



Диагностика состояния автодороги с помощью беспилотного летательного аппарата



Николай ГРИГОРЕНКО
Nikolai I. GRIGORENKO

Евгений ЯНЧУК
Evgeny E. YANCHUK



Григоренко Николай Иванович — кандидат технических наук, научный консультант АО «Роботэкс», Москва, Россия.

Янчук Евгений Евгеньевич — кандидат технических наук, главный конструктор АО «Роботэкс», Москва, Россия

Diagnostics of the Road Condition Using an Unmanned Aerial Vehicle

(текст статьи на англ. яз. —
English text of the article — p. 90)

С ростом требований к долговечности, надёжности и безопасности автомобильных дорог и их инфраструктуры совершенствуются и способы контроля за этой сферой транспортной жизни. В том числе и с применением беспилотных летательных аппаратов, средствами аэрофотосъёмки, помогающими выполнять слежение за объектами подконтрольной системы. Авторы статьи знакомят с разработанной ими методикой непрерывного автоматизированного мониторинга, которая реализована в Подмоскowie. Широкие функциональные возможности комплекса БПЛА подтверждены для целого ряда диагностических и технологических задач.

Ключевые слова: автомобильная дорога, геотехнический мониторинг, диагностика полотна, инфраструктуры, геомассива, беспилотный летательный аппарат, аэрофотосъёмка.

Современный автотранспортный комплекс характеризуется всё большей насыщенностью своей инфраструктуры различными объектами и инженерными сооружениями (мосты, эстакады, путепроводы, тоннели и т.п.). Они находятся в разнообразных гидро- и геологических условиях, в районах с высокой контрастностью климатических особенностей, повышенной сейсмической активностью и опасностью оползневых процессов. При этом состояние геомассивов, непосредственно прилегающих к автомобильным дорогам и их инфраструктуре, в значительной мере определяет уровень безопасности объектов, причём как при эксплуатации, так и на этапах проектно-изыскательских и строительных работ.

Актуальность обозначенной тематики возрастает пропорционально темпам строительства автодорожной сети. Требования к долговечности сооружений автотранспортной инфраструктуры растут вместе с конструктивной сложностью и ужесточением условий их эксплуатации, в значительной степени зависящих от надёжности прилегающих геомассивов. В связи с этим контроль за состоянием

сооружений и геомассивов всё более становится неотъемлемой частью обеспечения всех стадий жизненного цикла объектов.

Недостатком использования классических методов диагностики и мониторинга является необходимость проведения измерений в ручном режиме с последовательным обходом точек контроля и обязательным экспертным анализом полученных данных. Однако периодические измерения и осмотры фрагментов геомассивов и состояния автомобильной дороги не дают полноценного представления о динамике развивающихся в них процессов, а применение высокоточного специализированного оборудования требует привлечения высококвалифицированных специалистов, что зачастую бывает экономически неэффективно. Нужна адекватная задачам и в то же время малозатратная организация постоянного контроля при проектировании, строительстве и эксплуатации каждого сооружения [1].

Авторами реализуется программа по созданию автоматизированных систем непрерывного мониторинга состояния всех элементов автомобильной дороги и её инфраструктуры. За последние годы достигнут заметный прогресс в развитии способов контроля с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), производителем которых является российская компания. Комплекс БПЛА позволяет вести оперативный дистанционный мониторинг как собственно автомобильных дорог, так и прилегающих территорий для получения данных высокого и сверхвысокого разрешения (рис. 1, 2). С помощью информации, получаемой с беспилотного аппарата, координируется работа наземного комплекса, поскольку на основе материалов крупномасштабной съёмки появляется возможность влиять на ситуацию в местах обнаружения значительных нарушений.

Беспилотники в сравнении со спутниковой или традиционной аэрофотосъёмкой имеют ряд преимуществ: возможность получать снимки на высоте 100–500 метров, фиксировать мельчайшие элементы любой поверхности размером в несколько сантиметров. Поэтому выполнение полёта по заданной местности в автоматическом или полуавтоматическом режиме позволя-



Рис. 1. Структура участка местности с автомобильной дорогой.

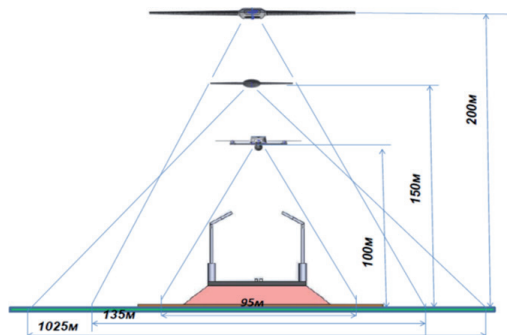


Рис. 2. Аэросъёмка автотрассы различными типами БПЛА.

ет рассчитывать на высокоточные изображения с привязкой к географическим координатам.

Решение подобных задач в интересах как государственных, так и коммерческих структур. Эффективность использования аппаратно-программного комплекса БПЛА была подтверждена исследованиями, проводившимися на подотчётной компании «Мосавтодор» территории. В Подмоскovie она отвечает за ремонт и содержание региональных автомобильных дорог, протяжённость которых составляет 14,5 тыс. км.

В ходе мониторинга были получены цифровые фотоснимки в координатном пространстве. На их основе составлены фотопланы участков автомобильной дороги. Фрагмент фотоплана, полученного с высоты 300 метров, представлен на рис. 3. Съёмка обеспечивает достаточно широкую полосу захвата вдоль автодороги с получением изображений развязок, придорожной полосы и прилегающих к трассе объектов муниципальной инфраструктуры. Однако в данном случае разрешающая способность снимков не соответствует требованиям детального дешифрирования дефектов



Рис. 3. Ортофотоплан участка дороги с геопривязкой.



Рис. 4. Поперечные дефекты дорожного полотна.



дорожного покрытия и мелких эрозионных форм, расположенных вблизи дорожного полотна. Эту проблему решает съёмка с высоты 150–90 м с пространственным разрешением порядка 2 см на пиксель.

По результатам дешифрирования материалов аэрофотосъёмки в специальной программе получены фотосхема автодороги и ряд тематических карт (площадных дефектов, экзогенных процессов и др.). С помощью аэросъёмки достоверно определяются площадные, линейные и точечные дефекты размером 2 см и крупнее, в частности она позволяет обнаружить поперечные трещины (рис. 4) на дорожном покрытии. На базе тематических картографических материалов, полученных средствами ГИС, планируется составление прогнозных карт рисков появления дефектов и разрушения дорожного полотна, а также изучение динамики их изменений в связи с развитием экзогенных процессов.

Создание тематической карты и схемы дорожного полотна дает возможность оперативно получать статистические данные распределения плотностей дефектов дорожного полотна для определенного участка трассы (рис. 5). Так, например, выявля-

ны участки, имеющие более высокую плотность дефектов.

Одним из перспективных направлений использования аэросъёмки с БПЛА является оперативный мониторинг прогнозирования состояния дорожного полотна. По материалам аэрофотосъёмки хорошо дешифрируются экзогенные процессы, протекающие в районе расположения автомобильной дороги. Постоянный мониторинг с БПЛА и применение ГИС позволят оценить скорость развития и направление таких процессов, а в ряде случаев — установить причины их возникновения.

На основе результатов мониторинга был выработан перечень мероприятий по содержанию дорожного покрытия, земляного полотна и других элементов автомобильной дороги, что способствовало повышению эффективности работы «Мосавтодора» за счёт оперативного контроля на всех этапах производственного процесса и своевременного принятия управленческих решений.

Полученные результаты подтвердили действенность применения комплекса БПЛА для решения следующих задач:

- ведения оперативного мониторинга состояния дорожного полотна;

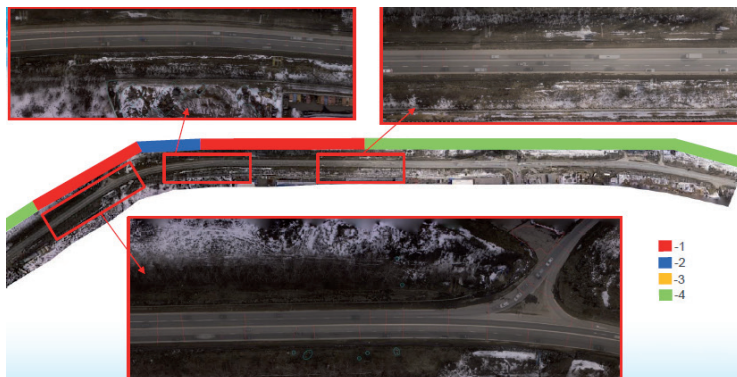


Рис. 5. Распределение плотностей дефектов дорожного полотна.

- контроля за строительными и ремонтными работами на дорогах;
- обнаружения дефектов дорожного полотна и определения их параметров;
- получения материалов цифровой съёмки в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах;
- получения трёхмерной модели дороги по стереопарам;
- выполнения фиксации маршрутов аэросъёмки с отображением в ГИС;
- формирования банка данных аэросъёмки;
- получения информации о состоянии дорожного полотна, в том числе определения геометрических параметров (продольных и поперечных уклонов, радиусов кривых в плане и профиле, высотных отметок, видимости, пройденного пути);
- получения видеoinформации для дорог и искусственных сооружений с формированием банка видеоданных;
- фиксирования объектов инженерного обустройства;
- определения параметров транспортного потока.

ВЫВОДЫ

Проведенная работа показала, что предлагаемая технология применения БПЛА является современным и экономически эффективным средством исследования состояния автомобильных дорог и прилегающих территорий, а также может быть составным элементом для формирования интеллектуальных транспортных систем при создании единого информационного пространства в будущих мультимодальных сетях.

В комплексе БПЛА заложена возможность расширения функциональных возможностей за счёт включения в его состав георадара, лазерного оборудования и пр.

Предусмотренная методика позволяет проводить сбор данных, осуществлять накопление, передачу, актуализацию информации о состоянии грунтов подстилающих и прилегающих геомассивов на всех стадиях жизненного цикла объектов (проектно-исследовательских работ, проектирования сооружений и автодорожной инфраструктуры, их строительства, эксплуатации, содержания и реконструкции) с применением технологий ГЛОНАСС/GPS, цифровых трёхмерных математических моделей.

Следует отметить, что изложенный подход к многофункциональному геотехническому мониторингу дорожных объектов с использованием последних достижений в области передовых информационных технологий и беспилотных полётов является актуальным и востребованным. На этой основе будут решаться задачи обеспечения качества проектирования, строительства и эксплуатации дорог, а также безопасности дорожного движения и экологии среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузахметова Э. К., Григоренко Н. И. Поднятие научного уровня технического сопровождения проектирования, строительства и реконструкции инженерных сооружений // Технические науки. — 2016. — № 2. — С. 64–66.
2. Концепция Федерального закона «Интеллектуальная транспортная система Российской Федерации». [Электронный ресурс]: <http://tpprf.ru/interaction/committee/komtran/laws/66327/>. Доступ 16.08.2016.

Координаты авторов: Григоренко Н. И. – gri-nik@mail.ru, Янчук Е. Е. – robotex.su@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 16.08.2016, принята к публикации 03.12.2016.

