

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

## **Методические аспекты построения геодезической сети специального назначения в целях ведения 3D-кадастра**

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

**Аннотация.** В статье предложен ряд методических аспектов построения геодезических сетей специального назначения в целях ведения 3D-кадастра, рассмотрены некоторые результаты проектирования таких сетей для пространственного координатного обеспечения кадастровой деятельности на территории кадастровых кварталов, расположенных в Октябрьском районе города Новосибирска. Представлена функциональная зависимость СКО параметров от длины хода «электронной тахеометрии».

**Ключевые слова:** трехмерный кадастр недвижимости, геодезическое обеспечение, кадастровая деятельность, нормативные допуски, точность, электронный тахеометр, спутниковые измерительные технологии, геодезические работы, методы и средства измерений

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

## **Methodological aspects of constructing a special-purpose geodetic network for the purpose of maintaining a 3D-cadastr**

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

**Abstract.** The article proposes a number of methodological aspects of constructing special-purpose geodetic networks for the purpose of maintaining a 3D cadastr, and examines some of the results of designing such networks for spatial coordinate support of cadastral activities on the territory of cadastral blocks located in the Oktyabrsky district of the city of Novosibirsk. The functional dependence of the root mean square error of parameters on the stroke length of “electronic tacheometry” is presented.

**Keywords:** three-dimensional real estate cadastr, geodetic support, cadastral activities, regulatory tolerances, accuracy, electronic total station, satellite measuring technologies, geodetic work, methods and measuring instruments

### ***Введение***

В результате проведенных ранее исследований [1–17], было установлено, что при использовании двухступенчатой структуры геодезического обоснования (ГО) в целях пространственного координатного обеспечения кадастровой деятельности с учетом предложенных нами нормативных допусков, представленных в (табл. 1), при построении второй ступени геодезической сети специального назначения (ГССН) рекомендуется применение ходов «электронной тахеометрии» с координатной привязкой, как наименее трудоемкого варианта построения

геодезической сети на местности при обеспечении заданных нормативных допусков.

Таблица 1

Предлагаемые нормативные допуски для пространственной ГССН

Класс решаемой задачи	Значения нормативных допусков (см)					
	характерные точки ОКС			ГССН		
	$m_{x,y}$	$m_H$	$m_{x,y,H}$	$m_{x,y}$	$m_H$	$m_{x,y,H}$
1.Кадастровые работы для подготовки ТП в формате 3D	10	10	14,1	7,1	7,1	10,0
2. Использование характерных точек ОКС для восстановления характерных точек ЗУ	5	5	7,1	3,5	3,5	5,0
3.Решение задач градостроительной деятельности для подготовки BIM-модели ОКС	2	3	3,6	1,4	2,1	2,5
4.Кадастровые работы по подготовке деформационного паспорта объекта для ведения кадастра ОН в формате 4D	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,3

**Материалы и методы**

Стоит отметить, что ход «электронной тахеометрии» характеризуется передачей координат от одного исходного пункта к другому по связующим точкам, расположенным на контуре объекта капитального строительства (ОКС). Такая технология определяет отсутствие необходимости прямой оптической видимости между промежуточными точками, что существенно уменьшает трудоемкость, и, кроме этого, построение хода ГССН и координирование характерных точек (ХТ) выполняются одновременно по единой технологической схеме. Координатная привязка же обеспечивает сокращение необходимого количества исходных пунктов и, следовательно, обуславливает дальнейшее уменьшение трудоемкости выполняемых соответствующих технологических операций.

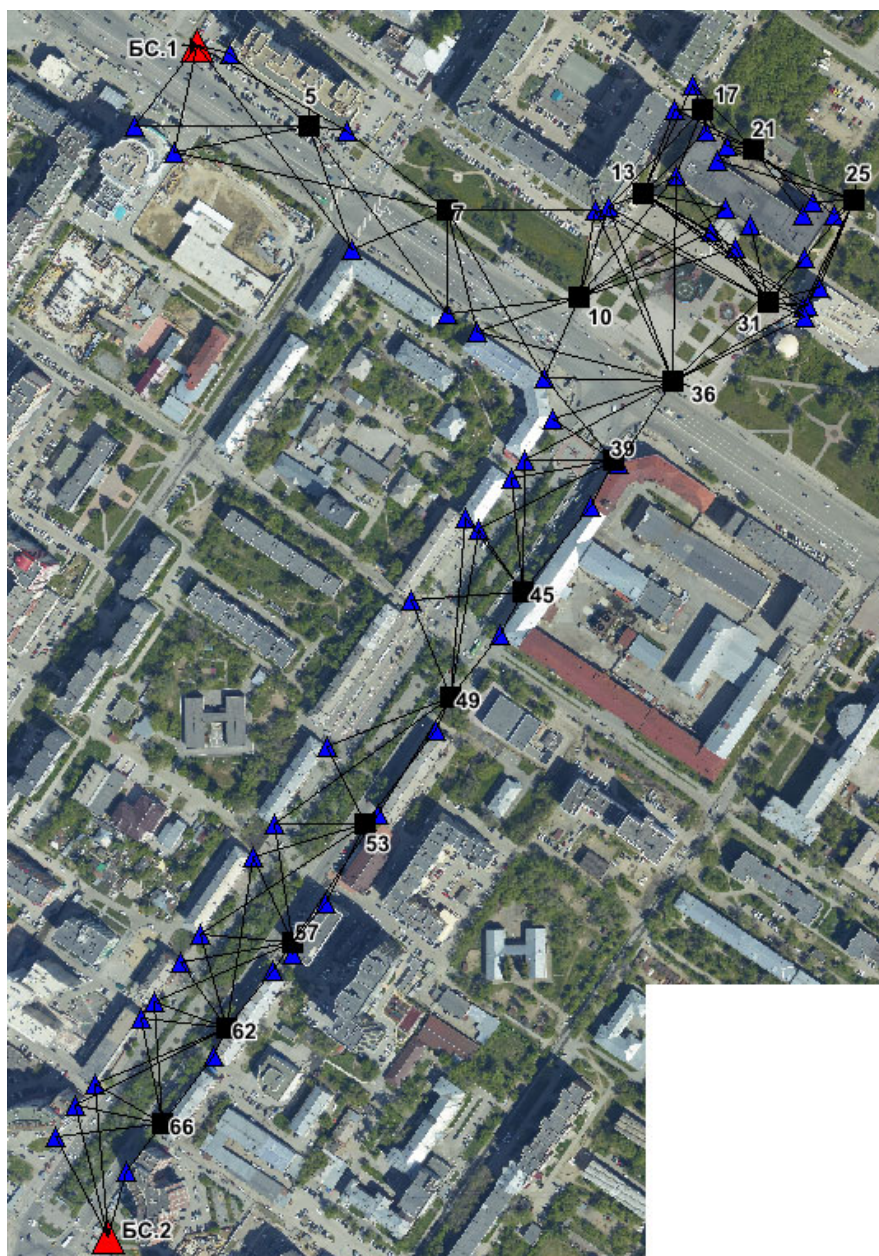
Поэтому при проектировании ГССН для геодезического обеспечения кадастровых работ в 3D-формате использовался данный способ геодезического построения (длина хода «электронной тахеометрии» составила около 1,5 км). Расположение кадастровых кварталов, на территории которых планируется проведение кадастровых работ в 3D-формате, приведено на (рис. 1).



Рис. 1. Расположение кадастровых кварталов, на территории которых планируется проведение кадастровых работ в 3D-формате

Схема запроектированной пространственной ГССН с координатной привязкой приведена на (рис. 2).





Условные обозначения:

- ▲ Базовые станции;
- ▲ Связующие точки хода электронной тахеометрии;
- Промежуточные точки хода электронной тахеометрии;
- Измеряемые элементы

Рис. 2. Схема построения двухступенчатой ГССН с координатной привязкой

При выполнении априорной оценки точности принято, что инструментальные СКО имеющегося у исполнителя кадастровых работ измерительного технологического оборудования, представленного двумя безотражательными элек-

тронными тахеометрами Sokkia SET 630RK и Trimble M3DR, соответственно составляют для угловых измерений  $m\beta = 6''$ , а линейных (на таких коротких длинах линий) –  $mL = 2$  мм.

### **Результаты**

Результаты априорной оценки точности запроектированной второй ступени ГССН, приведены в (табл.2).

*Таблица 2*

Анализ точности параметров хода «электронной тахеометрии»  
с координатной привязкой

СКО параметров ГССН (см)					
Связующие точки ОКС и промежуточные точки			СКО взаимного положения связующих и промежуточных точек		
$m(x, y)$	$m(H)$	$m(x, y, H)$	$m(x, y)$	$m(H)$	$m(x, y, H)$
1,1	0,6	1,3	1,3	0,8	1,5

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что точность определения параметров в сравнении с аналогичным ходом длиной в 0,4 км, представленным в ранее выполненной работе [15], уменьшилась примерно в два с половиной раза. Соответственно, примерно на такую же величину уменьшается и точность определения параметров ОКС.

Функциональная зависимость СКО параметров от длины хода «электронной тахеометрии» представлена следующим уравнением регрессии, полученным по правилам математической статистики с использованием программной среды Excel

$$m_{(x,y,H)} = 0,6667 \cdot \sum_{i=1}^n L_i + 0,2333, \quad (1)$$

где  $L_i$  – соответствующая длина сторон хода «электронной тахеометрии» с координатной привязкой между промежуточными точками;

$n$  – число сторон в ходе.

Размерность длин линий в этом уравнении следует задавать в километрах. В этом случае СКО параметра будет вычисляться в сантиметрах.

Заменив в уравнении (1) СКО параметра на установленный нормативный допуск 5 см, получим предельное значение длины хода «электронной тахеометрии»

$$\sum L_{\text{ПРЕД}} = \frac{m_{(x,y,H)}^{\text{НОРМ}} - 0,2333}{0,6667} = 7,15 \text{ км.} \quad (2)$$

Следовательно, для обеспечения установленных нормативных требований длина хода «электронной тахеометрии» при принятой точности измерительного технологического оборудования не может быть больше 7,15 км.

В том случае, когда необходимо, в силу разных причин и обстоятельств увеличить длину хода выше допустимой, необходимо или повысить точность запроектированного измерительного оборудования, или применить более точный способ построения второй ступени ГССН, разумеется, при этом с увеличением трудоемкости выполняемых геодезических работ.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аврунев, Е. И. Концептуальный подход к геодезическому обеспечению 3D-кадастра / Е. И. Аврунев, А. И. Гиниятов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 4. – С. 152–158. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-4-152-158.
2. Аврунѐв, Е. И. К вопросу об оптимальном проектировании городских геодезических сетей [Текст] / Е. И. Аврунев, А. И. Лесных // Вестник СГГА. Вып. 3. – Новосибирск: СГГА, 1998. – С. 12–19.
3. 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.
4. Аврунѐв, 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.
5. Некоторые особенности выполнения кадастровых работ с использованием постоянно действующих базовых станций / Е. И. Аврунев, В. Н. Каверин, А. И. Гиниятов, Н. В. Каверин. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2022. – № 2. – С. 47–56. – DOI 10.22389/0016-7126-2022-980-2-47-56.
6. 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.
7. Колмогоров, В. Г. Предложения по совершенствованию структуры геопространственного 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.
8. Аврунев, Е. И. Современное состояние геодезического обеспечения создания и ведения 3D-кадастра / Е. И. Аврунев, А. И. Гиниятов. – Текст : непосредственный // Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения : в рамках 23-й Международной конференции и выставки «Нефть и газ Сахалина 2019», 24–26 сентября 2019 г. : материалы Второй национальной научно-практической конференции с международным участием. – Южно-Сахалинск : СахГУ, ИМГиГ ДВО РАН. – 2019. – С. 51–56.
9. Аврунев, Е. И. Принципы формирования единого геопространства 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.
10. Аврунев, Е. И. Некоторые аспекты создания геодезического обеспечения трехмерного кадастра недвижимости / Е. И. Аврунев, А. И. Гиниятов. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVI Междунар. науч. конгр., 18 июня – 8 июля 2020 г., Новосибирск : сб. материалов в 8 т. Т. 3 : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью». – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. – № 2 – С. 30–35. – DOI 10.33764/2618-981X-2020-3-2-30-35.

11. Аврунев, Е. И. Пространственно-координатное обеспечение ведения 3D-кадастра в России / Е. И. Аврунев, А. И. Гиниятов. – Текст : непосредственный // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения: сб. материалов 4-й Национальной научно-практической конференции, 17–19 ноября 2020 г., Новосибирск, СГУГиТ. – 2021. – Ч. 1. – С. 31–37. – DOI 10.33764/2687-041X-2021-1-31-37.
12. 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.
13. К вопросу об осуществлении кадастровой деятельности на современном этапе / Е. И. Аврунев, В. Н. Каверин, А. И. Гиниятов, Н. В. Каверин. – Текст : непосредственный // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения : сб. материалов V Национальной научно-практической конференции, 24–26 ноября 2021 г., Новосибирск, СГУГиТ. – 2022. – Ч. 1. – С. 13–20. – DOI 10.33764/2687-041X-2022-1-13-20.
14. Аврунев, Е. И. Технологическая схема создания геодезического обеспечения для целей трехмерного кадастра недвижимости / Е. И. Аврунев, А. И. Гиниятов. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVIII Междунар. науч. конгр., 18–20 мая 2022 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 3 : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью». – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – С. 49–55. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-3-49-55.
15. Аврунев, Е. И. Разработка системы нормативных допусков при создании геодезического обоснования для выполнения кадастровых работ в формате 3D / Е. И. Аврунев, А. И. Гиниятов. – Текст : непосредственный // Изв. вузов Геодезия и аэрофотосъемка. – 2023. – Т. 67. – № 3.
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. Классификация способов создания геодезического обоснования для выполнения комплексных кадастровых работ в формате 3D / Е. И. Аврунев, А. И. Гиниятов. – Текст : непосредственный // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения: сб. материалов VI Национальной научно-практической конференции, 23–25 ноября 2022 г., Новосибирск, СГУГиТ. – 2023. – Ч. 1. – С. 30–37. – DOI 10.33764/2687-041X-2023-1-30-37.

© Е. И. Аврунев, А. И. Гиниятов, 2024