

УДК 528.48:625.7:625.08

DOI 10.52167/1609-1817-2024-130-1-48-60

И.С. Бондарь¹, Ж.А. Алпыспаева², Д.Т. Алдекеева¹,
З.К. Оспанова³, П.Г. Хардигов⁴

¹Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан

²Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина,
Астана, Казахстан

³Казахская головная архитектурно-строительная академия, Алматы, Казахстан

⁴ООО «Мосты и инженерные проекты», Санкт-Петербург, Россия

E-mail: ivan_sergeevich_08@mail.ru

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Аннотация. Работа является анализом геодезической роли при строительстве участка трассы автомобильной дороги Республиканского значения. По ходу работы будут отражены основные задачи геодезических изысканий и геодезического контроля при строительстве (реконструкции) автомобильной дороги, в исследовании и анализе работы с мобильными лазерными сканерами и системой наземного лазерного сканирования (НЛС) на примере возведения участка автомобильной дороги Республиканского значения «Северный обход г. Караганда».

Производители лазерных сканеров (Leica, FARO, Riegl, Trimble), как правило, выпускают не только оборудование, но и программное обеспечение для передачи, просмотра и обработки данных, полученных с мобильных лазерных сканеров. Наравне с самостоятельными программными продуктами производители лазерных сканеров часто разрабатывают плагины для крупных систем автоматизированного проектирования (САПР: AutoCAD, Revit, MicroStation), позволяющие проектировщикам работать с облаками точек, используя привычный интерфейс и инструменты САПР. Создаваемые информационные модели (каркасы), а именно модели инженерных изысканий и проектная модель автомобильной дороги помогают проектировщикам и строителям при: анализе проектных решений, возможном представлении модели инженерных изысканий и проектной модели в органы экспертизы; и формировании эксплуатационной модели дороги (ЭМД) и передачи для решения текущих управленческих и инженерных задач на различных этапах эксплуатации автомобильной дороги.

В ходе проведения геодезических измерений с помощью мобильного лазерного сканирования неметрической цифровой камерой модель Leica RTC360, были определены режимы работы устройства, зависящее от температуры окружающей среды, которая влияет на незначительные изменения фазы сигнала. Вследствие этого точное начало отсчета фазы определить нельзя.

Ключевые слова. Автомобильная дорога, геодезический контроль, мобильное лазерное сканирование.

Введение.

За период реализации Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020-2025 годы дороги общего пользования в значительной мере были улучшены, но все еще остаются некоторые регионы, где качество покрытия автомобильных дорог желает лучшего. В связи с этим с окончанием программы «Нұрлыжол 2015-2019», была утверждена новая государственная комплексная межотраслевая программа «Нұрлыжол 2020-2025», разработанная Министерством индустрии и инфраструктурного развития Республики

Казахстан. В рамках данной программы будет продолжена реализация наиболее выгодных тендеров по улучшению эксплуатационных качеств автомобильных дорог республиканского и международного (транзитного) значения. [1].

Геодезические работы являются неотъемлемой составляющей при строительстве, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог, как и любых других сооружений. В строительных автодорожных компаниях для ведения геодезических работ формируются геодезические службы, главной задачей которых является своевременное выполнение комплекса геодезических работ, как составной части строительного производства. Геодезическая служба должна проектировать геодезические и топографические основы, следить за сохранностью пунктов геодезической основы, выполнять все геодезические разбивочные работы на участке, вести исполнительную съемку конструктивных элементов объекта строительства, готовить исполнительные схемы, чертежи и цифровую модель местности [2, 3], согласовывать их с заказчиком и службой технического надзора. Также осуществлять контроль за состоянием приборов, средств линейных измерений, следить за правильностью их хранения и эксплуатацией.

Строительство любого объекта начинается с инженерно-геодезических изысканий (ИГИ). ИГИ проводятся на стадии проектирования объекта и должны быть точными и достоверными. Проектирование объекта выполняются проектными институтами по заданию заказчика. Результатом ИГИ являются:

- опорные геодезические сети;
- планово-высотные съемочные геодезические сети;
- инженерно-топографические планы (в графической, цифровой формах);
- топографическая съемка;
- привязка к местности и вынос трассы в натуру с составлением акта.
- геодезическая разбивочная основа (ГРО);
- камеральная обработка данных и составление отчета в соответствии с требованиями СТ РК.

Опорную геодезическую сеть (ОГС) проектируют так, чтобы при последующих работах (строительстве, реконструкции и эксплуатации) обеспечивалась удобность выполнения вышеуказанных работ на объекте. ОГС является системой точек, закрепленных на местности, как опорные пункты для выполнения геодезических работ при топографических измерениях. Четыре контрольные точки на 1м^2 – минимальная плотность ОГС, погрешность смежных точек меньше 5 см. При выполнении инженерно-геодезических изысканий ОГС проектируют следующими методами: линейно-угловых сетей (ЛУС), триангуляции и с применением спутниковой аппаратуры (приемники GPS). Различают плановую и высотную опорные сети.

Суть геодезических работ в дорожном строительстве состоит в следующем:

- 1) Подготовительные работы.
- 2) Восстановление оси трассы.
- 3) Восстановление трассы примыканий и пересечений, объездной дороги и осей сооружений.
- 4) Детальные разбивочные работы.
- 5) Геодезический контроль процессов строительства.

Геодезические работы выполняются в соответствии с требованиями нормативных документов, принятых в [4].

Также в геодезии присутствует широкий спектр программного обеспечения как для обработки съемочных работ, составления исполнительной работы, так и для камеральных работ. Существует несколько особо распространенных и используемых векторных и векторно-растровых программ, это – AutoCAD, Компас 3D, Credo, MapInfo, GeoniCS, а также MExcel, Revit, MicroStation, IndorCAD и др.

Материалы и методы.

Выполненные инженерно-геодезические изыскания обеспечивают необходимые топографо-геодезические материалы и данные о ситуации и рельефе местности, необходимые для разработки рабочего проекта.

Для качественного проведения инженерно-геодезических работ (топография, гидрография, трассировка, профилирование) необходимо использование современных цифровых технологий и инструментов для составления проектной и инженерно-технической документации при строительстве участка автодороги.

В качестве геодезической основы служат точки планово-высотной геодезической сети (рисунок 1).



Рисунок 1 - Триангуляционный пункт, в 230 м к юго-востоку от автодороги, на северо-восточной окраине пос. Енбекши

Спутниковые геодезические приемники GPS применяются для наиболее точного определения места расположения пункта (точки) ОГС (приемник GPS, рисунок 2).



Рисунок 2 - Спутниковая геодезическая аппаратура (приемники GPS) для определения планового положения пунктов опорной геодезической сети

Крупномасштабная топографическая съемка основывается на: планово-высотной точности, плотности пунктов (точек) ОГС. Для автоматизации геодезического контроля процессов строительства (реконструкции) автомобильной дороги применяют мобильные лазерные сканеры.

Система наземного лазерного сканирования (НЛС) состоит из:

- защищенного промышленного ноутбука (степень защиты IP65) с программным обеспечением;

- дальномера лазерного, приспособленного для выполнения работ с высокочастотной техникой;
- блок развертки лазерного луча, в данном случае это сервопривод и призма (полигональное зеркало). Лазерный луч в горизонтальной плоскости отразится от объекта на искомую величину, при этом головка сканера начнет поворачиваться за счёт сервопривода в одну из сторон. Благодаря вращению или качанию призмы (зеркала) в вертикальной плоскости будет произведена развёртка (рисунок 3) [5].

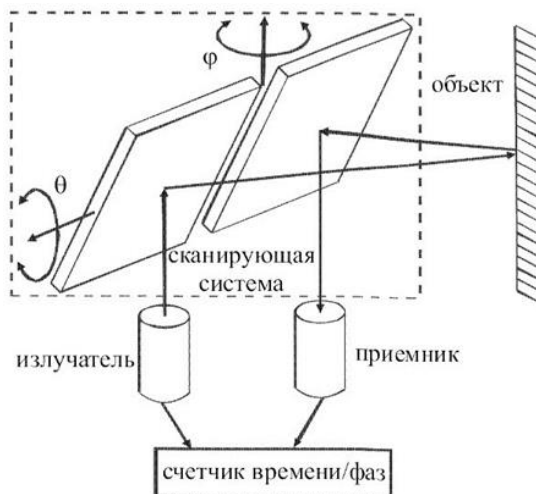


Рисунок 3 - Принцип импульсного/фазового методов измерения расстояний

В результате лазерного сканирования определяется множество цифровых точек с указанием точного расстояния до каждой точки. В результате мы получаем растровое изображение (скан), представляющее собой пиксельные значения элементов векторов: составляющая RGB - реальный цвет точки; интенсивность сигнала, отражённого от объекта; измеренное расстояние. Во многих моделях НЛС благодаря неметрической цифровой камере цвет каждой точки получается реальным (рисунок 4) [5].



Рисунок 4 - Неметрическая цифровая камера Leica RTC360

Если представить иначе лазерное сканирование, можно сказать, что НЛС является массив точек лазерных отражений отсканированных объектов, расположенных в фокусе внимания лазерного сканера, с 5 характеристиками: координаты положения точки (x , y , z), интенсивность и реальный цвет. [5]

Судя по всему, вся суть столь эффективной работы сканера является быстрый замер расстояния. Производятся эти замеры двумя способами: *импульсный и фазовый* (рисунок 4). В основу импульсного метода входит определение времени прохождения сигнала от станции до объекта и обратно. Вычислив скорость распространения электромагнитных волн c , определим расстояние:

$$R = \frac{ct}{2}, \quad (1)$$

где t – время, от подачи импульса на лазерный диод, до приёма отражённого сигнала [5].

По точности измерения расстояний «импульсный» уступает «фазовому» методу. Фактическая точность определенного измерения может зависеть от нескольких факторов, которые могут влиять на точность каждого измерения. К таким фактором можно отнести:

- длительность и форма (в частности, крутизна переднего фронта) зондирующего импульса;
- отражательные характеристики объекта;
- оптические свойства атмосферы;
- текстура и ориентация элементарной поверхности объекта, вызвавшей отражение зондирующего луча по отношению к линии визирования [5].

В основу «фазового» метода измерения расстояний входит определение разности фаз модулированных сигналов, посылаемых и принимаемых станцией.

Тогда расстояние вычисляют, как:

$$R = \frac{\varphi 2Rc}{4\pi f}, \quad (2)$$

где $\varphi 2R$ – разность фаз между опорным и рабочим сигналом;
 f – частота модуляции.

Управляют лазерным сканером с помощью защищенного промышленного ноутбука с программным обеспечением. Получение координат множества точек отсканированного объекта от станции (сканера) передаются по кабелю в ноутбук и сохраняются в базе данных. Поле зрения (область обзора) НЛС для разных моделей сканера может составлять $270^\circ \div 360^\circ$ [6].

Наведение сканера на объект, как правило происходит с помощью встроенной цифровой неметрической фотокамеры. Полученное камерой изображение, переносится на экран ноутбука и оператор может визуально контролировать весь процесс сканирования объекта. Оператор может выбрать все поля зрения и производить сканирование или выбрать определенную (заданную) часть поля зрения. Благодаря такой способности фотоизображение возможности использовать для выделения из общей картины нужных локальных областей [6].

Лазерное сканирование чаще всего выполняют в несколько сеансов: из-за ограниченной области обзора, а так же из-за несовершенных (сложных) форм объектов, потому что с одной точки съемки (наблюдения) все поверхности нет возможности увидеть (например – четыре фасада здания, необходимо три раза поменять точку съемки, для сканирования всех четырех сторон здания). Сканы, полученные с каждого места стоянки НЛС в специальном программном модуле, совмещаются в единое пространство. Еще на стадии полевых работ, для качественного совмещения в единое пространство нужны на сканах зоны взаимного пересечения объекта, для этого этих зонах нужно нанести специальные маркеры (мишени). По координатам этих мишеней происходит процесс «сшивания» отдельных фрагментов сканов одного объекта [6].

Технологический процесс мобильного лазерного сканирования состоит из нескольких принципиальных этапов:

- геодезическое обеспечение мобильного сканирования: закрепление точек установки базовых станций, нанесение на дорожное покрытие контрольных меток;
- мобильное сканирование и фотосъемка в несколько проездов с сопровождением базовыми GPS станциями;

- координирование контрольных меток на дороге и привязка спутниковой сети к пунктам ГГС;
- камеральная обработка геодезических измерений и расчет материалов сканирования в системе WGS 84;
- уравнивание точек лазерных отражений с использованием связующих плоскостей во взаимно перекрывающихся облаках точек;
- контроль урванного облака точек по контрольным маркам;
- расчет параметров перехода от WGS84 в требуемую систему координат;
- пересчет материалов сканирования по рассчитанным параметрам в систему координат.

Результаты.

Общие сведения об объекте реконструкции автомобильной дороги.

Участок реконструкции автомобильной дороги Республиканского значения «Астана-Караганда-Балхаш-Алматы», участок Северный обход города Караганда расположен в пределах г. Караганды и Бухар-Жырауского района Карагандинской области. Общая протяженность реконструируемого участка 15,6 км. Вид строительства: реконструкция автомобильной дороги I, II, III технической категории под I-б техническую категорию. Трасса огибает Караганду и тем самым позволяет разгрузить город от транзитных автомобилей и грузовых машин (рисунок 5).

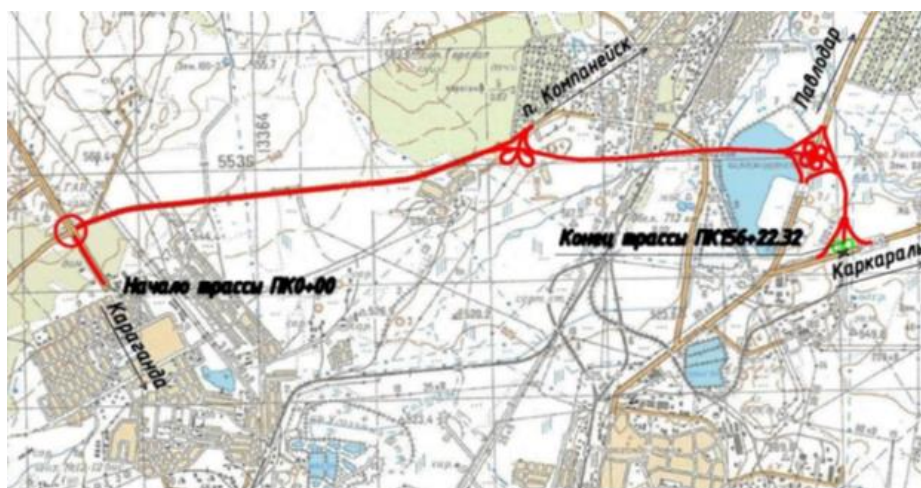


Рисунок 5 - Ситуационная схема объекта

Для полевых работ использовалась система наземного лазерного сканирования модель Leica RTC360 (рисунок 4) с диапазоном 130 м. Скорость сканирования 2 000 000 точек/с. Накопитель данных: встроенный SSD диск на 64 Гб. Фотокамера: система из 3-х камер 36 Мп, 300° сферическое изображение; система из 5-х ЧБ камер для автоматизированной привязки. Угловая точность: 18».

При выполнении мобильного сканирования особое внимание уделяется геодезическому обеспечению. Положение мобильного сканера во время работ определяется за счет установленного высокоточного 2-х частотного GPS приемника, а углы ориентации прибора определяются при помощи инерциальной системы IMU. Расчет траекторий движения автомобиля производится в дифференциальном режиме от базовых станций GPS, установленных не дальше, чем в 10 км от любой точки маршрута [2,3,9]. Комбинация этих методов позиционирования позволяет получить точность облака точек лазерных отражений (рисунки 6 и 7) в пределах 3-5 см в системе координат WGS84, что проверяется по контрольным маркам.

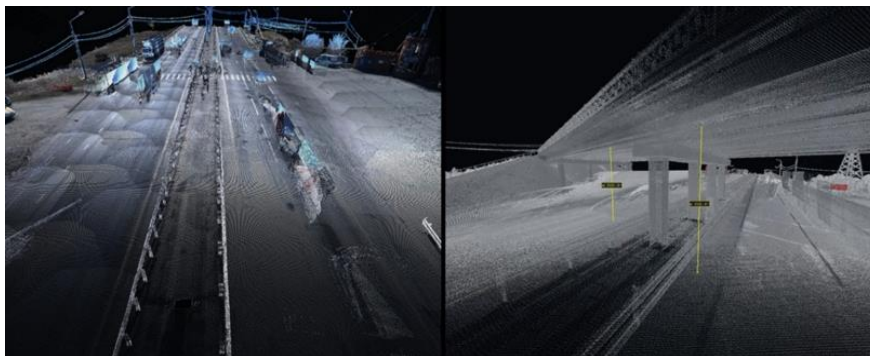


Рисунок 6 - Облако точек лазерных отражений участка автодороги с придорожной инфраструктурой

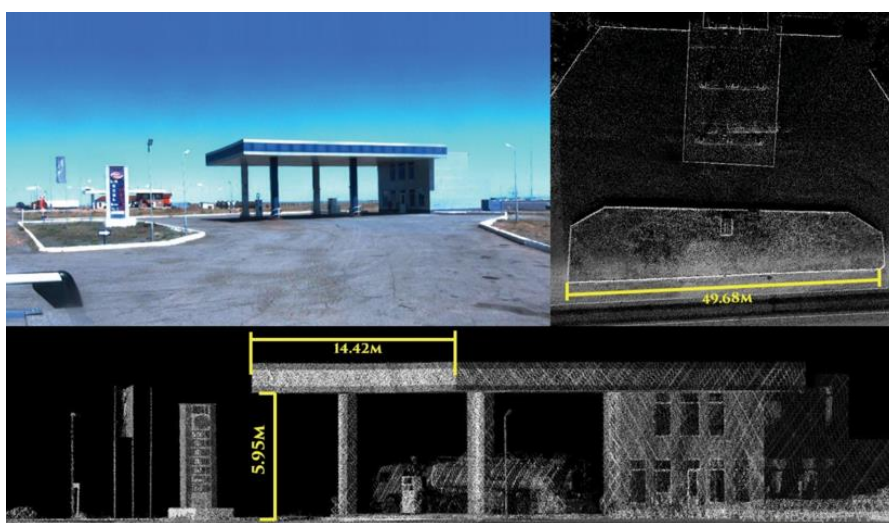


Рисунок 7 - Облако точек лазерных отражений с измерением зданий и сооружений

После получения облака точек лазерных отражений, импортируем их в программы для работы с векторными и векторно-растровыми изображениями (например AutoCAD 3D или IndorCAD), при выполнении камеральных работ: обработки съемочных данных и составления исполнительной работы (рисунки 8 и 9). [8]

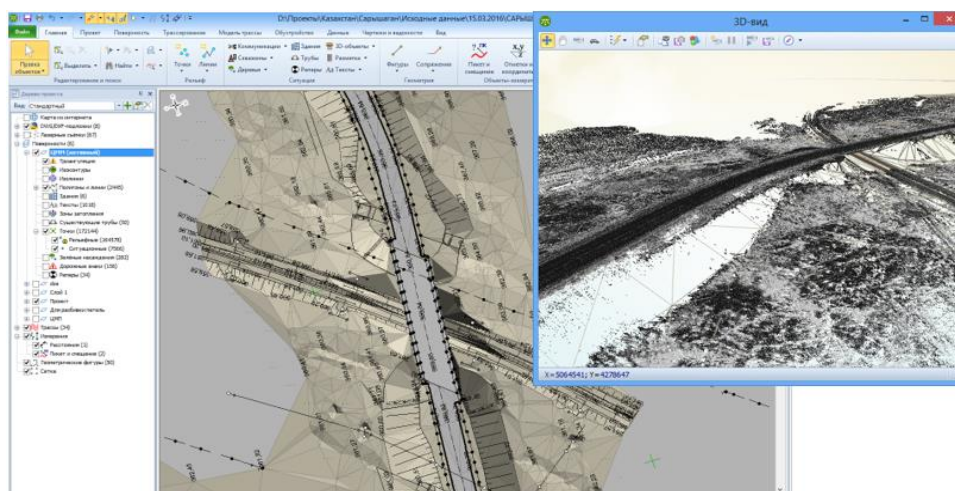


Рисунок 8 - Фрагмент информационной модели в 3D с облаком точек и проволочным каркасом

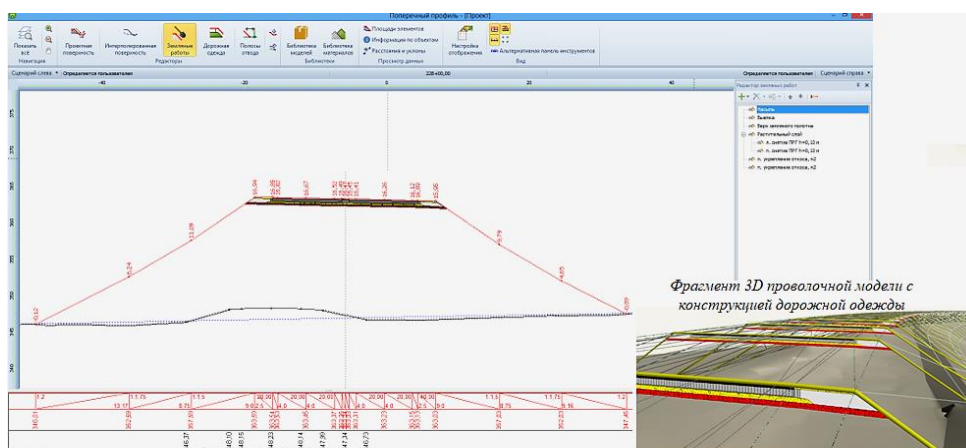


Рисунок 9 - Фрагмент построения поперечного профиля участка автодороги и 3D проволочной модели с конструкцией дорожной одежды

Реализация облаков точек в IndorCAD отличается глубокой интеграцией, поэтому работа с ними осуществляется почти так же, как и с другими объектами: список облаков отображается в дереве проекта, функции импорта экспорта расположены на вкладке «Данные», а команды построения точечных и линейных объектов находятся в подменю стандартных режимов построения [7].

Облака отображаются во всех видовых экранах, включая план, 3D-вид, поперечный профиль, при этом команды распознавания работают в плане и 3D-виде (рисунки 10). Никаких ограничений на количество отображаемых точек не накладываются, за счет порционной визуализации программа справляется с отображением действительно больших и протяженных облаков точек, характерных для съемки местности. Регистрация облаков реализуется автоматически через непрямую привязку, для этого должны быть выбраны верные системы координат проекта и облака точек [7].

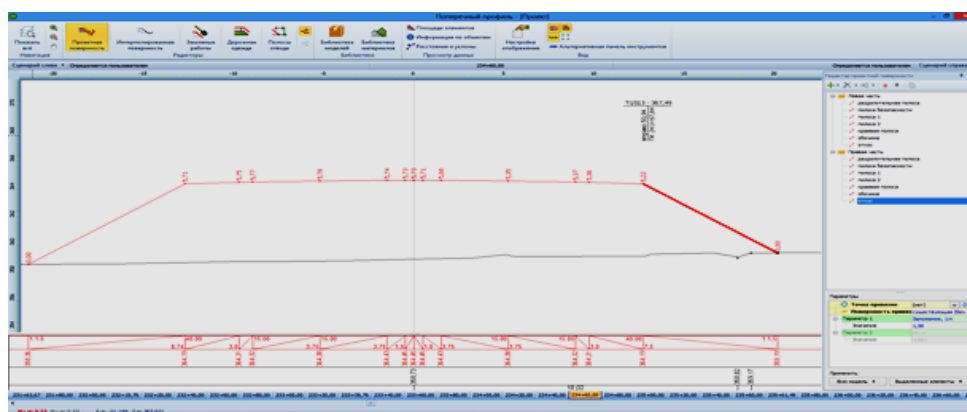


Рисунок 10 - Редактор поперечного профиля в IndorCAD

В основе всех команд распознавания в программе лежит «умная» привязка: каждый раз при создании узла объекта статистической алгоритм определяет наиболее вероятную Z-отметку в облаке по точкам окрестности курсора. В случае ручного построения алгоритм может распознавать верхний и нижний уровни бордюра, предлагая соответствующие Z-отметки на выбор для одного и того же положения курсора [7].

Кроме ручных режимов, доступно полуавтоматическое извлечение линии перелома поверхности, например верхней линии откоса: для этого указывается коридор, в котором

находится искомая линия, шаг наращивания и параметры определения перелома. В качестве опции можно проконтролировать выбор точки перелома на каждом сечении [7].

Поверхность рельефа в IndorCAD моделируется триангуляцией. Первый способ заключается в построении триангуляции по выборочным точкам облака и удобен для первичной оценки рельефа в заданной области. Во втором случае поверхность строится по всем точкам предварительно прореженного облака [7].

Обсуждение.

В ходе проведения геодезических измерений с помощью мобильного лазерного сканирования неметрической цифровой камерой модель Leica RTC360, выяснилось следующее: температура окружающей среды незначительно влияет на фазу сигнала НЛС, поэтому точное начало отсчета фазы невозможно определить. Для минимизации погрешности НЛС калибруют на эталонном отрезке. Наиболее высокая точность (единицы миллиметра) выявлена у фазового метода измерения расстояний [5].

Все, что связано с ошибками, мы можем разделить на две группы – инструментальные и методические. Классический вид ошибок, связанный с ошибкой оператора (грубые ошибки) исключены, так как оператор не делает никакой ручной работы, в отличие от классических приборов, как при работе с теодолитом (тахеометром) и нивелиром.

- *Инструментальные ошибки*, зависят от того, как качественно оператор соберет и отъюстирует механические, оптические и электронные части прибора. В техническом паспорте сканера прописаны величины первоначальных ошибок, которые определяются на этапе сборки и юстировки прибора, периодические ошибки – во время калибровки и метрологической аттестации НЛС [5].

К примеру, у самой популярной модели для НЛС, Leica RTC 360, такая ошибка составляет примерно 3 мм на 20 метров.

Методические ошибки, источником которых является сам метод определения величин с помощью НЛС. Они могут быть вызваны окружающей средой (атмосферной рефракцией, затуханием электромагнитных волн, вибрацией прибора и т.п.) или обусловлены характеристиками объекта сканирования (размером, ориентацией, цветом, текстурой и т.д.) [5].

Чтобы в полной мере, без потери в точности пользоваться лазерным сканером, необходимо знать его ограниченные возможности, а именно угол обзора.

Крупные производители лазерных сканеров (Leica, FARO, Riegl, Trimble), как правило, выпускают не только оборудование, но и программное обеспечение для передачи, просмотра и обработки данных, полученных со сканеров. В большинстве своем такое ПО решает стандартные задачи управления данными лазерного сканирования (импорт, экспорт), позволяет просматривать полученные данные, а также выполнять их первичную обработку: регистрацию, уравнивание, фильтрацию и построение поверхностей. Полученные облака и поверхностей затем могут быть экспортированы в общепринятые форматы обмена данными (LAS, XYZ и пр.) и переданы для последующей обработки в сторонние программы [7].

Наравне с самостоятельными программными продуктами производители лазерных сканеров часто разрабатывают плагины для крупных САПР (AutoCAD, Revit, MicroStation), позволяющие проектировщикам работать с облаками точек, используя привычный интерфейс и инструменты САПР. Такие плагины, как правило, имеют более широкий спектр возможностей и позволяют выполнять классификацию точек, распознать типовые 3D – объекты (линии, трубопроводы) и строить поперечные профили по заданному шаблону [7].

На рассматриваемом объекте использовано программное обеспечение (ПО) IndorCAD, производителем данного ПО является Россия, разработчик – «ИндорСофт».

Преимущества программы:

- 1) Высокая точность результата выявления благодаря умной привязке.
- 2) Зрительный контроль выявления линий в сечениях.
- 3) Подготовка ЦММ по результатам сканирования и проектирование объекта в одной программе.
- 4) Полностью русифицированный продукт.

Заключение.

Цель работы лазерного сканера является создание информационной модели объекта, то есть модель автомобильной дороги с прилегающей к ней инфраструктурой, представленная в виде информации.

Создаваемые информационные модели (каркасы), а именно модели инженерных изысканий и проектная модель автомобильной дороги помогают проектировщикам и строителям при:

- анализе проектных решений;
- возможном представлении модели инженерных изысканий и проектной модели в органы экспертизы;
- архивном хранении модели инженерных изысканий и информационной модели для последующего их использования в процессе жизненного цикла;
- передачи проектной модели дороги на этап строительства (реконструкции): в составе ПОС (элементы ПМД будут связаны с позициями линейного-календарного графика);
- составлении 3D-поверхностей конструктивных слоев для применения в САУ ДСМ;
- обогащении ПМД документами и корректировками, возникающими на этапе строительства (реконструкции) в рамках авторского надзора и строительного контроля;
- формировании модели исполнительной съемки (МИС) и сопоставления ее с ПМД на завершающем этапе строительного процесса;
- формировании эксплуатационной модели дороги (ЭМД) и передачи ее в ГИС для решения текущих управленческих и инженерных задач этапа эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

[1] В Казахстане откроют движение на 2,6 тысяч км дорог в этом году. URL: https://www.inform.kz/ru/v-kazahstane-otkroyut-dvizhenie-na-2-6-tysyach-km-dorog-v-etom-godu_a3620984

[2] Kukhar, M. & Pomortseva, O. & Kobzan, Sergiy & Dobrokhodova, O.. (2022). GEOINFORMATION SYSTEMS BASED ON CARTOGRAPHIC AND GEODESIC SURVEYS FOR PLANNING INVESTMENT PROCESSES IN CITIES. Municipal economy of cities. 3. 228-233. DOI:10.33042/2522-1809-2022-3-170-228-233.

[3] Karan, Ebrahim & Sivakumar, Ramachandra & Irizarry, Javier & Guhathakurta, Subhro. (2014). Digital Modeling of Construction Site Terrain Using Remotely Sensed Data and Geographic Information Systems Analyses. Journal of Construction Engineering and Management. 140. 04013067. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000822.

[4] СНиП РК 1.03-26-2004 Геодезические работы в строительстве.

[5] Наземное лазерное сканирование. URL: <https://ru.wikipedia.org>

[6] Принцип работы сканирующих систем. URL: <https://photogrammetria.ru/162-princip-raboty-skaniruyuschih-sistem.html>

[7] Программы для обработки данных лазерного сканирования местности. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmy-dlya-obrabotki-dannyh-lazernogo-skanirovaniya-mestnosti/viewer>.

[8] Лурье И.К., Лурье М.В. Моделирование 3D-изменений рельефа местности вследствие склонной эрозии / Геодезия и картография №3, 2023, с. 35-42. DOI: 10.22389/0016-7126-2023-993-3-35-42

[9] Pomortseva, Olena & Kobzan, Sergiy & Yevdokimov, Andrey & Kukhar, Maksym. (2020). Use of geoinformation systems in environmental monitoring. E3S Web of Conferences. 166. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202016601002.

REFERENCES*

[1] V Kazahstane otkrojut dvizhenie na 2,6 tysjach km dorog v jetom godu. URL: https://www.inform.kz/ru/v-kazahstane-otkroyut-dvizhenie-na-2-6-tysyach-km-dorog-v-etom-godu_a3620984

[2] Kukhar, M. & Pomortseva, O. & Kobzan, Sergiy & Dobrokhodova, O.. (2022). GEOINFORMATION SYSTEMS BASED ON CARTOGRAPHIC AND GEODESIC SURVEYS FOR PLANNING INVESTMENT PROCESSES IN CITIES. Municipal economy of cities. 3. 228-233. DOI:10.33042/2522-1809-2022-3-170-228-233.

[3] Karan, Ebrahim & Sivakumar, Ramachandra & Irizarry, Javier & Guhathakurta, Subhro. (2014). Digital Modeling of Construction Site Terrain Using Remotely Sensed Data and Geographic Information Systems Analyses. Journal of Construction Engineering and Management. 140. 04013067. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000822.

[4] SNiP RK 1.03-26-2004 Geodezicheskie raboty v stroitel'stve.

[5] Nazemnoe lazernoe skanirovanie. URL: <https://ru.wikipedia.org>

[6] Princip raboty skanirujushih sistem. URL: <https://photogrammetria.ru/162-princip-raboty-skaniruyuschih-sistem.html>

[7] Программы для обработки данных лазерного сканирования местности. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmy-dlya-obrabotki-dannyh-lazernogo-skanirovaniya-mestnosti/viewer>.

[8] Lur'e I.K., Lur'e M.V. Modelirovanie 3D-izmenenij rel'efa mestnosti vsledstvie sklonnoj jerozii / Geodezija i kartografija №3, 2023, s. 35-42. DOI: 10.22389/0016-7126-2023-993-3-35-42

[9] Pomortseva, Olena & Kobzan, Sergiy & Yevdokimov, Andrey & Kukhar, Maksym. (2020). Use of geoinformation systems in environmental monitoring. E3S Web of Conferences. 166. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202016601002.

Иван Бондарь, PhD, ассистент профессор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, ivan_sergeevich_08@mail.ru

Жұлдыз Алпыспаева, докторант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан, zhuldyz_91-91@mail.ru

Динара Алдекеева, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, aldekeeva69@mail.ru.

Зере Оспанова, магистр, ассистент профессор, Қазақ бас сәулет-құрылыс академиясы, Алматы, Қазақстан, zere_kanatovna@mail.ru

Павел Хардигов, сот-құрылыс сарапшысы, «Көпірлер және инженерлік жобалар» ЖШҚ, Санкт-Петербург, Ресей, lgnktsm@mail.ru

АВТОМОБИЛЬ ЖОЛДАРЫН РЕКОНСТРУКЦИЯЛАУ КЕЗІНДЕ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Аңдатпа. Жұмыс Республикалық маңызы бар автомобиль жолы трассасының учаскесін салу кезіндегі геодезиялық рөлді талдау болып табылады. Жұмыс барысы бойынша «Қарағанды қаласының солтүстік айналма жолы» Республикалық маңызы бар автомобиль жолының учаскесін салу мысалында автомобиль жолын салу (реконструкциялау) кезінде геодезиялық іздестіру мен геодезиялық бақылаудың, мобильді лазерлік сканерлермен және жерүсті лазерлік сканерлеу жүйесімен (НЛС) жұмысты зерттеу мен талдаудың негізгі міндеттері көрсетілетін болады.

Лазерлік сканер өндірушілері (Leica, FARO, Riegl, Trimble) тек аппараттық құралдарды ғана емес, сонымен қатар мобильді лазерлік сканерлерден алынған деректерді тасымалдауға, көруге және өңдеуге арналған бағдарламалық жасақтаманы шығарады. Тәуелсіз бағдарламалық өнімдермен қатар, лазерлік сканер өндірушілері көбінесе дизайнерлерге әдеттегі интерфейс пен АЖЖ құралдарын қолдана отырып, нүктелік бұлттармен жұмыс істеуге мүмкіндік беретін ірі автоматтандырылған жобалау жүйелеріне (АЖЖ: AutoCAD, Revit, MicroStation) плагиндер жасайды. Құрылатын ақпараттық модельдер (қаңқалар), атап айтқанда инженерлік ізденістер модельдері және автомобиль жолының жобалық моделі жобалаушылар мен құрылысшыларға: жобалау шешімдерін талдауға, инженерлік ізденістер моделін және жобалау моделін сараптама органдарына ұсынуға; және пайдаланудың әртүрлі кезеңдерінде ағымдағы басқару және инженерлік міндеттерді шешу үшін жолдың пайдалану моделін (ЭМК) қалыптастыруға және беруге көмектеседі автомобиль жолы.

Мобильді лазерлік сканерлеу арқылы геодезиялық өлшеулер жүргізу барысында Model Leica rtc360, шамалы эсер ететін қоршаған орта температурасына байланысты құрылғының жұмыс режимдері анықталды өзгереді сигнал фазалары. Нәтижесінде фазаны санаудың нақты басталуын анықтау мүмкін емес.

Түйінді сөздер. Автомобиль жолы, геодезиялық бақылау, мобильді лазерлік сканерлеу.

Ivan Bondar, PhD, assistant professor, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, ivan_sergeevich_08@mail.ru

Zhuldyz Alpyspaeva, doctoral student, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, zhuldyz_91-91@mail.ru

Dinara Aldekeeva, candidate of technical sciences, associate professor, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, aldekeeva69@mail.ru

Zere Ospanova, master, assistant professor, Kazakh Head Architectural and Construction Academy, Almaty, Kazakhstan, zere_kanatovna@mail.ru

Pavel Hardikov, forensic construction expert, «Bridges and Engineering Projects» LLC, St. Petersburg, Russia, lgnktsm@mail.ru

GEODETIC SUPPORT FOR THE RECONSTRUCTION OF HIGHWAYS

Abstract. The work is an analysis of the geodetic role in the construction of a section of the highway of Republican significance. In the course of the work, the main tasks of geodetic surveys and geodetic control during the construction (reconstruction) of the highway will be reflected in the study and analysis of work with mobile laser scanners and a ground laser

scanning system (NLS) on the example of the construction of a section of a highway of Republican significance «Northern Bypass of Karaganda».

Manufacturers of laser scanners (Leica, FARO, Riegl, Trimble), as a rule, produce not only equipment, but also software for transmitting, viewing and processing data received from mobile laser scanners. Along with independent software products, laser scanner manufacturers often develop plug-ins for large computer-aided design systems (CAD: AutoCAD, Revit, MicroStation), allowing designers to work with point clouds using the familiar interface and CAD tools. The information models (frameworks) being created, namely, engineering survey models and the highway design model, help designers and builders in: analyzing design solutions, possibly submitting the engineering survey model and design model to the examination bodies; and forming an operational road model (EMD) and transmission to solve current management and engineering tasks at various stages of operation automobile roads.

During geodetic measurements using mobile laser scanning with a non-metric digital camera model Leica RTC360, the operating modes of the device were determined, depending on the ambient temperature, which affects minor changes in the signal phase. As a result, the exact starting point of the phase cannot be determined.

Keywords. Automobile road, geodetic control, mobile laser scanning.
