УДК 528.44

СОЗДАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ КАДАСТРОВОЙ СЪЕМКИ ЖИЛОГО МИКРОРАЙОНА (НА ПРИМЕРЕ МАХАЛЛИ ТОНГ Г. ПАРКЕНТА)

Романюк Юлия Анатольевна
Доцент кафедры «Инженерная геоматика»
Ташкентский архитектурно строительный университет
Ташкент, Узбекистан,
Асомов Аслиддин Алимардон Угли
Студент Ташкентского архитектурно строительного университета
Ташкент, Узбекистан

Аннотация. Описана практическая технология подготовки геодезического обоснования для кадастровой съёмки жилой махалли без тахеометрических ходов. Технология включает 12 операций: подготовку спутниковой подложки в SAS.Planet, построение схемы сети в AutoCAD 2021, рекогносцировку, RTK-измерения приёмником Stonex S900 и камеральный контроль. Для махалли Тонг г. Паркента по этой технологии составлена схема из 41 съёмочного пункта и трёх исходных ориентиров в масштабе 1:2000. Полевой этап занимает 3 дня (82 установки ровера, около 27 в день), весь цикл – 9 рабочих дней и 13 человеко-дней. Паспортная ошибка RTK при удалении ровера от базы до 1,5 км (9,5 мм) в 21 раз меньше допуска 0,20 м для масштаба 1:2000. Сметная стоимость по Сборнику цен 2009 г. – 51,1 млн сум, или 1,25 млн сум на пункт. Даны практические правила размещения пунктов и контроля схемы.

Ключевые слова: кадастровая съёмка, геодезическое обоснование, GNSS, RTK, Stonex S900, SAS.Planet, AutoCAD, технология работ, сметная стоимость.

Abstract. A practical workflow for establishing survey control for the cadastral survey of a residential mahalla without total station traverses is described. The workflow comprises 12 operations: preparing a satellite base map in SAS.Planet, designing the network in AutoCAD 2021, reconnaissance, RTK measurements with a Stonex S900 receiver and office checks. For Tong mahalla in Parkent, the workflow produced a 1:2000 layout of 41 survey points and three reference marks. The field stage takes 3 days (82 rover set-ups, about 27 per day),

and the full cycle 9 working days and 13 person-days. The manufacturer’s RTK error at a base–rover distance of up to 1.5 km (9.5 mm) is 21 times smaller than the 0.20 m tolerance for the 1:2000 scale. The estimated cost under the 2009 Price Catalogue is 51.1 million UZS, or 1.25 million UZS per point. Practical rules for point placement and layout checking are given.

Keywords: cadastral survey, survey control, GNSS, RTK, Stonex S900, SAS.Planet, AutoCAD, workflow, cost estimate.

ВВЕДЕНИЕ. Кадастровая съёмка жилых территорий опирается на съёмочное обоснование, от пунктов которого определяются границы земельных участков. Требования к геодезическим работам в Республике Узбекистан установлены Законом «О геодезической и картографической деятельности» [1] и ШНК 1.02.08-19 [2], а с 2026 г. вводится Национальная система координат [3].

В жилых махаллях с плотной усадебной застройкой, заборами и деревьями теодолитные и тахеометрические ходы трудоёмки, так как требуют взаимной видимости между пунктами [4]. Спутниковый метод RTK позволяет определять каждый пункт независимо [5], однако на практике студенты и небольшие организации сталкиваются с вопросами: как спроектировать сеть до выезда в поле без платных картографических материалов, сколько времени займут измерения и как оценить их стоимость по Сборнику цен.

Цель работы – разработать и описать практическую технологию проектирования GNSS-обоснования для кадастровой съёмки жилой махалли с использованием открытых спутниковых снимков и проверить её на примере махалли Тонг г. Паркента.

Задачи:

1. Составить последовательность операций от выбора территории до получения каталога координат.
2. Подготовить схему обоснования махалли Тонг и определить её параметры.

3. Рассчитать продолжительность, трудоёмкость и стоимость работ и сформулировать практические рекомендации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект. Махалля Тонг г. Паркента Ташкентской области – жилая территория площадью 204,5 га (периметр 5,9 км) с одно- и двухэтажными домами, внутриквартальными улицами и приусадебными участками. По условиям спутниковых наблюдений она отнесена к I категории трудности. Общий вид территории на спутниковом снимке показан на рисунке 1. Для привязки сети намечены три исходных ориентира П-1, П-2 и П-3.



Рисунок 1. Спутниковый снимок территории махалли Тонг г. Паркента

Материалы и программное обеспечение. Использованы спутниковые снимки SAS.Planet [6], инструмент измерения расстояний Google Earth Pro [7], AutoCAD 2021 [8] и GNSS-приёмник Stonex S900 [9]. Приёмник принимает сигналы GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou; паспортная точность в режиме RTK – 8 мм + 1 ppm в плане и 15 мм + 1 ppm по высоте.

Технология. Работы разбиты на четыре блока и 12 операций (рисунок 2, таблица 1). Первые восемь операций выполняются за компьютером до выезда на местность, что позволяет заранее выбрать места пунктов и маршрут обхода. Основные практические этапы в SAS.Planet и AutoCAD 2021 показаны на рисунке 3.

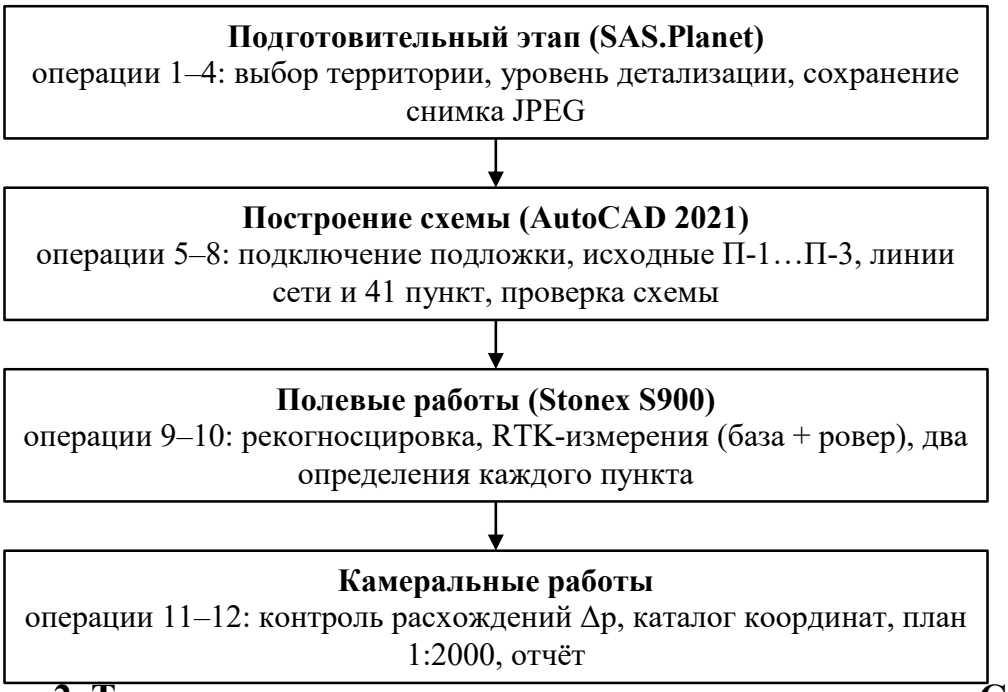


Рисунок 2. Технологическая схема проектирования и создания GNSS-обоснования

Таблица 1. Операции подготовки схемы и их контроль

№	Операция	Инструмент	Результат	Контроль
1	Выбор территории	SAS.Planet, поиск и масштаб	Фрагмент карты махалли	Видны улицы и перекрёстки
2	Выделение области, уровень детализации	SAS.Planet, выделение	Область с нужной детализацией	Охват всей территории
3–4	Настройка и сохранение снимка	SAS.Planet, формат JPEG	Единый растровый файл	Нет пустых фрагментов
5	Подключение подложки	AutoCAD, Raster Image Reference	Подложка в чертеже	Масштаб по контрольному маршруту
6	Нанесение исходных ориентиров	AutoCAD, условные знаки	П-1, П-2, П-3 на схеме	Сверка с документами ГГС
7	Построение линий и пунктов	AutoCAD, PL, DIM, REC, MIR	Схема из 41 пункта	Нет разрывов и дублей линий

№	Операция	Инструмент	Результат	Контроль
8	Проверка общего вида	AutoCAD, уменьшение масштаба	Схема 1:2000	Подписи не перекрывают знаки

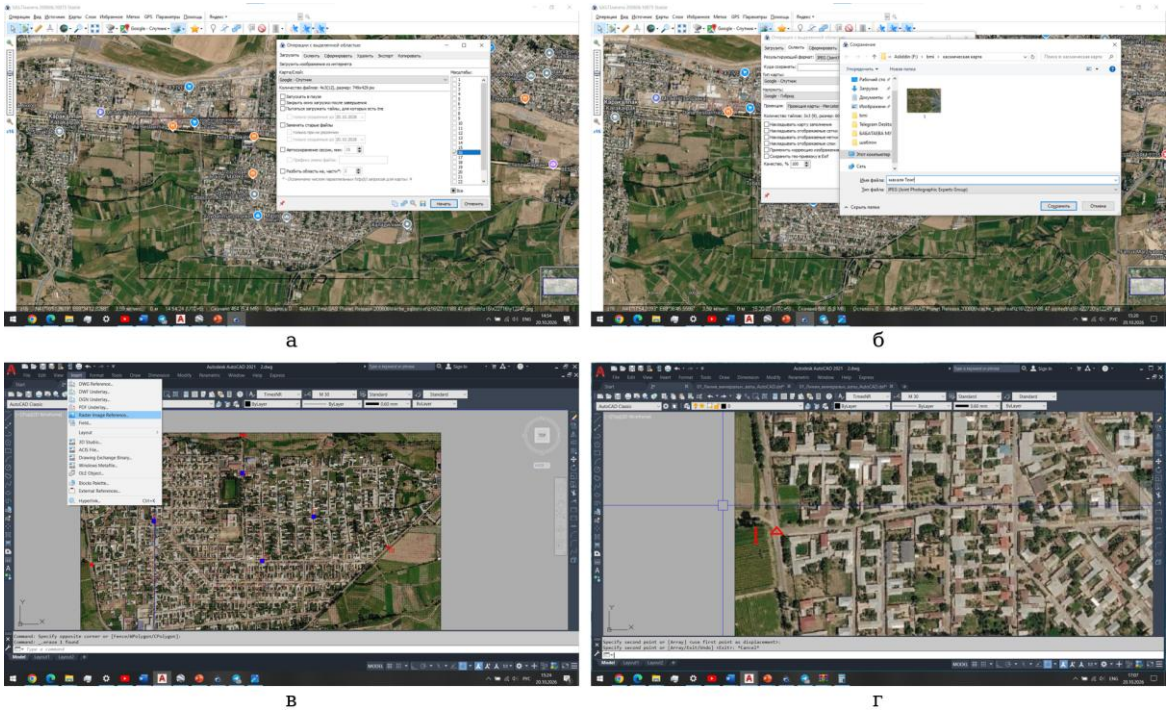


Рисунок 3. Практические этапы подготовки схемы: а - выделение области и выбор детализации в SAS.Planet; б - сохранение снимка; в - подключение снимка в AutoCAD 2021; г - нанесение исходных ориентиров

Правила размещения пунктов. Пункты намечали на перекрёстках и прямых участках улиц, на расстоянии от стен и крон деревьев, чтобы открытый небосвод начинался не выше 15° над горизонтом. Учитывали доступность для установки вехи и сохранность знака. Подложка JPEG не имеет координатной привязки, поэтому её масштаб проверяли по контрольному маршруту длиной 1 464,04 м, измеренному в Google Earth Pro.

Полевые измерения (проект). База устанавливается на исходном пункте, ровер обходит пункты по маршруту вдоль улиц. Каждый пункт определяется дважды с независимой инициализацией; измерения принимаются при числе спутников не менее 5, PDOP не более 4 и

фиксированном решении [10, 11]. Расхождение определений вычисляется по формуле

$$\Delta p = \sqrt{((X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2)}, \quad (1)$$

где X_1, Y_1 и X_2, Y_2 - координаты двух определений; допустимое расхождение $\Delta_{доп} = 2\sqrt{2} \cdot m$ при m = 0,02 м составляет 0,057 м.

Организация и стоимость. Продолжительность и трудоёмкость определены по календарному плану для бригады из трёх человек. Стоимость рассчитана по Сборнику цен [12] по формуле $C = M \cdot N \cdot K$, где M - базовая расчётная величина (БРВ), принятая 440 000 сум [13], N - базовый коэффициент, K - произведение поправочных коэффициентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Схема обоснования. В результате выполнения операций 1-8 получена схема сети махалли Тонг (рисунок 4). Её параметры приведены в таблице 2. Линии сети проходят вдоль улиц, что задаёт маршрут обхода пунктов ровером.

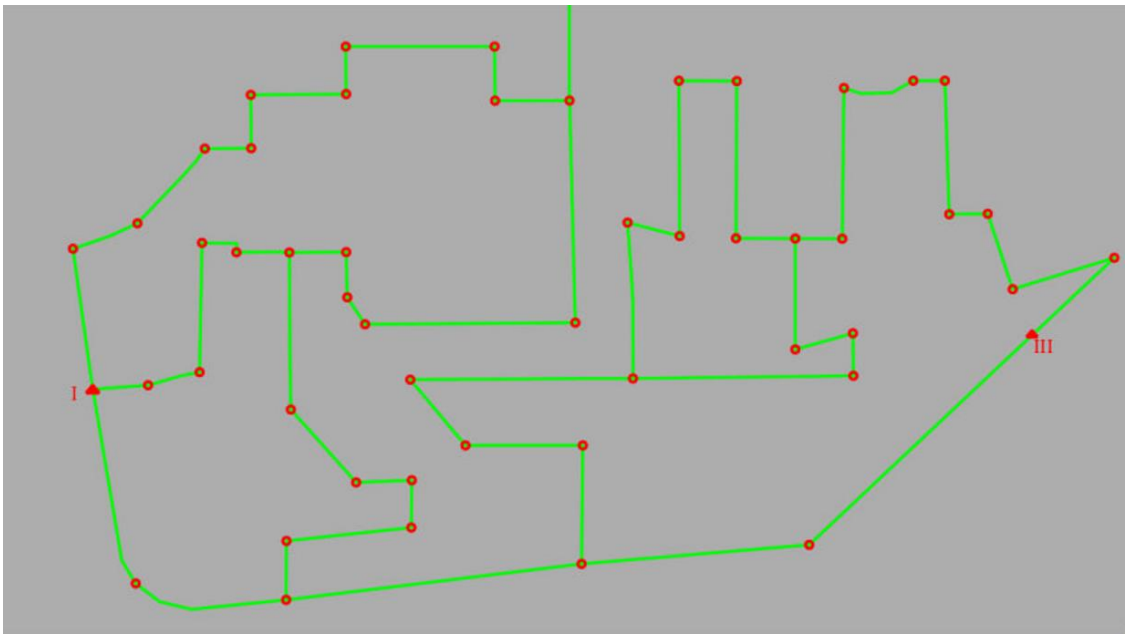


Рисунок 4. Схема геодезического обоснования махалли Тонг в AutoCAD 2021 (I, III - исходные ориентиры)

Таблица 2. Параметры проектной схемы

Показатель	Значение
Съёмочные пункты	41
Исходные ориентиры	3 (П-1, П-2, П-3)
Площадь / периметр участка	204,5 га / 5 915,20 м
Масштаб обзорной схемы / детальных фрагментов	1:2000 / 1:500
Контрольный маршрут для проверки масштаба	1 464,04 м
Формат подложки	JPEG (без координатной привязки)
Метод определения координат	RTK, Stonex S900, два определения пункта

Точность. При удалении ровера от базы до 1,5 км паспортная ошибка RTK в плане составляет 8 мм + 1,5 мм = 9,5 мм, что в 21 раз меньше средней ошибки, допустимой для масштаба 1:2000 (0,1 мм × 2000 = 0,20 м). Даже при более осторожной оценке m = 0,02 м допустимое расхождение двух определений (0,057 м) в 3,5 раза меньше допуска (таблица 3).

Таблица 3. Требования к точности и условиям наблюдений

Показатель	Требование	Значение в проекте
Средняя ошибка положения пункта (1:2000)	0,1 мм в масштабе плана	0,20 м
Паспортная ошибка RTK до 1,5 км	8 мм + 1 ppm	9,5 мм
Допустимое расхождение повторных определений	$2\sqrt{2} \cdot m$	0,057 м
Число спутников / PDOP	не менее 5 / не более 4	≥ 5 / ≤ 4
Тип решения	фиксированное	FIX

Продолжительность и трудоёмкость. Календарный план работ приведён в таблице 4. На полевой этап отводится 3 дня: при двух определениях каждого пункта это 82 установки ровера, или около 27 в день. При восьмичасовой смене на одну установку с переходом приходится около

18 минут. Вся работа занимает 9 рабочих дней и 13 человеко-дней (104 человеко-часа), так как в дни рекогносцировки и измерений одновременно заняты два исполнителя.

Таблица 4. Календарный план и трудозатраты

№	Вид работ	Исполнителей	Дней	Чел.-дн.
1	Сбор и анализ материалов (SAS.Planet, Google Earth Pro, AutoCAD)	1	1	1
2	Рекогносцировка и проверка доступности пунктов	2	1	2
3	GNSS-измерения на 41 пункте и контроль	2	3	6
4	Камеральная обработка координат	1	2	2
5	Оформление плана в AutoCAD 2021	1	1	1
6	Технический отчёт	1	1	1
	Итого		**9**	**13**

Стоимость. Сметная стоимость работ составила 51 114 048,85 сум, или 1,25 млн сум на один пункт (таблица 5). Более половины затрат (52,8 %) приходится на полевые работы, из них на сами спутниковые определения – 24,5 млн сум, или 597 тыс. сум на пункт.

Таблица 5. Структура сметной стоимости по Сборнику цен [12]

Группа работ	Стоимость, сум	Доля, %
Полевые работы (обследование исходных пунктов, GNSS-определения)	27 003 563,22	52,8
Камеральные работы (растровые планы, набор текста, вычерчивание)	5 136 213,56	10,0
Технический проект и технический отчёт	17 834 200,80	34,9
Транспорт и метрологическое обеспечение	1 140 071,26	2,2

Группа работ	Стоимость, сум	Доля, %
Всего	**51 114 048,85**	**100**

ОБСУЖДЕНИЕ

Практический эффект подготовки схемы. Выполнение восьми операций за компьютером превращает рекогносцировку из поиска мест для пунктов в проверку уже намеченных точек. Поэтому на рекогносцировку махалли с 41 пунктом в плане отведён один день. Линии сети вдоль улиц одновременно служат маршрутом ровера, что сокращает переходы.

Типичные ошибки и способы их избежать. В ходе работы выявлены ошибки, которые легко допустить на практике:

1. Подложка JPEG без привязки. Измерять по ней координаты нельзя; масштаб нужно проверять по контрольному маршруту, а координаты получать только из GNSS-измерений.

2. Повторяющиеся и пересекающиеся полилинии. Они искажают суммарную длину сети; перед подсчётом длин схему нужно проверять на дубли.

3. Сложение поправочных коэффициентов в смете. Коэффициенты Сборника перемножаются: сумма 1,164 + 1,018 + 1,1 + 1,1 = 4,382 вместо произведения 1,434 завышает цену полевых работ в 3,1 раза.

4. Отдельная плата за аренду приёмников. Расценка таблицы 1.3 Сборника уже учитывает работу двумя приёмниками (база и ровер) и переезды на участке.

Ограничения. Натурные измерения не выполнялись: продолжительность и точность оценены по плану работ, паспортным и нормативным значениям, координаты исходных ориентиров не проверены. В смете в качестве расчётной величины принята БРВ (440 000 сум); при использовании другой величины, например минимального размера оплаты труда, стоимость изменится пропорционально. Производительность 27

установок в день требует проверки на местности, так как зависит от затенения улиц и условий приёма сигнала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена практическая технология из 12 операций, в которой 8 операций выполняются до выезда в поле по открытым спутниковым снимкам SAS.Planet в AutoCAD 2021, а координаты определяются RTK-методом приёмником Stonex S900 без тахеометрических ходов.

Для махалли Тонг г. Паркента подготовлена схема из 41 съёмочного пункта и трёх исходных ориентиров в масштабе 1:2000. Полевой этап занимает 3 дня (около 27 установок ровера в день), весь цикл - 9 рабочих дней и 13 человеко-дней.

Паспортная точность RTK (9,5 мм до 1,5 км) в 21 раз выше требуемой для масштаба 1:2000, что подтверждает пригодность метода для съёмочного обоснования.

Сметная стоимость работ - 51,1 млн сум, или 1,25 млн сум на пункт. Технологию можно применять для других жилых махаллей при условии проверки исходных пунктов и производительности на местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Республики Узбекистан от 2 июля 2020 г. № ЗРУ-626 «О геодезической и картографической деятельности». - URL: https://lex.uz/ru/acts/4880166.

2. ШНК 1.02.08-19. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. - Ташкент, 2019.

3. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 10 февраля 2026 г. № 49 «О внедрении на территории Республики Узбекистан Национальной системы координат». - URL: https://lex.uz/ru/docs/8044879.

4. Маслов А. В., Гордеев А. В., Батраков Ю. Г. Геодезия : учебник. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2006. – 598 с.

5. Leick A., Rapoport L., Tatarnikov D. GPS Satellite Surveying. - 4th ed. - Hoboken : John Wiley & Sons, 2015. – 840 p.

6. SASGIS. SAS.Planet: описание программы и документация. - URL: https://github.com/sasgis/sas.planet.src/.

7. Google. Google Earth Pro: Measure distance & elevation. - URL: https://support.google.com/earth/answer/148134.

8. Autodesk. AutoCAD 2021: справочная система. - URL: https://help.autodesk.com/.

9. Stonex. GNSS S900: руководство и технические характеристики приёмника. - URL: https://www.stonex.it/.

10. Агентство по кадастру Республики Узбекистан. Приказ директора от 6 сентября 2023 г. № 233-06 (технические рекомендации по GNSS-измерениям).

11. ГКИНП-02-033-82. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. - М. : Недра, 1985.

12. Сборник цен на геодезические, топографические и картографические работы. - Ташкент : Госкомземгеодезкадастр, 2009.

13. Указ Президента Республики Узбекистан от 23 июня 2026 г. № УП-115 (о размерах минимальной заработной платы и базовой расчётной величины с 1 сентября 2026 г.).