

УДК 528.8

А.А. Кочнева¹, О.Е. Кочнева², А.А. Кочнев²
A.A. Kochneva¹, O.E. Kochneva², A.A. Kochnev²

¹Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург

²Пермский национальный исследовательский политехнический университет

¹National Mineral Resources university "Mining", Saint-Petersburg

²Perm National Research Polytechnic University, Perm

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ С КОНТРОЛЕМ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

APPLICATION OF AIRBORNE LASER SCANNING TO DESIGN OF LINEAR STRUCTURES WITH THE CONTROL OF ITS EFFICIENCY

Рассматривается применение метода воздушного лазерного сканирования для проектирования линейных сооружений. Представлены методики его реализации и оценки качества результатов лазерного сканирования. Приведены таблицы видов технического контроля, камерального и полевого контролей. Представлен объект, на котором осуществляется натурная проверка разрабатываемой методики.

Ключевые слова: воздушное лазерное сканирование, контроль качества, лидарные работы, мониторинг, наблюдения, модель земной поверхности, эффективность, оценка качества.

The article discusses the use of airborne laser scanning method for the design of linear structures. Techniques of its implementation and evaluation of the quality of the results of laser scanning. The tables of types of technical control, desktop and field controls. Presented object on which is carried out full-scale test methods developed.

Keywords: airborne laser scanning, quality control, lidar operation, monitoring, surveillance, model of the earth's surface, efficiency, quality assessment.

Основой для инженерно-геодезических изысканий, как правило, служат картографические материалы, полученные в результате традиционных геодезических съемок. В последнее время появились новые технологии: лазерное сканирование (мобильное, воздушное, наземное). Использование лазерного сканирования позволит повысить оперативность принятия решений по рациональному проектированию линейных объектов и исключить трудоемкие геодезические наземные работы по созданию плана местности.

Основными преимуществами воздушного лазерного сканирования (ВЛС) при проектировании линейных сооружений (автомобильных дорог) являются:

- высокая скорость и оперативность съемки,
- высокая точность и детальность получаемых данных,
- бесконтактность метода сбора данных,
- полнота получаемых результатов,
- цифровой формат данных [1].

Следует отметить, что особое место занимает метод ВЛС при комплексных изысканиях для проектирования линейных сооружений (трасс трубопроводов, дорожной сети, линий электропередач). Зачастую линейные сооружения прокладываются через малоосвоенные, труднодоступные участки, где наземные методы исследований крайне длительны и дорогостоящи [2].

При этом нельзя забывать о правовых вопросах. Например, для проведения любой аэросъемки требуется пройти долгий путь получения соответствующих разрешений, связанных как с вопросами секретности, так и с вопросами использования воздушного пространства. Это может занимать весьма значительное время.

Стоит отметить, что количество лазерных отражений, полученных при съемке объекта обследования, часто составляет сотни миллионов и даже миллиарды. Обработка таких массивов данных и формирование на их основе конечных продуктов для пользователей в различных отраслях деятельности сегодня является наиболее трудоемкой составляющей лазерной технологии [1].

Недостатками лазерного сканирования являются:

- высокая стоимость оборудования,
- отсутствие единой нормативной базы по оценке точности измерений.

Актуальной задачей является методика контроля точности и качества результатов сканирования. Сегодня нет нормативов, единых требований и методик по выполнению контроля качества результатов сканирования, в частности по внутренней сходимости (из результатов уравнивания сканов), не определен объем и методика работ по независимому контролю полевых лидарных работ.

Были проанализированы следующие виды контроля:

1. Технический контроль:

- входной контроль,
- инспекционный контроль,
- сплошной контроль,
- выборочный контроль,
- контроль отдельных операций,
- инструментальный контроль.

2. Полевой контроль.

3. Камеральный контроль.

На рис. 1–3 представлены схемы видов технического контроля, контроля полевых и камеральных работ¹. На основе этих схем была разработана методика оценки качества результатов лазерного сканирования, которая представлена ниже.

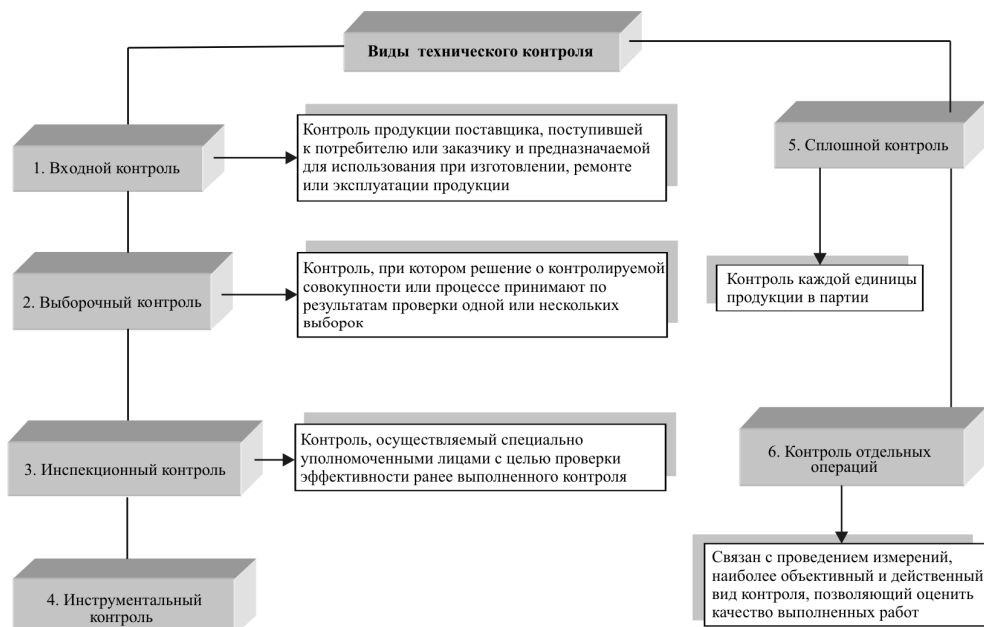


Рис. 1. Виды технического контроля

Контроль и оценка качества для наземного, мобильного и воздушного лазерного сканирования включает:

1. Оценку покрытия сканами и фотоснимками района съемки (в его границах).

2. Оценка по внутренней сходимости результатов уравнивания. Программное обеспечение мобильного и воздушного сканирования позволяет выделять чистую «землю» отдельно по проходам и оценивать дисперсию (среднее квадратическое ошибки) расхождений между проходами.

3. Оценка качества ориентирования воздушного сканирования и ортофотопланов. Ортофотопланы могут содержать «порезы» (несовпадение стыков снимков), а их величина является показателем качества. Могут быть ошибки элементов «внутреннего ориентирования» камеры – это так называемые оффсет-параметры – углы и линейные параметры взаимного ориентирования камеры, центра антенны спутникового приемника и инерциальной системы.

¹ ГКИНП (ГНТА)-17-004-99. Инструкция о порядке контроля и приемки геодезических, топографических и картографических работ.

Эти значения определяются после калибровочных процедур при каждой установке аэрофотосъемочного оборудования на борт носителя. Их неизменность в течение всех дней съемки надо контролировать (из-за вибрации, плохого крепления эти значения могут измениться). Также они могут внести систематические погрешности.

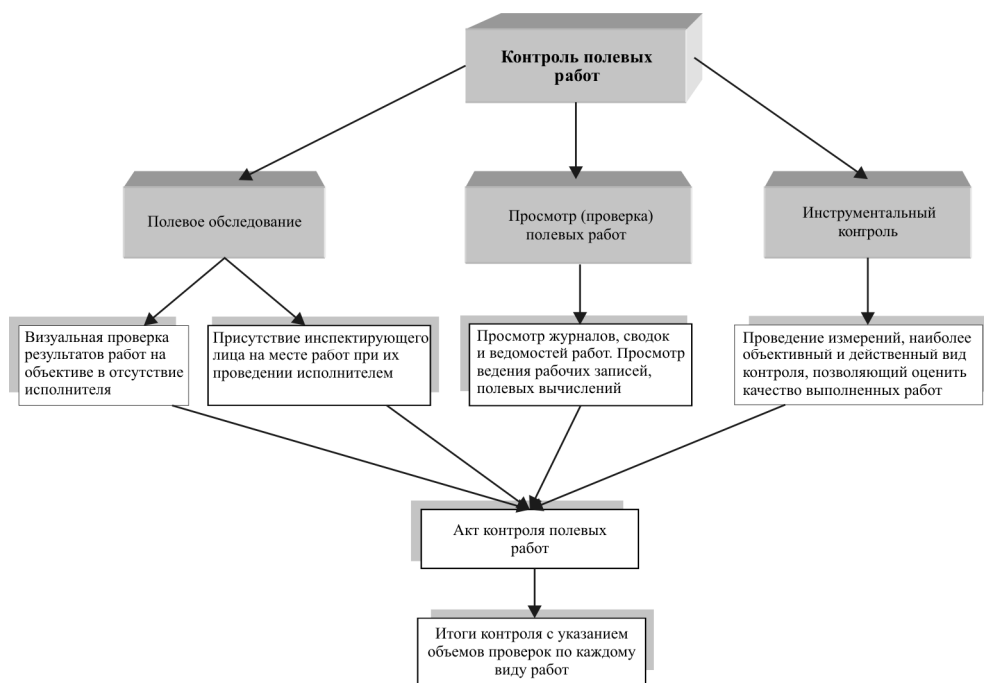


Рис. 2. Контроль полевых работ



Рис. 3. Контроль камеральных работ

Обработка результатов лазерного сканирования проводится в программном продукте фирмы Terrasolid, в частности используется программный пакет TerraMatch, уравнивающий траектории сканирования по перекрытиям сканов. Он позволяет оценить по перекрытиям сканов невязки и уравнять их.

При полевом контроле используются повторные измерения тахеометром. Далее требуется сравнить результаты проектных показателей с фактическими.

Реализация данной методики предполагается при строительстве трассы Москва – Санкт-Петербург. На данный момент уже выполнено воздушное лазерное сканирование автомобильной трассы Москва – Санкт-Петербург. На рис. 4 [3] представлено облако точек воздушного лазерного сканирования и ортофотоплан, полученный на основе результатов воздушного лазерного сканирования трассы Москва – Санкт-Петербург.



Рис. 4. Результаты воздушного лазерного сканирования трассы Москва – Санкт-Петербург: *а* – облако точек; *б* – ортофотоплан

В процессе работы была проанализирована нормативная документация, рассмотрены виды контроля (камерального и полевого), представлена методика оценки качества результатов лазерного сканирования, рассмотрены преимущества и недостатки применения воздушного лазерного сканирования для проектирования линейных сооружений (в частности, автомобильных дорог). Но для полной реализации этой методики следует провести еще ряд научных исследований.

Список литературы

1. Лазерное 3D-сканирование [Электронный ресурс]. – URL: http://www.laserportal.ru/content_685 (дата обращения: 10.02.2015).
2. Воздушное лазерное сканирование и аэрофотосъемка [Электронный ресурс]. – URL: http://www.technobahn.ru/vozdushnoe_lazernoe_skanirova-nie.html (дата обращения: 10.02.2015).

3. «Экоскан», Инженерно-геодезические и экологические изыскания [Электронный ресурс]. – URL: <http://ecoscan.spb.ru/te%dl%81hnology/ortho/> (дата обращения: 10.02.2015).

Получено 20.02.2015.

Кочнева Алина Александровна – аспирант, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург, СТФ, e-mail: alinakochneva@mail.ru.

Кочнева Ольга Евгеньевна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, ПНИПУ, ГНФ, международный преподаватель инженерного вуза ING-PAED IGIP, e-mail: olgakochneva777@yandex.ru.

Кочнев Александр Александрович – студент, ПНИПУ, ГНФ, гр. ГНГ-12-2, e-mail: sashakoch1@rambler.ru.