

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Леонович И. И., Белорусская государственная
политехническая академия,
г. Минск, Республика Беларусь*

В системе дорожно-транспортного комплекса автомобильные дороги занимают ведущее положение. По состоянию на 1 января 2001 г. в нашей республике эксплуатировалось 74,4 тыс. автомобильных дорог общего пользования, из которых 15 345 км составляли дороги республиканского значения и 59 040 км – дороги местного значения. Дороги с твердым покрытием составили 66,3 тыс. км или 89,1% от общей протяженности. Среди них: цементобетонные – 2,1%; асфальтобетонные – 54,2; черные гравийные и черное шоссе – 2,1; белое шоссе (щебеночное шлаковое) и мостовые – около 0,5; гравийные – 30,2 и грунтовые – 10,9%. Внутрихозяйственные дороги достигали 120 тыс. км, а городские дороги и улицы 10 тыс. км.

Результаты обследования дорог республиканского значения, проведенные РУП “Белдорцентр” в последние годы, показывают, что 26,4% протяженности дорог имеют недостаточную ширину покрытия; 4,7% не соответствует прочности, 14,7% не соответствует требуемой ровности покрытия, 2,5% требуют усиления гравийного покрытия, а 3,1% имеет коэффициент сцепления ниже нормативного. Эти показатели свидетельствуют, что надежность автомобильных дорог недостаточная, что дорожные организации и по ряду организационно-технических причин несвоевременно выполняют работы по устранению и предотвращению дефектов, которые в итоге приводят к отказам в функционировании дорожных сооружений. Совершенствование системы управления качеством автомобильных дорог связано со многими проблемами, среди которых важное значение имеют теоретические положения надежности и долговечности дорог.

Надежность – это свойство дороги сохранять во вре-

мени в установленных пределах значение всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях эксплуатации и принятой системе содержания и текущего ремонта.

Надежность дороги может быть оценена как надежность отдельных ее участков или как надежность образующих ее конструктивных элементов. В первом случае отказ одного из участков дороги влечет за собой отказ дороги в целом. Система, при которой отказ одного элемента приводит к общему отказу принято называть нерезервированной. Надежность такой системы характеризуется показателем:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i,$$

где P_i – надежность i -го участка дороги (вероятность безотказной работы); n – число оцениваемого участка.

Во втором случае учитывается надежность элементов дороги (земляное полотно, мосты, трубы, дорожная одежда, инженерное обустройство и др.), а по ним вычисляется надежность дороги, используя формулу:

$$P = \prod_{i=1}^n (P_i)^{b_i},$$

где P_i – надежность i -го элемента с надежностью $b_i = 1$; n – число элементов дороги.

С понятием надежность объектов сопряжены другие эксплуатационные характеристики. Известно, что инженерные объекты подразделяются на ремонтпригодные и неремонтонепригодные. В первом случае, свойства объекта заключаются в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта, а во втором – такая возможность отсутствует. Автомобильные дороги и большинство транспортных объектов обладают ремонтпригодностью, так как их можно отремонтировать, восстановить свойства требуемые для нормальной эксплуатации.

Для транспортных объектов, которые являются потенциальным источником дорожно-транспортных препятст-

вий, важным понятием являются понятия “безопасность”, “живучесть”. Безопасность – свойство дороги при любом ее состоянии не создавать угрозу для жизни и здоровья людей, а также для окружающей среды. Хотя безопасность не входит в общее понятие надежности, однако, при определенных условиях тесно связана с этим понятием. Так, например, отказ может привести к условиям, вредным для людей и окружающей среды, если показатели объекта будут выходить за предельно допустимые нормы.

Понятие “живучесть” занимает пограничное место между понятиями “надежность” и “безопасность”. Под живучестью подразумевается свойство объекта, состоящее в его способности противостоять развитию критических отказов из дефектов и повреждений при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Примером служит сохранение несущей способности дорожной одежды при возникновении в дорожном покрытии температурных или усталостных трещин, размер которых не превышает заданных значений.

В процессе эксплуатации автомобильных дорог под воздействием погодно-климатических факторов и внешних нагрузок транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог изменяются. Следовательно, изменяются их состояния. Различают состояния: исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное, предельное и др.

Фактическое состояние автомобильной дороги по определенному критерию оценивается показателем, который выражает отношение фактического значения рассматриваемой транспортно-эксплуатационной характеристики к нормативному ее значению, т. е. по формуле:

$$K_{с.д} = \frac{X_i(\phi)}{X_i(n)},$$

где $X_i(\phi)$ – фактическое значение рассматриваемой транспортно-эксплуатационной характеристики; $X_i(n)$ – то же нормативное ее значение.

Для оценки состояния дороги в целом можно использовать комплексный показатель, аналитическая зависимость которого имеет вид:

$$K_{\text{с.д.}(\kappa)} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi(\phi)bi}{\sum_{i=1}^n Xi(n)bi} *$$

где bi – коэффициент весомости соответствующего показателя качества.

Определяющим фактором при оценке состояния автомобильной дороги является наличие определенного вида дефекта. Под дефектами подразумевается каждое отдельное несоответствие объекта установленным требованиям. Они могут быть конструктивными (проектными), производственными, технологическими и эксплуатационными. К конструктивным (проектным) дефектам относят те дефекты, которые были допущены в процессе разработки проекта в силу неправильного использования технического задания, нормативной документации, ошибочности в вычислениях. Производственные дефекты возникают в результате несоответствия требованиям проектной документации, фактически реализованных технических решений (ширина земляного полотна, уклон дороги, радиус закругления и т. д.). Технологические дефекты обусловлены нарушением технологической дисциплины, несоблюдение технологических правил и режима производства работ.

В процессе эксплуатации дороги возникают дефекты, которые являются следствием старения материалов, износа конструкции, влияния погодных-климатических факторов и других причин. Их можно назвать эксплуатационными дефектами.

По значимости и их месте в системе оценки состояния объекта дефекты подразделяются на явные, скрытые, значительные, малозначительные, критические, устранимые и неустраняемые.

Для определения дефектности объектов, сооружений используется коэффициент дефектности. Для его вычисления используется формула:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a m_i v_i,$$

где n – выборка из рассматриваемого объекта продукции (например, км дороги); α – количество анализируемых дефектов (видов дефектов); m_i – число дефектов каждого вида в выборке; v_i – коэффициент весомости соответствующих видов дефектов.

Относительный коэффициент дефектности (Q) можно вычислить по формуле:

$$Q = \frac{D}{D_6}$$

где D_6 – базовое значение коэффициента дефектности, соответствующее определенному базовому периоду развития науки и техники.

Возникающие в дорожной конструкции дефекты приводят к отказам. Отказом называется событие, при котором нарушается работоспособное состояние объекта вследствие недопустимого изменения его параметров или свойств под влиянием внутренних физико-химических процессов или внешних механических, климатических или иных воздействий. Критерии отказа зависят от особенностей и характера рассматриваемого объекта. Однако, во всех случаях под критерием отказа можно понимать признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния объекта, установленные в нормативно-технической (проектной) документации.

Причинами отказа являются явления, процессы, события и состояния, вызвавшие возникновение отказа. Последствия отказа могут быть самые различные в зависимости объекта и значимости отказа. Отказы классифицируются по ряду признаков – уровню прямых и косвенных потерь, трудоемкости восстановления работоспособности и т. п. Критичность отказа – это совокупность признаков, характеризующих последствия отказа. При определении отказов можно учитывать следующие их разновидности: ресурсный – отказ, в результате которого объект достигает предельного состояния; независимый – отказ, не обусловленный другими отказами; зависимый – отказ, обусловленный другими отказами; внезапный – отказ, характеризующийся скачкообразным изменением одного

или нескольких параметров; постепенный – отказ, возникающий в результате постепенного изменения значений одного или нескольких параметров объекта; промежуточный – многократно возникающий, самоустраняющийся отказ одного и того же характера; явный – отказ, обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования при подготовке объекта к приемке в эксплуатацию; скрытый – отказ, не обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностированием по выявленным при проведении технического обслуживания или специальными методами диагностики; конструктивный – отказ, возникающий по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленных правил и норм проектирования и конструирования; производственный – отказ, возникающий по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленного процесса строительства или ремонта объекта; эксплуатационный – отказ, возникающий по причине, связанной с нарушением установленных правил и условий эксплуатации; деградиационный – отказ, обусловленный естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и норм проектирования, строительства и эксплуатации.

Безотказная работа автомобильной дороги, как правило, обеспечивает ее долговечность.

Под долговечностью следует понимать способность дороги длительное время сохранять свои эксплуатационные свойства (прочность, износостойкость, ровность и др.) и обеспечивать безопасное движение автомобилей заданной интенсивности с уникальными нагрузками и скоростями. Долговечность неразрывно связана с ее работоспособностью. Можно выделить для оценки работоспособности отдельные сооружения (мост, трубы, путепровод и др.) или элементы дороги (дорожная одежда, дорожное покрытие, система водоотвода, система инженерного обустройства и др.). В этом случае работоспособность сооружения – это его способность обеспечивать возлагаемые на него функции, без нарушения правил технической эксплуатации, технической и экологической безопасности. Работоспо-

способность элемента дороги (дорожной одежды, дорожного покрытия и др.) – это способность обеспечивать регулярное и безопасное движение автомобилей с заданными параметрами транспортных потоков – интенсивностью скорости, осевыми нагрузками.

Для оценки долговечности дорог и отдельных их сооружений и элементы можно использовать такие понятия как наработка на отказ, срок службы до критического состояния и др. Нарботка – это суммарная масса грузов (брутто), которые дорога может пропустить до отказа или до критического состояния, при котором дальнейшая ее эксплуатация невозможна или не целесообразна. Определяется по формуле:

$$N_Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_t = \sum_{i=1}^t Q_i,$$

где Q_i – объем перевозок в i -ом году эксплуатации; t – срок эксплуатации дороги в работоспособном состоянии.

Прямым критерием долговечности является срок службы дороги или отдельного ее сооружения. Под сроком службы следует понимать промежуток времени, в течение которого дорога может устойчиво функционировать при условии проведения необходимых работ по ее содержанию и текущему ремонту. Так как дорога относится к ремонтно-пригодным объектам, то по истечению срока службы ее необходимо ремонтировать. Промежуток времени между сдачей дороги в эксплуатацию или между двумя смежными ремонтами называется межремонтным сроком. Ремонты подразделяются на капитальный и средний, а, следовательно, устанавливаются сроки эксплуатации между капитальными и средними ремонтами. Установление оптимальных межремонтных сроков является важнейшей технико-экономической задачей управления дорожным хозяйством.

Надежность и долговечность автомобильных дорог зависит от обоснованности принятой конструкции, качества использованных материалов, соблюдения технологических требований, других организационных и технологических особенностей проектирования, строительства и эксплуатации дорог. Основными путями повышения на-

дежности и долговечности можно считать: на стадии проектирования дороги и отдельных их объектов – использование новых материалов, обладающих улучшенными физико-техническими характеристиками, и новых изделий, обладающих повышенной надежностью по сравнению с ранее существующими; применение принципиально новых конструктивных решений, которые при оптимальном расходе материалов и энергоресурсов обеспечивали бы высокие технико-экономические качества сооружений; обоснование оптимальной технологии производства и наиболее эффективных средств защиты от неблагоприятных внутренних и внешних воздействий; использование надежных методов контроля проектных решений, позволяющих не только оценивать уровень принимаемых технических решений, устранять причины возможных отказов в функционировании системы, но и предсказывать будущее состояние объекта в процессе его эксплуатации.

В процессе строительства – использование прогрессивных технологий производства работ; применение эффективных методов контроля качества технологических операций и качества возводимых сооружений в целом; разработка рациональных методов эксплуатации сооружения на начальной стадии после завершения строительства; выявление и устранение скрытых дефектов, которые могут привести к интенсивному разрушению объекта в будущем; проведение тщательного осмотра и испытания сооружения на надежность, исключающих приемку некачественных с позиции надежности транспортных сооружений, и завершающих строительством участков автомобильных дорог.

Во время эксплуатации дороги – обеспечение сохранности от разрушения при прокладке телекоммуникационных линий, проведение текущих и превентивных работ по содержанию дороги в требуемом состоянии; выполнение своевременных диагностических работ как с целью оценки текущего состояния, так и определения прогнозов и недопущения отказов в нормальном функционировании, создания условий для обеспечения требуемых режимов эксплуатации дороги.

Каждый из указанных путей или способов повышения

надежности и долговечности имеет свои организационные, технические, технологические и функциональные аспекты. Чаще всего их надо учитывать комплексно. Разработка же их требует углубленного подхода и может быть эффективно реализована с учетом новейших информационных технологий и накопленного опыта содержания и ремонта автомобильных дорог.

УДК 625.70

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ЦЕМЕНТОБЕТОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

*Леонович И. И., Богданович С. В., Белорусская
государственная политехническая академия,
г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время в Республике Беларусь на дорогах общего пользования имеется 1593 км дорог с цементобетонным покрытием, что составляет 2,1% от общей протяженности сети. В то же время, существуют страны, где этот процент, в особенности на местных дорогах, достигает 50% и более. Наиболее характерным является пример Бельгии. Интересны причины, по которым в этой стране было отдано предпочтение цементобетону при строительстве местных дорог. Значительная их часть была построена в начале пятидесятых годов и финансировалось правительством страны. Однако после сдачи в эксплуатацию, все расходы по содержанию полностью легли на местные власти. Низкая стоимость содержания цементобетонных покрытий явилась в этих условиях основным критерием выбора. Широко распространены цементобетонные покрытия на местных дорогах также в Голландии, Швейцарии, ФРГ.

Преимущества цементобетонных покрытий неоспоримы. К основным можно отнести следующие:

1. Высокая прочность материала – в среднем в 2,5–3,5 раза большая по сравнению с асфальтобетоном. В случае применения новых технологий высокопрочного бетона прочность цементобетонных покрытий может в 7 раз превысить этот показатель у асфальтобетона. Согласно не-