

# Метод проектирования ремонтов автомобильных дорог на основе мобильного лазерного сканирования

Байгулов А.Н., главный инженер проектов ООО «Индор-Мост» (г. Томск),  
Романескул М.А., начальник отдела изысканий ООО «Индор-Мост» (г. Томск),  
Шумилов Б.М., д.ф.м.н., профессор ТГАСУ (г. Томск),  
Губская М.М., ведущий специалист ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

*В данной статье рассматривается один из возможных методов проектирования ремонтов покрытий автомобильных дорог с применением технологий лазерного сканирования и САПР автомобильных дорог IndorCAD/Road. В работе описывается опыт проектирования ремонтов участков федеральных автомобильных дорог, в рамках которого общие трудозатраты на выполнения работ на основе мобильного лазерного сканирования были снижены на 15% по сравнению с классическими методами на основе тахеометрической съёмки.*

Комплексное использование современных методов сбора геодезической информации об исследуемом объекте, таких как технология воздушного (с летательных аппаратов) и наземного (с мобильных лабораторий) лазерного сканирования, САПР АД IndorCAD/Road и традиционных методов изысканий — новый подход к точности и качеству ремонта покрытий дорожных одежд и автомобильных дорог в целом.

Для получения быстрого и качественного решения по проектированию ремонтов необходимо систематически усовершенствовать все составляющие данного вида проектных работ, которые включают компоненты, приведённые на рис. 1.

В настоящее время проектирование ремонтных работ автомобильных дорог осуществляется, как правило, на основе данных топографической съёмки, выполняемой традиционными

геодезическими приборами (нивелиры, теодолиты, тахеометры) [1]. При этом, по отношению к двухполосным дорогам реализуется пятиточечная схема съёмки точек поперечных профилей (рис. 2а), формирующая псевдо-модель поверхности, которая соответствует всем формальным требованиям, но только не реальной геометрической модели автомобильной дороги (рис. 2б). В результате из-за недостатка исходных данных, инженер-проектировщик не может принять правильное экономически-целесообразное решение по формированию проектной поверхности.

Ещё одним сдерживающим фактором для получения качественных проектных решений является существующая методика в части восстановления геометрических параметров трассы в соответствии с нормативными требованиями [2]. Восстановления трассы, в данном случае, сводится к «ручному» трассированию и «подгонке»



Рис. 1. Блок-схема основных составляющих проектирования ремонтов

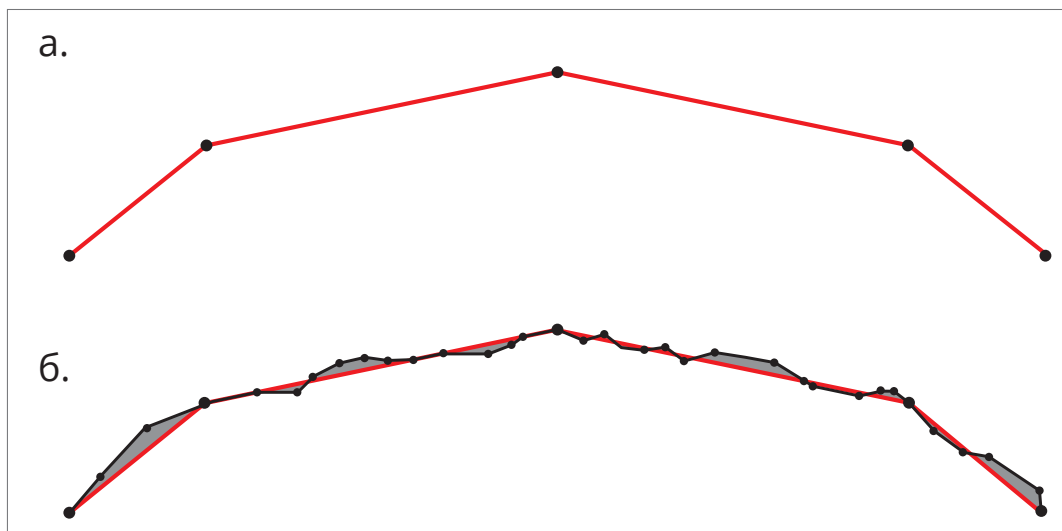


Рис. 2. Верх земляного полотна автомобильной дороги: 2а — данные для проектирования; 2б — реальная геометрия

к мнимой середине дороги. В результате получается неоправданно большое количество вершин углов теодолитного хода и не совсем внятные значения радиусов кривых и т.д. [3].

Кроме того, возможности современных САПР АД не позволяют в полной мере учесть специфику дорожных ремонтных работ, т.к. они в первую очередь реализованы для проектирования нового строительства и реконструкции.

Сегодня в инженерных изысканиях всё большее распространение получают технологии лазерного сканирования. Применительно к автомобильным дорогам, как к линейно-протяжённым геопространственным объектам, наибольшее распространение получило воздушное и наземное лазерное сканирование [3].

Воздушное лазерное сканирование (ВЛС) проводится с высоты 500-1500 м в зависимости от



Рис. 3. ВЛС участка автомобильной дороги общего пользования федерального значения Р-255 «Сибирь». Подъезд к г. Томск, км 71+000 – км 82+000



Рис. 4. Общий вид лазерной сканирующей лаборатории

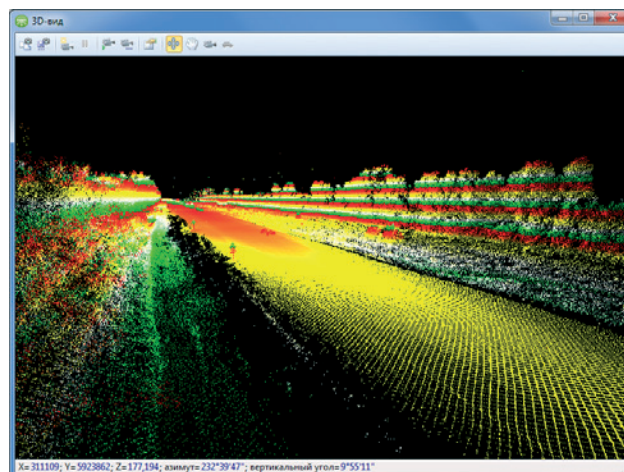


Рис. 5. 3D-вид облака точек лазерного сканирования

поставленных задач. От высоты съёмки зависит точность получаемой информации. Средняя точность воздушного лазерного сканирования составляет 15 см в плане и 5 см по высоте (рис. 3).

Детализация полученной информации очень высока и достаточна для выполнения работ по планированию территории, определению объёмов земляных работ, экономической оценке проектов и т.д.

Воздушное лазерное сканирование широко используется в современных геоинформационных системах (ГИС) и САПР АД как инструмент, позволяющий получать детальную информацию об автомобильной дороге и придорожной полосе.

Однако заявленная точность ВЛС и детализация верха земляного полотна не позволяют применять полученную цифровую модель рельефа (ЦММ) для моделирования проектной поверх-

ности с соблюдением требований по ровности и экономичности проектов ремонта.

Для данной задачи (авторами совместно со специалистами группы компаний «Индор») было принято решение о применении наземного лазерного сканирования с использованием лазерной сканирующей лаборатории компании ООО «ИндорСофт» (рис. 4). Сканирующая система лаборатории позволяет выполнять лазерное сканирование с высокой степенью детализации (36 000 точек/сек.) и высокой точностью (0,02 м в пост-обработке) (рис. 5).

Совмещение видов лазерного сканирования позволяет формировать цифровые модели покрытия существующей автомобильной дороги и придорожной полосы достаточной точности и детализации, необходимых для проектирования ремонтов, и формировать топографические планы различного масштаба.

Таблица 1

Вид работ	Прямые трудозатраты, чел./час.	
	Тахеометрическая съёмка	Технология мобильного лазерного сканирования
1) Создание планово-высотного обоснования:		
— создание планово-высотного обоснования с помощью ГНСС приёмников;	128	128
— проложение теодолитных ходов;	128	128
— геометрическое нивелирование точек планово-высотного обоснования;	24	24
— заложение высотного базиса (опознаков).	—	32
2) Съёмка исследуемого объекта	448	12 (8+4)
3) Обработка полученных материалов и оцифровка	248	480
4) Формирование отчёта	264	264
Итого:	1240	1068



Авторами статьи было проведено сравнение технологий инженерных изысканий в части трудозатрат: традиционными методами геодезической съёмки (тахеометрическая съёмка) и лазерного сканирования на участке федеральной автомобильной дороги Р-255 «Сибирь», подъезд к г. Томску, км 71+000– км 82+000. Результаты сравнения приведены в табл. 1.

Исходя из полученных результатов, можно с уверенностью, говорить о том, что применение технологий лазерного сканирования существенно сокращает время на сбор топографической информации, хотя обработка полученных материалов (в том числе очистка от шумов) и оцифровка 3D-модели значительно увеличивает трудозатраты по сравнению с традиционными методами. Общая экономия по трудозатратам составляет примерно 15%.

Решение задач усовершенствования методики проектирования ремонтов и создания специализированных программных модулей САПР АД тесно связаны между собой. От выбранной методики проектирования ремонтов напрямую зависит функциональность программно-технического комплекса, отвечающего за проектирование ремонтов.

При использовании программного продукта IndorCAD/Road для проектирования ремонтов покрытий подготовка качественных проектных решений состоит из нескольких этапов:

1. Восстановление образующих линий дороги (ось, кромки, бровки, подошва и т.д.). Ввиду сложности восстановления проектной оси предлагается использовать новое понятие, применительно к автомобильным дорогам, срединной линии — это линия, проходящая через геометрический центр верха земляного полотна (на однородных участках).

2. Восстановление геометрического тела автомобильной дороги. Интерполирование недостающих участков дорожной полосы, в том числе, с использованием нового математического аппарата вейвлет-преобразования интерполяционных сплайнов. В результате чего достигается существенное сжатие сканированной информации о поперечных сечениях на участках, не требующих ремонта, при подробном описании неровностей и повреждений на участках, требующих ремонта.

3. Формирование проектной поверхности. Принципиально новым подходом в проектировании ремонтируемых покрытий является работа с пространственными поверхностями. Речь идёт об объединении процессов проектирования поперечных и продольных профилей в единую проектную поверхность, которая, в свою очередь, формируется с учётом различного рода ограничений и допущений (которые отвечают требованиям действующей нормативной литературы). В качестве основных допущений выступают: во-первых, разрешаются колебания поперечных

уклонов проезжей части ( $\pm 5\%$ ); во-вторых, отгоны виражей осуществляются с учётом сложившейся «геометрии» поверхности дороги в зоне кривых в плане (т.е. допускается устройство отгонов не на переходных кривых, а индивидуально в каждом отдельном случае).

Учитывая при этом толщину нового покрытия, допускаемую величину фрезерования существующего покрытия и нормативную величину ровности покрытия по показателю IRI, осуществляется оптимизация проектной поверхности с целью минимизации объёмов дорогостоящих слоёв выравнивания.

В заключение данной статьи отметим:

1. Применение технологий мобильного лазерного сканирования совместно с традиционными методами инженерных изысканий (в части подготовки планово-высотного обоснования) существенно сокращает временной интервал получения исходных данных для проектирования ремонтов автомобильных дорог. Плотность точек лазерного сканирования позволяет получить реальную геометрию существующей автомобильной дороги и создаёт качественную основу для проектов ремонта.

2. Модуль подсистемы ремонтов в составе САПР АД IndorCAD/Road апробирован на проектировании ремонта автомобильной дороги федерального значения А-322 Барнаул – Рубцовск – граница с Республикой Казахстан, км 329+300 – км 336+610, Алтайский край. ■

#### Литература

1. Технический отчёт по результатам сопоставительных испытаний лабораторий мобильного лазерного сканирования. Москва. Государственная компания «Автодор», 2013 г.
2. СНиП 2.05.05-85. Автомобильные дороги. Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. 56 с.
3. Турсунов Д.А., Шумилов Б.М., Байгулов А.Н., Колупаева С.Н. Предварительная обработка материалов лазерного сканирования автомобильных дорог // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета, № 3, 2011, с. 153-163.