

Ю. В. Буртыль, начальник отдела оценки и планирования РУП «Белдорцентр»

ВЛИЯНИЕ КОЛЕЙНОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ РОВНОСТИ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

On the basis of the received data the preliminary analysis of dependence between flatness of a covering and a track on a covering is lead. Researches allow to predict formations of a track during the various periods of service of road clothes. For a network of republican highways such forecasting is necessary at definition of prime sites of repair.

Введение. Проблема образования колеи и их ликвидации уже длительное время считается одной из важнейших для дорожников многих стран мира. Существующие современные методы измерения колеи позволяют определить протяженность и глубину колеи с высокой точностью. Мероприятия по устранению колеиности предполагают немедленное устранение такого дефекта покрытия после проведения диагностики с обеспечением длительного эффекта. Однако прогнозирование и общая тенденция развития колеиности на участках дорог с определенными характерными условиями движения практически не изучены. Также не изучено влияние основных транспортно-эксплуатационных параметров автомобильной дороги на динамику развития колеи. Возможно предположить изменение ровности покрытия при образовании колеиности, вызванной изменением формы профиля. Предварительные исследования в этом направлении помогут определять проблемные участки дорог с точки зрения образования колеи в течение всего срока службы дорожной одежды.

1. Основные этапы формирования колеи на асфальтобетонном покрытии. Процесс образования колеи на асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог начинается одновременно с открытием движения по дороге. В начале этот процесс идет медленно, затрагивая только верхние слои покрытия, а затем распространяется на другие слои дорожной одежды и далее на земляное полотно. На асфальтобетонных покрытиях под воздействием многократных кратковременных нагрузок происходит деформация материала с образованием углублений и выпиранием гребней по полосам наката (рис. 1). Развивается колееобразование неравномерно в различные периоды года. Особенно интенсивно наблюдается образование колеи в период распутицы и в летний период при высоких температурах покрытия. Процесс формирования колеи условно можно разделить на определенные этапы: доуплотнение покрытия, износ покрытия, накопление остаточных деформаций в покрытии, структурные разрушения покрытия и накопление остаточных деформаций в основании, доуплотнение или накопление остаточных деформаций грунтов земляного полотна [2].

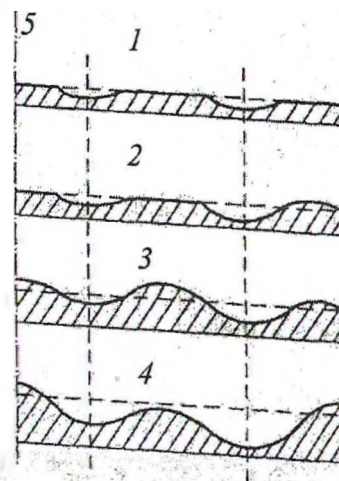


Рис. 1. Формы поперечного профиля проезжей части с колеями:
 1 – углублений по полосам наката;
 2 – углублений по полосам наката с одним гребнем или валом;
 3 – углублений по полосам наката с двумя и тремя гребнями выпирания;
 4 – углублений по полосам наката с общим проседанием поверхности проезжей части; 5 – ось дороги

Одновременно с этим изменяется как поперечная, так и продольная ровность покрытия. Результаты исследований подтверждают закономерности ухудшения ровности покрытия на участках интенсивного образования колеи.

2. Результаты проведения исследований на разных этапах формирования колеи. Для определения зависимости между динамикой образования колеи на различных стадиях ее формирования и регрессией ровности, а также общей тенденции развития колеиности обследовались республиканские автомобильные дороги в различные периоды года. Ровность покрытия и колея на покрытии измерялись одновременно инструментально установкой «Профилограф». Установка смонтирована на микроавтобусе в виде поперечной балки, оснащенной 15 лазерами для измерения продольного и поперечного профилей. Система представляет собой высокоточное оборудование. Схема работы лазерного датчика измерительной лаборатории «Профилограф» представлена на рис. 2.

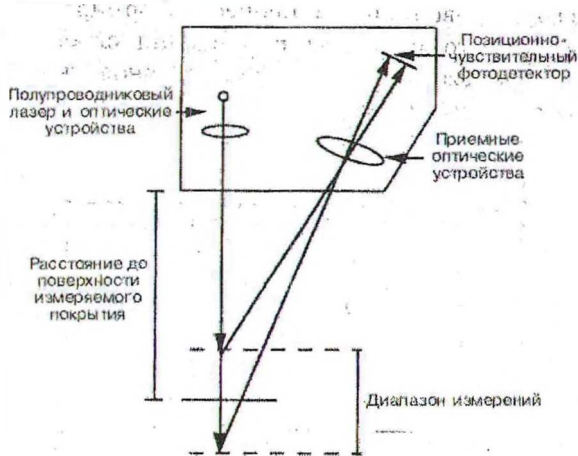


Рис. 2. Схема работы лазерного датчика при определении колеи и ровности на покрытии автомобильных дорог лабораторией «Профилограф»

При различной глубине колеи на покрытии данные лаборатории приводили к единому показателю колеи с использованием коэффициентов влияния. Ровность покрытия оценивалась по международному показателю ровности IRI (м/км).

Начальный этап формирования колеи может проходить уже на первые 100–150 сут эксплуатации автомобильной дороги. При условии недостаточного уплотнения, значительной интенсивности движения (более 750 расчетных автомобилей в сутки) и температуре покрытия более 20°С вероятность возникновения колеи составляет 5% от общего образования колеи. В этом случае глубина колеи в большинстве случаев не превышает 15 мм. Установлено, что ровность покрытия на начальном этапе эксплуатации дороги после проведения капитального ремонта составляет IRI = 1,5–3,0 м/км на дорогах I–III категории и IRI = 2,5–4,5 м/км на дорогах IV–V категории. Проведено обследование 336 км республиканских автомобильных дорог, входящих в основные маршруты движения тяжеловесных крупногабаритных транспортных средств (ТКТС), где в 2003–2005 гг. проводились капитальные ремонты. В течение последующего года эксплуатации по результатам инструментальных измерений было зафиксировано 7,6 км колеи, что составляет 2,2% от общей протяженности отремонтированных участков. Можно предположить, что при существующей тенденции на вновь введенных участках дороги возможно появление колеи в первый год эксплуатации в объеме 2–3% от протяженности ежегодных введенных в эксплуатацию после капитального ремонта автомобильных дорог. Ровность покрытия в этот период эксплуатации ухудшилась у 13–15% обследованных дорог. Кроме того, в течение первого года эксплуатации на 30–35% обследованных

дорог ровность покрытия улучшилась на 10–15%. На 50–55% протяженности ровность покрытия не изменилась с учетом 5% разброса, вызванного погрешностью при измерении.

Износ покрытия как один из видов его разрушения является причиной образования колеи преимущественно глубиной до 15 мм. Такой вид разрушения покрытия происходит под воздействием касательных напряжений от движущихся транспортных средств и проявляется в уменьшении толщины верхнего слоя покрытия за счет потери им материала в процессе эксплуатации. При этом поверхность покрытия легче поддается разрушению при сильном увлажнении, замерзании воды в порах, перемене температуры, сильном нагревании солнцем, под действием ветра [1]. Износ покрытия происходит равномерно, и колеи в полосах наката появляются уже в течение 2–3 лет, за исключением зимнего периода, где на участках дорог зафиксировано значительное количество автомобилей с шипованными шинами и износ в этом случае возможен быстрее. Участки с колеиностью, сформированной в результате износа, характеризуются наличием таких дефектов покрытия, как выкрашивание, шелушение, наличие нитевидных трещин в колеях. Доля колеи до 15 мм, возникающих из-за износа покрытия, составляет 1,5–2% от общего объема обследуемых дорог. Ухудшение ровности при износе покрытия незначительное и составляет 5–10% от ровности в первый год эксплуатации на автомобильных дорогах с интенсивностью движения более 3000 авт/сут. На автомобильных дорогах с интенсивностью движения менее 3000 авт/сут колеиность, зафиксированная на 3-й год работы покрытия, в большинстве случаев не имеет ярко выраженных первопричин, вызванных износом покрытия. В этом случае установить взаимосвязь между ровностью и величиной колеи не удалось. Колея сформированная на этом этапе на автомобильных дорогах с небольшой интенсивностью образовалась преимущественно за счет накопления пластических деформаций покрытия.

Пластические деформации покрытия, как правило, возникают от многократного приложения кратковременных нагрузок вследствие снижения структурной вязкости асфальтобетона. Увеличение количества приложенных нагрузок в результате их динамического действия наиболее сильно проявляется при высоких скоростях движения, особенно если покрытие имеет неровную поверхность, — при увеличении скорости с 60 до 100 км/ч нагрузка возрастает на 15–20% [3]. В результате происходит накопление вертикальных и горизонтальных остаточных деформаций, сопровождающееся выдавливанием частиц асфальтобетона в стороны.

На данном этапе обследовались участки дорог, на которых в течение 5–6 лет после капитального ремонта не проводились поддерживающие ремонтные мероприятия в виде текущего ремонта. Измерения проводились на автомобильных дорогах I–IV категории с различными значениями интенсивности движения. По результатам обработанных данных колеиность, зафиксированная на опытных участках составила 10–32% от общей протяженности исследуемых участков (таблица).

Таблица
Колеиность на автомобильных дорогах со сроком службы покрытия 5–6 лет

Интенсивность движения, авт/сут	Участки с колеиностью, %
более 3000	19–23
1000–3000	25–32
менее 3000	10–13

Глубина колеи, причиной образования которой являются пластические деформации, зависит от вязкости битума, состава асфальтобетона, толщины асфальтобетона, состава потока. Полученные результаты исследований определили долю колеи с различными глубинами в общем объеме измерений. Колея глубиной до 15 мм составила 85%, 15–30 мм – 13% и колея более 30 мм – 2%. При этом на всех типах дорожных одежд и при различной толщине асфальтобетона указанные пропорции сохраняются. Возможно предположить, что запас прочности на автомобильных дорогах различных категорий снижается пропорционально количеству приложенных нагрузок, т. е. перспективной интенсивности движения. Ровность покрытия на этом этапе работы дорожной одежды резко ухудшается и достигает значений для I–III категорий 5,0–6,0 м/км, для дорог III–IV категорий 6–8 м/км (рис. 3). При структурном разрушении и возникновении остаточных деформаций покрытия и слоев основания под действием многократно прикладываемых нагрузок в слоях дорожной одежды могут сложиться такие условия, при которых вертикальные или горизонтальные напряжения превысят местные предельно допустимые значения напряжений и начнется нарушение сплошности или структуры материала слоя с потерей прочности и сдвигустойчивости. Следствием этого станет ускоренное накопление остаточных деформаций и формирование колеи, которая появится после критического для данной конструкции дорожной одежды числа приложений тяжелой нагрузки.

Глубина колеи при этих условиях может достигать 30 мм и более, что недопустимо по условиям безопасности. Если ремонтные меро-

приятия не проводились в процессе формирования колеи, то процессы разрушения слоев дорожной одежды невозможно остановить, проводя текущий ремонт.



Рис. 3. Распределение протяженности колеи при различных значениях ровности покрытия

Структурные разрушения покрытия происходят равномерно в течение всего года, а в слоях основания они накапливаются главным образом весной, когда прочность дорожной одежды наименьшая. Глубина колеи за счет структурного разрушения зависит от прочности дорожной одежды, трещиностойкости, сдвигустойчивости, срока службы покрытия, загруженности дороги и т. д.

По зарубежным данным, из общего количества случаев образования колеи структурные разрушения отмечаются в 25–35% случаев. В программе НДМ-4, где не учитывается роль земляного полотна, эта доля принята равной 50%. Колея может образовываться за счет накопления остаточных деформаций в одном, двух или во всех слоях дорожной одежды, а также в земляном полотне, и в каждом конкретном случае необходимо выполнить глубокий анализ причин образования колеи, чтобы найти правильное решение по ее устранению или предупреждению.

При данных исследованиях не предоставляется возможным провести анализ изменения структуры покрытия и определить изменение ровности в этих условиях в связи с недостаточным объемом данных. Однако необходимо заметить, что на участках возникновения колеиности более 30 мм ровность покрытия существенно не изменяется по сравнению с данными исследований участков с колеиностью 15–30 мм и составляет 5–6 м/км. Проведение дальнейших исследований с учетом влияния эксплуатационных характеристик автомобильной дороги позволит более детально обозначить предварительно установленные зависимости.

Выводы. Существующие современные методы диагностики позволяют проводить

одновременно измерения ровности и колеевости инструментально. На основании полученных данных проведен предварительный анализ зависимости между ровностью и колеевой на покрытии.

1) На вновь введенных участках дороги возможно появление колеи в первый год эксплуатации в объеме 2–3% от протяженности ежегодных введенных в эксплуатацию после капитального ремонта автомобильных дорог. Ровность покрытия в этот период ухудшилась на 13–15% обследованных дорог.

2) Доля колеи до 15 мм, возникающих из-за износа покрытия, на 2–3-й год эксплуатации составляет 1,5–2% от общего объема обследуемых дорог. Ухудшение ровности при износе покрытия незначительное и составляет 5–10% от ровности в первый год эксплуатации на автомобильных дорогах с интенсивностью движения более 3000 авт/сут.

3) На 4–7-й год эксплуатации автомобильной дороги после капитального ремонта в зависимости от интенсивности движения колеевость образуется на 10–32% обследованных дорог. При этом ровность покрытия ухудшается до $IRI = 5–6$ м/км, являющейся предельным значением ровности для процесса формирования колеевости.

4) Глубина колеи при этих условиях деформации несвязных слоев основания или земляного полотна достигает 30 мм и более, что недопустимо по условиям безопасности. Ровность покрытия принимает значение 5–8 м/км.

Дальнейшие исследования позволят прогнозировать образование колеи в различные периоды службы дорожной одежды. Ровность покрытия характеризует вероятность возникновения колеи, т. е. снижение прочностных характеристик слоев дорожной одежды при достижении критической ровности на покрытии. Для сети республиканских автомобильных дорог такое прогнозирование необходимо при определении первоочередных участков ремонта.

Литература

1. Автомобильные дороги Беларуси: энциклопедия / А. В. Минин [и др.]; под ред. А. В. Минина. – Минск: Беларуская Энцыклапедыя, 2002. – 671 с.

2. Казарновский, В. Д. Проблема колееобразования на дорогах с асфальтобетонным покрытием // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2000. – № 2. – С. 3–4.

3. Васильев, А. П. Эксплуатация автодорог и организация дорожного движения / А. П. Васильев, В. М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1990. – 304 с.