

водитель как бы «набирает опыт», учится на своих и чужих ошибках и постепенно выучивается принимать правильные решения – если не оптимальные, то почти оптимальные.

Анализ существующих методов оптимального распределения инвестиционных ресурсов в реконструкцию, ремонт и содержание автомобильных дорог показал, что наиболее приемлемым является использование метода динамического программирования. Однако во всех рассмотренных существующих методиках не учитывается комплексное решение задачи на сети дорог с учетом их состояния, выделенных инвестиций, сроков проведения ремонтов, способов и методов организации работ.

УДК 625.089.2.

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

*В. А. ДОВГЯЛО, Д. И. БОЧКАРЕВ, Ю. А. ШЕБЗУХОВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта*

Состояние автомобильных дорог оказывает существенное влияние на безопасность движения по ним. Под влиянием внешних и внутренних (обусловленных физико-механическими свойствами материалов) нагрузок в покрытии постепенно развиваются усталостные явления, физический износ, сдвиговые деформации. Указанные дефекты приводят не только к снижению устойчивости транспортного средства при движении, но также и к снижению скоростей транспортных потоков, что в свою очередь увеличивает себестоимость грузоперевозок.

В сложившейся ситуации оптимальным выходом является применение технологий регенерации, предусматривающих рециклирование верхнего слоя старого покрытия с обогащением его добавками нового материала и модифицирующих добавок и укладкой на месте. Эти технологии позволяют максимально использовать материал существующего покрытия, значительно сократить транспортные расходы, улучшить характеристики верхнего слоя покрытия.

Для повышения надежности и долговечности покрытий в настоящее время находят все большее применение асфальтобетонные смеси, модифицированные добавками различного происхождения. Кроме того, повышенное внимание к вопросам охраны окружающей среды, а также необходимость решения проблемы утилизации техногенных отходов являются причиной возрастания роли новых энергоресурсосберегающих технологий, в рамках которых большое значение приобретает применение вторичных материалов.

Известны способы модифицирования асфальтобетонной смеси путем введения в нее добавок полимерного и органического происхождения. Модифицированные таким образом асфальтобетонные смеси отличаются достаточно высокими физико-механическими свойствами и низким водонасыщением. В качестве модификаторов асфальтобетонных смесей нашли применение пенополистирол, соль алюминия  $Al_2(SO_4)_3$ , отходы производства стекловолокна, мелкодисперсная резина, фосфогипс и другие добавки. Так, например, при введении в асфальтобетонную смесь порошка фосфогипса значительно снижается дисперсность всей системы, так как он заполняет поры между более крупными фракциями минерального материала (щебня), что повышает плотность смеси и, как следствие, ее физико-механические показатели. Кроме того, повышается суммарная поверхность зерен минеральной части, что способствует более эффективному переводу битума из объемного состояния в пленочное. Адсорбция фосфогипсом битума также препятствует при повышении температуры миграции его на поверхность дорожного покрытия.

Термогравиметрический анализ показал, что уже на первой стадии термической обработки в области температур 150–180 °С образуются продукты, обладающие вяжущими свойствами. Кроме того, в процессе укладки асфальтобетонной смеси происходит прессование термообработанного фосфогипса, что приводит к образованию композитов, обладающих высокими физико-механическими свойствами.

Технологический процесс приготовления модифицированной асфальтобетонной смеси не отличается от существующего, что обеспечивает простоту его реализации на современных асфальтосмесительных установках.

Реализация технологии модифицирования асфальтобетонных смесей возможна при их получении в смесителе непрерывного действия, что особенно актуально для технологических процессов *Remix* и *Remix plus*, осуществляемых ремиксерами, вследствие непостоянства рецептурных подборов, температуры и времени смешения компонентов смеси, обусловленных непрерывно изменяющимися свойствами перерабатываемого покрытия, а также параметрами функционирования рабочих органов и скорости движения ремиксера, что может приводить к нестабильности состава асфальтобетонной смеси и адгезионных связей между ее компонентами и, как следствие, – к снижению физико-механических характеристик и долговечности отремонтированного покрытия.

Таким образом, применение модифицирующих добавок в технологиях регенерации асфальтобетонных покрытий оправдано положительным влиянием, оказываемым на характеристики асфальтобетонных смесей, и возможностью решения экологической проблемы утилизации химических отходов. Реализация данной технологии не потребует существенной модернизации существующего оборудования по рециклингу асфальтобетонных смесей.

УДК 625.12

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА СЛАБЫХ ОСНОВАНИЯХ

*Н. А. ЖЕЛЕЗНЯКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорт*

При проектировании любого инженерного сооружения особое внимание уделяется обеспечению его надёжности и безопасной работы в течение всего срока службы. Не являются исключением и автомобильные дороги. Дорожная конструкция состоит из следующих основных элементов: земляное полотно, дорожная одежда, искусственные сооружения и обустройство дороги. Состояние каждого из этих элементов, безусловно, оказывает влияние на безопасность и надёжность дорожной конструкции в целом. Однако именно от стабильной работы земляного полотна зависит надёжность будущей дорожной одежды, неудовлетворительное состояние которой является самой распространённой причиной дорожно-транспортных происшествий, произошедших из-за неблагоприятных дорожных условий. В свою очередь надёжность земляного полотна будет напрямую зависеть от прочности находящегося в его основании грунта.

Насыпи, возведённые на слабых основаниях (торфах, сапропелях, илах, солончаках, лессовых грунтах, переувлажнённых глинистых грунтах, иольдиевых глинах и др.), могут значительно проседать из-за уплотнения грунта основания под давлением и его выжимания в стороны из-под насыпи. Деформации чаще всего происходят в период строительства или вскоре после возведения насыпи, но в некоторых случаях могут возникать и во время последующей эксплуатации, например при длительной стоянке тяжёлых транспортных нагрузок, на насыпях, отсыпанных на болоте, или в результате застоя воды около насыпи на просадочных грунтах. Такие процессы могут привести к разрушению и дорожной одежды, и искусственных сооружений, и элементов обустройства, находящихся в пределах земляного полотна. Движение по таким участкам представляет большую опасность. Из-за нарушения проектных геометрических параметров и значительного снижения транспортно-эксплуатационных характеристик дороги возрастает вероятность таких дорожно-транспортных происшествий, как съезд с дорожного полотна и опрокидывание транспортных средств.

Избежать всех этих неприятных последствий можно, проложив трассу в обход заболоченного участка или произведя полное (частичное) выторфовывание. Однако оба этих варианта приводят к увеличению объёмов работ и, как следствие, к удорожанию строительства в целом. Также возрастает энергоёмкость работ, что идёт вразрез с требованиями Директивы № 3 Президента Республики Беларусь А. Г. Лукашенко. На фоне этого использование слабого грунта в качестве основания выглядит более привлекательно при условии обеспечения надёжности и