

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ

УДК 625.7/.8

Т. В. Скрыпник, канд. техн. наук¹, В. В. Губа, канд. техн. наук²,
Л. Н. Третьякова²

1 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный
университет (МАДИ)», г. Москва

2 – Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
в г. Горловка

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДОРОГИ

С каждым годом растут требования к оценке качества имеющейся сети автомобильных дорог, и наиболее актуальными вопросами становятся разработка, создание и внедрение новейших методов мониторинга состояния автомобильных дорог. Цель мониторинга автомобильных дорог состоит в своевременном получении точной, полной, объективной и достоверной информации о транспортно-эксплуатационном состоянии дорог, а также об изменении условий их работы. На основе мониторинга выполняется оценка фактического технического состояния автомобильных дорог на соответствие нормативным требованиям документов технического регулирования в сфере дорожного хозяйства.

Ключевые слова: сеть автомобильных дорог, транспортно-эксплуатационное состояние дороги, оценка качества автомобильной дороги, мониторинг автомобильных дорог, цифровая модель дороги

Введение

Национальный проект РФ «Безопасные качественные дороги» включает федеральный проект «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» [1], который предусматривает до конца 2024 года создание цифровых моделей автомобильных дорог (участков автомобильных дорог) общего пользования, федерального, регионального или межмуниципального значения. Данный проект содержит, в том числе, и актуализированную информацию о проведенной диагностике автомобильных дорог, а также об оценке состояния дорог (участков автомобильных дорог).

Постановка проблемы

Автомобильные дороги новых субъектов Российской Федерации общей протяженностью 1039 км по Постановлению Правительства РФ от 14.06.2023 г. перешли в ведение Росавтодора со статусом федеральных: А-258 автомобильная дорога М-4 «Дон» – Кантемировка – Луганск и Р-150 Белгород – Старобельск – Луганск – Донецк – Мариуполь [2].

Автомобильная дорога Р-150 по транспортному коридору Е 40 соединяет г. Дебальцево, а затем по транспортному коридору Е 50 города Донецк, Волноваха и Мариуполь, тем самым обеспечивая транспортировку грузов и перевозку пассажиров к мариупольскому морскому порту и аэропорту.

Кроме перечисленных дорог, в федеральную дорожную сеть войдут дороги ДНР и ЛНР. За счет этого будут продлены существующие дороги: А-260 Волгоград – Каменец-Шахтинский – граница Луганской Народной Республики – до г. Луганск (новое название: Р-260 Волгоград – Каменец-Шахтинский – Луганск) и А-280 Ростов-на-Дону – Таганрог –

граница Донецкой Народной Республики – Симферополь (новое название: Р-280 «Новороссия» Ростов-на-Дону – Мариуполь – Мелитополь – Симферополь). На территориях новых регионов будет сформирована сеть федеральных дорог общей протяженностью 1300,5 км. Вновь образованные дороги переданы под оперативное управление ФКУ ПРДОР «Новороссия». Эксплуатирующая организация данных дорог определила для себя первоочередную задачу оценить транспортно-эксплуатационное состояние и составить инструментально обоснованные планы по реконструкции, ремонту и содержанию, а также формированию цифровых моделей автомобильных дорог [2].

Повышение уровня транспортно-эксплуатационного состояния существующих автомобильных дорог, в свою очередь, гарантирует безопасность движения и повышение качества жизни населения новых регионов России.

Из средств федерального бюджета в 2020 году было выделено 1204,4 млрд руб. для финансирования дорожного хозяйства Российской Федерации. По данным Росавтодора, было выявлено 54,2 % автомобильных дорог (участков дорог) общего пользования, федерального, регионального, а также межмуниципального значения, которые не соответствуют нормативным требованиям.

Анализ публикаций

Для обеспечения нормативного транспортно-эксплуатационного качества автомобильных дорог необходимо вначале оценить состояние имеющейся дорожной сети с использованием инновационных технологий лазерного сканирования. Данными технологиями выполняют измерения линейно-протяженных объектов, которые производятся с движущегося автомобиля со скоростью от 10 до 90 км/ч в зависимости от требуемой плотности измерения «облако точек». Высокочастотный лазерный дальномер, установленный на вращающемся основании («лазерная головка»), производит тысячи измерений и формирует разрез окружающего пространства в одной плоскости [3, 4].

Создание цифровой модели автомобильной дороги предусматривает применение современных методов диагностики и механизмов передачи полученных результатов в Федеральную Государственную информационную систему контроля за формированием и использованием средств дорожных фондов (ФГИС СКДФ), т. е. позволяет проводить обоснованное выделение денежных средств, а также своевременный контроль за их использованием.

Цель исследования

Анализ цифровой модели дороги, которая позволяет оценить жизненный цикл автомобильной дороги в режиме реального времени.

Основной материал

Цифровая модель дороги (ЦМД) позволяет правильно оценивать жизненный цикл автомобильной дороги, проводить распределение и контроль выделяемых средств в разные фазы цикла, определять эффективность их использования в режиме реального времени, т. е. внедрять планирование и автоматизацию процессов принятия управленческих решений.

Для существующих автомобильных дорог новых субъектов Российской Федерации создание такой ЦМД является первостепенной необходимостью. Созданию ЦМД предшествуют полевые работы, при проведении которых выполняется сбор, систематизация и анализ исходных данных о фактическом состоянии и условиях эксплуатации автомобильной дороги. Инструментальная оценка технического состояния дороги позволяет обосновать необходимые технические средства, а также порядок их предоставления [4].

После проведения инструментальной оценки производится компьютерная обработка полученной информации, на основании которой возможно составление технического пас-

порта автомобильной дороги. Составленный технический паспорт дороги в конечном итоге позволяет создать ЦМД для СКДФ. Кроме этого, ЦМД можно использовать для разработки комплексных схем организации дорожного движения, а в дальнейшем для создания инфраструктуры, используемой для движения беспилотных транспортных средств.

Создание ЦМД традиционными способами требует значительных финансовых и временных затрат, при этом не исключены технические ошибки. Необходимость периодического проведения диагностических обследований (дважды в год) требует использовать иные способы создания ЦМД.

С учетом перспективы использования собранных данных по автомобильной дороге желательно на этапе диагностики выполнить дополнение по географическим координатам с точностью не более 1 м. Данное дополнение обусловлено требованием точности, предъявляемым к топографическим планам масштаба 1:2000. На этапе выполнения диагностики автомобильных дорог координатная привязка объектов возможна. В дальнейшем это позволит интегрировать полученные данные в геоинформационные системы и использовать при последующем проектировании.

Для осуществления современных методов диагностики, а также механизмов передачи полученных результатов в систему СКДФ можно применять передвижные дорожные лаборатории и системы мобильного лазерного сканирования.

В Российской Федерации регулярно проводятся сопоставительные испытания передвижных дорожных лабораторий и систем лазерного сканирования [3, 4]:

- в 2012 году Государственной компанией «Автодор» на автомобильной дороге М-4 «Дон»;
- в 2014 году по заказу Федерального дорожного агентства на территории полигона НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» в Дмитровском районе Московской области;
- в 2019 году при содействии Федерального казенного учреждения «Управление федеральных автомобильных дорог «Черноморье»» Федерального дорожного агентства на участке автомобильной дороги А-146 Краснодар – Верхнебаканский с км 109+500 по км 113+100, расположенном в Крымском районе Краснодарского края.

Основными критериями, которые учитываются при проведении сопоставительных испытаний, являются:

1. Оценка точности определения пространственного положения (плановое и высотное положение) объектов (элементы обустройства, дефекты и др.) по фото-, видеоизображениям и точкам лазерного сканирования.
2. Оценка точности определения параметров геометрических элементов автомобильной дороги (длина участка дороги, ширина дорожного покрытия, площадь дорожного покрытия).

Для обеспечения единства измерений на обследуемых участках дорог, предварительно устанавливались опорные геодезические сети, которые определяли координаты пунктов временного закрепления с использованием спутниковой геодезической аппаратуры в режиме «Быстрой статики», к сети постоянно действующих референчных станций. Точность определения координат исходных пунктов составляла 15–30 мм, что соответствует требуемой точности для выполнения съемок масштаба 1:500, принятая система координат WGS (37 северная зона проекции UTM), модель геоида EGM 2008 [5]. Кроме этого был проложен тахеометрический ход с одновременной съемкой контрольных точек на проезжей части и за пределами дорожного полотна, измерены недоступные объекты.

Мобильное лазерное сканирование позволяет проводить полевые измерения с высокой скоростью и подробностью. Применение новейших разработок позволяет получать абсолютную точность положения объектов на уровне 2,5–3 см. Аналогичную точность можно получить электронными тахеометрами или ГНСС-оборудованием, однако скорость получения информации при помощи указанных приборов в несколько сот раз меньше.

Применение же мобильного сканирования позволяет выполнять достоверные измерения

в кратчайшие сроки. Например, измерение дороги длиной в 100 км занимает один полевой день. Скорость измерений на уровне нескольких миллионов точек в секунду позволяет получать плотное «облако точек» при высоких скоростях движения. Плотность сканирования составляет: при скорости движения 40 км/ч – 4 см; при скорости движения 110 км/ч – 10 см. Такая детальность и подробность получения данных позволяет сократить время полевых измерений и свести к минимуму необходимость повторных выездов на объект. Позволяет облегчить распознавание объектов при камеральных условиях, а также создавать цифровые модели рельефа и местности с высокой детализацией.

Рассматриваемая система может эффективно применяться для получения пространственной информации при решении следующих задач:

- проведение инженерных изысканий для строительства и реконструкции автомобильных дорог;
- создание паспорта автомобильной дороги, включая ведомости дорожных объектов на данной дороге;
- определение параметров геометрических элементов дороги (длина участка, ширина и площадь дорожного покрытия, поперечная ровность и т. д.);
- получение актуальной информации о состоянии дорожного полотна с выявлением повреждений и дефектов, выделением площадей для локального текущего ремонта, а также получением оценки колейности дорожного полотна;
- построение трехмерной модели дорожной сети для создания цифровых копий транспортной инфраструктуры;
- съемка развязок, мостов, эстакад для проведения мониторинга, определения состояния инженерного оборудования и создания их трехмерных моделей;
- определение объемов выработки при добыче полезных ископаемых, мониторинг просадки грунта и других изменений на открытых карьерах;
- мониторинг склонов в местах, где возможны процессы схода горных пород;
- проектирование новых и модернизация существующих трубопроводов;
- мониторинг зарастания просек, кадастровый учет и определение охранных зон;
- съемка с маломерных водных судов, плотин, ГЭС, гидроузлов, шлюзов, причальных стенок с одновременным получением данных о глубине, определение территорий под затопление при проектировании объектов гидроэнергетики;
- съемка подстанций и распределительных узлов ЛЭП;
- съемка ЛЭП для уточнения зоны залесенности в зонах, закрытых для полетов, или в ситуациях, когда полеты невозможны;
- обнаружение и анализ негабаритов высоковольтных линий, определение центров опор, их отклонения от вертикальной оси, обнаружение повреждений элементов опор;
- съемка железнодорожных путей для создания цифровых моделей пути, определения фактических значений геометрических параметров железнодорожной инфраструктуры, мониторинг состояния путей, проектирования и реконструкции дорожных объектов;
- съемка тоннелей для целей мониторинга и оценки технического состояния, в том числе с возможностью получения тепловизионных изображений (рисунок 1).

По окончании сопоставительных испытаний лучшими были признаны Дорожная лаборатория ДБК-05 ООО «НПО Регион» (рисунок 1) и системы для мобильного картографирования: Trimble MX9 (рисунок 2), PrinCe Alpha 3D (рисунок 3).

На основании вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Анализ дорожных условий новых регионов показал необходимость в применении системы мобильного картографирования и дорожных лабораторий.
2. Поскольку стандартные передвижные дорожные лаборатории не всегда обеспечивают достаточную точность координатной привязки, получить минимальную погрешность при

определении координат и высот можно при использовании системы CHC Navigation Alpha 3D, а при использовании системы АГМ-МС7 можно определить параметры геометрических элементов автомобильной дороги.



Рисунок 1 – Дорожная лаборатория ДВК-05 ООО «НПО Регион»



1 – блок траекторных измерений, включающий спутниковый приемник и инерциальный датчик; 2 – лазерный сканер-профайлер; 3 – панорамная фотокамера

Рисунок 2 – Система мобильного картографирования Trimble MX9



Рисунок 3 – Система мобильного картографирования Trimble MX9, установленная на легковом автомобиле

3. Комплексная передвижная дорожная лаборатория ДВК-05, оснащенная измерительным оборудованием для определения транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильной дороги и системами мобильного лазерного сканирования, предоставляет

возможность совмещения результатов диагностики автомобильной дороги и получения пространственной информации в цифровом виде для одновременного создания цифровой модели автомобильной дороги.

4. Применение данного комплекса будет использоваться постоянно, ввиду необходимости проведения большого объема диагностических работ.

5. Применение передвижной дорожной лаборатории, оснащенной системой лазерного сканирования, позволит значительно уменьшить трудозатраты и повысить качество получаемой информации, в том числе с удаленных или труднодоступных объектов.

6. В перспективе следует рассматривать возможность применения беспилотных летательных аппаратов для мониторинга инфраструктуры автомобильных дорог, а также расширение возможностей использования сетей 5G для мобильной системы коммуникаций автодорожной сети.

Заключение

В ходе анализа выявлено, что приоритетным направлением в развитии методов контроля за состоянием объектов дорожно-транспортной инфраструктуры является цифровая модель автомобильных дорог. Данная модель позволит своевременно принимать решения, направленные на поддержание высокого уровня эксплуатационного качества автомобильных дорог в режиме реального времени.

Список литературы

1. Паспорт федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства». Приложение 1. – Текст : электронный // Министерство транспорта Российской Федерации : официальный сайт. – URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/9759> (дата обращения: 14.03.2024).
2. Хуснуллин, М. Две новых федеральных трассы / М. Хуснуллин, Р. Новиков // Дороги России XXI века. Изд. Гос. службы дор. хоз-ва М-ва трансп. РФ. – 2023. – № 4(136). – С. 4–5.
3. Технический отчет по результатам сопоставительных испытаний лабораторий мобильного лазерного сканирования. – Москва : Автодор, 2013. – 40 с.
4. 3–5 сентября по заказу Федерального дорожного агентства на территории полигона НАМИ в Московской области проводилось масштабные сопоставительные испытания оборудования, предназначенного для оценки основных транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог. – Текст : электронный. – URL: <https://rosavtodor.ru/eye/page/84/6685> (дата обращения: 17.06.2020).
5. ГОСТ 32869-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению топографо-геодезических изысканий : межгосударственный стандарт : издание официальное : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 25 июня 2014 г. № 45) : введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2015 г. : введен впервые // разработан ФГУП «РОСДОРНИИ». – Москва : Стандартинформ, 2016. – 44 с.

Т. В. Скрыпник¹, В. В. Губа², Л. Н. Третьякова²

1 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный университет (МАДИ)», г. Москва

2 – Автомобильно-дорожный институт (филиал)

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
Мониторинг состояния сети автомобильных дорог с использованием

цифровой модели дороги

Федеральный проект «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства», входящий в национальный проект «Безопасные качественные автомобильные дороги», предусматривает создание цифровых моделей автомобильных дорог (участков автомобильных дорог) общего пользования, федерального, регионального или межмуниципального значения. В данном проекте собрана и актуализирована вся информация о проведенной диагностике автомобильных дорог с указанием оценки ее состояния.

Цифровая модель дороги позволит в полном объеме оценивать жизненный цикл автомобильной дороги, провести распределение выделяемых средств и выполнить за ними контроль, определить эффективность их

использования в режиме реального времени. Перед созданием цифровой модели дороги необходимо выполнить полевые работы по сбору, анализу и систематизации данных о фактическом состоянии и условиях эксплуатации автомобильной дороги. После выполненных полевых работ выполняют компьютерную обработку полученной информации и составляют технический паспорт автомобильной дороги. Созданный технический паспорт дороги ложится в основу создания цифровой модели дороги, которая в дальнейшем может быть использована для создания инфраструктуры, используемой для движения беспилотных транспортных средств.

СЕТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ДОРОГИ, ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ, МОНИТОРИНГ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ДОРОГИ

T. V. Skrypnik¹, V. V. Guba², L. N. Tretiakova²

1 – Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), Moscow

2 – Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka

Monitoring the Road Network Condition Using Innovative Technologies

The federal project «System-wide measures for the development of the road facilities» is a part of the national project «Safe high-quality roads» provides for the creation of digital models of public roads (sections of highways) of federal, regional or inter-municipal significance. This project will collect and update all information about the diagnostics of roads with an indication of the assessment of their condition.

The digital model of the road will allow to fully assess the life cycle of the roads, to distribute the allocated funds and monitor them, to determine the effectiveness of their use in real time. Before creating a digital road model, it is necessary to perform the field work on collecting, analyzing and systematizing data on the actual condition and operating conditions of the road. After the field work is completed, computer processing of the information received is performed and a technical passport of the road is compiled. The created technical passport of the road forms the basis for creating a digital model of the road, which can later be used to create an infrastructure used for the movement of unmanned vehicles.

ROAD NETWORK, TRANSPORT AND OPERATIONAL CONDITION OF THE ROAD, ROAD QUALITY ASSESSMENT, MONITORING OF ROADS, ROAD DIGITAL MODEL

Сведения об авторах:

Т. В. Скрыпник

SPIN-код РИНЦ: 2966-5060
Author ID: 866532
Телефон: +7 906 188-07-52
Эл. почта: skrypnik_tv@rambler.ru

В. В. Губа

SPIN-код РИНЦ: 7398-9000
Телефон: +7 949 367-31-88
Эл. почта: guba.viktoriya@mail.ru

Л. Н. Третьякова

SPIN-код РИНЦ: 9623-0647
Телефон: +7 949 372-17-82
Эл. почта: luda-tret@mail.ru

Статья поступила 01.04.2024

© Т. В. Скрыпник, В. В. Губа, Л. Н. Третьякова, 2024

Рецензент: Л. Н. Морозова, канд. техн. наук, доц.,

Автомобильно-дорожный институт

(филиал) ДонНТУ в г. Горловка