



Применение переносного лазерного сканирования, основанного на технологии одновременной локализации и построения карты, в кадастровой деятельности для создания поэтажных планов

М.С. Чуприн¹

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии,
Москва, Россия
 chuprin.max@yandex.ru

цитирование Чуприн М.С. Применение переносного лазерного сканирования, основанного на технологии одновременной локализации и построения карты, в кадастровой деятельности для создания поэтажных планов // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2026. Т. 70, № 2. С. 91–104. DOI:10.30533/GiA-2026-021.

ключевые слова поэтажный план, кадастровые работы, переносное лазерное сканирование по технологии одновременной локализации и построения карты, вычисление площади, оценка точности вычисления площадей

аннотация В статье рассматривается применение технологии переносного лазерного сканирования (ПЛС) в кадастровой деятельности при создании поэтажных планов зданий и помещений. Разобраны основные положения действующих государственных стандартов по применению ПЛС. Проанализированы преимущества ПЛС перед традиционными методами обмеров с использованием лазерного дальномера: сокращение трудозатрат, снижение влияния человеческого фактора, возможность детального моделирования и последующего построения трехмерных моделей. Описан эксперимент по сканированию этажа многоквартирного дома на заключительном этапе строительства с использованием мобильного лазерного сканера XGRIDS LixelKity K1: выполнены два цикла сканирования (с опорными точками и без), результаты обработаны в программном обеспечении LixelStudio и nanoCAD. Составлено пять вариантов поэтажных планов, проведено сравнение их точности, временных затрат и стоимости оборудования. Выявлено, что ПЛС обеспечивает достаточную точность и сокращает время съемки в сравнении с ручными обмерами. Предложена технологическая схема формирования поэтажного плана на основе облака точек лазерного отражения, включающая подготовительный, полевой и камеральный этапы. Сделан вывод о том, что создание поэтажного плана в локальной системе координат с ортогонализацией по материалам ПЛС на основе технологии одновременной локализации и построения карты отвечает требованиям кадастра.

1 Введение

Создание поэтажных планов является основным технологическим процессом кадастровых работ в отношении объектов капитального строительства. Именно поэтажный план предоставляет исходные данные для определения площадей помещений. Его составление связано с определением координат контура здания или сооружения. Существуют отраслевые нормативы, устанавливающие технические требования к результатам как в кадастровой деятельности^{1,2}, так и в сфере технической инвентаризации³. Самыми подробными являются стандарты кадастровой деятельности⁴, но все вышеуказанные документы не в полной мере описывают сам процесс производства работ. Несмотря на важность темы, существует не так много публикаций, освещающих технические аспекты обмеров и оформления планов.

Формирование поэтажного плана в специализированном программном продукте PlanTracer SL для кадастровых инженеров рассмотрено С.В. Коробковой⁵, осветившей специфику создания графических документов по результатам обмеров помещений лазерной рулеткой. Л.А. Максименко рассматривает приемы проведения измерений, нормативные допуски при контроле размеров, уделяет внимание проектной документации как одному из источников исходной информации при создании плана [1, 2]. В статье М.С. Чуприна, С.А. Григорьева [3] обобщены существующие практики, сделан вывод о необходимости разработки единой методики, включающей существующие и перспективные способы сбора пространственных данных.

Развитие технологии переносного лазерного сканирования (ПЛС)⁶ создало предпосылки для ее активного применения в кадастровой деятельности. При использовании в зданиях и помещениях данная технология максимально сокращает объем ручных измерений лазерной рулеткой. Основным мотивом применения ПЛС является возможность быстро и в большом объеме собирать пространственную информацию об объекте работ. Оборудование, работающее на основе технологии одновременной локализации и построения карты (*англ.* Simultaneous Localization and Mapping, SLAM), отличается доступностью, что ускорило процесс его внедрения в практическую деятельность. Кадастровые инженеры заинтересованы в автоматизации значительного объема ручной работы по обмеру помещений.

Однако у данной технологии существуют особенности, которые следует учитывать в кадастровой деятельности. Необходимо понимать, что сбор данных в виде облака точек лазерного отражения (ТЛО)⁷ является только одним из этапов определения пространственных характеристик объектов недвижимости,

1 Об установлении формы технического плана, требований к его подготовке и состава содержащихся в нем сведений: приказ Росреестра от 15 марта 2022 г. № П/0082. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/350112527> (дата обращения: 20.01.2026).

2 Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места: приказ Росреестра от 23 октября 2020 г. № П/0393. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/566321344> (дата обращения: 20.01.2026).

3 Об утверждении Инструкции о проведении учета жилищного фонда в Российской Федерации: приказ Минземстроя РФ № 37 от 4 августа 1998 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minzemstroja-rf-ot-04081998-n-37/> (дата обращения: 20.01.2026).

4 Стандарты кадастровой деятельности / под общ. ред. М.И. Петрушиной, А.Г. Овчинниковой. М.: Кадастр недвижимости, 2022. 204 с.

5 Коробкова С.В. Технология создания поэтажных планов // CADmaster. 2011. Т. 58, № 3. С. 56–58.

6 ГОСТ Р 72225-2025. Фототопография. Сканирование лазерное наземное. Технические требования. М.: Российский институт стандартизации, 2025. 23 с.

7 ГОСТ Р 70174-2022. Картография цифровая. Процессы создания элемента содержания «рельеф» цифровых топографических карт масштаба 1 : 25 000. Общие требования. М.: Российский институт стандартизации, 2022. 10 с.

в особенности помещений и зданий. К таким характеристикам нужно в первую очередь отнести поэтажный план, который служит основой для расчета площади объекта, но не стоит забывать о том, что сам поэтажный план невозможно составить без определения наружного контура этажа здания. Таким образом, даже на этапе сбора данных речь должна идти о комплексной методике определения пространственных характеристик и моделирования объектов капитального строительства для целей кадастрового учета, которая должна решить такие задачи, как:

- классификация объектов кадастровых работ;
- выбор и описание особенностей методов измерений;
- обработка данных и создание векторной модели (поэтажного плана);
- вычисление площадей и оценка точности результатов моделирования.

В данной статье речь пойдет об особенностях применения ПЛС в ходе кадастровой деятельности в отношении помещений и зданий. Стоит отметить важные для предлагаемого исследования публикации с обзором практических экспериментов по применению SLAM в смежных отраслях. В статье [4] описан метод определения местоположения мобильного робота в наиболее сложных для технологии переносного сканирования условиях: вытянутых протяженных коридорах и подземной угольной шахте со схожей геометрией. В работе [5] сравниваются по эффективности различные алгоритмы SLAM при использовании строительным роботом на строительной площадке примерной площади застройки 27 000 кв. м в условиях значительного количества материалов и оборудования, создающих шум в облаке ТЛО. В статье [6] сделан вывод о преимуществе переносного сканирования для решения задач с более низким допуском по точности. Отдельные авторы описывают общий принцип работы оборудования и основные источники ошибок, подчеркивают важность дешифрирования информации в облаке ТЛО и обеспечения возможности использовать информацию о форме объектов в целом, а не просто о точности определения местоположения контрольных точек [7]. Вопросы классификации для автоматической обработки облака ТЛО рассматриваются в статье [8]. Более подробно механизм сегментации облака ТЛО, содержащего априорно неизвестные объекты, изложен в работе [9]. Данный подход имеет перспективы для применения внутри эксплуатируемых помещений, обеспечивая распознавание именно строительных конструкций. В статье [10] описан процесс выявления перепланировок и (или) реконструкции внутри помещений. Для сбора данных использовалось лазерное сканирование, анализ данных проводился как в автоматическом, так и в ручном режиме. Подобный метод сбора пространственных данных о помещении признан перспективным для развития трехмерного кадастра, отмечается необходимость продолжения исследований в части преобразования данных лазерного сканирования в трехмерную векторную модель. В работе [11] рассматриваются вопросы создания трехмерной модели объектов недвижимости с применением как технологий информационного моделирования (ТИМ), так и фактических измерений согласно международным стандартам. Другие авторы рассматривают пример использования ТИМ для хранения кадастровых данных в трехмерном виде. Наиболее подходящим классом для моделирования признается IfcSpace, а лучшим форматом для геометрии моделей — DWG. Файлы, созданные в системе автоматизированного проектирования (САПР), предлагается в дальнейшем использовать на ТИМ-платформах. Лазерное сканирование признается эффективным инструментом для сбора трехмерных данных. В моделировании важное значение придается детализации, при этом отмечается, что слишком высокие уровни детализации могут быть избыточны для целей кадастра [12]. В работах [13, 14] подробно разобраны вопросы геодезического обоснования для создания трехмерного кадастра, разработана и обоснована система соответствующих нормативных допусков. В статье [15] вышеуказанные положения развиваются для применения фотограмметрии.

2 Материалы и методы

Основным преимуществом технологии ПЛС является сокращение трудозатрат на замеры помещений с возможностью выполнять более детальное моделирование, не используя абрис с нанесением размеров, и тем самым исключить человеческий фактор. Результатом сканирования является облако ТЛО⁸, которое в дальнейшем импортируется в среду САПР и используется для обратного моделирования объекта. На данный момент в отечественном нормативном поле уже существуют документы, регламентирующие процесс получения и первичной обработки облака ТЛО. Рассмотрим основные положения сканирования помещений.

Для работы применяется система лазерного сканирования⁸, которая должна быть внесена в реестр средств измерений и проходить поверку с установленной периодичностью⁹. Основными метрологическими характеристиками подобных систем при выборе для решения практических задач являются абсолютные погрешности измерения длины и определения координат точек⁹.

В состав системы лазерного сканирования должны входить:

- лидар;
- накопитель памяти;
- аккумулятор питания внутренний (внешний);
- блок управления системой.

Дополнительно могут использоваться:

- фотокамеры;
- инерциальная навигационная система;
- одомер⁹.

Следует отметить, что указанные дополнительные элементы применяются во всех моделях оборудования, представленных на рынке. При сканировании объекта маршрут должен начинаться и заканчиваться на точке старта. Протяженность не должна превышать 2 км (или 30 минут непрерывной съемки). В неблагоприятных условиях эти значения могут быть уменьшены. Для повышения точности, соединения различных сессий сканирования с перекрытиями или в случае невозможности спланировать замкнутый маршрут в ходе движения сканер должен устанавливаться на опорные точки¹⁰. Как правило, используется не менее трех опорных и трех контрольных точек. Контрольные точки, распознаваемые в итоговом облаке ТЛО, применяются для оценки точности обработки и (или) соединения различных облаков ТЛО. Координаты опорных и контрольных точек должны быть определены в прямоугольной системе с точностью, в 2,5–3 раза превышающей результирующую точность съемки объекта сканирования^{10,11}. Следует уделять внимание закреплению опорных и контрольных точек для обеспечения возможности проверки результатов работ¹⁰. Помимо оценки точности на практике облако ТЛО в ходе подготовки поэтажного плана нужно проверять на наличие искажений, коллизий или артефактов. Для этих целей удобнее всего использовать фотографии, выполненные штатным фотоаппаратом сканирующей системы. Выявленные недочеты следует учитывать и локально при повторном выходе на объект снимать недостающие размеры. При соблюдении вышеуказанной технологии артефакты в облаке ТЛО могут быть вызваны захлапленностью помещений или недостаточной освещенностью. Если невозможно обеспечить штатное освещение объекта,

8 ГОСТ Р 70174-2022. Картография цифровая. Процессы создания элемента содержания «рельеф» цифровых топографических карт масштаба 1 : 25 000. Общие требования. М.: Российский институт стандартизации, 2022. 10 с.

9 ГОСТ Р 70689-2023. Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Общие требования к проведению работ. М.: Российский институт стандартизации, 2023. 23 с.

10 ГОСТ Р 72225-2025. Фототопография. Сканирование лазерное наземное. Технические требования. М.: Российский институт стандартизации, 2025. 23 с.

11 ГОСТ Р 71863-2024. Фототопография. Лазерное сканирование. Общие положения. М.: Российский институт стандартизации, 2024. 24 с.

оператор сканирующей системы может использовать носимую подсветку. Результатом полевого этапа работ становится облако ТЛО, уравненное и очищенное от шумов, а при необходимости сшитое из различных частей с наложением истинного цвета точек. ГОСТ Р 72225-2025 устанавливает, что должна быть обеспечена оценка точности с генерацией текстовых отчетов.

В соответствии с вышеизложенными требованиями был выполнен эксперимент с использованием оборудования, информация о котором представлена в табл. 1.

Таблица 1 
Используемое оборудование
Table 1
Equipment used

Тип	Модель	Номер сертификата	Заводской номер	Свидетельство о поверке
Электронный тахеометр	SOUTH N40	77919-20	276549	С-ГСХ/24-11-2025/483489330 от 24.11.2025 до 23.11.2026
Лазерный дальномер	Leica DISTO S910	60792-15	5192330077	С-ГСХ/24-11-2025/483489329 от 24.11.2025 до 23.11.2026
Сканер лазерный мобильный	XGRIDS LixelKity K1	95947-25	A443C3	С-ВХН/17-11-2025/483076230 от 17.11.2025 до 16.11.2026

Было проведено ПЛС этажа многоквартирного дома после завершения строительных и до завершения отделочных работ. Сканирование было выполнено дважды: в первом случае с замыканием на начальную точку без использования опорных точек, а во втором — с замыканием на начальную точку с использованием опорных точек. Протяженность маршрута сканирования составила 642,67 м. Кроме того, геодезическим методом с помощью электронного тахеометра были определены координаты опорных и контрольных точек (рис. 1) в условной прямоугольной системе этажа здания. Средняя квадратическая погрешность (СКП) определения координат составила 0,003 м в плане и 0,002 м по высоте.

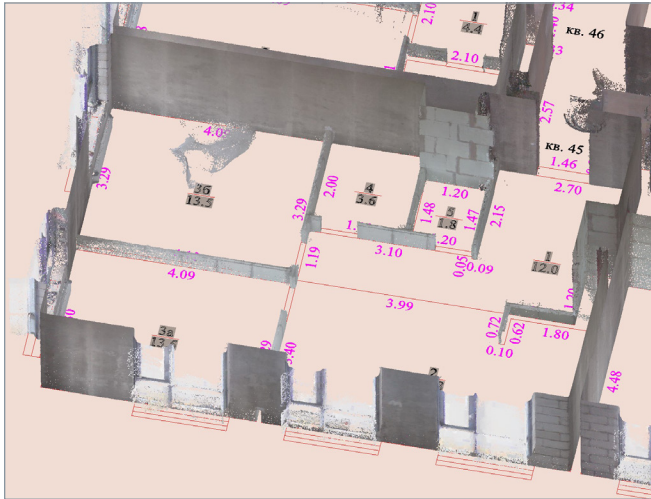
В программном продукте LixelStudio были обработаны оба маршрута сканирования, готовые облака ТЛО импортированы в САПР nanoCAD для создания поэтажного плана (рис. 2).

По результатам оценки точности СКП определения местоположения контрольных точек внутри ТЛО составила 0,014 м в плане и 0,022 м по высоте. На основании обоих облаков ТЛО созданы два типа поэтажных планов: в первом случае без учета приведения формы комнат к виду прямоугольников, что позволило учитывать при расчете площади неидеальную геометрию строительных конструкций (стен и перегородок) и рассчитать площади комнат по координатам характерных точек вершин полигонов с использованием формулы Гаусса; во втором случае — с приведением к прямым углам, т. е. к ортогонализации

Рис. 1 
Закрепление опорных и контрольных точек (фото М.С. Чуприна)
Fig. 1
Fixing reference and control points (photo by Maksim S. Chuprin)

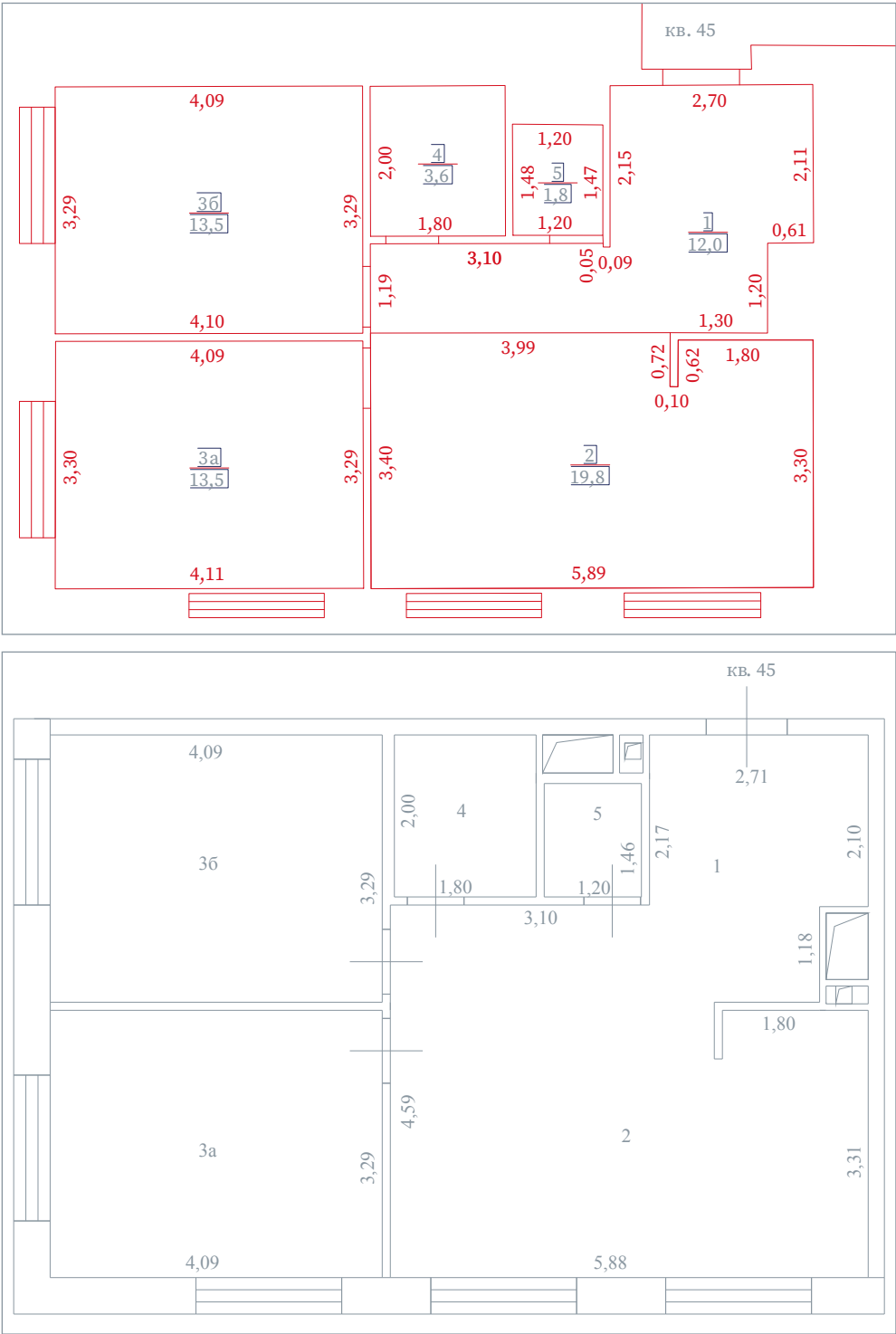


Рис. 2 
Облако ТЛО в среде САПР
Fig. 2
Point cloud in CAD



линий на плане, что некоторым образом исказило линейные размеры, но позволило в дальнейшем рассчитывать площади путем разбиения на простые геометрические фигуры. СКП линейных измерений M_s была определена на основе средней величины неравноности стен¹² и составила 0,020 м (рис. 3).

Рис. 3 
Сравнение фрагментов
двух типов поэтажных планов
Fig. 3
Comparisons of two types
of floor plans



Поэтажные планы чертились путем создания векторного слоя разреза облака ТЛО на высоте сечения до 1,10 м от уровня пола. Кроме того, лазерной рулеткой были выполнены обмеры. Размеры помещений наносились на абрис, в качестве

12 СТО 11468812.005-2025. Типовой стандарт осуществления кадастровой деятельности. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ki-rf.ru/standart/> (дата обращения: 20.01.2026).

которого использовался лист проектной документации здания. После этого в среде САПР nanoCAD с учетом ортогонализации углов примыканий строительных конструкций был создан поэтажный план. Таким образом, в отношении исследуемого объекта (этажа строящегося многоквартирного дома) было создано пять вариантов поэтажного плана по материалам:

- 1) сканирования с использованием опорных точек и без ортогонализации отрезков;
- 2) сканирования с использованием опорных точек с ортогонализацией отрезков;
- 3) сканирования без использования опорных точек и без ортогонализации отрезков;
- 4) сканирования без использования опорных точек с ортогонализацией отрезков;
- 5) обмеров лазерной рулеткой с ортогонализацией отрезков.

К каждому из вышеперечисленных вариантов составлена экспликация помещений, проведена оценка точности вычисления площадей (на этаже расположено 13 помещений, из них 7 квартир и 6 нежилых помещений общей площадью, согласно проектной документации, 516,4 кв. м).

Таблица 2 ✓

Сравнительные характеристики
поэтажных планов

Table 2

Comparative characteristics
of floor plans

3 Результаты и обсуждение

По результатам обработки измерений проведено сравнение итоговых поэтажных планов и экспликаций (табл. 2).

Характеристика	Варианты поэтажного плана				
	1	2	3	4	5
Площадь, кв. м	519,0	520,0	520,2	520,7	521,8
СКП определения местоположения координат / СКП линейных измерений, м	0,014	0,020	0,014	0,020	0,020
СКП вычисления площади, кв. м	0,11	0,73	0,11	0,73	0,42
Количество измеренных длин отрезков	662	662	662	662	130
Время съемки, мин.	52	10	52	10	57
Время камеральной обработки, мин.	120	140	110	140	120
Количество выявленных ошибок	0	0	0	0	2
Время дополнительных замеров, мин.	0	0	0	0	20
Общее время выполнения работ, мин.	172	150	162	150	197
Возможность использования для построения трехмерной модели	+	+	+	+	–
Состав комплекта оборудования	Компьютер с выделенной видеокартой, лазерный сканер, тахеометр	Компьютер с выделенной видеокартой, лазерный сканер, тахеометр	Компьютер с выделенной видеокартой, лазерный сканер	Компьютер с выделенной видеокартой, лазерный сканер, тахеометр	Компьютер, лазерный дальномер
Стоимость комплекта оборудования, млн руб.	1,80	1,80	1,45	1,45	0,20

Суммарная площадь помещений этажа в каждом варианте отличается незначительно. В вариантах 1 и 3 для расчета применялась формула СКП площади застройки сооружения¹³, т. к. по своей конфигурации отдельные помещения близки к правильным геометрическим фигурам, как и сооружения, и в качестве параметров используют координаты характерных точек контура, СКП определения их местоположения, определенное выше (0,014 м в плане). Для вариантов 2, 4, 5 применялись рекомендуемые формулы СКП¹³. Сравнение результатов показало, что при незначительном разбросе значений линейных размеров и площадей для пар вариантов 1 и 3, 2 и 4 СКП площади равны.

В результате обработки измерений было подсчитано количество отрезков, используемых при составлении планов. Варианты, основанные на обработке ТЛО, кратно превышают по количеству измерений обмеры рулеткой. Кроме того, большее по сравнению с рулеткой количество выполненных измерений позволило точно указать на плане местоположение оконных и дверных проемов. В случае с обмерами лазерной рулеткой для окончательного оформления плана использовалась проектная документация, дополнительно пришлось затратить время на фотофиксацию объекта. Избежать грубых ошибок при неверной записи размеров в абрис не получилось (понадобилось дополнительно выезжать для определения контрольных размеров), при составлении планов по облаку ТЛО — удалось. Для дешифрирования облака в зонах плохой видимости использованы фотографии со встроенных в оборудование фотокамер. Кроме того, облако ТЛО можно в дальнейшем применять и для составления трехмерной модели.

На сканирование затрачивается гораздо меньше времени, чем на обмеры лазерной рулеткой, но в случае с координированием опорных и контрольных точек трудозатраты почти одинаковы.

Камеральная обработка облаков ТЛО разделена на два этапа. На первом выполняется уравнивание и экспорт материалов в САПР, где проходит непосредственно черчение. Камеральная обработка при обмерах лазерной рулеткой длится несколько меньше, но разница нивелируется из-за дополнительных временных затрат на повторный выезд. В облаке ТЛО тоже могут присутствовать дефекты, которые потребуют дополнительного выезда на объект работ для контрольных измерений. Автор имеет практический опыт обмерных работ с 2014 года, применял ПЛС в кадастровых работах не только на исследуемом объекте, а за 2025 год принимал участие в сканировании и обработке его результатов на объектах общей площадью чуть более 250 тыс. кв. м. В случае соблюдения технологии выполнения работ объем повторных измерений, как правило, незначительный. Обычно подобными проблемными местами являются отдельные комнаты, размеры которых уточняются лазерной рулеткой. Чаше повторные выезды на сканирование обусловлены проблемами обеспечения доступа к некоторым помещениям по производственным причинам.

При общем сравнении технологии выполнения обмеров лазерной рулеткой и ПЛС можно сделать вывод о том, что в случае выполнения кадастровых работ в отношении объектов значительной площади резко растет количество ошибок, вызванных человеческим фактором. Чаше всего таковыми являются ошибки записи размера на абрис. При применении ПЛС человеческий фактор менее значим.

Еще одним важным аспектом сравнения технологий является стоимость комплекта оборудования. При этом ПЛС обеспечивает гораздо более высокую производительность работ и качество получаемых результатов.

Расхождение между приведенным и неортогонализованным поэтажным планом заложено нормативами по точности строительных работ. При этом

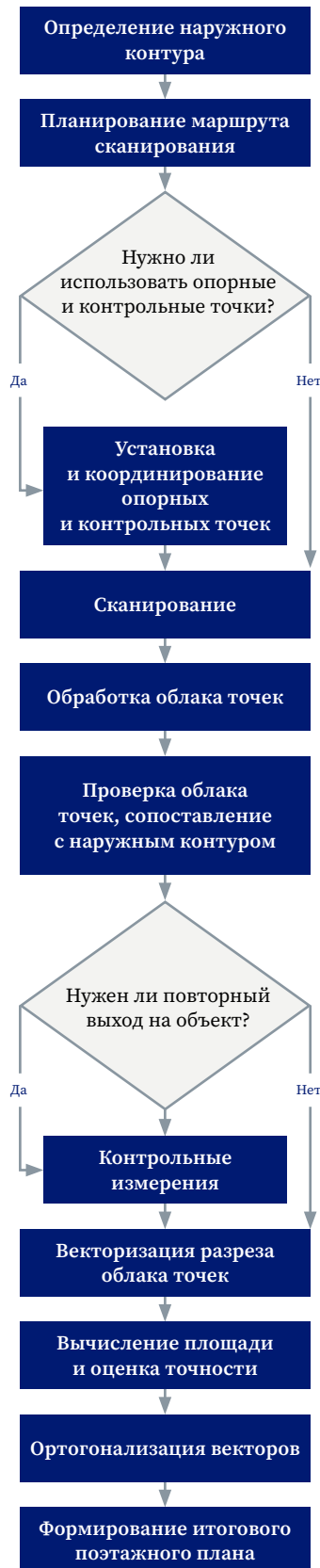
13 Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места: приказ Росреестра от 23 октября 2020 г. № П/0393. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/566321344> (дата обращения: 20.01.2026).

Рис. 4 ▼

Блок-схема последовательности работ по созданию поэтажного плана

Fig. 4

Block diagram sequence of work on creating a floor plan



на практике отсутствует традиция или необходимость вычерчивать поэтажный план с учетом кривизны, которая чаще всего не видна из-за графической точности масштаба, составляющей 5 мм в масштабе плана. Согласно государственному стандарту¹⁴, строительные допуски изменяются в значительном интервале от единиц миллиметров до десятков сантиметров в зависимости от важности элемента. Предусмотрены допуски линейных размеров, прямолинейности, перпендикулярности, равенства диагоналей, разбивки точек осей в плане и др. В ходе кадастровой деятельности уточнять класс строительной точности всех конструкций не представляется возможным, т. к. он не маркируется в проектной документации. Одновременно с этим единственным нормативным требованием к площади объекта в кадастровой деятельности является допуск на расхождение в 5 % относительно площади, указанной в разрешении на строительство здания¹⁵. На практике застройщики в договорах с инвесторами (в том числе физическими лицами) могут указывать предельные расхождения фактической и проектной площади помещений в 1 кв. м или 1 % от проектных значений, что допускается принципом свободы договора¹⁶. При этом сама по себе идея отказа от подсчета площадей помещений путем разбиения на простые геометрические фигуры привлекает снижением временных затрат при кадастровых работах, но одновременно перед кадастровым инженером стоит задача обеспечения достаточной точности в условиях нормативной неопределенности допуска за приведение к ортогональности. В такой ситуации для определения площадей помещений и указания линейных размеров предлагается использовать максимально точные данные, которые можно быстро собрать, используя технологию ПЛС, а для формирования непосредственно графического документа ортогонализировать отрезки, составляющие план, до вида, традиционно применяемого как в строительстве, так и в системе учета недвижимости. По результатам исследования составлена блок-схема последовательности работ по созданию поэтажного плана на основе облака ТЛО, полученного по итогам ПЛС (рис. 4).

Общая технологическая схема формирования поэтажного плана по результатам ПЛС состоит из нескольких этапов. Первым из них является подготовительный, который включает определение координат наружного контура этажа геодезическим или комбинированным методом, изучение исходных плановых материалов и (или) рекогносцировка с целью спланировать маршрут ПЛС. Полевой этап подразумевает непосредственно сканирование и координирование опорных и контрольных точек (при необходимости). Камеральный этап включает уравнивание облака ТЛО, проверку на наличие грубых ошибок, контрольные измерения (при необходимости), векторизацию сечения облака ТЛО, формирование итогового поэтажного плана и экспликации. Дальнейшими направлениями исследования станут автоматизация при векторизации облаков ТЛО, выбор условных знаков при составлении поэтажного плана с учетом различных уровней детализации плана или трехмерной модели.

4 Выводы

Создание поэтажного плана стен в локальной системе координат с ортогонализацией по материалам ПЛС на основе технологии SLAM отвечает требованиям

14 ГОСТ Р 58942-2020. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски. М.: Стандартинформ, 2020. 16 с.

15 О государственной регистрации недвижимости: Федеральный закон от 13 июля 2015 г. № 218-ФЗ (редакция от 28 декабря 2025 г.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=102054722> (дата обращения: 20.01.2026).

16 Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть первая от 30 ноября 1994 г. № 51-ФЗ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102033239> (дата обращения: 26.01.2026).

кадастра. Показан практический пример использования данной технологии в кадастровых работах, проведено сравнение с классической технологией обмеров. Проанализированы положения государственных стандартов, применяемые к ПЛС помещений. Исследование может послужить основой для широкого практического применения данной технологии.

библиография

1. Максименко Л.А. Оформление графической части технического плана помещения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Международный научный конгресс: Международная научная конференция «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сборник материалов в 4 т. Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 3. С. 87–91.
2. Максименко Л.А. О подготовке технических планов объектов недвижимости // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Международный научный конгресс: Международная научная конференция «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сборник материалов в 2 т. Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 2. С. 192–198.
3. Чуприн М.С., Григорьев С.А. Анализ методов сбора пространственных данных для формирования эксплуатационной модели здания и последующего кадастрового учета // Управление объектами недвижимости и комплексное развитие территорий: сборник статей III Международного научно-практического семинара. СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, 2024. С. 204–211.
4. Yang X., Lin X., Yao W., et al. A Robust LiDAR SLAM Method for Underground Coal Mine Robot with Degenerated Scene Compensation // Remote Sensing. 2023. Vol. 15. Iss. 1. P. 186. DOI:10.3390/rs15010186.
5. Feng C., Yu J., Li J., et al. Evaluation of LiDAR SLAM Algorithms for Construction Robots in Large Public Construction Sites // Low-carbon Materials and Green Construction. 2025. Vol. 3. P. 28. DOI:10.1007/s44242-025-00092-8.
6. Шереметинский А.В. Сравнительный анализ применения наземного и SLAM-сканирования при обследовании строительных конструкций // Актуальные вопросы и инновации в обследовании строительных конструкций зданий и сооружений: сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Красноярск: СФУ, 2025. С. 11–15.
7. Комиссаров А.В., Арбузов С.А., Дедкова В.В. Методика исследования точности измерений сканеров SLAM // Геодезия и картография. 2025. Т. 86, № 11. С. 27–32. DOI:10.22389/0016-7126-2025-1025-11-27-32.
8. Сай С.В., Зинкевич А.В. Метод семантической сегментации данных воздушного лазерного сканирования водоохранных зон // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2025. Т. 25, № 1. С. 68–77. DOI:10.17586/2226-1494-2025-25-1-68-77.
9. Воронков А.Д. Сегментация облака точек с неизвестными объектами с помощью метода VCCS и динамической графовой сверточной нейронной сети // ИТ-Стандарт. 2023. Т. 37, № 4. С. 25–35.
10. Koeva M., Nikoohemat S., Oude Elberink S., et al. Towards 3D Indoor Cadastre Based on Change Detection from Point Clouds // Remote Sensing. 2019. Vol. 11. Iss. 17. P. 1972. DOI:10.3390/rs11171972.
11. Vučić N., Vranić S., Sutherland M., et al. Registration of Apartments and Office Spaces in 3D Land Administration – A Case Study in Croatia // Land Use Policy. 2024. Vol. 142. P. 107187. DOI:10.1016/j.landusepol.2024.107187.
12. Bryant B., Agha Karimi A., Atazadeh B., et al. Modelling 3-Dimensional Cadastral Boundaries in a BIM Environment: A Case Study Using Volumetric Format Plans in Queensland, Australia // International Journal of Digital Earth. 2025. Vol. 18. Iss. 1. P. 2518578. DOI:10.1080/17538947.2025.2518578.
13. Аврунев Е.И., Гиниятов А.И. Технологическая схема создания геодезического обеспечения для целей трехмерного кадастра недвижимости // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVIII Международный научный конгресс: сборник материалов в 8 т. Новосибирск: СГУГиТ, 2022. Т. 3. С. 49–55. DOI:10.33764/2618-981X-2022-3-49-55.

14. Аврунев Е.И., Гиниятов А.И. Разработка системы нормативных допусков при создании геодезического обоснования для выполнения кадастровых работ в формате 3D // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2023. Т. 67, № 3. С. 16–26. DOI:10.30533/GiA-2023-020.
15. Яковлева Н.Д. Обоснование требований к точности и параметрам 3D-кадастровой съемки на городских территориях с использованием наземного лазерного сканирования // Успехи современного естествознания. 2026. № 1. С. 51–57. DOI:10.17513/use.38472.

автор **Чуприн Максим Сергеевич**
 ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»
 (МИИГАиК), Москва, Россия
 кафедра землеустройства и кадастров, факультет управления территориями
 0009-0001-7283-734X

Поступила 26.01.2026. Принята к публикации 24.04.2026. Опубликовано 30.04.2026.



Handheld Laser Scanning with Simultaneous Localization and Mapping for Cadastral Floor Plan Creation

Maksim S. Chuprin¹✉

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
✉ chuprin.max@yandex.ru

citation Chuprin MS. Handheld Laser Scanning with Simultaneous Localization and Mapping for Cadastral Floor Plan Creation. *Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2026;70(2): 91–104. DOI:10.30533/GiA-2026-021.

keywords floor plan, cadastral works, LiDAR SLAM, calculating the area, evaluating the accuracy of calculating the area of apartments

abstract The article examines the application of LiDAR SLAM technology in cadastral activities for creating floor plans of buildings and premises. The main provisions of current state standards for the use of LiDAR SLAM are reviewed. The advantages of LiDAR SLAM over traditional measurement methods using a laser rangefinder are analysed, including reduced labour costs, decreased influence of the human factor, the possibility of detailed modelling, and the subsequent creation of 3D models. An experiment is described involving the scanning of a multi apartment building floor at the final stage of construction using the XGRIDS LixelKity K1 mobile laser scanner. Two scanning cycles were performed – with and without reference points – and the results were processed using the LixelStudio and nanoCAD software. Five variants of floor plans were created, and their accuracy, time requirements, and equipment costs were compared. It was found that LiDAR SLAM provides sufficient accuracy and reduces survey time compared to manual measurements. A technological scheme for generating a floor plan based on a point cloud of laser reflections is proposed, which includes preparatory, field, and office (cameral) stages. The conclusion is drawn that creating a floor plan in a local coordinate system with orthogonalisation based on LiDAR SLAM data meets cadastral requirements.

- references**
1. Maksimenko LA. Oformlenie graficheskoi chasti tekhnicheskogo plana pomeshcheniya [Design of the Graphic Part of the Technical Plan of the Room]. *Interexpo GEO-Siberia-2013. IX International Scientific Congress: International Scientific Conference "Economic Development of Siberia and the Far East. Economics of Environmental Management, Land Management, Forestry, Real Estate Management": collection of materials*. In 4 vols. Vol. 3. Novosibirsk: SSGA; 2013: 87–91. (In Russian).

2. Maksimenko LA. O podgotovke tekhnicheskikh planov ob'ektov nedvizhimosti [About Preparation of Technical Plans of Real Estate Objects]. *Interexpo GEO-Siberia-2014. X International Scientific Congress: International Scientific Conference "Economic Development of Siberia and the Far East. Economics of Environmental Management, Land Management, Forestry, Real Estate Management": collection of materials*. In 2 vols. Vol. 2. Novosibirsk: SSGA; 2014: 192–198. (In Russian).
3. Chuprin MS, Grigoriev SA. Analiz metodov sbora prostranstvennykh dannykh dlya formirovaniya ekspluatatsionnoi modeli zdaniya i posleduyushchego kadastravogo ucheta [Analysis of Spatial Data Collection Methods for the Formation of an Operational Model of a Building and Subsequent Cadastral Registration]. *Real Estate Management and Comprehensive Territorial Development: collection of articles from the III International Scientific and Practical Seminar*. St. Petersburg: St. Petersburg Mining University, 2024: 204–211. (In Russian).
4. Yang X, Lin X, Yao W, et al. A Robust LiDAR SLAM Method for Underground Coal Mine Robot with Degenerated Scene Compensation. *Remote Sensing*. 2023;15(1): 186. DOI:10.3390/rs15010186.
5. Feng C, Yu J, Li J, et al. Evaluation of LiDAR SLAM Algorithms for Construction Robots in Large Public Construction Sites. *Low-carbon Materials and Green Construction*. 2025;3: 28. DOI:10.1007/s44242-025-00092-8.
6. Sheremetinskii AV. Sravnitel'nyi analiz primeneniya nazemnogo i SLAM-skanirovaniya pri obsledovanii stroitel'nykh konstruktov [Comparative Analysis of the Use of Ground and SLAM Scanning in the Examination of Building Structures]. *Current Issues and Innovations in the Examination of Building Structures. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Krasnoyarsk: SibFU; 2025: 11–15. (In Russian).
7. Komissarov AV, Arbuzov SA, Dedkova VV. Metodika issledovaniya tochnosti izmerenii skanerov SLAM [A Methodology for Studying the Measurement Accuracy of SLAM Scanners]. *Geodesy and Cartography*. 2025;86(11): 27–32. (In Russian). DOI:10.22389/0016-7126-2025-1025-11-27-32.
8. Sai SV, Zinkevich AV. Metod semanticheskoi segmentatsii dannykh vozdušnogo lazernogo skanirovaniya vodookhrannykh zon [Method of Semantic Segmentation of Airborne Laser Scanning Data of Water Protection Zones]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*. 2025;25(1): 68–77. (In Russian). DOI:10.17586/2226-1494-2025-25-1-68-77.
9. Voronkov AD. Segmentatsiya oblaka tochek s neizvestnymi ob'ektami s pomoshch'yu metoda VCCS i dinamicheskoi grafovoi svertochnoi neironnoi seti [Segmentation of a Point Cloud with Unknown Objects Using the VCCS Method and a Dynamic Graph Convolutional Neural Network]. *IT-Standard*. 2023;37(4): 25–35. (In Russian).
10. Koeva M., Nikoohemat S., Oude Elberink S., et al. Towards 3D Indoor Cadastre Based on Change Detection from Point Clouds. *Remote Sensing*. 2019;11(17): 1972. DOI:10.3390/rs11171972.
11. Vučić N, Vranić S, Sutherland M, et al. Registration of Apartments and Office Spaces in 3D Land Administration – A Case Study in Croatia. *Land Use Policy*. 2024;142: 107187. DOI:10.1016/j.landusepol.2024.107187.
12. Bryant B, Agha Karimi A, Atazadeh B, et al. Modelling 3-Dimensional Cadastral Boundaries in a BIM Environment: A Case Study Using Volumetric Format Plans in Queensland, Australia. *International Journal of Digital Earth*. 2025;18(1): 2518578. DOI:10.1080/17538947.2025.2518578.
13. Avrunev EI, Giniyatov AI. Tekhnologicheskaya skhema sozdaniya geodezicheskogo obespecheniya dlya tselei trekhmernogo kadastra nedvizhimosti [Technological Scheme for the Creation of Geodetic Support for Purposes of a Three-Dimensional Real Estate Cadastre]. *Interexpo GEO Siberia: Proceedings of the XVIII International Scientific Congress*. In 8 vols. Vol. 3. Novosibirsk: SSUGT; 2022: 49–55. (In Russian). DOI:10.33764/2618-981X-2022-3-49-55.
14. Avrunev EI, Giniyatov AI. Razrabotka sistemy normativnykh dopuskov pri sozdanii geodezicheskogo obosnovaniya dlya vypolneniya kadastrovykh rabot v formate 3D [Development of a System of Standard Tolerances for Creating Geodetic Justification for Performing Cadastral Works in 3D Format]. *Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2023;3: 16–26. (In Russian). DOI:10.30533/GiA-2023-020.

15. Yakovleva ND. Obosnovanie trebovaniy k tochnosti i parametram 3D-kadaastrovoi s"emki na gorodskikh territoriyakh s ispol'zovaniem nazemnogo lazernogo skanirovaniya [Justification of Requirements for Accuracy and Parameters of 3D Cadastral Surveying in Urban Areas Using Terrestrial Laser Scanning]. *Advances in Current Natural Sciences*. 2026;1: 51–57. (In Russian). DOI:10.17513/use.38472.

author **Maksim S. Chuprin**

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
Department of Land Management and Cadastre, Faculty of Territorial Management
 0009-0001-7283-734X

Submitted: January 26, 2026. Accepted: April 24, 2026. Published: April 30, 2026.