

## Классификация способов создания геодезического обоснования для выполнения комплексных кадастровых работ в формате 3D

*Е. И. Аврунёв<sup>1</sup>, А. И. Гиниятов<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация  
\* e-mail: Ita1095@mail.ru

**Аннотация.** В статье предложена классификация способов создания геодезического обоснования для выполнения комплексных кадастровых работ в формате 3D, включая традиционные наземные измерительные технологии в многоступенчатом варианте построения (сочетание плановых и высотных геодезических определений), GNSS-технологии и комбинированный способ, сочетающий в себе совокупность как GNSS-технологий, так и традиционных наземных технологий с использованием безотражательного электронного тахеометра или лазерного наземного сканирования.

**Ключевые слова:** трехмерный кадастр недвижимости, геодезическое обеспечение, система координат, точность, электронный тахеометр, лазерное наземное сканирование, спутниковые измерительные технологии, методы и средства измерений

## Classification of methods for creating a geodetic justification for performing complex cadastral works in 3D format

*E. I. Avrunev<sup>1</sup>, A. I. Giniyatov<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: Ita1095@mail.ru

**Abstract.** The article proposes a classification of methods for creating a geodetic justification for performing complex cadastral work in 3D format, including traditional ground-based measuring technologies in a multi-stage construction version (a combination of planned and high-altitude geodetic definitions), GNSS technologies and a combined method that combines a combination of both GNSS technologies, and traditional terrestrial technologies using a reflectorless electronic total station or laser terrestrial scanning.

**Keywords:** three-dimensional real estate cadastre, geodetic support, coordinate system, accuracy, electronic tacheometer, laser terrestrial scanning, satellite measuring technologies, methods and measuring instruments

В результате выполненных исследований [1-10], установлено, что уменьшение числа ступеней при построении геодезического обоснования приводит к существенному увеличению точности уравненных параметров за счет уменьшения влияния ошибок исходных данных и сокращению трудоемкости при выполнении полевых геодезических работ. В этой связи заслуживает одобрение концептуальный подход, представленный в работах [11-15].

Хотелось отметить важнейшую в этом направлении решаемую задачу, возможность использования пунктов ОМС при расположении территориального об-

разования в зонах активной тектонической деятельности и большой антропогенной нагрузки в качестве исходных для выполнения мониторинга земной поверхности и соответствующих объектов недвижимости.

Продолжая исследования в этом направлении, нам представляется целесообразным, при создании геодезического обоснования (ГО) в формате 3D, ограничиться только двумя ступенями. При этом оставляя структуру и содержание первой ступени без изменений, а во второй ступени совместив передачу координатного пространства в соответствующий кадастровый квартал (КК) с координированием всех характерных точек, необходимых при выполнении комплексных кадастровых работ для создания 3D кадастра.

Отметим, что предложенный в работах [16-20] нормативный допуск к СКО взаимного положения пунктов первой ступени ОМС, который составляет  $m_{\text{ОМС}}=1,2$  см, следует оставить без изменения, поскольку, по нашему мнению, он соответствует всем поставленным выше научно-техническим задачам как для градостроительной, так и для кадастровой деятельности. При этом предложенный нормативный допуск соответствует используемому в настоящее время применяемому GNSS измерительному оборудованию.

Предлагаемая двухступенчатая структура ГО для пространственного координатного обеспечения градостроительной и кадастровой деятельности, используемые при ее создании измерительные технологии, решаемые задачи и особенности построения на местности приведены в табл.1.

По нашему мнению, и в соответствии с действующим законодательством МСС может создаваться следующими способами:

- традиционные наземные измерительные технологии в многоступенчатом варианте построения (сочетание плановых и высотных геодезических определений);
- GNSS-технологии - лучевой способ (режим RTK);
- GNSS-технологии - модифицированный лучевой способ;
- комбинированный способ, сочетающий в себе совокупность как GNSS-технологий, так и традиционных наземных технологий с использованием безотражательного электронного тахеометра или лазерного наземного сканирования.

Классический вариант построения МСС с использованием традиционных наземных измерительных технологий в виде полигонометрического хода и пространственного способа полярных координат представлен на рисунке 1. Принципиальным отличием от существующих схем является необходимость измерения как горизонтальных, так и вертикальных углов с вычислением превышений между определяемыми пунктами и уравниванием всей совокупности выполненных измерений по методу наименьших квадратов (МНК).

Классический вариант построения МСС с использованием традиционных наземных измерительных технологий в виде полигонометрического хода и пространственного способа полярных координат представлен на рисунке 1. Принципиальным отличием от существующих схем является необходимость измерения как горизонтальных, так и вертикальных углов с вычислением превышений между определяемыми пунктами и уравниванием всей совокупности выполненных измерений по методу наименьших квадратов (МНК).

Предлагаемая структура двухступенчатого геодезического обоснования  
в формате 3D для координатного обеспечения кадастровой  
и градостроительной деятельности

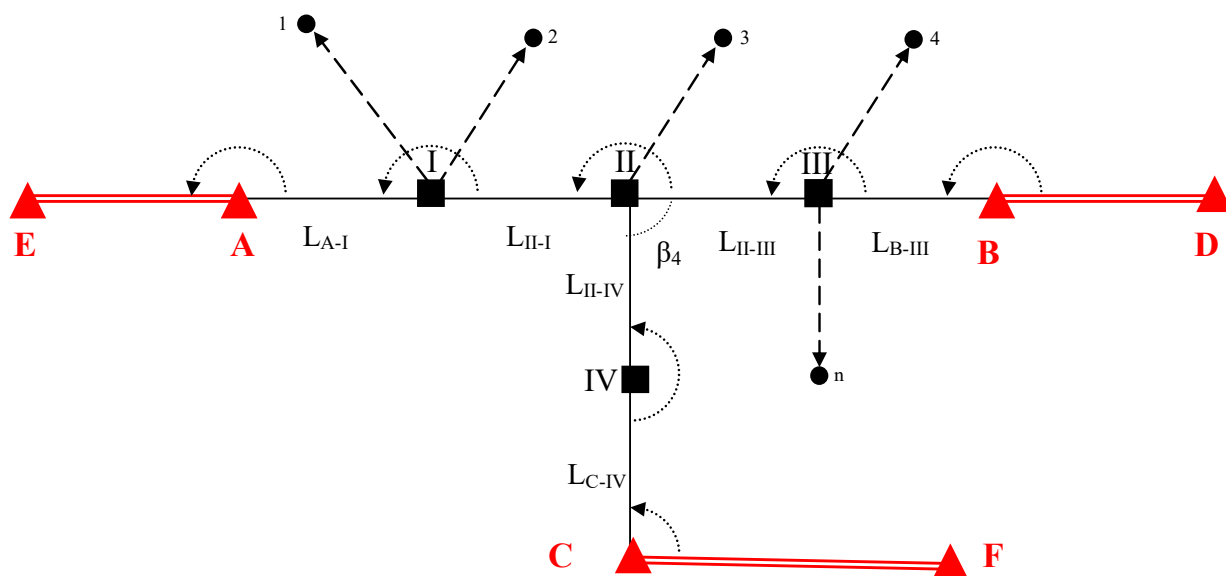
Название ступени ГО	Используемые измерительные технологии	Решаемые задачи и особенности построения на местности
Опорная межевая сеть (ОМС)	<i>GNSS</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Закрепление координатной системы в ТО. Плотность пунктов 1 пункт на 25-30км<sup>2</sup>;</li> <li>2. Расположение пунктов на крышах зданий и сооружений;</li> <li>3. Объединение всех пунктов ОГС, сохранившихся в ТО, в единую координатную систему;</li> </ol>
Межевая сеть сгущения (МСС)	Комбинированный способ координирования (спутниковые и наземные измерительные технологии)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Передача координатной системы в кадастровый квартал (КК). Плотность – не менее двух пунктов с прямой оптической видимостью;</li> <li>2. Расположение пунктов на физической поверхности земли;</li> <li>3. Объединение всех пунктов ГСС, сохранившихся в ТО в единую координатную систему;</li> <li>4. Координирование всех объектов кадастровой деятельности и землеустроительных мероприятий в кадастровом квартале;</li> <li>5. Использование пунктов в качестве исходных при восстановлении характерных точек, закрепляющих границы земельных участков и кадастровых кварталов.</li> </ol>

Достоинством данного способа является высокая точность и надежность построения полигонометрического хода, при этом его определяемые пункты, расположенные на физической поверхности земли, в местах, обеспечивающих их долговременную сохранность, позволяют решать все вопросы, связанные с координированием характерных точек, необходимых при выполнении комплексных кадастровых работ (ККР), а кроме этого: восстанавливать утраченные характерные точки, закрепляющие границы ЗУ, решать спорные вопросы, возникающие при проведении судебной землеустроительной экспертизы.

Поэтому пункты базового тахеометрического хода предлагается устанавливать в зависимости от числа кадастровых кварталов, входящих в район выполнения ККР, обязательно закреплять на местности в местах, обеспечивающих их долговременную сохранность.

Отметим, что контроль точности геодезических измерений в такой схеме построения достигается в результате вычисления координатных невязок, допу-

стимое значение которых следует устанавливать исходя из нормативной точности определения в пространстве соответствующих характерных точек, рис.1.



Условные обозначения:

- ▲ - Исходные пункты ГГС или ОМС;
- - определяемые пункты базового тахеометрического хода;
- - определяемые характерные точки, фиксирующие на местности границы земельных участков и ОКС;
- ↖ - вектор на ХТ относительно базового пункта тахеометрического хода, который определяется в пространстве в результате измерения горизонтальных, вертикальных углов и длины линии.

Рис. 1. Вариант построения МСС в виде базового тахеометрического хода с определением координат характерных точек способом пространственных полярных координат

Существенным недостатком является высокая трудоемкость выполнения комплекса геодезических измерений и необходимая высокая плотность исходных пунктов ОМС, а также измерение на них примычных направлений, что в современных городских условиях не всегда представляется возможным.

Кроме этого, данный пространственный способ координирования характеризуется следующим серьезным недостатком, - отсутствием контроля точности определения координат характерных точек, определяющих на местности границы объектов недвижимости.

Новым технологическим этапом в геодезическом обеспечении кадастровых работ, вне всякого сомнения, является применение при координировании характерных точек GNSS-технологий. Из наиболее применяемых в настоящее время

является спутниковое позиционирование, выполняемое в режиме RTK. Оно характеризуется минимальной трудоемкостью особенно при наличии в территориальном образовании постоянно действующих базовых станций (ПДБС).

Возможная схема построения МСС этим способом для координирования характерных точек в соответствующих кадастровых кварталах приведена на рис. 2.

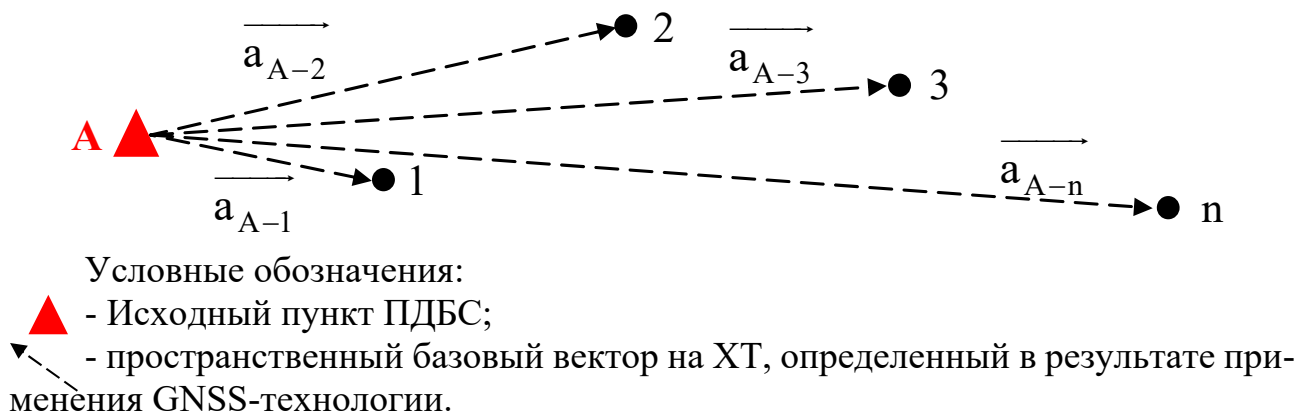


Рис. 2. Вариант построения МСС в виде лучевой схемы

Достоинствами данной схемы построения МСС являются следующие технологические аспекты:

- минимальная трудоемкость при выполнении спутниковых геодезических измерений, особенно в варианте наличия в территориальном образовании исходного пункта ПДБС;
- высокая точность определения базовых векторов;
- отсутствие необходимости обеспечивать прямую оптическую видимость с исходного пункта на определяемые характерные точки.

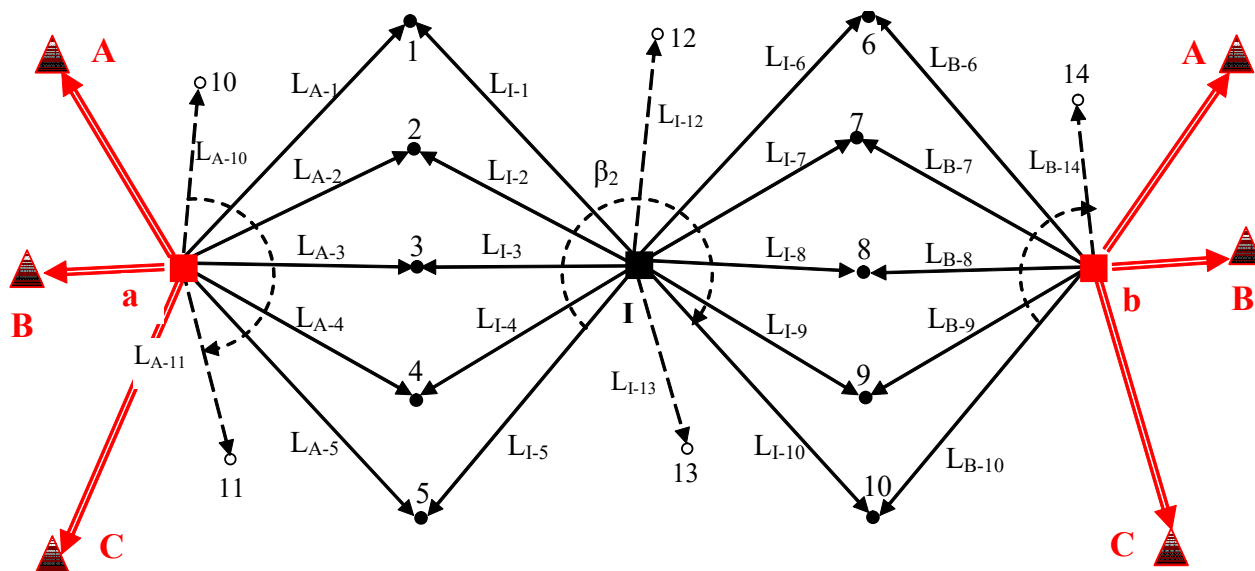
Существенными недостатками данной схемы являются следующее:

- невозможность закрепления координатной системы в ТО, что при измерении координатной системы, имеющее место в настоящее время, возникают проблемы при решении множества задач земельно-имущественных отношений;
- отсутствие контроля точности определения базовых векторов, поэтому неслучайно в соответствующей нормативно-правовой литературе имеет место требование – определение координат характерной точки относительно не менее трех исходных пунктов (но следует отметить, что практически никем из действующих кадастровых инженеров это требование не выполняется);
- невозможность определения стабильности в пространстве и времени исходного пункта ПДБС;
- отсутствие в ряде случаев радиотехнической видимости с определяемых характерных точек на группировку спутников GNSS;
- сложности в установке GNSS-приемника на углы ОКС, что обуславливает существенное снижение точности определения координат.

В наибольшей степени лишен всех перечисленных выше недостатков комбинированный способ построения ГО, который заключается в применении

GNSS-технологий при передаче системы координат в проектируемый район работ и наземных измерительных технологий при построении базового тахеометрического хода с координированием характерных точек, закрепляющих на местности контура ОН.

Предлагаемая схема такого комбинированного построения приведена на следующем рис. 3.



Условные обозначения:

- - исходный пункт МСС, определяемый относительно ПДБС с использованием GNSS-технологий;
- ▲ - исходные пункты ПДБС;
- ▲ - базовые вектора, определяемые в результате использования GNSS-технологий.

Рис. 3. Вариант построения МСС с использованием комбинированного способа

Наличие трех исходных пунктов ПДБС позволяет выполнить контроль точности спутникового позиционирования и вычислить координаты исходных пунктов по формуле средневесового значения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аврунёв, Е. И. К вопросу об оптимальном проектировании городских геодезических сетей [Текст] / Е. И. Аврунёв, А. И. Лесных // Вестник СГГА. Вып. 3. – Новосибирск: СГГА, 1998. – С. 12–19.
2. Аврунёв, Е. И. О совершенствовании системы координатного обеспечения государственного кадастра недвижимости [Текст] / Е. И. Аврунёв, М. В. Метелева // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 1 (25). – С. 60–66.
3. Багратуни, Г.В. О выборе оптимальной схемы построения геодезических сетей в городах [Текст] / Г.В. Багратуни, И.А. Седельников // Материалы всесоюз. науч.-техн. конф. «Совершенствование программы и схемы построения опорных геодезических сетей на территории городов». – Новосибирск, 1980. – С. 12–21.

4. Колмогоров, В. Г. Предложения по совершенствованию структуры геопро пространственного обеспечения территории населенных пунктов [Текст] / Е. И. Аврунев, М. В. Метелева, А. В. Радченко // Изв. вузов Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. - № 4/С - С. 186-188.
5. Аврунев, Е. И. Геодезическое обеспечение кадастровых работ : монография / Е. И. Аврунев, С. Р. Горобцов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 212 с. – Текст : непосредственный.
6. Аврунев, Е. И. Принципы формирования единого геопро пространства территорий / Е. И. Аврунев, А. П. Карпик, В. А. Мелкий. – Текст : непосредственный // Проблемы геологии и освоения недр. Труды XXIII Международного симпозиума им. академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина. – 2019. – С. 428–429.
7. Аврунев, Е. И. Проектирование и уравнивание пространственных геодезических построений, предназначенных для создания трехмерного кадастра / Е. И. Аврунев, А. И. Гиниятов, А. И. Каленицкий. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 5. – С. 126–134. – DOI 10.33764/2611-1759-2021-26-5-126-134.
8. Аврунев, Е. И. Разработка принципов для 3D-моделирования линейных сооружений и инженерной инфраструктуры территориального образования / Е. И. Аврунев, Н. В. Гатина, М. В. Козина. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 1. – С. 107–115. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-1-107-115.
9. Гатина Н. В. Разработка методики информационного обеспечения кадастровых работ в отношении линейных наземных и подземных инженерных сооружений: дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук по спец. 25.00.26. / Н.В. Гатина // Новосибирск: СГУГиТ. – 2022. – 140 с.
10. Аврунев Е.И., Чернов А.В, Дубровский А.В., Комиссаров А.В., Пасечник Е.Ю. Технологические аспекты построения 3D- модели инженерных сооружений в городах Арктического региона РФ. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2018. — Т. 329, № 7.131-137с.
11. Аврунев Е.И., Гиниятов А.И. Современное состояние и проблемы геодезического обеспечения создания и ведения трехмерного кадастра недвижимости [Электронный ресурс]: Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопро пространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения: сб. материалов 3-й Национальной научно-практической конференции, 27-29 ноября 2019 г., Новосибирск, СГУГиТ.– Режим доступа: <http://nir.sgugit.ru/elektronnye-publikatsii-noyab19/>.
12. Аврунев Е.И., Гиниятов А.И. Некоторые аспекты создания геодезического обеспечения трёхмерного кадастра недвижимости [Электронный ресурс]: Материалы Национальной конференции с международным участием «Применение BIM технологий для управления объектами недвижимости», 30.06.2020, Новосибирск, СГУГиТ.– Режим доступа: <https://geosib.sgugit.ru/wp-content/uploads/2020/sborniki/T3-2.pdf>
13. Аврунев Е.И., Гиниятов А.И. Концептуальный подход к геодезическому обеспечению 3D-кадастра [Текст] / Е.И. Аврунев, А.И. Гиниятов // Вестник СГУГиТ. - 2020. - Т. 25, № 4. - С.152-158.
14. Гиниятов А.И. К вопросу о нормативно-правовом обеспечении создания и ведения трёхмерного кадастра недвижимости в России [Электронный ресурс]: Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVII Междунар. науч. конгр., 19–21 мая 2021 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. материалов в 8т. Т.3. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – Режим доступа: <https://geosib.sgugit.ru/wp-content/uploads/2021/sborniki/tom3-2/053-057.pdf>
15. Аврунев Е.И., Каверин В.Н., Гиниятов А.И., Каверин Н.В., Некоторые особенности выполнения кадастровых работ с использованием постоянно действующих базовых станций // Геодезия и картография. – 2022. – № 2. – С. 47-56. DOI: 10.22389/0016-7126-2022-980-2-47-56

16. Метелева М. В. Разработка и исследование методики координатного обеспечения кадастровой деятельности в территориальных: дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук по спец. 25.00.26. / М.В. Метелева // Новосибирск: СГУГиТ. – 2015. – 113 с.
17. Аврунев, Е. И. Исследование структуры геодезического обоснования для обеспечения кадастровой деятельности в территориальном образовании [Текст] / Е. И. Аврунев, М. В. Метелева // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. - № 4/С - С. 186-188.
18. Аврунёв, Е. И. О совершенствовании системы координатного обеспечения государственного кадастра недвижимости [Текст] / Е. И. Аврунев, М. В. Метелева // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 1 (25). – С. 60-66.
19. Аврунев, Е.И. Предложения по восстановлению границ земельных участков при их уничтожении или несанкционированном нарушении [Текст] / Е. И. Аврунев, М.В. Метелева // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ 2015, XI международный научный конгресс, 20-22 апреля 2015г., Новосибирск: международная научная конференция «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» // сборник материалов в 4 томах, Т3 – Новосибирск: СГУГиТ, 2015г. С. 98-105.
20. Аврунёв, Е. И. Результат оптимизации построения опорной геодезической сети на территорию города Новосибирска [Текст] / Е. И. Аврунев, М. В. Метелева // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ 2014, X международный научный конгресс, 16-18 апреля 2014г., Новосибирск: международная научная конференция «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» // сборник материалов в 4 томах, Т3 – Новосибирск: СГГА. – 2014. – С. 108-111.

© Е. И. Аврунев, А. И. Гиниятов, 2023