПРСО «Минскоблдорстрой» с использованием дробильно-сортировочной установки наладило выпуск щебня фракций 4-6.3 и 6.3-10 мм, который используется многими ДРСУ. Это позволило значительно улучшить качество ремонтных работ. РУП «Гродноавтодор» успешно применяет для устройства поверхностной обработки белый щебень, освоив и внедрив установку для его мытья. Технология позволяет экономить битум и, следовательно, снизить финансовые затраты.

Ямочный ремонт асфальтобетонных покрытий может быть успешно выполнен методом пропитки засыпанного в яму щебня битумной эмульсией или заполнения возникающих на поверхности ям эмульсионно-минеральными смесями. Установка на базе автомобиля ЗИЛ-ММЗ-550 позволяет механизировать достаточно трудоемкие работы. Проведение ямочного ремонта с использованием битумных эмульсий и ЭМС имеет ряд преимуществ (экономия битума, снижение энергозатрат, улучшение экологической обстановки и др.) по сравнению с использованием для этих целей горячих асфальтобетонных смесей.

На улицах г. Минска и на ряде магистральных дорог для ремонта асфальтобетонных покрытий в настоящее время широко применяются литые асфальтобетоны. Эта технология отличается простотой и позволяет в условиях интенсивного движения оперативно решать вопросы текущего ремонта проезжей части улиц. Движение по отремонтированному участку открывают сразу после остывания уложенной смеси до 50-60 °С.

Отдельную значительную проблему представляет передача внутрихозяйственных дорог в местную сеть. С 1997 г. более 22 тыс. км внутрихозяйственных дорог вошло в сеть дорог общего пользования. Однако многие из них часто имеют только общее направление. При этом отсутствует земляное полотно, дорожная одежда, системы водоотвода. По некоторым из дорог проезд невозможен уже после дождя средней интенсивности.

Очевидно, что доведение таких дорог до требований даже V категории потребует значительных затрат. В условиях роста цен на нефтепродукты первостепенное значение приобретает применение альтернативных, не связанных с битумными материалами технологий. Между тем этот вопрос давно успешно решается в странах Западной Европы, где на дорогах местной сети широко используются цементобетонные покрытия. Преимущества таких покрытий неоспоримы: как минимум 30 лет эксплуатации, низкая стоимость содержания, устойчивость против колееобразования, высокая прочность, хорошие сцепные качества, хорошая видимость поверхности в

неблагоприятных атмосферных условиях. Цементобетонные покрытия способны выдерживать высокие осевые нагрузки: правильно запроектированная конструкция может обеспечить длительный срок эксплуатации даже при нагрузках 13 т/ось. Согласно данным немецких исследователей, через 23 года эксплуатации только 5% бетонных покрытий требуют ремонта. Для асфальтобетонных дорог этот показатель составляет 80-100%.

Характерным является пример Бельгии, где около 60% сельских дорог имеют бетонное покрытие. Основная их протяженность была построена в начале 50-х годов. Сейчас, при сроке службы 40-50 лет, большинство из них в отличном состоянии.

Бельгийский опыт строительства местных дорог с бетонным покрытием тщательно изучается и используется в Польше, где в условиях крупномасштабного реформирования дорожного хозяйства вопросы снижения стоимости эксплуатации особенно актуальны.

В нашей стране собственное цементное производство создает все предпосылки для более активного использования бетона в дорожном строительстве.

Основной сложностью являются высокие требования к качеству бетонной смеси и созданию бетонной поверхности. Особенности материалов таковы, что стоимость исправления ошибок очень высока. В наших климатических условиях следует также использовать воздухововлекающие добавки, что даст определенную устойчивость против замерзания/оттаивания, а также против действия противогололедных средств. Выполнение этих незначительных требований компенсируется высоким сроком службы покрытия, недостижимым при применении битумных материалов.

В процессе эксплуатации цементобетонных покрытий возникают разрушения деформационных швов, трещины, выбоины, сколы. На поверхности покрытия может иметь место шелушение, выкрашивание и другие дефекты. Новые технологии основаны на применении комплекса машин для выполнения подготовительных работ, а также машин для герметизации швов и трещин, замены плит или отдельных разрушенных их частей, устройства поверхностных защитных слоев, выполнения всего комплекса работ по инженерному обустройству дороги.

Несомненный эффект при ремонте цементобетонных покрытий дает устройство защитных слоев износа по мембранной технологии. Защитные слои устраиваются в виде поверхностной обработки или тонкого защитного слоя по трещинопрерывающей прослойке-мембране из битумополимерного вяжущего. Применение битумополимерных мембран позволяет предотвратить преждевременное, по сравнению с обычными защитными слоями, образование отраженных трещин.

Новые технологии ремонта цементобетонных покрытий в условиях Беларуси были использованы при выполнении работ по модернизации автомо-

бильной дороги М-1/Е30 и на ряде дорог местной сети и подтвердили свой высокий технический уровень.

Среди новых технических и технологических решений можно отметить и работы, которые проводятся дорожными организациями Республики Беларусь по обновлению и повышению эксплуатационных качеств местных, преимущественно гравийных дорог, созданию центров по производству битумных катионных эмульсий, производству и восстановлению дорожных знаков и элементов металлических ограждений автомобильных дорог.

Таким образом, по всем основным направлениям совершенствования качества автомобильных дорог республиканского и местного значения существуют и используются на практике новые технологические решения, которые связаны единством новых материалов, техники и организации работ. Дальнейшее развитие технологии ремонта автомобильных дорог будет базироваться на новейших машинных комплексах, высокоэффективных строительных материалах, надежных методах пооперационного контроля производственных процессов и передовых методах организации труда.

УДК 625.70

С.В. Богданович, аспирант

### **ПРИНЦИПЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ**

The system of the forecast of main parameters of a condition of pavements is considered in the article. The forecast is based to use of the information about a condition of pavements after some years.

Принятие многих технических и управленческих решений, связанных с содержанием и ремонтом автомобильных дорог очень часто требует знания будущего состояния покрытий. В качестве инструмента для получения такого знания выступает прогнозирование. Оно является ключевым в системах управления состоянием дорожных покрытий, в расчетах теории надежности применительно к покрытиям. Наиболее актуальным является прогнозирование основных транспортно-эксплуатационных показателей: прочности, ровности, сцепных качеств, дефектности.

В настоящее время в мире сложилось множество прогнозных моделей для различных показателей состояния дорог. Практически в каждой системе управления состоянием покрытий используются свои модели прогноза. Большое разнообразие моделей объясняется значительной сложностью вопроса: изменение состояния покрытий зависит от многих случайных факторов, значимо различающихся даже для одной дороги. В то же время имеются прогнозные системы, претендующие на универсальность. Наиболее известными являются модели НДМ. В качестве примера можно привести формулу регрессии ровности из НДМ: