

Применение георадаров для диагностики состояния лесовозных автомобильных дорог

А. Н. Кочанов¹
А. Н. Петров

Петрозаводский государственный университет

АННОТАЦИЯ

Приводится краткое описание существующих методов обследования лесовозных дорог. Дан анализ опыта по применению подповерхностной георадиолокации в дорожном хозяйстве.

Ключевые слова: георадар, обследование и диагностика дорог, дорожная одежда.

SUMMARY

The methods of road inspection and testing are under discussion. The results of providing engineering geophysical surveys in road control analysis are given.

Keywords: georadar, road inspection and testing, road construction.

Для освоения лесных массивов необходима разветвленная сеть лесовозных дорог требуемой плотности. Этот факт не вызывает сомнений. Разработанные и утвержденные программы «О приоритетных инвестиционных проектах в области освоения лесов», а также постановления правительства делают существенный акцент на новом строительстве. Строительство этих дорог имеет своей целью вывозку древесины с лесосек, однако, для доставки ее до конечных потребителей используется сеть дорог местного, республиканского и федерального значения, состояние которых в большинстве случаев вызывает потребность ограничивать либо скорость движения, либо нагрузки. Все сказанное показывает необходимость уделять большее внимание сохранению высоких характеристик дорог, находящихся на стадии эксплуатации. Решение этой задачи возможно при проведении своевременных диагностических работ. Однако имеющиеся в настоящее время методы достаточно трудоемки и требуют значительных материальных затрат. Кроме того, средства, выделяемые на содержание дорог, ежегодно снижаются. Поэтому использование новых методов обследования дорог приобретает ключевое значение, особенно если эти методы позволяют получать достоверные данные в достаточно короткие сроки при минимуме затрат.

Автомобильная дорога с течением времени под воздействием природно-климатических факторов и транспортных средств непрерывно изменяется. На первоначальном этапе эти изменения происходят

непосредственно в слоях земляного полотна и дорожной одежды. Однако при достижении некоторых критических значений они проявляются на покрытии. Появление дефекта служит первым признаком необходимости проведения диагностических работ, по результатам которых будет назначен комплекс ремонтно-профилактических мероприятий. Поэтому от точности полученных диагностических данных зависит правильность решения о назначении вида работ. В случае если появление дефекта будет проигнорировано или будет назначен неверный комплекс работ, это приведет к ухудшению качества дороги и обусловит снижение скорости движения и производительности лесовозных автопоездов, что, в конечном счете, станет причиной увеличения транспортных затрат. Поэтому поддержание дороги в работоспособном состоянии является основной задачей дорожной службы лесозаготовительного предприятия.

Главная цель работ по диагностике заключается в том, чтобы определить фактическое состояние участков и сравнить его с требуемым. Затем для участков, которые по качеству не отвечают требованиям безопасного движения, с заданными скоростями и осевыми нагрузками, выявляются причины снижения качества и разрабатываются меры по его повышению. Перед проведением диагностических работ производят визуальный осмотр дороги с проведением простейших измерений. При этом в случае обнаружения дефекта его положение, описание и размеры фиксируются в журнале. Затем производится обработка всех измеренных дефектов и деформаций, они вносятся в базы данных состояния дороги. Считается, что на основании визуального обследования можно установить объемы планируемых работ. Однако визуальное обследование лишь фиксирует имеющиеся дефекты, при этом причины их возникновения, а соответственно и объемы работ, могут быть различными. Кроме того, данный вид обследования не позволяет выявить скрытые дефекты и процессы, происходящие как в земляном полотне, так и в конструктивных слоях дорожной одежды, которые еще не появились на покрытии.

После производства визуального обследования производят инструментальное обследование дороги. Целью данного обследования является получение объективных данных о причинах возникновения дефектов. Наиболее эффективным способом определения физико-механических свойств материала конструктивных слоев дорожной одежды, уровня грунтовых вод, глубины промерзания, а также толщины дорожной одежды по праву считается бурение скважин с взятием проб. При этом необходимо заметить, что бурение скважин достаточно трудоемко. Кроме того, данные, полученные при определении свойств, могут быть достаточно условны. Согласно действующим нормативам, при инженерно-геологических изысканиях лесовозных дорог количество скважин должно быть не менее 3, а при проектировании насыпи на слабых грунтах не менее 20 на 1 км. Достоверность получаемой информации достаточно низкая и не всегда соответствует реальным проектным условиям.

¹ Авторы – соответственно профессор и аспирант кафедры промышленного транспорта и геодезии.
© Кочанов А. Н., Петров А. Н., 2010

Проблема диагностики является ключевой для службы, занимающейся строительством, ремонтом и содержанием автомобильных дорог. Перед появлением видимых разрушений дорожного покрытия внутри дорожной одежды или земляного полотна протекают скрытые процессы (образование пустот, заиливание дренирующих слоев, переувлажнение грунта земляного полотна, инфильтрация грунтовых вод и т. п.), своевременное выявление которых позволило бы вовремя принимать соответствующие меры. Обычно состояние дорожной одежды оценивают по кернам, полученным в результате ее бурения керноотборником, либо по результатам испытаний приборами динамического и статического нагружения, описанными в ОДН 218.0.006-2002, ОДН 218.1.052-2002. Указанные методы не позволяют получать непрерывную информацию о толщине и состоянии конструктивных слоев дорожной одежды и грунтов земляного полотна. Кроме того, необходимо устраивать контрольные точки, по которым в течение дня берутся пробы грунта с целью определения влажности и других физико-механических свойств конструктивных слоев. Представленные методы статического и динамического нагружения позволяют определить прочностные характеристики конструкции дорожной одежды.

Для определения напряженного состояния конструкции дороги используются тензометрические датчики. Они предназначены для измерения деформаций посредством преобразования усилия в электрический заряд. Для использования тензометрических датчиков необходимо произвести ряд процедур. Сначала эти датчики тарируют, т. е. определяют зависимость между сопротивлением и деформацией и строят графическое отображение данной зависимости. Затем эти датчики закладывают в конструктивные слои дорожной одежды на определенном по глубине расстоянии друг от друга. На заключительном этапе полученные данные анализируют и определяют напряжения в конструкции дорожной одежды, по которым в дальнейшем строят эпюры и решают необходимые задачи. Данный способ достаточно трудоемок и, как и предыдущий метод, позволяет получить данные лишь по конкретно выбранному участку дороги. Кроме того, существует широкий спектр оборудования, который предназначен для обследования покрытия дороги и измерения на нем дефектов, таких как колея, неровности в продольном направлении, шероховатость, сцепные качества и т. д. Но как было отмечено выше, по данным дефектам можно лишь косвенно судить о причинах их образования. Кроме того, эти приборы не позволяют обнаружить скрытые процессы, протекающие в конструкции дороги. Диагностику и обследование дорог, как правило, производят в весенний период после освобождения дорог от снега. Данный период характеризуется минимальной прочностью дорожной конструкции. По этой причине в течение распутицы на большинстве дорог вводятся ограничения на движение транспортных средств.

В настоящее время в связи с ограничением средств на содержание дорог, в том числе и на их диагностику,

актуальными становятся мобильные и экономичные методы и приборы обследования дорожных конструкций, основанные на принципе неразрушающего контроля. Одним из таких приборов является георадар.

Описанные выше методы и устройства по сравнению с георадарами имеют ряд недостатков, связанных с тем, что для получения достоверной информации о состоянии дороги необходимо производить большое количество трудоемких измерений, что, с одной стороны, приводит к увеличению затрат на содержание дороги, а с другой стороны – процесс получения может быть настолько растянут, что данные уже не будут иметь практического смысла. Поэтому георадары являются одним из перспективных видов оборудования. Георадар – устройство, предназначенное для получения трансформированного разреза исследуемой среды. Георадар состоит из одной или нескольких антенн, излучающих и принимающих электромагнитные сигналы, а также генератора, приемника и компьютера [1].

Появились георадары в 70-х годах. Однако широкое распространение они получили недавно. Это связано с тем, что на результаты измерений существенное влияние оказывали внешние источники помех. Кроме того, развитие компьютерной техники не позволяло использовать высокопроизводительные программы по обработке данных. Поэтому процесс обработки радарограмм был достаточно трудоемок. В настоящее время на рынке имеется большое количество производителей, которые предлагают георадары различных моделей, предназначенные для выполнения различных задач. Также появились программы, позволяющие обрабатывать данные полевых измерений, помехозащищенность антенн значительно улучшилась. По результатам георадарных обследований получают непрерывный продольный разрез дорожной одежды и земляного полотна, толщины конструктивных слоев, их влажность и плотность, а также дефекты и неоднородность. Конечную оценку состояния материалов конструктивных слоев дорожной одежды и земляного полотна производят на основе сравнения фактических толщин слоев и проектных значений, а также выявляют наличие пустот, разуплотненных и переувлажненных мест, а также мест скопления пылевых частиц. По результатам исследований, проводившихся в Германии, получены зависимости степени уплотнения от параметров геофизических измерений [2]. Таким образом, георадар предназначен для решения широкого круга вопросов.

Визуальное обследование не всегда может выявить причины образования дефектов. Совместное рассмотрение результатов визуального обследования с результатами георадарного сканирования дает возможность выявить причины возникновения дефектов, вызванных либо изменениями в конструкции дорожной одежды, либо геологическими процессами. Кроме того, на основании результатов обследования можно составить план работ по содержанию дороги

для обеспечения качественного и беспрепятственного движения лесовозных автопоездов.

С помощью георадарной съемки можно решать широкий круг вопросов, таких как определение толщины конструктивных слоев дорожной одежды и их состояния, определение состояния грунтов земляного полотна и основания, определение грунтово-геологических условий, влажности и относительной степени уплотнения, установление уровня грунтовых вод, зон просадочных деформаций, состояния инженерных сооружений. Кроме того, можно решать вопрос сроков весеннего ограничения движения транспортных средств. Это крайне актуально, так как в период весенней распутицы дорожная конструкция обладает минимальной прочностью. В этот же период наблюдаются и наибольшие разрушения дорожных конструкций, снижается несущая способность, что приводит к ограничению движения транспортных средств и закрытию дорог для пропуска тяжеловесных автопоездов. Решение о введении ограничения для движения должно основываться на исследованиях конструкции дорожной одежды. Как отмечается в статье [3], решение о введении ограничения движения транспортных средств в настоящее время принимается заранее и в большинстве случаев не соответствует реальным срокам ослабления конструкции. Нет также и математической модели, позволяющей в зависимости от состояния дорожных конструкций, условий движения, осеннего влагонакопления, зимнего промерзания, а также темпов оттаивания грунтов установить оптимальные сроки закрытия дорог. Данные измерения влажности грунтов земляного полотна с помощью георадара показали большую сходимость с результатом ее измерения термовесовым методом.

В статье [3] показано сопоставление упругой деформации с влажностью грунтов земляного полотна. Оно показало, что наибольшая упругая деформация дорожной конструкции соответствует наибольшей влажности грунтов. Таким образом, автором сделан вывод, что с помощью георадарных технологий можно оценить влажность грунта земляного полотна, тем самым контролировать неразрушающим высокопроизводительным методом сроки ограничения транспортных средств весной. При этом преимуществом георадара является то, что при исследовании дорожных конструкций можно будет выявлять участки с минимальной толщиной конструктивных слоев, либо максимальной влажностью, что будет соответствовать минимальной прочности конструкции в целом. Также на основании георадарных данных пересчетом конструкции дорожной одежды согласно требованиям ОДН 218.046-01 можно будет определить реальную нагрузку на ось автопоезда, которая не вызовет накопления остаточных деформаций в конструктивных слоях.

Георадары позволяют получить полное представление о геологическом строении дорожной конструкции, как в продольном, так и в поперечном направлении. При использовании георадаров инженер получа-

ет продольный разрез по всему обследуемому участку. При этом, согласно [4], при трех скважинах на 1 км дороги погрешность определения толщин не превышает 1–2 %.

Особую трудность вызывает обследование разрушенных или деформированных откосов. Использование георадара позволяет оценить причины возникновения разрушений откосов, определить плоскости скольжения и состояние грунта.

Таким образом, использование георадаров при обследовании состояния дорог позволяет получить достоверные данные о состоянии земляного полотна и дорожной одежды, фактические физико-механические параметры материалов конструктивных слоев. На основании этих данных можно установить причины возникновения дефектов, а также разработать методику принятия необходимых научно-обоснованных решений, направленных на поддержание дорожного покрытия в надежном транспортно-эксплуатационном состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций. М.: Министерство транспорта Российской Федерации (Росавтодор), 2003.
2. Einsatzmöglichkeiten ingenieurgeophysikalischer Methoden zum Feststellen der Verdichtungen bei Erd- und Felsarbeiten im Strassenbau / M. M. Guckelhorn, T. Dorrer, K. Frohlich [et al.] // Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik. 2000. № 792. P. 1–37.
3. Кулижников А. М. Применение георадарных технологий в проектно-изыскательских работах / А. М. Кулижников. М., 2004. 76 с.
4. Кулижников А. М. Экспериментальные исследования состояния дорожных конструкций в период весенней распутицы на федеральных дорогах Московской области / А. М. Кулижников // Новости в дорожном деле. М., 2008. Вып. 5. С. 1–24.